



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“ANÁLISIS DE RIESGO CLIMÁTICO EN LA RESERVA  
ECOLÓGICA ILLINIZAS COMO HERRAMIENTA PARA INCLUIR  
LA VARIABLE DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PLAN DE  
MANEJO ”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Ambiental

**Autor:**  
Maigua Cango Kevin Israel

**Tutor:**  
Velasgui Tapia Vicent Benjamín

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Maigua Cango Kevin Israel, con cédula de ciudadanía No. 0503838419, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS DE RIESGO CLIMÁTICO EN LA RESERVA ECOLÓGICA ILLINIZAS COMO HERRAMIENTA PARA INCLUIR LA VARIABLE DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PLAN DE MANEJO”**, siendo el Ingeniero Mg. Vicent Benjamín Velastegui Tapia, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 15 de agosto del 2024



Kevin Israel Maigua Cango  
C.C: 0503838419  
**ESTUDIANTE**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MAIGUA CANGO KEVIN ISRAEL**, identificado con cédula de ciudadanía **0503838419** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **ANÁLISIS DE RIESGO CLIMÁTICO EN LA RESERVA ECOLÓGICA ILLINIZAS COMO HERRAMIENTA PARA INCLUIR LA VARIABLE DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PLAN DE MANEJO**", la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2018 – Agosto 2018

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 25 de mayo del 2023

Tutor: Ing. Vicent Benjamín Velastegui Tapia, Mg.

**Tema: "DETALLAR ENTRE COMILLAS, MAYÚSCULAS Y NEGRILLAS EL TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN"**

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 15 días del mes de agosto del 2024.

  
Kevin Israel Maigua Cango  
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.  
LA CESIONARIA

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“ANÁLISIS DE RIESGO CLIMÁTICO EN LA RESERVA ECOLÓGICA ILLINIZAS COMO HERRAMIENTA PARA INCLUIR LA VARIABLE DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PLAN DE MANEJO”**, de Maigua Cango Kevin Israel, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 15 de agosto del 2024




Ing. Velastegui Tapia Vincent Benjamin, Mg.  
C.C: 0502547649  
**DOCENTE TUTOR**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN


En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Maigua Cango Kevin Israel, con el título de Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DE RIESGO CLIMÁTICO EN LA RESERVA ECOLÓGICA ILLINIZAS COMO HERRAMIENTA PARA INCLUIR LA VARIABLE DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PLAN DE MANEJO ” ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 15 de Agosto del 2024



Ing. Manuel Patricio Clavijo Cevallos, Ph.D.  
C.C: 0501444582  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ing. Oscar Rene Daza Guerra, Mg.  
C.C: 0400689790  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Ing. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante, Mg.  
C.C: 0502188451  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible la realización de esta tesis. A mi director de tesis, por su valiosa orientación y apoyo incondicional durante todo el proceso de investigación. A mi familia, por su amor, comprensión y por ser mi pilar fundamental en cada paso del camino. Finalmente, agradezco a mis amigos y colegas, quienes con sus palabras de aliento y compañía, hicieron más llevadero este desafío. A todos, muchas gracias.*

***Kevin Israel Maigua Cango***

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis a mis padres, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por ser la inspiración en cada paso de mi camino. A mi familia, por su constante aliento y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mis amigos, por su compañía y por creer en mí en los momentos más difíciles. Y a Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría necesarias para alcanzar este logro.*

**Kevin Israel Maigua Cango**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “ANÁLISIS DE RIESGO CLIMÁTICO EN LA RESERVA ECOLÓGICA ILLINIZAS COMO HERRAMIENTA PARA INCLUIR LA VARIABLE DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PLAN DE MANEJO”.**

**Autor:**

Maigua Cango Kevin Israel

**RESUMEN**

El propósito de esta investigación fue evaluar el riesgo climático en la Reserva Ecológica Los Illinizas y proponer estrategias para incorporar el cambio climático en su plan de manejo. El problema abordado se enmarca en la creciente vulnerabilidad de los ecosistemas frente a las proyecciones climáticas futuras, especialmente bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5, que indican un incremento en las temperaturas y una variabilidad significativa en la precipitación. Los objetivos principales incluyeron la evaluación de los cambios proyectados en la temperatura y precipitación, la determinación de la vulnerabilidad y capacidad adaptativa de los ecosistemas, y la evaluación de la efectividad de las medidas de adaptación implementadas en la reserva. La metodología empleada combinó análisis de proyecciones climáticas utilizando herramientas como R Studio y QGIS, evaluación de la vulnerabilidad ambiental y participación comunitaria para asegurar la sostenibilidad de las estrategias propuestas. Los resultados mostraron un aumento significativo en la vulnerabilidad de los ecosistemas bajo el escenario RCP 8.5, lo que subraya la necesidad de estrategias de adaptación más robustas. Las medidas de reforestación, manejo del agua e infraestructura, junto con la participación activa de las comunidades, demostraron ser efectivas en mejorar la resiliencia de la reserva. Los impactos del proyecto incluyen avances técnicos en la modelización del riesgo climático, beneficios sociales a través del empoderamiento comunitario, mejoras ambientales como la recuperación de la cobertura vegetal y beneficios económicos al prevenir daños futuros y fortalecer la economía local. En conclusión, la investigación provee una base científica sólida para la integración del cambio climático en la gestión de la Reserva Ecológica Los Illinizas, destacando la importancia de un monitoreo continuo y la adaptación constante de las estrategias para asegurar la sostenibilidad ecológica y social de la reserva.

**Palabras clave:** Riesgo climático, Cambio climático, Reserva Ecológica Los Illinizas.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: “CLIMATE RISK ANALYSIS IN THE ILLINIZAS ECOLOGICAL RESERVE AS A TOOL TO INCLUDE THE CLIMATE CHANGE VARIABLE IN THE MANAGEMENT PLAN”.**

**Author:**  
Maigua Cango Kevin Israel

**ABSTRACT**

The purpose of this research was to assess climate risk in the Los Illinizas Ecological Reserve and to propose strategies for incorporating climate change into its management plan. The problem addressed is the increasing vulnerability of ecosystems to future climate projections, especially under the RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios, which indicate an increase in temperatures and significant variability in precipitation. The main objectives included assessing projected changes in temperature and precipitation, determining the vulnerability and adaptive capacity of ecosystems, and evaluating the effectiveness of adaptation measures implemented in the reserve. The methodology employed combined climate projection analysis using tools such as R Studio and QGIS, environmental vulnerability assessment and community participation to ensure the sustainability of the proposed strategies. The results showed a significant increase in ecosystem vulnerability under the RCP 8.5 scenario, underlining the need for more robust adaptation strategies. Reforestation, water management and infrastructure measures, together with the active participation of communities, proved to be effective in improving the resilience of the reserve. Project impacts include technical advances in climate risk modelling, social benefits through community empowerment, environmental improvements such as the recovery of vegetation cover, and economic benefits by preventing future damage and strengthening the local economy. In conclusion, the research provides a solid scientific basis for the integration of climate change into the management of Los Illinizas Ecological Reserve, highlighting the importance of continuous monitoring and constant adaptation of strategies to ensure the ecological and social sustainability of the reserve.

**Keywords:** Climate risk, Climate change, Los Illinizas Ecological Reserve.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1. Objetivo General.....	4
5.2. Objetivo Específico.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1. Cambio climático.....	6
7.2. Escenarios Climáticos.....	7
7.2.1. RCP 4.5.....	8
7.2.2. RCP 8.5.....	8

7.3.	Proyecciones Climáticas .....	8
7.3.1.	Temperatura.....	9
7.3.2.	Precipitación .....	9
7.4.	Amenazas Climáticas.....	9
7.4.1.	Sequías.....	10
7.4.2.	Temperaturas Extremas .....	10
7.4.3.	Lluvias Intensas .....	11
7.4.4.	Heladas .....	11
7.5.	Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas.....	11
7.6.	Impactos del cambio climático en los ecosistemas y recursos naturales .....	12
7.7.	Rol de las áreas protegidas en la conservación y protección de la biodiversidad y los servicios eco sistémicos .....	13
7.8.	Reserva Ecológica los Illinizas y su entorno climático .....	14
7.9.	Riesgo climático .....	14
8.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS. ....	17
9.	METODOLOGÍAS .....	18
9.1.	Tipo de investigación.....	18
9.1.1.	Investigación Mixta .....	18
9.1.2.	Investigación Exploratoria.....	18
9.1.3.	Investigación Descriptiva .....	19
9.2.	Métodos de Investigación .....	19
9.2.1.	Método cualitativo y cuantitativo (mixto).....	19
9.2.2.	Método estadístico .....	19
9.3.	Técnicas de Investigación .....	19
9.3.1.	Observación directa .....	19
9.3.2.	Encuestas .....	20
9.3.3.	Revisión documental .....	20

9.4.	Instrumentos de investigación .....	20
9.4.1.	Cuestionarios .....	20
9.4.2.	Herramientas de Análisis Estadístico .....	21
9.4.3.	Modelado de Datos Climáticos.....	21
9.4.4.	Registros de Observación .....	21
9.5.	Identificación de las amenazas climáticas en la Reserva Ecológica Illinizas .....	22
9.6.	Análisis de datos .....	22
9.7.	Análisis de Variables Climáticas: .....	22
9.8.	Evaluación del riesgo climático en la Reserva Ecológica Illinizas.....	23
9.9.	Propuesta de medidas de adaptación y manejo.....	24
9.10.	Validación de las medidas propuestas.....	25
9.11.	Incorporación de las medidas en el Plan de Manejo (PMA).....	26
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	27
10.1.	Descripción del Área de estudio.....	27
10.2.	Análisis de Cambio de Temperatura y Precipitación de la Reserva Ecológica los Illinizas	28
10.2.1.	Temperatura Máxima.....	29
10.2.2.	Temperatura Media .....	31
10.2.3.	Temperatura Mínima .....	33
10.2.4.	Precipitación Media .....	35
10.3.	Análisis de Tendencias Temporales de Temperatura y Precipitación de la Reserva Ecológica los Illinizas .....	36
10.3.1.	Temperatura Media.....	37
10.3.2.	Temperatura Máxima.....	39
10.3.3.	Temperatura Mínima .....	41
10.3.4.	Precipitación Media .....	43
10.4.	Evaluación de Proyecciones Climáticas y Modelado de Escenarios en la Reserva Ecológica Los Illinizas .....	45

10.4.1.	Temperatura Máxima.....	45
10.4.2.	Temperatura Media.....	47
10.4.3.	Temperatura Mínima .....	49
10.4.4.	Precipitación Media .....	51
10.5.	Modelamiento de las Anomalías de las proyecciones climáticas de la Reserva Ecológica los Illinizas .....	53
10.5.1.	Temperatura Máxima.....	53
10.5.2.	Temperatura Media.....	53
10.5.3.	Temperatura Mínima .....	54
10.5.4.	Precipitación Media .....	54
10.6.	Análisis de las Amenazas Climáticas de la Reserva Ecológica los Illinizas.....	55
10.6.1.	Nivel de amenaza para las sequías, según la tendencia de aumento del número de días secos consecutivos al año, bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2041, en comparación al clima histórico del periodo 1981-201555	
10.6.2.	Nivel de amenaza para las lluvias intensas, según la tendencia de aumento del número de días al año con lluvias extremas, bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2041, en comparación al clima histórico del periodo 1981-201557	
10.6.3.	Nivel de amenaza para alta temperatura, según la tendencia de aumento del número de días al año con temperaturas máximas extremas, bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2040, en comparación al clima histórico del periodo 1981-2015.....	59
10.6.4.	Nivel de amenaza para las heladas, según la tendencia de aumento del número de días al año con temperaturas mínimas por debajo de 3°C, bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2041, en comparación al clima histórico del periodo 1981-2015.....	62
10.7.	Análisis de la Vulnerabilidad y Riesgo de los Ecosistemas basado en proyecciones Climáticas y Amenazas Climáticas de la Reserva Ecológica los Illinizas .....	64
10.8.	Mapa de cobertura de Suelo de la Reserva Ecológica los Illinizas.....	64

10.9. Mapa de Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) 2015-2024 de la Reserva Ecológica los Illinizas .....	66
10.10. Análisis de vulnerabilidad y riesgo de los ecosistemas de la reserva ecológica los Illinizas basado en las proyecciones de temperatura y precipitación .....	68
10.10.1. Exposición de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040 .....	70
10.10.2. Sensibilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040 .....	72
10.10.3. Capacidad Adaptativa de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040.....	74
10.10.4. Peligro de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040.....	76
10.10.5. Vulnerabilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040 .....	78
10.10.6. Riesgo de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040.....	80
10.11. Análisis de vulnerabilidad y riesgo de los ecosistemas de la reserva ecológica los Illinizas basado en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequias – Heladas).....	82
10.11.1. Exposición de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequias – Heladas) para los Escenarios RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040.....	84
10.11.2. Sensibilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequias – Heladas) para los Escenarios RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040.....	86

10.11.3.	Capacidad Adaptativa de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequias – Heladas) para los Escenarios RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040.....	88
10.11.4.	Peligro de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequias – Heladas) para los Escenarios RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040.....	90
10.11.5.	Vulnerabilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basada en las amenazas climáticas (Lluvias Intensas–Temperatura Altas–Sequias–Heladas) para los Escenario RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040 .....	92
10.11.6.	Riesgo de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequias – Heladas) para los Escenarios RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040.....	94
10.12.	Áreas de Alta Vulnerabilidad y Riesgo de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas frente a las proyecciones climáticas y amenazas climáticas.....	96
10.12.1.	Impacto de Cambios Climáticos Proyectados .....	96
10.12.2.	Evaluación de Amenazas Climáticas Actuales y Futuras .....	96
10.13.	Propuesta de Estrategias de Adaptación y Mitigación.....	96
10.13.1.	Introducción .....	97
10.13.2.	Objetivo .....	98
10.13.3.	Desarrollo de la propuesta .....	98
10.13.4.	Programas y Subprogramas de Manejo .....	99
10.14.	Lista de Medidas de Adaptación .....	103
10.14.1.	Adaptaciones Basadas en Vulnerabilidad y Riesgo.....	103
10.14.2.	Desarrollo Detallado de las Medidas de Adaptación.....	106
10.15.	Elaboración del Plan de Implementación.....	108
10.15.1.	Línea de Tiempo y Prioridades.....	108
10.15.2.	Asignación de Responsabilidades.....	110
10.15.3.	Evaluación de Recursos .....	110
10.16.	Evaluación de Factibilidad y Sostenibilidad .....	111

10.16.1.	Evaluación de Factibilidad.....	111
10.16.2.	Evaluación de Sostenibilidad Ambiental y Social.....	112
10.16.3.	Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad.....	113
10.17.	Desarrollo de Estrategias de Comunicación y Participación Comunitaria .....	116
10.17.1.	Estrategias de Comunicación.....	116
10.17.2.	Estrategias de Participación Comunitaria .....	117
10.17.3.	Evaluación de la Participación Comunitaria.....	118
11.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, ECONOMICOS).....	119
11.1.	Técnicos .....	119
11.2.	Sociales.....	119
11.3.	Ambientales.....	119
11.4.	Económicos .....	120
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	120
12.1.	Conclusiones .....	120
12.2.	Recomendaciones.....	121
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	122

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Beneficiarios.....	3
<b>Tabla 2</b> Medidas de Adaptación .....	104
<b>Tabla 3</b> Desarrollo de las Medidas de Adaptación .....	106
<b>Tabla 4</b> Línea de Tiempo y Prioridades.....	109
<b>Tabla 5</b> Asignación de Responsabilidades .....	110
<b>Tabla 6</b> Métodos de Monitoreo y Evaluación.....	111
<b>Tabla 7</b> Evaluación de Factibilidad .....	112
<b>Tabla 8</b> Evaluación de Sostenibilidad .....	113
<b>Tabla 9</b> Indicadores de Sostenibilidad.....	114
<b>Tabla 10</b> Canales de Comunicación .....	116
<b>Tabla 11</b> Mecanismos de Participación .....	117
<b>Tabla 12</b> Indicadores de Participación.....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación de la Reserva Ecológica los Illinizas.....	27
<b>Figura 2</b>	Cambio en la Temperatura Máxima en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 a lo Largo del Tiempo. ....	29
<b>Figura 3</b>	Cambio en la Temperatura Media en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 a lo Largo del Tiempo. ....	31
<b>Figura 4</b>	Cambio en la Temperatura Mínima en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 a lo Largo del Tiempo. ....	33
<b>Figura 5</b>	Cambio en la Precipitación en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 a lo Largo del Tiempo. ....	35
<b>Figura 6</b>	Tendencia Temporal de la Temperatura Media en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 .....	37
<b>Figura 7</b>	Tendencia Temporal de la Temperatura Máxima en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 .....	39
<b>Figura 8</b>	Tendencia Temporal de la Temperatura Mínima en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 .....	41
<b>Figura 9</b>	Tendencia Temporal de la Precipitación en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5.....	43
<b>Figura 10</b>	Temperatura Máxima periodo (Histórico 1898- 2015) - (Rcp 4.5 2016-2040) - (Rcp 8.5 2016-2040) .....	45
<b>Figura 11</b>	Temperatura Media periodo (Histórico 1898- 2015) - (Rcp 4.5 2016-2040) - (Rcp 8.5 2016-2040) .....	47
<b>Figura 12</b>	Temperatura Mínima periodo (Histórico 1898- 2015) - (Rcp 4.5 2016-2040) - (Rcp 8.5 2016-2040) .....	49
<b>Figura 13</b>	Precipitación Media periodo (Histórico 1898- 2015) - (Rcp 4.5 2016-2040) - (Rcp 8.5 2016-2040) .....	51
<b>Figura 14</b>	Anomalía de la temperatura Máxima diaria promedia para la RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040).....	53
<b>Figura 15</b>	Anomalía de la temperatura Media diaria promedia para la RCP 4.5 y RCP 8.5..	53

<b>Figura 16</b> Anomalía de la temperatura Mínima diaria promedia para la RCP 4.5 y RCP 8.554	
<b>Figura 17</b> Anomalía de la temperatura Mínima diaria promedia para la RCP 4.5 y RCP 8.554	
<b>Figura 18</b> Nivel de amenaza para Sequías.....	55
<b>Figura 19</b> Nivel de amenaza para las Lluvias Intensas.....	57
<b>Figura 20</b> Nivel de amenaza para alta temperatura .....	59
<b>Figura 21</b> Nivel de amenaza para las heladas.....	62
<b>Figura 22</b> Cobertura de Suelo de la Reserva Ecológica los Illinizas .....	64
<b>Figura 23</b> Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) 2015-2024.....	66
<b>Figura 24</b> Cadena de impactos sobre los ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas ..	68
<b>Figura 25</b> Exposición de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas .....	70
<b>Figura 26</b> Sensibilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas.....	72
<b>Figura 27</b> Capacidad Adaptativa de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas ..	74
<b>Figura 28</b> Peligro de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas.....	76
<b>Figura 29</b> Vulnerabilidad de los ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas .....	78
<b>Figura 30</b> Riesgo de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas .....	80
<b>Figura 31</b> Cadena de Impacto sobre los ecosistemas de la Reserva Ecológica Los Illinizas basado en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequias – Heladas) .....	82
<b>Figura 32</b> Exposición de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas .....	84
<b>Figura 33</b> Sensibilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas.....	86
<b>Figura 34</b> Capacidad Adaptativa de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas ..	88
<b>Figura 35</b> Peligro de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas.....	90
<b>Figura 36</b> Vulnerabilidad de los Ecosistemas .....	92
<b>Figura 37</b> Riesgo de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas .....	94

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“Análisis de riesgo climático en la Reserva Ecológica Illinizas como herramienta para incluir la variable de cambio climático en el plan de manejo.”

### **Lugar de ejecución:**

Reserva Ecológica Illinizas, Provincia de Cotopaxi.

### **Institución, Unidad Académica y Carrera que auspicia.**

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería Ambiental.

### **Nombres de equipo de investigación:**

Tutor: Ing. Velastegui Tapia Vicent Benjamín, Mg

Estudiante: Sr. Kevin Israel Maigua

LECTOR 1: Ing. Clavijo Cevallos Manuel Patricio, Mg

LECTOR 2: Ing. Daza Guerra Oscar Rene

LECTOR 3: Ing. Ortiz Bustamante Vladimir Marconi

### **Área de Conocimiento:**

Ciencias Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

### **Línea de investigación:**

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia energética y protección ambiental.

### **Sub-línea de Investigación de la Carrera:**

Sostenibilidad ambiental.

### **Línea de Vinculación de la Facultad:**

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

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El cambio climático tiene efectos profundos en los ecosistemas, las comunidades humanas y la economía, y se espera que su impacto se intensifique en el futuro. En este contexto, es esencial integrar la variable del cambio climático en los planes de manejo de áreas protegidas, como la Reserva Ecológica los Illinizas, con el fin de reducir los riesgos asociados y promover una gestión más sostenible y adaptativa de estos espacios (Elbers, 2019).

La Reserva Ecológica los Illinizas está ubicada en una zona montañosa de Ecuador, siendo un área protegida de gran importancia ecológica. Alberga una diversidad biológica única y provee importantes servicios eco sistémico a la región. Sin embargo, este ecosistema se enfrenta a amenazas significativas relacionadas con el cambio climático, tales como la alteración de los patrones de precipitación, el aumento de la temperatura y la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos. Estas amenazas plantean un riesgo potencial para la biodiversidad, los ecosistemas y las comunidades humanas que dependen de estos recursos.

En este contexto, es fundamental desarrollar una investigación que permita analizar el riesgo climático en la Reserva Ecológica los Illinizas como una herramienta para integrar la variable del cambio climático en su plan de manejo. El presente proyecto busca satisfacer la necesidad de comprender en detalle las amenazas climáticas, la exposición y vulnerabilidad de los elementos sensibles, la capacidad de respuesta y las medidas de mitigación y adaptación necesarias para reducir los riesgos climáticos en la reserva. Esto permitirá tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias de manejo que consideren adecuadamente los impactos del cambio climático y promuevan la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales en el área protegida.

Además, esta investigación puede contribuir a llenar una brecha de conocimiento en la región, en términos de la integración del cambio climático en la planificación y gestión de áreas protegidas, y puede servir como base para la toma de decisiones y la formulación de políticas y acciones concretas para abordar los riesgos climáticos en la Reserva Ecológica los Illinizas y otras áreas protegidas en contextos similares.

En resumen, la justificación de este proyecto de investigación radica en la importancia de abordar el riesgo climático en la Reserva Ecológica los Illinizas como una prioridad en la planificación y gestión de estos espacios, con el objetivo de proteger y conservar los ecosistemas, la biodiversidad y los servicios eco sistémicos, así como promover la adaptación y resiliencia frente al cambio climático.

### 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Tabla 1**

*Beneficiarios del Proyecto*

BENEFICIARIOS DIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestores de la Reserva (15).</li> <li>- Comunidades Locales (1.500).</li> <li>- Investigadores del Proyecto (30).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visitantes y Turistas (20.000).</li> <li>- Autoridades Gubernamentales (50)</li> <li>- Instituciones de Educación (10).</li> <li>- Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y Donantes (5).</li> </ul>

**Elaborado por:** Maigua, 2023

### 4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación aborda la imperante necesidad de incorporar la variable del cambio climático en el Plan de Manejo de la Reserva Ecológica los Illinizas, así como la carencia de un análisis de riesgo climático específico para esta área protegida. A pesar de que el cambio climático representa una amenaza global significativa para los ecosistemas y las comunidades humanas, su integración efectiva en la gestión de áreas protegidas, como la Reserva Ecológica los Illinizas, ha sido hasta ahora limitada.

Ubicada en la alta montaña de Ecuador, la Reserva Ecológica Ilinizas enfrenta riesgos climáticos, como cambios en los patrones de precipitación, aumento de la temperatura y eventos climáticos extremos, que pueden tener consecuencias significativas para la biodiversidad, los ecosistemas y las comunidades locales que dependen de ellos (Avila, 2020). Sin embargo, la ausencia de un análisis de riesgo climático específico para esta área de estudio, así como la falta de inclusión del factor climático en el plan de manejo de la Reserva, limitan la capacidad de tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias adecuadas para mitigar los riesgos y fomentar la adaptación y resiliencia frente al cambio climático.

La falta de conciencia y comprensión sobre la importancia de abordar el cambio climático en la gestión de áreas protegidas, junto con la ausencia de directrices y herramientas específicas para llevar a cabo un análisis de riesgo climático en la Reserva Ecológica los Illinizas, agravan la problemática. Esta situación podría resultar en la falta de medidas

adecuadas para hacer frente a los impactos del cambio climático en la Reserva, representando un riesgo directo para la conservación de su biodiversidad, servicios eco sistémico y sostenibilidad.

Por ende, el presente proyecto de titulación se enfoca en la necesidad urgente de realizar un análisis de riesgo climático específico para la Reserva Ecológica los Illinizas, integrando la variable de cambio climático en su Plan de Manejo. Esto se llevará a cabo mediante la identificación precisa de los riesgos asociados al cambio climático en esta área protegida. La meta es contribuir significativamente a promover una gestión más sostenible y adaptativa de la reserva en el contexto de un clima cambiante.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

Evaluar el riesgo climático en la Reserva Ecológica los Illinizas como herramienta para incluir la variable de cambio climático en su plan de manejo, para fortalecer la planificación y gestión del manejo de la reserva en un contexto del cambio climático.

### **5.2. Objetivo Específico**

Identificar los impactos del cambio climático en la Reserva Ecológica los Illinizas, mediante un análisis detallado de las amenazas climáticas presentadas por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).

Evaluar la vulnerabilidad de los diversos ecosistemas presentes en la Reserva Ecológica los Illinizas frente al cambio climático, tomando en cuenta su exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación ante los desafíos climáticos emergentes.

Proponer estrategias de adaptación y mitigación que busquen reducir de manera efectiva los riesgos asociados al cambio climático en la Reserva Ecológica los Illinizas.

## **6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultado</b>
O.1.- Identificar los impactos del cambio climático en la	Recopilación de información sobre las amenazas climáticas	Se utilizó las proyecciones climáticas	Identificación de amenazas climáticas clave en la Reserva

---

Reserva Ecológica Ilinizas, mediante un análisis detallado de las amenazas climáticas presentadas por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) identificadas por el SPRACC para analizar el impacto del cambio climático en la reserva y su zona de influencia para Ecológica Ilinizas y análisis de su impacto bajo diferentes escenarios de cambio climático.

O.2.- Evaluar la vulnerabilidad de los diversos ecosistemas presentes en la Reserva Ecológica Ilinizas frente al cambio climático, tomando en cuenta su exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación ante los desafíos climáticos emergentes.

Evaluación de la vulnerabilidad de los ecosistemas presentes en la Reserva Ecológica Ilinizas frente al cambio climático, considerando su exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

Identificación de los ecosistemas más vulnerables y las áreas de mayor riesgo climático en la Reserva Ecológica Ilinizas, considerando su exposición, peligro, sensibilidad y capacidad de adaptación

Metodología basada en el Libro de la Vulnerabilidad (GIZ) y su Suplemento de Riesgo.

O.3.- Proponer estrategias de adaptación y mitigación que busquen reducir de manera efectiva los riesgos asociados al cambio climático en la

Diseño de medidas de adaptación, de acuerdo con el Plan de Manejo Ambiental con el que actualmente cuenta la Reserva.

Se utilizó un enfoque participativo que involucre a las comunidades locales, autoridades y otros actores relevantes en la identificación y

Lista de medidas de adaptación y manejo de propuestas para la Reserva Ecológica Ilinizas.

---

---

Reserva Ecológica	selección de las
linizas.	medidas de
	adaptación y
	manejo. Además de
	vincular los
	resultados del
	análisis de riesgo

---

**Elaborado por:** Maigua, 2023.

## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **7.1. Cambio climático**

El cambio climático se refiere a la variación del clima a lo largo de un período prolongado de tiempo, generalmente de décadas o más, y se puede identificar mediante pruebas estadísticas que muestran cambios en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades (IPCC, 2022). El cambio climático global se refiere a cambios en diversos aspectos del clima del planeta, como la temperatura, las precipitaciones, la intensidad de las tormentas y su dirección (CEPAL, 2019).

El cambio climático global está generando cada vez más impactos en los ecosistemas terrestres, marinos y de agua dulce, así como en los servicios que estos proporcionan, la seguridad hídrica y alimentaria, los asentamientos y las infraestructuras, la salud y el bienestar, y las economías y la cultura, a través de tensiones y fenómenos combinados. Estos impactos están siendo atribuidos al cambio climático con una mayor confianza, desde el Quinto Informe de Evaluación (IPCC, 2022).

Asimismo, se evidencia cómo los peligros combinados se están volviendo más frecuentes en todas las regiones del mundo, con consecuencias generalizadas. Las temperaturas regionales más elevadas, la aridez y la sequía han incrementado la frecuencia y la intensidad de los incendios. La interacción entre el fuego, la alteración en el uso de la tierra, especialmente la deforestación, y el cambio climático, está impactando directamente en la salud humana, la estructura de los bosques, la seguridad alimentaria y los medios de vida de las comunidades que dependen de los recursos (IPCC, 2022).

Cada país debe enfrentar los efectos locales del cambio climático de manera particular. En el caso de Ecuador, el riesgo no solo se debe a su ubicación geográfica que lo vuelve

propenso a eventos climáticos extremos, como El Niño y La Niña, que pueden provocar fuertes lluvias, inundaciones, deslizamientos de tierra y sequías, también su vulnerabilidad económica y cultural. Para implementar planes efectivos de mitigación y adaptación al cambio climático, se requiere la cooperación y el compromiso de múltiples actores, incluyendo al gobierno como legisladores y ejecutores, la industria, las corporaciones y la población como principales emisores de gases de efecto invernadero, y la academia como productora de conocimiento (Toulkeridis, 2020).

En 2017, el gobierno de Ecuador ratificó el Acuerdo de París y presentó sus primeras contribuciones determinadas a nivel nacional en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en marzo de 2019 (Ministerio del Ambiente, 2019). Aunque estas contribuciones no son jurídicamente vinculantes, están sujetas a las normativas requeridas y a la evaluación de su progreso por parte de expertos técnicos para evaluar el logro hacia la Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC), que es el plan nacional para reducir las emisiones nacionales y adaptarse a los impactos del cambio climático (MDA, 2019). Ecuador se ha fijado el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 9% en los sectores de energía, industria, residuos y agricultura, y planea reducir un 4% adicional de las emisiones en el cambio de uso de la tierra, es decir, la deforestación y la degradación de la tierra. En cuanto a la adaptación al cambio climático, el Ministerio de Medio Ambiente incorporará acciones en siete sectores naturales e hídricos, la salud, la producción, los asentamientos humanos y la agricultura (Toulkeridis, 2020).

## **7.2. Escenarios Climáticos**

Los escenarios climáticos son herramientas cruciales para entender y anticipar las posibles trayectorias del cambio climático y sus impactos futuros. Estos escenarios proporcionan representaciones estructuradas de cómo podría evolucionar el clima global bajo diferentes condiciones de emisión de gases de efecto invernadero y otros forzadores. Utilizan modelos climáticos para proyectar variaciones en variables como la temperatura y la precipitación, tomando en cuenta distintos supuestos socioeconómicos y políticas de mitigación. Los escenarios climáticos permiten a los investigadores, planificadores y responsables de políticas evaluar los riesgos futuros y diseñar estrategias de adaptación y mitigación más efectivas

Los escenarios climáticos se dividen en categorías principales, como los Representative Concentration Pathways (RCP) y los Shared Socioeconomic Pathways (SSP). Los RCP se

centran en las concentraciones de gases de efecto invernadero y sus efectos radiativos, mientras que los SSP proporcionan contextos socioeconómicos futuros que influyen en las emisiones de gases. Combinando ambos enfoques, es posible obtener una visión más completa de los futuros posibles del clima y sus impactos asociados, facilitando una planificación más integral y adaptativa

### **7.2.1. RCP 4.5**

El escenario RCP 4.5 proyecta una concentración radiativa de 4.5 W/m<sup>2</sup> para el año 2100, en un contexto de mitigación moderada de emisiones. Este escenario asume que se implementarán políticas y tecnologías que limitan el aumento de gases de efecto invernadero, resultando en un menor calentamiento global en comparación con trayectorias sin restricciones (Meinshausen et al., 2020). RCP 4.5 es útil para evaluar los impactos del cambio climático bajo condiciones en las que se toman medidas proactivas para reducir las emisiones, y permite una planificación que busca equilibrar el desarrollo con la reducción de riesgos climáticos.

### **7.2.2. RCP 8.5**

El escenario RCP 8.5 es un escenario de alta emisión que refleja una concentración radiativa de 8.5 W/m<sup>2</sup> para el año 2100. Este escenario representa un futuro en el que se continúan altas tasas de emisión de gases de efecto invernadero debido a la falta de políticas eficaces de mitigación y a un alto uso de combustibles fósiles (Rogelj et al., 2020). RCP 8.5 se utiliza para estudiar los posibles impactos más severos del cambio climático y para desarrollar estrategias de adaptación que puedan enfrentar los escenarios más extremos y desafiantes.

## **7.3. Proyecciones Climáticas**

Las proyecciones climáticas son estimaciones del futuro del clima basadas en modelos matemáticos que simulan la interacción entre la atmósfera, los océanos, y la superficie terrestre bajo diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero. Estos modelos, que se alimentan de datos históricos y actuales sobre las concentraciones de gases y las variables climáticas, permiten anticipar cómo cambiarán variables clave como la temperatura y la precipitación en diferentes contextos socioeconómicos y ambientales (Knutti et al., 2021). Las proyecciones climáticas no solo proporcionan una visión del posible rango de cambios en el clima, sino que también son fundamentales para evaluar los riesgos y planificar las estrategias de adaptación y mitigación frente al cambio climático.

El uso de proyecciones climáticas permite a los investigadores y responsables de políticas desarrollar estrategias más informadas para enfrentar los desafíos del cambio climático. Estos modelos tienen en cuenta diversos factores, incluyendo políticas de mitigación y adaptación, para ofrecer una variedad de posibles futuros climáticos. La interpretación de estas proyecciones ayuda a comprender mejor cómo los cambios en las emisiones y otros forzadores podrían afectar los sistemas naturales y humanos, facilitando la planificación y la toma de decisiones a nivel local, regional y global (Eyring et al., 2021).

### **7.3.1. Temperatura**

Las proyecciones de temperatura son fundamentales para entender el impacto potencial del cambio climático en el futuro. Los modelos climáticos predicen que la temperatura global promedio continuará aumentando debido a las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero. Según los modelos, el aumento de la temperatura dependerá de las trayectorias de emisión futuras y las políticas de mitigación implementadas. Las proyecciones indican que, bajo escenarios de emisión elevados como el RCP 8.5, el calentamiento global podría superar los 3°C para el final del siglo, lo que tendría efectos significativos sobre los ecosistemas y las sociedades humanas (IPCC, 2021).

### **7.3.2. Precipitación**

Las proyecciones de precipitación también revelan importantes cambios potenciales en el ciclo hidrológico global. Los modelos climáticos sugieren que el cambio climático provocará alteraciones en los patrones de precipitación, con algunas regiones experimentando un aumento en las precipitaciones, mientras que otras podrían enfrentar una reducción. Estos cambios son cruciales para la gestión de recursos hídricos y la agricultura, ya que afectan la disponibilidad de agua y la frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequías e inundaciones (Huntingford et al., 2021). Las proyecciones apuntan a una mayor variabilidad en la precipitación, lo que podría intensificar los desafíos asociados con el manejo del agua y la seguridad alimentaria.

## **7.4. Amenazas Climáticas**

Las amenazas climáticas se refieren a los riesgos y impactos potenciales que el cambio climático puede tener sobre los sistemas naturales y humanos. Estos riesgos incluyen una variedad de fenómenos extremos y cambios en los patrones climáticos que pueden afectar la biodiversidad, la salud humana, y las infraestructuras. El aumento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como sequías prolongadas y lluvias intensas, así como cambios

en las temperaturas y la ocurrencia de heladas, son ejemplos de amenazas que requieren atención y adaptación (IPCC, 2022). La comprensión y evaluación de estas amenazas son fundamentales para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación efectivas que puedan reducir el impacto negativo del cambio climático en las comunidades y ecosistemas.

El impacto de las amenazas climáticas varía según la región y el contexto socioeconómico. Las áreas más vulnerables suelen ser aquellas con menos capacidad para adaptarse a los cambios, como las regiones con recursos limitados o las comunidades que dependen directamente de los recursos naturales para su sustento. La evaluación de amenazas climáticas permite priorizar intervenciones y desarrollar políticas de adaptación que puedan reducir la exposición y la vulnerabilidad a estos riesgos (Adger et al., 2021). Una planificación eficaz basada en estas evaluaciones puede contribuir a mejorar la resiliencia frente a los desafíos que plantea el cambio climático.

#### ***7.4.1. Sequías***

Las sequías son períodos prolongados de déficit de precipitación que pueden tener graves consecuencias para los recursos hídricos, la agricultura y la seguridad alimentaria. Con el cambio climático, se espera que la frecuencia y severidad de las sequías aumenten en muchas regiones, especialmente en áreas que ya son propensas a la aridez (Hochman et al., 2021). Las proyecciones sugieren que las sequías se volverán más frecuentes y prolongadas debido a la reducción de las precipitaciones y al aumento de las temperaturas, lo que incrementará la evaporación y la demanda de agua. Esto podría afectar la disponibilidad de agua para riego y consumo, así como la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres.

#### ***7.4.2. Temperaturas Extremas***

El aumento de las temperaturas globales es una de las manifestaciones más directas del cambio climático, y se espera que continúe en las próximas décadas. Las temperaturas extremas pueden tener impactos significativos en la salud humana, los ecosistemas y la agricultura (Perkins-Kirkpatrick & Lewis, 2021). Las olas de calor se están volviendo más frecuentes y severas, lo que puede aumentar el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor y afectar la producción agrícola. Los cambios en los patrones de temperatura también pueden alterar la distribución de especies y los ecosistemas, afectando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

### **7.4.3. Lluvias Intensas**

Las lluvias intensas son eventos meteorológicos caracterizados por precipitaciones extremadamente altas en un corto período de tiempo. Con el cambio climático, se prevé un aumento en la frecuencia y la intensidad de estos eventos, lo que puede llevar a un mayor riesgo de inundaciones y deslizamientos de tierra (Roudier et al., 2022). Las lluvias intensas pueden superar la capacidad de drenaje de las infraestructuras urbanas y rurales, causando daños a propiedades y poniendo en peligro la vida humana. Las proyecciones indican que las regiones con climas monzónicos o con sistemas de tormentas intensas serán particularmente vulnerables a estos eventos extremos.

### **7.4.4. Heladas**

Las heladas, que son eventos en los que la temperatura desciende por debajo del punto de congelación, pueden tener impactos negativos en la agricultura y la producción de cultivos. Aunque el calentamiento global general tiende a reducir la frecuencia de heladas severas, los eventos de heladas pueden seguir ocurriendo y pueden ser particularmente perjudiciales en regiones donde las temperaturas extremas son inusuales (Miller et al., 2022). Las heladas tardías en la primavera o tempranas en el otoño pueden dañar los cultivos y reducir los rendimientos agrícolas, afectando la seguridad alimentaria y la economía de las regiones agrícolas.

## **7.5. Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas**

La Reserva Ecológica Ilinizas, ubicada en los Andes ecuatorianos, alberga una rica diversidad de ecosistemas debido a su variada altitud y topografía. Esta reserva protege hábitats que van desde los páramos altos hasta los bosques montanos, creando un mosaico de ecosistemas que sustenta una biodiversidad única (Gómez et al., 2022). Los páramos, característicos de las zonas altas, son ecosistemas de gran importancia para la regulación del ciclo del agua y la conservación de especies endémicas. Estos ecosistemas son particularmente vulnerables a los cambios climáticos, que pueden alterar los patrones de precipitación y temperatura, afectando la estructura y función de estos hábitats.

Los bosques montanos de la Reserva Ecológica Ilinizas, situados en altitudes intermedias, presentan una gran biodiversidad vegetal y animal. Estos bosques actúan como corredores ecológicos y refugios para muchas especies, incluidas algunas en peligro de extinción. Los cambios en el clima pueden impactar la distribución y la salud de estos bosques, provocando desplazamientos en la distribución de las especies y alterando los ciclos biogeoquímicos locales (Benítez et al., 2021). La alteración en la cobertura forestal puede tener

efectos en cascada sobre los ecosistemas adyacentes, incluyendo los páramos y las zonas agrícolas.

La interacción entre estos ecosistemas y las actividades humanas, como la agricultura y el turismo, también es un factor clave en la dinámica de la Reserva Ecológica Ilinizas. Las presiones antropogénicas pueden exacerbar los efectos del cambio climático, aumentando la vulnerabilidad de los ecosistemas a la degradación (Mendoza et al., 2023). La gestión y conservación de esta reserva requieren un enfoque integrado que considere tanto las amenazas naturales como las inducidas por el hombre, con el objetivo de preservar la diversidad ecológica y asegurar la resiliencia de los ecosistemas frente a los desafíos climáticos futuros.

#### **7.6. Impactos del cambio climático en los ecosistemas y recursos naturales**

El IPCC indica que el cambio climático ha tenido un impacto significativo en los ecosistemas marinos, terrestres y de agua dulce a nivel mundial. Estos efectos se han sentido antes de lo previsto y se han extendido a un mayor alcance de lo que se esperaba. A menudo, las respuestas biológicas a estos cambios, como la fisiología, el crecimiento, la abundancia, la ubicación y la temporada, no son suficientes para hacer frente al cambio climático reciente. Como resultado, se ha producido la pérdida de especies locales, el aumento de enfermedades y la mortalidad de plantas y animales, la reestructuración de los ecosistemas, el aumento de la superficie quemada por incendios forestales y la disminución de los servicios ecosistémicos claves. Los impactos del cambio climático en los ecosistemas han provocado pérdidas económicas y de medios de subsistencia cuantificables, y han afectado las prácticas culturales y las actividades recreativas en todo el mundo (IPCC, 2022).

Si no se reducen las emisiones de forma urgente y ambiciosa, más especies y ecosistemas terrestres, marinos y de agua dulce se enfrentarán a condiciones que se aproximarán o superarán los límites de su experiencia histórica. Las amenazas a las especies y los ecosistemas en los océanos, las regiones costeras y la tierra, especialmente en los puntos calientes de biodiversidad, representan un riesgo global que aumentará con cada décima de grado adicional de calentamiento. La transformación de los ecosistemas terrestres y oceánicos/costeros y la pérdida de biodiversidad, agravada por la contaminación, la fragmentación de los hábitats y los cambios en el uso del suelo, amenazarán los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria (IPCC, 2022, pág. 57).

En el Sexto Informe publicado por el IPCC explican que los peligros derivados del cambio climático aumentan en todas las regiones y sectores con el aumento de la temperatura a corto plazo. Si las emisiones no se reducen de manera urgente y profunda, algunas especies y ecosistemas, especialmente aquellos ya cálidos o polares, estarán expuestos a temperaturas sin precedentes en las próximas décadas. Incluso los sistemas menos vulnerables enfrentan riesgos que superan los límites naturales de adaptación, lo que resulta en la disminución de la población de especies y la pérdida de hábitats críticos. La mortalidad masiva de árboles, el blanqueamiento de los arrecifes de coral y los episodios de calor extremo también aumentan los riesgos para los ecosistemas únicos y amenazados en el corto plazo. Se prevé que la superficie quemada por incendios forestales a nivel mundial aumentará en un 35% con un calentamiento global de 2°C y los cambios asociados en las precipitaciones (IPCC, 2022).

A medida que la temperatura global aumenta hasta 1,5 °C, la capacidad de la adaptación natural para hacer frente al cambio climático disminuye significativamente, lo que aumenta el riesgo de pérdida de biodiversidad, mortalidad, extinción de especies y disminución de los medios de subsistencia asociados. Se estima que con un calentamiento de 1,6 °C, más del 10% de las especies estarán en peligro de extinción, y este porcentaje aumentará a más del 20% a 2,1 °C. Esta situación representa un grave peligro para la biodiversidad (IPCC, 2022).

Debido a la incertidumbre en cuanto a la magnitud de los efectos del cambio climático en la biodiversidad, es urgente adquirir una mayor comprensión de la dinámica de las especies y la estructura y funcionamiento de los ecosistemas en un ambiente cambiante. El fortalecimiento de la capacidad para predecir los efectos del cambio climático y sus impactos económicos y sociales se convierte en un desafío crucial, ya que la incertidumbre persiste sobre la dimensión y la distribución geográfica de los efectos en los individuos, especies y ecosistemas (CEPAL, 2019).

### **7.7. Rol de las áreas protegidas en la conservación y protección de la biodiversidad y los servicios eco sistémicos**

Las áreas protegidas son espacios geográficos designados y administrados con el objetivo de preservar la biodiversidad y fomentar la investigación y educación, que pueden ser terrestres, acuáticas o marinas y varían según el país. La importancia de estas áreas radica en la protección de especies en peligro de extinción, la preservación de ecosistemas críticos y la mitigación del cambio climático. Además, se enfatiza la necesidad de establecer una red global

de áreas protegidas para garantizar la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Ministerio del Ambiente, 2019).

Las áreas protegidas son fundamentales para la salvaguarda y conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos debido a que son zonas definidas y manejadas con la finalidad de cumplir con dicho propósito. Además de la protección de la biodiversidad, estas áreas ofrecen servicios ecosistémicos como la regulación climática, la provisión de agua, la polinización de cultivos y la prevención de desastres naturales. De igual manera, las áreas protegidas son relevantes para el turismo ecológico y la investigación científica. En resumen, las áreas protegidas tienen una gran importancia en términos de protección del medio ambiente, beneficios económicos y avances científicos (MDA, 2019).

### **7.8. Reserva Ecológica los Illinizas y su entorno climático**

La Reserva Ecológica Illinizas se encuentra ubicada en la región andina de Ecuador, abarcando una extensión de 149.900 hectáreas en las provincias de Cotopaxi y Bolívar. Esta reserva es una de las zonas de mayor diversidad biológica del país, y cuenta con una amplia variedad de ecosistemas, como bosques nublados, páramos, y lagunas de origen glaciar (Rojas L. , 2022).

En cuanto a su entorno climático, la reserva se encuentra en una zona de alta montaña, con altitudes que oscilan entre los 2.600 y los 5.248 metros sobre el nivel del mar. El clima en la zona es frío y húmedo, con una temperatura promedio anual de 10°C y una precipitación anual que varía entre los 800 y los 1.500 mm, siendo los meses de marzo a mayo los más secos (Arteaga, 2023).

La reserva también se encuentra influenciada por los patrones climáticos del fenómeno de El Niño, el cual afecta la temperatura y las precipitaciones en la región, así como por el cambio climático global, que ha generado un aumento de la temperatura y cambios en los patrones de precipitación en la zona en los últimos años (Rojas L. , 2022).

### **7.9. Riesgo climático**

En términos generales, el riesgo se refiere a la probabilidad de que ocurran consecuencias negativas para sistemas humanos o ecológicos. En el ámbito del cambio climático, los riesgos se originan de la interacción entre los peligros climáticos, la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas afectados. Por otra parte, en relación a las respuestas al cambio climático, los riesgos provienen de la posibilidad de que estas no sean eficaces o tengan efectos

secundarios negativos. La gestión de riesgos consiste en la implementación de planes, acciones, estrategias o políticas para reducir la probabilidad y/o consecuencias negativas, basadas en la evaluación o percepción de los riesgos (IPCC, 2022).

Para evaluar el cambio climático y sus repercusiones y riesgos se adopta un conjunto común de años y períodos de referencia: el período de referencia 1850-1900 se aproxima a la temperatura de la superficie del planeta en la era preindustrial. El periodo de referencia 1850-1900 se aproxima a la temperatura preindustrial de la superficie del planeta, y los tres periodos de referencia futuros abarcan el corto plazo (2021-2040), el medio plazo (2041-2060) y el largo plazo (2081-2100).

Para comprender y comunicar los efectos y riesgos derivados del cambio climático, se emplean niveles de calentamiento global con referencia al período de 1850-1900. Estos niveles se establecen a partir de diversas variables que son coherentes en distintos escenarios y no están condicionadas por el tiempo en que se alcanza el nivel de calentamiento global. Este enfoque permite evaluar los impactos del cambio climático en el pasado, presente y futuro, integrando múltiples líneas de evidencia (Gómez & Hernández, 2021).

El Grupo de Trabajo II del IPCC ha evaluado que la temperatura global en superficie ha aumentado en 1,09 [0,95 a 1,20] °C durante el periodo 2011-2020 con respecto a 1850-1900. El aumento de la temperatura global se debe en gran medida a un mayor calentamiento que ocurrió durante el periodo de 2003-2012, que representó una subida de 0,19 [0,16 a 0,22] °C. El informe del WGI presenta cinco escenarios ilustrativos, y de acuerdo con cada uno de ellos, hay una probabilidad superior al 50% de que se alcance o se supere el umbral de 1,5 °C en el corto plazo, incluso si las emisiones de gases de efecto invernadero son muy bajas (IPCC, 2022).

En el Sexto Informe, el IPCC señala que la vulnerabilidad es una parte integral del riesgo, pero también un aspecto significativo por derecho propio. Se define como la propensión a sufrir daños negativos, y abarca una variedad de conceptos y elementos, incluyendo la sensibilidad o susceptibilidad a los daños, y la incapacidad para enfrentar y adaptarse a ellos (IPCC, 2022).

Durante las últimas décadas, ha habido un cambio en los enfoques utilizados para analizar y evaluar la vulnerabilidad. En un principio, se enfatizaba en la evaluación descendente y biofísica de la vulnerabilidad, lo que implicaba comenzar la evaluación de la vulnerabilidad a través de la exposición a los riesgos climáticos. Sin embargo, desde entonces se ha prestado

más atención a los determinantes sociales y contextuales ascendentes de la vulnerabilidad, aunque este enfoque no se aplica o integra en todos los contextos de manera completa. Hoy en día se reconoce que la vulnerabilidad varía dentro de las comunidades y entre las sociedades, y que también cambia con el tiempo (Noboa, 2019).

En la literatura reciente sobre la evaluación de la vulnerabilidad de las personas y los ecosistemas, se examinan diversos enfoques que se critican o armonizan según las pruebas disponibles. La exposición se define como la presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructuras, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que puedan verse negativamente afectados. Estos lugares y entornos pueden ser definidos geográficamente o de forma más dinámica, como a través de transmisión o interconexiones a través de mercados o flujos de personas (Pörtner et al., 2022).

El IPCC define la adaptación en sistemas humanos como un proceso que implica ajustarse al clima actual o pronosticado, así como a sus consecuencias, con el objetivo de reducir los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En los sistemas naturales, la adaptación es el proceso de ajustarse al clima actual y sus consecuencias, donde la intervención humana puede contribuir a facilitarlos (IPCC, 2022).

El proceso de adaptación en los sistemas humanos se refiere al ajuste a las condiciones climáticas actuales o previstas para reducir los riesgos y aprovechar las oportunidades. La planificación de la adaptación implica un proceso iterativo de gestión de riesgos, y existen distintos tipos de adaptación, como la anticipatoria, la autónoma, la incremental y la transformacional. Por lo general, se considera que la adaptación consta de cinco etapas: concienciación, evaluación, planificación, aplicación y seguimiento y evaluación (Avila, 2020).

Los agentes gubernamentales, no gubernamentales y del sector privado han utilizado una variedad de enfoques para la adaptación que se ajustan a estas etapas. En los sistemas naturales, la adaptación implica ajustes autónomos a través de procesos ecológicos y evolutivos, así como la adaptación basada en los ecosistemas (Hoffmann et al., 2022). La rehabilitación o restauración de ecosistemas y las combinaciones de infraestructuras verdes y grises, como los diques horizontales, son ejemplos de enfoques para la adaptación en los sistemas naturales (Hoffmann et al., 2022).

En su evaluación más reciente, el Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC) analiza la efectividad de las medidas de adaptación implementadas para hacer frente a los

impactos del cambio climático. El informe destaca la importancia de la gobernanza y la toma de decisiones informadas en la reducción de los riesgos asociados al cambio climático. También subraya los desafíos y límites de las acciones de adaptación en la mitigación de los impactos globales más críticos (Smith & Jones, 2023).

La resiliencia se refiere a la capacidad de los sistemas económicos, sociales y ambientales para enfrentar situaciones peligrosas o perturbaciones, ajustándose o reorganizándose de modo que mantengan su función, identidad y estructura fundamentales. Asimismo, implica conservar la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación ante desafíos futuros (García et al., 2023).

La resiliencia puede tener distintos significados según el contexto, desde la capacidad de un sistema para enfrentar situaciones adversas, hasta su habilidad para adaptarse y transformarse en respuesta a dichas situaciones. Frecuentemente, se relaciona con la gestión del riesgo y la adaptación. En la práctica, la adaptación busca lograr resiliencia, entendida como la capacidad de un sistema para recuperarse de una perturbación y regresar a un estado similar al anterior (Martínez & Rodríguez, 2023).

## **8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS.**

**¿Cuál es la vulnerabilidad de la Reserva Ecológica Illinizas frente al riesgo climático y cómo se manifiesta en términos de biodiversidad, servicios ecosistémicos y actividades humanas?**

La vulnerabilidad de la Reserva Ecológica Illinizas frente al riesgo climático es significativa y se manifiesta en la alteración de la biodiversidad, la degradación de los servicios ecosistémicos y el impacto en las actividades humanas. El cambio climático proyectado, con aumentos de temperatura y cambios en los patrones de precipitación, afecta negativamente a las especies endémicas y a los ecosistemas dependientes de condiciones climáticas estables, lo que puede resultar en la pérdida de biodiversidad. Esta pérdida no solo amenaza la flora y fauna local, sino que también compromete los servicios ecosistémicos clave, como la captura de carbono, la regulación del ciclo del agua y el mantenimiento de la biodiversidad, esencial para la salud del ecosistema. Además, las actividades humanas, especialmente en áreas de menor altitud, como la agricultura y la urbanización, exacerbando esta vulnerabilidad al modificar los hábitats naturales y reducir la cobertura vegetal, lo que agrava la degradación del suelo y disminuye la resiliencia del ecosistema frente a los efectos del cambio climático. En respuesta a estas amenazas, se proponen acciones de conservación y restauración dirigidas a proteger

especies endémicas y áreas de alta biodiversidad, promover la diversidad genética y de especies, e implementar prácticas sostenibles, como la conservación del agua, para fortalecer la resiliencia de los ecosistemas de la reserva ante los desafíos climáticos futuros.

**¿Cuál es la viabilidad y factibilidad de incluir las medidas de adaptación y mitigación del riesgo climático en el plan de manejo de la Reserva Ecológica Ilinizas?**

La viabilidad y factibilidad de incluir medidas de adaptación y mitigación del riesgo climático en el plan de manejo de la Reserva Ecológica Ilinizas es alta, tanto técnica como económicamente. La evaluación realizada destaca que las soluciones propuestas, como la reforestación, el manejo integrado del agua y el desarrollo de capacidades locales, son efectivas para enfrentar los desafíos climáticos. Estas medidas no solo son viables, sino también sostenibles a largo plazo, ya que han sido diseñadas para ser implementadas con la participación activa de las comunidades locales y con financiamiento a través de proyectos de cooperación internacional. La planificación cuidadosa y el seguimiento continuo son esenciales para asegurar que las medidas propuestas no solo mitiguen los impactos del cambio climático, sino que también fortalezcan la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades en la reserva.

## **9. METODOLOGÍAS**

### **9.1. Tipo de investigación**

#### **9.1.1. Investigación Mixta**

La investigación mixta, que combinó enfoques cualitativos y cuantitativos, permitió una comprensión más completa del fenómeno estudiado. Los métodos cuantitativos ayudaron a analizar datos medibles, mientras que los enfoques cualitativos exploraron percepciones y experiencias en profundidad. Esta combinación fortaleció la validez y riqueza de los resultados, ofreciendo una visión más integral del problema de investigación.

#### **9.1.2. Investigación Exploratoria**

La investigación exploratoria se enfoca en descubrir nuevas ideas y enfoques para el tema de investigación (Llancaqueo, 2003, p.401).

En este caso, el objetivo fue explorar las posibles relaciones entre la variable de cambio climático y los riesgos climáticos en la Reserva Ecológica Ilinizas, así como las posibles estrategias de manejo para mitigar estos riesgos.

### **9.1.3. Investigación Descriptiva**

La investigación descriptiva es un tipo de estudio cuyo objetivo principal es describir las características o fenómenos que se presentan en un determinado contexto (Morales, 2010).

Se utilizó esta técnica porque permitió obtener una descripción detallada y sistemática de las características y propiedades de la situación climática de la reserva. La aplicación de esta técnica facilitó la recopilación de información precisa y confiable sobre la situación actual, fundamental para el análisis de riesgo y la propuesta de medidas de adaptación y manejo.

## **9.2. Métodos de Investigación**

### **9.2.1. Método cualitativo y cuantitativo (mixto)**

Es un método de investigación que combina elementos cuantitativos y cualitativos para abordar una pregunta de investigación compleja (Pereira, 2011).

Se utilizó un enfoque mixto en la evaluación del riesgo climático en la Reserva Ecológica Ilinizas. Esto incluyó una revisión documental exhaustiva, observación directa, entrevistas con expertos y usuarios de la reserva, y encuestas para obtener información cuantitativa sobre las percepciones y actitudes de los usuarios sobre el cambio climático.

### **9.2.2. Método estadístico**

Se implementaron métodos estadísticos para evaluar los impactos del cambio climático en la Reserva Ecológica Los Ilinizas. Para el análisis de cambio de temperatura y precipitación, se utilizaron diferencias de medias, mientras que para las tendencias temporales se aplicaron regresión lineal y la prueba de Mann-Kendall, permitiendo determinar la significancia de las tendencias observadas en las series temporales de datos climáticos.

## **9.3. Técnicas de Investigación**

### **9.3.1. Observación directa**

Es una técnica de investigación que implica la observación directa y sistemática de fenómenos, comportamientos, situaciones o procesos, con el fin de obtener información detallada y precisa sobre ellos (Rojas, 2019).

Se identificaron las zonas de la Reserva Ecológica Ilinizas que serían más vulnerables al cambio climático. Posteriormente, se llevó a cabo una observación directa de los ecosistemas y recursos naturales de esas zonas para identificar las características y procesos clave que los harían más susceptibles a los impactos del cambio climático.

### **9.3.2. Encuestas**

Consiste en obtener información mediante la aplicación de cuestionarios estandarizados a una muestra representativa de la población o grupo de interés (Avila, 2020).

Se elaboró una encuesta estructurada con preguntas relevantes y se aplicó a un total de 30 personas, incluyendo a guardaparques, técnicos ambientales y miembros de las comunidades locales vinculadas a la Reserva Ecológica Los Illinizas. Se explicó claramente el propósito de la encuesta y se garantizó la confidencialidad de las respuestas. Posteriormente, se analizaron los resultados para identificar las principales preocupaciones y percepciones en torno a los riesgos climáticos en la reserva. Esta información se utilizó para fortalecer la planificación y gestión del manejo de la reserva en el contexto del cambio climático.

### **9.3.3. Revisión documental**

Consiste en la revisión y análisis sistemático de documentos escritos, como informes, artículos científicos, bases de datos, registros, entre otros (Blanco, 2018).

Se revisaron documentos relacionados con la reserva para obtener información detallada sobre el cambio climático y sus impactos. Esta revisión permitió identificar tendencias y acciones previas que se habían llevado a cabo en la reserva, así como áreas que requerían más investigación. Una vez que se completó la revisión, se utilizó la información recopilada para informar y fortalecer las estrategias de adaptación y gestión del riesgo climático en la reserva.

## **9.4. Instrumentos de investigación**

### **9.4.1. Cuestionarios**

Los cuestionarios estructurados son herramientas de recolección de datos que utilizan preguntas estandarizadas para obtener información precisa y comparable de los encuestados

Se diseñaron cuestionarios estructurados para recoger información sobre las percepciones y actitudes de los usuarios respecto a los riesgos climáticos. Estos cuestionarios se aplicaron a una muestra representativa de personas vinculadas a la Reserva Ecológica Los Illinizas, incluyendo guardaparques, técnicos ambientales y miembros de las comunidades locales. Se explicó claramente el propósito de la encuesta y se garantizó la confidencialidad de las respuestas. Los datos obtenidos se analizaron para identificar preocupaciones y percepciones predominantes sobre el cambio climático, lo cual fue crucial para fortalecer la planificación y gestión de la reserva.

#### **9.4.2. Herramientas de Análisis Estadístico**

R Studio es un software de análisis estadístico que permite realizar cálculos complejos y visualización de datos, facilitando la interpretación de resultados cuantitativos

Se utilizó R Studio para el análisis estadístico de los datos climáticos y las encuestas. Este software permitió la aplicación de técnicas avanzadas, como diferencias de medias y regresión lineal, para interpretar los datos obtenidos. El análisis facilitó la identificación de patrones y tendencias en los datos climáticos, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones sobre el manejo de riesgos climáticos en la reserva.

#### **9.4.3. Modelado de Datos Climáticos**

QGIS es un sistema de información geográfica que se utiliza para la visualización y análisis de datos espaciales, permitiendo la creación de mapas y gráficos para interpretar cambios climáticos

Se utilizó QGIS para modelar los datos climáticos de la Reserva Ecológica los Illinizas. Se realizaron dos análisis principales: uno para evaluar el cambio climático y otro para analizar tendencias temporales en las proyecciones climáticas. Los resultados se visualizaron mediante mapas y gráficos, lo que facilitó la comprensión de los patrones futuros y sus posibles impactos en la reserva. Esta visualización fue clave para la interpretación y comunicación de los datos climáticos.

#### **9.4.4. Registros de Observación**

Los registros de observación son formatos estandarizados utilizados para documentar de manera sistemática los fenómenos, comportamientos o características observadas durante el estudio

Se emplearon formatos estandarizados para los registros de observación durante la evaluación directa de los ecosistemas y recursos naturales. Los registros incluyeron detalles sobre las características y procesos clave que contribuyen a la vulnerabilidad de los ecosistemas a los impactos del cambio climático. La información recopilada ayudó a identificar áreas críticas y a desarrollar un análisis detallado de riesgos y propuestas de medidas de adaptación y manejo.

### **9.5. Identificación de las amenazas climáticas en la Reserva Ecológica Ilinizas**

Para identificar las amenazas climáticas en la Reserva Ecológica Ilinizas se utilizaron las proyecciones climáticas del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) disponibles en el Sistema de Proyecciones de la Región Andina (SPRACC). Este sistema proporcionó información climática actualizada y proyecciones futuras para la región andina, lo que permitió analizar el impacto del cambio climático en la reserva y su zona de influencia. Se revisaron los escenarios climáticos futuros en términos de temperatura y precipitación, así como los eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones. Estas proyecciones se utilizaron para identificar las amenazas climáticas más significativas y evaluar su magnitud y frecuencia, permitiendo una adecuada planificación y gestión para enfrentar los efectos del cambio climático en la Reserva Ecológica los Ilinizas.

### **9.6. Análisis de datos**

Para el análisis de datos en la evaluación de los impactos del cambio climático en la Reserva Ecológica Los Ilinizas, se implementaron varios métodos estadísticos y modelados climáticos detallados utilizando R Studio. En primer lugar, se realizó un análisis de cambio de temperatura y precipitación mediante diferencias de medias para comparar los valores climáticos medios entre el período histórico (1981-2015) y los períodos proyectados en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2041). Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de tendencias temporales aplicando modelos de regresión lineal a las series temporales de datos de temperatura y precipitación.

Se modelaron las amenazas climáticas de sequías, lluvias intensas, temperaturas extremas y heladas para el período histórico y los escenarios futuros, así como las proyecciones climáticas de temperatura máxima, mínima, media y precipitación media. Además, se modelaron las anomalías de temperatura media, máxima, mínima y precipitación media, comparando el período histórico con los escenarios futuros RCP 4.5 y RCP 8.5. Estos análisis, realizados en R Studio, permitieron identificar y cuantificar los cambios climáticos y sus implicaciones, proporcionando una base sólida para evaluar los impactos del cambio climático en la Reserva Ecológica Los Ilinizas.

### **9.7. Análisis de Variables Climáticas:**

La etapa de Análisis de Variables Climáticas se orienta a identificar las variables climáticas asociadas a cada amenaza climática. Por ejemplo, sequías y lluvias intensas se vinculan principalmente a la precipitación, mientras que altas temperaturas y heladas se asocian

al comportamiento de la temperatura. Este análisis se realiza utilizando datos diarios y la aplicación de índices climáticos estándar para evaluar y monitorear estos comportamientos. Este enfoque detallado permite una comprensión profunda de las variables climáticas que influyen en las amenazas identificadas en la Reserva Ecológica Illinizas.

**Tabla 2**

*Amenaza etapa de Análisis de Variables Climáticas*

<b>AMENAZA</b>	<b>ÍNDICE ASOCIADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
SEQUÍA	CDD	NÚMERO DE DÍAS SECOS CONSECUTIVOS AL AÑO
LLUVIAS INTENSAS	R95p	NÚMERO DE DÍAS AL AÑO CON LLUVIAS EXTREMAS
ALTA TEMPERATURA	TX95p	NÚMERO DE DÍAS AL AÑO CON TEMPERATURAS MÁXIMAS EXTREMAS
HELADAS	FD3	NÚMERO DE DÍAS AL AÑO CON TEMPERATURAS MÍNIMAS POR DEBAJO DE 3°C

**Elaborado por:** Maigua, 2023

Con estos índices, se establece el nivel de amenaza evaluando el aumento proyectado en el número de días al año con eventos climáticos específicos hacia el final del periodo futuro analizado (2016-2040: 25 años), comparado con la tendencia histórica del periodo 1981-2015. Este proceso, denominado normalización, asigna una categoría de amenaza que varía desde Nula (indicando una disminución en la frecuencia del evento) hasta 5 categorías (desde Muy baja hasta Muy alta).

### **9.8. Evaluación del riesgo climático en la Reserva Ecológica Illinizas**

Para calcular el riesgo climático en la Reserva Ecológica Illinizas se utilizará la metodología propuesta en el Libro de la Vulnerabilidad y su suplemento de riesgo. Este documento fue desarrollado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). En primer lugar, se realizará una evaluación de la exposición de la reserva a los

diferentes impactos climáticos identificados en la primera etapa de la investigación. Para ello, se considerarán las proyecciones climáticas del SPRACC y se analizará cómo los impactos podrían afectar a la reserva en términos de temperatura, precipitación, eventos extremos, entre otros.

Una vez evaluada la exposición, se procederá a realizar una evaluación de la sensibilidad de los ecosistemas presentes en la reserva a los impactos identificados. En este caso, se analizará la capacidad de los diferentes ecosistemas para resistir o adaptarse a los cambios climáticos. Para ello, se considerarán variables como la diversidad biológica, la conectividad ecológica y la resiliencia de los ecosistemas frente a diferentes impactos.

A continuación, se elaboraron cadenas de impacto para cada uno de los impactos identificados en la primera etapa. Estas cadenas de impacto permitieron identificar las diferentes fases y procesos que se desencadenaron a partir del impacto inicial. De esta forma, se pudo analizar con mayor precisión la magnitud y el alcance de los impactos en los diferentes ecosistemas presentes en la reserva

Finalmente, se combinaron los resultados de la evaluación de la exposición, la sensibilidad y las cadenas de impacto para calcular el riesgo climático en la Reserva. Este cálculo permitió identificar las amenazas más significativas y establecer prioridades para la elaboración de medidas de adaptación y manejo. Además, el resultado del cálculo del riesgo climático fue utilizado en la tercera etapa de la investigación para proponer medidas de adaptación y manejo para reducir los riesgos asociados al cambio climático en la Reserva Ecológica Ilinizas.

Fórmula para calcular el riesgo:

$$Riesgo = \frac{(Peligro \times WP) + (Vulnerabilidad \times WV) + (Exposición \times WE)}{WP + WV + WE}$$

### **9.9. Propuesta de medidas de adaptación y manejo**

La propuesta de medidas de adaptación y manejo para la Reserva Ecológica los Ilinizas se fundamenta en un análisis exhaustivo de los riesgos climáticos y sus impactos potenciales en los ecosistemas y las comunidades locales. Utilizando los mapas de riesgo y vulnerabilidad elaborados en el objetivo anterior, se identificaron seis estrategias principales que abarcan diferentes aspectos de la adaptación y gestión sostenible del territorio. En primer lugar, la reforestación y restauración de ecosistemas se enfocará en áreas críticas de la reserva, utilizando especies nativas que puedan aumentar la resiliencia de los ecosistemas frente a cambios en

temperatura y precipitación. Esta medida no solo mejorará la cobertura forestal sino también reducirá la vulnerabilidad a los impactos climáticos.

En segundo lugar, se implementó un manejo integrado del agua para asegurar la disponibilidad y el uso eficiente del recurso hídrico. Esto incluyó la construcción de infraestructuras de recolección de agua de lluvia y la implementación de técnicas de riego eficientes en las áreas de cultivo. La mejora de la infraestructura de drenaje también resultó crucial para mitigar los riesgos de inundaciones y erosión, mediante el diseño y construcción de sistemas de drenaje mejorados y técnicas de manejo de suelos.

El desarrollo de capacidades locales fue una medida transversal que involucró la capacitación de las comunidades locales y autoridades en estrategias de respuesta y gestión ante eventos climáticos extremos. A través de talleres y programas educativos, se fortaleció la capacidad adaptativa de las comunidades, promoviendo una gestión colaborativa y sostenible de los recursos naturales.

Para abordar la pérdida de biodiversidad, se implementaron programas de monitoreo y protección de especies vulnerables, identificando especies en riesgo y desarrollando iniciativas de conservación específicas. Finalmente, el manejo integrado de plagas y enfermedades se centró en la implementación de prácticas sostenibles y el uso de tecnología para proteger la biodiversidad y mejorar la salud del ecosistema.

#### **9.10. Validación de las medidas propuestas**

La validación de las medidas de adaptación y manejo propuestas se realizó mediante un proceso meticuloso de evaluación de factibilidad y sostenibilidad. Este proceso consideró la viabilidad técnica, económica y social de cada medida, asegurando que fueran prácticas y efectivas a largo plazo. La viabilidad técnica de las medidas se evaluó en términos de disponibilidad de recursos, conocimientos técnicos y tecnologías necesarias.

La viabilidad económica se centró en los costos iniciales y continuos de implementación, así como en la identificación de fuentes de financiamiento. Medidas como el manejo integrado del agua y la mejora de la infraestructura de drenaje, aunque costosas inicialmente, se justificaron por sus beneficios a largo plazo y la posibilidad de financiamiento a través de proyectos de cooperación. Además, se identificaron obstáculos potenciales, tales como la resistencia a nuevas prácticas de manejo o la falta de fondos para el monitoreo continuo, y se propusieron soluciones prácticas como la capacitación técnica y la colaboración con organizaciones internacionales.

En términos de sostenibilidad, se evaluaron los impactos ambientales y sociales de cada medida y se diseñaron acciones para mejorar su sostenibilidad. Por ejemplo, programas educativos y de sensibilización se implementarán para garantizar la participación comunitaria en la reforestación y la gestión del agua, promoviendo así una mayor conciencia y responsabilidad ambiental.

### **9.11. Incorporación de las medidas en el Plan de Manejo (PMA)**

La integración de las medidas de adaptación y manejo en el Plan de Manejo (PMA) de la Reserva Ecológica los Illinizas se llevó a cabo de manera estratégica para asegurar su efectividad y sostenibilidad a largo plazo. Este proceso comenzó con la alineación de las medidas propuestas con los objetivos y políticas existentes del PMA, garantizando que cada acción contribuyera de manera coherente a la gestión integral de la reserva.

Se asignaron responsabilidades claras a las diferentes partes interesadas, incluyendo autoridades locales, comunidades, organizaciones no gubernamentales y técnicos especializados. Esta asignación se hizo con el objetivo de crear un sistema de gestión colaborativo, donde cada actor comprendiera su rol y aportara sus capacidades y recursos para la implementación de las medidas. Por ejemplo, el MAATE y las comunidades locales jugarán roles clave en la reforestación y restauración de ecosistemas, mientras que los agricultores y técnicos agrícolas estarán más involucrados en el manejo integrado de plagas y enfermedades.

Además, se desarrollaron cronogramas detallados para la implementación de cada medida, estructurados en fases claramente definidas. Estas fases abarcan desde la planificación y preparación inicial, pasando por la ejecución y expansión, hasta el monitoreo y ajuste continuo. Este enfoque permite una implementación ordenada y escalonada, facilitando la adaptación a desafíos imprevistos y la optimización de recursos a lo largo del tiempo.

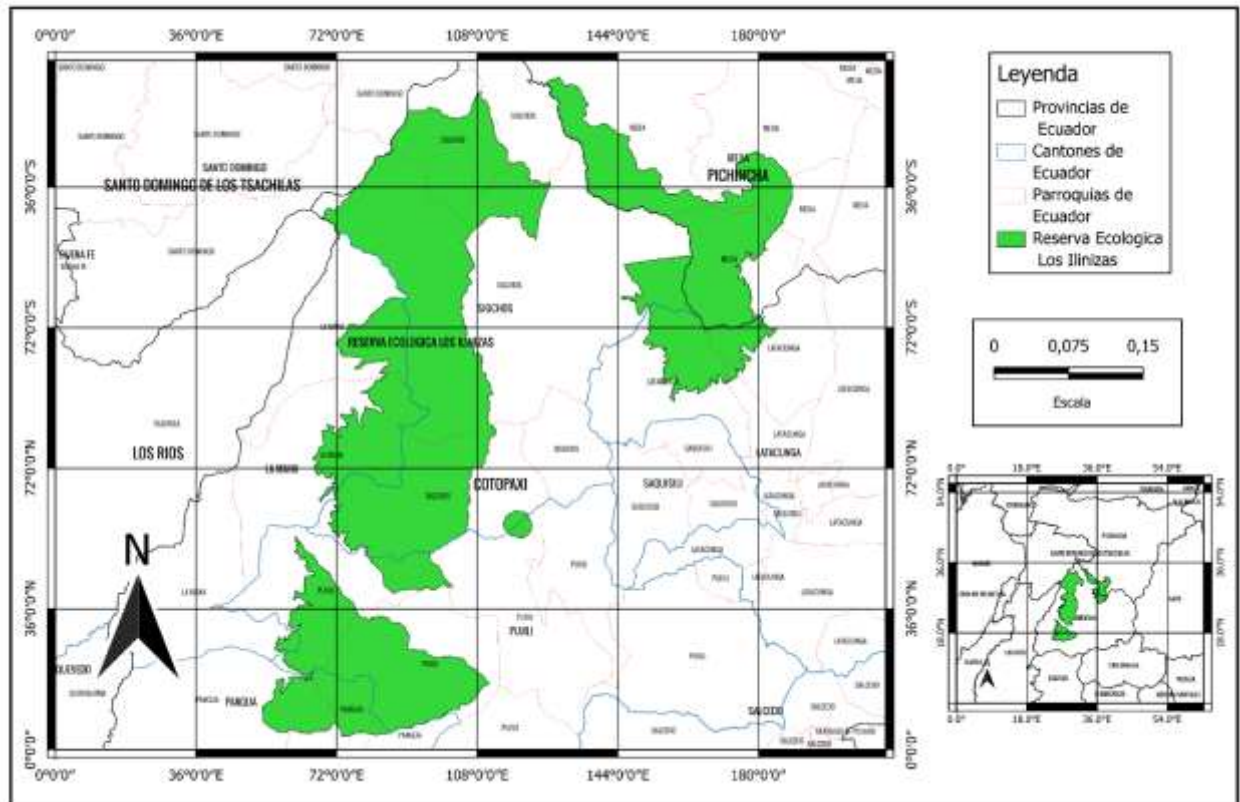
Para garantizar una gestión transparente y participativa, se diseñaron estrategias de comunicación y participación comunitaria. Estas estrategias incluyen reuniones comunitarias, boletines informativos, redes sociales, y talleres participativos, entre otros. El objetivo es mantener informadas a las comunidades locales y otras partes interesadas, así como fomentar su participación activa en todas las etapas del proceso. De esta manera, se asegura que las medidas de adaptación no solo se implementen de manera efectiva, sino que también sean sostenibles a largo plazo, contando con el respaldo y la colaboración de todos los actores involucrados.

## 10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 10.1. Descripción del Área de estudio

**Figura 1**

*Ubicación de la Reserva Ecológica los Illinizas*



Elaborado por: Maigua, 2024

La Reserva Ecológica los Illinizas está ubicada en la provincia de Cotopaxi, Ecuador, y abarca alrededor de 1,000 hectáreas en la región interandina. Esta reserva, que se extiende desde los 3,000 metros hasta los 5,260 metros en el Volcán Illiniza Sur, presenta una topografía montañosa con una rica diversidad de ecosistemas como páramos, bosques nublados y lagunas glaciales. La vegetación incluye especies adaptadas a la alta altitud y alberga una variedad de flora y fauna endémica y amenazada.

Debido a su ubicación y altitud, la Reserva Ecológica los Illinizas es vital para la conservación de la biodiversidad y la regulación de los recursos hídricos en la región. Sirve como hábitat para muchas especies y como fuente de agua para las comunidades locales y regionales, destacando su importancia ecológica y su papel en la sostenibilidad del entorno natural.

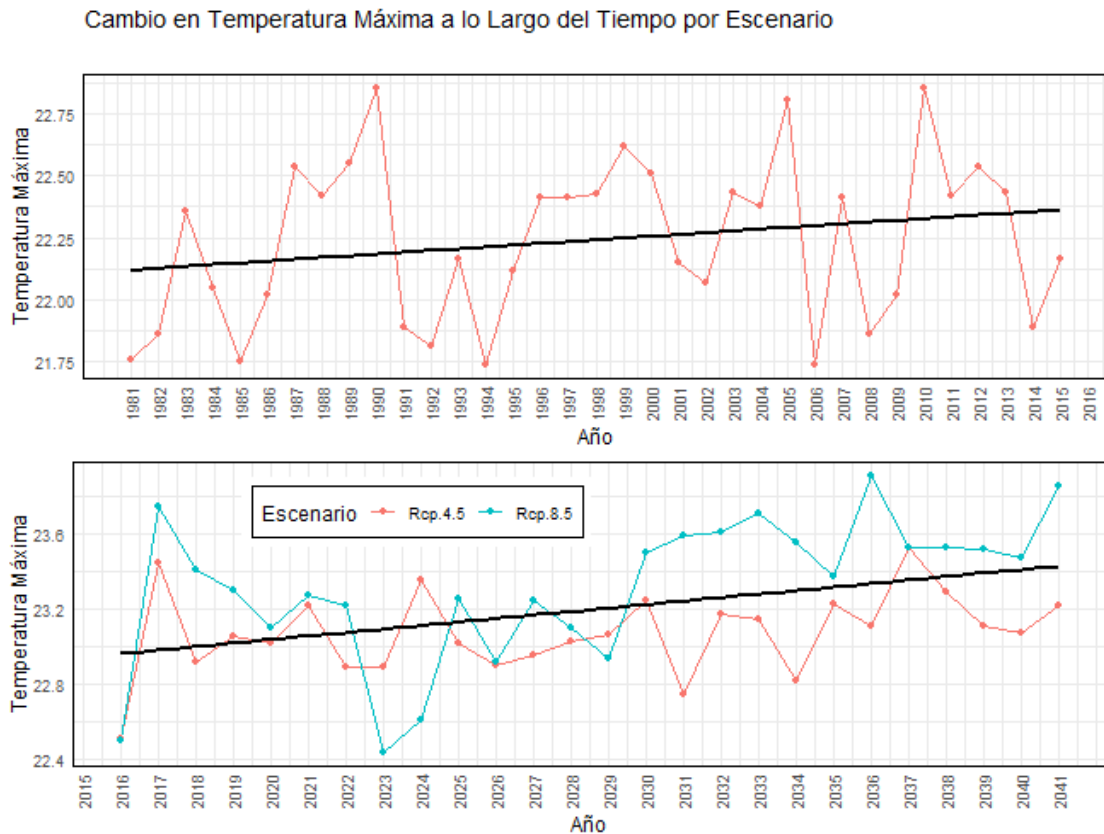
## **10.2. Análisis de Cambio de Temperatura y Precipitación de la Reserva Ecológica los Ilinizas**

Se presentan los resultados del análisis de las proyecciones climáticas para la Reserva Ecológica Los Ilinizas, con un enfoque en el cambio de temperatura y precipitación. Este análisis ha evaluado cómo las variaciones en estos parámetros climáticos han influido y continuarán influyendo en la reserva a lo largo del tiempo. Se han examinado tanto las tendencias históricas desde 1981 hasta 2015 como las proyecciones futuras bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5. Los resultados revelan patrones significativos de cambio en la temperatura máxima, mínima y media, así como en la precipitación. Estos hallazgos son fundamentales para comprender los impactos actuales y futuros del cambio climático en los ecosistemas de la reserva y para diseñar estrategias de adaptación y gestión adecuadas.

### 10.2.1. Temperatura Máxima

**Figura 2**

*Cambio en la Temperatura Máxima en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 a lo Largo del Tiempo.*



**Elaborado por:** Maigua, 2024

En la *Figura 2* se presenta el análisis del cambio en la temperatura máxima en la Reserva Ecológica Los Illinizas, donde se comparan datos históricos con dos escenarios futuros: uno correspondiente a un aumento de 4.5°C y otro a un aumento de 8.5°C en las temperaturas globales. Este análisis es crucial para comprender cómo las tendencias de temperatura afectarán el ecosistema único de la reserva. Los datos históricos muestran una clara tendencia al aumento en las temperaturas máximas a lo largo del tiempo, destacando un patrón significativo que podría tener implicaciones adversas sobre los variados ecosistemas presentes en esta área protegida. Al observar la serie temporal de la temperatura máxima, se puede notar un incremento gradual y sostenido desde 1981 hasta 2016. Este aumento no solo es estadísticamente significativo, sino que también resalta la urgencia de abordar los efectos del cambio climático en la gestión y conservación de la reserva. Es interesante notar que, durante los últimos años del periodo analizado, se observan picos de temperatura más altos, lo que

puede relacionarse con fenómenos climáticos extremos. Este patrón sugiere que las fluctuaciones en la temperatura máxima podrían ser cada vez más pronunciadas en el futuro, afectando no solo la biodiversidad, sino también la dinámica de los ecosistemas locales.

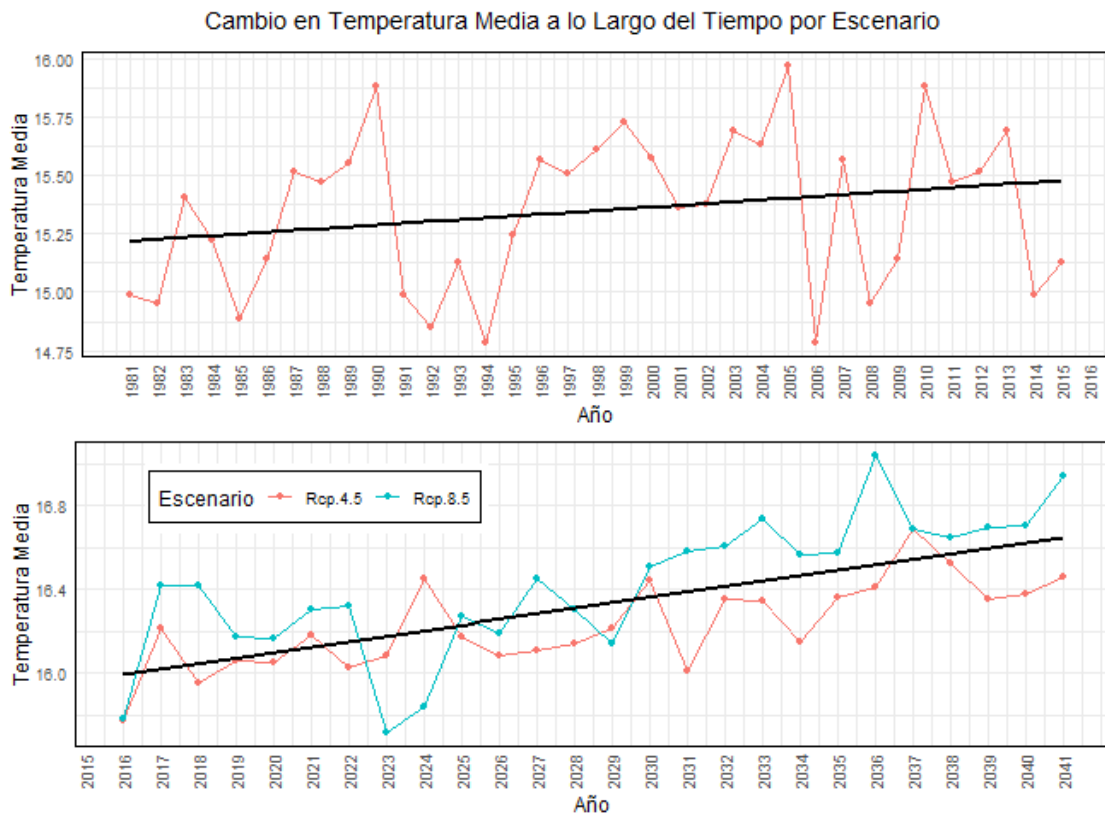
Los escenarios propuestos en la *Figura 2* reflejan proyecciones bastante distintas. El escenario de 4.5°C muestra una tendencia de aumento moderado en las temperaturas máximas, con fluctuaciones que podrían llevar a un aumento progresivo pero controlado de las condiciones climáticas. Sin embargo, el escenario de 8.5°C indica un incremento más abrupto y severo, con oscilaciones que alcanzan picos preocupantes en varias ocasiones. Esta diferenciación entre los dos escenarios subraya la importancia de las decisiones políticas y sociales que se tomen para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, dado que el futuro clima de la reserva dependerá en gran medida de las acciones implementadas en la actualidad. Además, la variabilidad presentada en ambos escenarios pone de manifiesto la incertidumbre inherente a las proyecciones climáticas. Las cifras desiguales y las fluctuaciones en los datos reflejan la complejidad de los sistemas climáticos y sus interacciones con los ecosistemas. Es esencial que estos factores sean considerados en la elaboración de estrategias de adaptación, ya que la capacidad de los ecosistemas para adaptarse a cambios rápidos en su entorno es limitada. Las estrategias de manejo sostenible deben incorporarse no solo para mitigar el impacto inmediato del cambio climático, sino también para aumentar la resiliencia de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la Reserva Ecológica Los Illinizas.

Por último, este análisis de temperatura máxima y los escenarios futuros resaltan la necesidad urgente de una integración sistemática del cambio climático en los planes de manejo de la Reserva Ecológica Los Illinizas. La planificación proactiva, que considere tanto las tendencias históricas como las proyecciones futuras, permitirá a los gestores de la reserva preparar y adaptar mejor las estrategias de conservación. Esto no solo contribuirá a la sostenibilidad del ecosistema en el largo plazo, sino que también servirá como un modelo para otras áreas protegidas enfrentadas a retos similares en el contexto del cambio climático. En conclusión, el cambio en la temperatura máxima, como se observa en la *Figura 2*, es un indicador significativo de cómo el cambio climático podría impactar las condiciones ambientales en la Reserva Ecológica Los Illinizas. La comparación entre los dos escenarios demuestra que la magnitud de las acciones que tomemos hoy influirá directamente en la calidad y estabilidad del ecosistema en el futuro. Este análisis no solo es un llamado a la acción, sino también un aporte vital para guiar la investigación y formulación de políticas en el contexto del manejo ambiental.

### 10.2.2. Temperatura Media

**Figura 3**

*Cambio en la Temperatura Media en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 a lo Largo del Tiempo.*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

En la *Figura 3* correspondiente a la variable de temperatura media en la Reserva Ecológica Los Illinizas, se presentan datos históricos junto con proyecciones para dos escenarios de concentración de gases de efecto invernadero: RCP 4.5 y RCP 8.5. Estos escenarios representan diferentes trayectorias futuras en función de las acciones globales de mitigación del cambio climático. El análisis de estos datos es esencial para comprender las implicaciones que dichos cambios térmicos pueden tener sobre los ecosistemas y la biodiversidad de la reserva, que alberga una rica variedad de especies y hábitats únicos. La serie temporal de la temperatura media revela un aumento constante a lo largo del periodo histórico analizado, que abarca desde 1981 hasta 2016. Este incremento progresivo no solo indica un calentamiento ambiental sino que también sugiere que las condiciones climáticas están cambiando de manera que podrían afectar la funcionalidad de los ecosistemas. En particular, las tendencias observadas destacan la importancia de la temperatura media como un indicador

clave que influye en la salud del ecosistema, la disponibilidad de agua y la dinámica de los ciclos biogeoquímicos. Esto puede tener repercusiones directas en la flora y fauna de la Reserva Ecológica Los Illinizas, donde las especies pueden ser particularmente sensibles a variaciones de temperatura.

Los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 muestran proyecciones visiblemente divergentes en relación con la temperatura media futura. En el caso del escenario RCP 4.5, se espera un aumento moderado en la temperatura media, lo que podría ser manejable si se implementan políticas efectivas de mitigación. Sin embargo, el escenario RCP 8.5, que supone unas emisiones más altas y sin restricciones significativas, prevé un aumento abrupto de la temperatura media, superando umbrales críticos que podrían resultar en cambios drásticos en el ecosistema y la pérdida de especies. Esta diferencia entre ambos escenarios pone de relieve la urgencia de actuar para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que las consecuencias de optar por un camino de alta emisión podrían ser devastadoras para la riqueza natural y los servicios que ofrece la reserva. La fluctuación observada en los datos de los dos escenarios también resalta la incertidumbre inherente a la modelización climática. Aunque ambos escenarios sugieren un aumento en la temperatura media, las oscilaciones y la variabilidad en estos valores revelan la complejidad de los sistemas climáticos y sus múltiples interacciones. Es importante tener en cuenta que esta incertidumbre no debe ser un obstáculo, sino más bien un impulso para fortalecer los esfuerzos de conservación y gestión en la reserva. Adaptar las estrategias de manejo para considerar estas variaciones permitirá una mejor respuesta a las condiciones ambientales cambiantes y aumentará la resiliencia del ecosistema.

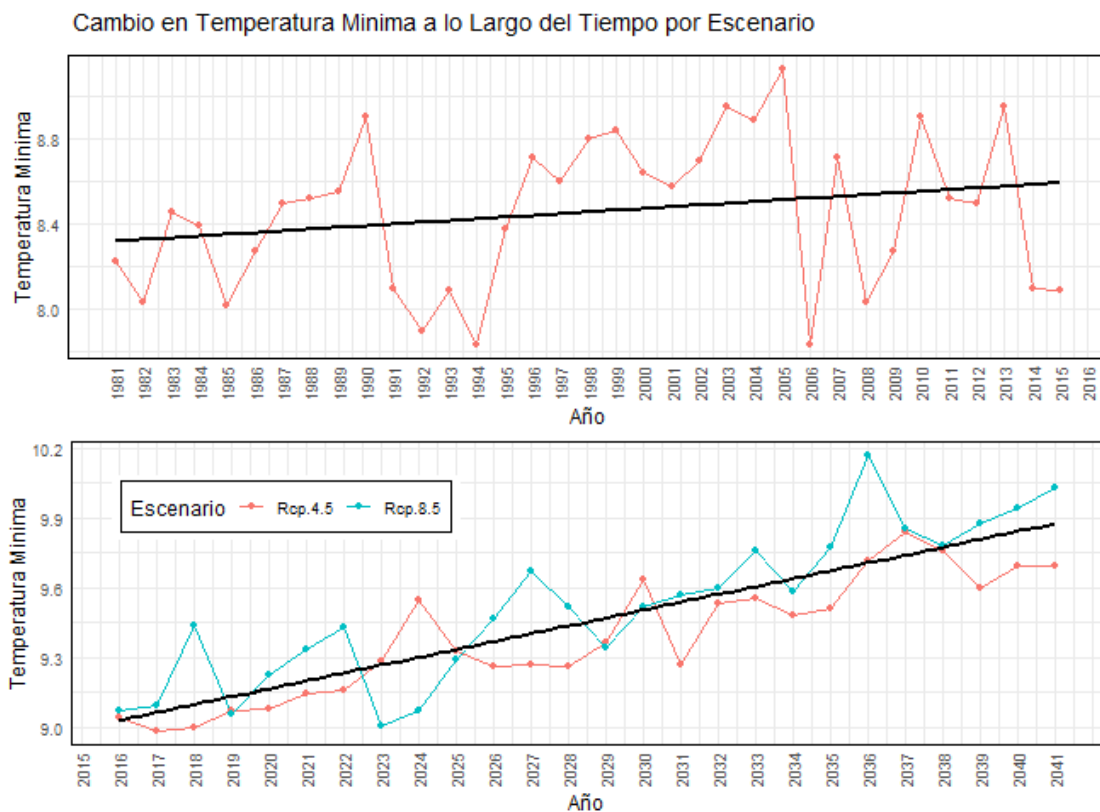
Por último, el análisis de la temperatura media en la Reserva Ecológica Los Illinizas pone de manifiesto la necesidad urgente de integrar las proyecciones del cambio climático en la planificación y gestión de la reserva. Dado que el futuro de la biodiversidad está intrínsecamente ligado a las decisiones que se tomen hoy, es fundamental implementar políticas y programas que respondan a los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. La capacidad de adaptación no solo dependerá de la creación de refugios y corredores biológicos para las especies amenazadas, sino también de un enfoque colaborativo que involucre tanto a la comunidad científica como a los actores locales en la gestión de recursos naturales. En resumen, el análisis de la temperatura media, reflejado en la *Figura 3* correspondiente, subraya la trascendencia de un enfoque integral en la conservación de la Reserva Ecológica Los Illinizas. Las diferencias entre los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 indican que el rumbo hacia un futuro más estable y sostenible está directamente relacionado con nuestra capacidad para mitigar el cambio

climático. Este enfoque no solo asegura la preservación de los ecosistemas presentes, sino que también establece un ejemplo a seguir para otras reservas ecológicas que enfrentan desafíos similares en el contexto global.

### 10.2.3. Temperatura Mínima

#### Figura 4

*Cambio en la Temperatura Mínima en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 a lo Largo del Tiempo.*



**Elaborado por:** Maigua, 2024

En la *Figura 4* correspondiente a la variable de temperatura mínima en la Reserva Ecológica Los Illinizas, se presentan datos históricos junto con proyecciones bajo dos escenarios climáticos: RCP 4.5 y RCP 8.5. Este análisis es crucial, pues la temperatura mínima juega un papel fundamental en el funcionamiento ecosistémico, afectando tanto a la flora como a la fauna. A lo largo del periodo comprendido entre 1981 y 2016, los datos reflejan una tendencia general de aumento en las temperaturas mínimas, lo que podría implicar cambios significativos en los ambientes naturales y en la biodiversidad. Al estudiar la serie histórica de temperatura mínima, se observa un patrón ascendente, aunque con variaciones notorias y picos en años específicos. Este comportamiento sugiere que no solo ha habido un incremento en las

temperaturas mínimas, sino que también hay una alta variabilidad asociada a fenómenos climáticos específicos. Las fluctuaciones pueden estar vinculadas a variaciones estacionales y a condiciones meteorológicas más amplias, lo que puede resultar en efectos adversos sobre los organismos que dependen de condiciones mínimas específicas para sobrevivir, como ciertos cultivos, especies de fauna y flora nativas.

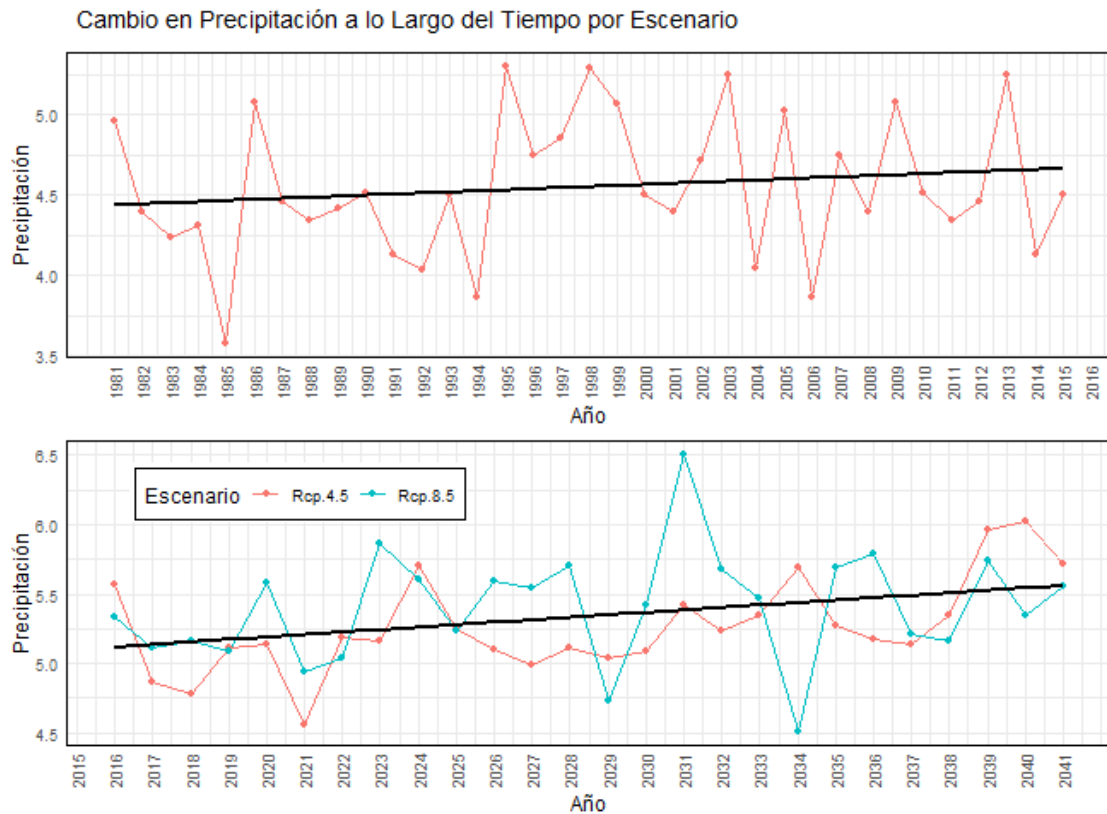
Los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 revelan proyecciones contrastantes para la temperatura mínima futura. En el caso del escenario RCP 4.5, se anticipa un aumento progresivo de las temperaturas mínimas, lo que podría ser manejable en términos de adaptación para algunos ecosistemas. Sin embargo, bajo el escenario RCP 8.5, el incremento en las temperaturas mínimas es más drástico, lo que podría resultar en condiciones que excedan la capacidad de adaptación de muchas especies. Este escenario representa una advertencia clara sobre los riesgos potenciales de seguir una trayectoria de emisiones elevada y el impacto que esto podría tener en la reserva. La gráfica también pone de manifiesto la incertidumbre inherente en las proyecciones de temperatura mínima. A medida que los modelos climáticos asumen diferentes condiciones de emisión, las variaciones observables reflejan la complejidad de los sistemas ambientales y sus interacciones. Esta incertidumbre exige una planificación cuidadosa y adaptable en la gestión de la Reserva Ecológica Los Illinizas. Es vital que las estrategias de conservación se fundamenten en un enfoque flexible que permita ajustar las acciones en función de la evolución de las condiciones climáticas.

Finalmente, este análisis de la temperatura mínima resalta la necesidad de urgencia en la incorporación de estrategias de mitigación y adaptación en la gestión de la reserva. Un enfoque que considere las proyecciones tanto de RCP 4.5 como de RCP 8.5 es esencial para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas y la biodiversidad. La creación de reservas adicionales, corredores ecológicos y programas de restauración de hábitats pueden ser medidas efectivas para fortalecer la resiliencia frente a los cambios inminentes en la temperatura mínima y sus efectos sobre la biota. En conclusión, el análisis de cambio en la temperatura mínima, como se observa en la gráfica, subraya la importancia de una respuesta coordinada y fundamentada en datos científicos para abordar el cambio climático en la Reserva Ecológica Los Illinizas. Las proyecciones contrastantes entre los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 indican que nuestras decisiones actuales influirán significativamente en el ecosistema futuro. Este enfoque nos invita a reflexionar sobre la responsabilidad compartida que tenemos en la conservación y manejo efectivo de uno de los espacios naturales más valiosos del país.

### 10.2.4. Precipitación Media

**Figura 5**

*Cambio en la Precipitación en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 a lo Largo del Tiempo.*



**Elaborado por:** Maigua, 2024

La *Figura 5* muestra la variación en la precipitación media en la Reserva Ecológica los Illinizas, segmentada en dos partes que representan el período histórico y dos escenarios futuros de cambio climático: RCP 4.5 y RCP 8.5. Este análisis es vital para entender cómo la precipitación puede verse afectada por el cambio climático, impactando los ecosistemas y la gestión de recursos en la reserva. En el gráfico superior, observamos el comportamiento histórico de la precipitación media desde 1981 hasta 2016. Aquí, la línea negra representa una tendencia casi estable, con fluctuaciones anuales significativas. Es evidente que, aunque hay variaciones interanuales, la precipitación media no exhibe una tendencia clara de incremento o disminución en el período analizado. Esta estabilidad aparente puede enmascarar la variabilidad climática extrema que afecta a la biodiversidad y los recursos hídricos de la región. El gráfico inferior proporciona proyecciones sobre cómo podría comportarse la precipitación bajo dos escenarios de cambio climático. En el escenario RCP 4.5, que supone una mitigación moderada

del cambio climático, se observa que la precipitación media varía de manera más errática, pero sin cambios drásticos. La línea azul muestra altibajos importantes, sugiriendo que la precipitación podría volverse más impredecible, lo cual es crítico para la planificación de manejo de recursos en la reserva.

Por otro lado, el escenario RCP 8.5, que representa un futuro con altas emisiones de gases de efecto invernadero, muestra una volatilidad aún mayor en la precipitación media anual. La línea roja en el gráfico indica que, con este escenario, es probable que se produzcan períodos de precipitación anormalmente alta o baja. Esto incrementa el riesgo de eventos extremos como sequías e inundaciones, los cuales podrían tener efectos devastadores en la flora, fauna y el manejo de la reserva. Finalmente, al comparar ambos escenarios, es evidente que el cambio climático podría alterar significativamente el régimen de precipitación en la Reserva Ecológica los Illinizas. Las estrategias de gestión deberán considerar estos cambios potenciales para minimizar riesgos, como el uso ineficiente de agua y la pérdida de biodiversidad. Implementar medidas adaptativas será esencial para asegurar que la reserva pueda resistir y adaptarse a las nuevas condiciones climáticas proyectadas. Esto refuerza la necesidad de integrar la variable de cambio climático en el plan de manejo, priorizando acciones que promuevan la resiliencia ecológica y aseguren la sostenibilidad a largo plazo.

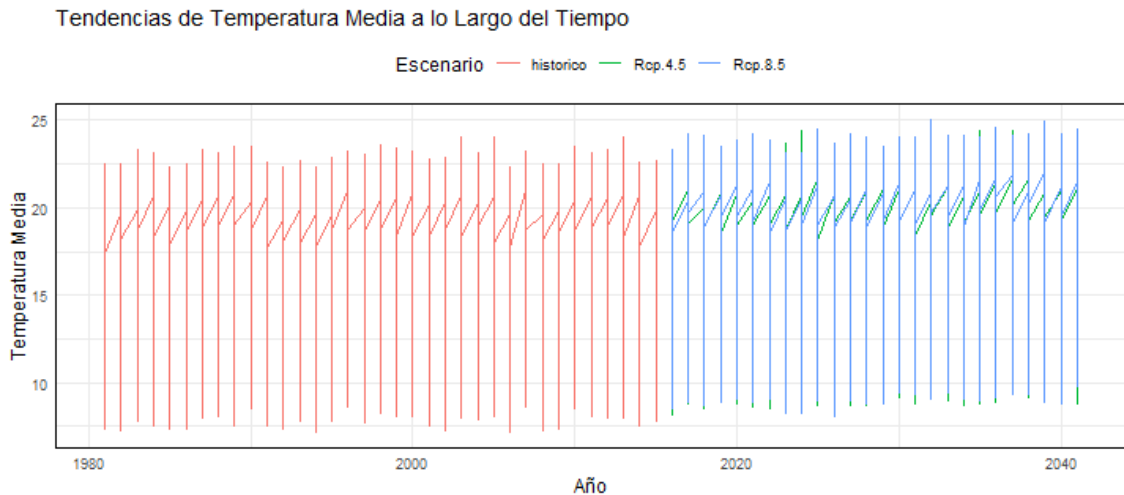
### **10.3. Análisis de Tendencias Temporales de Temperatura y Precipitación de la Reserva Ecológica los Illinizas**

En esta sección se presentan los resultados del análisis de tendencias temporales de las proyecciones climáticas para la Reserva Ecológica Los Illinizas. El objetivo principal fue identificar patrones significativos a lo largo del tiempo en las variables climáticas clave, como la temperatura y la precipitación, bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. Para ello, se emplearon métodos estadísticos robustos que permitieron evaluar la dirección y magnitud de las tendencias proyectadas, proporcionando una comprensión detallada de cómo se espera que estas variables evolucionen en las próximas décadas. Este análisis es crucial para anticipar los posibles impactos del cambio climático en la reserva y para el desarrollo de estrategias de adaptación y gestión adecuadas.

### 10.3.1. Temperatura Media

#### Figura 6

*Tendencia Temporal de la Temperatura Media en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5*



**Elaborado por:** Maigua, 2024

El gráfico representado como *Figura 6* ilustra las tendencias temporales de la temperatura media en la Reserva Ecológica Los Illinizas, abarcando el período desde 1980 hasta 2040. Este análisis se centra en los escenarios de cambio climático Rcp 4.5 y Rcp 8.5, que reflejan diferentes trayectorias de emisiones y sus respectivos impactos esperados en la temperatura. Al observar los datos, se evidencia un aumento progresivo de la temperatura media, lo cual tiene profundas implicaciones para la ecología y la gestión de la reserva. Este incremento pone de manifiesto la urgencia de considerar el cambio climático en la planificación y las estrategias de manejo ambiental. Desde el inicio de la serie temporal en 1980, se ha observado un aumento constante en la temperatura media, que se hace más evidente en las últimas décadas. La proyección del escenario Rcp 4.5 indica un aumento moderado en comparación con el escenario más drástico Rcp 8.5, que predice un considerable incremento en las temperaturas medias. Esta diferencia subraya la influencia de las políticas de mitigación del cambio climático en el futuro de la región. La tendencia al alza en ambas proyecciones enfatiza la necesidad de actuar de manera proactiva para abordar los desafíos climáticos que enfrenta la reserva, asegurando que se adopten medidas adecuadas para mitigar estos efectos.

Un aspecto crítico a resaltar en el análisis de la *Figura 6* es la variabilidad en las proyecciones de temperatura, evidenciada por las bandas de incertidumbre que rodean las líneas de tendencia. A medida que avanzamos hacia el futuro, el aumento de la acumulación de gases

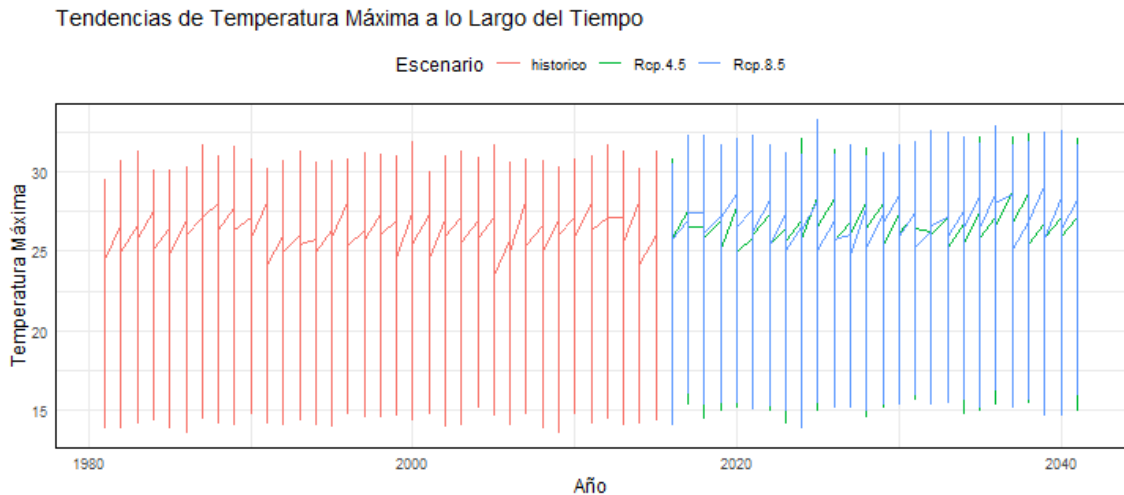
de efecto invernadero, reflejado en el escenario Rcp 8.5, presenta un rango más amplio de posibles temperaturas, señalando una creciente incertidumbre sobre las condiciones futuras. Esta variabilidad puede ser indicativa de eventos climáticos extremos más frecuentes, lo que podría provocar consecuencias adversas para la biodiversidad y las dinámicas de los ecosistemas dentro de la reserva. En contraste, el escenario Rcp 4.5, que contempla una respuesta política más efectiva, sugiere que la implementación de estrategias de mitigación puede ayudar a contener estas variaciones y promover un futuro más estable. La implicación ecológica del aumento de la temperatura media no puede ser subestimada. Este incremento está asociado con cambios en la fenología de las especies, alteraciones en los patrones de migración y potencial desplazamiento de especies hacia hábitats más adecuados. Estos cambios pueden afectar negativamente a la biodiversidad de la Reserva Ecológica Los Illinizas, poniendo en riesgo las interacciones ecológicas y alterando la resiliencia de los ecosistemas. Además, el calentamiento de la temperatura puede afectar los patrones de precipitación y, en consecuencia, la disponibilidad de agua, un recurso crítico para las especies de flora y fauna locales, así como para las comunidades humanas que dependen de la reserva.

Finalmente, los resultados destacados en la *Figura 6* resaltan la necesidad imperante de ajustar las estrategias de gestión en función de los cambios climáticos proyectados. La planificación del uso del suelo, la gestión de recursos hídricos y la conservación de especies deben ser reevaluadas y adaptadas para enfrentar el aumento de la temperatura. Esto involucra integrar un enfoque basado en la resiliencia en el Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Los Illinizas, garantizando que las medidas a implementar no solo respondan a los desafíos actuales, sino que también anticipen y se preparen para las condiciones futuras que se derivan del cambio climático. En conclusión, el análisis proporcionado por la *Figura 6* sobre la tendencia de temperatura media en la Reserva Ecológica Los Illinizas ofrece una perspectiva clara de los riesgos asociados con el cambio climático. Los resultados obtenidos reflejan la urgencia de desarrollar e implementar políticas efectivas que aborden estos problemas de manera integral, asegurando la sostenibilidad y protección de este invaluable ecosistema para las generaciones futuras.

### 10.3.2. Temperatura Máxima

#### Figura 7

*Tendencia Temporal de la Temperatura Máxima en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5*



**Elaborado por:** Maigua, 2024

La *Figura 7* ilustra la evolución de la temperatura máxima en la Reserva Ecológica Los Illinizas desde 1980 hasta 2040. Este gráfico incluye datos históricos y proyecciones de las temperaturas máximas bajo dos escenarios diferentes: Rcp 4.5 y Rcp 8.5, que representan distintas trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero. Comprender estas tendencias es fundamental para evaluar cómo las temperaturas máximas pueden influir en la biodiversidad y en los ecosistemas de la reserva. A lo largo del periodo analizado, es evidente un aumento continuo en las temperaturas máximas, particularmente en las proyecciones futuras. Tanto el escenario Rcp 4.5 como el Rcp 8.5 indican un incremento en estas temperaturas, siendo el Rcp 8.5 el que muestra un aumento más significativo. Esta diferencia subraya la necesidad urgente de adoptar políticas de mitigación que puedan ayudar a contener el aumento de las temperaturas, resaltando la función crucial de las intervenciones políticas en el futuro climático de la región.

Un punto importante que se puede destacar en la *Figura 7* es la variabilidad de las proyecciones, que se muestra a través de bandas de incertidumbre. Esta incertidumbre es más evidente en el escenario Rcp 8.5, donde las predicciones de temperatura máxima presentan un rango más amplio de posibles resultados en comparación con el escenario Rcp 4.5. Esta fluctuación en las expectativas indica que un futuro con altas emisiones podría traer consigo eventos climáticos extremos, lo que impactaría negativamente en la biodiversidad local. Es esencial comprender y evaluar esta variabilidad para desarrollar estrategias efectivas de

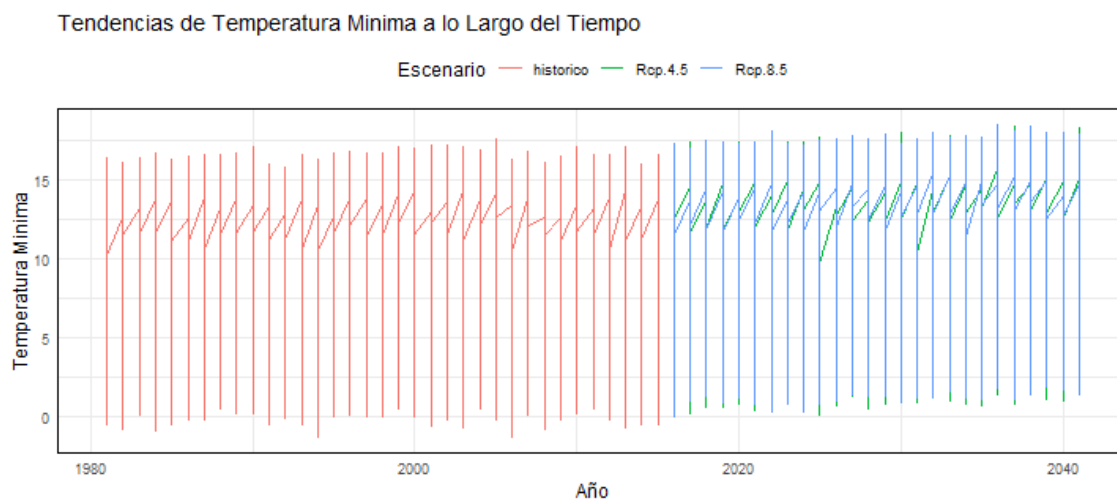
adaptación y gestión que puedan mitigar los efectos nocivos sobre los ecosistemas de la reserva. El aumento de las temperaturas máximas tiene consecuencias directas sobre la salud de los ecosistemas. Las condiciones extremas podrían generar estrés hídrico en la vegetación y en la fauna, afectando su capacidad de supervivencia y reproducción. Por ejemplo, temperaturas más elevadas pueden ser perjudiciales para especies sensibles, lo que podría llevar a un cambio en sus rangos de distribución y aumentar el riesgo de extinción en poblaciones vulnerables. Asimismo, las variaciones en la temperatura máxima pueden alterar los ciclos biológicos de las especies, impactando sus hábitos reproductivos y las interacciones esenciales para el equilibrio de los ecosistemas.

Finalmente, los hallazgos presentados en la *Figura 7* resaltan la necesidad de adaptar las estrategias de gestión y conservación en la Reserva Ecológica Los Illinizas. Con las proyecciones de aumento en las temperaturas máximas, es crucial que las políticas de manejo incluyan enfoques de adaptación que aborden los riesgos del cambio climático. Esto podría implicar un seguimiento continuo de las condiciones ambientales y la implementación de prácticas de conservación que refuercen la resiliencia de los ecosistemas locales frente a los cambios climáticos. En resumen, el análisis de la *Figura 7*, que muestra las tendencias de temperatura máxima, ofrece información clave sobre cómo el cambio climático puede afectar a la Reserva Ecológica Los Illinizas. Las proyecciones de incremento en las temperaturas máximas enfatizan la importancia de adoptar medidas que mitiguen estos efectos y protejan la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que la reserva proporciona. Un enfoque basado en evidencia y proactivo será fundamental para garantizar la conservación y sostenibilidad de este valioso patrimonio natural en los años venideros.

### 10.3.3. Temperatura Mínima

#### Figura 8

*Tendencia Temporal de la Temperatura Mínima en la Reserva Ecológica Ilinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5*



**Elaborado por:** Maigua, 2024

La *Figura 8* muestra las tendencias de temperatura mínima en la Reserva Ecológica Los Ilinizas desde 1980 hasta 2040, incluyendo tanto datos históricos como proyecciones bajo dos escenarios de cambio climático: Rcp 4.5 y Rcp 8.5. Este análisis es esencial para comprender el impacto que las temperaturas mínimas pueden tener en los ecosistemas y la biodiversidad que habita en la reserva. Las temperaturas mínimas son un factor crítico que influye en la salud y el funcionamiento de los ecosistemas, ya que afectan no solo la fisiología de las especies, sino también su distribución y dinámica poblacional. Al analizar este gráfico, se puede observar una clara tendencia al alza en las temperaturas mínimas, lo que indica un cambio significativo en el clima de la región y su posible repercusión en los recursos naturales y las especies que dependen de esos recursos.

A lo largo del periodo analizado, se ha detectado un aumento destacado en las temperaturas mínimas, siendo este crecimiento más evidente en las proyecciones a futuro. En particular, el escenario Rcp 4.5 indica un incremento moderado, mientras que el escenario Rcp 8.5 muestra un aumento mucho más pronunciado y preocupante. Este último escenario plantea un futuro en el que las emisiones de gases de efecto invernadero son elevadas y no se implementan medidas efectivas de mitigación, lo que podría resultar en temperaturas mínimas significativamente más altas. Esta tendencia es especialmente alarmante, dado que las temperaturas mínimas influyen en procesos ecológicos clave, como la actividad metabólica de

las especies, la polinización y la capacidad de las plantas para sobrevivir en condiciones adversas. Un aumento en las temperaturas nocturnas puede provocar que muchas especies se vean obligadas a adaptarse rápidamente o incluso a migrar hacia altitudes o latitudes más elevadas, lo que a su vez alteraría las interacciones y las relaciones ecológicas existentes. Un aspecto significativo que se resalta en la *Figura 8* es la variabilidad en las proyecciones, que se expresa mediante las bandas de incertidumbre que rodean las líneas de tendencia. Las proyecciones en el escenario Rcp 8.5 presentan una variabilidad mucho mayor, sugiriendo que un futuro con altas emisiones no solo implica un calentamiento, sino también una mayor probabilidad de eventos climáticos extremos. Esto podría traducirse en olas de calor y otras condiciones climáticas adversas, que representan graves riesgos para la fauna y flora locales. La incertidumbre presente en estos modelos destaca la importancia de realizar un seguimiento continuo de las condiciones climáticas y de ser proactivos en la investigación de la adaptabilidad de las especies. El reconocimiento de esta variabilidad es fundamental para la planificación de acciones de conservación y gestión de recursos naturales en la reserva, permitiendo diseñar estrategias que consideren los escenarios más adversos y las potenciales repercusiones para los ecosistemas.

El aumento de las temperaturas mínimas tiene implicaciones directas e indirectas sobre la salud de los ecosistemas. Este cambio climático puede influir considerablemente en la fenología de las especies, que se refiere a los ciclos de vida cruciales, como la germinación de las plantas, la floración, y el comportamiento reproductivo de la fauna. Las especies que dependen de ciertos rangos de temperatura para su actividad metabólica podrían verse desajustadas, lo cual puede resultar en períodos de actividad más largos o más cortos, afectando sus interacciones con otros organismos. Adicionalmente, las temperaturas nocturnas más elevadas pueden alterar los patrones de comportamiento y la ecología del hábitat. Por ejemplo, ciertos pollos o mamíferos nocturnos que necesitan temperaturas frescas para cazar o para refugiarse del calor podrían experimentar dificultades para sobrevivir, lo que a su vez podría impactar en la cadena alimentaria y en la estructura de los ecosistemas. Finalmente, la *Figura 8* subraya la necesidad urgente de ajustar las estrategias de gestión y conservación en la Reserva Ecológica Los Illinizas. Con las proyecciones de aumento en las temperaturas mínimas, es crucial que las políticas y prácticas de manejo de la reserva incluyan enfoques de adaptación que aborden los riesgos emergentes derivados del cambio climático. Esto podría implicar la identificación de especies vulnerables y la implementación de medidas de conservación específicas que aumenten la resiliencia de los ecosistemas locales. Por ejemplo, podría ser

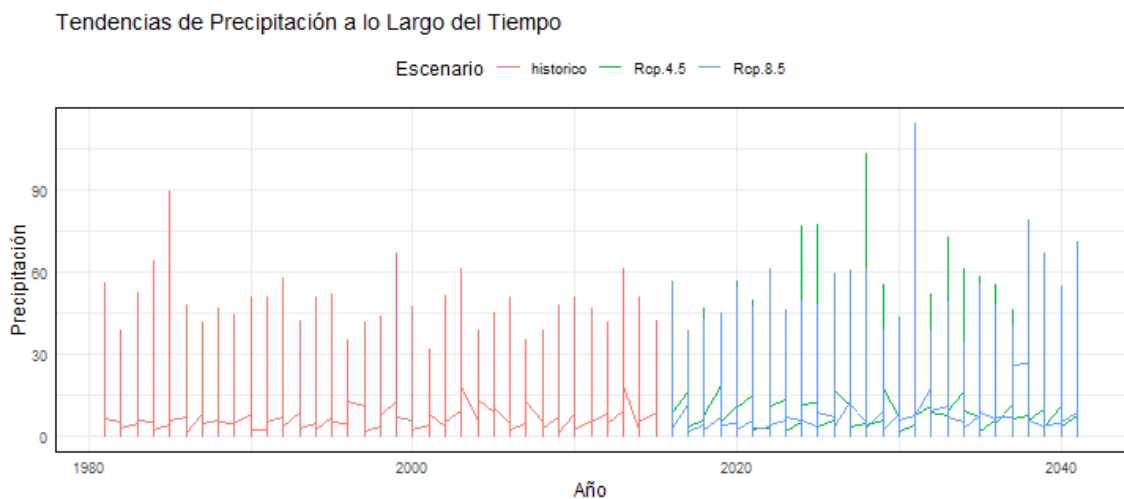
necesario desarrollar corredores ecológicos que permitan a las especies migrar hacia hábitats más adecuados o implementar programas de restauración para recuperar áreas degradadas. Además, la educación y sensibilización de las comunidades locales acerca de los efectos del cambio climático y la importancia de la conservación son fundamentales para involucrar a todos los actores en la protección de este patrimonio natural.

En resumen, el análisis de la *Figura 8* sobre las tendencias de temperatura mínima proporciona información clave sobre las posibles repercusiones del cambio climático en la Reserva Ecológica Los Illinizas. Las proyecciones indican un calentamiento continuo de las temperaturas mínimas, lo que enfatiza la urgencia de adoptar medidas efectivas para mitigar estos efectos y proteger la rica biodiversidad de la reserva. La implementación de estrategias proactivas y fundamentadas en evidencia será esencial para garantizar la sostenibilidad y conservación de este valioso ecosistema en los años venideros, asegurando que tanto la fauna como la flora tengan un futuro viable en un entorno cambiante.

#### 10.3.4. Precipitación Media

##### Figura 9

*Tendencia Temporal de la Precipitación en la Reserva Ecológica Illinizas bajo los Escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5*



**Elaborado por:** Maigua, 2024

El análisis de las tendencias temporales de precipitación media en la Reserva Ecológica Los Illinizas, como se presenta en la *Figura 9*, proporciona una visión profunda sobre la evolución de los patrones de precipitación desde el año 1980 hasta las proyecciones para 2040. Esta figura ilustra gráficamente los datos históricos y las proyecciones futuras, permitiendo una

comprensión detallada de cómo han cambiado los patrones de precipitación y cómo se espera que evolucionen. En la *Figura 9*, la línea roja representa la serie de datos históricos de precipitación. Este gráfico revela las variaciones en los niveles de precipitación a lo largo de los años. A través de esta línea, podemos observar que aunque hay fluctuaciones evidentes, no se detecta una tendencia uniforme hacia el aumento o la disminución de las precipitaciones. Esto sugiere que, a pesar de las variaciones anuales y decenales, la región ha mantenido un patrón de precipitación relativamente variable en las últimas décadas, sin una dirección clara en la tendencia general.

Al explorar las proyecciones futuras, representadas por las líneas azul y verde en la *Figura 9*, observamos dos posibles escenarios climáticos: RCP 4.5 y RCP 8.5. El escenario RCP 4.5, que refleja una trayectoria con esfuerzos moderados para mitigar los efectos del cambio climático, sugiere una ligera tendencia al aumento en la precipitación. Este patrón de aumento moderado puede ser interpretado como una respuesta potencial a las estrategias de mitigación implementadas, lo que podría resultar en una estabilización parcial de las precipitaciones. Esta estabilización, aunque leve, podría beneficiar a los ecosistemas locales al proporcionar un suministro hídrico más constante y adecuado para el funcionamiento y la supervivencia de las especies. En contraste, el escenario RCP 8.5, que representa un camino con altas concentraciones de gases de efecto invernadero y sin medidas significativas de mitigación, proyecta un incremento más pronunciado en la precipitación media. Esta proyección sugiere un aumento considerable en las precipitaciones, lo cual podría representar riesgos adicionales para la Reserva. Un incremento en las precipitaciones podría incrementar la frecuencia y severidad de eventos climáticos extremos, como inundaciones, que no solo afectarían los ecosistemas naturales sino también podrían impactar negativamente en las comunidades cercanas, que enfrentarían desafíos en la gestión de los recursos hídricos y en la prevención de desastres.

La *Figura 9* también destaca la variabilidad en las proyecciones mediante bandas de error. Las bandas de error más amplias, particularmente en el escenario RCP 8.5, indican una mayor incertidumbre en las estimaciones de precipitación. Esta incertidumbre es crucial ya que puede tener efectos significativos en la biodiversidad y en los usos del suelo. Las especies adaptadas a condiciones específicas de precipitación podrían verse amenazadas por cambios bruscos y abruptos en los patrones de precipitación, lo que podría poner en riesgo su supervivencia y alterar la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. La capacidad de adaptación de los ecosistemas a estos cambios dependerá en gran medida de cómo se maneje la

variabilidad climática y de la resiliencia de las especies locales. Es fundamental implementar estrategias de manejo adaptativo y prácticas de conservación efectivas para mitigar los impactos negativos y fomentar la resiliencia ecológica en la Reserva Ecológica Los Illinizas. Además, una planificación a largo plazo y una investigación continua serán esenciales para comprender mejor los efectos de los cambios en la precipitación y para desarrollar enfoques de gestión que optimicen la sostenibilidad de los recursos naturales en un clima en transformación.

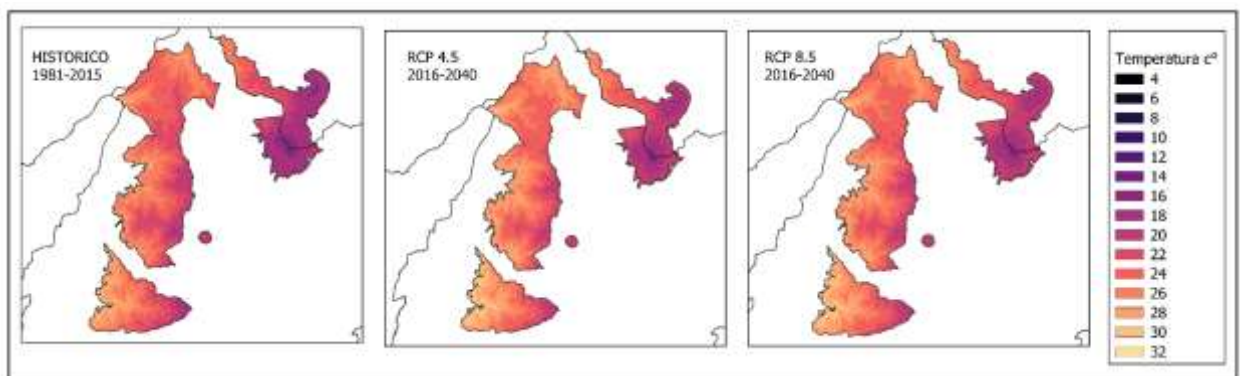
#### 10.4. Evaluación de Proyecciones Climáticas y Modelado de Escenarios en la Reserva Ecológica Los Illinizas

En esta sección, se presentan los resultados del análisis de las proyecciones climáticas y el modelado de escenarios futuros para la Reserva Ecológica Los Illinizas. Se han utilizado datos climáticos históricos y proyecciones bajo dos escenarios de cambio climático (RCP 4.5 y RCP 8.5) para evaluar los posibles impactos en la temperatura máxima, precipitación y otras variables climáticas relevantes. Este análisis permite identificar las áreas más vulnerables dentro de la reserva y proporciona una base científica para el desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación frente al cambio climático.

##### 10.4.1. Temperatura Máxima

#### Figura 10

Temperatura Máxima periodo (Histórico 1898- 2015) - (Rcp 4.5 2016-2040) - (Rcp 8.5 2016-2040)



Elaborado por: Maigua, 2024

La Figura 10 presenta un análisis gráfico de las proyecciones de temperatura máxima en la Reserva Ecológica Los Illinizas, abarcando tres períodos: el histórico (1981-2015) y dos escenarios futuros según el modelo de RCP 4.5 y 8.5 para el período 2016-2040. Los resultados indican que, a pesar de las proyecciones de cambio climático, las temperaturas máximas en la

reserva se mantienen en un rango relativamente similar, oscilando entre 14°C y 32°C. Este hallazgo sugiere que, aunque se anticipan cambios en el entorno climático, las condiciones extremas de temperatura podrían no variar drásticamente en el corto a mediano plazo, lo que plantea interrogantes sobre la resiliencia del ecosistema ante el cambio climático. Sin embargo, es esencial considerar que la mera estabilidad en los rangos de temperatura no implica que el ecosistema esté a salvo de los impactos del cambio climático. Aunque el rango de temperatura se mantenga constante, el aumento en la temperatura promedio puede inducir alteraciones significativas en los patrones ecológicos. Por ejemplo, modificaciones en la fenología de las especies, que afectan las épocas de reproducción y alimentación, pueden comenzar a manifestarse, incluso si las temperaturas máximas no experimentan un cambio evidente. Esto subraya la importancia de realizar un análisis exhaustivo que contemple las interacciones complejas entre diferentes variables climáticas y su efecto acumulativo en la biodiversidad local.

La comparación entre los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 revela que, aunque ambos muestran temperaturas máximas dentro del mismo rango, el RCP 8.5 tiende a proyectar un incremento más pronunciado de las temperaturas en las zonas más cálidas de la reserva. Esto podría implicar que, aunque la temperatura máxima general no varíe radicalmente, algunas áreas específicas podrían experimentar episodios de calor extremo más frecuentes. Este patrón podría resultar en cambios en la distribución de hábitats y repercusiones para las especies que dependen de condiciones climáticas específicas. Es crucial que los gestores de la reserva tomen en cuenta estos matices al desarrollar estrategias de conservación y adaptación. Adicionalmente, el análisis de la *Figura 10* sugiere que la Reserva Ecológica Los Illinizas, con su variada topografía y diversidad de hábitats, podría mostrar cierta capacidad para mitigar los efectos del cambio climático debido a la presencia de microclimas. Estas variaciones permiten que ciertos microhábitats mantengan condiciones adecuadas para la flora y fauna local, lo que podría ofrecer un refugio en un contexto de cambio climático. Sin embargo, estas áreas también son susceptibles a cambios en las condiciones globales, lo que refuerza la necesidad de un monitoreo continuo para adaptar las estrategias de manejo a las realidades climáticas emergentes.

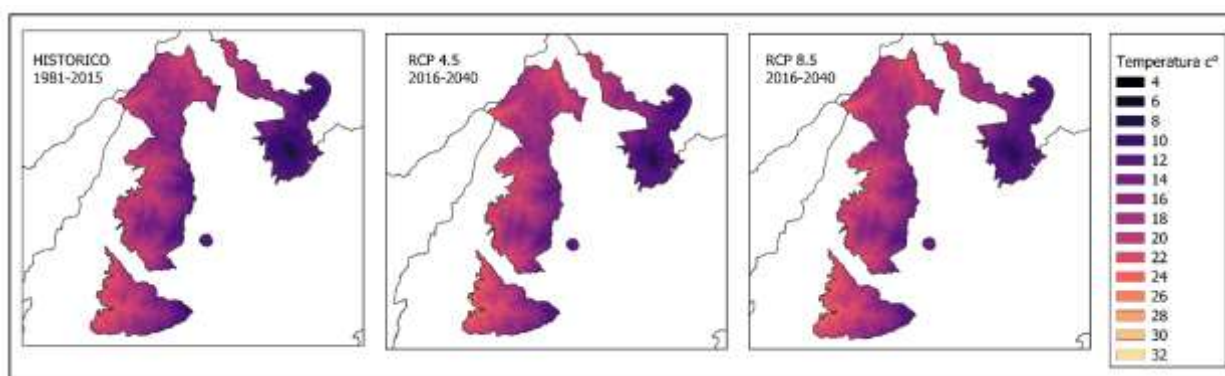
Un elemento crítico que debe considerarse es la interacción entre el aumento de las temperaturas máximas y otros factores climáticos, como la disponibilidad de agua y los patrones de precipitación. Un aumento en la temperatura puede llevar a una mayor evapotranspiración, lo que a su vez puede disminuir la disponibilidad hídrica en un contexto ya vulnerable. Esta

interacción puede resultar en un estrés adicional para los ecosistemas y la biodiversidad de la reserva, destacando la necesidad de abordar las proyecciones de clima de manera holística, integrando variables relacionadas para una mejor comprensión de sus efectos. Finalmente, las proyecciones de temperatura máxima presentadas en la figura 10 no solo son relevantes para evaluar la salud del ecosistema actual, sino que también son fundamentales para la planificación futura del manejo de la Reserva Ecológica Los Illinizas. Las conclusiones de este análisis deben ser incorporadas en las estrategias de adaptación y manejo, que busquen garantizar la sostenibilidad y resiliencia de la reserva frente a los desafíos del cambio climático. Con base en esta información, se debe enfatizar la importancia de implementar políticas de conservación que refuercen la capacidad adaptativa de los ecosistemas y garanticen la protección de la biodiversidad local en un futuro incierto.

#### 10.4.2. Temperatura Media

##### Figura 11

Temperatura Media periodo (Histórico 1898- 2015) - (Rcp 4.5 2016-2040) - (Rcp 8.5 2016-2040)



**Elaborado por:** Maigua, 2024

La Figura 11 proporciona una representación visual de las proyecciones de temperatura media en la Reserva Ecológica Los Illinizas, abarcando tres períodos de análisis: el histórico (1898-2015) y las proyecciones para los escenarios futuros RCP 4.5 y RCP 8.5 para el período 2016-2040. El rango de temperaturas medias, que fluctúa entre 12°C y 24°C, es indicativo de un ambiente diverso, pero también señala posibles cambios significativos en el clima que podrían impactar la ecología local. El análisis del mapa revela que, a pesar de que los rangos de temperatura se mantienen relativamente constantes, las proyecciones se inclinan hacia el límite superior de este rango en los escenarios futuros, sugiriendo un posible aumento en las temperaturas medias que podría tener amplias repercusiones ecológicas. En el contexto del

periodo histórico, las temperaturas medias han estado en un rango más fresco, lo que sugiere un entorno que ha sostenido la vida y la biodiversidad en la reserva. Sin embargo, las proyecciones para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 indican un claro aumento en las temperaturas esperadas, especialmente en el escenario más crítico (RCP 8.5), que se caracteriza por niveles más altos de gases de efecto invernadero. Este incremento en las temperaturas medias, aunque sutil en términos absolutos, es preocupante, ya que puede alterar las condiciones de vida de muchas especies, particularmente aquellas que son sensibles a los cambios de temperatura.

La diferencia entre los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 es particularmente relevante. En el RCP 4.5, las proyecciones muestran un crecimiento moderado de las temperaturas medias, lo que podría permitir que muchas especies se adapten relativamente bien. En cambio, el RCP 8.5 proyecta un calentamiento más severo, poniendo en riesgo la estabilidad de los ecosistemas. Este tipo de cambio no solo afecta la temperatura en sí, sino que también influye en factores como la humedad, la disponibilidad de agua y la productividad primaria, creando un efecto en cadena que podría desestabilizar aún más el equilibrio ecológico existente.

Adicionalmente, el impacto de las proyecciones de temperatura media en la biodiversidad local es significativo. Con un aumento de las temperaturas, las especies vegetales pueden experimentar estrés hídrico, reduciendo su capacidad de crecimiento y reproducción. Este efecto se propaga a través de la cadena alimentaria, poniendo en riesgo a las especies herbívoras que dependen de estas plantas y, por ende, a los depredadores que dependen de los herbívoros. La interacción compleja entre las especies y su hábitat resalta la necesidad de evaluar no solo las proyecciones de temperatura, sino también cómo estas se traducen en cambios en la comunidad biológica de la reserva. El análisis también debe contemplar la variabilidad espacial dentro de los rangos de temperatura media proyectados. Es probable que las zonas más cálidas de la reserva, marcadas en el RCP 8.5, se conviertan en puntos críticos para el seguimiento y la gestión de la biodiversidad. Estas áreas podrían estar más vulnerables a los efectos del cambio climático, lo que enfatiza la necesidad de implementar estrategias de conservación dirigidas a proteger esos hábitats clave. Un enfoque dirigido aquí podría ayudar a mitigar las consecuencias adversas del aumento de temperaturas y asegurar que las especies más vulnerables encuentren refugio en microclimas más favorables.

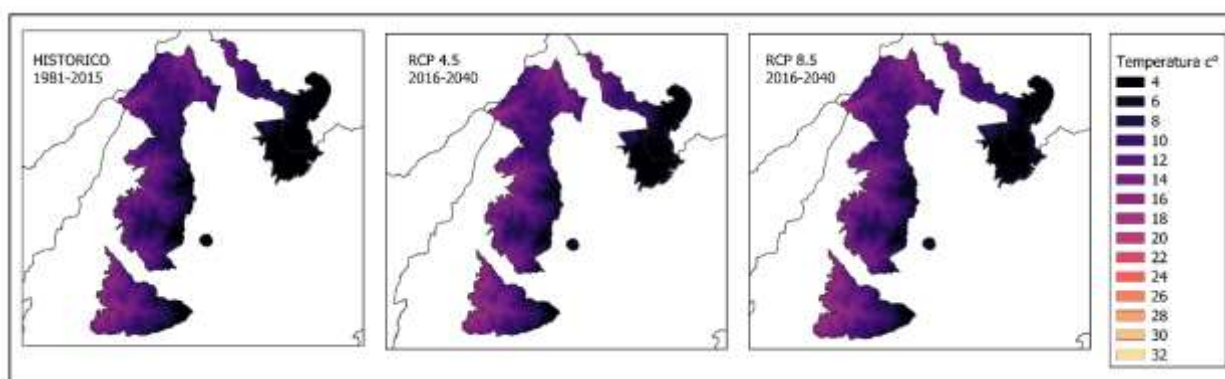
Finalmente, los hallazgos reflejados en la *Figura 11* subrayan la necesidad urgente de una gestión proactiva en la Reserva Ecológica Los Illinizas. A medida que se anticipan cambios en las temperaturas medias, es vital que los responsables de la conservación desarrollen

políticas adaptativas que consideren no solo las proyecciones climáticas, sino también la interrelación entre diferentes factores ambientales. Esta comprensión integrada es crucial para asegurar la resiliencia del ecosistema ante los retos del cambio climático futuro, y para proteger la rica biodiversidad que la reserva alberga. El uso de datos de temperatura, como los presentados en esta figura, debe ser central en los esfuerzos de conservación y manejo sostenible de la reserva.

#### 10.4.3. Temperatura Mínima

##### Figura 12

Temperatura Mínima periodo (Histórico 1898- 2015) - (Rcp 4.5 2016-2040) - (Rcp 8.5 2016-2040)



Elaborado por: Maigua, 2024

La *Figura 12* presenta las proyecciones de temperatura mínima para la Reserva Ecológica Los Illinizas, abarcando los datos históricos de 1981 a 2015, así como las proyecciones futuras según los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2040. Las temperaturas mínimas proyectadas varían entre 4°C y 16°C, lo que es fundamental para comprender el impacto del cambio climático en el ecosistema de la reserva. Este análisis no solo muestra cómo se distribuyen las temperaturas mínimas, sino que también sugiere consecuencias significativas para la biodiversidad y la salud ambiental en la región. Al observar las temperaturas mínimas del periodo histórico, se destaca que los valores eran generalmente más fríos, con amplias áreas de la reserva manteniendo temperaturas por debajo de 10°C. Este clima más fresco ha sido crucial para la supervivencia de diversas especies que requieren temperaturas más bajas. Las temperaturas mínimas son un factor crucial en el mantenimiento de la salud de los ecosistemas locales, proporcionando condiciones favorables para una variedad de flora y fauna

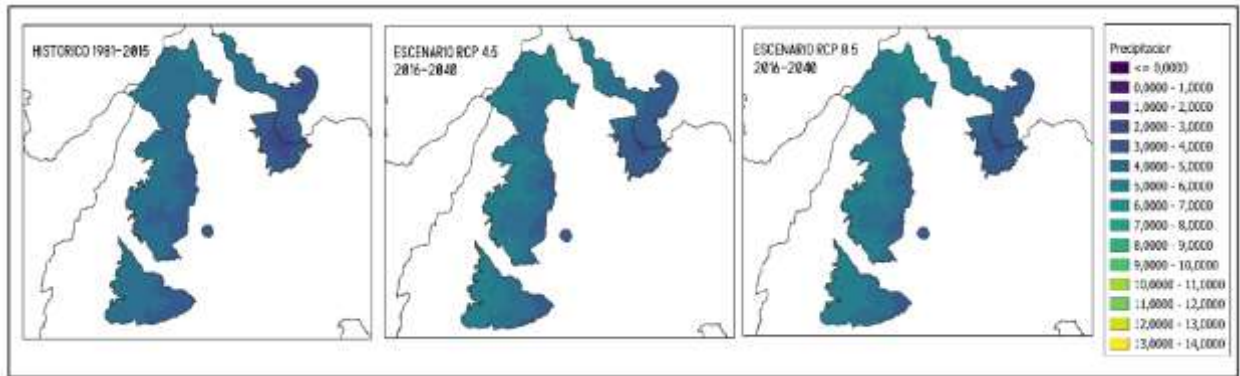
Las proyecciones para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 muestran un claro aumento en las temperaturas mínimas. En el escenario RCP 4.5, se observa una reducción de las áreas con temperaturas por debajo de 10°C, mientras que las zonas con temperaturas cercanas a 16°C se expanden hacia regiones que históricamente eran más frescas. Este cambio no solo implica una transformación física del entorno, sino que también afecta a la fenología y hábitats de las especies locales, alterando sus ciclos biológicos y reproductivos. El escenario más extremo, RCP 8.5, proyecta un aumento aún más significativo en las temperaturas mínimas, con una notable expansión de áreas donde se superan los 10°C. Esto podría representar un gran desafío para las especies que están adaptadas a climas más fríos, ya que podrían verse forzadas a migrar hacia altitudes superiores o latitudes más frías, algo que podría no ser viable en un ecosistema limitado como el de la reserva.

Además, es importante considerar la relación entre las temperaturas mínimas y la disponibilidad de agua. Un incremento en estas temperaturas puede conducir a una mayor evapotranspiración, lo que podría resultar en una reducción de agua disponible, afectando así a la vegetación y a la fauna del área. Este aspecto resalta la necesidad de entender cómo las proyecciones de temperatura mínima interactúan con otros factores ambientales para tener una visión más completa del impacto del cambio climático en el ecosistema. En conclusión, la información proporcionada por la *Figura 12* es esencial para el desarrollo de estrategias de conservación y manejo en la Reserva Ecológica Los Illinizas. Las proyecciones de temperatura mínima indican la necesidad de adoptar enfoques proactivos para enfrentar los desafíos que estas modificaciones presentan. Es crucial que los responsables de la conservación implementen políticas que tengan en cuenta las proyecciones climáticas a largo plazo, además de realizar un monitoreo continuo de las condiciones ambientales. La capacidad de los ecosistemas para adaptarse a los cambios dependerá de una gestión adecuada de sus recursos naturales y del seguimiento constante de las variables climáticas.

#### 10.4.4. Precipitación Media

**Figura 13**

*Precipitación Media periodo (Histórico 1898- 2015) - (Rcp 4.5 2016-2040) - (Rcp 8.5 2016-2040)*



**Elaborado por:** Maigua, 2024

El análisis de precipitación en la Reserva Ecológica Los Illinizas, basado en los datos históricos y los escenarios de cambio climático (RCP 4.5 y RCP 8.5), revela patrones significativos que son críticos para la gestión futura de la reserva, como se ilustra en la *Figura 13*. Esta figura muestra las diferencias en las precipitaciones a lo largo de los tres períodos analizados: el histórico (1996-2016) y los escenarios futuros 4.5 y 8.5. En primer lugar, el periodo histórico proporciona una línea base sobre la que se puede observar la variabilidad interanual de las precipitaciones. Durante este periodo, se identificó una distribución relativamente uniforme de las precipitaciones, con picos que corresponden a la estación lluviosa, lo que indica un ecosistema adaptado a estas condiciones. Sin embargo, los datos históricos también revelan episodios de sequía que podrían ser indicativos de variaciones climáticas emergentes, lo cual se volverá cada vez más relevante en los escenarios proyectados.

Al considerar el escenario RCP 4.5, que presupone un aumento moderado en las concentraciones de gases de efecto invernadero, se observan cambios significativos en la distribución y cantidad de precipitación en comparación con el periodo histórico, como se detalla en la *Figura 13*. En este escenario, algunas áreas de la reserva muestran un ligero aumento en las precipitaciones anuales, lo que podría compensar parcialmente los efectos de la sequía observados en el pasado. Sin embargo, este incremento no se distribuye de manera uniforme, y ciertos sectores más vulnerables podrían experimentar una reducción en las precipitaciones, aumentando la desigualdad en la disponibilidad de recursos hídricos. Estos

cambios tendrán repercusiones directas en la biodiversidad y la salud de los ecosistemas locales, haciéndose crucial el desarrollo de estrategias de adaptación que aborden estas variaciones.

El análisis bajo el escenario RCP 8.5, que indica un aumento significativo en la concentración de gases de efecto invernadero, presenta una imagen más alarmante de la situación climática prevista para la reserva, tal como se observa en la *Figura 13*. En este escenario, la mayoría de las áreas de la reserva muestran un incremento considerable de las precipitaciones, pero este aumento se acompaña de patrones de precipitación más erráticos y extremos. Estas variaciones pueden resultar en eventos climáticos severos, como inundaciones repentinas y deslizamientos de tierra, que amenazarían no solo los ecosistemas, sino también las comunidades humanas adyacentes. Este escenario pone de relieve la urgencia de estudiar las interacciones complejas entre las precipitaciones extremas y la vulnerabilidad de los ecosistemas montañosos de la región.

Las diferencias observadas entre los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5, reflejadas en la *Figura 13*, sugieren que la planificación del manejo de la Reserva Ecológica Los Illinizas debe adaptarse a las condiciones climáticas futuras, basándose en los datos obtenidos. El incremento de la precipitación en el RCP 8.5, junto con la posibilidad de eventos climáticos extremos, requiere una respuesta proactiva en términos de manejo de cuencas y conservación de suelos. La identificación de áreas críticas donde se prevén mayores intensidades de lluvia permitirá implementar medidas preventivas, como la restauración de ecosistemas degradados que actúan como amortiguadores naturales. Esto es fundamental para asegurar la resiliencia de la reserva frente a los cambios climáticos esperados.

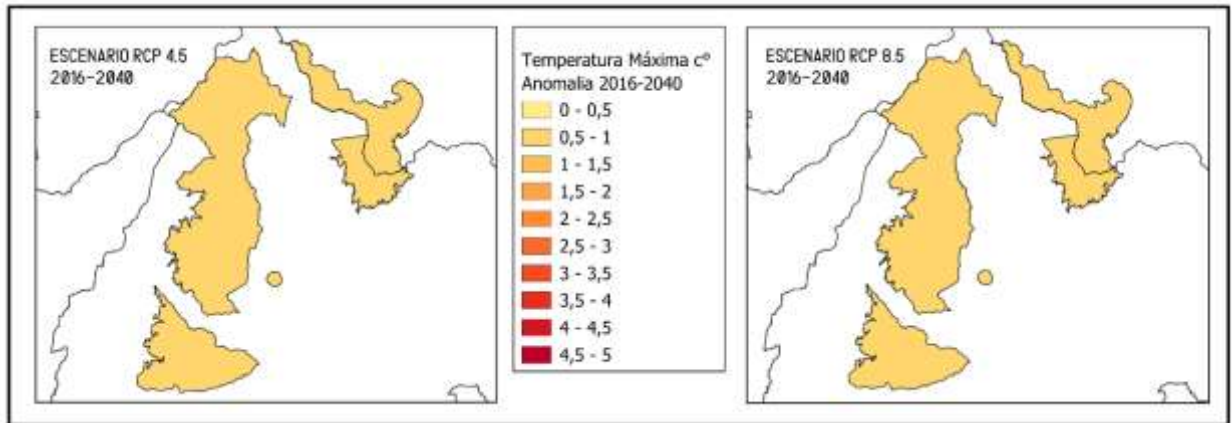
Finalmente, es imperativo que los datos de precipitación analizados, reflejados en la *Figura 13*, se integren en un marco de gestión climática más amplio, que contemple no solo la regulación del uso del agua, sino también la educación ambiental y la participación comunitaria en la conservación de la Reserva Ecológica Los Illinizas. Establecer un sistema de monitoreo climático efectivo que permita recoger datos de precipitaciones en tiempo real facilitará ajustes en las prácticas de manejo y garantizará una respuesta más adaptativa a las condiciones cambiantes. Este enfoque no solo ayudará a mitigar los impactos adversos del cambio climático, sino que también permitirá preservar la rica biodiversidad y los servicios ecosistémicos que la reserva proporciona a las comunidades locales.

## 10.5. Modelamiento de las Anomalías de las proyecciones climáticas de la Reserva Ecológica los Illinizas

### 10.5.1. Temperatura Máxima

**Figura 14**

*Anomalía de la temperatura Máxima diaria promedio para la RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040)*

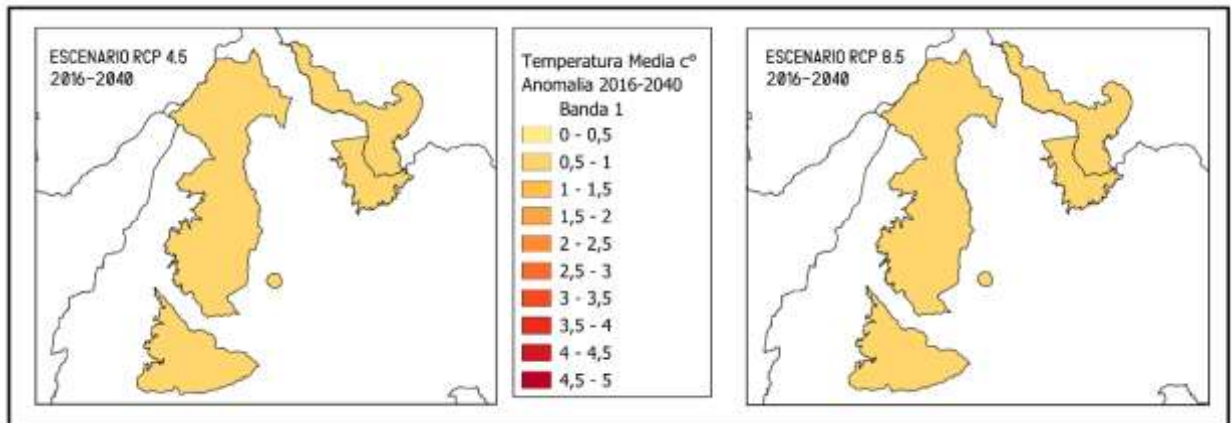


Elaborado por: Maigua, 2023

### 10.5.2. Temperatura Media

**Figura 15**

*Anomalía de la temperatura Media diaria promedio para la RCP 4.5 y RCP 8.5*

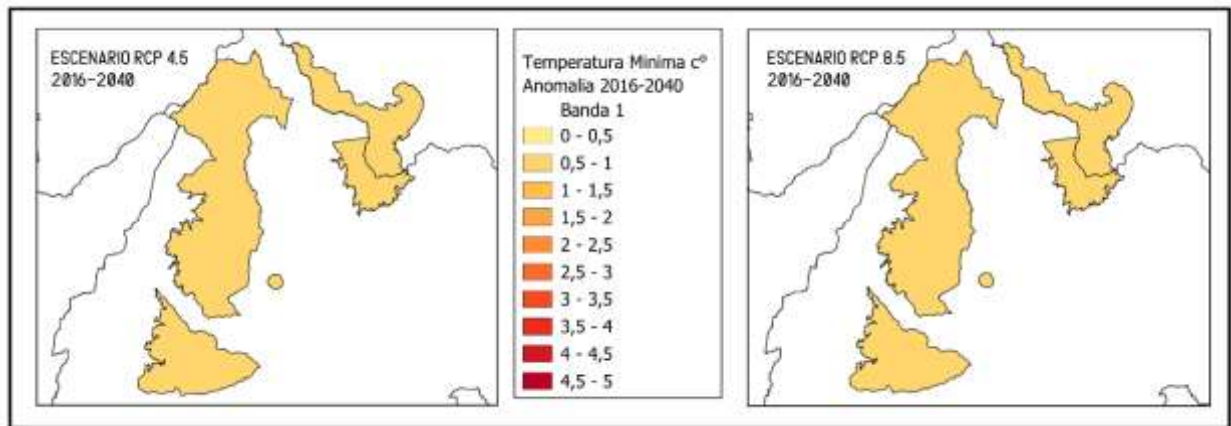


Elaborado por: Maigua, 2024

### 10.5.3. Temperatura Mínima

**Figura 16**

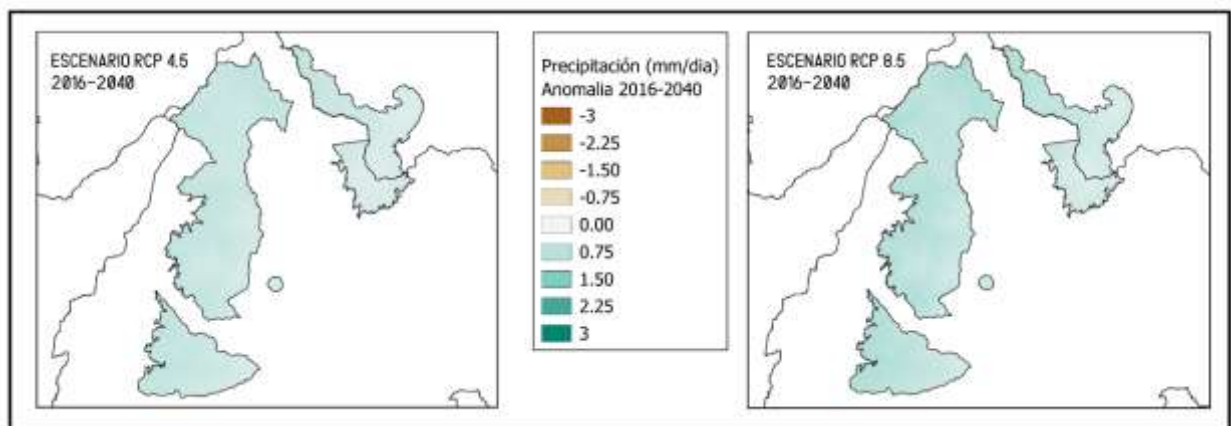
*Anomalía de la temperatura Mínima diaria promedio para la RCP 4.5 y RCP 8.5*



### 10.5.4. Precipitación Media

**Figura 17**

*Anomalía de la temperatura Mínima diaria promedio para la RCP 4.5 y RCP 8.5*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

La interpretación de las anomalías de las proyecciones climáticas de temperatura media mínima y máxima muestra un panorama consistente en la Reserva Ecológica Illinizas, con respecto a los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Los mapas de anomalías de temperatura media revelan valores predominantes de 0 a 0.5 grados centígrados, lo que indica que, en general, las temperaturas medias proyectadas se mantienen cercanas a las condiciones históricas. Esta consistencia sugiere una relativa estabilidad en las temperaturas medias en la reserva durante el periodo analizado. Por otro lado, los mapas de anomalías de temperatura máxima y mínima muestran valores ligeramente más elevados, en el rango de 1 a 1.5 grados centígrados, lo que

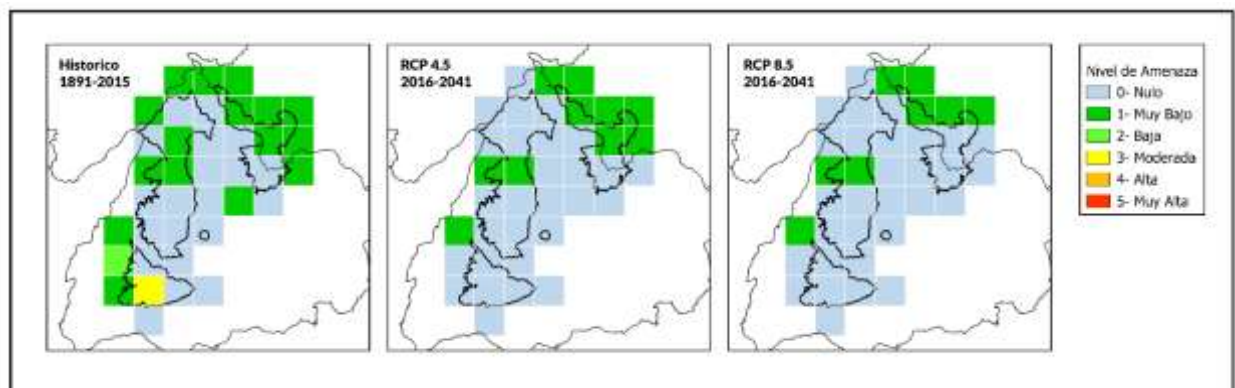
sugiere un ligero aumento en las temperaturas máximas y mínimas proyectadas en comparación con las condiciones históricas. Este incremento podría tener implicaciones significativas para los ecosistemas de la reserva, especialmente en términos de estrés hídrico, cambios en la distribución de especies y fenómenos meteorológicos extremos. Es fundamental considerar estas proyecciones en la planificación de medidas de adaptación y mitigación para garantizar la resiliencia de la reserva frente al cambio climático.

## 10.6. Análisis de las Amenazas Climáticas de la Reserva Ecológica los Illinizas

### 10.6.1. Nivel de amenaza para las sequías, según la tendencia de aumento del número de días secos consecutivos al año, bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2041, en comparación al clima histórico del periodo 1981-2015

**Figura 18**

*Nivel de amenaza para Sequías*



**Elaborado por:** Maigua, 2024

El análisis del nivel de amenaza por sequías en la Reserva Ecológica Los Illinizas, basado en la tendencia de aumento del número de días secos consecutivos al año, ofrece una comprensión profunda de cómo el cambio climático podría afectar a esta región en los próximos años. Este análisis, que abarca el periodo histórico de 1981 a 2015 y se proyecta hacia el futuro bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2041, es clave para la planificación de estrategias de adaptación y mitigación que aseguren la resiliencia de los ecosistemas locales.

En la *Figura 18*, se muestran los mapas de amenazas climáticas por sequías, que revelan una distribución variada de los niveles de amenaza a lo largo de la Reserva Ecológica Los Illinizas. Durante el periodo histórico (1981-2015), predominan las zonas con amenaza nula y muy baja, lo que indica una baja frecuencia de días secos consecutivos. Estas áreas de baja

amenaza sugieren que, históricamente, la reserva ha contado con un régimen de precipitaciones relativamente estable, con pocas interrupciones prolongadas en la disponibilidad de agua. Sin embargo, no todas las zonas presentan el mismo nivel de protección; también se identifican áreas con niveles moderados y bajos de amenaza, donde la frecuencia de días secos es mayor y, por lo tanto, la probabilidad de sequías es más alta. Al examinar los escenarios futuros RCP 4.5 y RCP 8.5, representados también en la *Figura 18*, se observa una tendencia preocupante. Aunque la distribución de las zonas de baja amenaza se mantiene en gran parte similar a la del periodo histórico, se evidencia una ligera reducción en la extensión de estas áreas en ambos escenarios. Este cambio sugiere que, en el futuro, es probable que aumente la frecuencia o intensidad de los períodos de sequía, especialmente bajo el escenario RCP 8.5, que supone un escenario de emisiones elevadas sin medidas significativas de mitigación. Las áreas que anteriormente estaban menos afectadas por días secos consecutivos podrían enfrentar una mayor amenaza, lo que pondría en riesgo la disponibilidad de recursos hídricos y, por ende, la supervivencia de las especies y los ecosistemas que dependen de un suministro constante de agua.

El índice utilizado para este análisis, que se basa en el número de días secos consecutivos al año, es una herramienta crucial para evaluar las condiciones de sequía y su impacto potencial en la Reserva Ecológica Los Ilinizas. Este índice permite identificar áreas vulnerables a la sequía y proporciona una medida clara de cómo podrían evolucionar estas condiciones en el futuro. La capacidad de identificar zonas de alta y baja amenaza a través de este índice es esencial para desarrollar estrategias de manejo de la sequía que sean adaptativas y proactivas. Además, los resultados de este análisis destacan la necesidad de una gestión sostenible de los recursos hídricos en la región. Dado que la sequía es una de las amenazas climáticas más significativas para la biodiversidad y las comunidades humanas, es imperativo que las medidas de adaptación se integren en los planes de conservación y desarrollo local. Las acciones para mitigar los efectos de la sequía podrían incluir la restauración de ecosistemas que actúan como reservas de agua, la implementación de técnicas de agricultura sostenible que optimicen el uso del agua, y la mejora de la infraestructura hídrica para asegurar que las comunidades tengan acceso a agua potable durante los periodos secos.

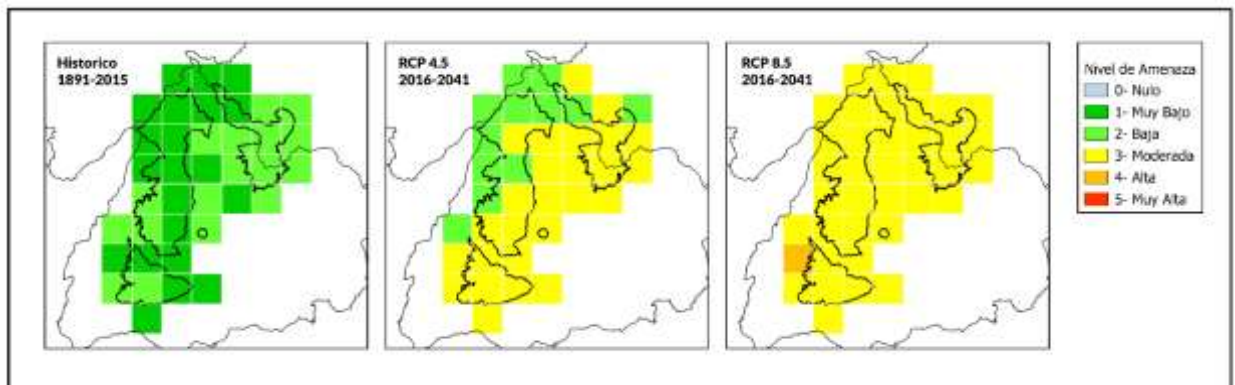
Asimismo, este análisis subraya la importancia de monitorear continuamente las condiciones climáticas y la frecuencia de los días secos consecutivos en la reserva. Las proyecciones presentadas en la *Figura 18* deben ser actualizadas regularmente para reflejar las condiciones actuales y futuras, lo que permitirá a los gestores de la reserva y a las autoridades

locales tomar decisiones informadas y oportunas. La capacidad de anticiparse a los cambios y de implementar medidas de adaptación eficaces será clave para minimizar los impactos negativos del cambio climático en la Reserva Ecológica Los Ilinizas. Finalmente, la variabilidad observada en los escenarios futuros también sugiere que no solo la cantidad de agua disponible será un desafío, sino también la calidad de la misma. La gestión de la calidad del agua, junto con la cantidad, deberá ser un componente central de cualquier estrategia de adaptación. En conclusión, el análisis de las amenazas por sequía en la Reserva Ecológica Los Ilinizas, como se detalla en la *Figura 18*, proporciona información valiosa que debe guiar la planificación y la acción frente a los desafíos del cambio climático, asegurando la preservación de este valioso ecosistema para las generaciones futuras.

**10.6.2. Nivel de amenaza para las lluvias intensas, según la tendencia de aumento del número de días al año con lluvias extremas, bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2041, en comparación al clima histórico del periodo 1981-2015**

**Figura 19**

*Nivel de amenaza para las Lluvias Intensas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis del nivel de amenaza por lluvias intensas en la Reserva Ecológica Los Ilinizas, basado en la tendencia de aumento del número de días al año con lluvias extremas, es una herramienta esencial para comprender cómo el cambio climático podría alterar los patrones de precipitación en esta región. Este análisis abarca el periodo histórico de 1981 a 2015 y se proyecta hacia el futuro bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2041, proporcionando una visión detallada de los posibles riesgos climáticos que podrían enfrentar los ecosistemas y las comunidades en los próximos años.

En la *Figura 19*, se presentan los mapas de amenazas climáticas por lluvias intensas, los cuales revelan información crucial sobre la distribución y la intensidad de las precipitaciones en la Reserva Ecológica Los Ilinizas. Durante el periodo histórico (1981-2015), predominan las zonas con niveles muy bajos y bajos de amenaza, lo que indica que, históricamente, la reserva ha experimentado una baja frecuencia de días con lluvias extremas. Esta estabilidad relativa ha permitido que los ecosistemas locales se adapten a un régimen de precipitaciones que, si bien variable, no ha presentado grandes desviaciones hacia eventos extremos. No obstante, también se identifican áreas con niveles moderados de amenaza, lo que sugiere que algunas partes de la reserva ya han estado más expuestas a lluvias intensas, aumentando el riesgo de erosión del suelo, deslizamientos de tierra y otras consecuencias negativas asociadas con las precipitaciones extremas. Al proyectar estos patrones hacia el futuro bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5, se observa una tendencia preocupante. En ambos escenarios, pero especialmente bajo el RCP 8.5, se anticipa un aumento en los niveles de amenaza, con una expansión notable de las zonas que pasan de tener una amenaza baja a una amenaza moderada o incluso alta. Esto sugiere que, en el futuro, la frecuencia o intensidad de las lluvias extremas podría incrementarse, lo que a su vez elevaría el riesgo de inundaciones, desbordamientos de ríos y otros eventos climáticos extremos que podrían tener efectos devastadores para la biodiversidad y las infraestructuras humanas en la región.

El índice utilizado en este análisis, que se basa en el número de días al año con lluvias extremas, es una medida clave para evaluar el riesgo de inundaciones y otros impactos relacionados. Este índice no solo permite identificar las áreas más vulnerables a las lluvias intensas, sino que también proporciona una base sólida para desarrollar estrategias de mitigación que puedan reducir estos riesgos. Por ejemplo, los datos obtenidos pueden guiar la construcción de infraestructuras de drenaje adecuadas, la reforestación de áreas vulnerables para prevenir la erosión, y la implementación de sistemas de alerta temprana que permitan a las comunidades prepararse mejor para los eventos extremos. La *Figura 19* también subraya la importancia de una planificación a largo plazo que considere no solo los escenarios más probables, sino también las variaciones que podrían presentarse bajo diferentes circunstancias climáticas. Esta variabilidad en los escenarios futuros pone de manifiesto la necesidad de desarrollar políticas y prácticas de manejo del agua que sean flexibles y adaptativas, capaces de responder a los cambios en las condiciones de precipitación que podrían ser más abruptos y severos de lo que se proyecta actualmente.

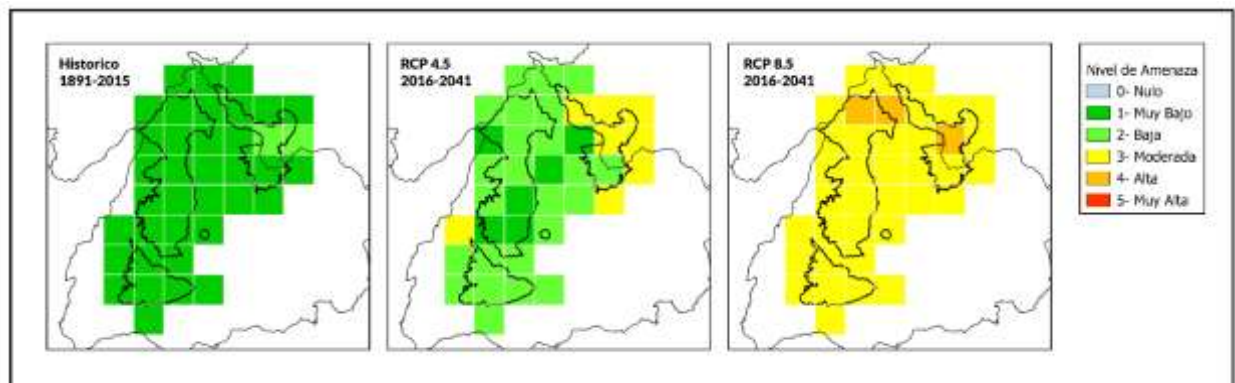
Además, este análisis destaca la importancia de fortalecer la resiliencia de los ecosistemas de la Reserva Ecológica Los Ilinizas frente a estos cambios proyectados. La resiliencia, en este contexto, se refiere a la capacidad de los ecosistemas para absorber los impactos de las lluvias intensas sin sufrir una degradación significativa. Esto podría implicar la restauración de áreas degradadas, la protección de cuencas hidrográficas, y el mantenimiento de la biodiversidad como una forma de asegurar que los ecosistemas puedan continuar proporcionando servicios esenciales como la regulación del agua, la conservación del suelo y el soporte a la vida silvestre. La variabilidad observada en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 también indica que las medidas de adaptación deben ser diseñadas de manera que puedan ser ajustadas a medida que se disponga de nueva información. Las comunidades locales, los gestores de la reserva y las autoridades gubernamentales deberán trabajar juntos para monitorear continuamente las condiciones climáticas y ajustar sus estrategias de manejo en consecuencia.

Finalmente, la información proporcionada por estos mapas y el análisis correspondiente es vital para la toma de decisiones informadas en todos los niveles, desde la planificación local hasta la formulación de políticas nacionales. A medida que la Reserva Ecológica Los Ilinizas se enfrenta a un futuro incierto debido al cambio climático, la capacidad de anticiparse a los eventos extremos y de implementar medidas de mitigación y adaptación adecuadas será clave para proteger este valioso ecosistema y las comunidades que dependen de él.

**10.6.3. Nivel de amenaza para alta temperatura, según la tendencia de aumento del número de días al año con temperaturas máximas extremas, bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2040, en comparación al clima histórico del periodo 1981-2015**

**Figura 20**

*Nivel de amenaza para alta temperatura*



**Elaborado por:** Maigua, 2024

El análisis de los niveles de amenaza por temperaturas altas en la Reserva Ecológica Los Ilinizas ofrece una visión detallada sobre cómo las temperaturas extremas podrían afectar esta región en el contexto del cambio climático. Este análisis cubre tanto el periodo histórico de 1981 a 2015 como las proyecciones futuras bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2040. La comprensión de cómo las temperaturas máximas extremas se distribuyen y evolucionan en la reserva es crucial para el desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación que protejan tanto a los ecosistemas como a las comunidades locales.

En la *Figura 20*, que se refiere al nivel de amenaza para alta temperatura según la tendencia de aumento del número de días al año con temperaturas máximas extremas, se presenta un análisis visual y comparativo entre el periodo histórico y las proyecciones futuras. Durante el periodo histórico (1981-2015), los mapas revelan que predominan zonas con niveles muy bajos y bajos de amenaza en la reserva, lo que indica que, en general, ha habido una baja frecuencia de días con temperaturas máximas extremas. Esta situación ha permitido que los ecosistemas y las especies locales se adapten a un clima relativamente estable en términos de temperaturas extremas, manteniendo su resiliencia frente a otros factores climáticos. Sin embargo, también se identifican áreas con niveles moderados de amenaza, lo que sugiere que algunas regiones de la reserva han experimentado episodios de temperaturas más altas, lo cual podría tener implicaciones negativas para ciertos ecosistemas sensibles al calor. Estos episodios de temperaturas elevadas pueden llevar a un estrés térmico en plantas y animales, afectar los ciclos reproductivos de las especies y alterar la dinámica de los ecosistemas. Además, el estrés térmico puede agravar otros problemas ambientales, como la disponibilidad de agua y la productividad del suelo.

Cuando se proyectan estos patrones hacia el futuro bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2040, los mapas indican una tendencia preocupante hacia un aumento en los niveles de amenaza por temperaturas altas. En ambos escenarios, pero especialmente bajo el RCP 8.5, que asume un mayor nivel de emisiones de gases de efecto invernadero, se anticipa un incremento significativo en el número de días con temperaturas máximas extremas. Esta tendencia es particularmente marcada en las zonas que actualmente muestran niveles bajos de amenaza, lo que sugiere que incluso áreas que hasta ahora han sido relativamente estables podrían estar en riesgo de experimentar un calor extremo en el futuro. El índice utilizado en este análisis, basado en el número de días al año con temperaturas máximas extremas, es una

herramienta fundamental para evaluar el riesgo de eventos relacionados con el calor, como las olas de calor. Estos eventos no solo tienen el potencial de afectar la salud humana, aumentando la incidencia de golpes de calor y otros problemas médicos relacionados, sino que también pueden tener graves repercusiones en la biodiversidad de la reserva. Las especies que no pueden adaptarse rápidamente a las nuevas condiciones climáticas podrían enfrentar riesgos de declive poblacional o incluso extinción local. Además, el aumento en las temperaturas podría exacerbar otros problemas, como la desecación de cuerpos de agua y la degradación del suelo, que a su vez podrían llevar a una disminución en la productividad agrícola y forestal en la región.

Estos mapas, como se refleja en la *Figura 19*, son esenciales para la planificación de medidas de adaptación y mitigación frente al calor extremo. En particular, la información proporcionada puede ser utilizada para desarrollar estrategias que protejan la salud y seguridad de la población en la reserva, así como para implementar prácticas de manejo del paisaje que ayuden a mitigar los efectos del calor en los ecosistemas. Por ejemplo, la reforestación con especies resistentes al calor, la creación de corredores ecológicos que permitan la migración de especies hacia áreas más frescas, y la implementación de sistemas de alerta temprana para olas de calor son algunas de las acciones que podrían ser consideradas.

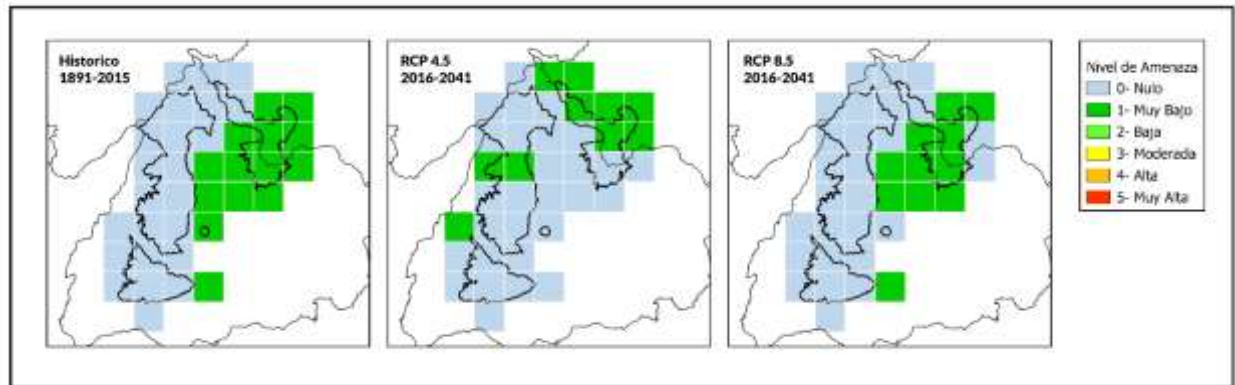
La *Figura 19* también destaca la importancia de la colaboración entre las comunidades locales, los gestores de la reserva, y las autoridades nacionales e internacionales para abordar los desafíos que plantea el cambio climático. La implementación de políticas efectivas de adaptación no solo requiere una comprensión detallada de las amenazas actuales y futuras, sino también un compromiso continuo para monitorear los cambios en el clima y ajustar las estrategias de manejo en consecuencia. Esta flexibilidad será clave para asegurar que las medidas adoptadas sean efectivas en un contexto de incertidumbre y cambio constante.

Finalmente, este análisis subraya la necesidad de integrar la planificación climática en la gestión a largo plazo de la Reserva Ecológica Los Ilinizas. A medida que el cambio climático continúa alterando los patrones climáticos a nivel global, las reservas naturales como Los Ilinizas se convierten en espacios críticos para la conservación de la biodiversidad y la preservación de los servicios ecosistémicos que sustentan la vida humana. Por lo tanto, la protección de estos espacios frente a las amenazas climáticas debe ser una prioridad en la agenda de conservación y desarrollo sostenible a nivel local, nacional e internacional.

**10.6.4. Nivel de amenaza para las heladas, según la tendencia de aumento del número de días al año con temperaturas mínimas por debajo de 3°C, bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2041, en comparación al clima histórico del periodo 1981-2015**

**Figura 21**

*Nivel de amenaza para las heladas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis de los niveles de amenaza por heladas en la Reserva Ecológica Ilinizas proporciona una visión exhaustiva de cómo las temperaturas mínimas extremas podrían impactar esta región en el contexto del cambio climático. Este análisis abarca tanto el periodo histórico de 1981 a 2015 como las proyecciones futuras bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2041. Comprender la distribución y la evolución de las temperaturas mínimas por debajo de 3°C es esencial para el desarrollo de estrategias que protejan tanto los ecosistemas como las actividades agrícolas en la reserva.

En la *Figura 21*, correspondiente al nivel de amenaza para las heladas según la tendencia de aumento del número de días al año con temperaturas mínimas por debajo de 3°C, se presenta un análisis visual y comparativo entre el periodo histórico y las proyecciones futuras. Durante el periodo histórico (1981-2015), los mapas muestran que predominan zonas con niveles nulos y muy bajos de amenaza en la reserva, lo que indica una baja frecuencia de días con temperaturas mínimas extremas. Esta situación sugiere que, históricamente, las heladas no han representado una amenaza significativa para la mayoría de los ecosistemas y actividades humanas en la reserva, permitiendo que las especies y las prácticas agrícolas locales se desarrollen en un entorno relativamente estable en cuanto a temperaturas mínimas. Sin embargo, se identifican algunas áreas con niveles moderados de amenaza, lo que indica la presencia de eventos de heladas en ciertas regiones de la reserva. Estas áreas podrían estar

localizadas en altitudes más elevadas o en zonas particularmente expuestas a condiciones climáticas extremas. Las heladas en estas áreas pueden tener consecuencias adversas para la vegetación nativa y las actividades agrícolas, como el cultivo de plantas sensibles al frío. Los efectos de las heladas incluyen la desecación de tejidos vegetales, daños a las estructuras celulares y la reducción de la productividad de los cultivos, lo que puede tener un impacto económico significativo en las comunidades locales.

Cuando se proyectan estos patrones hacia el futuro bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2041, los mapas indican una tendencia similar, con un predominio de zonas con niveles nulos y muy bajos de amenaza. No obstante, se observan algunas áreas con niveles moderados de amenaza, aunque la extensión de estas zonas es mínima en comparación con el periodo histórico. Esta tendencia sugiere que, aunque las heladas podrían seguir ocurriendo en algunas áreas de la reserva, su impacto general podría permanecer relativamente bajo en el futuro, especialmente si se implementan medidas de adaptación adecuadas. El índice utilizado en este análisis, basado en el número de días al año con temperaturas mínimas por debajo de 3°C, es una herramienta crucial para evaluar el riesgo de heladas y su impacto en la reserva. Este índice no solo permite identificar las áreas más vulnerables a las heladas, sino que también proporciona información valiosa para la planificación de medidas de protección de cultivos y otros recursos naturales. Por ejemplo, los agricultores pueden utilizar esta información para seleccionar variedades de cultivos más resistentes al frío, implementar técnicas de manejo del suelo que reduzcan la pérdida de calor durante la noche, o planificar la siembra y la cosecha de manera que eviten los períodos más fríos del año.

Los mapas presentados en la *Figura 21* son fundamentales para la planificación de medidas de protección y mitigación frente a las heladas, especialmente en un contexto de cambio climático. Aunque la extensión de las áreas con niveles moderados de amenaza es mínima, la posibilidad de eventos de heladas sigue representando un riesgo para ciertos ecosistemas y actividades agrícolas en la reserva. Por lo tanto, es crucial fortalecer la resiliencia de la reserva ante eventos climáticos extremos, no solo mediante la implementación de medidas de adaptación, sino también a través de la educación y el empoderamiento de las comunidades locales para que puedan hacer frente a los desafíos que plantea el cambio climático. Este análisis también destaca la importancia de la vigilancia continua y el monitoreo del clima en la Reserva Ecológica Ilinizas. A medida que el cambio climático continúa alterando los patrones climáticos a nivel global, es posible que las condiciones actuales de baja amenaza cambien, y que áreas que hoy en día están relativamente libres de heladas enfrenten un mayor riesgo en el futuro. Por

esta razón, la capacidad de adaptarse a condiciones cambiantes será un factor clave para la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad de las actividades humanas en la reserva.

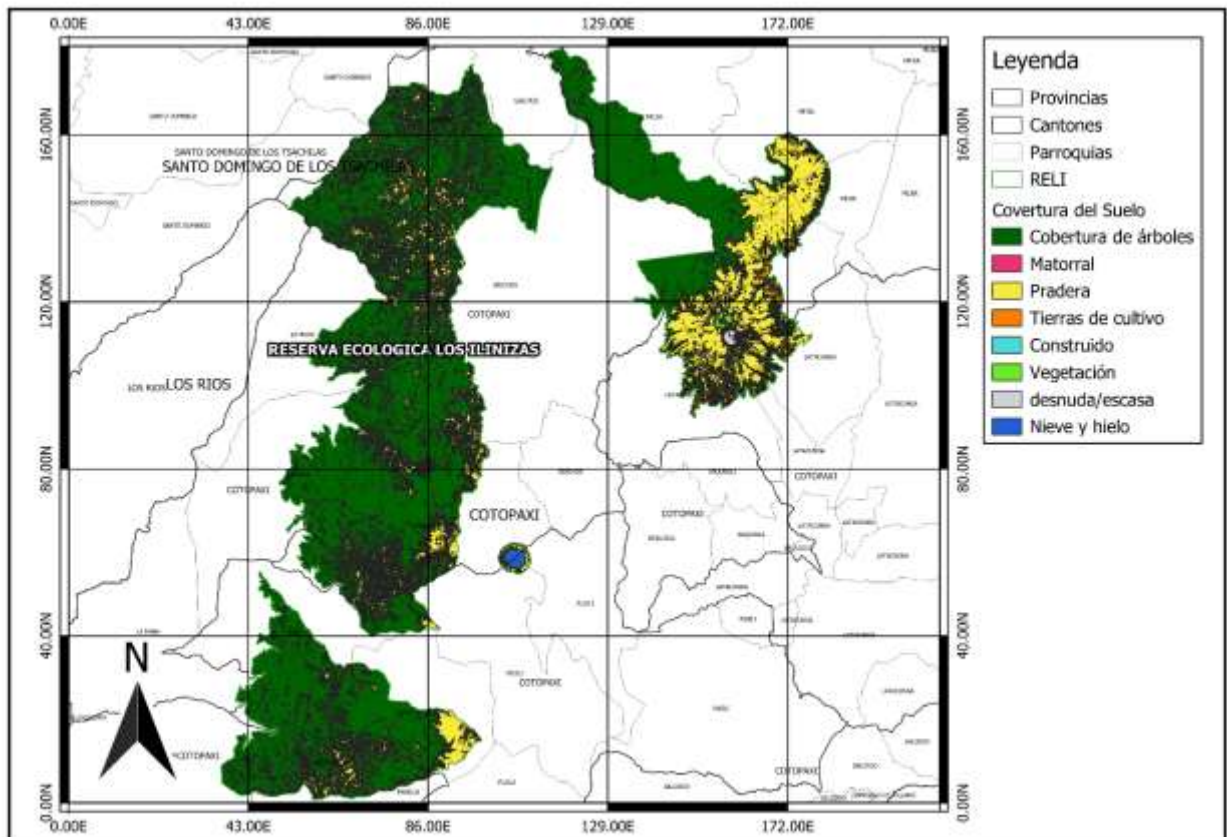
En resumen, la información proporcionada por los mapas de amenazas climáticas por heladas es esencial para la gestión a largo plazo de la Reserva Ecológica Illinizas. Estos mapas no solo ayudan a identificar las áreas más vulnerables, sino que también proporcionan una base sólida para la implementación de estrategias de adaptación que puedan minimizar los impactos negativos de las heladas en los ecosistemas y las comunidades locales. La protección de estos espacios frente a las amenazas climáticas debe ser una prioridad en la agenda de conservación y desarrollo sostenible a nivel local, nacional e internacional, para asegurar la preservación de los servicios ecosistémicos y la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.

### 10.7. Análisis de la Vulnerabilidad y Riesgo de los Ecosistemas basado en proyecciones Climáticas y Amenazas Climáticas de la Reserva Ecológica los Illinizas

### 10.8. Mapa de cobertura de Suelo de la Reserva Ecológica los Illinizas

**Figura 22**

*Cobertura de Suelo de la Reserva Ecológica los Illinizas*



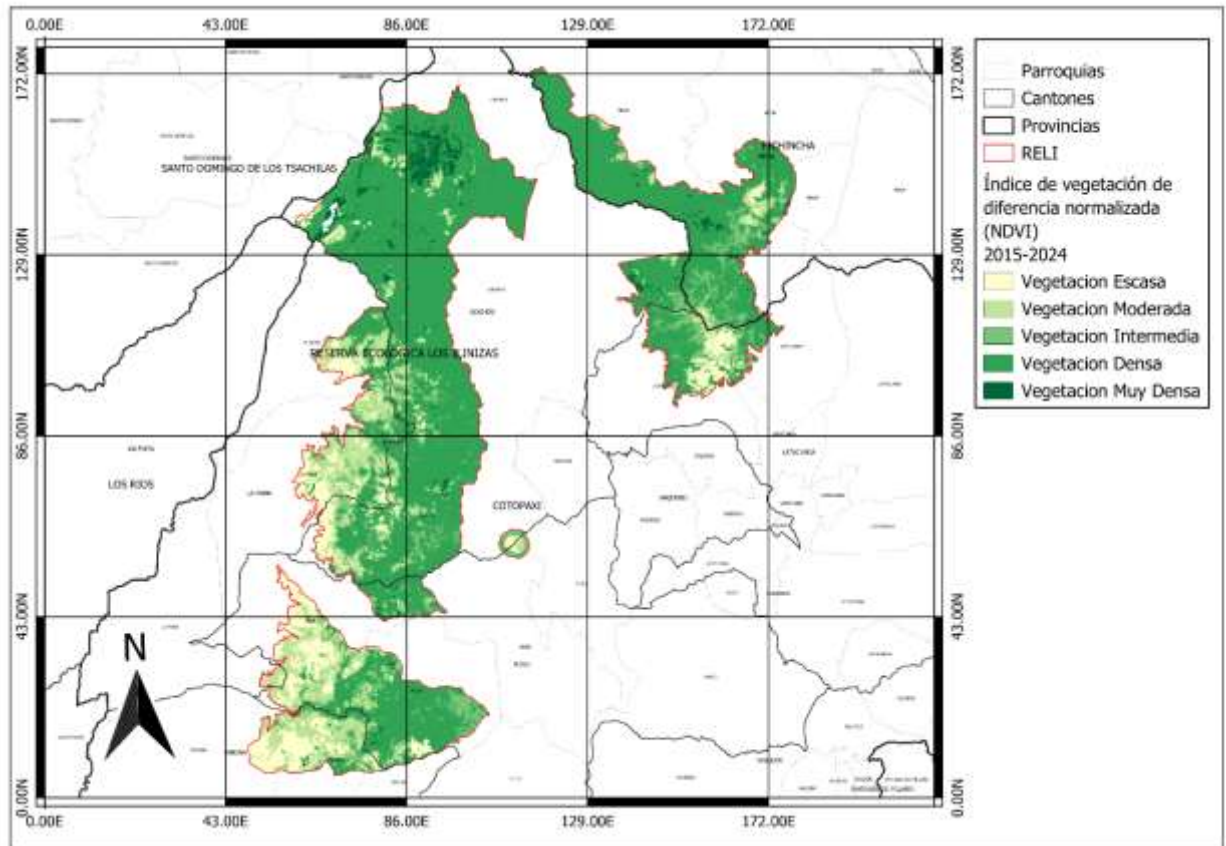
Elaborado por: Maigua, 2024

En el mapa de la cobertura de suelo de la Reserva Ecológica Ilinizas, se identificaron diversos tipos de ecosistemas que componen esta región. Los principales ecosistemas presentes dentro de la reserva incluyen áreas de cobertura de árboles, matorral, tierras de cultivo, pradera, vegetación densa/escasa y zonas de nieve y hielo. La mayor parte de la reserva está dominada por la cobertura de árboles, la cual se concentra principalmente en las zonas norte y central del área protegida, conformando un ecosistema forestal crucial para la biodiversidad y la mitigación del cambio climático. Las áreas de matorral y pradera ocupan posiciones significativas en las zonas perimetrales y fragmentadas dentro del bosque, mientras que las tierras de cultivo se encuentran distribuidas principalmente en las franjas externas de la reserva, indicando una interacción importante con las actividades humanas circundantes. Las zonas de nieve y hielo, localizadas en las regiones más elevadas, representan ecosistemas extremadamente vulnerables a los cambios climáticos debido a su sensibilidad a las variaciones de temperatura. Este análisis de la cobertura de suelo proporciona una base fundamental para entender cómo cada tipo de ecosistema puede responder a las proyecciones climáticas y ayuda a identificar las áreas prioritarias para la implementación de medidas de adaptación frente al cambio climático.

## 10.9. Mapa de Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) 2015-2024 de la Reserva Ecológica los Illinizas

**Figura 23**

*Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) 2015-2024*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

La Figura 23 muestra el mapa del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para la Reserva Ecológica Los Illinizas en el período 2015-2024. El NDVI es un indicador clave en el monitoreo de la salud de la vegetación, permitiendo evaluar la densidad y el vigor de la vegetación en diferentes áreas de la reserva. En este mapa, se observan varias categorías de densidad de vegetación, que van desde vegetación escasa hasta vegetación muy densa. Esta clasificación es crucial para entender las dinámicas ecológicas dentro de la reserva y cómo la vegetación ha respondido o podría responder a los cambios ambientales, incluidos los efectos del cambio climático. El análisis de la distribución espacial del NDVI en la Reserva Ecológica Los Illinizas revela que la mayor parte de la reserva está dominada por vegetación densa e intermedia, lo cual es un indicador positivo de la integridad ecológica de estas áreas. Las áreas de vegetación muy densa, representadas en tonos más oscuros, se concentran

principalmente en las zonas más elevadas y posiblemente menos perturbadas por actividades humanas. Esto sugiere que estas áreas están mejor conservadas y podrían desempeñar un papel crucial en la conservación de la biodiversidad y en la provisión de servicios ecosistémicos clave como la captura de carbono y la regulación del clima.

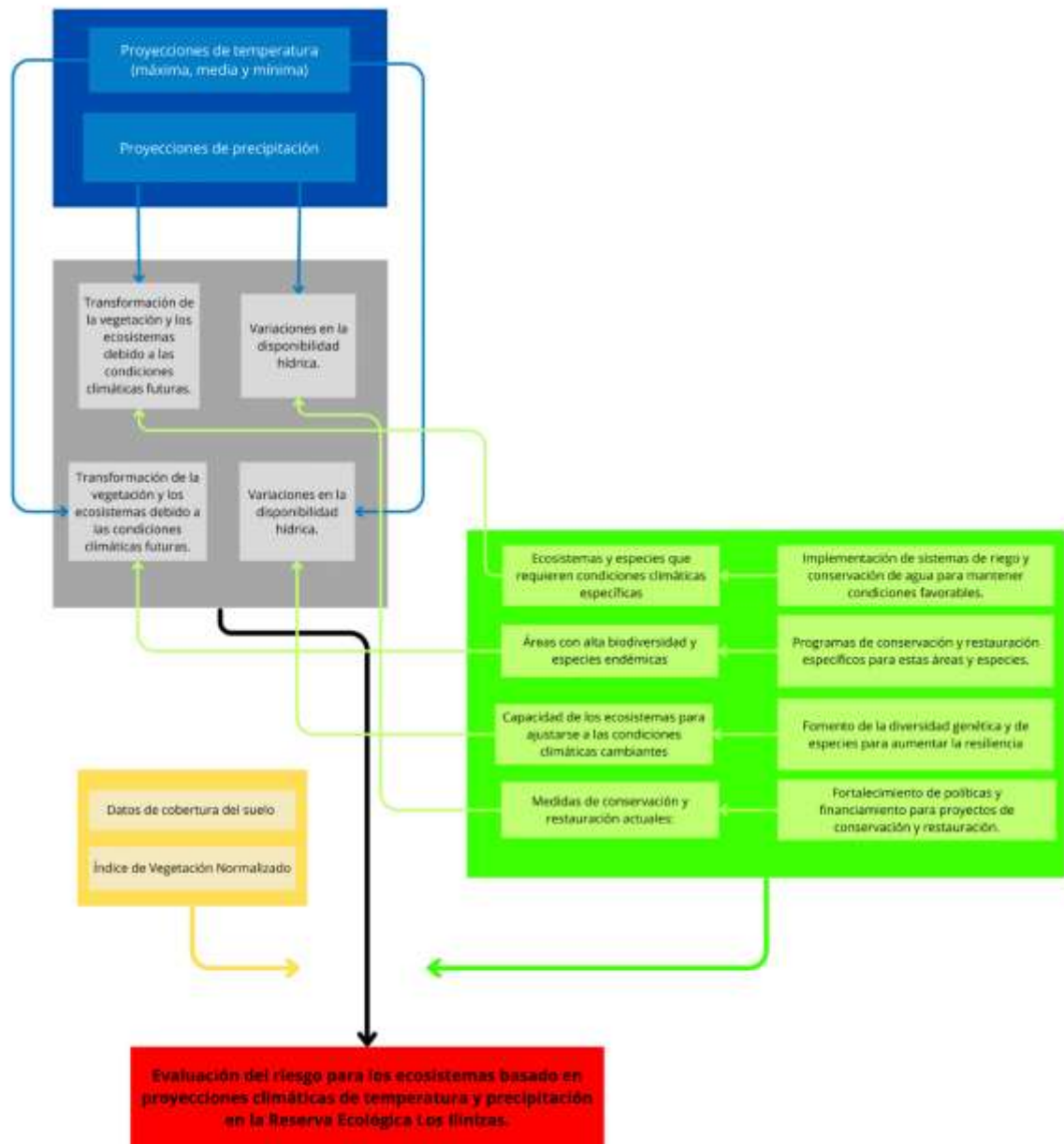
Sin embargo, el mapa también muestra zonas de vegetación escasa y moderada, especialmente en las partes más bajas de la reserva. Estas áreas podrían estar sujetas a una mayor presión antrópica, como la expansión agrícola, ganadera o cambios en el uso del suelo. Es posible que estas zonas estén más expuestas a la degradación ecológica, lo que podría resultar en una reducción de la cobertura vegetal y una menor capacidad de la reserva para soportar eventos climáticos extremos, como sequías o lluvias intensas. Este patrón de distribución del NDVI pone de manifiesto la necesidad de implementar estrategias de manejo diferenciadas que aborden las necesidades específicas de conservación y restauración de cada zona, el análisis del NDVI en el contexto del período 2015-2024 permite evaluar cómo las condiciones climáticas recientes han influido en la vegetación de la reserva. Es probable que los cambios observados en el NDVI durante este período estén relacionados con variaciones en la temperatura y las precipitaciones, dos factores climáticos críticos que afectan directamente la productividad vegetal. Por ejemplo, un aumento en las temperaturas o una disminución en las precipitaciones podrían haber reducido la disponibilidad de agua, afectando negativamente a la vegetación en áreas más vulnerables. Por lo tanto, el NDVI no solo sirve como un indicador de la salud actual de la vegetación, sino también como una herramienta para monitorear el impacto de las tendencias climáticas a corto y largo plazo.

Finalmente, el mapa de NDVI de la Reserva Ecológica Los Ilinizas proporciona información valiosa para la planificación y gestión de la conservación. Al identificar las áreas con vegetación densa, los gestores de la reserva pueden priorizar estas zonas para su protección estricta. Por otro lado, las áreas con vegetación escasa o moderada podrían ser el foco de iniciativas de restauración ecológica, como la reforestación o la implementación de prácticas de uso sostenible de la tierra. Este enfoque integrado ayudará a mantener la resiliencia ecológica de la reserva frente a los desafíos del cambio climático y garantizará la preservación de sus valiosos recursos naturales para las generaciones futuras.

## 10.10. Análisis de vulnerabilidad y riesgo de los ecosistemas de la reserva ecológica los Illinizas basado en las proyecciones de temperatura y precipitación

**Figura 24**

*Cadena de impactos sobre los ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas*



La *Figura 24* presenta una cadena de impacto que ilustra el proceso de evaluación de la vulnerabilidad y riesgo de los ecosistemas en la Reserva Ecológica Los Illinizas, basada en las proyecciones climáticas de temperatura y precipitación. Este análisis es crucial para comprender cómo los cambios proyectados en el clima afectarán a la vegetación y a los

ecosistemas, lo cual es fundamental para desarrollar estrategias de conservación y adaptación efectivas. La cadena de impacto establece una relación clara entre las proyecciones climáticas y las consecuencias directas e indirectas en los ecosistemas, así como las acciones necesarias para mitigar estos impactos.

En el primer bloque de la cadena, se destacan las proyecciones de temperatura y precipitación, que son los factores climáticos clave que influyen en la transformación de los ecosistemas. Las proyecciones incluyen cambios en la temperatura máxima, media y mínima, así como variaciones en los patrones de precipitación. Estas condiciones climáticas proyectadas se traducen en alteraciones en la disponibilidad hídrica y en la transformación de la vegetación, lo cual afecta directamente a la estructura y función de los ecosistemas en la reserva. Es importante señalar que estas proyecciones no solo consideran los cambios anuales, sino también las tendencias a largo plazo, lo que permite anticipar los desafíos que enfrentarán los ecosistemas.

El siguiente nivel de la cadena de impacto aborda las consecuencias directas de estos cambios climáticos, específicamente la transformación de la vegetación y la disponibilidad hídrica. Estos cambios pueden provocar variaciones en la cobertura del suelo, alteraciones en el ciclo del agua y en la dinámica de nutrientes, y afectar la capacidad de los ecosistemas para sostener la biodiversidad. La reducción en la disponibilidad hídrica, por ejemplo, podría resultar en un estrés hídrico para las plantas, disminuyendo su vigor y, en algunos casos, provocando la muerte de especies sensibles. Esto, a su vez, puede llevar a una pérdida de hábitat para especies animales, alterando las interacciones ecológicas y disminuyendo la resiliencia del ecosistema.

El análisis también identifica las áreas de mayor vulnerabilidad dentro de la reserva, destacando los ecosistemas que requieren condiciones climáticas específicas para sobrevivir y prosperar. Estos ecosistemas, junto con las especies endémicas y aquellas con alta biodiversidad, son prioritarios para las estrategias de conservación. La cadena de impacto subraya la importancia de implementar sistemas de riego, conservación de agua, y programas de restauración específicos para estas áreas. Estas medidas son esenciales para mantener las condiciones necesarias para que estos ecosistemas y especies puedan continuar desempeñando sus roles ecológicos críticos.

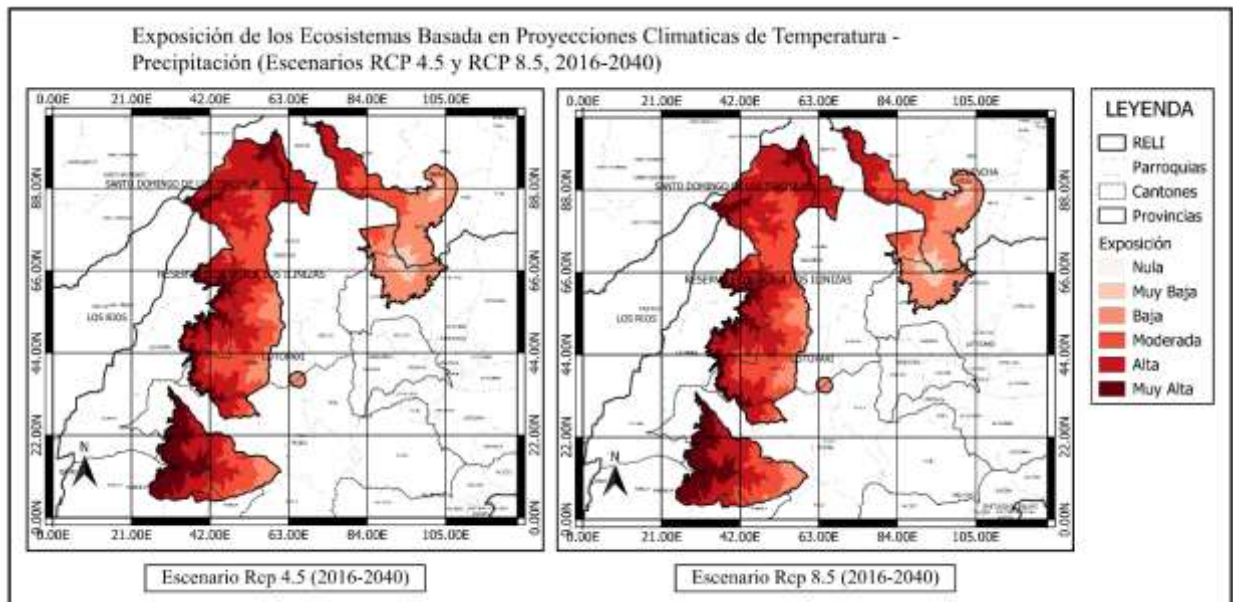
Finalmente, la cadena de impacto concluye con la evaluación del riesgo para los ecosistemas, basada en la integración de las proyecciones climáticas y los datos de cobertura del suelo y NDVI. Esta evaluación permite identificar las áreas más vulnerables a los cambios

climáticos y priorizar las acciones de manejo y restauración. La cadena sugiere la necesidad de fortalecer las políticas y el financiamiento para proyectos de conservación y restauración, asegurando que los ecosistemas de la Reserva Ecológica Los Ilinizas puedan adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes y continuar proporcionando servicios ecosistémicos esenciales.

**10.10.1. Exposición de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 25**

*Exposición de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

La *Figura 25* presenta un mapa detallado que ilustra la exposición de los ecosistemas de la Reserva Ecológica Ilinizas a las proyecciones climáticas futuras, considerando tanto las variaciones en temperatura como en precipitación. Este mapa proporciona una visión integral sobre cómo los distintos ecosistemas podrían verse afectados por los cambios climáticos proyectados bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5.

El análisis revela que ciertas áreas de la reserva, especialmente en las zonas de baja altitud, están expuestas a cambios climáticos significativos. Estas regiones se caracterizan por proyecciones de aumento de temperaturas y alteraciones en los patrones de precipitación que podrían afectar de manera severa la estabilidad y funcionalidad de los ecosistemas allí

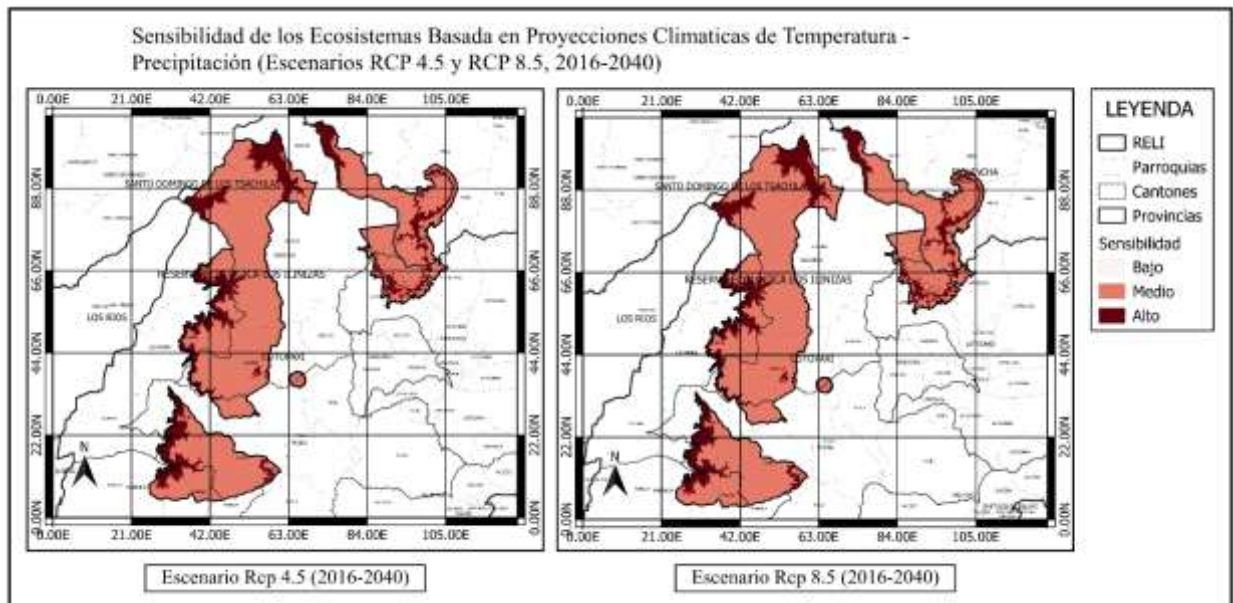
presentes. La alta exposición en estas zonas de baja altitud sugiere un riesgo considerable para la biodiversidad local, ya que las especies y hábitats que dependen de condiciones climáticas estables podrían enfrentar desafíos significativos. Este cambio en las condiciones climáticas puede alterar la estructura y función de los ecosistemas, afectando la disponibilidad de recursos y el equilibrio ecológico, el mapa también destaca áreas con menor exposición, que se encuentran predominantemente en las regiones montañosas y en algunas zonas con cobertura forestal densa. Estas áreas parecen mostrar una mayor resiliencia a las proyecciones climáticas, lo que puede estar relacionado con la capacidad de los ecosistemas para adaptarse a cambios más graduales o con características físicas que moderan los impactos del cambio climático. La menor exposición en estas regiones sugiere que podrían ser refugios potenciales para la biodiversidad en el contexto de un cambio climático acelerado.

La identificación de las zonas con alta exposición es crucial para la planificación de medidas de adaptación y mitigación. Estas áreas, al ser más vulnerables, requieren una atención especial para desarrollar estrategias de conservación efectivas. Las acciones pueden incluir la implementación de prácticas de gestión adaptativa, la restauración de hábitats y el monitoreo continuo para evaluar los impactos en tiempo real. Además, la protección de las regiones menos expuestas podría ser fundamental para garantizar la preservación de la biodiversidad y la funcionalidad ecológica en el largo plazo, el mapa de exposición proporciona información valiosa que facilita la priorización de esfuerzos en la gestión y conservación de los ecosistemas de la Reserva Ecológica Ilinizas. La comprensión de las variaciones en la exposición a los cambios climáticos permite una planificación más efectiva y una respuesta adaptativa a los desafíos futuros que puedan surgir debido a las proyecciones climáticas.

**10.10.2. Sensibilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 26**

*Sensibilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis de sensibilidad de los ecosistemas en la Reserva Ecológica Ilinizas, basado en las proyecciones climáticas de temperatura y precipitación para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2040, proporciona una visión profunda y detallada sobre la vulnerabilidad de los diferentes ecosistemas ante las posibles variaciones climáticas. Esta evaluación de sensibilidad se centra en identificar cómo las variaciones en la temperatura y la precipitación afectan la estabilidad y la integridad de los ecosistemas dentro de la reserva.

La *Figura 26* ilustra claramente la distribución espacial de la sensibilidad de los ecosistemas bajo ambos escenarios climáticos. En ella, se destacan áreas amplias de alta sensibilidad, especialmente en las regiones de baja altitud y en zonas con vegetación densa. Estas áreas están marcadas por una alta susceptibilidad a los cambios proyectados en la temperatura y la precipitación, reflejando la vulnerabilidad significativa de estos ecosistemas debido a su estructura ecológica delicada y la intensidad de las variaciones climáticas esperadas. En el escenario RCP 4.5, representado en la figura, se observa una variabilidad moderada en los niveles de sensibilidad. Aunque hay áreas de alta sensibilidad, la extensión de estas zonas es algo más contenida. La figura muestra que una significativa proporción de la reserva está

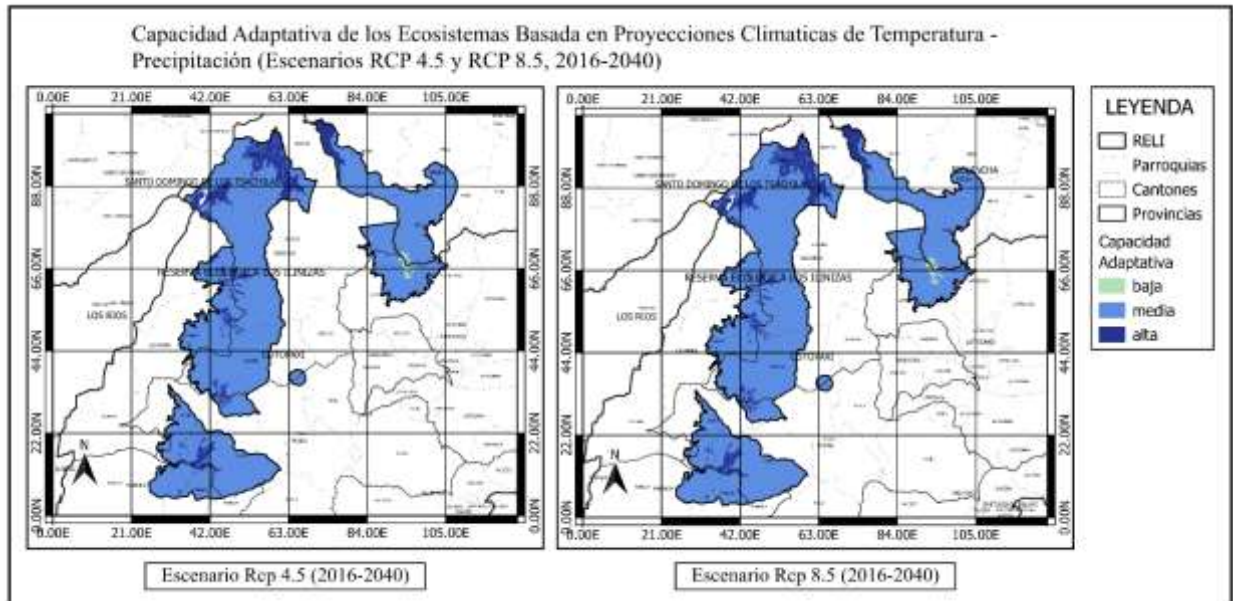
clasificada bajo niveles medios de sensibilidad. Este escenario sugiere que, con medidas adecuadas de adaptación y mitigación, como la implementación de estrategias de manejo sostenible y la restauración de hábitats, es posible mitigar parte de la vulnerabilidad y reducir el impacto de los cambios climáticos.

Sin embargo, el escenario RCP 8.5 presenta un panorama más severo. La *Figura 26* indica un aumento considerable en las áreas clasificadas como de alta sensibilidad. La proyección de mayores emisiones de gases de efecto invernadero resulta en un incremento más significativo en la temperatura y una mayor variabilidad en la precipitación, lo que eleva considerablemente la susceptibilidad de los ecosistemas. Los ecosistemas en la Reserva Ecológica Ilinizas podrían enfrentar impactos adversos más graves, como cambios drásticos en la composición de especies, alteraciones en los procesos ecológicos y la posible pérdida de hábitats críticos. Esta situación resalta la necesidad urgente de desarrollar e implementar estrategias robustas de adaptación y gestión para proteger y preservar la biodiversidad de la reserva ante un cambio climático cada vez más desafiante. La *Figura 26* proporciona una representación visual crucial que ayuda a priorizar las áreas que requieren atención inmediata y a diseñar intervenciones específicas para fortalecer la resiliencia de los ecosistemas. La capacidad de adaptación de la Reserva Ecológica Ilinizas a los cambios proyectados dependerá en gran medida de la implementación eficaz de estas medidas, así como del monitoreo continuo de las condiciones climáticas y ecológicas para ajustar las estrategias de conservación según sea necesario.

**10.10.3. Capacidad Adaptativa de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 27**

*Capacidad Adaptativa de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis de la capacidad adaptativa de los ecosistemas en la Reserva Ecológica Illinizas, basado en las proyecciones climáticas de temperatura y precipitación para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040), proporciona una visión integral de la posible resiliencia de estos ecosistemas ante los cambios previstos.

La *Figura 27* ilustra la distribución espacial de la capacidad adaptativa de los ecosistemas en la reserva bajo estos escenarios. En ambos casos, se identifican áreas con distintos niveles de capacidad adaptativa, destacándose regiones con alta capacidad adaptativa en el centro y oeste de la reserva. Estos ecosistemas, caracterizados por una cobertura vegetal densa y compleja, tienen una mayor probabilidad de mantener su funcionalidad y estructura frente a los impactos del cambio climático debido a sus robustas características biológicas y ecológicas. La capacidad adaptativa en estas áreas está vinculada a factores como la diversidad de especies, la complejidad del hábitat y la presencia de recursos hídricos estables, lo cual permite a estos ecosistemas enfrentar de manera más efectiva las variaciones climáticas proyectadas.

En el escenario RCP 4.5, se observa una distribución más equilibrada de la capacidad adaptativa, con una porción considerable de la reserva clasificada bajo niveles medio y alto de adaptabilidad. Este patrón sugiere que, bajo un escenario de mitigación moderada, una porción significativa de los ecosistemas posee los mecanismos necesarios para ajustarse a las variaciones climáticas proyectadas. Las medidas de adaptación implementadas en estas áreas podrían fortalecer aún más su resiliencia, permitiendo que los ecosistemas se ajusten y continúen proporcionando servicios ecosistémicos cruciales. Las estrategias efectivas de conservación deben incluir la protección de las áreas de alta adaptabilidad, así como el monitoreo continuo de los cambios en la capacidad adaptativa para ajustar las intervenciones según sea necesario, el escenario RCP 8.5 muestra una mayor concentración de áreas con baja capacidad adaptativa, especialmente en las zonas noreste y sureste de la reserva. Esta distribución refleja una mayor vulnerabilidad en un contexto de mayores emisiones y cambios climáticos más drásticos. Los ecosistemas en estas áreas enfrentan retos significativos para mantener su estabilidad y funcionalidad. La baja capacidad adaptativa en estas regiones puede resultar en cambios drásticos en la composición de especies, pérdida de hábitat y disminución de la biodiversidad. Estos desafíos resaltan la necesidad urgente de desarrollar e implementar estrategias de adaptación y gestión más robustas para proteger y conservar los ecosistemas vulnerables.

Además, es fundamental considerar que la capacidad adaptativa de los ecosistemas también está influenciada por factores externos como las actividades humanas y el uso del suelo. La presión antropogénica, como la deforestación y la expansión agrícola, puede agravar la vulnerabilidad de los ecosistemas, limitando su capacidad para adaptarse a los cambios climáticos proyectados. Por lo tanto, una gestión integrada que incluya la reducción de impactos humanos y la restauración de hábitats degradados es crucial para mejorar la resiliencia de los ecosistemas en la reserva. Implementar prácticas de uso sostenible del suelo y promover la conectividad ecológica son pasos esenciales para apoyar la adaptabilidad de los ecosistemas frente a los desafíos futuros.

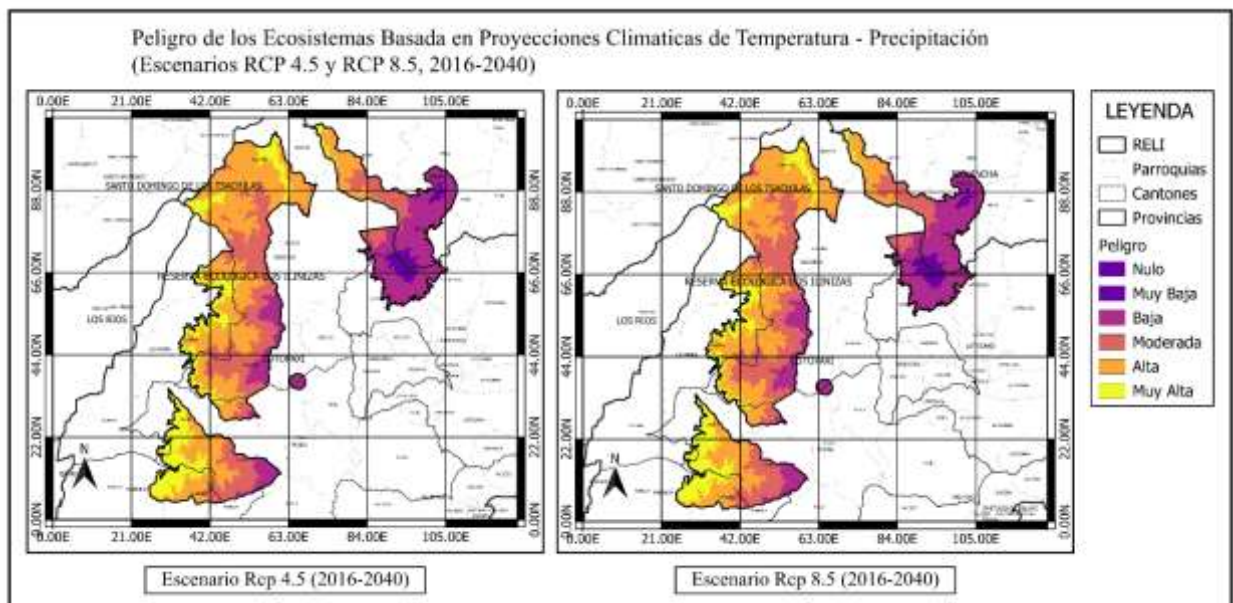
Finalmente, el monitoreo continuo y la investigación son clave para evaluar la eficacia de las estrategias de adaptación y realizar ajustes necesarios. La colaboración entre científicos, gestores de la reserva y comunidades locales puede facilitar la recopilación de datos y el desarrollo de soluciones innovadoras. Asegurar que las estrategias de conservación y adaptación sean flexibles y basadas en evidencia permitirá a la Reserva Ecológica Ilinizas

enfrentar de manera más efectiva los desafíos climáticos y proteger su invaluable biodiversidad para las generaciones futuras.

**10.10.4. Peligro de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 28**

*Peligro de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis del mapa de peligro de los ecosistemas de la Reserva Ecológica Illinizas, fundamentado en las proyecciones climáticas de temperatura y precipitación para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 durante el período 2016-2040, proporciona una comprensión profunda de las posibles amenazas que enfrentan los ecosistemas en función de la severidad de los cambios climáticos proyectados. La *Figura 28* ilustra la distribución espacial del peligro climático para los diferentes escenarios, mostrando claramente cómo las áreas de la reserva se ven afectadas por las proyecciones climáticas bajo cada escenario.

En el escenario RCP 4.5, se observa que la mayor parte de la reserva se encuentra en niveles de peligro que oscilan entre bajo y medio. Este patrón sugiere que, bajo un escenario de emisiones moderadas y cambios climáticos menos severos, los ecosistemas tienen una mayor capacidad para adaptarse y resistir los impactos proyectados. Aunque existen áreas de peligro moderado que todavía presentan desafíos significativos, la predominancia de niveles bajos de

peligro indica que los ecosistemas de la reserva podrían mantenerse relativamente estables. Esta situación ofrece una ventana de oportunidad para implementar medidas proactivas de adaptación y gestión para mitigar futuros impactos y asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas en el mediano plazo.

En contraste, el escenario RCP 8.5, que representa un aumento más drástico de las emisiones de gases de efecto invernadero y cambios climáticos severos, revela una expansión considerable de las zonas clasificadas como peligro alto y muy alto. La *Figura 28* destaca cómo esta expansión afecta a una proporción significativa de la reserva, indicando que los ecosistemas enfrentarán retos considerables para mantener su estructura y funcionalidad bajo este escenario más extremo. Las áreas identificadas con peligro alto y muy alto no solo representan un riesgo elevado para la estabilidad ecológica, sino que también subrayan la urgencia de adoptar estrategias de adaptación y mitigación efectivas. Este contexto resalta la necesidad de una intervención inmediata para diseñar políticas y prácticas de gestión que puedan abordar estos riesgos exacerbados y proteger la biodiversidad de la reserva.

Además, el análisis de los niveles de peligro ofrece información crucial para la planificación espacial y la gestión adaptativa. La *Figura 28* proporciona una visión detallada de cómo las zonas de peligro se distribuyen en el paisaje de la reserva, permitiendo a los gestores identificar áreas críticas que requieren atención prioritaria. Las regiones con mayor peligro, especialmente bajo el escenario RCP 8.5, pueden requerir medidas específicas como la restauración de hábitats críticos, la implementación de prácticas sostenibles en el uso del suelo, y la mejora de la gestión de recursos hídricos. La promoción de enfoques integrados que consideren tanto la protección de los ecosistemas como la adaptación de las comunidades locales a los cambios climáticos es esencial para reducir los impactos adversos. La coordinación entre las autoridades ambientales, los científicos y las comunidades locales será clave para desarrollar estrategias que no solo mitiguen el riesgo de los eventos climáticos extremos, sino que también fortalezcan la resiliencia general de la reserva.

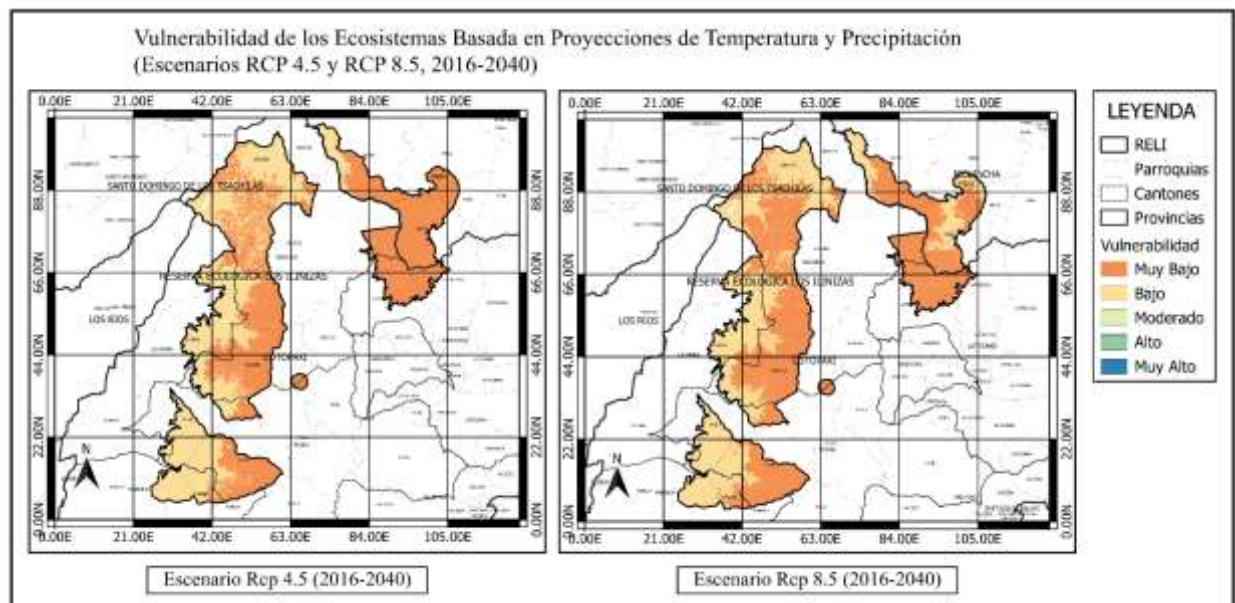
Finalmente, la capacidad de la Reserva Ecológica Ilinizas para enfrentar futuros desafíos dependerá en gran medida de la efectividad de las medidas implementadas y de la adaptación continua a las condiciones cambiantes. La integración de los datos proporcionados en la *Figura 28* en la planificación y gestión estratégica contribuirá a asegurar que la reserva pueda enfrentar los desafíos futuros con mayor preparación y adaptabilidad. El seguimiento continuo de las proyecciones climáticas y la evaluación de la eficacia de las intervenciones serán fundamentales

para ajustar las estrategias de gestión y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de los ecosistemas de la reserva.

**10.10.5. Vulnerabilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 29**

*Vulnerabilidad de los ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis del mapa de vulnerabilidad de los ecosistemas de la Reserva Ecológica Illinizas, presentado en la *Figura 29*, ofrece una visión detallada y matizada de cómo la vulnerabilidad de los ecosistemas varía en función de su localización geográfica y sus características ecológicas. Este mapa revela una distribución espacial heterogénea de los niveles de vulnerabilidad, clasificando las áreas en “Moderada”, “Alta” y “Muy Alta” para las zonas más vulnerables y “Muy Baja” y “Baja” para las áreas menos vulnerables. Esta clasificación no solo refleja las diferencias en la exposición a los cambios climáticos, sino también la capacidad intrínseca de adaptación de los ecosistemas, proporcionando una base sólida para la planificación y gestión de la reserva.

En las regiones de menor altitud y en las zonas periféricas de la reserva, se concentran las áreas de mayor vulnerabilidad. Estas regiones, que incluyen partes de las laderas inferiores y áreas cercanas a las zonas habitadas y productivas, están expuestas a una serie de factores que

aumentan su vulnerabilidad climática. La mayor presencia de actividades humanas, como la agricultura y la urbanización, así como la modificación del hábitat natural, contribuyen a una menor capacidad de adaptación de estos ecosistemas. Además, estas áreas tienen menos cobertura vegetal y enfrentan una mayor presión por los cambios en el uso del suelo, lo que incrementa su riesgo frente a eventos climáticos extremos y cambios en los patrones de temperatura y precipitación, las áreas centrales y de mayor elevación de la reserva, que presentan una menor vulnerabilidad, se caracterizan por una cobertura vegetal más densa y una menor influencia de las actividades humanas. Estas zonas altas no solo poseen una mayor capacidad intrínseca para adaptarse a las variaciones climáticas, sino que también sirven como refugios críticos para muchas especies y hábitats. La presencia de ecosistemas más intactos y menos perturbados en estas áreas contribuye a una mayor resiliencia frente a los cambios climáticos proyectados. Esta resiliencia es crucial para la conservación de la biodiversidad y la estabilidad ecológica a largo plazo en la reserva.

El análisis de la vulnerabilidad subraya la necesidad de enfocar los esfuerzos de adaptación y conservación de manera diferenciada, según las características específicas de cada zona dentro de la reserva. Las áreas de alta vulnerabilidad, especialmente aquellas en las regiones periféricas y de menor altitud, requieren estrategias de manejo y conservación específicas que aborden tanto la reducción de las presiones antrópicas como la mejora de la capacidad adaptativa de los ecosistemas. Esto podría incluir la restauración de hábitats degradados, la implementación de prácticas de uso del suelo sostenible, y la promoción de corredores ecológicos que faciliten el movimiento y la adaptación de las especies.

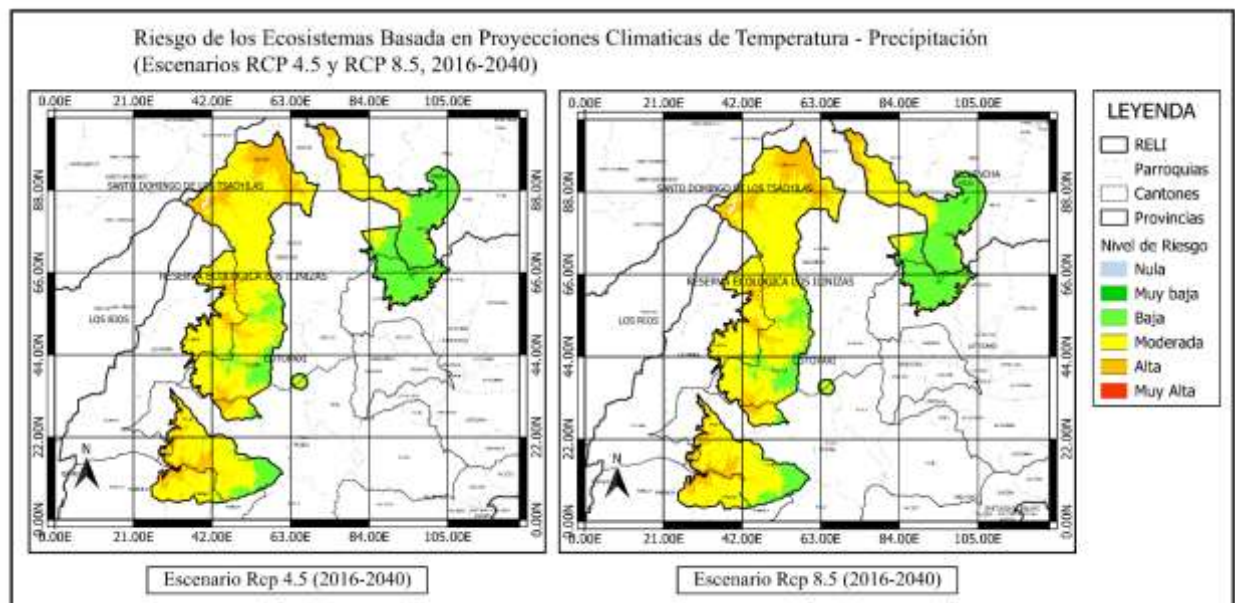
Por otro lado, las zonas de menor vulnerabilidad, ubicadas en las áreas centrales y de mayor elevación, aunque menos urgentes en términos de intervención inmediata, también deben ser gestionadas cuidadosamente para mantener su estado actual de salud y funcionalidad. La protección continua de estas áreas es esencial para asegurar que actúen como refugios y fuentes de resiliencia para el resto de la reserva. Además, estas zonas pueden servir como modelos para la restauración y manejo de otras áreas más vulnerables, proporcionando valiosos conocimientos y prácticas para la conservación, la información proporcionada por la *Figura 29* es crucial para el desarrollo de un plan de manejo adaptativo que contemple tanto las áreas de alta vulnerabilidad como las de menor vulnerabilidad. La implementación de un enfoque basado en la diferenciación espacial de la vulnerabilidad permitirá una gestión más efectiva y específica, facilitando la priorización de acciones y recursos. El monitoreo continuo y la evaluación de la eficacia de las medidas adoptadas serán fundamentales para ajustar las

estrategias en función de los cambios en las condiciones climáticas y ecológicas, asegurando así la sostenibilidad y la protección a largo plazo de la Reserva Ecológica Ilinizas.

**10.10.6. Riesgo de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas basado en las proyecciones climáticas de Temperatura y Precipitación para los Escenario RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 30**

*Riesgo de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis comparativo de los mapas de riesgo de los ecosistemas en la Reserva Ecológica Ilinizas, representado en la *Figura 30*, proporciona una perspectiva detallada sobre cómo el riesgo de los ecosistemas varía bajo diferentes proyecciones climáticas de temperatura y precipitación para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 durante el periodo 2016-2040. Este análisis revela diferencias significativas en la distribución y la magnitud del riesgo, destacando la importancia de evaluar y planificar de manera diferenciada para cada escenario climático.

En el escenario RCP 4.5, se observa que, aunque existen algunas áreas identificadas con riesgo moderado y alto, la mayoría de la reserva se clasifica bajo niveles de riesgo bajo a medio. Este patrón sugiere que, con un escenario de mitigación moderada, los ecosistemas de la reserva podrían tener una capacidad relativamente mayor para resistir y adaptarse a los cambios climáticos proyectados. La presencia de riesgos moderados en ciertas áreas indica que, aunque la situación no es crítica, aún se requieren medidas de adaptación para minimizar los posibles

impactos negativos. La capacidad de los ecosistemas para mantener su estructura y funcionalidad en este contexto dependerá de la implementación de estrategias adecuadas de manejo y conservación, que podrían incluir la restauración de hábitats y la mejora de la conectividad ecológica, el escenario RCP 8.5 muestra una expansión significativa de las áreas clasificadas con riesgo alto y muy alto. Esta expansión abarca una gran parte de la reserva y refleja un aumento severo en la magnitud del riesgo climático, impulsado por un incremento drástico en las emisiones de gases de efecto invernadero y las consecuencias asociadas de los cambios en la temperatura y la precipitación. Bajo este escenario, los ecosistemas de Ilinizas enfrentarían desafíos muchos mayores para mantener su estructura y funcionalidad. Las áreas afectadas por altos niveles de riesgo podrían experimentar alteraciones profundas en su composición y dinámica, lo que podría llevar a la pérdida de biodiversidad y la degradación de los servicios ecosistémicos esenciales.

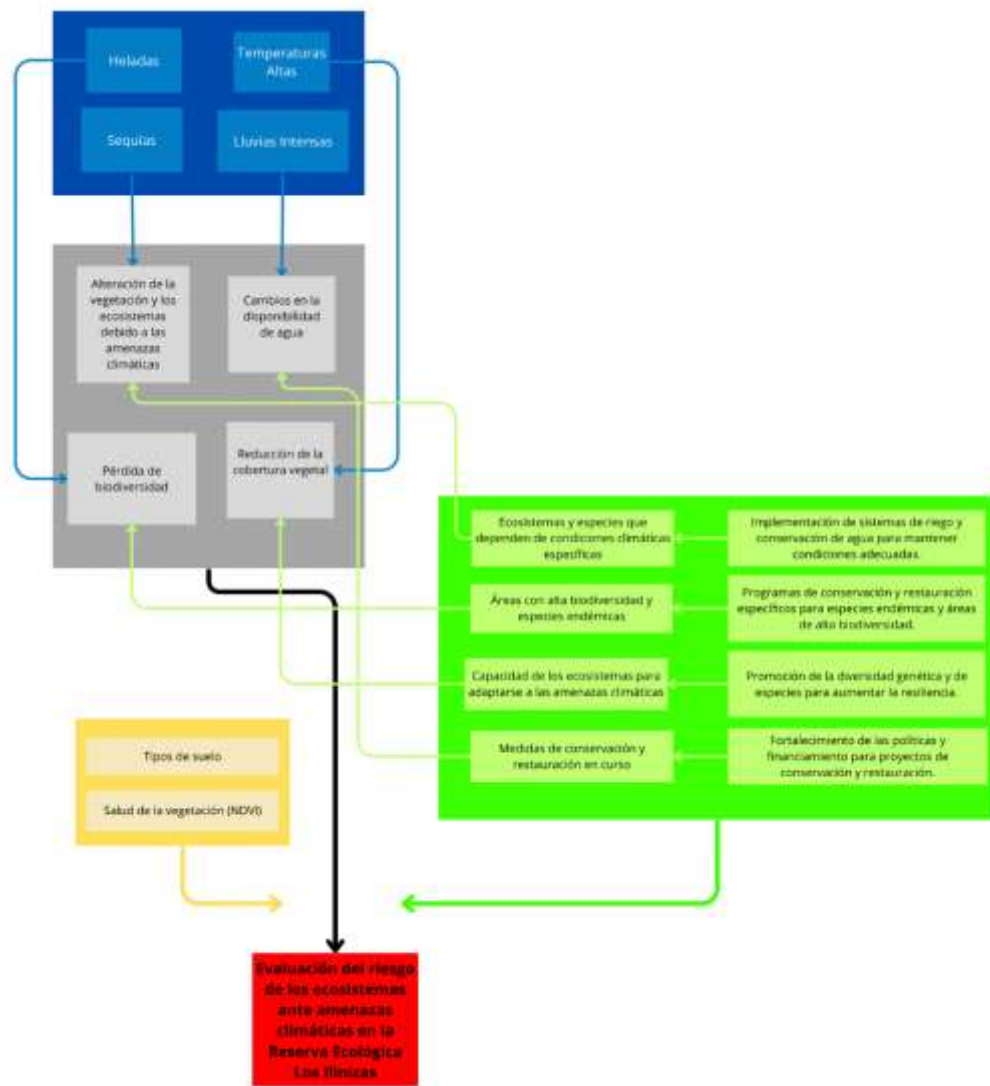
La diferencia en la distribución del riesgo entre los dos escenarios subraya la urgencia de adoptar un enfoque proactivo en la planificación y gestión ambiental. En el contexto del escenario RCP 8.5, las estrategias de adaptación y mitigación deben ser mucho más robustas y específicas, abordando no solo la reducción de las emisiones, sino también la preparación para enfrentar eventos climáticos extremos y cambios significativos en las condiciones ambientales. La implementación de estas estrategias podría incluir medidas como la creación de áreas protegidas adicionales, la promoción de prácticas sostenibles en las actividades humanas, y el fortalecimiento de las capacidades de monitoreo y respuesta ante emergencias climáticas.

El análisis proporcionado por la *Figura 30* también destaca la necesidad de una evaluación continua y detallada del riesgo, a medida que evolucionan las proyecciones climáticas y se acumula más información sobre los impactos reales del cambio climático. Este enfoque dinámico permitirá ajustar las estrategias de manejo y conservación en función de las condiciones cambiantes y garantizar una protección efectiva para los ecosistemas de la Reserva Ecológica Ilinizas. La planificación adaptativa y la colaboración entre los gestores de la reserva, las comunidades locales y los científicos serán clave para enfrentar los desafíos futuros y asegurar la resiliencia a largo plazo de la reserva.

### 10.11. Análisis de vulnerabilidad y riesgo de los ecosistemas de la reserva ecológica los Illinizas basado en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequías – Heladas)

**Figura 31**

*Cadena de Impacto sobre los ecosistemas de la Reserva Ecológica Los Illinizas basado en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequías – Heladas)*



La *Figura 31* presenta una cadena de impacto que examina la vulnerabilidad y el riesgo de los ecosistemas en la Reserva Ecológica Los Illinizas frente a las amenazas climáticas, específicamente lluvias intensas, temperaturas altas, sequías, y heladas. Estas amenazas son factores climáticos críticos que pueden alterar significativamente la estructura y función de los ecosistemas, afectando la biodiversidad y la resiliencia de los hábitats naturales dentro de la reserva.

En el primer nivel de la cadena, se identifican las amenazas climáticas clave: lluvias intensas, temperaturas altas, sequías y heladas. Cada una de estas amenazas tiene el potencial de desencadenar impactos negativos en la vegetación y los ecosistemas. Las lluvias intensas pueden causar erosión del suelo, inundaciones y deslizamientos de tierra, mientras que las temperaturas altas pueden aumentar el estrés térmico en las plantas, disminuir la humedad del suelo y acelerar la evapotranspiración. Las sequías prolongadas reducen la disponibilidad de agua, lo que afecta la salud de las plantas y la productividad del ecosistema. Las heladas, por otro lado, pueden dañar tejidos vegetales y reducir la capacidad de las plantas para fotosintetizar, afectando su crecimiento y reproducción.

El siguiente nivel de la cadena de impacto analiza las consecuencias directas de estas amenazas climáticas, que incluyen la alteración de la vegetación y los ecosistemas debido a las condiciones adversas. Estas alteraciones pueden manifestarse en cambios en la disponibilidad de agua, que es un factor esencial para la supervivencia de las plantas y la fauna. La reducción de la cobertura vegetal es otra consecuencia crítica, ya que la pérdida de vegetación disminuye la capacidad del ecosistema para capturar carbono, mantener la biodiversidad y regular el ciclo del agua. Además, la alteración de la vegetación puede llevar a una pérdida de biodiversidad, especialmente en áreas donde las especies endémicas dependen de condiciones climáticas específicas. La pérdida de biodiversidad es uno de los impactos más graves señalados en la cadena de impacto. La reducción de especies vegetales y animales no solo afecta la integridad ecológica de la reserva, sino que también reduce la resiliencia del ecosistema frente a futuros cambios climáticos. Los ecosistemas con baja diversidad tienden a ser menos capaces de adaptarse a las alteraciones ambientales, lo que aumenta su vulnerabilidad a los efectos negativos del cambio climático. La reducción de la cobertura vegetal también contribuye a la degradación del suelo, lo que a su vez afecta la capacidad del ecosistema para sostener la biodiversidad.

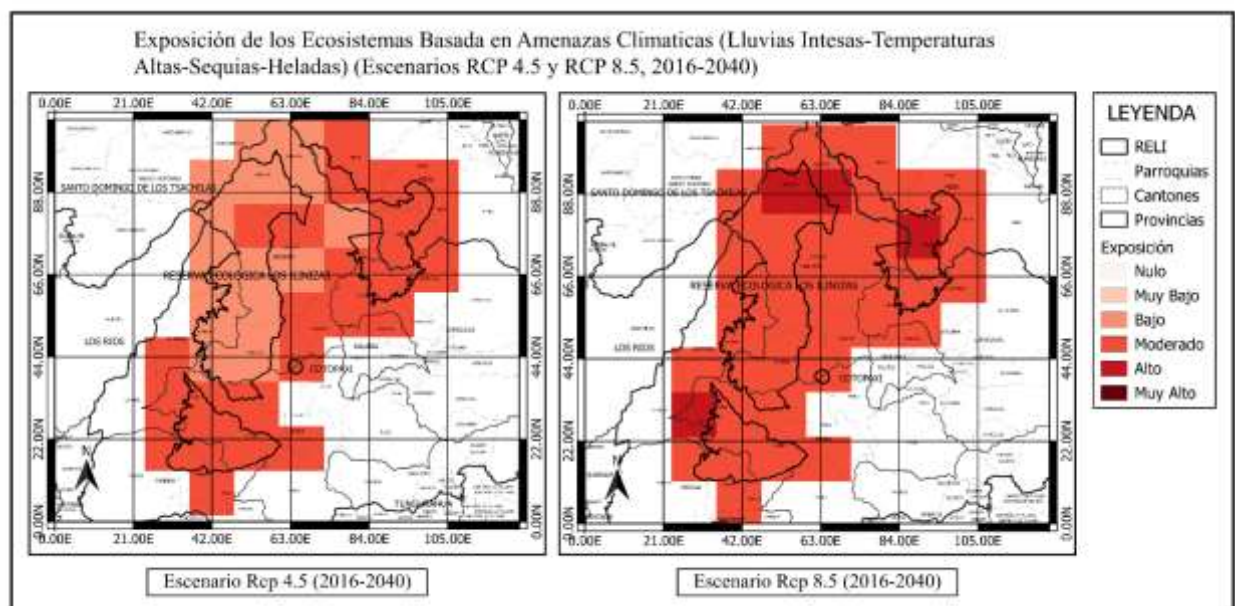
El análisis sugiere varias acciones de mitigación y adaptación para reducir el impacto de estas amenazas climáticas. La implementación de sistemas de riego y la conservación de agua son cruciales para mantener las condiciones adecuadas para las especies que dependen de un suministro constante de agua. Además, se proponen programas de conservación y restauración específicos para especies endémicas y áreas de alta biodiversidad, que están en mayor riesgo debido a las alteraciones climáticas. La promoción de la diversidad genética y de especies es fundamental para aumentar la resiliencia de los ecosistemas, permitiendo que se adapten mejor a los cambios climáticos futuros.

Finalmente, la cadena de impacto concluye con la evaluación del riesgo para los ecosistemas, integrando las amenazas climáticas, los tipos de suelo y la salud de la vegetación (medida a través del NDVI). Esta evaluación proporciona una base sólida para priorizar las acciones de conservación y restauración en la Reserva Ecológica Los Ilinizas. Además, el fortalecimiento de las políticas y el financiamiento para proyectos de conservación y restauración es esencial para asegurar que los ecosistemas puedan adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes y continuar proporcionando servicios ecológicos vitales.

**10.11.1. Exposición de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas basado en las en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequías – Heladas) para los Escenarios RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 32**

*Exposición de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis de los mapas de exposición de los ecosistemas en la Reserva Ecológica Ilinizas, mostrado en la *Figura 32*, proporciona una visión integral sobre cómo los ecosistemas están expuestos a diversas amenazas climáticas proyectadas, como lluvias intensas, temperaturas altas, sequías y heladas, bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2040. Estos mapas destacan patrones preocupantes que reflejan la creciente vulnerabilidad de los ecosistemas de la reserva frente a las proyecciones climáticas futuras.

En el escenario RCP 4.5, se observa que una significativa proporción de la reserva está clasificada con niveles de exposición de medio a alto. Este patrón indica que los ecosistemas enfrentarán desafíos considerables debido a la intensidad y frecuencia de las amenazas climáticas proyectadas bajo este escenario de mitigación moderada. Las lluvias intensas podrían aumentar el riesgo de inundaciones y erosión del suelo, mientras que las temperaturas altas podrían afectar la salud de la vegetación y la biodiversidad. Además, las sequías prolongadas y las heladas podrían exacerbar las condiciones adversas para los ecosistemas ya vulnerables. En este contexto, aunque las proyecciones son menos severas que en el escenario RCP 8.5, es crucial implementar medidas de adaptación para minimizar los impactos y mejorar la resiliencia de los ecosistemas.

En contraste, el escenario RCP 8.5 muestra una expansión considerable de las áreas de exposición alta y muy alta. Esta expansión abarca una gran parte de la reserva y refleja un aumento notable en la frecuencia e intensidad de las amenazas climáticas. Las lluvias extremas se volverían más comunes, aumentando el riesgo de inundaciones devastadoras y alteraciones en los patrones de escorrentía. Las temperaturas extremas podrían superar los umbrales tolerables para muchas especies, afectando su distribución y supervivencia. La intensificación de sequías podría poner a prueba la capacidad de los ecosistemas para mantener sus funciones y servicios esenciales, mientras que las heladas extremas podrían dañar la vegetación y reducir la disponibilidad de recursos. Estos cambios drásticos subrayan la gravedad del riesgo que enfrentan los ecosistemas bajo un escenario de cambio climático más severo.

Los resultados derivados de la *Figura 32* destacan la necesidad urgente de desarrollar e implementar estrategias de gestión y conservación robustas que aborden los múltiples desafíos planteados por las proyecciones climáticas. Estas estrategias deben ser adaptativas, considerando la variabilidad en la exposición y los impactos proyectados en diferentes áreas de la reserva. La planificación debe incluir la creación de corredores ecológicos que permitan el desplazamiento de especies y la restauración de hábitats críticos para fortalecer la resiliencia. Además, se deben fomentar prácticas de manejo sostenible que reduzcan la presión sobre los ecosistemas y promuevan su capacidad de recuperación ante eventos climáticos extremos.

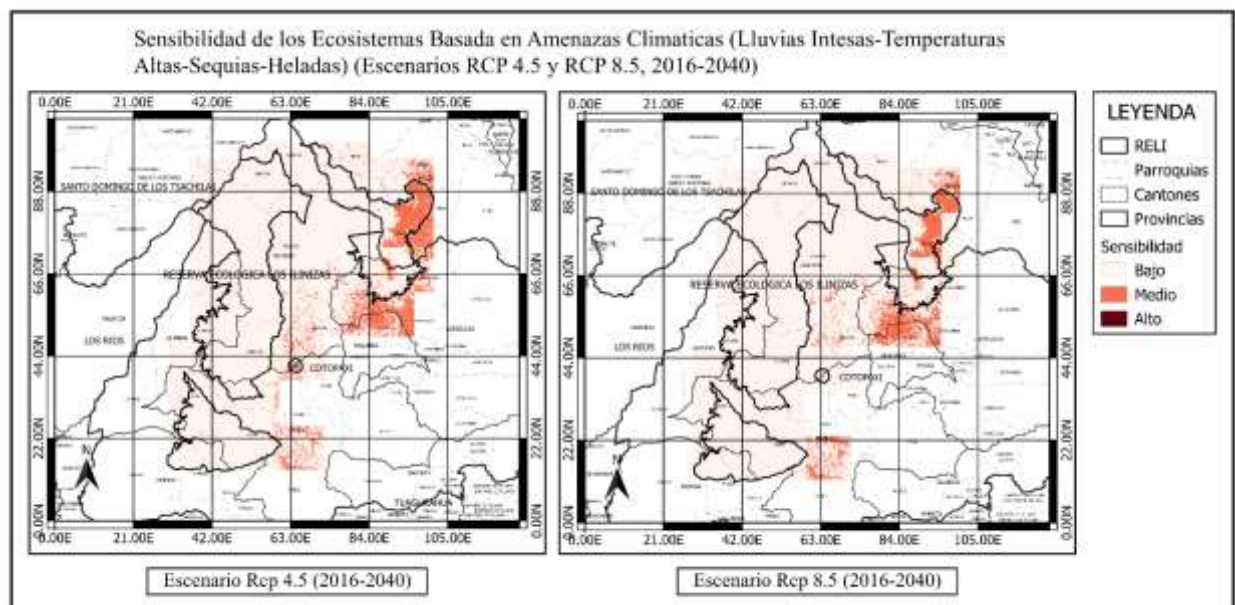
Finalmente, es esencial que las estrategias de gestión se basen en una evaluación continua y actualizada de las condiciones climáticas y los impactos observados. La colaboración entre gestores de la reserva, científicos y comunidades locales será clave para asegurar la eficacia de las medidas de conservación. El monitoreo regular y la investigación adicional ayudará a ajustar las estrategias a medida que se desarrollen nuevas proyecciones y

se obtenga más información sobre los impactos reales del cambio climático. La resiliencia de la Reserva Ecológica Ilinizas y la preservación de su integridad ecológica dependerán de una respuesta integral y bien coordinada frente a las amenazas climáticas futuras.

**10.11.2. Sensibilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas basado en las en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequías – Heladas) para los Escenarios RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 33**

*Sensibilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis de los mapas de sensibilidad de los ecosistemas en la Reserva Ecológica Ilinizas, representado en la *Figura 33*, proporciona una visión integral sobre cómo los ecosistemas responden a las amenazas climáticas proyectadas, como lluvias intensas, temperaturas altas, sequías y heladas, bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2040. Este análisis revela patrones significativos que destacan la variabilidad en la sensibilidad de los ecosistemas y la necesidad urgente de implementar estrategias adecuadas para gestionar los impactos climáticos.

En el escenario RCP 4.5, se observa que una parte sustancial de la reserva presenta niveles de sensibilidad que van de medio a alto. Este hallazgo indica que, aunque el escenario RCP 4.5 representa un contexto de mitigación moderada, los ecosistemas de Ilinizas aún enfrentarán una sensibilidad considerable a las amenazas climáticas. Las lluvias intensas

podrían aumentar la probabilidad de eventos de erosión y perturbaciones en los hábitats acuáticos, mientras que las temperaturas elevadas podrían afectar la fenología de las especies y alterar los ciclos biogeoquímicos. Las sequías prolongadas y las heladas extremas podrían tener efectos adversos adicionales sobre la vegetación y la biodiversidad. Esta sensibilidad moderada destaca la necesidad de medidas de adaptación y gestión proactivas para mitigar los efectos adversos de estas amenazas y preservar la funcionalidad de los ecosistemas.

En contraste, el escenario RCP 8.5, que representa un aumento más severo en las emisiones de gases de efecto invernadero y un cambio climático más extremo, muestra una expansión notable de las áreas de sensibilidad alta y muy alta. En este escenario, gran parte de la reserva está clasificada con niveles de sensibilidad elevados, indicando que los ecosistemas serían altamente vulnerables a los impactos de las amenazas climáticas proyectadas. Las lluvias extremas podrían exacerbar el riesgo de inundaciones y deslizamientos de tierra, afectando negativamente a la estructura del suelo y a las especies vegetales adaptadas a condiciones más estables. Las temperaturas extremas podrían provocar estrés térmico en la fauna y flora, mientras que las sequías prolongadas y las heladas podrían superar los umbrales de tolerancia de muchas especies, comprometiendo su supervivencia y funcionalidad.

La comparación entre los dos escenarios destaca la importancia crítica de las acciones de mitigación y adaptación. La variabilidad en la sensibilidad de los ecosistemas entre los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 subraya la necesidad de adoptar enfoques flexibles y escalables en las estrategias de gestión climática. Bajo el escenario RCP 4.5, las acciones de adaptación pueden enfocarse en la gestión de riesgos moderados y en la promoción de la resiliencia ecológica, mientras que bajo el escenario RCP 8.5, se requieren medidas más agresivas y específicas para abordar los desafíos extremos y garantizar la protección de los ecosistemas. La implementación de estrategias adaptativas debe considerar la diversidad de los ecosistemas y las diferencias en su sensibilidad a las amenazas climáticas para asegurar una gestión eficaz.

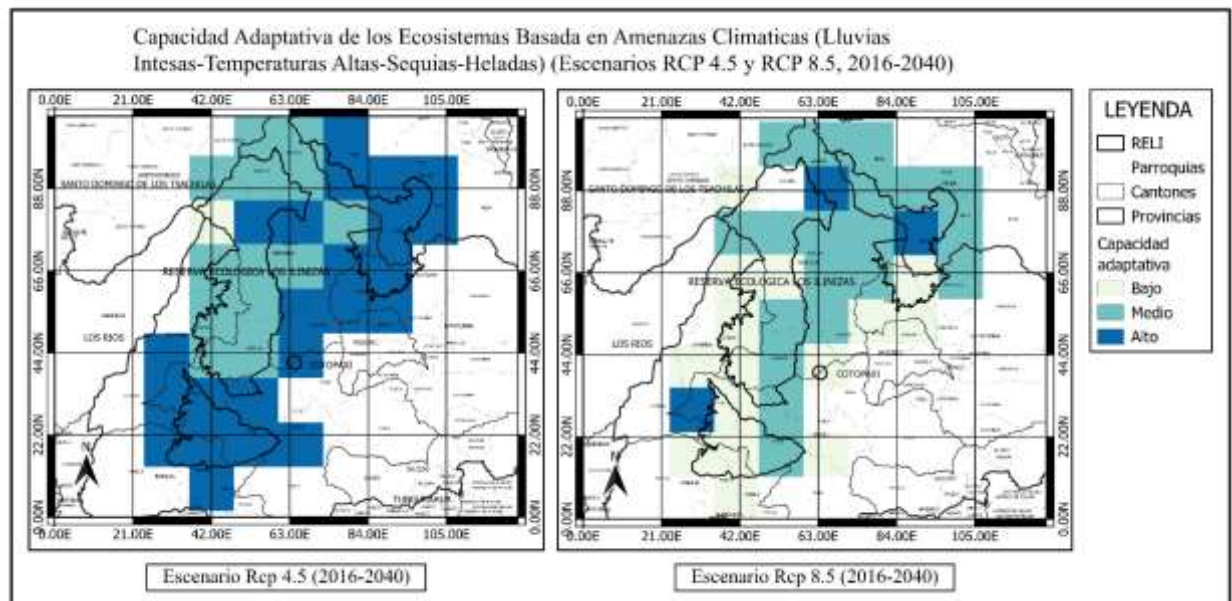
Además, la necesidad de monitoreo continuo y evaluación de los impactos proyectados es fundamental para ajustar las estrategias de gestión y adaptación en función de las condiciones climáticas cambiantes. Los resultados de la *Figura 33* deben integrarse en planes de acción que contemplen la restauración de hábitats, la creación de corredores ecológicos y la promoción de prácticas sostenibles que reduzcan la presión sobre los ecosistemas. La colaboración entre gestores de la reserva, científicos y comunidades locales será clave para desarrollar e implementar estrategias efectivas que fortalezcan la resiliencia de los ecosistemas frente a las amenazas climáticas proyectadas.

Finalmente, este análisis resalta la importancia de adoptar un enfoque basado en la evidencia y la ciencia para guiar las decisiones de gestión. La sensibilización y la educación sobre los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación son esenciales para construir un consenso y movilizar recursos para la conservación de los ecosistemas. La Reserva Ecológica Ilinizas, al enfrentar estos desafíos, debe fortalecer su capacidad para adaptarse y responder a los efectos del cambio climático, protegiendo así su riqueza ecológica y asegurando la sostenibilidad a largo plazo de sus ecosistemas.

**10.11.3. Capacidad Adaptativa de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas basado en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequías – Heladas) para los Escenarios RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 34**

*Capacidad Adaptativa de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis de la *Figura 34* proporciona una visión profunda de la capacidad adaptativa de los ecosistemas de la Reserva Ecológica Ilinizas frente a las amenazas climáticas proyectadas, como lluvias intensas, temperaturas altas, sequías y heladas, bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2040. Este análisis revela diferencias sustanciales en la capacidad de los ecosistemas para adaptarse y resistir los impactos climáticos, destacando la

necesidad de estrategias de manejo y conservación específicas para enfrentar los desafíos del cambio climático.

En el escenario RCP 4.5, la mayoría de la reserva presenta una capacidad adaptativa clasificada como media a alta. Este patrón sugiere que, bajo un contexto de mitigación moderada, los ecosistemas de Ilinizas poseen características biológicas y ecológicas que les permiten adaptarse y resistir los impactos de las amenazas climáticas proyectadas. La capacidad adaptativa media a alta se asocia con ecosistemas que pueden soportar y ajustarse a las variaciones en la temperatura y precipitación sin experimentar cambios drásticos en su estructura y funcionalidad. Esto indica que las estrategias de mitigación implementadas podrían ser efectivas para preservar la integridad ecológica de la reserva y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de sus ecosistemas.

En contraste, el escenario RCP 8.5 presenta una expansión considerable de áreas con baja capacidad adaptativa, especialmente en las regiones noreste y sureste de la reserva. Estas áreas muestran una menor resiliencia frente a los impactos climáticos severos, lo que indica que, bajo un escenario de cambio climático más drástico, los ecosistemas en estas zonas enfrentarán serias dificultades para adaptarse. La baja capacidad adaptativa en estas regiones puede deberse a la combinación de factores como la alta exposición a amenazas climáticas, la presencia de hábitats más vulnerables y una menor diversidad ecológica. Este hallazgo subraya la urgencia de implementar medidas de adaptación específicas para fortalecer la capacidad de estos ecosistemas frente a condiciones climáticas extremas.

Comparar los dos escenarios revela la importancia crítica de las acciones de mitigación y adaptación. En el contexto del escenario RCP 4.5, las medidas de adaptación moderadas pueden ayudar a mejorar la capacidad de los ecosistemas para enfrentar los impactos climáticos y reducir su vulnerabilidad. Sin embargo, en el escenario RCP 8.5, donde se anticipan cambios climáticos más severos, las acciones de adaptación deben ser más agresivas y centradas en la restauración de hábitats, la creación de corredores ecológicos y la implementación de prácticas sostenibles. Estas estrategias deben estar diseñadas para abordar las vulnerabilidades específicas de las áreas con baja capacidad adaptativa y para mejorar la resiliencia de los ecosistemas ante condiciones climáticas extremas.

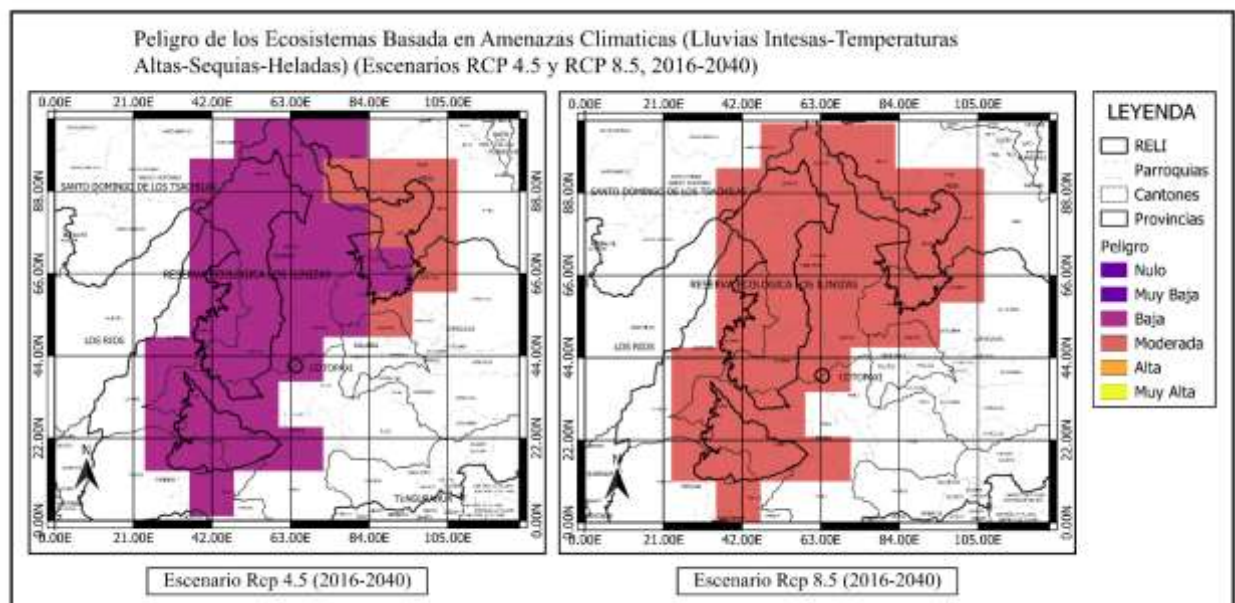
La información derivada de los mapas de capacidad adaptativa también es esencial para priorizar las estrategias de conservación y manejo sostenible. Identificar las áreas con baja capacidad adaptativa permite a los gestores de la reserva enfocar sus esfuerzos en las zonas más

vulnerables, donde las intervenciones pueden tener el mayor impacto positivo. Las estrategias de conservación deben incluir el fortalecimiento de la conectividad ecológica, la protección de áreas clave y la promoción de prácticas de manejo que aumenten la resiliencia de los ecosistemas frente a las amenazas climáticas, es fundamental integrar estos resultados en un marco de gestión adaptativa que permita ajustar las estrategias en función de las condiciones cambiantes. El monitoreo continuo y la evaluación de la efectividad de las medidas de adaptación son cruciales para garantizar que las acciones implementadas sean efectivas y se ajusten a las necesidades emergentes de los ecosistemas. La colaboración entre científicos, gestores de reservas y comunidades locales será clave para desarrollar e implementar estrategias adaptativas que fortalezcan la resiliencia de los ecosistemas en la Reserva Ecológica Illinizas.

**10.11.4. Peligro de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basado en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequías – Heladas) para los Escenarios RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 35**

*Peligro de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis de la *Figura 35* proporciona una visión detallada del nivel de peligro que enfrentan los ecosistemas de la Reserva Ecológica Illinizas bajo los escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5 para el período 2016-2040. Este análisis revela patrones significativos en la distribución espacial del peligro, lo cual es crucial para entender los desafíos y riesgos que los ecosistemas podrían enfrentar debido a las proyecciones climáticas futuras. La evaluación de

estos patrones no solo ayuda a identificar las áreas más vulnerables, sino que también subraya la necesidad urgente de implementar estrategias adecuadas de mitigación y adaptación.

En el escenario RCP 4.5, que representa un escenario de mitigación moderada, se observa que una parte significativa de la reserva enfrenta niveles de peligro que varían de medio a muy alto. Este hallazgo indica que, aunque se prevé un contexto de cambios climáticos menos severos en comparación con el escenario RCP 8.5, los ecosistemas aún enfrentarán desafíos importantes debido a la exposición a amenazas climáticas como lluvias intensas, temperaturas altas, sequías y heladas. Las áreas de peligro bajo, aunque presentes, son limitadas en comparación con las zonas de mayor peligro, sugiriendo que la capacidad de los ecosistemas para adaptarse y resistir los impactos de estas amenazas puede ser insuficiente sin medidas de mitigación adecuadas. Este escenario destaca la necesidad de fortalecer las estrategias de adaptación para reducir el nivel de peligro y proteger la integridad de los ecosistemas.

En contraste, el escenario RCP 8.5 presenta una expansión considerable de las áreas de peligro alto y muy alto, abarcando una gran parte de la reserva. Este patrón refleja un aumento significativo en el riesgo para los ecosistemas debido a un cambio climático más drástico, caracterizado por un incremento en la intensidad y frecuencia de las amenazas climáticas. La mayor parte de la reserva estaría expuesta a niveles de peligro elevados, lo que indica que los ecosistemas enfrentarían serios desafíos para mantener su estructura y funcionalidad bajo condiciones climáticas extremas. La expansión de las áreas de alto peligro en este escenario resalta la magnitud del riesgo y la urgencia de implementar medidas de adaptación más robustas para mitigar los impactos adversos.

La comparación entre los dos escenarios climáticos subraya la importancia crítica de las acciones de mitigación y adaptación. En el contexto del RCP 4.5, las medidas de mitigación pueden reducir el nivel de peligro al que se enfrentan los ecosistemas, pero aun así se necesitarán esfuerzos significativos para abordar los desafíos persistentes. Por otro lado, el escenario RCP 8.5 indica que las acciones de adaptación deben ser más intensivas y específicas, enfocándose en la protección de áreas críticas y la implementación de prácticas que mejoren la resiliencia de los ecosistemas ante un cambio climático más severo. Las estrategias de adaptación deben ser diseñadas para enfrentar los riesgos identificados y reducir la vulnerabilidad de las áreas más expuestas.

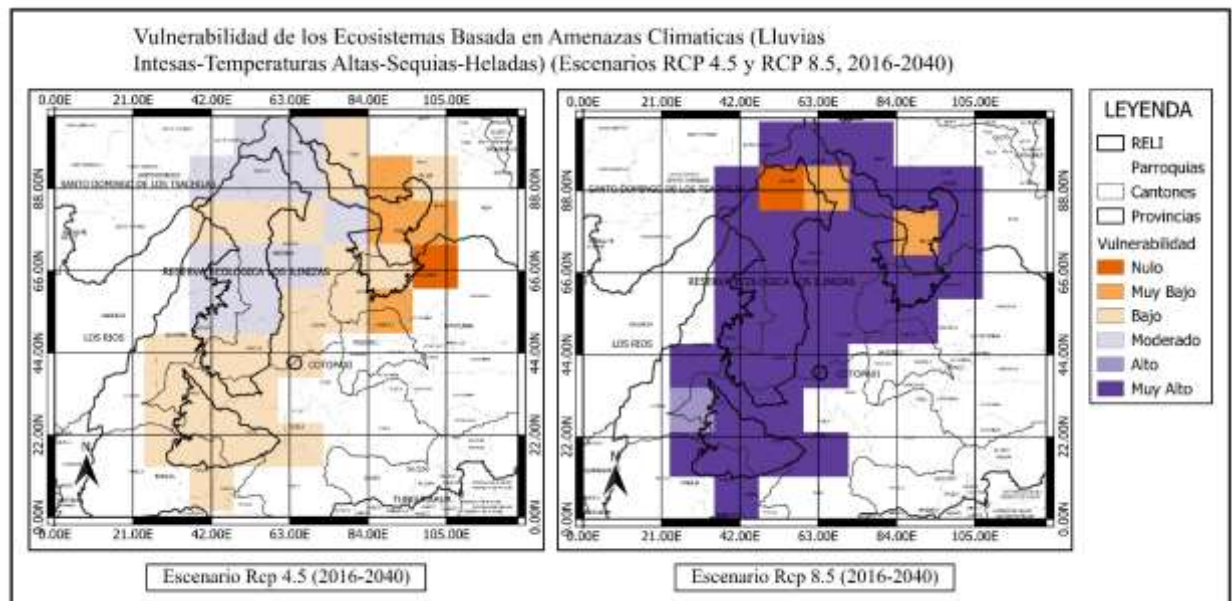
Finalmente, la información derivada de los mapas de peligro debe integrarse en un marco de gestión adaptativa y en planes de acción específicos que consideren las

particularidades de cada zona. Esto incluye la identificación de áreas prioritarias para la intervención, el desarrollo de políticas de manejo sostenible, y la colaboración con comunidades locales y partes interesadas para garantizar la efectividad de las medidas implementadas. La gestión proactiva y la planificación a largo plazo son esenciales para asegurar que los ecosistemas de la Reserva Ecológica Illinizas puedan resistir y adaptarse a las amenazas climáticas proyectadas, preservando así su integridad y funcionalidad frente a los desafíos del cambio climático.

**10.11.5. Vulnerabilidad de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas basada en las amenazas climáticas (Lluvias Intensas–Temperatura Altas–Sequias–Heladas) para los Escenario RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 36**

*Vulnerabilidad de los Ecosistemas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis detallado de la *Figura 36* proporciona una comprensión crítica de cómo la vulnerabilidad de los ecosistemas de la Reserva Ecológica Los Illinizas varía bajo los diferentes escenarios climáticos proyectados, específicamente RCP 4.5 y RCP 8.5 para el período 2016-2040. Este análisis revela patrones de vulnerabilidad que son esenciales para evaluar el riesgo y la preparación frente a los impactos climáticos futuros. Los resultados subrayan la importancia de diferenciar las estrategias de adaptación y mitigación según el nivel de vulnerabilidad identificado en cada escenario.

En el escenario RCP 4.5, que se caracteriza por un nivel moderado de emisiones y cambios climáticos, la mayoría del área de la reserva presenta niveles de vulnerabilidad que van de moderada a baja. Esto sugiere que, bajo un contexto de mitigación moderada, los ecosistemas tienen una capacidad relativamente mejor para manejar los impactos proyectados de las amenazas climáticas. Las zonas de alta vulnerabilidad, aunque presentes, son relativamente limitadas y están localizadas en áreas específicas que podrían requerir intervenciones focalizadas para abordar riesgos particulares. Este patrón refleja una capacidad de adaptación y resistencia que, aunque adecuada en general, todavía necesita ser respaldada por medidas de gestión proactivas para asegurar la estabilidad ecológica a largo plazo.

Por otro lado, el escenario RCP 8.5 presenta una imagen más preocupante con un aumento significativo en la vulnerabilidad de los ecosistemas. Bajo este escenario de altas emisiones, se observa una expansión considerable de áreas con vulnerabilidad alta y muy alta, lo que indica un aumento drástico en el riesgo para los ecosistemas. Esta tendencia refleja una mayor exposición a amenazas climáticas extremas y una capacidad reducida para enfrentar estos cambios severos. La extensión de áreas de alta vulnerabilidad en el escenario RCP 8.5 subraya la necesidad crítica de fortalecer las estrategias de adaptación para manejar un mayor grado de incertidumbre y riesgo asociado con un cambio climático más severo.

La comparación entre los dos escenarios resalta de manera contundente la importancia de la planificación adaptativa y la implementación de medidas de mitigación adecuadas. En el contexto de RCP 4.5, las acciones deben centrarse en mantener y fortalecer la resiliencia existente de los ecosistemas, asegurando que las áreas de vulnerabilidad moderada no se deterioren y que las zonas de alta vulnerabilidad reciban la atención necesaria para reducir riesgos. En contraste, el escenario RCP 8.5 requiere un enfoque más intensivo y multifacético que aborde las vulnerabilidades críticas y prevenga un agravamiento de la situación. Esto incluye la integración de prácticas de manejo sostenible, la restauración de hábitats, y la promoción de la conectividad ecológica para mejorar la capacidad de los ecosistemas para adaptarse a cambios más extremos.

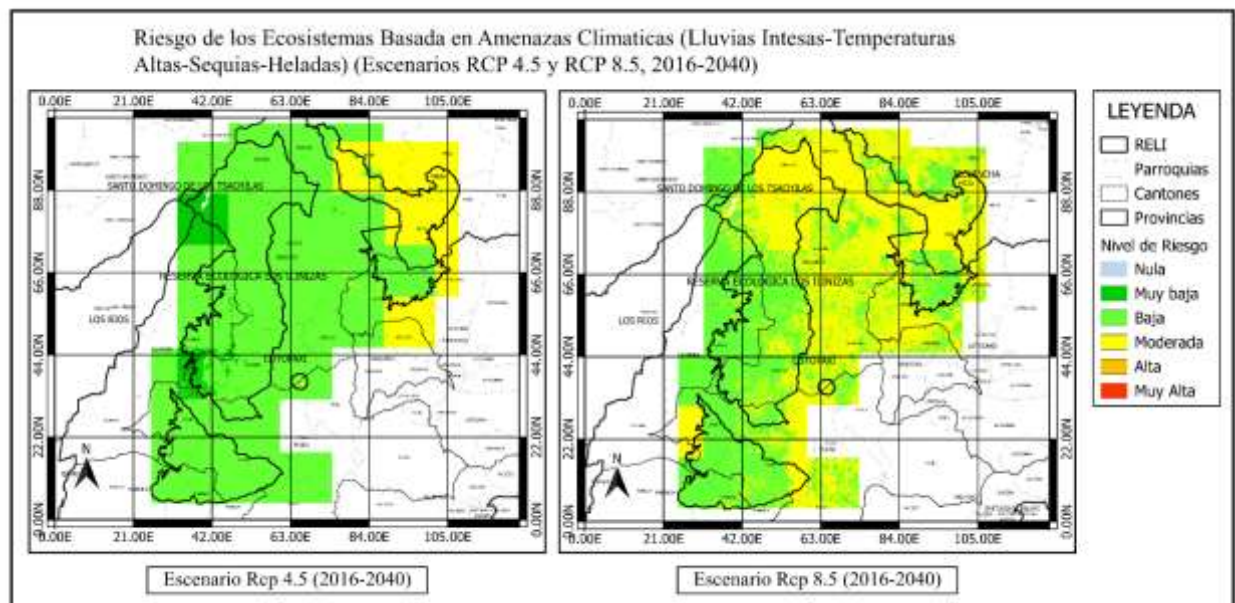
Finalmente, el análisis de vulnerabilidad debe ser incorporado en una estrategia de gestión de riesgos que contemple tanto medidas de corto como de largo plazo. La colaboración con comunidades locales, investigadores y gestores ambientales es fundamental para desarrollar e implementar planes de acción efectivos. Estos planes deben priorizar la protección de los ecosistemas más vulnerables y promover la adaptación de las especies y hábitats a las condiciones cambiantes. Solo a través de un enfoque holístico y bien planificado se podrá

asegurar la preservación de la biodiversidad y la funcionalidad de la Reserva Ecológica Los Ilinizas frente a los desafíos del cambio climático.

**10.11.6. Riesgo de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas basado en las amenazas climáticas (Lluvias intensas – Temperaturas Altas – Sequías – Heladas) para los Escenarios RCP 4.5 Y RCP 8.5, 2016-2040**

**Figura 37**

*Riesgo de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Ilinizas*



**Elaborado por:** Maigua, 2023

El análisis de la *Figura 37* ofrece una visión crítica y detallada de cómo el riesgo para los ecosistemas en la Reserva Ecológica Ilinizas varía bajo los diferentes escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5 para el período 2016-2040. Esta evaluación proporciona información esencial para la gestión y planificación ambiental, destacando cómo la variación en los niveles de emisiones puede influir significativamente en la capacidad de los ecosistemas para enfrentar las amenazas climáticas proyectadas.

En el escenario RCP 4.5, que corresponde a un nivel moderado de emisiones y cambios climáticos, se observa que la mayor parte de la reserva presenta niveles de riesgo que oscilan entre bajo y moderado. Este patrón sugiere que, bajo condiciones de mitigación moderada, los ecosistemas tienen una mayor capacidad para resistir y adaptarse a los impactos de las amenazas climáticas, como lluvias intensas, temperaturas elevadas, sequías y heladas. La presencia de algunas áreas con riesgo alto indica que existen zonas particularmente vulnerables que

requieren atención específica para asegurar su protección y fortalecer su capacidad de adaptación frente a posibles cambios climáticos. En este contexto, las estrategias de gestión deben centrarse en mejorar la resiliencia de los ecosistemas en las áreas de mayor riesgo y mantener la integridad ecológica a través de prácticas de conservación sostenibles.

En contraste, el escenario RCP 8.5, que representa un aumento más severo de las emisiones de gases de efecto invernadero y mayores impactos climáticos, revela una expansión significativa de las áreas de riesgo alto y muy alto. Este patrón indica que bajo un escenario de cambio climático más drástico, los ecosistemas de Ilinizas enfrentarían desafíos mucho más graves para mantener su estructura y funcionalidad. La expansión de las zonas de riesgo elevado refleja la creciente presión sobre los ecosistemas debido a la intensificación de las amenazas climáticas, lo que podría llevar a una degradación considerable de su salud y funcionalidad. En este escenario, es imperativo implementar medidas de adaptación y mitigación más agresivas para enfrentar los impactos severos y prevenir posibles colapsos ecológicos.

La comparación entre los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 subraya la importancia de adaptar las estrategias de conservación y gestión en función del nivel de mitigación de las emisiones. En un escenario de mitigación moderada (RCP 4.5), los esfuerzos deben enfocarse en mantener y fortalecer la resiliencia de los ecosistemas existentes, asegurando que las áreas de mayor riesgo reciban un manejo específico para reducir su vulnerabilidad. Por otro lado, en un escenario de alta emisión (RCP 8.5), es crucial adoptar un enfoque más integral y urgente que contemple la restauración de hábitats, la protección de áreas clave y el fortalecimiento de los mecanismos de adaptación para enfrentar un entorno climático cada vez más adverso.

Finalmente, el análisis destaca la necesidad de considerar los distintos niveles de mitigación de las emisiones en la planificación y ejecución de estrategias de conservación. La implementación de políticas efectivas debe basarse en una comprensión detallada de cómo las variaciones en las proyecciones climáticas afectan el riesgo para los ecosistemas. Esto incluye la integración de medidas preventivas y adaptativas, la promoción de prácticas de manejo sostenible y el fortalecimiento de la capacidad de respuesta de los ecosistemas a las amenazas climáticas. Al abordar estos desafíos de manera proactiva, se puede mejorar la capacidad de los ecosistemas de la Reserva Ecológica Ilinizas para resistir y adaptarse a los impactos del cambio climático, garantizando así su preservación a largo plazo.

## **10.12. Áreas de Alta Vulnerabilidad y Riesgo de los Ecosistemas de la Reserva Ecológica los Illinizas frente a las proyecciones climáticas y amenazas climáticas**

### **10.12.1. *Impacto de Cambios Climáticos Proyectados***

Las proyecciones climáticas de temperatura máxima, mínima, media y precipitación para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2040 revelan que las áreas con mayor vulnerabilidad y riesgo dentro de la Reserva Ecológica los Illinizas se localizan principalmente en el norte y sur de la reserva. Estas regiones incluyen bosques subtropicales y andinos con densas coberturas arbóreas y algunos páramos, presentando un riesgo muy alto y una alta vulnerabilidad. Los cambios proyectados en temperatura y precipitación representan un peligro significativo para estos ecosistemas. En el centro de la reserva, aunque el riesgo y la vulnerabilidad son moderados a altos, las áreas con coberturas de árboles y matorrales también enfrentan amenazas significativas. Estas áreas críticas requieren la implementación urgente de estrategias de conservación y mitigación debido a su alta exposición a los efectos climáticos previstos.

### **10.12.2. *Evaluación de Amenazas Climáticas Actuales y Futuras***

El análisis de los mapas de vulnerabilidad y riesgo de los ecosistemas de la Reserva Ecológica Los Illinizas frente a amenazas climáticas como sequías, lluvias intensas, temperaturas altas y heladas para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 en el periodo 2016-2040 muestra que las áreas más vulnerables y con mayor riesgo se concentran en el este, noreste y sureste de la reserva. Estas zonas incluyen ecosistemas de bosques subtropicales y andinos, así como páramos, que están altamente expuestos a los impactos de estas amenazas climáticas. Estas regiones identificadas presentan un índice de vulnerabilidad muy alto y un riesgo considerable, por lo que requieren una atención prioritaria en términos de la implementación de estrategias de adaptación y mitigación. Además, algunas áreas centrales de la reserva también muestran niveles elevados de riesgo y vulnerabilidad, aunque en menor medida que las zonas mencionadas previamente.

## **10.13. Propuesta de Estrategias de Adaptación y Mitigación**

El objetivo de esta sección es mostrar cómo se han integrado las estrategias de adaptación y gestión propuestas para reducir los riesgos asociados al cambio climático en la Reserva Ecológica Illinizas dentro del Plan de Manejo existente. Esta integración es crucial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de esta valiosa área protegida, asegurando que las

medidas se implementen de manera coherente y complementaria a las iniciativas ya planificadas.

### **10.13.1. Introducción**

La Reserva Ecológica Los Illinizas enfrenta un conjunto de desafíos ambientales y climáticos que requieren una respuesta coordinada y multifacética. En este contexto, la integración de medidas específicas en el Plan de Manejo de la Reserva se vuelve esencial para abordar los impactos del cambio climático, asegurar la preservación de la biodiversidad, y promover la sostenibilidad a largo plazo. La presente sección detalla los programas y subprogramas diseñados para enfrentar estos retos, proporcionando un marco de acción integral que abarque desde la reforestación y la mejora de infraestructuras hasta la participación comunitaria y la educación ambiental.

La Reserva se encuentra en una región altamente vulnerable a las alteraciones climáticas, que incluyen cambios en los patrones de precipitación, aumento de temperaturas extremas y eventos climáticos severos. Estos factores afectan tanto a los ecosistemas naturales como a las comunidades locales que dependen de ellos. Por lo tanto, es crucial desarrollar e implementar estrategias de manejo que no solo mitiguen los efectos adversos del cambio climático, sino que también fortalezcan la capacidad de adaptación de los ecosistemas y las comunidades. Los programas propuestos en esta sección están diseñados para abordar estas necesidades de manera integral y adaptativa.

Cada programa y subprograma tiene como objetivo abordar aspectos específicos de la gestión ambiental y la adaptación al cambio climático. Esto incluye la implementación de actividades de reforestación y restauración, la mejora de infraestructuras críticas como el drenaje, y el desarrollo de capacidades locales a través de la educación y la participación comunitaria. Estas acciones no solo buscan restaurar y conservar los recursos naturales, sino también fortalecer la resiliencia de las comunidades locales frente a futuros desafíos climáticos.

Además, la integración de medidas de adaptación y mitigación en el Plan de Manejo requiere una planificación cuidadosa y un seguimiento continuo para asegurar su efectividad. La coordinación entre diversos actores, como técnicos, comunidades locales, y organizaciones externas, es fundamental para el éxito de estas iniciativas. Esta sección proporciona un enfoque detallado para cada programa y subprograma, destacando las actividades clave, los objetivos específicos, y los mecanismos de implementación para lograr un manejo efectivo y sostenible de la Reserva Ecológica Los Illinizas.

### **10.13.2.      *Objetivo***

El objetivo principal de estos programas y subprogramas es proporcionar un marco integral para la adaptación y mitigación de los impactos del cambio climático en la Reserva Ecológica Los Illinizas. Esto incluye la mejora de la infraestructura, la promoción de la participación comunitaria, el fortalecimiento de la sostenibilidad financiera, y la implementación de medidas de conservación y manejo de recursos naturales.

### **10.13.3.      *Desarrollo de la propuesta***

El desarrollo de la propuesta para la Reserva Ecológica Los Illinizas se fundamentan en una serie de programas y subprogramas estratégicos diseñados para abordar de manera integral los desafíos ambientales y climáticos que enfrenta la reserva. Cada programa ha sido cuidadosamente estructurado para abordar áreas clave de gestión, como la reforestación y restauración de ecosistemas, la mejora de infraestructuras críticas, y la gestión sostenible de recursos naturales. La reforestación, por ejemplo, se enfocará en restaurar áreas degradadas utilizando especies nativas que estén adaptadas a las condiciones climáticas locales, mientras que el programa de mejora de infraestructuras de drenaje busca reducir el riesgo de inundaciones y aumentar la resiliencia de las reservas a eventos climáticos extremos mediante la implementación de soluciones de drenaje efectivas y sostenibles.

En el marco del programa de planificación participativa, se incorporarán mecanismos de participación activa de las comunidades locales en todas las fases de planificación, implementación y evaluación de medidas de adaptación. Esto incluye la integración de las comunidades en la toma de decisiones sobre el manejo de recursos y la supervisión de las actividades, garantizando así que las medidas adoptadas sean pertinentes y eficaces para las necesidades locales. Los subprogramas de educación y sensibilización se centran en fomentar una mayor conciencia ambiental entre las comunidades y en capacitar a los individuos para que se conviertan en defensores activos de la conservación y gestión sostenible de la reserva.

Además, se han diseñado estrategias de sostenibilidad financiera para asegurar que las medidas de adaptación y conservación puedan mantenerse a largo plazo. Esto incluye la búsqueda de fuentes de financiamiento innovadoras, como la cooperación internacional y los fondos de donantes, así como el desarrollo de asociaciones con organizaciones no gubernamentales y otros actores relevantes. El seguimiento y la evaluación continuos son esenciales para ajustar las estrategias en función de la eficacia observada y las condiciones cambiantes, garantizando así que la propuesta se adapte y responda de manera adecuada a los

desafíos emergentes. Esta aproximación holística y adaptativa asegura que el Plan de Manejo sea robusto, flexible y capaz de enfrentar los retos del cambio climático en la Reserva Ecológica Los Illinizas.

#### **10.13.4. *Programas y Subprogramas de Manejo***

##### **Programa de Administración, Control y Vigilancia**

###### **Subprograma de Inversión**

- **Actividad Integrada:** Reforestación y Restauración de Ecosistemas
- **Descripción:** Este subprograma busca revitalizar y restaurar áreas degradadas dentro de la Reserva Ecológica Los Illinizas mediante la implementación de proyectos de reforestación. Se ha establecido una asignación de recursos financieros sustanciales para asegurar que los proyectos sean efectivos y sostenibles. La reforestación se enfocará en la plantación de especies nativas y adaptadas a las condiciones ecológicas locales para maximizar el éxito de la restauración y la resiliencia del ecosistema. Además, se realizará un monitoreo constante del crecimiento y salud de las plantas para ajustar las técnicas de siembra y cuidados según sea necesario. La participación de la comunidad local y organizaciones ambientales en la ejecución de estos proyectos fortalecerá el impacto positivo, generando un sentido de pertenencia y responsabilidad hacia la conservación de la reserva.

###### **Subprograma de Consolidación Territorial y Control y Vigilancia**

- **Actividad Integrada:** Mejora de la Infraestructura de Drenaje
- **Descripción:** La mejora de la infraestructura de drenaje es crucial para mitigar el riesgo de inundaciones y mejorar la capacidad de la reserva para manejar eventos climáticos extremos. Este subprograma incluye la construcción y rehabilitación de sistemas de drenaje para controlar el flujo de agua y reducir la erosión del suelo. Además, se implementarán prácticas de mantenimiento continuo para asegurar el buen funcionamiento de las infraestructuras a lo largo del tiempo. La participación activa de técnicos especializados y la comunidad local en la planificación y construcción de estas infraestructuras garantizará su eficacia y sostenibilidad. Se realizarán inspecciones regulares y ajustes según las necesidades emergentes para adaptar las soluciones de drenaje a las condiciones cambiantes.

###### **Subprograma de Sostenibilidad Financiera**

- **Actividad Integrada:** Financiamiento y Mantenimiento de Medidas
- **Descripción:** Este subprograma se centra en asegurar la viabilidad económica a largo plazo de las medidas de adaptación implementadas en la reserva. Se han desarrollado estrategias de financiamiento diversificadas que incluyen la identificación y solicitud de fondos de cooperación internacional, subvenciones gubernamentales y aportaciones de donantes privados. Además, se fomentarán asociaciones con organizaciones no gubernamentales y empresas para obtener apoyo continuo. La planificación financiera también contempla el establecimiento de un fondo de mantenimiento para cubrir los costos de conservación y adaptación a futuro. La transparencia en el uso de los recursos y la rendición de cuentas serán fundamentales para mantener la confianza de los financiadores y asegurar la sostenibilidad del proyecto.

## **Programa de Planificación Participativa**

### **Subprograma de Planificación, Seguimiento y Evaluación**

- **Actividad Integrada:** Planificación y Seguimiento de Medidas de Adaptación
- **Descripción:** La planificación y seguimiento de medidas de adaptación se han diseñado para ser altamente inclusivos, permitiendo la participación activa de las comunidades locales en cada fase del proceso. Esto incluye la formulación de estrategias de adaptación basadas en las necesidades y conocimientos locales, así como en las proyecciones climáticas y ambientales. Se establecerán mecanismos de seguimiento y evaluación participativos para monitorear el progreso de las medidas implementadas, ajustando las estrategias según los resultados obtenidos y el feedback de las comunidades. Este enfoque participativo asegura que las medidas de adaptación sean relevantes, efectivas y aceptadas por los habitantes locales, promoviendo así una gestión adaptativa y sostenible de la reserva.

## **Programa de Fortalecimiento de la Relación con la Población Local**

### **Subprograma de Fortalecimiento de la Organización Comunitaria**

- **Actividad Integrada:** Desarrollo de Capacidades Locales
- **Descripción:** Este subprograma se dedica al fortalecimiento de las capacidades organizativas y técnicas de las comunidades locales para una gestión más efectiva de los recursos naturales. Se ofrecerán talleres de capacitación y programas educativos que

aborden aspectos clave como la gestión sostenible de los recursos, técnicas de conservación y adaptación al cambio climático. Además, se promoverá la creación de redes de colaboración entre grupos comunitarios y expertos en conservación para compartir conocimientos y experiencias. El objetivo es empoderar a las comunidades para que asuman un papel activo en la protección de la reserva y en la implementación de prácticas sostenibles que beneficien tanto a la biodiversidad como a su propio bienestar.

### **Subprograma de Educación y Comunicación Ambiental**

- **Actividad Integrada:** Sensibilización y Educación Ambiental
- **Descripción:** El subprograma de educación y comunicación ambiental se enfoca en desarrollar e implementar programas de sensibilización que aumenten la conciencia sobre la importancia de la conservación y la gestión sostenible de la reserva. Se organizarán campañas educativas y eventos comunitarios que involucren a escuelas, organizaciones locales y grupos de interés para fomentar una cultura de responsabilidad ambiental. Se elaborarán materiales didácticos y recursos informativos accesibles para diferentes audiencias, adaptados a las necesidades y contextos específicos de la comunidad. Estas actividades tienen como objetivo fomentar una mayor participación de la población en las iniciativas de conservación y promover prácticas ecológicas en el día a día de los residentes.

### **Subprograma de Turismo y Recreación**

- **Actividad Integrada:** Desarrollo de Ecoturismo Sostenible
- **Descripción:** El subprograma de turismo y recreación busca desarrollar el ecoturismo de manera que genere beneficios económicos para las comunidades locales y al mismo tiempo contribuya a la conservación de la biodiversidad. Se promoverán actividades turísticas que respeten el medio ambiente y estén alineadas con los objetivos de conservación de la reserva, como visitas guiadas educativas, observación de la fauna y flora, y actividades recreativas sostenibles. Se trabajará en estrecha colaboración con operadores turísticos locales para asegurar que las prácticas turísticas sean responsables y beneficiosas para el entorno. Además, se implementarán medidas de gestión para controlar el impacto del turismo y garantizar que el desarrollo de esta actividad no comprometa la integridad ecológica de la reserva.

## **Programa de Investigación, Manejo de los Recursos Naturales y Monitoreo Ambiental**

### **Subprograma de Uso de Recursos Naturales**

- **Actividad Integrada:** Monitoreo y Protección de Especies Vulnerables
- **Descripción:** Este subprograma se centra en la conservación de las especies vulnerables dentro de la Reserva Ecológica Los Illinizas, implementando un sistema integral de monitoreo y protección. Se han diseñado y puesto en marcha programas de monitoreo que incluyen la vigilancia constante de las poblaciones de especies en peligro y la evaluación de sus hábitats críticos. Estos programas utilizan metodologías participativas que incorporan la colaboración activa de las comunidades locales, quienes desempeñan un papel crucial en la recolección de datos, el seguimiento de los cambios en el hábitat y la identificación de amenazas emergentes. Además, se desarrollarán estrategias de protección específicas, como la creación de áreas de conservación y la regulación de actividades humanas que puedan impactar negativamente a estas especies. La integración de los conocimientos locales y la participación comunitaria en el monitoreo permiten una respuesta más efectiva y adaptativa a las necesidades de conservación de las especies vulnerables.

### **Subprograma de Investigación y Monitoreo Socio ambiental**

- **Actividad Integrada:** Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades
- **Descripción:** Este subprograma aborda la gestión de plagas y enfermedades a través de un enfoque integral que combina investigación científica y monitoreo continuo de las condiciones socioambientales. Se han desarrollado prácticas de manejo integrado que incluyen la identificación temprana de plagas y enfermedades, la evaluación de su impacto en los ecosistemas y la implementación de medidas de control adaptadas a las condiciones locales y cambiantes. Se realizarán investigaciones para entender mejor las dinámicas de las plagas y enfermedades en relación con el cambio climático y otros factores ambientales. Además, se llevarán a cabo programas de sensibilización y capacitación dirigidos a las comunidades locales y a los gestores de recursos naturales para que puedan aplicar las técnicas de manejo integrado de manera efectiva. Estos programas incluirán talleres, sesiones informativas y materiales educativos para asegurar que los participantes tengan el conocimiento necesario para manejar plagas y enfermedades de manera sostenible.

## **10.14. Lista de Medidas de Adaptación**

### **10.14.1. *Adaptaciones Basadas en Vulnerabilidad y Riesgo***

En la Tabla 2, se presentan las medidas de adaptación clave diseñadas para mitigar los impactos del cambio climático en la Reserva Ecológica Los Illinizas. Estas medidas, cuidadosamente seleccionadas y adaptadas a las necesidades específicas de la reserva, son cruciales para asegurar la resiliencia y sostenibilidad de sus ecosistemas. Cada medida ha sido desarrollada con el objetivo de abordar los impactos climáticos específicos proyectados bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 2016-2040, enfocándose en las áreas más afectadas y proporcionando una justificación sólida para su adopción.

Una de las principales medidas propuestas es la reforestación y restauración de ecosistemas en las áreas críticas del norte y sur de la reserva. Esta acción responde directamente a los cambios proyectados en la temperatura y precipitación, que podrían afectar gravemente a los bosques subtropicales y andinos, los cuales son particularmente vulnerables a estas variaciones climáticas. La reforestación con especies nativas no solo aumentará la cobertura forestal, sino que también mejorará la resiliencia ecológica, reduciendo así la vulnerabilidad de estos ecosistemas.

Otra medida destacada es el manejo integrado del agua, que incluye el desarrollo de infraestructuras sostenibles para la gestión del agua en respuesta a las prolongadas sequías y cambios en los patrones de precipitación. Esta estrategia es esencial para mejorar la disponibilidad de agua durante los periodos secos, beneficiando tanto a la flora y fauna local como a las comunidades que dependen de estos recursos. Asimismo, la mejora de la infraestructura de drenaje se propone como una solución efectiva para mitigar los riesgos de inundaciones y erosión en áreas vulnerables de la reserva, como el este y noreste, asegurando la estabilidad del suelo y la capacidad de infiltración de agua.

Finalmente, la participación activa de las comunidades locales en la implementación de estas medidas de adaptación es un aspecto fundamental del enfoque propuesto. Las acciones de capacitación y desarrollo de capacidades locales no solo fortalecerán la gestión comunitaria de los recursos naturales, sino que también garantizarán que las estrategias adoptadas sean sostenibles a largo plazo. Este enfoque colaborativo permitirá que las medidas de adaptación sean más eficaces y culturalmente apropiadas, contribuyendo a la preservación de la biodiversidad y la integridad ecológica de la Reserva Ecológica Los Illinizas.

Tabla 2

## Medidas de Adaptación

Impactos Modelados	Medidas de Adaptación Recomendadas	Áreas Afectadas	Justificación de la Medida	Integración en el Plan de Manejo	Resultados Esperados
Cambio en Temperaturas (Máxima, Mínima, Media) y Precipitación (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)	Reforestación y Restauración de Ecosistemas: Implementación de programas de reforestación en áreas críticas como el norte y sur de la reserva para aumentar la resiliencia de los ecosistemas forestales ante cambios en temperatura y precipitación.	Norte y sur de la reserva	Las áreas de bosques subtropicales y andinos son especialmente vulnerables a los cambios en temperatura y precipitación.	<b>Subprograma de Inversión del Programa de Administración, Control y Vigilancia:</b> Incorporación de un componente de reforestación con asignación de recursos financieros para su implementación.	Aumento de la cobertura forestal, mejora de la resiliencia ecológica y reducción de la vulnerabilidad climática.
Prolongadas Sequías y Cambios en Patrones de Precipitación (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)	Manejo Integrado del Agua: Desarrollo de infraestructuras para la gestión sostenible del agua, incluyendo sistemas de recolección de agua de lluvia y técnicas de riego eficientes en áreas de bosques subtropicales y andinos	Norte y centro de la reserva	La variabilidad en la precipitación afectará la disponibilidad de agua, crucial para la flora y fauna local.	<b>Subprograma de Uso de Recursos Naturales del Programa de Investigación, Manejo de los Recursos Naturales y Monitoreo Ambiental:</b> Promover el uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos	Mejora en la disponibilidad de agua durante periodos secos, beneficiando la biodiversidad local

Amenazas de Inundaciones y Erosión por Lluvias Intensas (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)	Mejora de la Infraestructura de Drenaje y Prevención de Erosión: Implementación de sistemas de drenaje mejorados y técnicas de manejo de suelos para mitigar el riesgo de inundaciones y erosión en áreas vulnerables como el este, noreste y sureste de la reserva.	Este, noreste y sureste de la reserva	La erosión causada por lluvias intensas es una amenaza significativa para la integridad del suelo.	<b>Subprograma de Consolidación Territorial y Control y Vigilancia del Programa de Administración, Control y Vigilancia:</b> Implementación de infraestructuras de drenaje y técnicas de manejo de suelos.	Reducción de la erosión del suelo, mejorando la estabilidad del ecosistema y la capacidad de infiltración de agua.
Impactos de Temperaturas Altas y Heladas en Ecosistemas Sensibles (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)	Desarrollo de Capacidades Locales para la Gestión de Riesgos Climáticos: Capacitación de comunidades locales y autoridades en estrategias de respuesta y gestión ante eventos climáticos extremos, incluyendo sequías, temperaturas altas y heladas.	Todas las áreas vulnerables de la reserva	Las comunidades locales necesitan estar preparadas para manejar eventos climáticos extremos	<b>Subprograma de Fortalecimiento de la Organización Comunitaria del Programa de Fortalecimiento de la Relación con la Población Local:</b> Capacitación y empoderamiento de las comunidades locales para la gestión de riesgos.	Mayor capacidad de respuesta y adaptación de las comunidades locales ante eventos climáticos extremos.
Pérdida de Biodiversidad debido a Cambios Climáticos	Monitoreo y Protección de Especies Vulnerables: Implementación	Zonas con alta biodiversidad	Las especies vulnerables necesitan protección específica para	<b>Subprograma de Fortalecimiento de la Organización</b>	Protección y conservación de especies vulnerables, mantenimiento

<p>(RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)</p> <p>Aumento de Incidencias de Plagas y Enfermedades por Cambios Climáticos (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)</p>	<p>n de programas de monitoreo para identificar especies en riesgo y desarrollar iniciativas de conservación específicas, como la creación de áreas protegidas y corredores ecológicos.</p> <p>Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades: Desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) que incluyan prácticas sostenibles y el uso de tecnología para prevenir y controlar brotes de plagas y enfermedades, minimizando el impacto en los ecosistemas.</p>	<p>d y especies vulnerables</p> <p>Áreas afectadas por plagas y enfermedades</p>	<p>asegurar su supervivencia.</p> <p>El aumento de plagas y enfermedades puede tener un impacto devastador en los ecosistemas.</p>	<p><b>Comunitaria del Programa de Fortalecimiento de la Relación con la Población Local:</b> Capacitación y empoderamiento de las comunidades locales para la gestión de riesgos.</p> <p><b>Subprograma de Investigación y Monitoreo Socio ambiental del Programa de Investigación, Manejo de los Recursos Naturales y Monitoreo Ambiental:</b> Detección temprana y manejo adaptativo.</p>	<p>nto de la biodiversidad.</p> <p>Reducción de incidencias de plagas y enfermedades, mejorando la salud del ecosistema.</p>
--	---	--	--	---	--

Elaborado por: Maigua, 2023

#### 10.14.2. *Desarrollo Detallado de las Medidas de Adaptación*

**Tabla 3**

*Desarrollo de las Medidas de Adaptación*

Impactos Modelados	Medidas de Adaptación Recomendadas	Descripción	Objetivos	Acciones Específicas	Impacto Esperado
--------------------	------------------------------------	-------------	-----------	----------------------	------------------

Cambio en Temperaturas (Máxima, Mínima, Media) y Precipitación (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)	Reforestación y Restauración de Ecosistemas	Implementación de programas de reforestación en áreas críticas como el norte y sur de la reserva.	Aumentar la resiliencia de los ecosistemas forestales ante cambios en temperatura y precipitación	Selección de especies nativas adecuadas para la reforestación. Coordinación con organizaciones locales y comunidades para la plantación y mantenimiento.	Mejora de la cobertura forestal y reducción de la vulnerabilidad a los impactos climáticos.
Prolongadas Sequías y Cambios en Patrones de Precipitación (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)	Manejo Integrado del Agua	Desarrollo de infraestructuras para la gestión sostenible del agua, como sistemas de recolección de agua de lluvia y técnicas de riego eficientes.	Reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas frente a períodos de sequía prolongada.	Instalación de tanques de recolección de agua de lluvia. Implementación de técnicas de riego por goteo en áreas de cultivo.	Aseguramiento de un suministro constante de agua y mitigación de los efectos de la sequía.
Amenazas de Inundaciones y Erosión por Lluvias Intensas (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)	Reforestación y Restauración de Ecosistemas	Implementación de sistemas de drenaje mejorados y técnicas de manejo de suelos para mitigar el riesgo de inundaciones y erosión.	Proteger los ecosistemas contra los impactos de lluvias intensas y eventos climáticos extremos.	Instalación de tanques de recolección de agua de lluvia. Implementación de técnicas de riego por goteo en áreas de cultivo.	Reducción de la erosión del suelo y protección de áreas vulnerables a inundaciones.
Impactos de Temperaturas Altas y Heladas en	Desarrollo de Capacidades Locales para la Gestión de	Capacitación de comunidades locales y	Fortalecer la capacidad adaptativa	Talleres de capacitación en gestión de riesgos	Mejora en la preparación y respuesta ante eventos

Ecosistemas Sensibles (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)	Riesgos Climáticos	autoridades en estrategias de respuesta y gestión ante eventos climáticos extremos.	de las comunidades locales.	climáticos. Creación de planes de emergencia comunitarios.	climáticos extremos.
Pérdida de Biodiversidad debido a Cambios Climáticos (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)	Desarrollo de Capacidades Locales para la Gestión de Riesgos Climáticos	Implementación de programas de monitoreo para identificar especies en riesgo y desarrollar iniciativas de conservación específicas.	Proteger la biodiversidad y asegurar la supervivencia de especies vulnerables.	Establecimiento de áreas protegidas y corredores ecológicos. Monitoreo continuo de poblaciones de especies clave.	Conservación de la biodiversidad y mejora de los ecosistemas naturales.
Aumento de Incidencias de Plagas y Enfermedades por Cambios Climáticos (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2016-2040)	Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades	Desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) que incluyan prácticas sostenibles y el uso de tecnología.	Proteger la biodiversidad y asegurar la supervivencia de especies vulnerables.	Implementación de prácticas de manejo sostenible de plagas. Uso de biopesticidas y tecnologías de monitoreo.	Reducción de daños por plagas y enfermedades y mejora de la salud del ecosistema.

## 10.15. Elaboración del Plan de Implementación

### 10.15.1. Línea de Tiempo y Prioridades

La implementación de las medidas de adaptación se ha estructurado en fases claras y secuenciales, lo que facilita una planificación ordenada y efectiva. En la fase inicial, se llevaron a cabo actividades cruciales de planificación y preparación, sentando las bases para el éxito a largo plazo. Durante las fases subsiguientes, se realizaron plantaciones, construcciones de infraestructuras y capacitaciones, asegurando un progreso constante y medible. La fase de monitoreo y ajustes garantiza que las medidas implementadas sean sostenibles y se adapten a las necesidades cambiantes, asegurando la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades

locales. Este enfoque sistemático ha permitido una ejecución eficiente y ha maximizado el impacto positivo en el medio ambiente y en las comunidades involucradas.

**Tabla 4**

*Línea de Tiempo y Prioridades*

<b>Medida de Adaptación</b>	<b>Fase 1 (0-6 meses)</b>	<b>Fase 2 (6-12 meses)</b>	<b>Fase 2 (6-12 meses)</b>	<b>Fase 4 (2-5 años)</b>	<b>Recursos Necesarios</b>
Reforestación y Restauración de Ecosistemas	Planificación y preparación	Inicio de plantaciones	Continuación y expansión	Monitoreo y mantenimiento	Especies nativas, herramientas de plantación, mano de obra, financiamiento
Manejo Integrado del Agua	Evaluación de necesidades	Construcción de infraestructuras	Implementación de técnicas de riego	Monitoreo y ajustes	Sistemas de recolección de agua, materiales de construcción, capacitaciones
Mejora de la Infraestructura de Drenaje	Diseño de sistemas	Construcción inicial	Implementación de técnicas de riego	Mantenimiento y mejoras	Materiales de construcción, maquinaria, mano de obra
Desarrollo de Capacidades Locales	Organización de talleres	Capacitación inicial	Implementación de planes	Evaluación y ajuste	Materiales educativos, instructores, espacio para talleres
Monitoreo y Protección de Especies Vulnerables	Identificación de especies	Establecimiento de áreas	Programas de monitoreo	Evaluación de programas	Equipos de monitoreo, investigadores, financiamiento
Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades	Investigación y planificación	Implementación de prácticas	Expansión de prácticas	Evaluación de programas	Biopesticidas, equipos de monitoreo, capacitaciones

**Elaborado por:** Maigua, 2024

### 10.15.2. *Asignación de Responsabilidades*

La clara asignación de responsabilidades ha sido fundamental para el éxito del plan de implementación. Cada medida de adaptación cuenta con un responsable principal que coordina las actividades y asegura la colaboración efectiva con los colaboradores. Esta estructura de responsabilidades ha facilitado una comunicación fluida y una coordinación eficiente entre todas las partes interesadas, permitiendo una implementación más organizada y efectiva de las medidas. Las comunidades locales, los agricultores y los técnicos especializados han trabajado conjuntamente bajo la supervisión de las autoridades pertinentes, lo que ha resultado en un manejo más eficiente de los recursos y una mayor efectividad en la adaptación a los cambios climáticos.

**Tabla 5**

*Asignación de Responsabilidades*

<b>Medida de Adaptación</b>	<b>Responsable Principal</b>	<b>Colaboradores</b>
Reforestación y Restauración de Ecosistemas	MAATE	Comunidades locales,
Manejo Integrado del Agua	Autoridades locales	Agricultores, MAATE
Mejora de la Infraestructura de Drenaje	MAATE	Ingenieros, Comunidades
Desarrollo de Capacidades Locales	Organizaciones locales	Ingenieros, Comunidades
Monitoreo y Protección de Especies Vulnerables	Investigadores, MAATE	Comunidades
Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades	Agricultores	MAATE, Técnicos agrícolas

**Elaborado por:** Maigua, 2024

### 10.15.3. *Evaluación de Recursos*

El uso de indicadores de progreso específicos y métodos de evaluación ha sido esencial para monitorear y medir el éxito de las medidas de adaptación. La superficie reforestada, el volumen de agua almacenada, la longitud de canales construidos, la reducción de incidencias de plagas y enfermedades, y las poblaciones de especies clave han sido monitoreados regularmente. Estos datos han proporcionado una base sólida para evaluar el impacto de las medidas y realizar los ajustes necesarios para mejorar su efectividad. La implementación de

estos métodos ha garantizado que los objetivos de adaptación se cumplan de manera eficiente, asegurando la resiliencia de los ecosistemas y la protección de la biodiversidad.

**Tabla 6**

*Métodos de Monitoreo y Evaluación*

<b>Medida de Adaptación</b>	<b>Indicadores de Progreso</b>	<b>Métodos de Evaluación</b>
Reforestación y Restauración de Ecosistemas	Superficie reforestada	Inspecciones periódicas
Manejo Integrado del Agua	Volumen de agua almacenada	Monitoreo de sistemas
Mejora de la Infraestructura de Drenaje	Longitud de canales construidos	Evaluaciones técnicas
Desarrollo de Capacidades Locales	Estudios de biodiversidad	Encuestas de retroalimentación
Monitoreo y Protección de Especies Vulnerables	Poblaciones de especies clave	Estudios de biodiversidad
Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades	Reducción de incidencias	Análisis de salud de cultivos

**Elaborado por:** Maigua, 2023

## **10.16. Evaluación de Factibilidad y Sostenibilidad**

### **10.16.1. Evaluación de Factibilidad**

La evaluación de factibilidad ha identificado que las medidas de adaptación propuestas son mayoritariamente viables tanto técnica como económicamente. La inclusión de viabilidad social ha permitido evaluar y planificar estrategias para aumentar la aceptación y participación comunitaria. Las soluciones propuestas, como la sensibilización y la financiación a través de proyectos de cooperación, abordan eficazmente los obstáculos potenciales, asegurando que las medidas sean implementables y sostenibles.

**Tabla 7***Evaluación de Factibilidad*

<b>Medida de Adaptación</b>	<b>Viabilidad Técnica</b>	<b>Viabilidad Económica</b>	<b>Obstáculos Potenciales</b>	<b>Soluciones Propuestas</b>
Reforestación y Restauración de Ecosistemas	Alta	Moderada	Disponibilidad de especies nativas	Resistencia a nuevas prácticas
Manejo Integrado del Agua	Alta	Alta	Costos iniciales de infraestructuras	Financiamiento a través de proyectos de cooperación
Mejora de la Infraestructura de Drenaje	Moderada	Moderada	Complejidad técnica y mantenimiento	Capacitación y apoyo técnico continuo
Desarrollo de Capacidades Locales	Alta	Alta	Participación comunitaria	Incentivos para la participación activa
Monitoreo y Protección de Especies Vulnerables	Alta	Moderada	Fondos para monitoreo continuo	Colaboraciones con organizaciones internacionales
Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades	Alta	Moderada	Resistencia a nuevas prácticas	Programas de sensibilización y capacitación

**Elaborado por:** Maigua, 2024

### **10.16.2. Evaluación de Sostenibilidad Ambiental y Social**

La evaluación de sostenibilidad ha demostrado que las medidas de adaptación tienen un impacto positivo en el medio ambiente, la economía y la sociedad. Las acciones específicas, como la participación comunitaria y los programas educativos, han sido clave para asegurar la sostenibilidad a largo plazo. La integración de las comunidades locales en la gestión y monitoreo de las medidas ha mejorado significativamente su efectividad y ha asegurado un enfoque inclusivo y colaborativo.

**Tabla 8***Evaluación de Sostenibilidad*

<b>Medida de Adaptación</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Acciones para Mejorar Sostenibilidad</b>
Reforestación y Restauración de Ecosistemas	Positivo	Positivo	Alta	Programas educativos y de sensibilización
Manejo Integrado del Agua	Positivo	Positivo	Alta	Participación comunitaria en la gestión de agua
Mejora de la Infraestructura de Drenaje	Positivo	Moderado	Moderada	Involucrar a la comunidad en el mantenimiento
Desarrollo de Capacidades Locales	Positivo	Muy positivo	Muy alta	Continuar con talleres y programas educativos
Monitoreo y Protección de Especies Vulnerables	Positivo	Positivo	Alta	Integrar a las comunidades en los programas de monitoreo
Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades	Positivo	Positivo	Moderada	Campañas de información sobre los beneficios

**Elaborado por:** Maigua, 2024**10.16.3. Propuesta de Indicadores de Sostenibilidad**

La propuesta de indicadores de sostenibilidad proporciona una base sólida para el monitoreo y evaluación continua de las medidas de adaptación. Los métodos de medición detallados y las frecuencias de medición establecidas permiten un seguimiento riguroso del progreso y el impacto de las medidas implementadas. Esto asegura que se puedan realizar ajustes oportunos y que las acciones sean efectivas y sostenibles a lo largo del tiempo.

**Tabla 9***Indicadores de Sostenibilidad*

<b>Medida de Adaptación</b>	<b>Indicador de Sostenibilidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia de Medición</b>
Reforestación y Restauración de Ecosistemas	Superficie de áreas reforestadas	<p>Este indicador mide la extensión total de áreas que han sido reforestadas y restauradas. Incluye la evaluación de áreas plantadas con especies nativas, la cobertura del suelo restaurado y la calidad del hábitat recuperado. La medición se realiza a través de imágenes satelitales, GPS en campo, y registros de actividades de reforestación. Además, se analizan los resultados en términos de aumento de biodiversidad y captura de carbono en el área reforestada.</p>	Anual
Manejo Integrado del Agua	Eficiencia en el uso del agua	<p>Evalúa la eficacia en la gestión del agua en términos de ahorro y conservación. Esto incluye la medición del volumen de agua utilizado comparado con la cantidad de recursos hídricos disponibles, el impacto de las prácticas de gestión sobre la calidad del agua y la eficiencia en el uso del agua en actividades agrícolas y de consumo. La evaluación puede involucrar auditorías del uso del agua, análisis de sistemas de riego y revisiones de prácticas de conservación del agua.</p>	Semestral
Mejora de la Infraestructura de Drenaje	Estado de infraestructuras	<p>Este indicador mide la calidad, funcionalidad y eficacia de las infraestructuras de drenaje, como canales, pozos de infiltración y sistemas</p>	Trimestral

---

Mejora de la Infraestructura de Drenaje	Nivel de participación comunitaria	<p>de retención. Incluye la inspección de daños, la evaluación del rendimiento en condiciones de lluvia intensa y el mantenimiento preventivo y correctivo realizado. Se utiliza un sistema de puntuación basado en inspecciones visuales, pruebas de capacidad y encuestas de usuarios para evaluar el estado general de las infraestructuras.</p> <p>Mide el grado de involucramiento y colaboración de la comunidad en la mejora y mantenimiento de la infraestructura de drenaje. Se evalúa mediante encuestas sobre la percepción de la comunidad, registros de participación en eventos comunitarios, talleres y actividades de mantenimiento. Este indicador refleja cómo la participación comunitaria contribuye a la sostenibilidad de las soluciones de drenaje. Se analiza la formación y sensibilización comunitaria relacionada con el manejo del drenaje y el impacto en el comportamiento y el compromiso local.</p>	Anual
Monitoreo y Protección de Especies Vulnerables	Diversidad de especies	<p>Refleja la cantidad y variedad de especies presentes en el área protegida, especialmente aquellas catalogadas como vulnerables o en peligro. Incluye el seguimiento de la abundancia y la distribución de especies clave, el análisis de la estructura poblacional y la salud general de los hábitats. Se utilizan censos regulares, cámaras trampa, monitoreo de avistamientos y análisis de hábitats para</p>	Semestral

---

---

		evaluar la diversidad y el estado de las especies.	
Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades	Incidencia de plagas y enfermedades	Mide la frecuencia y la gravedad de plagas y enfermedades que afectan la flora y fauna del área. Incluye la identificación temprana de brotes, la evaluación de la extensión y el impacto de las plagas y enfermedades, y las medidas de control implementadas. Se realiza mediante inspecciones de campo regulares, informes de incidencias y análisis de muestras biológicas para determinar la prevalencia y el impacto en los ecosistemas.	Trimestral

---

**Elaborado por:** Maigua, 2023

## 10.17. Desarrollo de Estrategias de Comunicación y Participación Comunitaria

### 10.17.1. *Estrategias de Comunicación*

La estrategia de comunicación diseñada para el proyecto incluye diversos canales para asegurar la difusión de información a todas las partes interesadas. Los canales como reuniones comunitarias, boletines informativos, redes sociales, radio local, y carteles y folletos garantizan que la información llegue efectivamente a las comunidades locales, autoridades y público en general. Además, la inclusión de programas educativos en escuelas ayudará a sensibilizar a los jóvenes sobre las medidas de adaptación.

**Tabla 10**

*Canales de Comunicación*

---

<b>Canal de Comunicación</b>	<b>Público Objetivo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
Reuniones comunitarias	Comunidades locales	Trimestral	Líderes comunitarios
Boletines informativos	Comunidades y autoridades	Bimensual	Equipo de comunicación
Redes sociales	Público en general	Semanal	Responsable de redes sociales

---

Radio local	Comunidades rurales	Semanal	Estaciones de radio locales
Carteles y folletos	Comunidades locales	Mensual	Equipo de divulgación
Página web del proyecto	Público en general	Actualizaciones mensuales	Equipo técnico

**Elaborado por:** Maigua, 2023

### **10.17.2. Estrategias de Participación Comunitaria**

Los mecanismos de participación comunitaria están diseñados para involucrar activamente a las comunidades locales en la implementación y monitoreo de las medidas de adaptación. Los talleres participativos, grupos focales, encuestas y cuestionarios, comités de gestión comunitaria y jornadas de puertas abiertas proporcionan múltiples plataformas para que las comunidades puedan expresar sus opiniones, sugerencias y preocupaciones, asegurando una colaboración continua y efectiva.

**Tabla 11**

#### *Mecanismos de Participación*

<b>Mecanismo de Participación</b>	<b>Público Objetivo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
Talleres participativos	Comunidades locales	Espacios para discutir y cocrear soluciones	Trimestral	Facilitadores locales
Grupos focales	Representantes comunitarios	Reuniones para profundizar en temas específicos	Bimensual	Moderadores
Encuestas y cuestionarios	Público en general	Herramientas para recoger opiniones y sugerencias	Semestral	Equipo de investigación
Comités de gestión comunitaria	Comunidades locales	Grupos responsables de supervisar la implementación	Mensual	Coordinadores comunitarios

Jornadas de puertas abiertas	Comunidades locales	Eventos para informar y recibir retroalimentación	Semestral	Equipo de comunicación
------------------------------	---------------------	---	-----------	------------------------

**Elaborado por:** Maigua, 2024

### **10.17.3. Evaluación de la Participación Comunitaria**

Los indicadores de participación establecidos permiten un seguimiento riguroso del nivel de involucramiento de las comunidades en el proyecto. Métodos como registros de asistencia, análisis de encuestas y cuestionarios, y encuestas de satisfacción proporcionan datos cuantitativos y cualitativos para evaluar la efectividad de los mecanismos de participación y comunicación. Estos indicadores aseguran que se puedan realizar ajustes oportunos para mejorar la participación y satisfacción de las comunidades a lo largo del proyecto.

**Tabla 12**

*Indicadores de Participación*

<b>Indicador de Participación</b>	<b>Método de Medición</b>	<b>Frecuencia de Medición</b>	<b>Responsable</b>	<b>Descripción</b>
Nivel de asistencia a reuniones comunitarias	Registro de asistencia	Trimestral	Coordinadores comunitarios	Mide la cantidad de personas que asisten a las reuniones comunitarias para evaluar la participación y el interés.
Número de comentarios y sugerencias recibidas	Análisis de encuestas y cuestionarios	Semestral	Equipo de investigación	Evalúa la cantidad de comentarios y sugerencias recibidas a través de encuestas para medir la retroalimentación
Grado de satisfacción de la comunidad	Encuestas de satisfacción	Anual	Equipo de comunicación	Mide el nivel de satisfacción general de la comunidad con respecto a las iniciativas del proyecto.
Implementación de ideas propuestas	Revisión de planes de acción	Trimestral	Facilitadores locales	Verifica cuántas ideas propuestas por la comunidad se han integrado en los planes de acción.

---

por la  
comunidad

Participación activa en comités de gestión	Registro de actividades y reuniones	Mensual	Coordinadores comunitarios	Monitorea la participación activa de miembros de la comunidad en los comités de gestión del proyecto.
--	-------------------------------------	---------	----------------------------	---

---

**Elaborado por:** Maigua, 2024

## **11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, ECONOMICOS)**

### **11.1. Técnicos**

El proyecto de investigación ha desarrollado un enfoque técnico robusto para abordar los riesgos asociados al cambio climático en la Reserva Ecológica los Illinizas. Se han generado mapas de riesgo y vulnerabilidad detallados utilizando datos climáticos y análisis espaciales avanzados, lo que permite una comprensión precisa de las amenazas climáticas. La implementación de medidas de adaptación, como la reforestación, la mejora de la infraestructura de drenaje y el manejo integrado del agua, implica la aplicación de técnicas innovadoras y sostenibles. Estas medidas mejorarán la capacidad de respuesta técnica de la reserva frente a los eventos climáticos extremos y asegurarán la sostenibilidad de los ecosistemas.

### **11.2. Sociales**

El proyecto ha involucrado activamente a las comunidades locales en el desarrollo y la implementación de las medidas de adaptación. La capacitación y el desarrollo de capacidades locales han fortalecido la resiliencia de las comunidades frente a los impactos climáticos. La participación comunitaria en talleres, comités de gestión y actividades de monitoreo ha promovido un sentido de propiedad y responsabilidad, mejorando la cohesión social y el empoderamiento. Además, la sensibilización y educación sobre los riesgos climáticos y las medidas de adaptación han aumentado la conciencia y el conocimiento de los problemas ambientales, fomentando una cultura de sostenibilidad y colaboración.

### **11.3. Ambientales**

Las medidas de adaptación propuestas tendrán un impacto positivo significativo en el medio ambiente de la Reserva Ecológica los Illinizas. La reforestación y restauración de ecosistemas contribuirán a la recuperación de la cobertura vegetal y la biodiversidad, mejorando la capacidad de los ecosistemas para absorber y adaptarse a los cambios climáticos. El manejo

sostenible del agua y la mejora de la infraestructura de drenaje reducirán los riesgos de erosión, inundaciones y sequías, protegiendo los suelos y los recursos hídricos. El monitoreo y protección de especies vulnerables asegurarán la conservación de la biodiversidad, manteniendo el equilibrio ecológico y la salud de los ecosistemas.

#### **11.4. Económicos**

Desde una perspectiva económica, el proyecto de investigación en la Reserva Ecológica Los Illinizas tiene un impacto positivo considerable. Aunque la implementación de medidas como la reforestación y la mejora de la infraestructura de drenaje requieren inversiones iniciales, estas acciones previenen costos mayores asociados con daños por eventos climáticos extremos, como inundaciones y sequías. Invertir en estas infraestructuras sostenibles reduce la necesidad de reparaciones costosas y emergencias. Además, el proyecto genera empleo local a través de actividades de reforestación y mantenimiento, y proporciona capacitación en gestión ambiental, lo que fortalece la economía de las comunidades locales. Las mejoras en servicios ecosistémicos, como el suministro de agua limpia y la regulación del clima, benefician sectores como la agricultura y el turismo, aumentando la resiliencia económica local. El éxito del proyecto también puede atraer inversión adicional y apoyo financiero de donantes, lo que facilita recursos para futuras iniciativas. En resumen, el proyecto no solo protege el medio ambiente, sino que también optimiza los recursos económicos y promueve un desarrollo sostenible.

## **12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **12.1. Conclusiones**

Después de realizar un análisis exhaustivo de las amenazas climáticas que afectan a la Reserva Ecológica los Illinizas, se concluye que la región está significativamente expuesta a diversos fenómenos climáticos adversos, incluyendo sequías, inundaciones, heladas y temperaturas extremas. La utilización de datos climáticos históricos y proyectados, junto con herramientas geoespaciales avanzadas, permitió mapear las áreas más vulnerables de manera precisa. Esta identificación detallada de las amenazas climáticas proporciona una base sólida para la planificación de medidas de adaptación efectivas. La información obtenida es esencial para enfocar los recursos y esfuerzos en las áreas más críticas, asegurando así una gestión más eficiente y dirigida de la reserva.

Luego de evaluar la vulnerabilidad de los distintos ecosistemas dentro de la Reserva Ecológica los Illinizas, se concluye que existen áreas y especies específicas altamente

susceptibles a los cambios climáticos. Mediante el uso de índices de vulnerabilidad ecológica y el análisis del NDVI para los años 2015-2024, se identificaron zonas con pérdida significativa de cobertura vegetal, degradación del suelo y alta presión antropogénica. Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de riesgo para los ecosistemas, combinando la información de amenazas y vulnerabilidad para identificar las áreas con mayor riesgo. Esta evaluación detallada ha sido crucial para priorizar las intervenciones urgentes y adaptativas en las áreas más vulnerables. Los resultados proporcionan una comprensión profunda de los desafíos ecológicos, facilitando la implementación de estrategias de manejo adaptativo y asegurando que los esfuerzos se dirijan a las necesidades más apremiantes de la reserva.

Después de proponer y validar estrategias concretas de adaptación y gestión para reducir los riesgos asociados al cambio climático en la Reserva Ecológica Illinizas, se concluye que las medidas desarrolladas son viables y relevantes para su integración en el Plan de Manejo (PMA). Las estrategias, que incluyen reforestación, manejo integrado del agua, mejora de la infraestructura de drenaje, desarrollo de capacidades locales, monitoreo y protección de especies vulnerables, y manejo integrado de plagas y enfermedades, fueron diseñadas basándose en los mapas de riesgo y vulnerabilidad obtenidos en el objetivo anterior. La validación participativa con las comunidades locales y actores clave asegura la aceptación y sostenibilidad de estas medidas. La incorporación de estas estrategias en el PMA garantiza una respuesta adaptativa robusta frente al cambio climático, promoviendo la resiliencia ecológica y social, y asegurando la sostenibilidad a largo plazo de la reserva.

## **12.2. Recomendaciones**

Se recomienda a las autoridades responsables de la gestión y conservación de la Reserva Ecológica Los Illinizas, como el Ministerio del Ambiente y Agua (MAAE), el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del cantón y la Reserva Ecológica Los Illinizas, así como a las organizaciones de apoyo como las ONGs ambientales y las instituciones académicas colaboradoras, involucrar de manera continua y activa a las comunidades locales en todas las etapas de implementación y monitoreo de las medidas de adaptación y gestión propuestas. La formación de comités de gestión comunitaria y la organización de talleres participativos periódicos asegurarán que las voces y conocimientos locales sean integrados en la toma de decisiones. Además, se recomienda establecer mecanismos de retroalimentación para evaluar y ajustar las estrategias en función de la experiencia y las necesidades locales, garantizando así una adaptación efectiva y sostenible de las medidas en el contexto específico de la reserva.

Se recomienda a los gestores de la Reserva Ecológica Los Illinizas y a las entidades encargadas de la implementación de medidas de adaptación, como el Ministerio del Ambiente y Agua (MAAE) y el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del cantón, establecer un sistema robusto de monitoreo y evaluación. Este sistema debe incluir indicadores claros y métodos de medición regular para garantizar la efectividad y sostenibilidad de las medidas implementadas. Se sugiere la utilización de tecnologías geoespaciales y herramientas de análisis de datos para realizar un seguimiento continuo de los cambios en los ecosistemas y del impacto de las medidas de adaptación. Además, los resultados del monitoreo deben ser compartidos con todas las partes interesadas, incluyendo comunidades locales, autoridades y organizaciones asociadas, para asegurar la transparencia y apoyar una toma de decisiones informada.

Se recomienda a los responsables de la gestión de la Reserva Ecológica Los Illinizas, incluyendo al Ministerio del Ambiente y Agua (MAAE), el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del cantón, y los gestores de la reserva, desarrollar programas continuos de capacitación y educación ambiental. Estos programas deben estar dirigidos tanto a las comunidades locales como a los gestores de la reserva. Los contenidos deben centrarse en aumentar el conocimiento sobre los riesgos asociados al cambio climático, las prácticas de manejo sostenible y la importancia de la conservación de la biodiversidad. La educación ambiental fomentará una mayor concienciación y compromiso con la protección del entorno natural, facilitando la implementación exitosa de las medidas de adaptación propuestas y asegurando la colaboración activa de todas las partes involucradas.

### **13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- Acosta, R. (2008). Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos. En R. Acosta, *Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos* (pág. 63). Brujas. Recuperado el 5 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=g7YIShB-SXsC&pg=PA62&dq=Organismos+pat%C3%B3genos+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjCvdO1s7fqAhXvIOAKHfZOCNIQ6AEwBnoECAgQA#v=onepage&q=Organismos%20pat%C3%B3genos%20en%20aguas%20residuales&f=false>
- Akcin, G., Alp, O., Gulyas, H., & Bust, B. (2 de Febrero de 2013). *Technische Universitat Hamburg*. Recuperado el 29 de Junio de 2020, de Characteristic, analytic and samplig of wastewater: [https://cgi.tu-hamburg.de/~awwwweb/wbt/emwater/documents/lesson\\_a1.pdf](https://cgi.tu-hamburg.de/~awwwweb/wbt/emwater/documents/lesson_a1.pdf)

- Ambarita, M., Lock, K., Boets, P., Everaert, G., Thi, H., Forio, M., . . . Goethals, P. (Marzo de 2016). Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologica*, 57. doi:0.1016/j.limno.2016.01.001
- Antúnez, A., & Guanoquiza, L. (8 de Febrero de 2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. *Revista Visión Contable*(19), 73 - 77. doi:10.24142/rvc.n19a4
- Arana, I., Balarezzo, V., Eraso, H., Pacheco, F., Ramos, C., Muzo, R., & Calva, C. (2016). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. *Cuadernos de Investigación UNED*, 8(1), 69 - 70. Recuperado el 9 de Julio de 2020, de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-42662016000100068&lang=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-42662016000100068&lang=es)
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñan, S., & Gómez, A. (12 de Diciembre de 2005). *ResearchGate*. Recuperado el 5 de Julio de 2020, de Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua:  
[https://www.researchgate.net/publication/316949337\\_Indicadores\\_microbiologicos\\_de\\_contaminacion\\_de\\_las\\_fuentes\\_de\\_agua](https://www.researchgate.net/publication/316949337_Indicadores_microbiologicos_de_contaminacion_de_las_fuentes_de_agua)
- Arteaga, M. (2023). Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/UCE-FIGEMPA-CIA-ARTEAGA%20MARIA.pdf
- Avila, H. F. (2020). Obtenido de <https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalía/article/view/992/997>
- Ballard, S., Porro, J., & Trommsdorff, C. (2019). Hacia una empresa de agua y saneamiento urbano con bajas emisiones de carbono. En S. Ballard, J. Porro, & C. Trommsdorff, *Hacia una empresa de agua y saneamiento urbano con bajas emisiones de carbono* (pág. 28). Recuperado el 4 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=WjKZDwAAQBAJ&pg=PA28&dq=metano+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjNreKqlrXqAhXrQ98KHfgiCKgQ6AEwBHoECAIQAg#v=onepage&q=metano%20en%20aguas%20residuales&f=false>
- Banco Interamericano de desarrollo . (2018). *Proceso Regional de las Américas: Foro mundial del Agua 2018: Informe Regional América Latina y el Caribe*. doi:10.18235/0001028

- Baque, R., Simba, L., González, B., Sautunce, P., Díaz, E., & Cadme, L. (22 de Agosto de 2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(20), 110 - 113. doi:10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp109-117p
- Baquero, G., Lara, J., & Martelo, J. (2016). A simplified method for estimating chemical oxygen demand (COD) fractions. *Water Practice & Technology*, 11(4), 838 - 839. doi:10.2166/wpt.2016.089
- Borderías, M., & Roda, E. (2006). Medio Ambiente Urbano. En M. Borderías, & E. Roda, *Medio Ambiente Urbano* (pág. 408). Madrid. Recuperado el 5 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=WgWUyDgN4iIC&pg=PA408&dq=plantas+y+animales+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjVtfSuo7fqAhWCmOAKHUg-CxwQ6AEwCHoECAkQAg#v=onepage&q=plantas%20y%20animales%20en%20aguas%20residuales&f=false>
- Buitrón, G., Reino, C., & Carrera, J. (7 de Marzo de 2018). *Manual técnico sobre tecnologías biológicas aerobias aplicadas al tratamiento de aguas residuales industriales*. Recuperado el 28 de Julio de 2020, de Artículos y Libros: [http://triton-cyted.com/?page\\_id=432](http://triton-cyted.com/?page_id=432)
- Cabildo, M., Claramunt, R., Cornago, P., Escolástico, C., Esteban, S., Farrán, Á., . . . Sanz, D. (2012). Reciclado y tratamiento de residuos. En M. Cabildo, R. Claramunt, P. Cornago, C. Escolástico, S. Esteban, Á. Farrán, . . . D. Sanz, *Reciclado y tratamiento de residuos* (págs. 31 - 33). Madrid. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de [https://books.google.com.ec/books?id=jXEFxC3GiGQC&pg=PT50&dq=prote%C3%ADnas+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjiv6CLya\\_qAhXymOAKHSrXAgYQ6AEwBnoECAgQA#g#v=onepage&q=prote%C3%ADnas%20en%20aguas%20residuales&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=jXEFxC3GiGQC&pg=PT50&dq=prote%C3%ADnas+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjiv6CLya_qAhXymOAKHSrXAgYQ6AEwBnoECAgQA#g#v=onepage&q=prote%C3%ADnas%20en%20aguas%20residuales&f=false)
- Cabildo, M., Cornago, M., Escolástico, C., Esteban, S., Lopez, C., & Sanz, D. (2004). Bases químicas del medio ambiente. En M. Cabildo, M. Cornago, C. Escolástico, S. Esteban, C. Lopez, & D. Sanz, *Bases químicas del medio ambiente* (pág. 105). Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Recuperado el 4 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=MhFIAgAAQBAJ&pg=PT382&dq=Compuestos+t%C3%B3xicos+inorg%C3%A1nicos+en+aguas+residuales&hl=es->

419&sa=X&ved=2ahUKEwjgroqai7XqAhWDdt8KHZ-  
PC\_UQ6AEwCHoECAkQA#v=onepage&q=Compuestos%20t%C3%B3xicos%20in  
org%C3%A1nicos%20en%20a

- Cárdenas, G., & Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 15(1), 73 - 74. Recuperado el 4 de Julio de 2020, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-71072013000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007)
- Castells, X. (2009). Reciclaje de residuos industriales residuos sólidos urbanos y fangos de deupradora. En X. Castells, *Reciclaje de residuos industriales residuos sólidos urbanos y fangos de deupradora* (pág. 175). Madrid. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de [https://books.google.com.ec/books?id=8yWSZEBQsXgC&pg=PA175&dq=definici%C3%B3n+s%C3%B3lidos+suspendidos+vol%C3%A1tiles&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj\\_2uuq\\_6rqAhUkU98KHbmfBp04ChDoATAAegQIABAC#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20s%C3%B3lidos%20suspendidos%20vol%C3%A1](https://books.google.com.ec/books?id=8yWSZEBQsXgC&pg=PA175&dq=definici%C3%B3n+s%C3%B3lidos+suspendidos+vol%C3%A1tiles&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj_2uuq_6rqAhUkU98KHbmfBp04ChDoATAAegQIABAC#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20s%C3%B3lidos%20suspendidos%20vol%C3%A1)
- Castillo, G. (2004). Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. En G. Castillo, *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas* (pág. 18). México. Recuperado el 5 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=GD7-N3154OIC&pg=PA18&dq=ensayos+de+toxicidad+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiChoir6rfqAhUqZN8KHb9YAYoQ6AEwAXoECAEQAg#v=onepage&q=ensayos%20de%20toxicidad%20en%20aguas%20residuales&f=false>
- Cedeño, H. (Febrero de 2020). Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 5(2), 583 - 584. doi:10.23857/pc.v5i2.1299
- CEPAL. (2019). *CEPAL*. Recuperado el 2023, de <https://www.cepal.org/es/temas/cambio-climatico/acerca-cambio-climatico>
- Chacón, M. (2016). Análisis físico y químico de la calidad del agua. En M. Chacón, *Análisis físico y químico de la calidad del agua* (pág. 70). Colombia. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de

[https://books.google.com.ec/books?id=0hJ\\_DwAAQBAJ&pg=PT41&dq=transmitancia+del+agua&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjZhKXSqa\\_qAhWviOAKHeycAKkQ6AEwA3oECAQQAg#v=onepage&q=transmitancia%20del%20agua&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=0hJ_DwAAQBAJ&pg=PT41&dq=transmitancia+del+agua&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjZhKXSqa_qAhWviOAKHeycAKkQ6AEwA3oECAQQAg#v=onepage&q=transmitancia%20del%20agua&f=false)

- Chu, K., Van, H., & Van Loosdrecht, M. (2003). Respirometric measurement of kinetic parameters: effect of activated sludge floc size. *Water Science and Technology*, 48(8), 61 - 67. doi:10.2166/wst.2003.0453
- COA. (2018). *Código Orgánico del Ambiente*. Recuperado el 27 de Junio de 2020, de [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf?fbclid=IwAR0uabl\\_YAKKdHmPufuL3\\_\\_84PbeztCcOsgmbu1r7NbM5jmrALFEduBYw6s](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf?fbclid=IwAR0uabl_YAKKdHmPufuL3__84PbeztCcOsgmbu1r7NbM5jmrALFEduBYw6s)
- Drewnowski, J., Szeląg, B., Xie, L., Lu, X., Ganesapillai, M., Kanti, C., . . . Łagód, G. (Febrero de 2020). The Influence of COD Fraction Forms and Molecules Size on Hydrolysis Process Developed by Comparative OUR Studies in Activated Sludge Modelling. *Molecules*, 25(4), 1 - 3. doi:10.3390/molecules25040929
- Duque, P., Heras, C., Lojano, D., & Viloría, T. (2018). Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(8), 89. Recuperado el 11 de Julio de 2020, de <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/738/667>
- Duque, P., Heras, C., Lojano, D., & Viloría, T. (2018). Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(28), 89. doi:10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp88-96p
- El Telégrafo. (23 de Marzo de 2019). Aguas servidas, mayor problema de Latacunga. *Diario El Telégrafo*. Recuperado el 10 de Julio de 2020, de <https://www.eltelgrafo.com.ec/noticias/regional-centro/1/aguas-servidas-problema-latacunga>
- Elbers, J. (2019). *UICN*. Obtenido de <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2011-019.pdf>

- Espinosa, M., & Fall, C. (2015). Optimización de la producción de lodos en un sistema de lodos activados a través de la calibración del modelo ASM1. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 16(1), 94. Recuperado el 3 de Agosto de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432015000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432015000100009)
- Fall, C., Cuenca, F., Ba, K., & Solís, C. (20 de Diciembre de 2005). Respirometry based evaluation of the fate and possible effects of antifreeze on activated sludge. *Journal of Environmental Management*, 80(1), 83 - 89. doi:10.1016/j.jenvman.2005.08.015
- Fall, C., Flores, N. A., Espinoza, M. A., Vazquez, G., Loaiza, J., Van Loosdrecht, M. C., & Hooijmans, C. M. (2011). Divergence between respirometry and physicochemical methods in the fractionation of the chemical oxygen demand in municipal wastewater. *Water Environment Research*, 83(2), 162 - 171. doi:10.2175/106143010x12780288627931
- Fernández, E., & García, M. (2009). Gestión de la recarga artificial de acuíferos (M.A.R). En E. Fernández, & M. García, *Gestión de la recarga artificial de acuíferos (M.A.R)* (pág. 131). Madrid: Grafinat - Método Gráfico. Recuperado el 4 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=1e6WBAAAQBAJ&pg=PA131&dq=alcalinidad+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjt6MKw5rTqAhUxn-AKHxfyA5QQ6AEwCHoECAgQA#v=onepage&q=alcalinidad%20en%20aguas%20residuales&f=false>
- Fernández, J. L. (2012). Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-ElCambioClimatico-4817473.pdf
- Franquet, J. (2010). Agua que no has de beber 60 respuestas al Plan Hidrológico Nacional. En J. Franquet, *Agua que no has de beber 60 respuestas al Plan Hidrológico Nacional* (pág. 23). Recuperado el 2 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=8iBnHmzsvfgC&pg=PA23&dq=Pesticidas+y+productos+qu%C3%ADmicos+de+uso+agr%C3%ADcola+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi0yPaTjbdQAhVtj3IEHZp-Ca4Q6AEwAXoECAUQA#v=onepage&q=Pesticidas%20y%20productos%20qu%C3%AD>
- Galvín, R. (2000). Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos Tratamiento y control de calidad de aguas. En R. Galvín, *Físicoquímica y microbiología de los*

*medios acuáticos Tratamiento y control de calidad de aguas* (págs. 96, 99, 112). Díaz de Santos. Recuperado el 5 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=jmzWDwAAQBAJ&pg=PA112&dq=hongos+en+las+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwIatYu8lbfqAhWITt8KHairB6IQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q=hongos%20en%20las%20aguas%20residuales&f=false>

- Gernaey, K., Van Loosdrecht, M., Henze, M., Lind, M., & Jorgensen, S. (Septiembre de 2004). Activated sludge wastewater treatment plant modelling and simulation: state of the art. *Environmental Modelling and Software*, 19(9), 766 - 769. doi:10.1016/j.envsoft.2003.03.005
- Gil, M., Soto, A., Usma, J., & Gutiérrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción mas limpia*, 7(2), 53 - 54. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Gonzaga, S., Castro, N., & López, G. (Enero de 2017). El abasto de agua potable y la salud comunitaria: Machala, Ecuador Estudio de Caso. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(1), 220 - 222. Recuperado el 10 de Mayo de 2020, de El abasto de agua potable y la salud comunitaria: Machala, Ecuador Estudio de Caso: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202017000100031](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100031)
- Guanquiza, L., Capdet, K., & Borges, M. (Abril de 2019). Enfoque bioético en la gestión de las políticas ambientales para la conservación del Río Cutuchi, Cotopaxi, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(1), 146 - 150. Recuperado el 22 de Junio de 2020, de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/259/284>
- Guerrero, N., Díaz, M., Urdanigo, J., Tayhing, C., Guerrero, R., & Yépez, Á. (8 de Enero de 2017). Uso del suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca El Sepanal, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 5(2), 2 - 9. Recuperado el 18 de Junio de 2020, de <http://www.rccb.uh.cu/index.php/RCCB/article/view/156/265>
- Gutiérrez, C., & Moreno, J. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(3), 97. Recuperado el 10 de Julio de 2020, de <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v39n3/1680-0338-riha-39-03-97.pdf>

- Guyer, P. (2019). Una introducción al tratamiento de aguas residuales Municipales. En P. Guyer, *Una introducción al tratamiento de aguas residuales Municipales* (págs. 8 - 9). California: The Clubhouse Press. Recuperado el 25 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=osC3DwAAQBAJ&pg=PA7&dq=pretratamiento+de+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwuj84GH8-nqAhXIY98KHVDgAj8Q6AEwBHoECAEQAg#v=onepage&q=pretratamiento%20de%20aguas%20residuales&f=false>
- Henze, M., Gujer, W., Mino, T., & Van Loosdrecht, M. (2000). Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3. En M. Henze, W. Gujer, T. Mino, & M. Van Loosdrecht, *Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3*. IWA Publishing. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <https://iwaponline.com/ebooks/book/96/Activated-Sludge-Models-ASM1-ASM2-ASM2d-and-ASM3>
- Hernández, F., Margni, M., Noyola, A., Guereca, L., & Bulle, C. (12 de Noviembre de 2016). Assessing wastewater treatment in Latin America and the Caribbean: Enhancing life cycle assessment interpretation by regionalization and impact assessment sensibility. *Journal of Cleaner Production*, 2141. doi:10.1016/j.jclepro.2016.11.068
- Hernández, T. B. (2018). Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-TecnicasConversacionalesParaLaRecogidaDeDatosEnInv-7763141.pdf
- Hill, J., & Kolb, D. (1970). Química para el nuevo milenio. En J. Hill, & D. Kolb, *Química para el nuevo milenio* (pág. 333). México: Prentice Hall Hispanoamerica, S.A. Recuperado el 5 de Julio de 2020, de [https://books.google.com.ec/books?id=ZM-qMxtLABUC&pg=PA333&dq=Bacterias+en+las+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiy5Obh\\_bbqAhWImuAKHbgeCPI4FBDoATAAegQIABAC#v=onepage&q=Bacterias%20en%20las%20aguas%20residuales&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=ZM-qMxtLABUC&pg=PA333&dq=Bacterias+en+las+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiy5Obh_bbqAhWImuAKHbgeCPI4FBDoATAAegQIABAC#v=onepage&q=Bacterias%20en%20las%20aguas%20residuales&f=false)
- Hulsbeek, J. J., Kruit, J., Roeleveld, P., & Van Loosdrecht, M. (2002). A practical protocol for dynamic modelling of activated sludge systems. *Water Science and Technology*, 45(6), 127 - 136. doi:10.2166/wst.2002.0100
- Ignatowicz, K. (11 de Diciembre de 2019). Analysis of COD Fractions in Raw Wastewater Flowing into Small and Large Wastewater Treatment Plants. *Journal of Ecological Engineering*, 20, 197. doi:10.12911/22998993/114092

- INEC. (2012). *Proyecciones y estudios demográficos*. Recuperado el 16 de Julio de 2020, de Sistema Nacional de Información: <https://sni.gob.ec/proyecciones-y-estudios-demograficos>
- Ingraham, J., & Ingraham, C. (1978). Introducción a la microbiología. En J. Ingraham, & C. Ingraham, *Introducción a la microbiología* (pág. 721). Reverté, S.A. Recuperado el 4 de Julio de 2020, de [https://books.google.com.ec/books?id=dUEZSXaz2UC&pg=PA721&dq=Sulfuro+de+hidr%C3%B3geno+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi64L3Ak7XqAhXxc98KHW\\_GDooQ6AEwAXoECAMQAg#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=dUEZSXaz2UC&pg=PA721&dq=Sulfuro+de+hidr%C3%B3geno+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi64L3Ak7XqAhXxc98KHW_GDooQ6AEwAXoECAMQAg#v=onepage&q&f=false)
- IPCC. (2022). *IPCC\_AR6\_WGII\_TechnicalSummary*. Obtenido de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_TechnicalSummary.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/IPCC_AR6_WGII_TechnicalSummary.pdf)
- Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México causas, efectos y tecnología apropiada. En B. Jiménez, *La contaminación ambiental en México causas, efectos y tecnología apropiada* (págs. 65 - 136). México: Limusa. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de [https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA136&dq=Grasas,+grasas+animales+y+aceites+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjEvcDq96\\_qAhXtguAKHSYwDRwQ6AEwAXoECAYQAg#v=onepage&q=Grasas%20grasas%20animales%20y%20aceites%20en%20aguas%20r](https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA136&dq=Grasas,+grasas+animales+y+aceites+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjEvcDq96_qAhXtguAKHSYwDRwQ6AEwAXoECAYQAg#v=onepage&q=Grasas%20grasas%20animales%20y%20aceites%20en%20aguas%20r)
- La Hora. (29 de Octubre de 2016). Ecuador: 88% de las aguas residuales llega a los ríos. *La Hora*. Recuperado el 14 de Julio de 2020, de [https://lahora.com.ec/noticia/1101997377/ecuador-88\\_-de-las-aguas-residuales-llega-a-los-ros-](https://lahora.com.ec/noticia/1101997377/ecuador-88_-de-las-aguas-residuales-llega-a-los-ros-)
- La Hora. (26 de Febrero de 2019). El río Cutuchi en estado crítico. *La Hora*. Recuperado el 10 de Julio de 2020, de <https://lahora.com.ec/cotopaxi/noticia/1102225150/el-rio-cutuchi-en-estado-critico>
- Larriva, J., Arévalo, M., Gonzáles, O., Padrón, J., & Pauta, G. (Octubre de 2018). *Cinética de la remoción de DQO en humedales construidos de flujo sub - superficial horizontal aplicando el fraccionamiento de la materia orgánica*. Recuperado el 16 de Julio de 2020, de Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación

- y Posgrados: [https://www.researchgate.net/profile/Emilio\\_Salao-Sterckx/publication/328772795\\_Memoria\\_de\\_V\\_Congreso\\_REDU\\_realizado\\_en\\_la\\_Universidad\\_de\\_Cuenca\\_2017/links/5be35db2a6fdcc3a8dc64ea6/Memoria-de-V-Congreso-REDU-realizado-en-la-Universidad-de-Cuenca-2017.pdf#](https://www.researchgate.net/profile/Emilio_Salao-Sterckx/publication/328772795_Memoria_de_V_Congreso_REDU_realizado_en_la_Universidad_de_Cuenca_2017/links/5be35db2a6fdcc3a8dc64ea6/Memoria-de-V-Congreso-REDU-realizado-en-la-Universidad-de-Cuenca-2017.pdf#)
- Lazcano, C. (2016). Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales. En C. Lazcano, *Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales* (págs. 261 - 263). Bogotá: Ecoc Ediciones Ltda. Recuperado el 24 de Junio de 2020, de [https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/122526?fs\\_q=clasificaci%C3%B3n%20de%20las%20aguas%20residuales&fs\\_edition\\_year=2020;2019;2018;2017;2016;2015;2014;2013;2012;2011;2010&prev=fs](https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/122526?fs_q=clasificaci%C3%B3n%20de%20las%20aguas%20residuales&fs_edition_year=2020;2019;2018;2017;2016;2015;2014;2013;2012;2011;2010&prev=fs)
- Ley orgánica de recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua. (2014). *Ley orgánica de recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua*. Recuperado el 27 de Junio de 2020, de <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- Llerena, P. (Julio de 2016). Comportamiento iónico pluvial en la Cuenca del Cutuchi durante invierno y verano 2013. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(6), 45 - 51. doi:10.29166/revfig.v1i1.45
- Loaiza, J., & Fall, C. (2010). Modelación del proceso de lodos activados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Noreste, Apodaca, N.L. *Ciencia - UANL*, 13(1), 46 - 54. Recuperado el 6 de Agosto de 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3110982>
- López, C., Buitrón, G., García, H., & Cervantes, F. (2017). Tratamiento biológico de aguas residuales principios modelación y diseño. En C. López, G. Buitrón, H. García, & F. Cervantes, *Tratamiento biológico de aguas residuales principios modelación y diseño* (págs. 57 - 60). IWA Publishing. Recuperado el 3 de Agosto de 2020, de [https://watermark.silverchair.com/wio9781780409146.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kkhW\\_Ercy7Dm3ZL\\_9Cf3qfKAc485ysgAAAIUwggJRBgkqhkiG9w0BBwaggJCMiICPgIBADCCAjcGCSqGSIb3DQEHATAeBglghkgBZQMEAS4wEQQMkb1-bO7POGk4K2WYAgEQgIICCMANWu761FJE53IaJbvO9qM3Ndz00WT6xPOSu](https://watermark.silverchair.com/wio9781780409146.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kkhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAIUwggJRBgkqhkiG9w0BBwaggJCMiICPgIBADCCAjcGCSqGSIb3DQEHATAeBglghkgBZQMEAS4wEQQMkb1-bO7POGk4K2WYAgEQgIICCMANWu761FJE53IaJbvO9qM3Ndz00WT6xPOSu)
- Lopez, M. (2017). Tratamiento de residuos urbanos o municipales. En M. Lopez, *Tratamiento de residuos urbanos o municipales* (pág. 85). Madrid: Editorial CEP S.L. Recuperado el 25 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=h8U->

DwAAQBAJ&pg=PA85&dq=tratamiento++terciario+de+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi5n-6HjOrqAhVhRN8KHSWFCmsQ6AEwBHoECAYQAg#v=onepage&q=tratamiento%20%20terciario%20de%20aguas%20residuales&f=false

López, S., & Calderón, S. (2017). Depuración de aguas residuales - UF1666. En S. López, & S. Calderón, *Depuración de aguas residuales - UF1666* (págs. 15 - 25). España:

Elearning S.L. Recuperado el 26 de Junio de 2020, de

<https://books.google.com.ec/books?id=9cJWDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi07bC5sqDqAhWrY98KHbRODkkQ6AEwA3oECAMQAg#v=onepage&q=aguas%20residuales&f=false>

Luna, V. (2006). Atlas de ciliados y otros microorganismos frecuentes en sistemas de tratamiento aerobio de aguas residuales. En V. Luna, *Atlas de ciliados y otros microorganismos frecuentes en sistemas de tratamiento aerobio de aguas residuales* (págs. 21 - 23). México. Recuperado el 5 de Julio de 2020, de

<https://books.google.com.ec/books?id=zqpbBITrwrMC&pg=PA9&dq=Microorganismos+en+las+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjiiYWk6rbqAhVhUt8KHQuyCM8Q6AEwB3oEACAcQAg#v=onepage&q=Microorganismos%20en%20las%20aguas%20residuales&f=false>

M.I, N., & H.S, S. (2009). Analysis of the activated sludge model (number 1). *Applied Mathematics Letters*, 22(5), 629 - 630. doi:10.1016/j.aml.2008.05.003

Marín, R. (2003). Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas. En R. Marín, *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas* (págs. 11 - 13). Madrid. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de

[https://books.google.com.ec/books?id=k8blixwJzYUC&pg=PA11&dq=turbidez&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi\\_0\\_Kl2a3qAhWrmeAKHcfGAUQQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q=turbidez&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=k8blixwJzYUC&pg=PA11&dq=turbidez&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi_0_Kl2a3qAhWrmeAKHcfGAUQQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q=turbidez&f=false)

Mayorga, E., & Carrera, D. (2015). *ResearchGate*. Recuperado el 23 de Junio de 2020, de Diseño de reactores biológicos para tratamiento de aguas de canales de riego:

- [https://www.researchgate.net/publication/316668805\\_DISENO\\_DE\\_REACTORES\\_BIOLOGICOS\\_PARA\\_TRATAMIENTO\\_DE\\_AGUAS\\_DE\\_CANALES\\_DE\\_RIEGO](https://www.researchgate.net/publication/316668805_DISENO_DE_REACTORES_BIOLOGICOS_PARA_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_DE_CANALES_DE_RIEGO)
- MDA. (2019).
- Metcalf, & Eddy, I. (1998). Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización. En Metcalf, & I. Eddy, *Ingeiería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización* (pág. 53). España. Recuperado el 29 de Junio de 2020, de [https://drive.google.com/file/d/1I9e5HmrfWHSDikbVawmEDhNSeHCmu544/view?fbclid=IwAR3KWtHNO0HIHG\\_JpBCH871Cd6vcuDI94W-WTodvdr\\_mVPMH\\_EzMRLkReGQ](https://drive.google.com/file/d/1I9e5HmrfWHSDikbVawmEDhNSeHCmu544/view?fbclid=IwAR3KWtHNO0HIHG_JpBCH871Cd6vcuDI94W-WTodvdr_mVPMH_EzMRLkReGQ)
- Ministerio del Ambiente. (2019). *PRIMERA CONTRIBUCIÓN DETERMINADA A NIVEL NACIONAL PARA*. Obtenido de <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Primera%20NDC%20Ecuador.pdf>
- Morales, F. (2010).
- Muñoz, A., & Padilla, O. (2018). *ISAGEN*. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de Control ambiental: El control de COV en procesos industriales: <https://www.isagen.com.co/SitioWeb/delegate/documentos/publicaciones-tecnicas/2018/boletin-enero.pdf>
- Muñoz, V., & Álvarez, J. (2018). Bases de la Ingeniería Ambiental. En V. Muñoz, & J. Álvarez, *Bases de la Ingeniería Ambiental*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia Madrid. Recuperado el 26 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=9ruGDwAAQBAJ&pg=PT320&dq=procesos+aerobios+en+el+tratamiento+biol%C3%B3gico+de+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjAibX4wezqAhVNT98KHd3IBLsQ6AEwBHoECAUQA#g#v=onepage&q=procesos%20aerobios%20en%20el%20tratamiento>
- Myszograj, S., Pluciennik, E., Jakubaszek, A., & Swietek, A. (2017). COD Fractions - Methods of Measurement and use in Wasterwater Treatment Technology. *Civil and Environmental Engineering Reports*, 196 - 197. doi:10.1515/ceer-2017-0014
- Myszograj, S., Pluciennik, E., Jakubaszek, A., & Swietek, A. (17 de Mayo de 2017). COD Fractions - Methods of measurement and use in wastewater treatment technology. *Civil and environmental engineering reports*, 1. doi:10.1515/ceer-2017-0014

- Nemerow, N. (1998). Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. En N. Nemerow, *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos* (pág. 157). Díaz de Santos. Recuperado el 5 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=KDmjTWMEuaoC&pg=PA157&dq=algas+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjlhO-gmrfqAhVimuAKHRnXBiQQ6AEwAXoECAQQAg#v=onepage&q=algas%20en%20aguas%20residuales&f=false>
- Noboa, S. (2019). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13064/1/UPS%20-%20ST002304.pdf>
- Noyola, A., Morgan, J., & Guereca, L. (1 de Mayo de 2015). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. Recuperado el 24 de Julio de 2020, de Pronatura: [http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia\\_Aguas\\_Residuales.pdf](http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf)
- ONU. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017*. Recuperado el 29 de Junio de 2020, de Aguas Residuales: El recurso desaprovechado: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>
- Orhon, D., & Artan, N. (1994). Modelling of Activated Sludge Systems. En D. Orhon, & N. Artan, *Modelling of Activated Sludge Systems* (págs. 18, 265). Technomic. Recuperado el 8 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=IFkeOoNy9uwC&oi=fnd&pg=PR11&dq=Orhon+et+al.,+1997&ots=6Mvt0J3VBL&sig=yIqIggqW9HEddPLBaNV8SepMOXnc>
- Orhon, D., & Cokgor, E. (27 de Octubre de 2017). COD Fractionation in Wastewater Characterization - The State of the Art. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 284 - 286. Recuperado el 8 de Julio de 2020, de [https://www.researchgate.net/publication/230057523\\_COD\\_Fractionation\\_in\\_Wastewater\\_Characterization-The\\_State\\_of\\_the\\_Art#:~:text=COD%20fractionation%20involves%20identification%20of,biodegradable%20and%20slowly%20biodegradable%20fractions.](https://www.researchgate.net/publication/230057523_COD_Fractionation_in_Wastewater_Characterization-The_State_of_the_Art#:~:text=COD%20fractionation%20involves%20identification%20of,biodegradable%20and%20slowly%20biodegradable%20fractions.)
- Orhon, D., Babuna, F., & Karaham, O. (2009). Industrial Wastewater treatment by Activated Sludge. En D. Orhon, F. Babuna, & O. Karaham, *Industrial Wastewater treatment by Activated Sludge* (págs. 46 - 49). IWA Publishing. Recuperado el 25 de Julio de 2020, de

<https://books.google.com.ec/books?id=epC4uhBN8xUC&pg=PA48&dq=Rapidly+Hydrolyzable+COD&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiq-qbZvuTqAhXwmOAKHSvvDtUQ6AEwAnoECAMQA#v=onepage&q=Rapidly%20Hydrolyzable%20COD&f=false>

- Orozco, Á. (2005). Bioingeniería de aguas residuales. En Á. Orozco, *Bioingeniería de aguas residuales* (págs. 14 - 31). Bogotá. Recuperado el 4 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=t5w5EZf1VhMC&pg=PA31&dq=azufre+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjYyYHKiLXqAhWmiOAKHYRtDtMQ6AEwAXoECAYQA#v=onepage&q=azufre%20en%20aguas%20residuales&f=false>
- Pastor, L. (2006). Investigations on the Recovery of Phosphorus from Wastewater by Crystallization. En L. Pastor, *Investigations on the Recovery of Phosphorus from Wastewater by Crystallization* (pág. 1). Florida. Recuperado el 4 de Julio de 2020, de [https://books.google.com.ec/books?id=V3LMt2r\\_R7QC&pg=PA1&dq=f%C3%B3sforo+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjLh9i3gLXqAhUunOAKHUA0BGgQ6AEwCXoECAkQA#v=onepage&q=f%C3%B3sforo%20en%20aguas%20residuales&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=V3LMt2r_R7QC&pg=PA1&dq=f%C3%B3sforo+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjLh9i3gLXqAhUunOAKHUA0BGgQ6AEwCXoECAkQA#v=onepage&q=f%C3%B3sforo%20en%20aguas%20residuales&f=false)
- Pereira, Z. (2011). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194118804003.pdf>
- Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., Ramírez, N., Ramírez, L., Bravo, K., . . . Zambrano, J. (2018). Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 90. Recuperado el 9 de Julio de 2020, de [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422018000200089&lang=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000200089&lang=es)
- Pluciennik, E., & Myszograj, S. (17 de Julio de 2019). New Approach in COD Fractionation Methods. *Water*, 1. doi:10.3390/w11071484
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica del oxígeno. *Industrial Data Revista de Investigación*, 17(1), 75. Recuperado el 29 de Junio de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Ramallo, R. (1996). Tratamiento de aguas residuales. En R. Ramallo, *Tratamiento de aguas residuales* (págs. 76 - 222). España: Reverté, S.A. Recuperado el 2 de Julio de 2020,

de

[https://books.google.com.ec/books?id=30etGjzPXyWC&pg=PA76&dq=densidad+del+agua+residual&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjm4KSfkq\\_qAhVShuAKHZdwCxcQ6AEwAHoECAIQA#v=onepage&q=densidad%20del%20agua%20residual&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=30etGjzPXyWC&pg=PA76&dq=densidad+del+agua+residual&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjm4KSfkq_qAhVShuAKHZdwCxcQ6AEwAHoECAIQA#v=onepage&q=densidad%20del%20agua%20residual&f=false)

Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2002). El agua en el Medio Ambiente muestreo y análisis. En R. Ramos, R. Sepúlveda, & F. Villalobos, *El agua en el Medio Ambiente muestreo y análisis* (págs. 69 - 71). México. Recuperado el 29 de Junio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=b8l-xhcHPEYC&pg=PA69&dq=par%C3%A1metros+f%C3%ADsicos+de+las+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjxqdS9tKjqAhXEI-AKHWJ3CXQQ6AEwAXoECAkQA#v=onepage&q=par%C3%A1metros%20f%C3%ADsicos%20de%20las%20aguas%20residuales>

Rigola, M. (1990). Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales . En M. Rigola, *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales* (pág. 27). España . Recuperado el 29 de Junio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA27&dq=par%C3%A1metros+f%C3%ADsicos+de+las+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjxqdS9tKjqAhXEI-AKHWJ3CXQQ6AEwAnoECAMQA#v=onepage&q=par%C3%A1metros%20f%C3%ADsicos%20de%20las%20aguas%20residuales>

Rodríguez, J., García, C., & Pinzón, J. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Tecnura*, 19(46), 150.  
doi:10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a03

Roeleveld, P., & Van Loosdrecht, M. (2002). Experience with guidelines for wastewater characterisation in The Netherlands. *Water Science and Technology*, 45(6), 78 - 84.  
doi:10.2166/wst.2002.0095

Rojas, I. (2019). <https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf>.

Rojas, L. (2022). Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/29580/1/UCF-FCB-CB-ROJAS%20LILIANA.pdf>

- Rojas, M. (2015). Tipos de investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista electrónica de Veterinaria*, 16(1), 5. Recuperado el 16 de Julio de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63638739004.pdf>
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. En G. Roldán, *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia* (pág. 1). Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de [https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&pg=PA1&dq=temperatura+en+el+agua&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiA\\_IDRj6\\_qAhWumOAKHTB9AFAQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=temperatura%20en%20el%20agua&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&pg=PA1&dq=temperatura+en+el+agua&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiA_IDRj6_qAhWumOAKHTB9AFAQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=temperatura%20en%20el%20agua&f=false)
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. En G. Roldán, & J. Ramírez, *Fundamentos de limnología neotropical* (pág. 157). Colombia. Recuperado el 1 de Julio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=FA5Jr7pXF1UC&pg=PA157&dq=s%C3%B3lidos+sedimentables&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj4Z2DgavqAhWrmOAKHUw8CE0Q6AEwAnoECAMQAg#v=onepage&q=s%C3%B3lidos%20sedimentables&f=false>
- Sainz, J. (2005). Tecnologías para la sostenibilidad Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de Aguas Residuales. En J. Sainz, *Tecnologías para la sostenibilidad Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de Aguas Residuales* (pág. 39). Madrid. Recuperado el 30 de Junio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=r9aK7UttDU8C&pg=PA38&dq=definici%C3%B3n+s%C3%B3lidos+vol%C3%A1tiles&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjH1YiSkarqAhVITt8KHTTPCZkQ6AEwAnoECAQQAg#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20s%C3%B3lidos%20vol%C3%A1tiles&f=false>
- Sánchez, A. (2011). Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable. En A. Sánchez, *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable* (pág. 269). México. Recuperado el 30 de Junio de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=L8v8CRDFm-oC&pg=PA269&dq=definici%C3%B3n+s%C3%B3lidos+suspendidos&hl=es->

419&sa=X&ved=2ahUKEwjZztiG26rqAhUtc98KHyrCCR8Q6AEwAnoECAIQAg#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20s%C3%B3lidos%20suspendidos&f=false

Sánchez, J. (2017). Sanearamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México. *Sociedad y Ambiente*(14), 121 - 122.  
doi:10.17163/lgr.n27.2018.08

Sánchez, J., Ribes, J., Ferrer, J., & García, F. (2017). Obtención de los principales parámetros del agua residual urbana empleados en los modelos matemáticos de fangos activados a partir de una caracterización analítica simple. *Ingeniería y Región*(17), 33 - 35.  
Recuperado el 27 de Julio de 2020, de  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6662298>

Sánchez, S., Pérez, L., Córdova, M., & Cabrera, D. (Marzo de 9 de 2020). Heavy metal contamination in the Cotopaxi and Tungurahua rivers: a health risk. *Environmental Earth Sciences*, 79(144), 2 - 12. doi:10.1007/s12665-020-8869-9

Sans, R., & Ribas, J. (1989). Ingeniería ambiental: Contaminación y tratamientos. En R. Sans, & J. Ribas, *Sans, Ramón; Ribas, Joan* (pág. 77). Marcombo, S.A. Recuperado el 4 de Julio de 2020, de  
<https://books.google.com.ec/books?id=kump1OJs6T0C&pg=PA77&dq=ph+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwji9Jvc27TqAhVJhOAKHfssDJsQ6AEwAnoECAEQAg#v=onepage&q=ph%20en%20aguas%20residuales&f=false>

Spérandio, M., & Etienne, P. (2000). Estimation of wastewater biodegradable COD fractions by combining respirometric experiments in various So/Xo ratios. *Water Research*, 34(4), 1233 - 1234. Recuperado el 29 de Julio de 2020, de  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135499002419>

Stachetti, G., Aelita, M., Martínez, N., & Cantou, G. (2007). Manual de Evaluación de Impacto ambiental de actividades rurales. En G. Stachetti, M. Aelita, N. Martínez, & G. Cantou, *Manual de Evaluación de Impacto ambiental de actividades rurales* (pág. 79). Recuperado el 30 de Junio de 2020, de  
<https://books.google.com.ec/books?id=lnnqaK9UCZAC&pg=PA79&dq=definici%C3%B3n+de+s%C3%B3lidos+totales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiq-7PbjarqAhXGTN8KHWFdDTIQ6AEwAXoECAUQA#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20de%20s%C3%B3lidos%20totales&f=false>

- Szaja, A., Aguilar, J., & Lagód, G. (2015). Estimation of Chemical Oxygen Demand Fractions of Municipal Wastewater by Respirometric Method – Case Study. *Middle Pomeranian Scientific Society of the Environment Protection*(17), 289 - 299. Recuperado el 3 de Agosto de 2020, de <https://pdfs.semanticscholar.org/eb0e/30c74102c06257aa7c5b4a317dc1e9a1222e.pdf>
- Tchobanoglous, G., & Schroeder, E. (1985). Water quality: Characteristics, modeling, modification. En G. Tchobanoglous, & E. Schroeder, *Water quality: Characteristics, modeling, modification*. Obtenido de <https://www.osti.gov/biblio/5887635>
- Terneus, E., & Yáñez, P. (1 de Marzo de 2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 38 - 39. doi:10.17163/lgr.n27.2018.03
- Torske, M. (2019). *La realidad de las aguas servidas en Ecuador*. Recuperado el 14 de Julio de 2020, de Yakunina: <http://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/>
- Toulkeridis, T. (2020). CAMBIO CLIMÁTICO SEGÚN LOS ACADÉMICOS ECUATORIANOS. *La Granja*, 25 .
- Trapote, A. (2017). Depuración y regeneración de aguas residuales urbanas. En A. Trapote, *Depuración y regeneración de aguas residuales urbanas* (pág. 19). Recuperado el 24 de Junio de 2020, de [https://www.e-buc.com/portades/9788497172646\\_Fragment.pdf](https://www.e-buc.com/portades/9788497172646_Fragment.pdf)
- Universidad Técnica de Cotopaxi. (2020). Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- Van Loosdrecht, M. C., Lopez, C. M., Meijer, S. C., Hooijmans, C. M., & Brdjanovic, D. (2015). Twenty-five years of ASM1: past, present and future of wastewater treatment modelling. *Journal of Hydroinformatics*, 17(5), 697 - 703. doi:10.2166/hydro.2015.006
- Vargas, J., Benitez, D., & Torres, A. (2012). Tipificación de fincas ganaderas en el piedemonte tropical de las provincias Cotopaxi y Los Ríos, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 1(1), 4 - 9. Recuperado el 19 de Junio de 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5240743>
- Vázquez, G., Ortega, R., & Esparza, M. (2013). Fraccionamiento de DQO del agua residual de Toluca por el protocolo STOWA. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4(2), 22 - 33.

- Recuperado el 29 de Julio de 2020, de  
<https://www.redalyc.org/pdf/3535/353531982002.pdf>
- Velasco, G., Moncayo, J., & Chuquer, D. (2019). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. *InfoAnalítica*, 7(1), 29. doi:10.26807/ia.v7i1.93
- Villaseñor, J. (1998). Eliminación biológica de fósforo en aguas residuales urbanas . En J. Villaseñor, *Eliminación biológica de fósforo en aguas residuales urbanas* (pág. 8). Universidad de Castilla - La Mancha. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de  
[https://books.google.com.ec/books?id=8Vlu05kqFEgC&pg=PA11&dq=materia+org%C3%A1nica+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjtyMvcxa\\_qAhVtUd8KHV5ED4UQ6AEwAXoECAQQA#g#v=onepage&q=materia%20org%C3%A1nica%20en%20aguas%20residuales&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=8Vlu05kqFEgC&pg=PA11&dq=materia+org%C3%A1nica+en+aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjtyMvcxa_qAhVtUd8KHV5ED4UQ6AEwAXoECAQQA#g#v=onepage&q=materia%20org%C3%A1nica%20en%20aguas%20residuales&f=false)
- Villegas, L., & Binetti, C. (Noviembre de 1997). *Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Recuperado el 29 de Junio de 2020, de Manual de caracterización de aguas residuales industriales:  
<http://www.acodal.org.co/holland/memorias/Taller%20Vertimientos/MANUAL%20DE%20CARACTERIZACION%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20INDUSTRIALES.pdf>
- Wang, L., Ivanov, V., Tay, J.-H., & Hung, Y.-T. (2010). Environmental Biotechnology. En L. Wang, V. Ivanov, J.-H. Tay, & Y.-T. Hung, *Environmental Biotechnology* (pág. 480). Humana Press. doi:10.1007/978-1-60327-140-0
- Wiki. (2007). Ingeniería de aguas residuales. En Wiki, *Ingeniería de aguas residuales* (págs. 1 - 4). Wiki. Recuperado el 29 de Junio de 2020, de  
<https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/35813>