

**Universidad Andina Simón Bolívar**

**Sede Ecuador**

**Área de Gestión**

Maestría en Cambio Climático y Negociación Ambiental

**Evaluación crítica de la metodología de estimación del riesgo climático del MAATE a partir del caso del cantón Guano, provincia de Chimborazo**

Wilmer Javier Tingo Cali

Tutor: William Sacher Freslon

Quito, 2024

Trabajo almacenado en el Repositorio Institucional UASB-DIGITAL con licencia Creative Commons 4.0 Internacional

	Reconocimiento de créditos de la obra	
	No comercial	
	Sin obras derivadas	

Para usar esta obra, deben respetarse los términos de esta licencia



## **Cláusula de cesión de derecho de publicación**

Yo, Wilmer Javier Tingo Cali, autor de la tesis intitulada “Evaluación crítica de la metodología de estimación del riesgo climático del MAATE a partir del caso del cantón Guano, provincia de Chimborazo”, mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Cambio Climático y Negociación Ambiental en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

14 de febrero de 2024

Firma: \_\_\_\_\_



## Resumen

La caracterización del riesgo climático es de suma importancia para Ecuador y su adaptación a los cambios climáticos en sus diferentes territorios. El objetivo principal de este trabajo es evaluar la "Herramienta para la Integración de Criterios de Cambio Climático en el Desarrollo y Ordenamiento Territorial" del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador (MAATE) en el contexto del cantón Guano, provincia de Chimborazo, Ecuador, y proporcionar recomendaciones para mejorar su aplicación en la evaluación del riesgo climático.

Se realizó una revisión comparativa de diversas metodologías disponibles e implementadas en casos específicos en la región de América Latina, incluida la herramienta del MAATE. A continuación, se evaluó la aplicabilidad y relevancia, y se identificaron las potencialidades y limitaciones de la herramienta del MAATE a partir del estudio de caso, así como el papel de los recursos informáticos usados por ésta, como CRiSTAL y DesInventar. Se identificó las amenazas climáticas presentes y futuras en el cantón Guano, se evaluó la exposición y vulnerabilidad climática y se estimó los impactos relacionados con el clima sobre elementos expuestos. Se concluyó que la herramienta del MAATE tiene varias ventajas, como la integración de criterios de cambio climático en el desarrollo y la planificación territorial. Dentro de sus principales limitaciones, se identificó la necesidad de disponer de información actualizada y la participación de actores clave. Para mejorar la metodología MAATE y su aplicabilidad en la evaluación del riesgo climático a futuro en el Ecuador y la región latinoamericana, se recomienda actualizar la base de datos históricos del clima, involucrar a entidades gubernamentales relacionadas con el cambio climático, revisar las indicaciones de aplicabilidad de la metodología MAATE, proporcionar orientación detallada sobre el seguimiento y la evaluación de la eficacia de las medidas aplicadas, e incluir metodologías y herramientas específicas para realizar evaluaciones de riesgos climáticos. Es importante señalar que la información climática generada por la metodología MAATE no es un pronóstico climático infalible sino una referencia o aproximación de la magnitud y ubicación de las amenazas climáticas más comunes en el territorio continental ecuatoriano.

Palabras clave: adaptación, cambio climático, Guano, metodología MAATE, riesgo climático, vulnerabilidad



La presente Tesis está dedicada a Dios, quien es el dador de vida y fortaleza. También quiero dedicarla a mis padres, Anita y Vicente (en el cielo), quienes con sus sabios consejos me guiaron para concluir este trabajo. A mis queridos hermanos, Tania, Mónica y Edwin, les agradezco por su apoyo constante. Además, quiero dedicar este trabajo a mis hijas, Dayana Estefanía y Vianka Valeria, quienes son el motor e inspiración de mi vida.





## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Andina Simón Bolívar-Sede Ecuador y a su distinguido cuerpo docente por brindarme la oportunidad de formarme en esta institución de renombre, la cual ha sido un pilar fundamental en la preparación de futuros profesionales. Especialmente, deseo destacar y agradecer a William Sacher, cuyo compromiso y experiencia como tutor de tesis fueron cruciales para el éxito de este trabajo.

No puedo dejar de mencionar mi gratitud hacia aquellas personas que, de manera desinteresada, realizaron contribuciones significativas para la culminación de esta Tesis: Marlon, Pedro y Juan Carlos, amigos de toda la vida, su amistad y apoyo fueron invaluable en cada etapa de este proceso académico. Gracias de corazón.



## Tabla de contenidos

Figuras y Tablas.....	13
Introducción.....	15
Capítulo primero Cambio climático y sus efectos en Ecuador.....	21
1. Variabilidad e impactos del cambio climático en Ecuador .....	21
1.1. Variabilidad climática en las últimas décadas en Ecuador .....	21
1.2. Proyecciones climáticas futuras para Ecuador.....	22
2. Comprendiendo la vulnerabilidad y el riesgo climático.....	25
2.1. Conceptos clave: Vulnerabilidad al cambio y riesgo climático.....	25
2.2. Capacidad de adaptación al cambio climático .....	27
Capítulo segundo Evaluación de riesgos climáticos.....	29
1. Evaluar el riesgo climático .....	29
2. Metodologías disponibles y sus características específicas.....	32
3. La metodología del MAATE y sus especificidades .....	34
3.1. CRiSTAL.....	37
3.2. DesInventar .....	39
Capítulo tercero Aplicación del método del MAATE al cantón Guano.....	43
1. El cantón Guano y su contexto.....	43
1.1. Ubicación geográfica .....	43
1.2. Características físicas.....	44
1.3. Situación socioeconómica.....	46
1.4. Infraestructura pública .....	47
1.4.1. Redes viales.....	47
1.4.2. Servicios públicos .....	49
1.5. Riesgos climáticos previos.....	49
2. Evaluación de riesgos climáticos en el cantón Guano.....	51
2.1. Implementación del método del MAATE en el cantón Guano.....	52
2.1.1. Metodología .....	52
2.2. Resultados y hallazgos de la evaluación.....	54
2.2.1. Tendencia de precipitación anual.....	55
2.2.2. Tendencia de temperatura promedio .....	57
3. Análisis crítico del método del MAATE: Potencialidades y Limitaciones .....	63

3.1. Reflexiones sobre el método MAATE.....	64
3.2. Recomendaciones para mejorar el método en el contexto ecuatoriano .....	64
3.3. Tabla sintética de las ventajas y eventuales cosas para mejorar en el método ecuatoriano.....	66
Conclusiones y recomendaciones .....	67
Conclusiones.....	67
Recomendaciones .....	69
Obras citadas.....	71
Anexos .....	80
Anexo 1: Leyendas para los niveles de amenaza para cada uno de los índices climáticos de la metodología del MAATE.....	80

## Figuras y Tablas

Figura 1 Componentes asociados para determinar la vulnerabilidad actual y futura de acuerdo con el concepto del IPCC (2007). .....	25
Figura 2 Factores clave para la determinación del riesgo climático de un elemento expuesto. ....	30
Figura 3 Diagrama de la evaluación y gestión de riesgos climáticos en el diseño de obras y proyectos, 2023.....	31
Figura 4 Diagrama de Flujo: Procedimiento para la integración de criterios de adaptación en los PDOT. ....	35
Figura 5 Diagrama de evaluación de vulnerabilidad. ....	38
Figura 6 Estaciones meteorológicas en Ecuador para evaluar eventos meteorológicos extremos y regímenes de precipitación y temperatura. ....	40
Figura 7 Ubicación Geográfica del Cantón Guano .....	44
Figura 8 Mapa de la red vial del cantón Guano.....	48
Figura 9 Jerarquía Vial del Cantón Guano .....	48
Tabla 1 Cambio porcentual (%) de la precipitación por regiones proyectado por los 4 escenarios RCP.....	24
Tabla 2 Anomalías en la temperatura mínima, media y máxima para la sierra ecuatoriana, proyectado por los 4 escenarios RCP .....	24
Tabla 3 Principales metodologías de estimación de riesgos y desastres utilizadas en América Latina .....	33
Tabla 4 Resumen de especificidades de la Herramienta para la Integración de Criterios de Cambio Climático en PDOT.....	36
Tabla 5 Tabla sintética del capítulo "Evaluación de riesgos climáticos" .....	40
Tabla 6 Matriz de Amenazas Naturales del Cantón Guano.....	45
Tabla 7 Población del cantón Guano.....	46
Tabla 8 Servicios Básicos del Cantón Guano.....	49
Tabla 9 Principales amenazas climáticas identificadas en el Ecuador .....	52
Tabla 10 Índices climáticos estándar para evaluación y monitoreo de las amenazas climáticas.....	53

Tabla 11 Evaluación del riesgo de sequías en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040) en contraste con el clima histórico (1981-2015).....	59
Tabla 12 Evaluación del riesgo de lluvias intensas en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040) en contraste con el clima histórico (1981-2015) .....	60
Tabla 13 Evaluación del riesgo de altas temperaturas en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040) en contraste con el clima histórico (1981-2015) .....	60
Tabla 14 Evaluación del riesgo de heladas en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040) en contraste con el clima histórico (1981-2015).....	61
Tabla 15 Potencialidades de la metodología del MAATE .....	63
Tabla 16 Limitaciones de la metodología del MAATE .....	63
Tabla 17 Ventajas identificadas y las posibles mejoras para la metodología del MAATE .....	66

## Introducción

La humanidad se encuentra ante un desafío crítico: el cambio climático. Este fenómeno conlleva el aumento de las temperaturas, la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos y el incremento del nivel del mar, siendo solo algunos de los impactos asociados al cambio climático que afectan a todas las regiones del planeta según el sexto informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de (2022). Estos cambios tienen consecuencias significativas en diversos aspectos de la actividad humana, como la agricultura, el transporte, la gestión de desastres y la planificación cotidiana de la sociedad. Además, el cambio climático plantea un desafío considerable en cuanto a la estimación del riesgo climático, como señalan Medina y Bárcenas en (2022).

La evidencia señala que el actual cambio climático está estrechamente vinculado al aumento gradual de la temperatura global del planeta en los últimos 150 años, atribuido directamente a la emisión de gases de efecto invernadero, siendo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) el principal contribuyente. Estas emisiones provienen principalmente de actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, los cambios en el uso del suelo y la deforestación, entre otras acciones de origen antropogénico, como destacan Caballero, Lozano y Ortega en (2007).

En el contexto actual, es de suma importancia llevar a cabo evaluaciones exhaustivas del riesgo climático en diversas áreas geográficas que conforman la estructura territorial de Ecuador, tales como parroquias, cantones, provincias y regiones. El término "riesgo climático", según la definición de Almeida et al. en (2023), se refiere a la probabilidad de que los cambios en las condiciones climáticas, como el aumento de la temperatura global, sequías, inundaciones y otros fenómenos meteorológicos extremos, tengan un impacto adverso en la sociedad y el entorno ambiental.

Estas evaluaciones relativas al riesgo climático tienen como objetivo primordial comprender la envergadura de la influencia de estos riesgos climáticos en el desarrollo de la población. Es en este punto que la presente investigación adopta un enfoque específico, analizando pormenorizadamente cómo dichos riesgos afectan a proyectos, obras y otras actividades productivas en el cantón Guano, ubicado en la provincia de Chimborazo. Para lograr este cometido, es necesario llevar a cabo un análisis minucioso tanto de los registros históricos como de las proyecciones futuras, teniendo en cuenta, al mismo

tiempo, una serie de variables que pudieran incidir en el riesgo climático. La adopción de esta metodología posibilitará la implementación de medidas de adaptación adecuadas, con el propósito de reducir los impactos negativos y potenciar los beneficios asociados.

La manera en que se evalúa el riesgo climático puede diferir en función de las metodologías y herramientas utilizadas, pero lo que comparten es la referencia al cambio climático. Según el estudio llevado a cabo por Huguet, Claro y Starkie (2021), el cambio climático es uno de los principales factores clave de la estimación de riesgo de desastres, que actúa como multiplicador de riesgos ya existentes, debido a un aumento en la frecuencia e intensidad de los denominados fenómenos meteorológicos extremos.

El cambio climático ha llevado a un aumento significativo en la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos, como inundaciones, sequías, tormentas y olas de calor. Estos eventos pueden tener un impacto devastador en proyectos civiles, ya sea durante su ejecución o después de su finalización. Por ejemplo, las inundaciones pueden dañar la infraestructura existente, retrasar la construcción de nuevos proyectos y comprometer la seguridad de los trabajadores y la comunidad. De manera similar, las sequías extremas pueden afectar la disponibilidad de agua necesaria para llevar a cabo actividades civiles, como construcciones o agricultura. Estos efectos del cambio climático exigen que se estime y evalúe adecuadamente el riesgo climático asociado antes y durante la ejecución de los proyectos.

Una cita que respalda esta información es la siguiente:

"El cambio climático ha alterado el panorama de riesgos que enfrentan los proyectos y las obras civiles. La variabilidad y extrema de los eventos climáticos afectan la planificación, diseño, construcción y operación de estas actividades" (Chowdhury, Hasan, y Islam 2022).

América Latina, una región rica en diversidad geográfica y climática, enfrenta desafíos particulares en este contexto. Desde la vulnerabilidad de las megaciudades costeras ante el aumento del nivel del mar hasta la exposición de las comunidades rurales a eventos meteorológicos extremos, la región ha experimentado ya algunos de los efectos del cambio climático en proyectos y obras civiles. La necesidad de políticas y prácticas adaptativas que promuevan la resiliencia se ha vuelto urgente para asegurar la sostenibilidad y funcionalidad de las infraestructuras en estos territorios, como resalta el Banco Interamericano de Desarrollo (2022).

*Cambios y riesgos climáticos en el Ecuador*



Dadas las condiciones climáticas extremas a las que Ecuador es propenso, tales como inundaciones, sequías muy prolongadas, heladas y eventos meteorológicos severos, emergen riesgos significativos para los proyectos y las construcciones civiles promovidas por los diversos Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) que se distribuyen a lo largo de todo el territorio nacional. Estas amenazas se intensificarán con el tiempo, particularmente en relación con el fenómeno natural conocido como El Niño como se menciona en la Primera NDC del Ecuador (2019). Esto tendrá implicaciones tanto para las comunidades locales como para el desarrollo económico a nivel nacional.

Al norte de la provincia de Chimborazo, en el corazón mismo de Ecuador, el cantón Guano se caracteriza por su destacada exposición y fragilidad ante el riesgo climático. Estas características resultan de su localización geográfica, la diversidad de su ecología, su marcada dependencia económica en la agricultura y el contexto socioeconómico complejo que lo caracteriza (Cabrera 2018).

En este contexto, la producción agrícola es una de las actividades que ha experimentado el impacto negativo del riesgo climático. En años recientes, se ha observado una reducción en la productividad de la tierra, principalmente debido a los efectos climáticos como inundaciones, sequías y cambios en la regularidad del patrón de lluvias, según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guano en (2021).

Otro impacto negativo del cambio climático sobre la infraestructura civil es la erosión del suelo y los deslizamientos de tierra. El aumento de las temperaturas y la intensificación de las lluvias pueden debilitar las estructuras del suelo y causar desprendimientos de tierras en áreas montañosas. De hecho, según el informe publicado por el IPCC, se espera que las lluvias extremas y las inundaciones se vuelvan más frecuentes e intensas en las regiones montañosas como Guano debido al cambio climático (IPCC 2014, 1731-46).

#### *La metodología del MAATE para caracterizar el riesgo climático*

Bajo este contexto, para reducir el riesgo climático, es preciso contar con información precisa y actualizada sobre los peligros, exposición y vulnerabilidad de los diversos sectores y actores involucrados; en respuesta a esta problemática, el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) ha desarrollado una herramienta específica basada en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCN),

con el propósito de facilitar la incorporación efectiva de medidas de adaptación al cambio climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) (MAE, 2019).

Esta herramienta se estructura de cuatro secciones que guían el proceso de integración de criterios de cambio climático, las dos primeras secciones se centran en aspectos ambientales, analizando la selección de programas y proyectos prioritarios del GAD y proponiendo medidas de adaptación para minimizar los impactos identificados; las dos secciones restantes se enfocan en la integración social, identificando los actores clave, estableciendo mecanismos de articulación y monitoreo para asegurar la implementación efectiva de las medidas propuestas (MAE 2019).

En particular, se busca evaluar el grado de adecuación de la metodología del MAATE a las características y necesidades del territorio, así como su potencial para informar de manera eficiente la toma de decisiones en materia de planificación territorial y gestión ambiental. Al lograr estos objetivos, se espera contribuir al desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático más efectivas y contextualizadas en el cantón Guano y potencialmente en otras regiones similares.

La “Herramienta para la Integración de Criterios de Cambio Climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial” es una guía elaborada por el MAATE que busca incorporar criterios de cambio climático en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial.

Esta herramienta tiene como objetivo principal proporcionar información y recursos valiosos para los gobiernos locales que deseen integrar criterios de cambio climático en sus propios planes de desarrollo y ordenamiento territorial. Un ejemplo concreto de su aplicación se encuentra en el cantón Guano, ubicado en la provincia de Chimborazo. Este cantón fue seleccionado debido a su ubicación vulnerable al cambio climático y la necesidad de adoptar medidas de adaptación y mitigación para reducir su impacto ambiental.

Las ventajas de esta herramienta son notables, ya que no solo facilita la integración de criterios de cambio climático, sino que también permite evaluar los riesgos climáticos asociados con los planes de desarrollo y ordenamiento territorial. Además, ofrece orientación sobre la implementación efectiva de medidas para mitigar y adaptarse al cambio climático, protegiendo así el territorio y sus habitantes.

Sin embargo, a priori, esta herramienta no constituye una solución completamente satisfactoria para abordar el problema del riesgo climático a nivel local. Por ejemplo, la información y los datos necesarios para su aplicación deben actualizarse de manera

constante para reflejar la situación en evolución del cambio climático. Por ello, se plantea aquí explorar las potencialidades y posibles limitaciones a partir del estudio de un caso específico, el del cantón Guano.

### *Objetivo de la tesis*

Considerando estas premisas y reconociendo la importancia de conservar, sostener y potenciar las obras, proyectos y actividades destinados a beneficiar a los habitantes del cantón Guano, surge la presente investigación que tiene como objetivo general evaluar el desempeño y la pertinencia de la metodología de evaluación del riesgo climático del MAATE, mediante el estudio del caso del cantón Guano, provincia de Chimborazo, Ecuador.

Los objetivos específicos de esta investigación son los siguientes:

- Realizar una revisión comparativa de los métodos de análisis del riesgo climático utilizados en los países andinos, incluyendo el caso específico del Ecuador;
- Aplicar la metodología del MAATE para evaluar el riesgo climático en el cantón Guano, ubicado en la provincia de Chimborazo;
- A partir del caso de estudio de Guano, evaluar el desempeño de la metodología del MAATE mediante un ejercicio comparativo y el análisis de un caso de estudio previo, identificando áreas de mejora y formulando recomendaciones para fortalecer dicha herramienta.

### *Estructura de la tesis*

Este trabajo se estructura en tres capítulos que abordan aspectos esenciales de la investigación. En el primer capítulo, se examinan los impactos del cambio climático en obras, proyectos y actividades humanas, respaldados por antecedentes y proyecciones futuras. Se proporcionan definiciones y conceptos clave como cambio climático, evaluación de riesgos climáticos, vulnerabilidad y capacidad de adaptación.

El segundo capítulo se centra en la evaluación del riesgo climático, las metodologías disponibles para este estudio y ofrece una descripción detallada de la metodología utilizada en la investigación. Además, se explora la aplicabilidad de la

metodología del MAATE en el cantón Guano y el papel de recursos informáticos como CRiSTAL y DesInventar.

El tercer capítulo consiste en un análisis crítico de la metodología del MAATE, basado en datos recopilados y datos secundarios. Los resultados se organizan en tablas y figuras con su correspondiente interpretación. También se presentan reflexiones y recomendaciones surgidas de la aplicación del método en el caso de estudio del cantón Guano.

Finalmente, se exponen las conclusiones derivadas de esta investigación, resumiendo los hallazgos y apuntando posibles direcciones para investigaciones futuras.

## **Capítulo primero**

### **Cambio climático y sus efectos en Ecuador**

El cambio climático, una realidad innegable que afecta a todo el planeta, se manifiesta de manera especialmente pronunciada en regiones vulnerables como Ecuador, tal como lo destacan Castro, Johnson y McBURNEY en su estudio de (2021). Según la definición de Almeida et al. (2023), el cambio climático se refiere a "una alteración significativa y sostenida en los patrones climáticos de la Tierra, que abarca el aumento en la temperatura promedio de la superficie terrestre y marina, el deshielo de glaciares y el aumento del nivel del mar."

En este primer capítulo, se tiene como objetivo explorar el panorama de la variabilidad climática y sus efectos en Ecuador, abordando tanto las perspectivas de las décadas pasadas como las proyecciones futuras. Para lograrlo, hemos estructurado este capítulo en dos secciones fundamentales. En la primera sección, nos enfocaremos en la variabilidad e impactos del cambio climático en Ecuador, describiendo los eventos más recientes hasta las proyecciones a futuro. La segunda sección se adentrará en la comprensión de la vulnerabilidad y el riesgo climático, estableciendo conceptos esenciales que servirán como base para abordar las temáticas relacionadas con la aplicación de la metodología del MAATE en un capítulo posterior.

#### **1. Variabilidad e impactos del cambio climático en Ecuador**

##### **1.1. Variabilidad climática en las últimas décadas en Ecuador**

Ecuador, al ser un país en desarrollo se enfrenta a una vulnerabilidad sustancial relacionada a una serie de factores, tanto naturales (relacionadas a su posición geográfica) como antropogénicos. La intensificación de fenómenos climáticos, así como la consecuencia de los efectos del cambio climático como el fenómeno de El Niño-ENOS (Oscilación del Sur), afectan negativamente el desarrollo del país (MAE 2017).

Según proyecciones de la Tercera Comunicación Nacional de Ecuador (TCN), si la tendencia actual de aumento de la temperatura continúa, se espera un aumento de aproximadamente 2 °C hacia finales de este siglo. Sin embargo, algunas regiones como

la Amazonía y Galápagos podrían enfrentar aumentos aún más significativos. En el período 2011-2040, se anticipa un aumento de la temperatura media de 0,6 a 0,75 °C en todo el país, con las mayores subidas en la Costa, Amazonía y Galápagos. Para mediados de siglo, se proyecta un incremento de 0,9 a 1,7 °C, nuevamente con los mayores cambios en la Amazonía y Galápagos. Para el período 2071-2100, se espera un aumento de 0,9 a 2,8 °C a nivel nacional, con incrementos notables en la Amazonía (de 1,3 a 3,5 °C) y Galápagos (1,2 a 4,4 °C) (SNI-CCE 2017).

Uno de los impactos más evidentes del cambio climático en la Cordillera de los Andes es el deshielo de los glaciares tropicales. Este fenómeno se ha documentado a través de diversas metodologías, incluyendo mediciones de campo, imágenes aéreas, sensores remotos e investigaciones científicas. Los datos indican pérdidas que oscilan entre el 25 % y el 60 % en la superficie de los glaciares de los volcanes ecuatorianos (SNI-CCE 2017).

Además, se ha evaluado el impacto del cambio climático en los recursos hídricos y su relación con la agricultura. Un estudio realizado en 2013 por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), utilizó Modelos de Clima Global (GCM) para estimar las condiciones futuras de precipitación en Ecuador en los años 2030 y 2050. El análisis reveló un aumento en el caudal de los ríos durante los meses de enero a agosto para ambos períodos (SNI-CCE 2017).

## **1.2. Proyecciones climáticas futuras para Ecuador**

Según el resumen técnico presentado por el IPCC presentado en el año (2014), aún las proyecciones más cautelosas sugieren que en el mediano y largo plazo, los impactos del cambio climático persistirán y se intensificarán en todos los ecosistemas, comunidades, recursos naturales y paisajes que se extienden por las diversas regiones geográficas del planeta.

Chivelet, en su investigación realizada en (2019), manifiesta que todas las proyecciones están fundamentadas en modelos climáticos, que son representaciones matemáticas y computacionales de los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en la atmósfera, los océanos, la criósfera y la biosfera.

Según el IPCC (2014), los modelos climáticos responden al forzamiento radiativo, que está determinado por las concentraciones de gases de efecto invernadero. Además, utilizan cuatro trayectorias representativas de concentración (RCP) de GEI para el siglo

XXI: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, y RCP8.5<sup>1</sup>. Estos escenarios reflejan diversos niveles de emisiones y forzamiento radiativo, ejerciendo así influencia sobre las futuras condiciones climáticas. La trayectoria RCP2.6 abarca un escenario más optimista caracterizado por una reducción significativa de emisiones. En contraste, la trayectoria RCP8.5 sugiere un aumento continuo de emisiones y mayores impactos. En cuanto a las trayectorias RCP4.5 y RCP6.0, representan estrategias de control de emisiones destinadas a estabilizar el forzamiento climático antropogénico hacia el final del siglo XXI.

Es importante aclarar que este documento se basa en la nomenclatura establecida por el IPCC en su quinto informe de 2014, ya que, al momento de su publicación, el sexto informe del IPCC de 2022 había introducido actualizaciones en la nomenclatura relacionada con las trayectorias representativas de concentración (RCP). Además, la metodología del MAATE, que es objeto de estudio en esta investigación, también utiliza la nomenclatura del quinto informe. Por lo tanto, continuaremos utilizando esta nomenclatura en el presente documento hasta la presentación de los resultados.

En el caso de Ecuador, Urrutia y Vuille (2009) prevén un aumento de temperatura que oscilará entre 2 y 7 °C, variando según la ubicación y el escenario de estudio, así como un incremento en las precipitaciones en áreas geográficas hasta los 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm). Sin embargo, por encima de esta altitud, las simulaciones no indican cambios notables ni sugieren una disminución en la precipitación. Esto plantea la posibilidad de un déficit hídrico en elevaciones superiores a los 2000 msnm debido a la eventual reducción de glaciares y humedales por el calentamiento (Urrutia y Vuille 2009, 6-7).

Por otro lado, investigaciones respaldadas por modelos de escala regional han identificado un aumento tanto en las precipitaciones como en la temperatura en todo el país, manifestando variaciones a nivel regional (Cadilhac et al. 2017).

Para tener una comprensión más clara de la afirmación realizada por Urrutia y Vuille en su estudio de (2009), se presentan en la Tabla 1 las proyecciones futuras de las precipitaciones promedio anuales hasta finales del siglo XXI para las cuatro trayectorias RCP propuestas por el IPCC. Estas proyecciones se detallan para los tres sectores en los que se dividió la región de la Sierra ecuatoriana.

---

<sup>1</sup> Los números en cada nombre reflejan el forzamiento radiativo estimado en W/m<sup>2</sup> hacia el final de 2100, en comparación con el valor preindustrial.

Tabla 1  
**Cambio porcentual (%) de la precipitación por regiones proyectado por los 4 escenarios RCP**

Región	Año	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5
Sierra Central	2040	2,6	5,6	5,1	6,6
	2070	5,0	9,3	8,4	13,4
	2100	3,2	10,8	12,7	21,4
Sierra Norte	2040	1,0	2,5	2,8	4,2
	2070	2,7	4,7	5,5	7,5
	2100	1,8	5,2	7,3	11,6
Sierra Sur	2040	0,9	2,4	2,5	4,2
	2070	2,4	4,3	5,2	9,2
	2100	0,0	5,8	8,4	15,6

Fuente: (Porras, Cedeño, y Jácome 2016, 104)  
 Elaboración propia

Con relación a las temperaturas, la Tabla 2 ofrece datos específicos de las proyecciones para la Región Sierra de Ecuador en la misma franja de tiempo de las cuatro trayectorias RCP.

Tabla 2  
**Anomalías en la temperatura mínima, media y máxima para la sierra ecuatoriana, proyectado por los 4 escenarios RCP**

Temperatura	Año	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5
Mínima	2040	0,52	0,62	0,51	0,62
	2070	0,68	0,98	1,00	1,34
	2100	0,72	1,53	1,71	2,49
Media	2040	0,56	0,64	0,54	0,66
	2070	0,78	1,16	1,09	1,54
	2100	0,72	1,53	1,71	2,49
Máxima	2040	0,57	0,66	0,57	0,76
	2070	0,91	1,31	1,21	1,75
	2100	0,96	1,75	1,93	3,12

Fuente: (Porras, Cedeño, y Jácome 2016)  
 Elaboración propia

Asimismo, en distintas áreas de los Andes ecuatorianos con similitudes a la región de enfoque de esta investigación, se han llevado a cabo otros análisis que revelan consecuencias adicionales, tales como el proceso de desertificación y la reducción de los ecosistemas de bosque y páramo (Yáñez-Moretta et al. 2011).

En resumen, las proyecciones climáticas futuras para Ecuador y la región interandina, basadas en modelos climáticos y diferentes trayectorias de cambio climático,



sugieren un aumento de temperatura y variaciones en las precipitaciones, con posibles impactos en los ecosistemas y la disponibilidad de agua. Las posibles contradicciones en las proyecciones resaltan la importancia de considerar la incertidumbre asociada a estos escenarios y la necesidad de seguir investigando para comprender mejor los efectos del cambio climático en la región.

## 2. Comprendiendo la vulnerabilidad y el riesgo climático

La noción de vulnerabilidad y de riesgo climático se refiere a la capacidad de un sistema para enfrentar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y los extremos del clima (Aguilar 2020). Dado este contexto, a continuación, describiremos estos términos y su relevancia para la gestión de este estudio.

### 2.1. Conceptos clave: Vulnerabilidad al cambio y riesgo climático

La comprensión de la vulnerabilidad en el contexto del cambio climático, según el cuarto informe del IPCC (2014, 5), se define como la propensión de un sistema a ser afectado adversamente, ya sea de manera perjudicial o beneficiosa, por el cambio climático.

La vulnerabilidad se compone de varios conceptos, incluyendo la sensibilidad al daño, la exposición, y la falta de capacidad de respuesta y adaptación, tal como se ilustra en el diagrama presentado en la Figura 1.

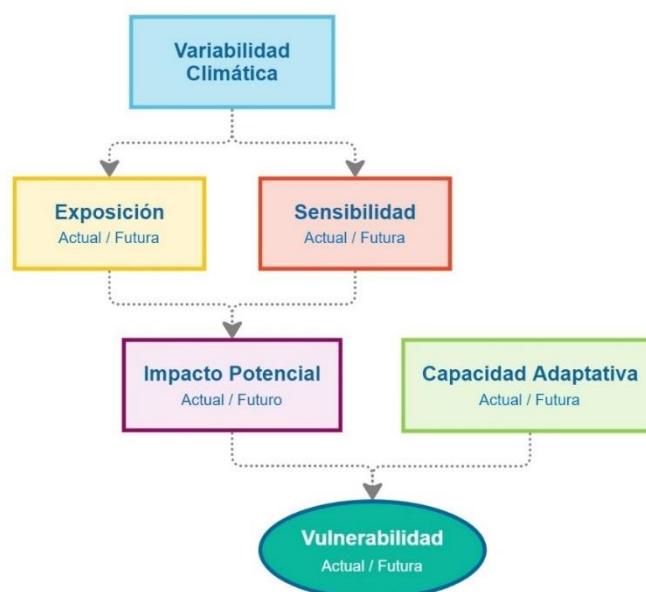


Figura 1 Componentes asociados para determinar la vulnerabilidad actual y futura de acuerdo con el concepto del IPCC (2007). Elaboración propia.

Por otra parte, el MAE determina esta capacidad de respuesta de un sistema mediante el resultado obtenido entre la sensibilidad y capacidad de adaptación (MAE 2019, 22). Esta herramienta integra principalmente tres componentes interconectados: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, los cuales servirán como guía en el marco de esta investigación.

La *exposición* se refiere al tipo, naturaleza y grado de contacto al que un sistema está expuesto a variaciones climáticas significativas, y se calcula a partir de la ubicación y características del sistema (MAE 2019, 17).

En segundo término, la *sensibilidad* hace referencia a la susceptibilidad de un sistema para resultar afectado positiva o negativamente debido a amenazas climáticas, determinándose por las características propias del sistema expuesto que lo vuelven susceptible frente a amenazas climáticas (MAE 2019, 22).

Es importante señalar que, aunque un sistema puede considerarse altamente expuesto y/o sensible al cambio climático, no significa necesariamente que sea vulnerable. Esto se debe a que ni la exposición ni la sensibilidad incluyen la capacidad de un sistema para adaptarse al cambio, mientras que la vulnerabilidad es el impacto neto que resulta de considerar a la adaptación (Meybeck, FAO, y OECD 2012, 40).

Por tanto, la *capacidad de adaptación* de un sistema puede modificar la vulnerabilidad de dicho sistema frente al cambio climático alterando la exposición y la sensibilidad.

En la región interandina, ejemplos de exposición y sensibilidad al cambio climático incluyen el retroceso de glaciares, la afectación potencial en el suministro de agua y el aumento de la temperatura (Urrutia y Vuille 2009).

Ahora bien, la Herramienta para la Integración de Criterios de Cambio Climático del MAE también subraya la importancia del riesgo climático en el uso de esta metodología.

Para el grupo de expertos del IPCC (2014, 5), el riesgo climático es la probabilidad de que un sistema sufra daños o impactos negativos debido a amenazas climáticas. Este cálculo incluye la amenaza climática, exposición y vulnerabilidad climática del sistema (MAE 2019, 17).

El riesgo climático incorpora el concepto de amenaza climática, que engloba cualquier evento o fenómeno climático con el potencial de causar daños o impactos negativos en un sistema. Ejemplos de estas amenazas climáticas, según el MAE, incluyen sequías, lluvias intensas, temperaturas extremas y heladas (MAE 2019, 29).

Aunque el riesgo está estrechamente vinculado a la definición de amenaza, es fundamental comprender que se reduce esencialmente a la probabilidad de que ocurra un evento específico. La realización de dicho evento está intrínsecamente ligada a un término crucial y recurrente: la probabilidad, la cual puede variar significativamente dependiendo de la entidad que gestione este parámetro.

En su artículo de 1997 sobre "Expectativas racionales y la relevancia de la teoría de la probabilidad para la incertidumbre", Joaquín Pi Anguita aborda la crítica postkeynesiana a la hipótesis de la teoría de la probabilidad para situaciones de incertidumbre. Pi Anguita sostiene que la verdadera incertidumbre surge cuando los tomadores de decisiones consideran que ningún análisis de datos pasados o señales del mercado puede ofrecer estadísticas confiables o pistas intuitivas sobre las perspectivas futuras. En este contexto, catalogar una acción específica como riesgo se convierte en un ejemplo ilustrativo.

El autor sugiere que, en tales circunstancias, las probabilidades subjetivas son esenciales para comprender y gestionar la incertidumbre en la toma de decisiones. Este enfoque podría implicar un abordaje más cualitativo y basado en escenarios para la gestión del riesgo climático en situaciones de verdadera incertidumbre, en lugar de depender de modelos que asumen probabilidades objetivas bien definidas.

Por lo tanto, al evaluar el riesgo climático en contextos de incertidumbre genuina, podría ser necesario adoptar un enfoque más cualitativo basado en escenarios reales, en lugar de confiar en modelos que presuponen la existencia de probabilidades objetivas bien definidas. Esto implica reconsiderar la idea de que ciertos eventos tendrán una frecuencia, intensidad y duración claramente definidas, sin considerar posibles cambios y nuevas variables.

## **2.2. Capacidad de adaptación al cambio climático**

La capacidad de adaptación, según Adger et al. (2005), se define como "la habilidad de un sistema o comunidad para ajustarse al cambio climático (incluyendo la variabilidad y los extremos), a moderar los daños potenciales, a aprovechar las oportunidades, o a hacer frente a las consecuencias". Su cálculo se basa en la capacidad del elemento expuesto para implementar medidas de adaptación y reducir su vulnerabilidad (MAE 2019, 22).

Diversas iniciativas y acciones de adaptación llevadas a cabo por gobiernos locales han demostrado eficacia en el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria. Por ejemplo, proyectos como la construcción de infraestructuras de drenaje sostenible para gestionar inundaciones y lluvias intensas (WWF 2021) y la implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia para enfrentar la escasez hídrica (World Bank Group 2015).

En Bangladesh, un estudio realizado por Fatemi et al. (2020) analizó la capacidad de adaptación al cambio climático en proyectos de desarrollo urbano ejecutados por el gobierno local. Las medidas incluyeron la creación de áreas verdes, la construcción de infraestructuras de agua y saneamiento resistentes al clima, y la promoción de la conciencia y la educación sobre los riesgos climáticos.

En el contexto del cantón Guano, objeto de este estudio, se podrían considerar medidas de adaptación como la reforestación y restauración de áreas degradadas para reducir el riesgo de deslizamientos de tierra y mejorar la regulación hídrica (Moos et al. 2018). Además, la promoción de técnicas agrícolas sostenibles y diversificadas puede ayudar a mitigar los efectos adversos del cambio climático en la seguridad alimentaria (FAO 2014).

Es crucial subrayar que la capacidad de adaptación no solo se traduce en la habilidad de enfrentar los impactos climáticos, sino que también se relaciona con los conceptos de mitigación y adaptación.

La *adaptación* al cambio climático se refiere a las medidas orientadas a limitar los impactos, reducir las vulnerabilidades e incrementar la resiliencia frente al cambio del clima de los sistemas, incluyendo la biodiversidad, bosques, ciudades, el sector agrario, la industria, entre otros (MITECO 2022).

Por otro lado, la *mitigación* del cambio climático se refiere a las acciones destinadas a reducir las causas netas de contaminación al ambiente, con el fin de reducir los efectos potenciales del calentamiento global (WWF 2019).

En resumen, la adaptación al cambio climático se enfoca en reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de los sistemas frente a los impactos del cambio climático, mientras que la mitigación se centra en abordar las causas del cambio climático mediante la reducción de las acciones que generan el cambio climático. Ambas estrategias son complementarias y fundamentales para enfrentar los desafíos del cambio climático.

## **Capítulo segundo**

### **Evaluación de riesgos climáticos**

La evaluación de riesgos climáticos se erige como un tema de máxima relevancia en la época actual, dada la creciente incidencia de eventos meteorológicos extremos cuya raíz se encuentra en el cambio climático. La confluencia de factores físicos, sociales y económicos contribuye a que algunos países y regiones del mundo muestren una mayor susceptibilidad que otros ante estos fenómenos (Hidalgo y Barbero–Barrera 2020).

En este capítulo, se presentan las principales herramientas y estrategias diseñadas para evaluar los riesgos climáticos. Estas herramientas y estrategias se identificaron mediante una revisión exhaustiva de la bibliografía proveniente del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Fondo Verde para el Clima (GCF) y el Programa Mundial de Alimentos (WFP). Se realiza una comparación entre las diferentes metodologías, destacando tanto las similitudes como las especificidades propias de los diversos métodos utilizados en la región.

A continuación, se describe el método de evaluación de riesgos climáticos empleado por el MAATE en Ecuador. Los resultados obtenidos en este capítulo sientan las bases para la aplicación de la metodología del MAATE, que se describe en el próximo capítulo.

#### **1. Evaluar el riesgo climático**

El riesgo climático se define como la probabilidad de que los cambios en el clima, tales como el aumento de la temperatura global, la intensificación de eventos meteorológicos extremos y el incremento del nivel del mar, generen consecuencias adversas para la sociedad y el medio ambiente (Rojas Polanco 2016).

En línea con lo expuesto en la sección 2.1 del primer capítulo de este informe, el riesgo climático emerge de la interacción de tres factores fundamentales: la amenaza, exposición y vulnerabilidad climática, adaptando esta conceptualización del informe del (IPCC 2014). Su cuantificación se refiere a los riesgos asociados a los impactos del cambio climático (MAE 2019). En la Figura 2, se presenta de manera gráfica la interrelación entre estos factores y el riesgo asociado.



Figura 2 Factores clave para la determinación del riesgo climático de un elemento expuesto. Elaboración propia.

Evaluar el riesgo climático representa un proceso en constante evolución, respondiendo al creciente reconocimiento de los impactos del cambio climático. Inicialmente centradas en aspectos físicos y económicos de desastres naturales, las evaluaciones de riesgos han evolucionado debido a eventos meteorológicos extremos más frecuentes e intensos. Esta evolución destaca la necesidad de considerar cómo el cambio climático influye en la probabilidad y magnitud de estos eventos, impactando los riesgos que enfrentan las poblaciones expuestas (IPCC 2014).

Indiferentemente de la escala territorial de estudio, ya sea a nivel de parroquias, cantones, provincias o regiones, la evaluación de riesgos climáticos juega un papel crucial en la toma de decisiones informadas. La consideración de los riesgos climáticos desde las fases iniciales de la planificación permite diseñar proyectos y obras de manera más resiliente. Esto implica entender cómo los impactos climáticos, como el aumento de las temperaturas, cambios en patrones de lluvia y eventos meteorológicos extremos, pueden afectar la viabilidad y sostenibilidad de un proyecto de alcance social (UNDRR 2004).

En el contexto de esta investigación, el término "proyecto" se refiere a un esfuerzo temporal destinado a crear un producto, servicio o resultado único (Viloria Villegas 2015). Por otro lado, el ciclo de un proyecto abarca diversas fases, desde su concepción hasta su cierre, aunque las fases específicas puedan variar según la metodología empleada. Comúnmente, estas fases incluyen la iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre (Choclán Gámez, Sánchez, y Soler Severino 2018; Viloria Villegas 2015).

La evaluación de riesgos climáticos se integra de manera efectiva en todas las fases de un proyecto:

- En la etapa de identificación, se examinan los posibles impactos climáticos y se cuantifican los riesgos asociados.
- Posteriormente, en la etapa de evaluación de opciones de adaptación, se consideran medidas que reduzcan la vulnerabilidad y fortalezcan la resiliencia de la iniciativa (MAATE 2023, 53).
- Finalmente, durante la implementación del proyecto, se aplican estrategias de adaptación (PNUD 2021).

Para una comprensión más clara de este proceso, la Figura 3 resume la evaluación y gestión de riesgos climáticos en proyectos, basada en (USAID 2023).

El diagrama comienza con el uso de la estrategia y resultados anteriores en la evaluación de riesgos climáticos a nivel estratégico, si están disponibles, como se detalla en una CDCS<sup>2</sup>. Luego, se realiza un análisis más detallado de los riesgos climáticos, permitiendo desarrollar enfoques adecuados para riesgos moderados a altos. Los pasos posteriores abarcan la identificación de opciones para la gestión de riesgos climáticos, la definición de pasos a seguir, la aceptación de riesgos cuando sea necesario y la documentación de resultados.

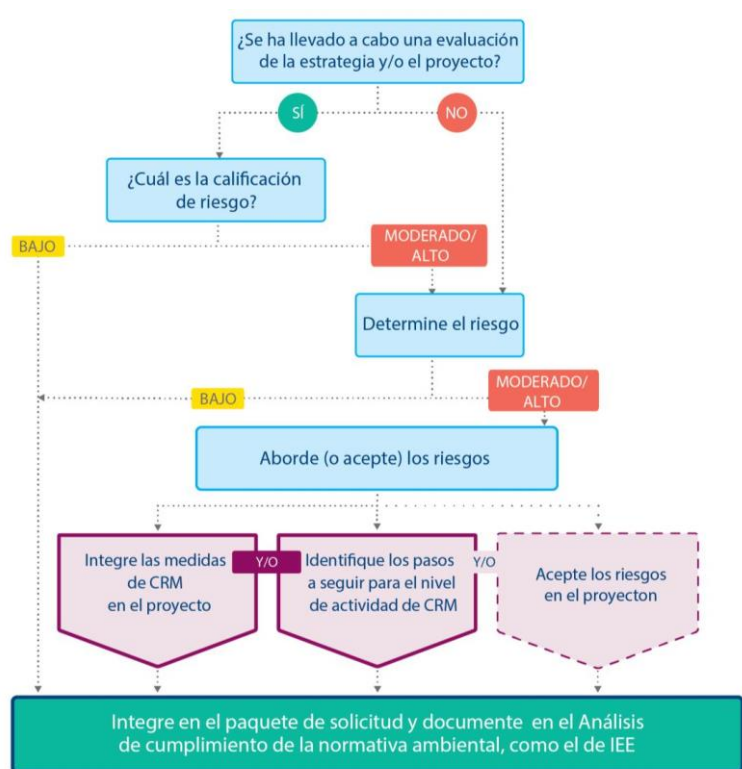


Figura 3 Diagrama de la evaluación y gestión de riesgos climáticos en el diseño de obras y proyectos, 2023. Fuente y elaboración: USAID from the American People.

<sup>2</sup> CDCS: Country Development Cooperation Strategies (Estrategias de Cooperación para el Desarrollo del País en español), que son parte esencial del CRM (Gestión de Riesgos Climáticos, por sus siglas en inglés) para “todas las nuevas estrategias nacionales/regionales de USAID”.

Como ejemplo de la aplicación del diagrama presentado en la Figura 3 a nivel local, consideremos la planificación de una infraestructura de agua potable. En esta situación hipotética, se tendrían en cuenta factores como las tendencias proyectadas de lluvia y sequía, así como la posibilidad de eventos meteorológicos extremos. A través de un análisis minucioso, se identificarían las áreas más vulnerables de la infraestructura y se diseñarían medidas de adaptación, como sistemas de captación de agua de lluvia y sistemas de almacenamiento eficiente, para mitigar los posibles impactos climáticos adversos.

## **2. Metodologías disponibles y sus características específicas**

América Latina se encuentra entre las regiones más vulnerables al cambio climático debido a su alta dependencia de los recursos naturales y su exposición continua a eventos meteorológicos extremos como inundaciones, tormentas y sequías (CEPAL 2014, 9). Estos eventos han tenido un impacto significativo en millones de personas y han resultado en pérdidas económicas equivalentes a entre el 5 % y el 20 % del producto interno bruto mundial anual (ONU en Costa Rica 2021).

Después de llevar a cabo una revisión bibliográfica, se ha identificado que en la región latinoamericana se emplean principalmente tres metodologías, las cuales se describen en detalle en la Tabla 3.



Tabla 3  
Principales metodologías de estimación de riesgos y desastres utilizadas en América Latina

Metodología	Características	Factores influyentes en la metodología	Límites y atributos
Manual de Revisión del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Integración con normativas ambientales:</b> La guía se alinea y complementa con las normativas y estándares ambientales del BID, asegurando coherencia y cumplimiento.</li> <li>• <b>Enfoque multidisciplinario:</b> Incorpora perspectivas de diversas disciplinas para evaluar integralmente los impactos y riesgos para la biodiversidad.</li> <li>• <b>Adaptabilidad a contextos específicos:</b> Se adapta a las necesidades particulares de cada proyecto y contexto biológico, proporcionando flexibilidad en su aplicación.</li> <li>• <b>Basada en evidencia científica:</b> Utiliza la mejor información científica disponible, actualizándose regularmente para reflejar avances en conservación y gestión de la biodiversidad.</li> <li>• <b>Participación ciudadana:</b> Fomenta la participación de comunidades locales y otras partes interesadas en la evaluación y gestión de impactos y riesgos.</li> <li>• <b>Monitoreo continuo:</b> Proporciona herramientas para el monitoreo constante de los impactos, permitiendo ajustes y mejoras en tiempo real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La guía se alinea con las directrices ambientales del BID, abordando áreas clave como la cadena de suministro, residuos sólidos y gestión del agua.</li> <li>• Flexible y adaptable a las necesidades únicas de cada proyecto y contexto biológico.</li> <li>• Basada en la mejor información científica actualizada, reflejando las últimas tendencias en conservación y gestión de la biodiversidad.</li> <li>• Fomenta la participación de comunidades locales y partes interesadas en la evaluación y gestión de impactos y riesgos para la biodiversidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Complejidad de implementación:</b> Su aplicación puede resultar compleja, requiriendo personal capacitado y recursos adecuados.</li> <li>• <b>Dependencia de datos científicos:</b> La efectividad depende de la disponibilidad y calidad de datos científicos sobre la biodiversidad local.</li> <li>• <b>Requiere recursos para la participación ciudadana:</b> La participación ciudadana puede requerir inversiones de tiempo y recursos significativos.</li> <li>• <b>Posibles conflictos de interés:</b> La gestión de participación puede enfrentar desafíos en términos de conflictos de interés entre diversas partes interesadas.</li> <li>• <b>Actualización periódica:</b> Requiere revisiones periódicas para incorporar nuevas evidencias y mejores prácticas en la gestión de la biodiversidad.</li> </ul>
Marco para la Evaluación del Riesgo Climático (KRAFT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Definición de sistemas objetivos:</b> El primer paso es definir el o los sistemas objetivos que se desea estudiar, ya sea de tipo sectorial o territorial, considerando la noción de Sistemas Complejos Adaptativos.</li> <li>• <b>Enfoque en sistemas socio-ecológicos y sociotécnicos:</b> Se sugiere adoptar una noción de Sistemas Complejos Adaptativos, compuestos por una variedad de elementos (sociales y no sociales) acoplados entre sí, con propiedades emergentes y capacidad auto organizativa, como referencia para la vulnerabilidad climática.</li> <li>• <b>Identificación de variables climáticas y exposición:</b> Una vez definidos los sistemas objetivos y sus respectivos servicios, el modelo permite distinguir entre las variables climáticas que podrían influir sobre ellos y la exposición de cada servicio respecto de aquellas variables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sistemas complejos:</b> La metodología considera sistemas adaptativos compuestos por elementos socioculturales y biofísicos (sistemas socio-ecológicos) o socioculturales y técnico-productivos (sistemas sociotécnicos) interconectados.</li> <li>• <b>Exposición a tendencias climáticas:</b> Se refiere a la presencia de elementos susceptibles a tendencias y extremos climáticos en cada sistema, dependiendo de las características del sistema y la naturaleza de los fenómenos climáticos.</li> <li>• <b>Vulnerabilidad identificada:</b> Se evalúan los componentes dependientes de las características del sistema en relación con los sistemas afectados (ecológico, productivo, social).</li> <li>• <b>Participación de actores clave:</b> Es fundamental involucrar a actores relevantes como científicos, políticos y stakeholders para definir mejores indicadores y otorgar legitimidad a las evaluaciones.</li> </ul>	<p><b>Atributos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Integración de sistemas:</b> Considera sistemas complejos adaptativos, ya sea socio-ecológicos o sociotécnicos, interconectando elementos socioculturales y biofísicos o socioculturales y técnico-productivos, respectivamente.</li> <li>• <b>Exposición y sensibilidad:</b> Aborda la exposición de elementos susceptibles a tendencias climáticas, considerando las características de cada sistema.</li> <li>• <b>Resiliencia:</b> Evalúa la capacidad del sistema socio-ecológico/sociotécnico para reestructurar componentes, preservando o recuperando el nivel de servicio tras una perturbación (capacidad de respuesta) o anticipándose proactivamente a perturbaciones futuras (capacidad adaptativa).</li> </ul> <p><b>Límites:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Foco en estudios específicos:</b> Centrado en riesgo y vulnerabilidad climática, limita su aplicabilidad a contextos más amplios.</li> <li>• <b>Dependencia de la participación de actores:</b> Requiere participación, siendo desafiante en algunos contextos.</li> <li>• <b>Compromiso con la estandarización:</b> Propone estandarización, limitando flexibilidad y adaptabilidad a diferentes contextos.</li> </ul>
Metodología para la Evaluación del Riesgo Climático (MERAC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Análisis de amenazas climáticas:</b> La metodología considera las amenazas climáticas, como sequías, lluvias intensas y cambios en la precipitación, que pueden afectar a diferentes sistemas y contextos.</li> <li>• <b>Vulnerabilidad y sensibilidad:</b> La metodología evalúa la vulnerabilidad y sensibilidad de los sistemas y la población ante los cambios climáticos.</li> <li>• <b>Exposición:</b> La metodología analiza la exposición y vulnerabilidad de los sistemas y la población ante las amenazas climáticas.</li> <li>• <b>Normalización de datos:</b> La metodología puede incluir el tratamiento estadístico previo de normalización de datos para mejorar la comparabilidad y el análisis de los datos climáticos.</li> <li>• <b>Categorías de análisis:</b> La metodología puede definir categorías de análisis de acuerdo con el nivel de riesgo, lo que permite una mejor comprensión y gestión del riesgo climático.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cambio climático:</b> La variabilidad y las proyecciones del clima futuro son factores fundamentales en la evaluación del riesgo climático.</li> <li>• <b>Amenazas climáticas:</b> Las amenazas naturales, como sequías, lluvias intensas y cambios en la precipitación, son factores clave en la evaluación del riesgo climático.</li> <li>• <b>Exposición y vulnerabilidad:</b> La exposición y vulnerabilidad de los sistemas y la población ante las amenazas climáticas son factores importantes en la evaluación del riesgo climático.</li> <li>• <b>Sensibilidad:</b> La sensibilidad de los sistemas y la población a los cambios climáticos es otro factor clave en la evaluación del riesgo climático.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basada en el modelo matemático del 5to Reporte de Evaluación del IPCC (WGII AR5).</li> <li>• Aplicable a diferentes sectores, como el sector ganadero y agro productivo.</li> <li>• Involucra el análisis de amenazas climáticas, vulnerabilidad y formulación del riesgo.</li> <li>• Incluye el tratamiento estadístico previo de normalización de datos.</li> <li>• Define cinco categorías de análisis de acuerdo con el nivel de riesgo.</li> </ul>

Fuente: (Barandiarán et al. 2019; Green Climate Fund 2019; World Food Programme 2017). Elaboración propia.

Estas metodologías, a pesar de sus enfoques variados, comparten el propósito fundamental de comprender la relación entre el cambio climático y las vulnerabilidades locales, proporcionando información esencial para tomar decisiones informadas. En la próxima sección, nos sumergiremos en la metodología del MAATE y exploraremos sus especificidades, así como su contribución a la resiliencia de los proyectos en Ecuador.

### **3. La metodología del MAATE y sus especificidades**

En Ecuador, la principal metodología utilizada para la estimación de riesgos climáticos es la “Herramienta para la Integración de Criterios de Cambio Climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial,” desarrollada por el MAATE (MAE 2019, 16). Esta metodología abarca factores esenciales, como la vulnerabilidad, la exposición y la capacidad de adaptación de las comunidades y los ecosistemas, y se utiliza para concebir estrategias de adaptación y mitigación frente al cambio climático (MAE 2019).

La herramienta desarrollada por el MAATE tiene como objetivo principal ayudar a los gobiernos locales a evaluar el riesgo climático en sus planes de desarrollo y ordenamiento territorial, permitiendo así la toma de decisiones informadas sobre cómo abordar y reducir el impacto del cambio climático en sus respectivas áreas. Esta herramienta proporciona directrices claras para la implementación de medidas de adaptación y mitigación con el fin de reducir los riesgos climáticos.

La metodología de esta herramienta consta de pasos para evaluar la vulnerabilidad y el riesgo climático en elementos expuestos en un área específica. En la Figura 4, se detalla el procedimiento para incorporar criterios de adaptación en programas y proyectos.

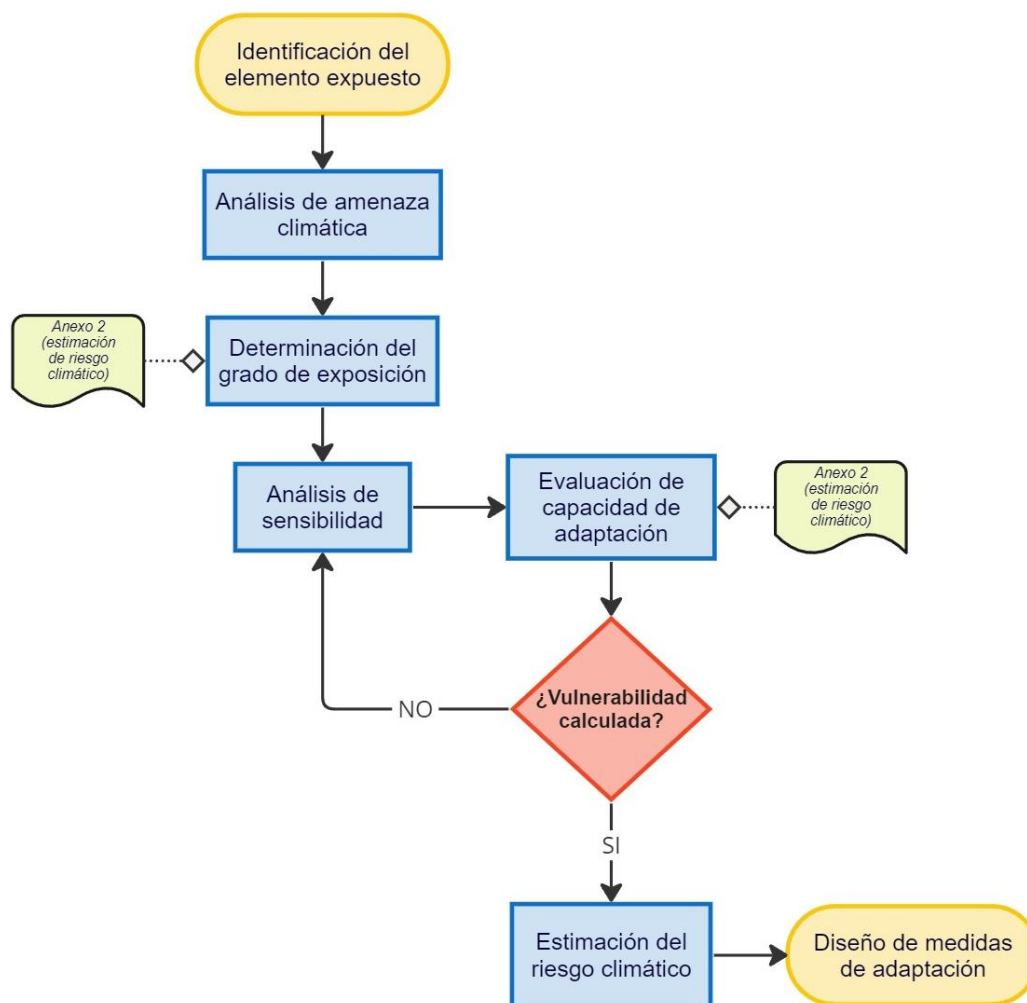


Figura 4 Diagrama de Flujo: Procedimiento para la integración de criterios de adaptación en los PDOT.  
Elaboración propia.

Para evidenciar la aplicabilidad del procedimiento representado en la Figura 4, consideremos un ejemplo aleatorio, como la construcción de una carretera, que representa uno de los numerosos escenarios en el ámbito del gobierno local. A través de esta herramienta, es posible identificar los riesgos climáticos asociados con un proyecto como este y tomar medidas concretas para mitigar su impacto, como la construcción de barreras contra inundaciones o la implementación de prácticas para reducir las emisiones.

Es importante destacar que esta herramienta no se limita a proyectos de infraestructura vial, sino que beneficia a una amplia gama de iniciativas gubernamentales, ya sean relacionadas con la infraestructura, los servicios públicos o el desarrollo comunitario. Abordando cada proyecto de manera similar, es posible anticipar los posibles efectos del cambio climático y aplicar las medidas apropiadas para promover un desarrollo regional más resiliente y sostenible.

Finalmente, en la Tabla 4 se presentan las características clave de esta herramienta para la integración de criterios de Cambio Climático en los PDOT relacionándolos con la etapa de ejecución de un proyecto de gestión de riesgo.

Tabla 4  
**Especificidades de la Herramienta para la Integración de Criterios de Cambio Climático en PDOT**

Especificidad	Descripción	Etapa del Ciclo del Proyecto
Proceso para el desarrollo de un modelo de gestión	Define el proceso para crear un modelo de gestión que permita ejecutar medidas para enfrentar el cambio climático.	Inicio
Identificación de impactos causados por amenazas climáticas	Se centra en identificar los impactos originados por amenazas climáticas.	Identificación de amenazas y vulnerabilidades
Medidas propuestas para contrarrestar efectos de los impactos	Proporciona medidas específicas para mitigar los efectos de los impactos identificados.	Análisis de soluciones y medidas propuestas
Identificación de actores clave	Identifica a los actores clave necesarios para la implementación efectiva de las medidas propuestas.	Identificación de actores y stakeholders
Lineamientos técnicos para adaptación y mitigación	Establece pautas técnicas para adaptarse y mitigar el cambio climático basadas en la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC).	Diseño y desarrollo de soluciones
Procedimiento para incorporar criterios de adaptación en proyectos	Describe el proceso de incorporación de criterios de adaptación en programas y proyectos.	Incorporación de criterios de adaptación en proyectos
Análisis de amenaza climática, exposición, vulnerabilidad e impactos	Analiza la amenaza climática, la exposición, la vulnerabilidad y los impactos climáticos sobre elementos expuestos.	Análisis de impactos y vulnerabilidades
Medidas de adaptación al cambio climático	Detalla medidas específicas de adaptación al cambio climático.	Diseño y desarrollo de soluciones
Procedimiento para incorporar criterios de mitigación en proyectos	Describe el proceso de incorporación de criterios de mitigación en proyectos.	Incorporación de criterios de mitigación en proyectos
Análisis de acciones sectoriales de mitigación	Examina las acciones de mitigación en sectores específicos.	Análisis de soluciones y medidas propuestas
Incorporación de acciones de mitigación en programas/proyectos	Proporciona los pasos necesarios para crear un modelo de gestión.	Implementación y monitoreo
Pasos que seguir para el desarrollo del Modelo de Gestión	Proporciona los pasos necesarios para crear un modelo de gestión.	Evaluación y seguimiento

Fuente: (MAE 2019)

Elaboración propia

Con el fin de enriquecer la información obtenida mediante el uso de la metodología del MAATE, los gobiernos locales tienen la oportunidad de aprovechar fuentes adicionales de datos pertinentes para una caracterización climática más completa en su región. De hecho, se recomienda encarecidamente la utilización de otras herramientas y software que proporcionen datos meteorológicos, incluyendo series con un historial de al menos 25 años de registros.

A continuación, se enumeran las herramientas recomendadas por el Ministerio del Ambiente de Ecuador:

### **3.1. CRiSTAL**

CRiSTAL, acrónimo de Community-based Risk Screening Tool – Adaptation and Livelihoods (Herramienta de Evaluación de Riesgos Basada en la Comunidad para Adaptación y Medios de Vida), es una valiosa herramienta diseñada específicamente para su aplicación en comunidades y proyectos locales. Su enfoque se centra en la evaluación cualitativa, involucrando activamente a las partes interesadas locales en la identificación de amenazas climáticas, la valoración de la vulnerabilidad y la creación de soluciones adaptativas (IISD 2012).

CRiSTAL se enfoca en cinco áreas temáticas clave: recursos naturales, salud, infraestructura, conocimiento y acceso a servicios (Leagnavar, Bours, y McGinn 2015). El proceso de evaluación con CRiSTAL implica la identificación tanto de amenazas climáticas actuales como futuras, la evaluación de la vulnerabilidad de sistemas y la identificación de estrategias de adaptación.

Este proceso se basa en la recopilación de información cualitativa, incluyendo el conocimiento local, experiencias y percepciones de la comunidad, y se lleva a cabo mediante un análisis conjunto de todas las partes interesadas involucradas (Thomas et al. 2007).

La Figura 5, que se presenta a continuación, proporciona una visualización clara de los pasos necesarios para llevar a cabo una evaluación de vulnerabilidad utilizando la herramienta CRiSTAL. Esta figura es esencial para comprender y seguir adecuadamente el proceso de recopilación de información y evaluación de vulnerabilidad.

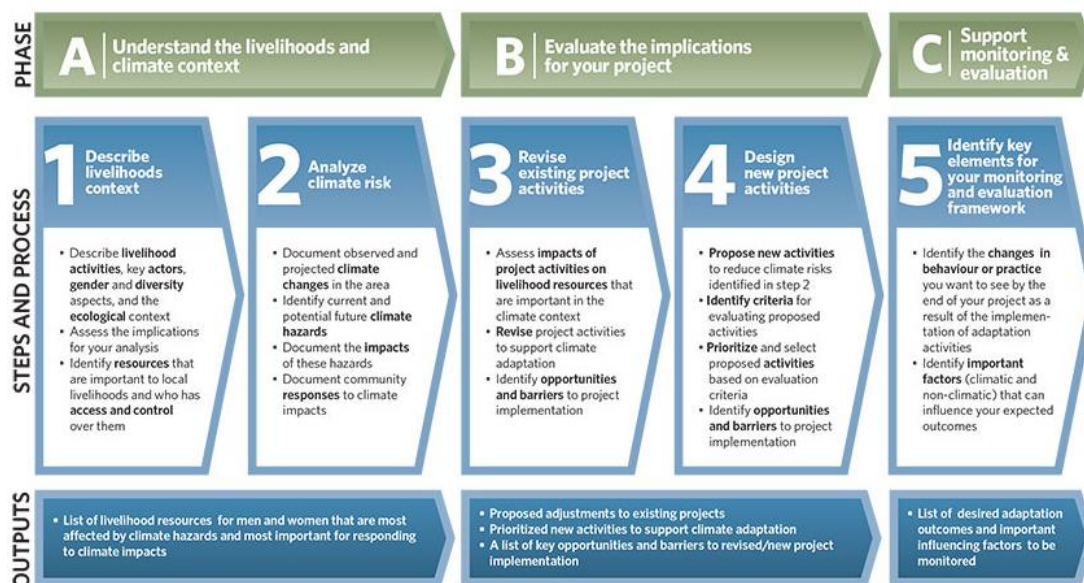


Figura 5 Diagrama de evaluación de vulnerabilidad.

Fuente: International Institute for Sustainable Development.

Además, la literatura científica ha resaltado en varias ocasiones la efectividad del Análisis Cualitativo CRiSTAL en la evaluación de la vulnerabilidad climática. Ejemplos destacados incluyen el estudio realizado por García Vaicilla (2016) en la ciudad de Ambato, la investigación llevada a cabo entre 2012 y 2013 en la ciudad de Guaranda por Pimbo Chicaiza (2013), así como el estudio realizado por González, González y González (2022) en México y el trabajo ejecutado por Idrovo Zambrano (2011) en la provincia de Pichincha.

Ampliando uno de estos ejemplos, centrémonos en el estudio de Idrovo Zambrano (2011), donde se empleó esta metodología para evaluar la vulnerabilidad climática y la exposición local en la Reserva Geobotánica Pululahua, ubicada en la provincia de Pichincha, Ecuador. Este estudio identificó vulnerabilidades clave y sugirió estrategias de adaptación, como la diversificación de medios de subsistencia, la colaboración comunitaria y la gestión participativa de recursos.

Aunque CRiSTAL destaca como una herramienta altamente beneficiosa para evaluar la vulnerabilidad climática, su implementación en el Ecuador ha sido limitada, con escasas experiencias documentadas. La aplicación de esta herramienta en el cantón Guano se revelaría provechosa al permitir a las comunidades identificar y priorizar los riesgos vinculados al clima y al entorno que inciden directamente en ellas. Situada en la región interandina del Ecuador, Guano se expone a diversos riesgos ambientales, incluyendo desastres naturales y alteraciones en los patrones climáticos. La adopción de CRiSTAL facilitaría la identificación de estrategias de adaptación específicas para la

zona, focalizándose en la sustentabilidad de los medios de vida de la comunidad y en la disminución de la vulnerabilidad al cambio climático.

La naturaleza participativa y orientada a la comunidad de CRiSTAL la posiciona como una herramienta valiosa para impulsar la resiliencia y la sostenibilidad a nivel local. Este enfoque resulta especialmente relevante para el cantón Guano, abordando de manera específica sus desafíos ambientales y socioeconómicos. La aplicación de CRiSTAL en esta localidad puede contribuir significativamente a la elaboración de estrategias adaptativas que respondan a las necesidades particulares de la comunidad, promoviendo así un desarrollo más sostenible y resiliente en el contexto de los desafíos climáticos y ambientales.

### **3.2. DesInventar**

La gestión eficaz de desastres y la comprensión de su impacto requieren acceso a información fiable y actualizada sobre eventos pasados. En este contexto, la base de datos DesInventar se erige como una herramienta fundamental para recopilar, organizar y analizar datos relacionados con desastres, lo que la hace invaluable en la evaluación de riesgos y la planificación de la reducción de desastres a nivel local y regional (Wisner et al. 2014; Reyes et al. 2014).

Esta base de datos almacena información detallada sobre desastres, incluyendo su tipo, ubicación geográfica, impacto en la población y daños a la infraestructura. Esta presentación sistemática permite el análisis comparativo de tendencias y patrones de desastres a lo largo del tiempo y en distintas áreas geográficas (Wisner et al. 2014).

DesInventar se ha implementado en más de 80 países, respaldado por organizaciones como LA RED, UNDRR, UNDP y COI-IOC, entre otras. En Ecuador, esta base de datos se inició en el año 2000 con el apoyo del Proyecto PREDECAN y se ha actualizado periódicamente con la colaboración del Ministerio Coordinador de Seguridad (MCS), el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Cubriendo el período de 1970-2019, incluye más de 9000 registros de eventos que han impactado al país (DesInventar Project 2019).

Un ejemplo relevante de la utilización de DesInventar en Ecuador es su aplicación en el análisis de desastres naturales y su relación con el cambio climático. La base de



datos ha permitido evaluar la frecuencia y magnitud de eventos meteorológicos extremos en diferentes regiones del país (ver Figura 6).

A través de la extracción y análisis de datos de DesInventar, los investigadores han identificado patrones de aumento en la frecuencia e intensidad de ciertos desastres, como inundaciones y deslizamientos de tierra, que podrían estar vinculados al cambio climático (Morán-Tejeda et al. 2016).

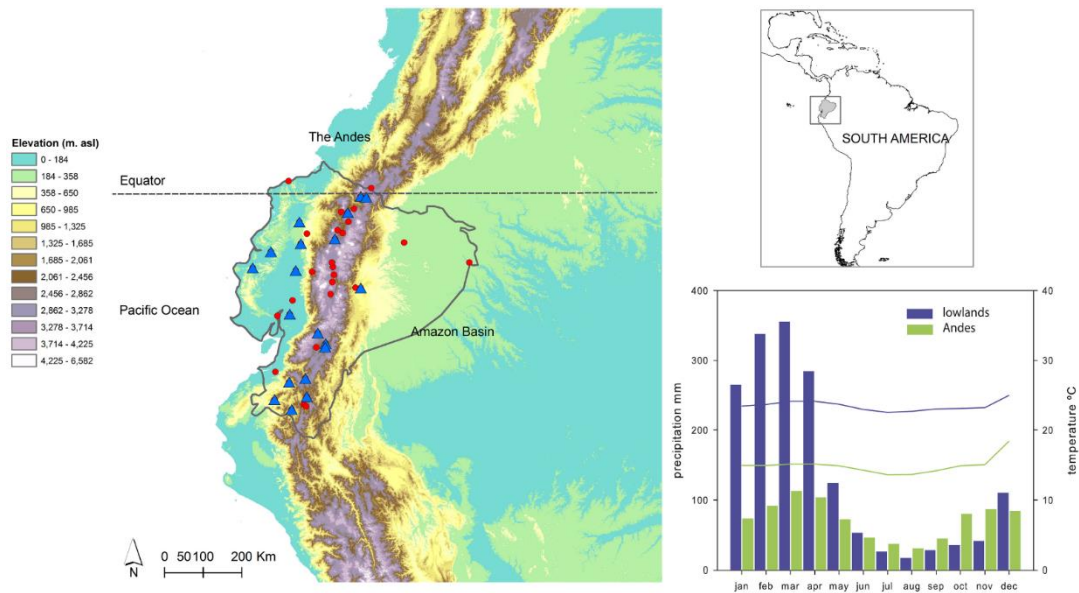


Figura 6 Estaciones meteorológicas en Ecuador para evaluar eventos meteorológicos extremos y regímenes de precipitación y temperatura. Fuente y elaboración: International Journal of Climatology.

A continuación, se presenta en la Tabla 5 un resumen de los aspectos más importantes abordados en este capítulo antes de comenzar el próximo capítulo.

Tabla 5  
**Tabla sintética del capítulo "Evaluación de riesgos climáticos"**

Enfoque para evaluar el riesgo climático	Metodologías disponibles y sus características específicas	La metodología del MAATE y sus especificidades
Evaluación de riesgos climáticos es un proceso que ha evolucionado de manera significativa en respuesta a la creciente conciencia sobre los efectos del cambio climático.	América Latina se encuentra entre las regiones más vulnerables al cambio climático debido a su gran dependencia de los recursos naturales y su exposición constante a eventos meteorológicos extremos.	La “herramienta para la integración de criterios de Cambio Climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial” del MAATE se revela como un recurso fundamental para evaluar los riesgos asociados al cambio climático en diversos sectores y regiones del país.
Anteriormente, las evaluaciones de riesgos se centraban en los aspectos físicos y	Se han desarrollado diversas metodologías y enfoques para evaluar el riesgo climático en la	Esta metodología abarca factores esenciales como la vulnerabilidad, la exposición y la capacidad de adaptación



económicos de los desastres naturales.	región y tomar medidas efectivas para mitigar su impacto.	de las comunidades y los ecosistemas, siendo utilizada para concebir estrategias de adaptación y mitigación frente al cambio climático.
Con la aparición de eventos meteorológicos extremos más frecuentes e intensos, ha surgido la necesidad de considerar la influencia del cambio climático en la probabilidad y magnitud de estos eventos.	Algunas de las metodologías más utilizadas actualmente para estimar los riesgos climáticos y de desastres incluyen: Manual de Revisión del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Marco para la Evaluación del Riesgo Climático (KRAFT) del Fondo Verde para el Clima (GCF), y Metodología para la Evaluación del Riesgo Climático (MERAC) del Programa Mundial de Alimentos (WFP).	Para complementar la información proporcionada por el MAATE, el gobierno local puede aprovechar fuentes adicionales de datos relevantes para una caracterización climática exhaustiva en su región, como la herramienta CRiSTAL.

Fuente y Elaboración propia



## **Capítulo tercero**

### **Aplicación del método del MAATE al cantón Guano**

En el capítulo anterior, exploramos la metodología del MAATE y su relevancia en la evaluación de riesgos climáticos, resaltando su importancia en el contexto ecuatoriano. Ahora, avanzamos significativamente hacia la aplicación práctica de esta metodología en el cantón Guano, una región emblemática en la provincia de Chimborazo, Ecuador.

Guano, como muchas otras ciudades en América Latina, se encuentra en una posición vulnerable debido a su dependencia de los recursos naturales y su exposición constante a eventos meteorológicos extremos (Cabrera 2018).

Este capítulo presentará el contexto y las características del cantón Guano, detallaremos el proceso de aplicación del método MAATE en esta región y analizaremos los resultados obtenidos. Además, reflexionaremos sobre las potencialidades y limitaciones de esta metodología en un entorno real y proporcionaremos una tabla que resuma las principales lecciones aprendidas y áreas de mejora en el método MAATE.

#### **1. El cantón Guano y su contexto**

Guano es una de las 10 jurisdicciones que componen la provincia de Chimborazo, situada en la región andina de Ecuador (Bonilla Melena 2016). A continuación, se exponen los aspectos más destacados previos a la implementación de la metodología del MAATE en este cantón ecuatoriano.

##### **1.1. Ubicación geográfica**

El cantón Guano se localiza en la provincia de Chimborazo, situado en la región centro-norte de la mencionada provincia. Su altitud oscila entre 2280 a 6310 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con la provincia de Tungurahua, al sur y al oeste con el cantón Riobamba, y al este con el río Chambo y el cantón Penipe como se muestra en la Figura 7 (PDOT GAD Guano 2018, 29).

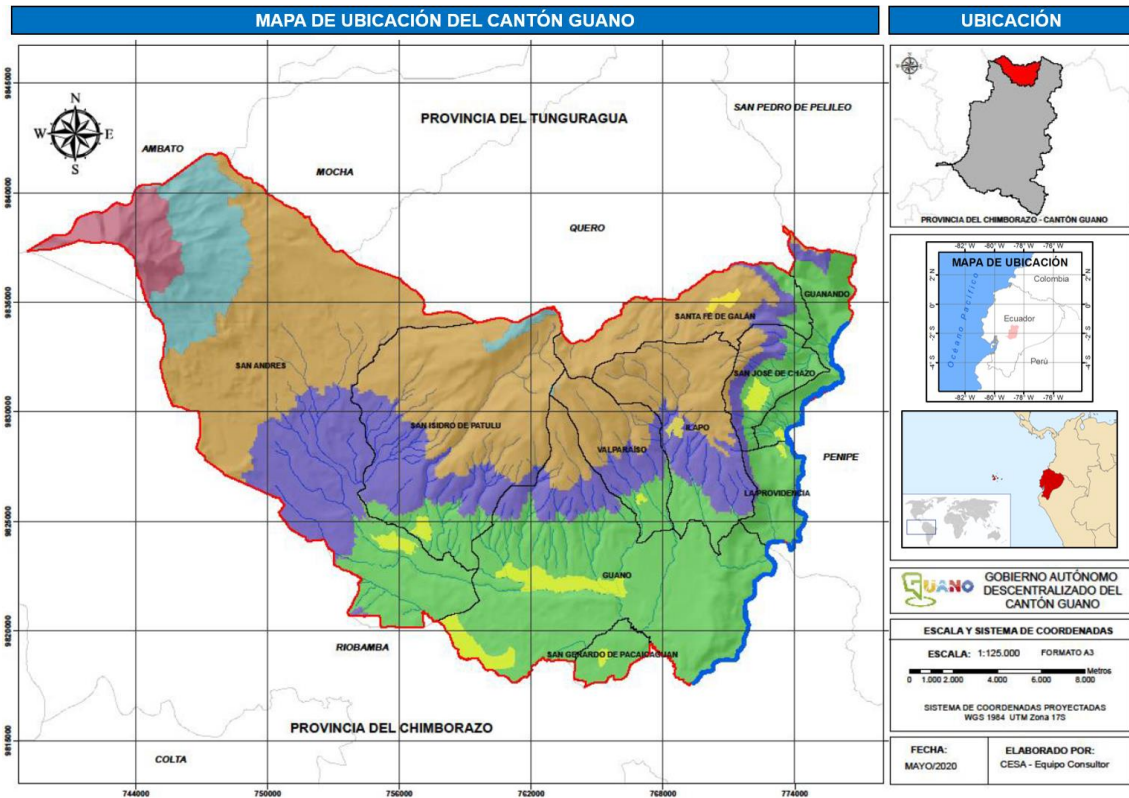


Figura 7 Ubicación Geográfica del Cantón Guano  
Fuente y elaboración: PDOT - GAD del Cantón Guano

## 1.2. Características físicas

En este cantón, el Andisol es el tipo de suelo predominante, abarcando aproximadamente el 56 % del territorio cantonal, equivalente a 26 196 hectáreas de suelo (PDOT GADM Guano 2021, 43). Este tipo de suelo es altamente propicio para la agricultura, gracias a su constante rejuvenecimiento y enriquecimiento con material orgánico nutritivo (SIGTIERRAS 2017, 4-5).

Los Andisoles, además, se desarrollan en zonas de actividad volcánica, específicamente en áreas de elevada altitud, como las cimas frías de las cordilleras Occidental y Real. Estos suelos se encuentran cubiertos por vegetación arbustiva de altura o páramo (Ortiz-Solorio y Gutiérrez-Castorena 2014). En lo que respecta a la textura del suelo, esta se clasifica como limosa o franco limosa, lo cual indica una buena estructura del suelo, garantizando así un óptimo drenaje y una adecuada retención de humedad (SIGTIERRAS 2017, 4-5).

El clima en el cantón se caracteriza por su notoria variabilidad en términos de precipitación y temperatura, lo que lo convierte en un elemento destacado en su contexto geofísico. La temperatura media anual oscila entre 6,2 °C y 16,4 °C, con una media de

12,6 °C. Los meses de julio y agosto experimentan las temperaturas más bajas, mientras que los valores más elevados se registran en octubre, noviembre y diciembre. En consonancia con el patrón de disminución de la temperatura con la altitud, las isotermas reflejan intervalos que van desde -13 °C hasta 15 °C en todo el cantón, de acuerdo con los datos del PDOT de Guano (2018, 66). En lo que respecta a las precipitaciones, en el cantón se han registrado promedios anuales que varían desde los 600 mm hasta los 1800 mm, según la información proporcionada por el (PDOT GADM Guano 2021, 32).

En cuanto al recurso hídrico, el cantón Guano está ubicado en la Microcuenca hidrográfica del Río Guano, la cual ostenta un rol preeminente en la Subcuenca del Río Chambo, siendo esta última parte integrante de la Cuenca hidrográfica del Pastaza, de acuerdo con el PDOT del GADM Guano (2021, 36). En este contexto, se han registrado un total de 420 concesiones de agua otorgadas desde 1887 hasta 2010, destinadas tanto al consumo humano como al uso agropecuario (PDOT GAD Guano 2018, 99); Guano presenta un déficit hídrico que afecta al 18,34 % de su territorio, y solo el 0,40 % cuenta con un régimen hídrico adecuado (PDOT GAD Guano 2018, 131).

Otra característica importante es el uso y cobertura del suelo, que según la información recopilada por LOOTUGS (referenciado en el PDOT GADM Guano 2021, 552), se constata que el 2,5 % del territorio cantonal se clasifica como suelo urbano, mientras que el restante 97,5 % corresponde al ámbito rural, y es justamente en este último donde se asientan las zonas de importancia ecológica como el Área de Reserva Faunística de Chimborazo, el Programa Socio Bosque, ecosistemas delicados como los páramos y los bosques nativos (PDOT GADM Guano 2021, 555).

En lo que respecta a las amenazas y peligros que puede afrontar el cantón, Guano se encuentra en lo que se denomina "*áreas de alta vulnerabilidad a lahares*". Sin embargo, estas zonas de riesgo abarcan tan solo el 2 % del territorio en términos de superficie. Las principales amenazas y riesgos naturales a los que podría enfrentarse el cantón se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6  
**Matriz de Amenazas Naturales del Cantón Guano**

Amenazas Naturales	Parroquias afectadas	Ocurrencia
Volcánica	Guanando, Cahuaji Bajo, Guso Grande de Guanando, Santa Fe de Galán, La Palestina y San José de Chazo	Alta
Terremoto	Todo el GADM-C Guano	Baja
Sequía	Todo el GADM-C Guano	Media
Helada	Todo el GADM-C Guano	Media
Inundación	San Andrés y Guano	Media

Deslizamientos	San Isidro de Patulú, Santa Fe de Galán e Ilapo	Media
----------------	---	-------

Fuente: (PDOT GAD Guano 2018, 126)

Elaboración propia

Es relevante subrayar que las conclusiones presentadas en la Tabla 6 se derivan exclusivamente de los resultados obtenidos por el equipo técnico del GADM del Cantón Guano, responsables de la elaboración del PDOT en el año 2018. Estos resultados se fundamentaron en un registro de eventos adversos ocurridos en Guano en el período comprendido entre 2011 y 2018 (PDOT GAD Guano 2018, 120-29).

Por último, resulta relevante destacar que más del 90 % de los residentes del cantón (con una tasa de analfabetismo del 10,8%) disponen de estudios y planes de contingencia elaborados en la región. Esto confiere a la población la capacidad y la preparación necesarias para la gestión y enfrentamiento de los riesgos naturales (según lo informado en el PDOT GADM Guano 2021, 170-73).

### 1.3. Situación socioeconómica

El cantón Guano, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC 2010), registra una población de 42 851 habitantes. De este total, los hombres representan el 47,8 %, mientras que las mujeres constituyen el 52,2 %, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7  
Población del cantón Guano

Sexo	Población	% Población por sexo
Hombres	42.851	47,8 %
Mujeres	22.356	52,2 %
Total	42.851	100 %

Fuente: Censo de Población y Vivienda, INEC 2010

Elaboración propia

Por otro lado, el cantón Guano abarca una extensión territorial de 459,72 km<sup>2</sup>, lo que equivale aproximadamente al 2,5 % del área total de la provincia (PDOT GAD Guano 2018). El cantón se compone de 2 parroquias urbanas, que abarcan el 19,4 % del territorio cantonal, y 9 parroquias rurales que ocupan el 80,6 % del territorio restante (PDOT GADM Guano 2021, 141). La densidad de población en el cantón se sitúa en 82,41 habitantes/km<sup>2</sup> (INEC 2010).

Referente a economía del cantón, esta se basa principalmente en la agricultura, que ocupa el 43,11 % de la Población Económicamente Activa (PEA). Este sector engloba

actividades como la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, tanto para el autoconsumo como para el mercado, incluyendo la explotación de minas y canteras. El sector terciario, relacionado con los servicios, concentra el 33,56 % de la PEA, destacándose en el comercio al por mayor y menor (9 %) y el transporte (4 %). El sector secundario, abarcando actividades de manufactura y construcción, emplea al 23,33% de la PEA, con un énfasis significativo en las industrias manufactureras (15 %) y la construcción (8 %) (PDOT GADM Guano 2021, 187).

En el contexto del PDOT del cantón Guano, elaborado en 2018 por el Equipo Técnico del GADM del Cantón Guano, se señala que la productividad agrícola ha experimentado una notable disminución debido a la influencia adversa de los fenómenos climáticos. Concretamente, se ha observado una reducción significativa en la productividad de la tierra en varias parroquias del cantón. Este fenómeno se relaciona directamente con condiciones climáticas extremas, como inundaciones, sequías y heladas (PDOT GAD Guano 2018, 259-60).

Un ejemplo extraído del mismo PDOT es el caso de la parroquia de Valparaíso, una zona rural del cantón Guano que solía destacarse por su producción de maíz de alta calidad. Esta producción era tan destacada que las semillas de maíz provenientes de Valparaíso eran utilizadas como estándar en otras áreas del cantón. No obstante, en el presente, los cultivos de maíz han experimentado una disminución tanto en su tamaño como en su calidad, y el factor climático se erige como un protagonista en esta evolución. Esto se atribuye a las precipitaciones esporádicas, episodios de heladas y el aumento de la temperatura como principales influencias climáticas (PDOT GAD Guano 2018, 130).

## **1.4. Infraestructura pública**

### **1.4.1. Redes viales**

El cantón Guano dispone de una red vial jerarquizada en vías primarias, secundarias, terciarias, vecinales y urbanas tal y como se muestra en la Figura 8, que conecta tanto internamente como hacia otras ciudades del país. A continuación, en la Figura 9, se presenta la información sobre la longitud y el porcentaje correspondiente a cada categoría de jerarquía en la red vial del cantón:

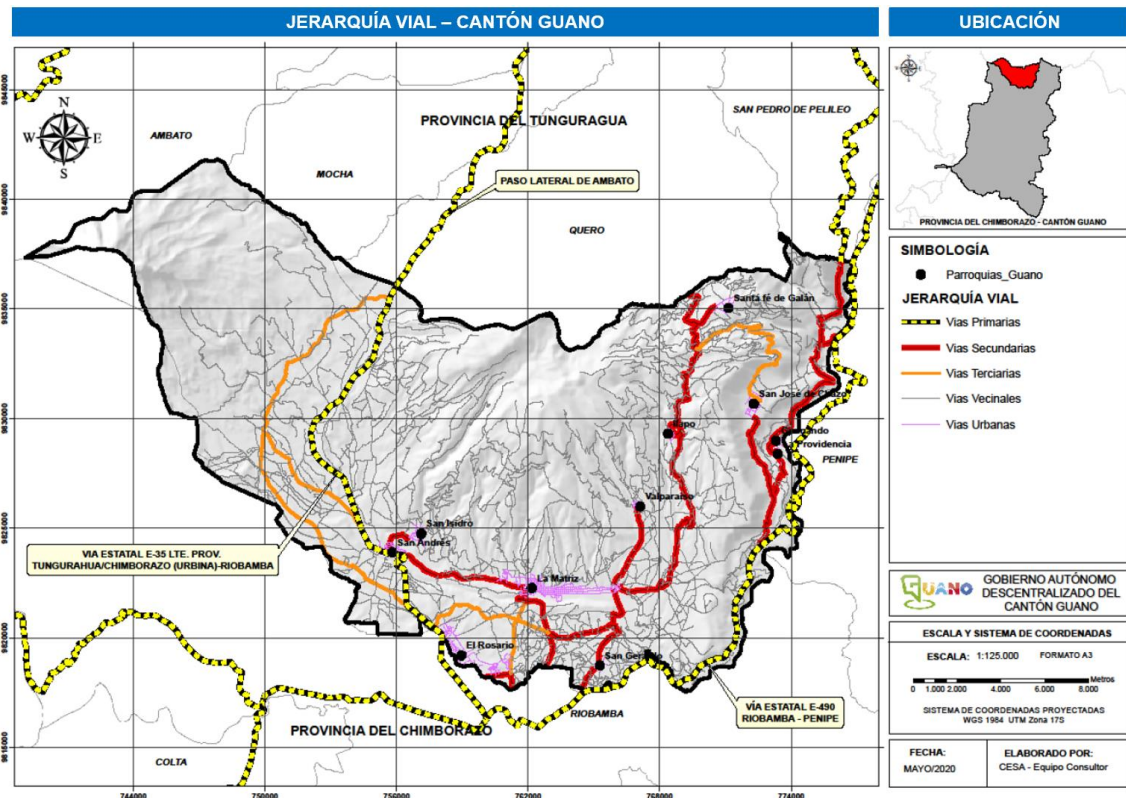


Figura 8 Mapa de la red vial del cantón Guano  
Fuente y Elaboración: PDOT - GAD del Cantón Guano

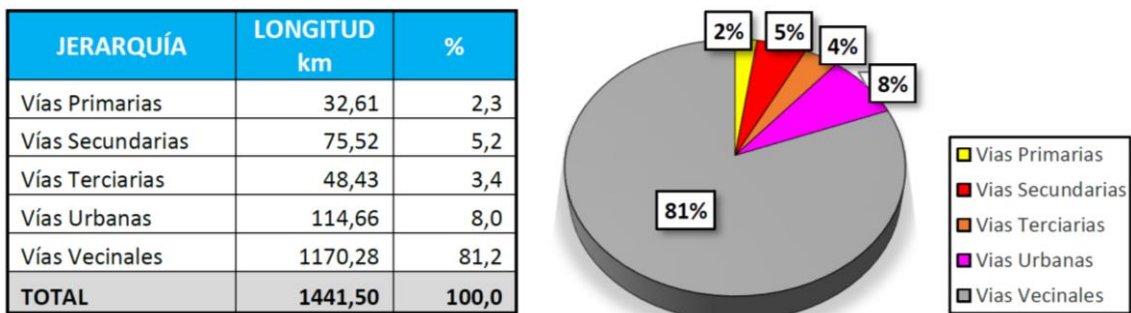


Figura 9 Jerarquía Vial del Cantón Guano  
Fuente y Elaboración: PDOT - GAD del Cantón Guano

La susceptibilidad en ciertas áreas del cantón aumenta la posibilidad de que los efectos del cambio climático tengan un impacto significativo en la red vial. Esto se manifiesta especialmente en términos de su infraestructura y capacidad de transporte, en particular en relación con los deslizamientos de tierra y la erosión. Estos eventos pueden ser más frecuentes e intensos debido al cambio climático, lo que, a su vez, puede provocar deslizamientos de tierra y erosión en las zonas cercanas a las carreteras (Castro, Johnson, y McBURNEY 2021).



### 1.4.2. Servicios públicos

La Tabla 8 resume la información recopilada en el PDOT GADM Guano del año 2021, que presenta los servicios disponibles en el cantón y sus principales riesgos.

Tabla 8  
Servicios Básicos del Cantón Guano

Servicio	Descripción	Amenazas
Agua Potable	El sistema de agua potable fue construido hace más de 50 años, ha experimentado expansiones, siendo la más significativa en 2017 cuando se reemplazó la tubería de asbesto cemento por PVC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inundaciones y deslizamientos de tierra pueden dañar la infraestructura de agua, interrumpiendo el suministro y tratamiento.</li> </ul>
Alcantarillado	Según el último Censo de Población y Vivienda 2010 del INEC, el 50,2 % (5715 viviendas) en el cantón tiene un sistema adecuado de eliminación de aguas servidas, siendo la mitad de estas conexiones a pozos sépticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del agua debido a la escorrentía y erosión del suelo, afectando la calidad del agua potable y los sistemas de tratamiento de aguas residuales.</li> </ul>

Fuente: (PDOT GADM Guano 2021, 111-20)  
Elaboración propia

### 1.5. Riesgos climáticos previos

El cantón Guano ha sido afectado en el pasado por eventos meteorológicos extremos, como inundaciones, sequías, heladas, granizadas y deslizamientos de tierras. Estos eventos han tenido un impacto negativo en la economía local, especialmente en la agricultura y la ganadería, lo que puede generar costos económicos y sociales significativos (Equipo Técnico MIDUVI 2015).

En cuanto a los riesgos climáticos, es importante destacar que el cambio climático está generando un aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos en la región. Este fenómeno se evidencia a través del análisis realizado por el INAMHI en sus anuarios meteorológicos correspondientes a las últimas tres décadas (1987-2017). El análisis constata una variación en la temperatura en la región, la cual se ha situado por encima de los 16 °C, superando el rango promedio de 12 °C a 14 °C. Paralelamente, las precipitaciones anuales han alcanzado un valor de 300 mm, lo que representa un desvío significativo respecto al intervalo normalizado de 600 a 1800 mm de precipitaciones anuales (Cabrera 2018, 53-57).

Estos eventos meteorológicos extremos pueden tener un impacto negativo en la economía local, especialmente en la agricultura y la ganadería, que son las principales

actividades económicas del cantón. Además, pueden generar daños en la infraestructura y en la salud de la población (PDOT GAD Guano 2018; PDOT GADM Guano 2021).

De hecho, según el informe del Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático del Ecuador (SNI-CCE), la zona urbana del Cantón Guano se encuentra en una zona de alta vulnerabilidad climática, y se espera que los eventos meteorológicos extremos, como las inundaciones y sequías, se intensifiquen en la región (SNI-CCE 2017).

Es necesario precisar que no se dispone de mapas e información más precisa que indiquen resultados referentes a los eventos climáticos pasados como inundaciones, lluvias, sequías, deslizamientos, entre otros más, por lo que dentro del último PDOT de Guano del año 2019, se recomienda que se elabore ese material de apoyo que permita tanto a las futuras autoridades locales, como a la población en general, estén preparadas para enfrentar estos riesgos climáticos y puedan tomar decisiones informadas respecto a medidas de adaptación y mitigación.

### **1.5.1. Aluvión en Guano**

En el transcurso del año 2021, el cantón Guano, ubicado en la provincia de Chimborazo, Ecuador, enfrentó una situación crítica marcada por inundaciones y deslaves causados por intensas lluvias. Los estragos de estos eventos se tradujeron en daños materiales significativos, afectando viviendas, vehículos y generando una profunda huella en la comunidad (Velasco 2021; Confirmado.net 2021).

Las raíces del desastre residieron en las intensas lluvias que desencadenaron el desbordamiento de quebradas y el crecimiento del río. El barrio La Merced, entre otros, sufrió las consecuencias más severas, enfrentando graves pérdidas materiales y sumiendo a la población en el miedo, marcado por el sonido aterrador de piedras y árboles que alcanzaron las zonas habitadas. La magnitud de la tragedia se reflejó en la afectación directa e indirecta del 60% de la población del cantón Guano. Comunidades como Calshi, Silveria y Santa Lucía, en la parroquia San Andrés, experimentaron la urgencia de la emergencia, con alrededor de 700 familias en situación crítica (Confirmado.net 2021; Redacción Primicias 2021).

Ante la emergencia, se implementaron medidas para mitigar futuros riesgos climáticos. El cantón Guano fue declarado en emergencia, y se estableció un plan de contingencia para el último cuatrimestre del 2023 (Municipio de Guano 2023), focalizado en fenómenos climáticos adversos como el Niño. Asistencia inmediata fue proporcionada

a los afectados, subrayando la importancia de una rápida respuesta ante desastres naturales.

El enfoque preventivo se consolidó a través de medidas como la plantación de siembra nativa para evitar la erosión, la prohibición de arrojar basura en ríos y quebradas, y la organización de mingas de limpieza comunitaria. Además, se enfatizó la importancia de la planificación urbana adecuada, el reforzamiento de infraestructuras y la implementación de sistemas de alerta temprana para reducir el riesgo futuro.

Se realizaron estudios detallados de inundaciones mediante software hidráulicos como Iber y HecRAS. Estos análisis no solo identificaron las causas y consecuencias, sino que también sirvieron de base para guías metodológicas destinadas a proyectos de mitigación. El cálculo del Indicador de Amenaza Contra Inundaciones (IACI) se erigió como una herramienta esencial para identificar áreas vulnerables y evaluar el riesgo (Basagoiti Alcazar 2021; Gestión de Riesgos 2022).

El fortalecimiento de la capacidad local para afrontar emergencias fue una prioridad. Acciones como la implementación de sistemas de alerta temprana, la reconstrucción de viviendas resistentes a inundaciones y la promoción de la gestión integrada de inundaciones se destacaron como pasos cruciales para mejorar la resiliencia comunitaria.

A nivel regional, se implementaron diversas acciones para prevenir inundaciones y deslaves, como la plantación de siembras nativas, la gestión adecuada del territorio fluvial, y la organización de evacuaciones planificadas. La capacitación comunitaria, junto con estudios técnicos avanzados, se erigieron como pilares fundamentales para construir una defensa robusta contra futuros riesgos climáticos en Guano y sus alrededores.

En conjunto, estas medidas y acciones forman un tejido integral destinado a fortalecer la resiliencia de las comunidades locales y reducir su vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos, sentando así las bases para un futuro más seguro y preparado.

## **2. Evaluación de riesgos climáticos en el cantón Guano**

La “Herramienta para la Integración de Criterios de Cambio Climático en los PDOT” es una herramienta útil para el cantón Guano, ya que permitirá la integración de

criterios de adaptación y mitigación al cambio climático en proyectos, obras y actividades que se puedan desarrollar por el gobierno local de turno.

Al implementar esta herramienta, se espera obtener los siguientes beneficios:

- Identificación de las amenazas climáticas.
- Análisis de la exposición climática.
- Análisis de la vulnerabilidad climática.
- Estimación de los impactos de origen climático sobre los elementos expuestos.
- Identificación de medidas de adaptación al cambio climático.

## **2.1. Implementación del método del MAATE en el cantón Guano**

Tal como se ha destacado anteriormente, el cambio climático se presenta como un importante obstáculo para el progreso económico y social de las naciones, así como para la preservación de los ecosistemas y el bienestar de las comunidades (IPCC 2009).

Los riesgos del cambio climático se derivan de amenazas climáticas, como cambios en la precipitación y la temperatura, y la vulnerabilidad de los sistemas expuestos, abarcando medios de subsistencia, infraestructura y ecosistemas (CDKN 2014).

A continuación, se evalúan las condiciones de precipitación y temperatura en dos escenarios de cambio climático: RCP 4.5 (escenario referencial) y RCP 8.5 (escenario pesimista). Este análisis incluye la evaluación de amenazas presentes y futuras, como lluvias intensas, sequías, altas temperaturas y heladas, considerando el período histórico 1981 a 2015 y el período proyectado 2016 a 2040. Los datos se basan en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Ecuador (Porrás, Cedeño, y Jácome 2016).

### **2.1.1. Metodología**

El MAATE, tras revisar los registros de desastres relacionados con eventos hidroclimáticos<sup>3</sup>, ha identificado las amenazas más destacadas para Ecuador, principalmente relacionadas con extremos en la precipitación y la temperatura. Estas amenazas se resumen en la Tabla 9:

Tabla 9

---

<sup>3</sup> DESINVENTAR. (2017). Guía metodológica del Sistema de Inventario de Desastres recurso en línea. Obtenido de <http://www.desinventar.org/es/metodologia>

### Principales amenazas climáticas identificadas en el Ecuador

Amenaza	Descripción
<b>Sequías</b>	Periodos prolongados con escasa o nula precipitación, afectando la producción de cultivos y el suministro de agua.
<b>Lluvias intensas</b>	Precipitaciones inusualmente altas en un corto período, con impactos en agricultura, infraestructura y viviendas
<b>Altas temperaturas</b>	Excesivo calor durante uno o varios días, con efectos en la población, agricultura y servicios.
<b>Heladas</b>	Descenso de temperatura por debajo de 3 °C, dañando órganos vegetales y cultivos.

Fuente: (Porras, Cedeño, y Jácome 2016)

Elaboración propia

La herramienta identificó la relación entre cada amenaza y las variables climáticas correspondientes, así como el patrón que estas variables deben seguir para desencadenar la amenaza en cuestión. En el caso de las sequías y las lluvias intensas, la precipitación juega un papel central, ya sea en forma de déficit (para sequías) o exceso (para lluvias intensas). Por otro lado, las altas temperaturas y las heladas están estrechamente ligadas al comportamiento de la temperatura, convirtiéndose en una amenaza cuando los valores son extremadamente altos (en el caso de altas temperaturas) o excepcionalmente bajos (en el caso de heladas).

Estos patrones climáticos utilizados por la metodología del MAATE, son analizados mediante el uso de datos diarios de estas variables, y se aplican índices climáticos estándar para su evaluación y seguimiento, como se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10

### Índices climáticos estándar para evaluación y monitoreo de las amenazas climáticas

Amenaza	Índice Asociado	Descripción
Sequía	CDD	La cantidad de días consecutivos sin lluvia durante el año.
Lluvias intensas	R95p	La frecuencia de días al año con lluvias extremadamente intensas.
Altas temperaturas	TX95p	El número de días al año con temperaturas máximas excepcionalmente altas.
Heladas	FD3	La cantidad de días al año con temperaturas mínimas por debajo de 3 °C

Fuente: (Porras, Cedeño, y Jácome 2016)

Elaboración propia

Mediante estos indicadores, el MAATE evaluó el grado de riesgo en función de cómo se espera que cambie la frecuencia de eventos climáticos (por ejemplo, días con lluvias intensas o temperaturas muy altas) a lo largo de un período futuro (en este caso, de 2016 a 2040, abarcando 25 años) en comparación con el histórico de 1981 a 2015. Este proceso se denomina "*normalización*" y asigna una categoría de riesgo que varía desde

"Nula" (indicando una disminución en la frecuencia del evento) hasta 5 categorías que van desde "*Muy baja*" a "*Muy alta*".

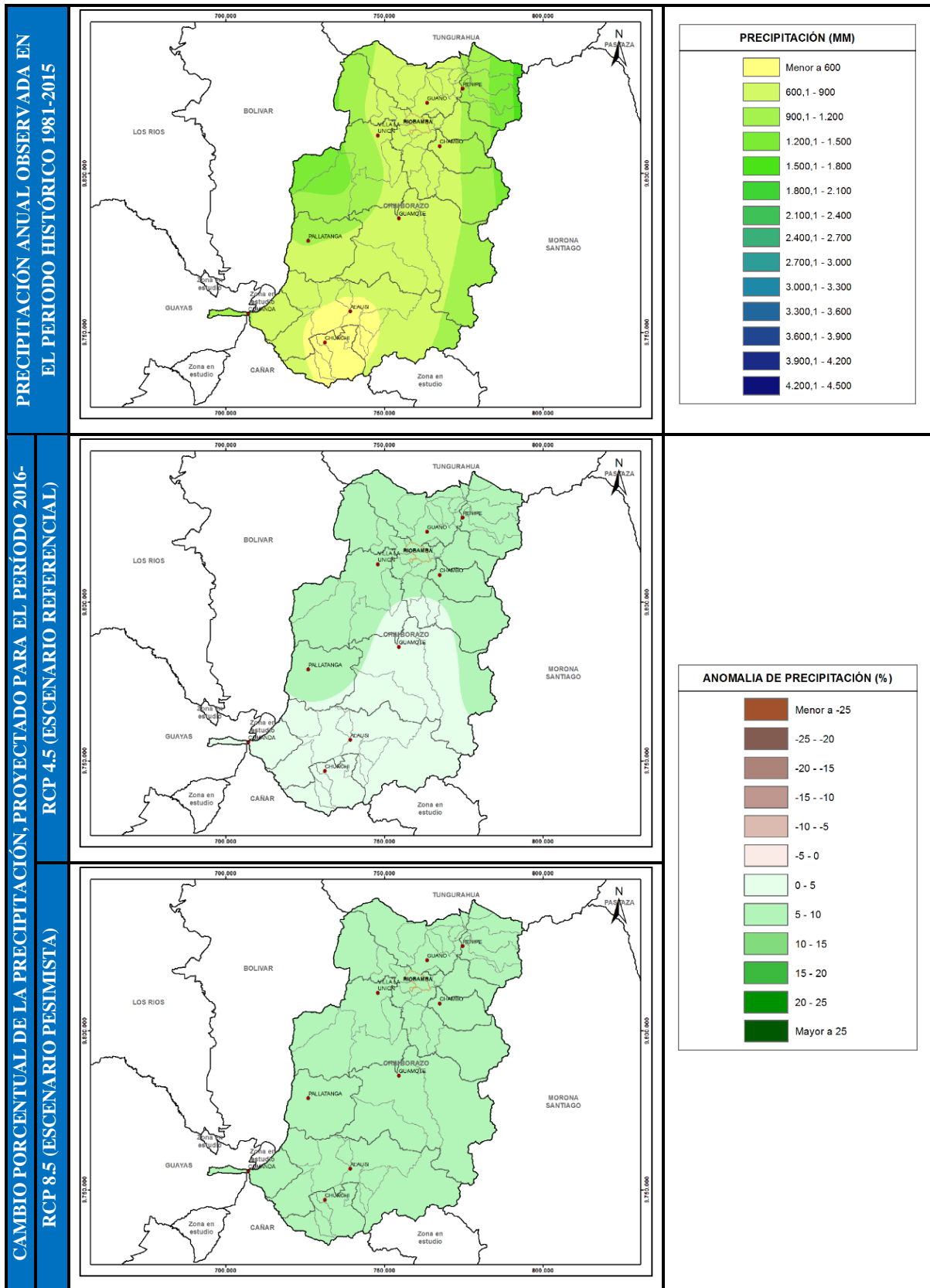
En el Anexo 1, se exponen los niveles de amenaza correspondientes a cada uno de los índices climáticos utilizados por el MAATE, junto con su respectiva interpretación.

## **2.2. Resultados y hallazgos de la evaluación**

A continuación, se exponen los resultados específicos relativos a los diversos índices climáticos utilizados, junto con sus correspondientes interpretaciones.

Es imperativo presentar previamente los resultados concernientes a la provincia de Chimborazo antes de adentrarnos en el análisis del cantón Guano, lo cual permitirá una apreciación más completa y contextualizada de las condiciones climáticas y amenazas asociadas en el ámbito local.

### 2.2.1. Tendencia de precipitación anual



Fuente: Herramienta del (MAE 2019)

Elaboración propia

**Interpretación de resultados:**

Según los resultados derivados de la metodología aplicada, en la provincia de Chimborazo durante el período histórico de 1981 a 2015, se observa una variabilidad significativa en la precipitación anual en diversas áreas de la provincia. En las regiones oriental y occidental, se registran niveles de precipitación anual que oscilan entre 900 y 1500 milímetros. En contraste, en la zona sur de la provincia, se observa una escasez de lluvias, con niveles inferiores a 600 milímetros al año.

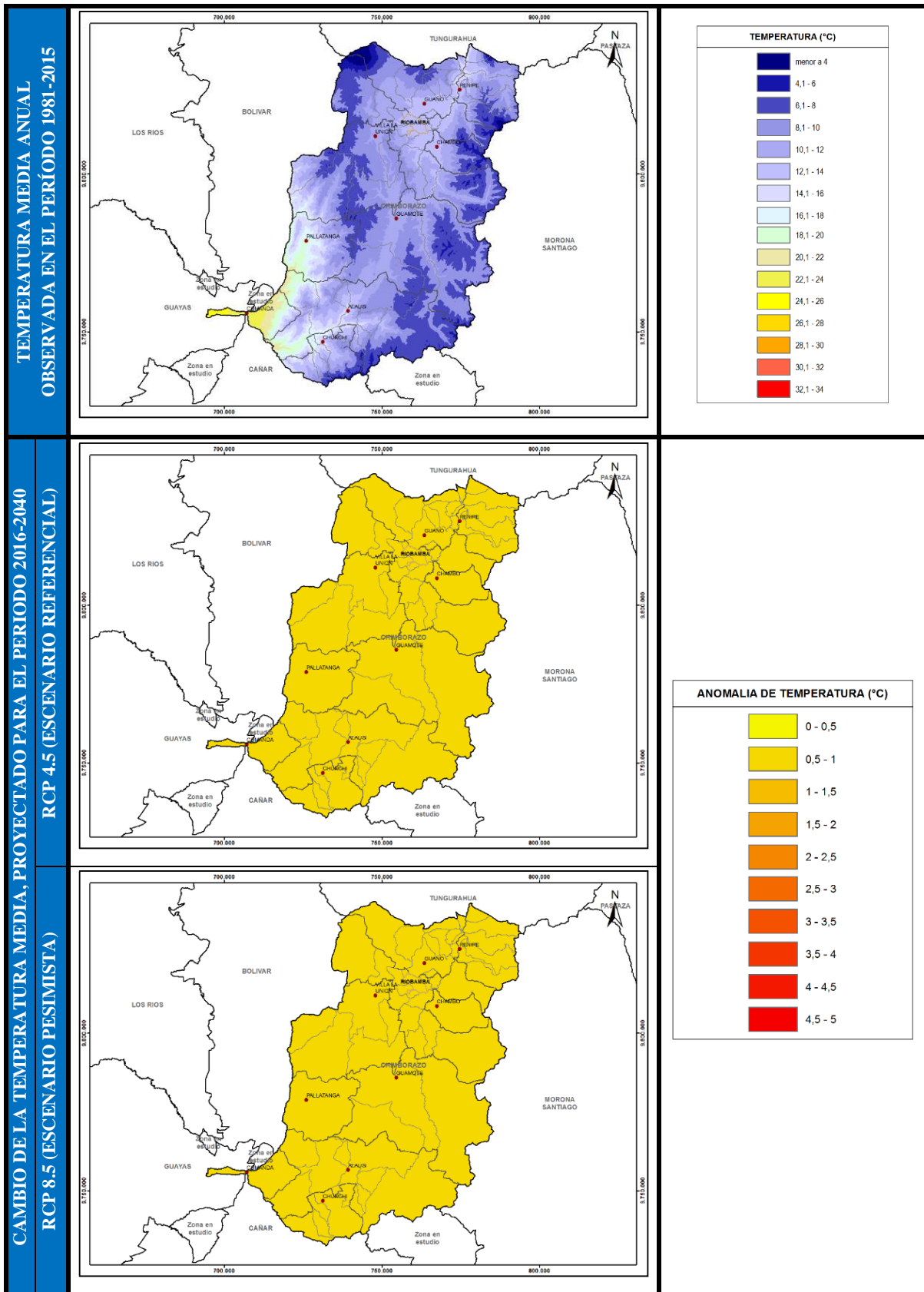
En lo que concierne a las proyecciones de posibles cambios climáticos para el período proyectado de 2016 a 2040, en comparación con el período de referencia, se anticipa un incremento en la precipitación en toda la provincia, bajo ambos escenarios considerados:

- En el escenario referencial (RCP 4.5), se espera un aumento del 4 % en la precipitación en la región sur de la provincia, y un aumento del 6 % en el resto de la región.
- En el escenario pesimista (RCP 8.5), se pronostican incrementos aún más marcados, que van desde un 6 % hasta un 9 % en las precipitaciones en todas las áreas de la provincia.

Estos resultados indican una tendencia al aumento de la precipitación en la provincia de Chimborazo durante el período proyectado, particularmente en el escenario pesimista. Esto conllevaría implicaciones significativas, como el riesgo de inundaciones, deslizamientos de tierra y la necesidad de gestionar los recursos hídricos, entre otros. Por consiguiente, se hace imperativa la planificación de estrategias de adaptación al cambio climático en la región.



### 2.2.2. Tendencia de temperatura promedio



Fuente: Herramienta del (MAE 2019)

Elaboración propia

**Interpretación de resultados:**

Lo que se puede interpretar del mapa generado por la herramienta del MAATE, las condiciones de temperatura en la provincia de Chimborazo durante el período de referencia (1981-2015), exhibe una amplia gama de temperaturas, que varían desde los 3 °C hasta los 22 °C.

Las áreas de mayor calidez se localizan en la porción suroccidental de la provincia, donde las temperaturas superan los 18 °C. Por otro lado, en el noroccidente de la provincia, se registran temperaturas más bajas, descendiendo por debajo de los 4 °C. En las áreas centrales de la provincia, las temperaturas se mantienen en un rango promedio que oscila entre los 8 °C y los 16 °C, con ligeras variaciones en sectores específicos.

Cuando se analizan los escenarios de cambio climático proyectados para el período 2016-2040, tanto bajo el RCP 4.5 como bajo el RCP 8.5, se anticipa un incremento en la temperatura en toda la provincia, estimado en un rango de 0,6 a 1 °C.

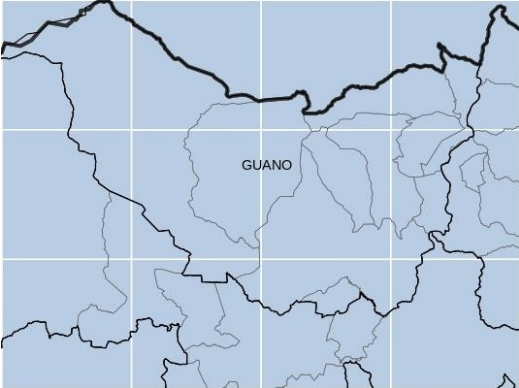
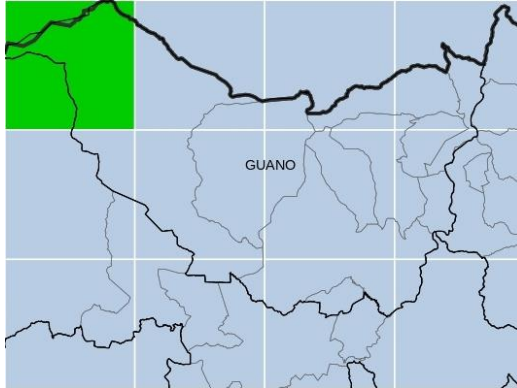
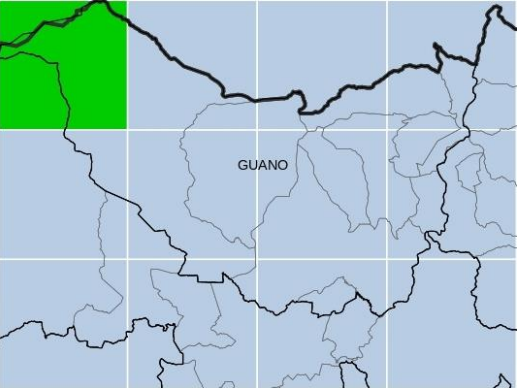
Estos resultados indican una tendencia al calentamiento que podría tener implicaciones significativas para la provincia de Chimborazo, incluyendo efectos en la agricultura, recursos hídricos y otros aspectos de relevancia en la adaptación al cambio climático en la región.

Tras exponer los resultados a nivel provincial, a continuación, se detallan los resultados específicos para el cantón Guano en relación con los diferentes índices climáticos empleados, acompañados de sus respectivas interpretaciones.

Es esencial comprender igualmente el punto 2.1.1., titulado “Metodología,” en este documento, y leer detenidamente el Anexo 1, al que se hizo referencia en el mencionado punto.

Tabla 11

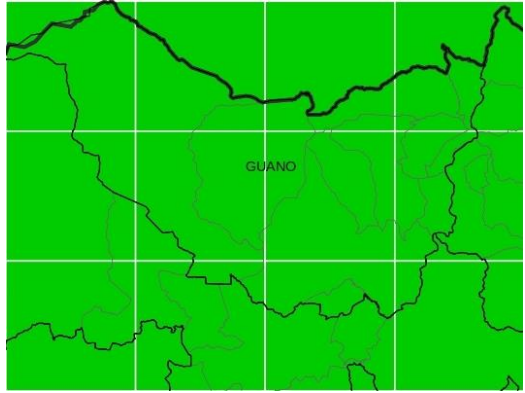
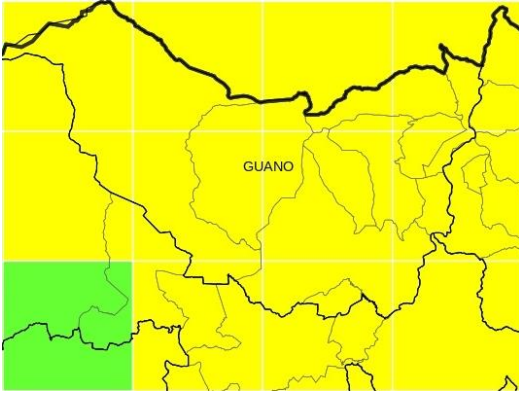
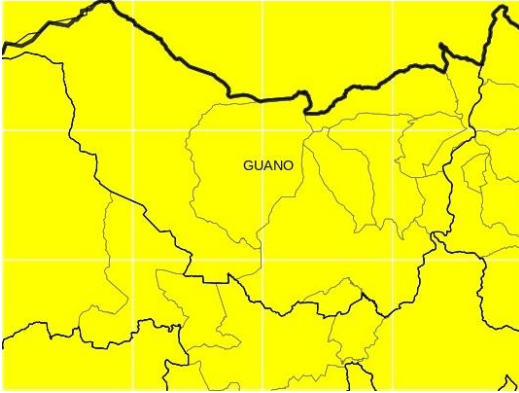
**Evaluación del riesgo de sequías en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040) en contraste con el clima histórico (1981-2015)**

Periodo Histórico: 1981 - 2015	Escenario Referencial: RCP 4.5 (2016 - 2040)	Escenario Pesimista: RCP 8.5 (2016 - 2040)							
									
<p><b>Leyenda</b></p>	<p><b>Interpretación de resultados obtenidos:</b></p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CATEGORÍA NORMALIZACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 - NULA</td> </tr> <tr> <td>1 - MUY BAJA</td> </tr> <tr> <td>2 - BAJA</td> </tr> <tr> <td>3 - MODERADA</td> </tr> <tr> <td>4 - ALTA</td> </tr> <tr> <td>5 - MUY ALTA</td> </tr> </tbody> </table>	CATEGORÍA NORMALIZACIÓN	0 - NULA	1 - MUY BAJA	2 - BAJA	3 - MODERADA	4 - ALTA	5 - MUY ALTA	<p>Basándonos en los resultados obtenidos a través del método, se pueden extraer las siguientes conclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante el período histórico comprendido entre 1981 y 2015, se observa que en la totalidad del cantón se ha mantenido una tendencia hacia la disminución del número de días secos consecutivos al año. Este patrón de disminución resulta en una clasificación de nivel de amenaza nulo en la escala de normalización de la metodología.</li> <li>• Al examinar los posibles escenarios de cambio climático, se evidencia que en gran parte del cantón persistirá la tendencia hacia una reducción en la cantidad de días secos consecutivos. Sin embargo, se identifica una región en el noroccidente del cantón donde, tanto bajo los escenarios RCP 4.5 como RCP 8.5, se proyecta un leve aumento en la duración de los días secos consecutivos. Este aumento se traduce, según la escala de normalización, en la incorporación de tres días secos adicionales por año hacia el año 2040, en comparación con el período de referencia de 1981-2015.</li> </ul> <p>Estos hallazgos indican una tendencia general hacia una menor frecuencia de días secos consecutivos en el cantón, con la excepción de la mencionada región noroccidental, lo que tiene implicaciones importantes para la planificación de la gestión del agua y la adaptación al cambio climático en esa área específica.</p>	
CATEGORÍA NORMALIZACIÓN									
0 - NULA									
1 - MUY BAJA									
2 - BAJA									
3 - MODERADA									
4 - ALTA									
5 - MUY ALTA									

Fuente: Herramienta del (MAE 2019). Elaboración propia

Tabla 12

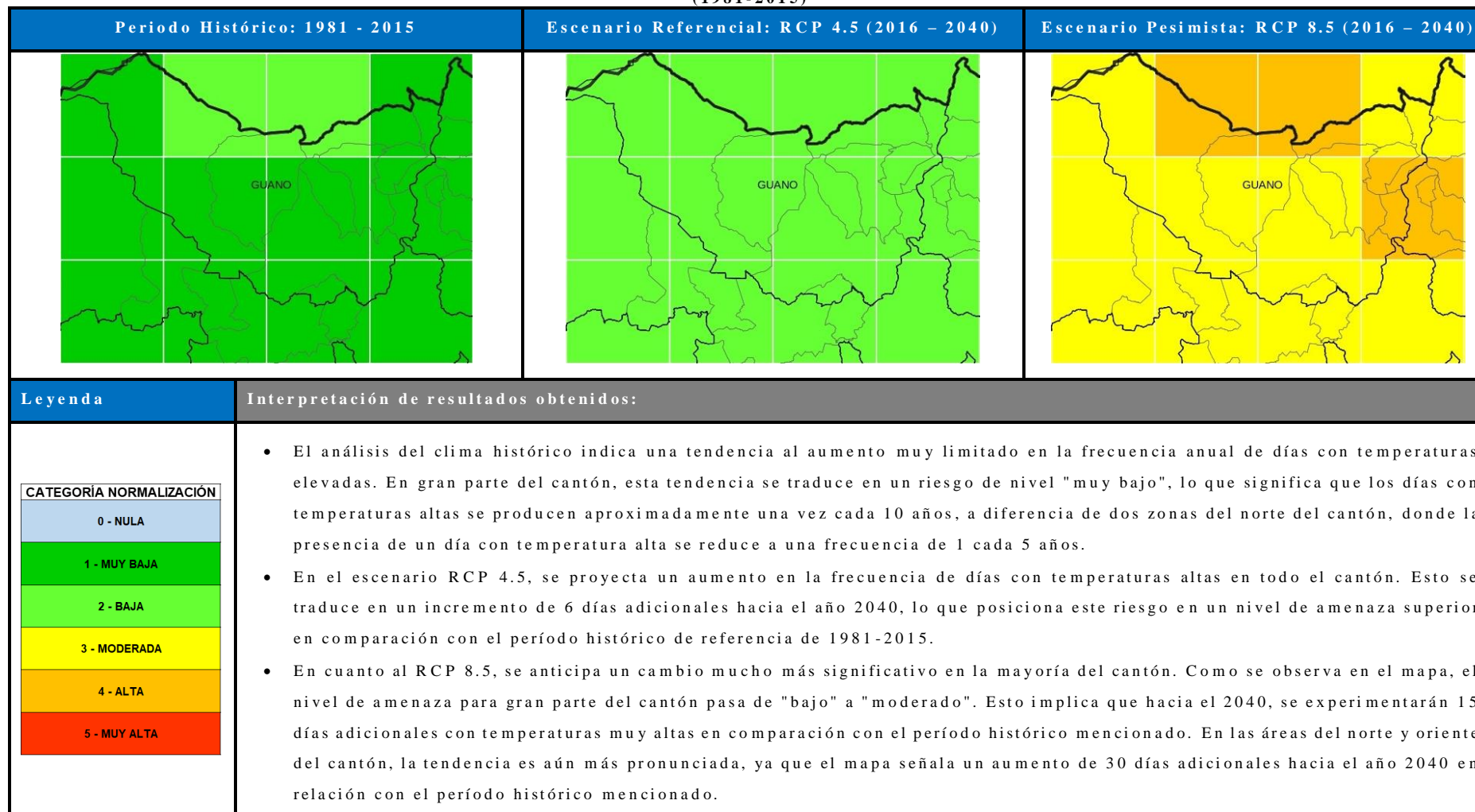
Evaluación del riesgo de lluvias intensas en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040) en contraste con el clima histórico (1981-2015)

Periodo Histórico: 1981 - 2015	Escenario Referencial: RCP 4.5 (2016 - 2040)	Escenario Pesimista: RCP 8.5 (2016 - 2040)							
									
<b>Leyenda</b>	<b>Interpretación de resultados obtenidos:</b>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CATEGORÍA NORMALIZACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 - NULA</td> </tr> <tr> <td>1 - MUY BAJA</td> </tr> <tr> <td>2 - BAJA</td> </tr> <tr> <td>3 - MODERADA</td> </tr> <tr> <td>4 - ALTA</td> </tr> <tr> <td>5 - MUY ALTA</td> </tr> </tbody> </table>	CATEGORÍA NORMALIZACIÓN	0 - NULA	1 - MUY BAJA	2 - BAJA	3 - MODERADA	4 - ALTA	5 - MUY ALTA	<p>Tras analizar los resultados obtenidos al aplicar el método, se derivan las siguientes conclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tratamiento estadístico de los datos históricos abarcando el período de 1981 a 2015 realizado por el método, se revela una tendencia al aumento de los días al año con lluvias extremas en todo el cantón Guano. En consecuencia, la amenaza relacionada con este factor climático se clasifica como "muy baja" según la escala de la metodología.</li> <li>• En lo que respecta a los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5, se observa que la tendencia al aumento de los días con lluvias extremas se intensificaría en todo el cantón Guano. Según la interpretación de la escala de normalización, esta proyección se traduce en un nivel de amenaza "moderada", indicando un incremento de aproximadamente 1 día cada 2 o 5 años. Esto implica que hacia el año 2040, el aumento total de días con lluvias extremas ascendería a 15 días en comparación con el período histórico.</li> </ul> <p>Estos resultados indican una tendencia clara hacia un aumento en la frecuencia de días con lluvias extremas en el cantón Guano bajo los escenarios de cambio climático considerados, lo que tiene implicaciones significativas en la planificación de la gestión de riesgos y la adaptación al cambio climático en la región.</p>	
CATEGORÍA NORMALIZACIÓN									
0 - NULA									
1 - MUY BAJA									
2 - BAJA									
3 - MODERADA									
4 - ALTA									
5 - MUY ALTA									

Fuente: Herramienta del (MAE 2019). Elaboración propia

Tabla 13

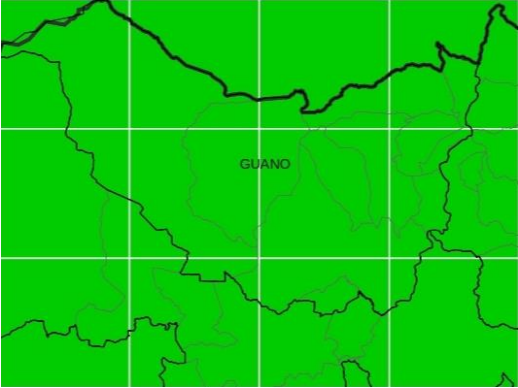
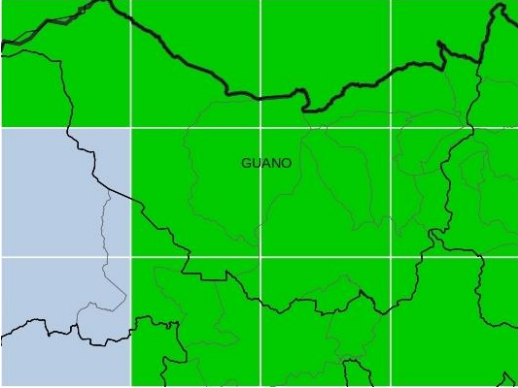
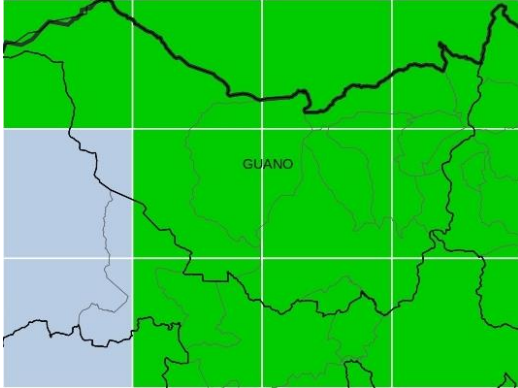
Evaluación del riesgo de altas temperaturas en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040) en contraste con el clima histórico (1981-2015)



Fuente: Herramienta del (MAE 2019). Elaboración propia

Tabla 14

Evaluación del riesgo de heladas en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 (2016-2040) en contraste con el clima histórico (1981-2015)

Periodo Histórico: 1981 - 2015	Escenario Referencial: RCP 4.5 (2016 - 2040)	Escenario Pesimista: RCP 8.5 (2016 - 2040)							
									
Leyenda	Interpretación de resultados obtenidos:								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CATEGORÍA NORMALIZACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 - NULA</td> </tr> <tr> <td>1 - MUY BAJA</td> </tr> <tr> <td>2 - BAJA</td> </tr> <tr> <td>3 - MODERADA</td> </tr> <tr> <td>4 - ALTA</td> </tr> <tr> <td>5 - MUY ALTA</td> </tr> </tbody> </table>	CATEGORÍA NORMALIZACIÓN	0 - NULA	1 - MUY BAJA	2 - BAJA	3 - MODERADA	4 - ALTA	5 - MUY ALTA	<p>Basándonos en los mapas obtenidos al aplicar la metodología del MAATE en el cantón Guano, se derivan las siguientes conclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante el período histórico de 1981-2015, los datos analizados por el método indican que, en la totalidad del territorio del cantón, la tendencia al aumento de la frecuencia anual de días con heladas es calificada como "muy baja". Esto implica que, en promedio, se presentó solo 1 día con heladas cada 10 años durante ese período.</li> <li>• En cuanto a los escenarios de cambio climático, tanto el referencial como el pesimista sugieren que la mayoría de las áreas mantendrían las tendencias históricas, es decir, la tendencia seguiría siendo "muy baja". Esto significa que, en promedio, se presente solo 1 día con heladas cada década en estas áreas.</li> <li>• Sin embargo, se identifica una pequeña región en el suroeste del cantón donde se proyecta una tendencia inversa. En lugar de experimentar un aumento en la frecuencia de días con heladas, se anticipa una disminución hacia el año 2040 en comparación con el período histórico de 1981-2015. En consecuencia, la amenaza de eventos de heladas en estas áreas se considera "nula".</li> </ul>	
CATEGORÍA NORMALIZACIÓN									
0 - NULA									
1 - MUY BAJA									
2 - BAJA									
3 - MODERADA									
4 - ALTA									
5 - MUY ALTA									

Fuente: Herramienta del (MAE 2019). Elaboración propia

### 3. Análisis crítico del método del MAATE: Potencialidades y Limitaciones

Esta herramienta proporciona orientación para la integración de criterios relacionados con el cambio climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de Ecuador. Destaca la importancia de comprender los impactos y vulnerabilidades del cambio climático para tomar decisiones informadas y aplicar medidas adecuadas.

Además, la herramienta reconoce la incertidumbre asociada a las proyecciones climáticas y promueve la utilización de datos observados y herramientas de análisis cualitativo para mejorar la caracterización de las condiciones climáticas. Asimismo, resalta la necesidad de coordinación y colaboración entre diversas partes interesadas, incluyendo instituciones gubernamentales, el sector privado, instituciones académicas y la sociedad civil.

Mediante la aplicación de la metodología del MAATE en el caso de estudio del cantón Guano, se han identificado una serie de observaciones, las cuales se han categorizado como potencialidades y limitaciones, como se detallan en la Tabla 15 y Tabla 16, respectivamente.

Tabla 15  
**Potencialidades de la metodología del MAATE**

Aspecto	Descripción
Enfoque integral	La herramienta cubre tanto los aspectos de adaptación como de mitigación del cambio climático, proporcionando un enfoque holístico para abordar los riesgos y oportunidades climáticos en el PDOT.
Integración de datos climáticos	La herramienta hace hincapié en el uso de datos y proyecciones climáticos para informar la toma de decisiones, garantizando que los planes se basen en la mejor información disponible.
Flexibilidad	La herramienta permite la inclusión de información adicional y datos locales, permitiendo la personalización a contextos territoriales específicos.
Colaboración	La herramienta fomenta la colaboración entre las diferentes partes interesadas, promoviendo un enfoque multisectorial y participativo de la planificación del cambio climático.

Fuente y Elaboración propia

Tabla 16  
**Limitaciones de la metodología del MAATE**

Aspecto	Descripción
Falta de especificidad	La herramienta proporciona orientación general, pero no metodologías o herramientas específicas para realizar evaluaciones de riesgos climáticos o identificar medidas de adaptación y mitigación. Es posible que se necesiten recursos y capacitación adicionales para aplicar la herramienta con eficacia.



Enfoque limitado en el seguimiento y la evaluación	La herramienta no proporciona orientación detallada sobre el seguimiento y la evaluación de la eficacia de las medidas aplicadas, lo cual es crucial para la gestión adaptativa y el aprendizaje.
Requisitos de capacidad técnica	La herramienta asume un cierto nivel de capacidad técnica en términos de análisis de datos, modelización climática y evaluación de riesgos, lo que puede suponer una limitación para algunos gobiernos locales.

Fuente y Elaboración propia

### 3.1. Reflexiones sobre el método MAATE

- La incorporación de criterios de cambio climático en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial es fundamental para garantizar la sostenibilidad y la resiliencia de las comunidades frente a los impactos del cambio climático.
- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) deben considerar los vínculos entre sus competencias y objetivos estratégicos con la adaptación y la mitigación del cambio climático.
- La incertidumbre acerca de la gravedad y el momento en que se sentirán los impactos del cambio climático requiere que las decisiones de planificación estén basadas en información recopilada a nivel territorial.

### 3.2. Recomendaciones para mejorar el método en el contexto ecuatoriano

- Incentivar la colaboración activa de actores clave, como entidades gubernamentales, empresas privadas, organizaciones sociales y académicas, en todas las etapas de implementación de las medidas propuestas.
- Reforzar las competencias técnicas, legales e institucionales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) para llevar a cabo sus funciones relacionadas con el cambio climático de manera efectiva.
- Establecer mecanismos de coordinación, como mesas de trabajo, entre los diversos actores identificados, para abordar tanto los impactos adversos como las oportunidades generadas por el cambio climático.
- Impulsar la capacitación técnica a nivel local para llevar a cabo evaluaciones de riesgos climáticos, aprovechar datos climáticos de manera eficaz e implementar medidas de adaptación y mitigación de manera adecuada.



- Desarrollar metodologías y herramientas estandarizadas para la evaluación de riesgos climáticos y la identificación de estrategias de adaptación y mitigación, considerando las particularidades del contexto ecuatoriano.
- Crear un marco integral para supervisar y evaluar la efectividad de las medidas implementadas, lo que permitirá una gestión adaptativa y la mejora continua de las estrategias climáticas.
- Facilitar la colaboración y el intercambio de información entre las partes interesadas, incluyendo instituciones gubernamentales, el sector académico y la sociedad civil, para fortalecer la implementación de medidas relacionadas con el cambio climático.
- Hay que asegurar que la herramienta sea accesible para todas las partes interesadas, incluyendo gobiernos locales, mediante instrucciones claras e interfaces amigables. Considerar la traducción de la herramienta a lenguas locales para llegar a un público más amplio.
- Ofrecer programas de formación y capacitación a funcionarios y equipos técnicos de gobiernos locales sobre la integración efectiva de criterios climáticos en los Planes de Desarrollo y Ordenación Territorial (PDOT).
- Fomentar la colaboración activa de diversas partes interesadas, como comunidades locales, organizaciones de la sociedad civil y el sector privado, para garantizar una planificación climática integral y equitativa.
- Garantizar que la herramienta proporcione acceso a datos actualizados y pertinentes sobre el cambio climático, incluyendo proyecciones, evaluaciones de vulnerabilidad y mapas de riesgo, para una toma de decisiones informada.
- Incluir un componente de seguimiento y evaluación en la herramienta para supervisar la aplicación y efectividad de las medidas climáticas, identificando oportunidades de mejora y ajustes necesarios.
- Establecer plataformas y mecanismos para el intercambio de mejores prácticas, lecciones aprendidas y experiencias exitosas entre los gobiernos locales de Ecuador, promoviendo un entorno colaborativo para compartir conocimientos.

### 3.3. Tabla sintética de las ventajas y eventuales cosas para mejorar en el método ecuatoriano

La Tabla 17 presenta las ventajas identificadas y las posibles mejoras para la metodología del MAATE, las cuales fueron identificadas durante la revisión bibliográfica y la implementación de esta herramienta en el contexto ecuatoriano.

Tabla 17

#### Ventajas identificadas y las posibles mejoras para la metodología del MAATE

Ventajas	Mejoras potenciales
Facilita la incorporación de criterios de cambio climático en los PDOT	Mayor claridad en la estructura y organización de la herramienta
Basada en información recopilada a nivel territorial	Actualización constante de la información y los lineamientos técnicos
Promueve la participación de actores clave en la toma de decisiones	Mayor énfasis en la adaptación y mitigación del cambio climático en los PDOT
Fortalece las capacidades técnicas, legales e institucionales de los GAD	Incentivos para la implementación efectiva de las medidas propuestas en los PDOT
Enfoque global de la adaptación y la mitigación.	Falta de especificidad en las metodologías y herramientas.
Énfasis en la integración de los datos climáticos.	Orientación limitada sobre seguimiento y evaluación.
Flexibilidad para la adaptación a los contextos locales.	Requisitos de capacidad técnica.
Fomenta la colaboración entre las partes interesadas.	Necesidad de capacitación y de metodologías normalizadas.

Fuente y Elaboración propia

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

La evaluación de riesgos climáticos desempeña un papel crítico en la toma de decisiones informadas, particularmente en regiones vulnerables como Ecuador, donde el cambio climático está generando un aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos.

La “Herramienta para la Integración de Criterios de Cambio Climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial” del MAATE es una herramienta potencialmente útil para cualquier orden territorial dentro del Ecuador, ya que permite la integración de criterios de adaptación y mitigación al cambio climático en proyectos, obras y actividades que se puedan desarrollar por el gobierno local de turno. Al implementar esta herramienta, se espera obtener beneficios como la identificación de las amenazas climáticas, el análisis de la exposición climática, el análisis de la vulnerabilidad climática, la estimación de los impactos de origen climático sobre los elementos expuestos y la identificación de medidas de adaptación al cambio climático.

A pesar de sus ventajas, la metodología del MAATE se basa en la evaluación de amenazas tanto presentes como futuras, considerando el período histórico de 1981 a 2015 y el período proyectado de 2016 a 2040. Sin embargo, la falta de datos actuales puede limitar su efectividad en la toma de decisiones más recientes.

En el presente trabajo, se evaluó el desempeño y la pertinencia de la metodología de evaluación del riesgo climático del MAATE, mediante el estudio del caso en el cantón Guano, obteniendo potencialidades y limitaciones durante su aplicación.

Entre las potencialidades, destaca el enfoque integral que abarca tanto los aspectos de adaptación como de mitigación del cambio climático, proporcionando una perspectiva holística para abordar los riesgos y oportunidades climáticos en el Plan de Desarrollo Territorial (PDOT). Además, la herramienta enfatiza el uso de datos y proyecciones climáticas para respaldar la toma de decisiones, asegurando que los planes se basen en la información más precisa disponible. Asimismo, la herramienta exhibe flexibilidad al permitir la inclusión de información adicional y datos locales, lo que facilita su adaptación a contextos territoriales específicos. Por último, promueve la colaboración entre diversas

partes interesadas, fomentando un enfoque multisectorial y participativo en la planificación del cambio climático.

No obstante, también se han identificado ciertas limitaciones. La herramienta proporciona una orientación general, pero carece de metodologías o herramientas específicas para llevar a cabo evaluaciones de riesgos climáticos o identificar medidas concretas de adaptación y mitigación. Es posible que se requieran recursos adicionales y capacitación para aplicar la herramienta de manera efectiva. Además, esta no ofrece una guía detallada sobre el seguimiento y la evaluación de la eficacia de las medidas implementadas, un aspecto crucial para la gestión adaptativa y el aprendizaje continuo. Por último, la herramienta presupone cierto nivel de capacidad técnica en términos de análisis de datos, modelización climática y evaluación de riesgos, lo que podría representar una limitación para algunos gobiernos locales.

A pesar de sus limitaciones cuantitativas, el MAATE sigue siendo una herramienta valiosa en términos cualitativos al proporcionar datos y respuestas oportunas para las autoridades encargadas de incorporar estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático. Sin embargo, se reconoce la necesidad de considerar un componente cuantitativo más sólido para mejorar la precisión de los resultados y su aplicabilidad en diferentes contextos territoriales, como el uso de proyecciones más actuales con datos más recientes (no más de 10 años). También es importante desarrollar una metodología específica para llevar a cabo evaluaciones de riesgos climáticos más puntuales y no generales, como se hizo en esta investigación.

## **Recomendaciones**

Se hace hincapié en la necesidad de actualizar la base de datos climáticos históricos y en la importancia de involucrar a entidades gubernamentales relacionadas con el cambio climático en la elaboración de esta herramienta. La falta de datos coherentes y la dispersión de la información actual dificultan la investigación y la prevención de los efectos del cambio climático.

Asimismo, se recomienda una revisión de las indicaciones de aplicabilidad de la metodología del MAATE, especialmente en lo que respecta a la claridad de las leyendas en los mapas. La interpretación de resultados podría mejorarse para facilitar la comprensión y el uso efectivo de la herramienta.

Se recomienda que se proporcionen metodologías y herramientas específicas para realizar evaluaciones de riesgos climáticos e identificar medidas de adaptación y mitigación. Esto permitiría una aplicación más efectiva de la herramienta y una mejor comprensión de los riesgos y oportunidades climáticos en el PDOT.

Se sugiere que se incluya orientación detallada sobre el seguimiento y la evaluación de la eficacia de las medidas aplicadas. Esto es crucial para la gestión adaptativa y el aprendizaje, y permitiría una mejor comprensión de la efectividad de las medidas de adaptación y mitigación implementadas. Se propone que se proporcionen recursos y capacitación adicionales para aquellos gobiernos locales que puedan tener limitaciones en términos de capacidad técnica en análisis de datos, modelización climática y evaluación de riesgos. Esto permitiría una aplicación más efectiva de la herramienta y una mejor comprensión de los riesgos y oportunidades climáticos en el PDOT.



## Obras citadas

- Adger, W. Neil, Shardul Agrawala, M. Monirul Qader Mirza, Cecilia Conde, Karen O'Brien, Juan Pulhin, Roger Pulwarty, et al. 2005. «Assessment of Adaptation Practices, Options, Constraints and Capacity».
- Aguilar, Hildegardo Córdova. 2020. «Vulnerabilidad y gestión del riesgo de desastres frente al cambio climático en Piura, Perú». *Semestre Económico* 23 (54): 85-112. <https://doi.org/10.22395/seec.v23n54a5>.
- Almeida, Lutiane Queiroz de, Mariana Raissa Paula da Silva Costa, Ana Paula Rodrigues Feitosa Frazão, Anderson Gondim de Freitas, Eduardo Azevedo de Souza, Jhonathan Lima de Souza, Lucíola Silva de Matos, Pedro Henrique da Silva Juvenal, Jeferson Gomes da Silva, y Thiago Santoro Baptista Tirelo. 2023. «Riesgo de desastre y cambio climático: Un breve análisis a partir del estudio de caso de Galinhos, Brasil». *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER* 7 (2): 111-25. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i2.127>.
- Banco Interamericano de Desarrollo. 2022. «Construyendo resiliencia: lecciones aprendidas en America Latina y el Caribe | Publications». marzo de 2022. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Construyendo-resiliencia-lecciones-aprendidas-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>.
- Barandiarán, Melissa, Maricarmen Esquivel, Sergio Lacambra, Ginés Suárez, y Daniela Zuloaga. 2019. «Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID: Documento técnico de referencia para equipos a cargo de proyectos del BID». Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Metodologia-de-evaluacion-del-riesgo-de-desastres-y-cambio-clim%C3%A1tico-para-proyectos-del-BID-Documento-tecnico-de-referencia-para-equipos-a-cargo-de-proyectos-del-BID.pdf>.
- Basagoiti Alcazar, Ramón. 2021. «Prevención Comunitario de la Amenaza de Inundaciones en Comunidades Vulnerables mediante Indicadores y Modelización Hidráulica, Estudio Aplicado en la Comunidad de Bienvenido, República Dominicana». Masters, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM). East=

- 70.0274643; north=18.472804; name=Bienvenido, Santo Domingo, Republica Dominicana. <https://oa.upm.es/67997/>.
- Bonilla Melena, Willam Vinicio. 2016. «Plan integral de señalización y semaforización vial del Cantón Guano, Provincia de Chimborazo, durante el periodo Octubre 2015 a Octubre 2016». bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5027>.
- Caballero, Margarita, Socorro Lozano, y Beatriz Ortega. 2007. «Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra». *Revista Digital Universitaria*.
- Cabrera, Lizbeth. 2018. «Determinación de la vulnerabilidad hídrica del río Guano de la provincia de Chimborazo, en cantidad y calidad y su disponibilidad frente al cambio climático». Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4997>.
- Cadilhac, Laura, Rossana Torres, Juan Veerle, y Edison Calderón. 2017. «Desafíos Para La Investigación Sobre El Cambio Climático En Ecuador». *Neotropical Biodiversity* 3 (1): 168-81. <https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1328247>.
- Castro, Luis Alberto Tuaza, Craig Anthony Johnson, y Matthew Willis McBURNEY. 2021. *El Cambio Climático y las Comunidades Indígenas en los Andes del Ecuador. Editorial Universidad Nacional de Chimborazo*. Editorial Universidad Nacional de Chimborazo. <https://doi.org/10.37135/u.editorial.05.40>.
- CDKN. 2014. «El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC: ¿Qué implica para Latinoamérica?» <https://cdkn.org/sites/default/files/files/INFORME-del-IPCC-Que-implica-para-Latinoamerica-CDKN.pdf>.
- CEPAL. 2014. *Procesos de adaptación al cambio climático: análisis de América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37613-procesos-adaptacion-al-cambio-climatico-analisis-america-latina>.
- Chivelet, Javier Martín. 2019. «Memorias de un Clima Cambiante». Shackleton books. <https://shackletonbooks.com/img/cms/1%20Cap%C3%ADtulo%20-%20Memorias%20de%20un%20clima%20cambiante.pdf>.
- Choclán Gámez, Felipe, Hugo Sánchez, y Manuel José Soler Severino. 2018. «Definición de roles y responsabilidades en el ciclo de vida del proyecto BIM en el proceso constructivo». *Spanish Journal of Building Information Modeling*, n.º 18: 14-24.



- Chowdhury, Md. Arif, Md. Khalid Hasan, y Syed Labib Ul Islam. 2022. «Climate change adaptation in Bangladesh: Current practices, challenges and the way forward». *The Journal of Climate Change and Health* 6 (mayo): 100108. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100108>.
- Confirmado.net, Roger. 2021. «Escenas de horror vivió Guano (Chimborazo) por aluvión». *Confirmado.net* (blog). 13 de diciembre de 2021. <https://confirmado.net/2021/12/13/escenas-de-horror-vivio-guano-chimborazo-por-aluvion/>.
- DesInventar Project. 2019. «DesInventar Project - Official Website». 2019. <https://www.desinventar.org/>.
- Equipo Técnico MIDUVI. 2015. «Informe Nacional del Ecuador para la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible HABITAT III». Informe Nacional del Ecuador. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Gobierno de la República del Ecuador (MIDUVI). [https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/Informe-Pais-Ecuador-Enero-2016\\_vf.pdf](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/Informe-Pais-Ecuador-Enero-2016_vf.pdf).
- FAO, ed. 2014. *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. Rome: FAO.
- Fatemi, Md Nawrose, Seth Asare Okyere, Stephen Kofi Diko, y Michihiro Kita. 2020. «Multi-Level Climate Governance in Bangladesh via Climate Change Mainstreaming: Lessons for Local Climate Action in Dhaka City». *Urban Science* 4 (2): 24. <https://doi.org/10.3390/urbansci4020024>.
- García Vaicilla, Jamil Alexander. 2016. «Elaboración de listas de chequeo para la evaluación de la vulnerabilidad estructural de la planta de potabilización de agua del Casigana, ubicada en la parroquia Santa Rosa; ante fenómenos naturales potencialmente peligrosos de la ciudad de Ambato». bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/24611>.
- Gestión de Riesgos. 2022. «Medidas preventivas frente a inundaciones y deslizamientos – Secretaría de Gestión de Riesgos». 2022. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/medidas-preventivas-frente-a-inundaciones-y-deslizamientos/>.
- González, A. Nájera, F. M. Carrillo González, y O. Nájera González. 2022. «Propuesta de indicadores de variabilidad climática con datos mensuales aplicado a climas

- cálidos en zonas costeras de México». *Revista Bio Ciencias* 9 (enero): 24 pág-24 pág. <https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1173>.
- Green Climate Fund. 2019. «Green Climate Fund». 2019. <https://www.greenclimate.fund/#>.
- Hidalgo, Ana Campos, y María del Mar Barbero–Barrera. 2020. «Evaluación de la digitalización frente a desastres naturales: los casos de Guatemala, Costa Rica y Nicaragua». *Revista de Fomento Social*, 327-54. <https://doi.org/10.32418/rfs.2020.298.4343>.
- Huguet, Josep Pastrana, Maria Francisca Casado Claro, y Elisa Gavari Starkie. 2021. «Aportaciones desde Japón para la construcción de un mundo global resiliente a través de la reducción del riesgo de desastres». *Mirai. Estudios Japoneses* 5 (junio): 15-28. <https://doi.org/10.5209/mira.73962>.
- Idrovo Zambrano, Natalia Alexandra. 2011. «Diseño de un plan de adaptación al cambio climático para la reserva geobotánica Pululahua.» bachelorThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2011. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/2240>.
- IISD. 2012. «CRiSTAL User’s Manual Version 5 Community-Based Risk Screening Tool – Adaptation and Livelihoods». International Institute for Sustainable Development. [https://www.iisd.org/system/files/publications/cristal\\_user\\_manual\\_v5\\_2012.pdf](https://www.iisd.org/system/files/publications/cristal_user_manual_v5_2012.pdf).
- INEC. 2010. «Población y Demografía». Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2010. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>.
- IPCC. 2009. «Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático». Informe Especial del IPCC. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/IPCC\\_SREX\\_ES\\_web-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/IPCC_SREX_ES_web-1.pdf).
- . 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Editado por Christopher B. Field, Vicente R. Barros, y Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, NY: Cambridge University Press.
- . 2022. «Resumen Para Responsables de Políticas». En *Cambio Climático 2022: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Contribución Del Grupo de Trabajo II al Sexto Informe de Evaluación Del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático*, editado por H. O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska,

- K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, et al., 3-33. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE.UU: Cambridge University Press.
- Leagnavar, Punjanit, Dennis Bours, y Colleen McGinn. 2015. *Good Practice Study on Principles for Indicator Development, Selection, and Use in Climate Change Adaptation Monitoring and Evaluation*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2134.5048>.
- MAATE. 2023. «Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador (2023-2027)». <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/PLAN-NACIONAL-DE-ADAPTACION-2.pdf>.
- MAE. 2017. «Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático». Ministerio del Ambiente del Ecuador. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-20171-ilovepdf-compressed1.pdf>.
- . 2019. «Herramienta para la integración de criterios de Cambio Climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial». Ministerio del Ambiente. <https://www.adaptacioncc.com/publicaciones-documentos/herramienta-integracion>.
- Medina, Ismael Orozco, y Adrián Martínez Bárcenas. 2022. «Metodología para evaluar la vulnerabilidad de sistemas hidrológicos ante los potenciales efectos del cambio climático». *Acta Universitaria* 32 (agosto): 1-15. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3426>.
- Meybeck, Alexandre, FAO, y OECD, eds. 2012. *Building Resilience for Adaptation to Climate Change in the Agriculture Sector: Proceedings of a Joint FAO/OECD Workshop 23-24 April 2012*. Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Organisation for Economic Co-operation and Development.
- MITECO. 2022. «¿Qué es la adaptación al cambio climático?» 2022. [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/que\\_es\\_la\\_adaptacion.html](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/que_es_la_adaptacion.html).
- Moos, Christine, Peter Bebi, Massimiliano Schwarz, Markus Stoffel, Karen Sudmeier-Rieux, y Luuk Dorren. 2018. «Ecosystem-based disaster risk reduction in mountains». *Earth-Science Reviews* 177 (febrero): 497-513. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.12.011>.

- Morán-Tejeda, E., Juan Bazo, J. I. López-Moreno, E. Aguilar, C. Azorín-Molina, Arturo Sanchez-Lorenzo, Rodney Martínez, et al. 2016. «Climate Trends and Variability in Ecuador (1966–2011)». *Repositorio Institucional - SENAMHI*, enero. <https://doi.org/10.1002/joc.4597>.
- Municipio de Guano. 2023. «SE APROBÓ PLAN DE CONTINGENCIA POR EL FENÓMENO DEL NIÑO Y DEMÁS EVENTOS ADVERSOS PARA EL ÚLTIMO CUATRIMESTRE DEL 2023». *Municipio de Guano* (blog). 16 de octubre de 2023. <https://municipiodeguano.gob.ec/wpguano/index.php/2023/10/16/se-aprobo-plan-de-contingencia-por-el-fenomeno-del-nino-y-demas-eventos-adversos-para-el-ultimo-cuatrimestre-del-2023/>.
- ONU en Costa Rica. 2021. «Cambio climático: América Latina será una de las regiones más afectadas | Noticias ONU». 17 de agosto de 2021. <https://news.un.org/es/story/2021/08/1495582>.
- Ortiz-Solorio, Carlos Alberto, y Edgar V. Gutiérrez-Castorena. 2014. «Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio de Conservación de Recursos Naturales Décima segunda Edición, 2014».
- PDOT GAD Guano. 2018. «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cantón Guano 2018».
- PDOT GADM Guano. 2021. «Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Guano 2019-2023». CESA.
- Pi-Anguita, Joaquín. 1997. «Expectativas racionales y la relevancia de la teoría de la probabilidad para la incertidumbre». <http://www.joquinpi.com/topic2>.
- Pimbo Chicaiza, William Roberto. 2013. «Estudio De La Vulnerabilidad Físico Estructural Y Funcional En Instituciones Públicas Ante El Riesgo De Sismos, Deslizamientos E Inundaciones En El Área Urbana De La Ciudad De Guaranda De Febrero Del 2012 A Febrero Del 2013». bachelorThesis, Universidad Estatal De Bolívar Facultad De Ciencias De La Salud Y Del Ser Humano Escuela De Administración Para Desastres Y Gestión De Riesgo. <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/626>.
- PNUD. 2021. *Lineamientos metodológicos para la incorporación del enfoque de género en iniciativas, acciones y productos desarrollados por el Proyecto Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PLANACC)*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador.

- [https://www.adaptacioncc.com/sites/default/files/2021-04/Lineamientos%20metodologicos%20genero\\_PLANACC\\_VF.pdf](https://www.adaptacioncc.com/sites/default/files/2021-04/Lineamientos%20metodologicos%20genero_PLANACC_VF.pdf).
- Porras, Guillermo Eduardo Armenta, Jorge Luis Villa Cedeño, y Pablo S. Jácome. 2016. «Poyecciones Climáticas de Precipitación y Temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de Cambio Climático», junio.
- Primera NDC del Ecuador. 2019. «Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) para el Acuerdo de Paris bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático». <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Primera%20NDC%20Ecuador.pdf>.
- Redacción Primicias. 2021. «Guano, en emergencia tras daños causados por un aluvión». *Primicias* (blog). 13 de diciembre de 2021. <https://www.primicias.ec/noticias/lo-ultimo/emergencia-aluvion-guano-ecuador/>.
- Reyes, Jonnathan, Mario Fernández, Sara Grineski, y Timothy Collins. 2014. «Natural Hazards in Santo Domingo de Heredia, Costa Rica, Central America». *Natural Science*, febrero de 2014. [https://www.scirp.org/\(S\(oyulxb452alnt1aej1nfow45\)\)/journal/paperinformation.aspx?paperid=43236](https://www.scirp.org/(S(oyulxb452alnt1aej1nfow45))/journal/paperinformation.aspx?paperid=43236).
- Rojas Polanco, Maria Isabel. 2016. «Modelo económico sostenible en procesos de adaptación al cambio climático». [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidad de La Laguna. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=118446>.
- SIGTIERRAS. 2017. «Memoria explicativa del Mapa de Órdenes de Suelos del Ecuador». Memoria. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería. [http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/MEMORIA\\_MAPA\\_DE\\_ORDENES\\_DE\\_SUELOS\\_MAG\\_SIGTIERRAS.pdf](http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/MEMORIA_MAPA_DE_ORDENES_DE_SUELOS_MAG_SIGTIERRAS.pdf).
- SNI-CCE. 2017. «Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático». <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-20171-ilovepdf-compressed1.pdf>.
- Thomas, David S. G., Chasca Twyman, Henny Osbahr, y Bruce Hewitson. 2007. «Adaptation to Climate Change and Variability: Farmer Responses to Intra-Seasonal Precipitation Trends in South Africa». *Climatic Change* 83 (3): 301-22. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9205-4>.

- UNDRR. 2004. *Reducing disaster risk: a challenge for development, a global report*. New York: United Nations Development Programme. [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/es/rdr\\_esp\\_reduccion%20de%20riesgos%20de%20desastres.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/es/rdr_esp_reduccion%20de%20riesgos%20de%20desastres.pdf).
- Urrutia, Rocío, y Mathias Vuille. 2009. «Climate Change Projections for the Tropical Andes Using a Regional Climate Model: Temperature and Precipitation Simulations for the End of the 21st Century». *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 114 (D2). <https://doi.org/10.1029/2008JD011021>.
- USAID. 2023. «ADS Reference 201mal | Document». U.S. Agency for International Development. 20 de enero de 2023. <https://www.usaid.gov/about-us/agency-policy/series-200/references-chapter/201mal>.
- Velasco, Bolívar. 2021. «Viviendas afectadas y autos arrasados por aluvión en Guano». *El Comercio*. 12 de diciembre de 2021. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/autos-arrasados-aluvion-guano-clima.html>.
- Viloria Villegas, Margarita Inés. 2015. «Metodología para la evaluación de impacto ambiental aplicada al ciclo de vida de proyectos de infraestructura en Colombia». <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58068>.
- Wisner, Ben, Ian Davis, Terry Cannon, y Piers Blaikie. 2014. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. 2.<sup>a</sup> ed. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203714775>.
- World Bank Group. 2015. «Key Lessons from the Pilot Program for Climate Resilience: A practical resource for all involved with strategic planning processes and mainstreaming of climate resilience». <https://documents1.worldbank.org/curated/en/951431600149037252/pdf/A-Practical-Resource-for-all-involved-with-Strategic-Planning-Processes-and-Mainstreaming-of-Climate-Resilience.pdf>.
- World Food Programme, Rossella. 2017. «VAM Guidance Paper Creation of a Wealth Index».
- WWF. 2019. «¿Cuál es la diferencia entre mitigar y adaptarse al cambio climático? | Historias | Descubre WWF». *DESCUBRE WWF*. 11 de julio de 2019. <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/cual-es-la-diferencia-entre-mitigar-y-adaptarse-al-cambio-climatico>.

———. 2021. «Urban Nature Based Solutions Cities Leading The Way 2021». Editado por Anek Soowannaphoom.

Yáñez-Moreta, Patricio, Marlon Núñez, Fernanda Carrera, y Christian Martínez. 2011. «Posibles efectos del cambio climático global en zonas silvestres protegidas de la Zona Andina de Ecuador». *La Granja* 14 (2): 24-34. <https://doi.org/10.17163/lgr.n14.2011.03>.

## Anexos

### Anexo 1: Leyendas para los niveles de amenaza para cada uno de los índices climáticos de la metodología del MAATE.

	SI LA TENDENCIA DEL ÍNDICE (x) (#días/año) ES...	...SU NIVEL DE AMENAZA ES...	...LO QUE QUIERE DECIR QUE...
CDD (SEQUIÁS)	$x \leq 0$	0 - NULO	La tendencia es hacia la reducción del número de días secos consecutivos al año (Es decir habrá más días con lluvias y las sequías serían más cortas. Por lo tanto el nivel de amenaza es nulo)
	$0 < x \leq 0,1$	1 - MUY BAJO	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 10 o más años (Las sequías más fuertes se extenderían en un día y medio más hacia el año 2030, y se extenderían en 3 días más hacia el año 2040)
	$0,1 < x \leq 0,2$	2 - BAJO	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 5 o 10 años (Las sequías más fuertes se extenderían en 3 días más hacia el año 2030, y se extenderían en 6 días más hacia el año 2040)
	$0,2 < x \leq 0,5$	3 - MODERADO	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 2 o 5 años (Las sequías más fuertes se extenderían en 6 días más hacia el año 2030, y se extenderían en 15 días más hacia el año 2040)
	$0,5 < x \leq 1$	4 - ALTO	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 1 o 2 años (Las sequías más fuertes se extenderían en 15 días más hacia el año 2030, y se extenderían en 30 días más hacia el año 2040)
	$x > 1$	5 - MUY ALTO	La tendencia es hacia el aumento de más de 1 día cada año (Las sequías más fuertes se extenderían en 20 días más hacia el año 2030, y se extenderían en más de 30 días más hacia el año 2040)
R95p (LLUVIAS INTENSAS)	$x \leq 0$	0 - NULA	La tendencia es hacia la reducción del número de días al año con lluvias extremas (Es decir que cada año habrá menos días con lluvias extremas. Por lo tanto el nivel de amenaza es nulo)
	$0 < x \leq 0,1$	1 - MUY BAJA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 10 o más años (Habrá un día y medio más con lluvias extremas hacia el año 2030, y 3 días más con lluvias extremas hacia el año 2040)
	$0,1 < x \leq 0,2$	2 - BAJA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 5 o 10 años (Habrá 3 días más con lluvias extremas hacia el año 2030, y 6 días más con lluvias extremas hacia el año 2040)
	$0,2 < x \leq 0,5$	3 - MODERADA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 2 o 5 años (Habrá 6 días más con lluvias extremas hacia el año 2030, y 15 días más con lluvias extremas hacia el año 2040)
	$0,5 < x \leq 1$	4 - ALTA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 1 o 2 años (Habrá 15 días más con lluvias extremas hacia el año 2030, y 30 días más con lluvias extremas hacia el año 2040)
	$x > 1$	5 - MUY ALTA	La tendencia es hacia el aumento de más de 1 día cada año (Habrá 20 días más con lluvias extremas hacia el año 2030, y más de 30 días más con lluvias extremas hacia el año 2040)
TX95p (ALTAS TEMPERATURAS)	$x \leq 0$	0 - NULA	La tendencia es hacia la reducción del número de días al año con temperaturas muy altas (Es decir que cada año habrá menos días con temperaturas extremas. Por lo tanto el nivel de amenaza es nulo)
	$0 < x \leq 0,1$	1 - MUY BAJA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 10 o más años (Habrá un día y medio más con temperaturas muy altas hacia el año 2030, y 3 días más con temperaturas muy altas hacia el año 2040)
	$0,1 < x \leq 0,2$	2 - BAJA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 5 o 10 años (Habrá 3 días más con temperaturas muy altas hacia el año 2030, y 6 días más con temperaturas muy altas hacia el año 2040)
	$0,2 < x \leq 0,5$	3 - MODERADA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 2 o 5 años (Habrá 6 días más con temperaturas muy altas hacia el año 2030, y 15 días más con temperaturas muy altas hacia el año 2040)
	$0,5 < x \leq 1$	4 - ALTA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 1 o 2 años (Habrá 15 días más con temperaturas muy altas hacia el año 2030, y 30 días más con temperaturas muy altas hacia el año 2040)
	$x > 1$	5 - MUY ALTA	La tendencia es hacia el aumento de más de 1 día cada año (Habrá 20 días más con temperaturas muy altas hacia el año 2030, y más de 30 días más con temperaturas muy altas hacia el año 2040)
FD3 (HELADAS)	$x \leq 0$	0 - NULA	La tendencia es hacia la reducción del número de días al año con heladas (Es decir habrá menos eventos de heladas al año. Por lo tanto el nivel de amenaza es nulo)
	$0 < x \leq 0,1$	1 - MUY BAJA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 10 o más años (Habrá un día y medio más con heladas hacia el año 2030, y 3 días más con heladas hacia el año 2040)
	$0,1 < x \leq 0,2$	2 - BAJA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 5 o 10 años (Habrá 3 días más con heladas hacia el año 2030, y 6 días más con heladas hacia el año 2040)
	$0,2 < x \leq 0,5$	3 - MODERADA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 2 o 5 años (Habrá 6 días más con heladas hacia el año 2030, y 15 días más con heladas hacia el año 2040)
	$0,5 < x \leq 1$	4 - ALTA	La tendencia es hacia el aumento de 1 día cada 1 o 2 años (Habrá 15 días más con heladas hacia el año 2030, y 30 días más con heladas hacia el año 2040)
	$x > 1$	5 - MUY ALTA	La tendencia es hacia el aumento de más de 1 día cada año (Habrá 20 días más con heladas hacia el año 2030, y más de 30 días más con heladas hacia el año 2040)

Fuente y Elaboración: Herramienta del (MAE 2019)