

Determinación de las zonas de riesgo de inundación en el municipio de San Pablo, Bolívar, mediante la aplicación de técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis multicriterio

Nombre completo de los integrantes / correo institucional

Pedrozo Bohórquez Antonio José - ajpedrozob@unadvirtual.edu.co

Flórez Ojeda Deisy Julieth – djflorezo@unadvirtual.edu.co

Martínez Atehortúa María Claudia - mcmartinezat@unadvirtual.edu.co

Vargas Suarez Dayron Andrés - davargassua@unadvirtual.edu.co

Nombre completo del director/tutor y correo institucional

Rolando Santos Santos – rolando.santos@unad.edu.co

08 de Diciembre de 2025

Resumen

El presente informe desarrolla la modelación del riesgo de inundación en el municipio de San Pablo, Bolívar, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en ArcGIS Pro. A partir de un ráster de riesgo generado en la Fase 4, se construyó un mapa vectorial reclasificado en cinco categorías cualitativas: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Se calcularon las áreas en km² para cada nivel de riesgo y se analizó la distribución espacial de las zonas susceptibles a inundación. Los resultados muestran que más del 70% del territorio se encuentra en riesgo medio, alto o muy alto, en concordancia con la dinámica hidrológica local, influenciada por el río Magdalena y por condiciones morfoclimáticas propias de la Depresión Momposina. Este estudio constituye un insumo fundamental para la planificación territorial y la gestión del riesgo en el municipio.

Palabras claves: Riesgo de inundación; SIG; modelación espacial; análisis multicriterio; San Pablo Bolívar.

Introducción

En Colombia, el riesgo de inundación constituye una de las amenazas ambientales más relevantes debido a interacciones entre factores climáticos, hidrológicos y geomorfológicos que aumentan la vulnerabilidad de poblaciones rurales y urbanas. El cambio climático ha intensificado la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos extremos, generando lluvias torrenciales que incrementan la probabilidad de desbordamientos y afectaciones en vastas regiones del país (IDEAM, 2021; IPCC, 2022). Estudios recientes señalan que el aumento de las precipitaciones extremas está directamente asociado con la variabilidad climática y el calentamiento global, incrementando la exposición a inundaciones en zonas de baja altitud y cercanas a cuerpos hídricos (ONU Ambiente, 2020; UNGRD, 2022).

En el municipio de San Pablo, Bolívar, ubicado en el Magdalena Medio, la presencia de ríos, quebradas y amplias planicies de inundación incrementa significativamente la exposición de la población, la infraestructura vial y las actividades productivas como la ganadería, la pesca y la agricultura. El Plan de Desarrollo Municipal reporta sectores altamente vulnerables ubicados en zonas bajas donde históricamente se han registrado afectaciones a viviendas, cultivos y movilidad rural durante temporadas de lluvia intensa (Alcaldía de San Pablo, 2024). En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas fundamentales para la evaluación del riesgo, puesto que permiten integrar múltiples capas temáticas, realizar análisis multicriterio y generar productos cartográficos que apoyan la planificación territorial y la reducción de la vulnerabilidad (ESRI, 2020). Por ello, el presente estudio aplica un modelo de análisis multicriterio en ambiente SIG para generar el mapa de riesgo de inundación de San Pablo, Bolívar, y realizar una interpretación preliminar de las zonas más críticas del municipio.

Objetivos

General

Determinar las zonas de riesgo de inundación en el municipio de San Pablo, Bolívar, mediante la aplicación de técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis multicriterio.

Específicos

1. Procesar las capas temáticas empleadas en la modelación del riesgo de inundación en el municipio de San Pablo, Bolívar.
2. Generar una capa vectorial del riesgo de inundación a partir de la reclasificación del modelo ráster, con fines de representación cartográfica.
3. Evaluar la distribución espacial de las áreas según su nivel de riesgo de inundación en el municipio de San Pablo, Bolívar.

Identificación del caso de estudio

El municipio de San Pablo se ubica en el sur del departamento de Bolívar, dentro de la subregión del Magdalena Medio, y limita con Cantagallo, Simití y municipios del departamento de Antioquia. Posee un área aproximada de 1.100 km² y presenta una estructura territorial predominantemente rural, con población distribuida en veredas y pequeños centros poblados (DANE, 2023).

El territorio forma parte de la Depresión Momposina, una región caracterizada por extensas planicies de inundación, suelos arcillosos y drenajes lentos, condiciones que incrementan la susceptibilidad a eventos de inundación. San Pablo está influenciado por el río Magdalena y por múltiples caños y quebradas, cuya dinámica hídrica condiciona la actividad productiva y la movilidad rural.

El clima cálido húmedo presenta dos periodos lluviosos principales (abril–mayo y octubre–noviembre), durante los cuales se intensifican los desbordamientos y anegamientos en zonas bajas.

Características físicas y ambientales

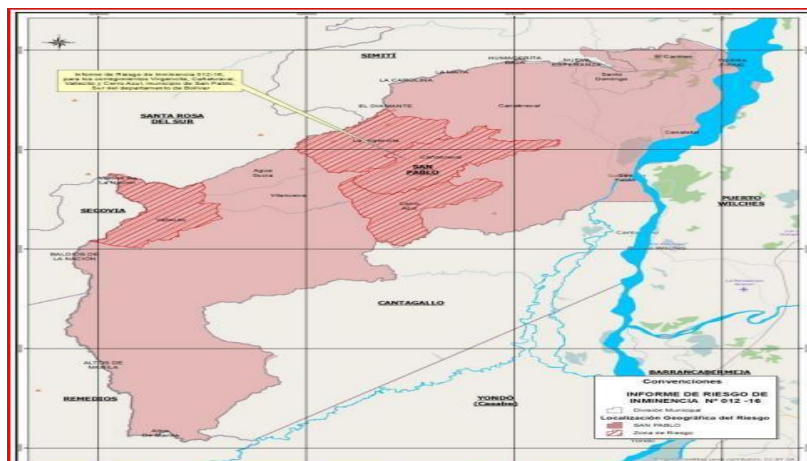
San Pablo se caracteriza por presentar altitudes bajas, entre 50 y 200 m s. n. m., condición que favorece la acumulación de escorrentía y la formación de zonas inundables. El territorio está atravesado por ríos, caños y quebradas que alimentan la dinámica hídrica local, aspecto que incrementa la amenaza por inundación durante los periodos lluviosos. Las pendientes son predominantemente suaves, que permite la expansión de láminas de agua en eventos extremos.

El municipio forma parte de la Depresión Momposina, una región reconocida por sus extensas planicies aluviales y por la presencia de suelos arcillosos con baja permeabilidad, factores que prolongan los tiempos de inundación. La cobertura vegetal incluye zonas de pastos, cultivos transitorios, bosques riparios y áreas de humedales, los cuales cumplen funciones de regulación hídrica, aunque muchos se encuentran intervenidos por actividades agropecuarias. Estas condiciones geomorfológicas e hidrológicas, combinadas con la influencia directa del río Magdalena, determinan un territorio altamente susceptible a procesos de anegamiento, desbordamientos y acumulación superficial de agua.

Clima y precipitación

El municipio presenta un clima cálido húmedo, con precipitaciones elevadas especialmente en los meses de abril–mayo y octubre–noviembre. Para el análisis se consideró la precipitación correspondiente al mes de mayor lluvia, de acuerdo con la modelación desarrollada en la Fase 4 del diplomado, tal como se referencia en la Figura 1

Figura 1 Mapa del municipio de San Pablo, Sur de Bolívar, y sus corregimientos.



Fuente: Autor, 2025.

Metodología

La metodología implementada para la construcción del mapa de riesgo por inundación en el municipio de San Pablo (Bolívar) se desarrolló siguiendo un enfoque cartográfico y analítico, basado en técnicas de procesamiento digital de datos espaciales. El proceso integró herramientas de conversión, suavizado, reclasificación y simbolización en ArcGIS Pro, con el fin de obtener un producto cartográfico confiable y adecuado para el análisis agroambiental, como se observa en la Figura 2

Datos utilizados

- ✓ Capa ráster “*Riesgo_SanPablo*”, generada previamente en la Fase 4 mediante modelación espacial del riesgo de inundación.
- ✓ Capa vectorial del municipio de San Pablo, obtenida en la Fase 2.

Ambos archivos fueron cargados en un proyecto de ArcGIS Pro configurado en el sistema de referencia MAGNA–SIRGAS / Colombia Bogotá Zona CMT12 para garantizar la precisión geométrica.

Conversión del ráster a vectorial

Para facilitar el análisis de geometría y la posterior obtención de áreas por categoría de riesgo, el ráster fue transformado a formato poligonal mediante la herramienta Raster to Polygon. Los parámetros utilizados fueron:

- ✓ Ráster de entrada: *Riesgo_SanPablo*
- ✓ Salida: *Vectorial_riesgo*

El resultado permitió visualizar las zonas de riesgo como polígonos diferenciados según su valor de gridcode.

Mejora geométrica mediante suavizado

Con el fin de corregir vértices y ángulos cerrados producto del proceso de conversión, se aplicó la herramienta Smooth Polygon, seleccionando el algoritmo Interpolación de Bézier y la opción Resolver errores topológicos.

La capa resultante se denominó *Smooth_SanPablo*.

Integración de categorías mediante Dissolve

Para unificar los polígonos correspondientes a cada nivel de riesgo, se utilizó el geoproceto Dissolve con el campo *Gridcode* como criterio de agrupación. La capa final generada fue nombrada *Riesgo_Inundacion_SanPablo*.

Creación de campos y cálculo geométrico

En la tabla de atributos de la capa disuelta se añadieron dos campos:

- ✓ *Class_riesgo* (tipo texto), utilizado para asignar la clasificación cualitativa según la tabla de la guía: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.
- ✓ *Área_km2* (tipo doble), donde se calculó automáticamente el área de cada categoría utilizando unidades en kilómetros cuadrados.

Estos valores constituyen la base para el análisis cuantitativo del riesgo.

Simbología y representación cartográfica

La capa fue simbolizada mediante la opción Valores únicos, asignando un color distinto a cada clase de riesgo. Posteriormente, se elaboró un diseño de mapa que incluyó:

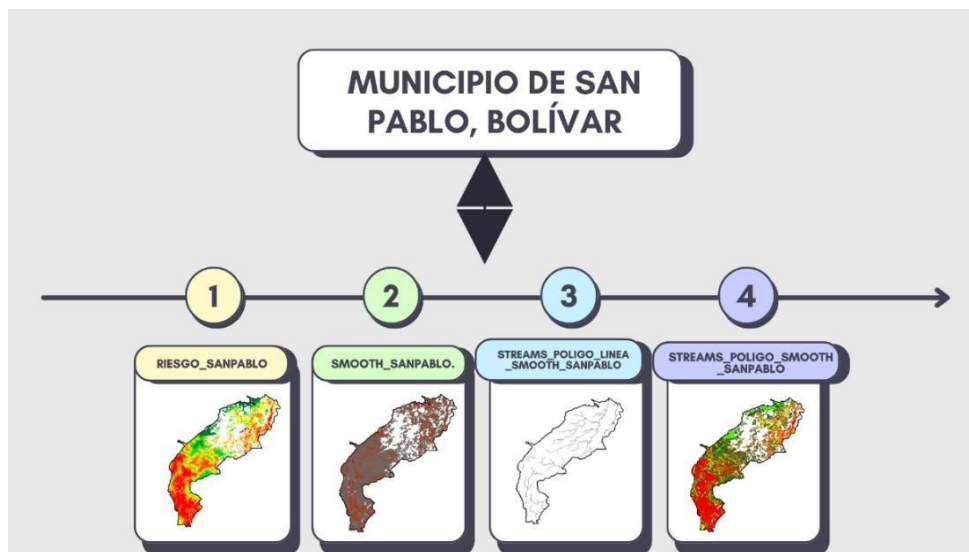
- ✓ Vista principal del municipio.
- ✓ Leyenda.
- ✓ Cuadrícula de coordenadas.
- ✓ Escala gráfica y numérica.
- ✓ Norte cartográfico.

Análisis del riesgo y validación contextual

Con los valores calculados de área por categoría, se realizó un análisis interpretativo que permitió identificar:

- ✓ Zonas de mayor y menor susceptibilidad a inundaciones.
- ✓ Sectores potencialmente afectados según la distribución espacial del riesgo.
- ✓ Posibles implicaciones socioambientales en infraestructura, actividades agropecuarias y ecosistemas locales.

Figura 2. Diagrama del proceso cartográfico para la generación de las capas de riesgo de inundación en el municipio de San Pablo, Bolívar.



Fuente: Autor, 2025.

Resultados

1. Mapa final de riesgo por inundación

El mapa vectorial permite identificar claramente las zonas del municipio según los cinco niveles de riesgo de inundación, información que corresponde a los valores presentados en la Tabla 1. La simbología facilita la interpretación al diferenciar visualmente las áreas críticas en tonos rojos, las zonas intermedias en amarillos y las de baja susceptibilidad en verdes. Las regiones de riesgo alto y muy alto, reflejadas en los mayores valores de área en la tabla, se concentran en sectores bajos y cercanos a cuerpos de agua. Las zonas de riesgo medio actúan como áreas de transición susceptibles a afectaciones estacionales, mientras que los sectores de riesgo bajo y muy bajo corresponden a zonas más elevadas con mejor drenaje. En conjunto, el mapa y su tabla asociada ofrecen una visión clara y útil para analizar la distribución espacial del riesgo y orientar decisiones de planificación territorial.

Tabla 1. Tabla de atributos de riesgo de inundación en San Pablo, Bolívar

Shape	gridcode	Shape_Length	Shape_Area	Class_riesgo	Área km ²
Polígono	5	7.022304	240928449.94	Riesgo muy alto	402.90845
Polígono	4	6.974687	333785564.77	Riesgo alto	373.585565
Polígono	3	6.310688	198205558.62	Riesgo medio	299.056285
Polígono	2	2.409933	245175149.33	Riesgo bajo	245.176355
Polígono	1	6.477655	105376840.58	Riesgo muy bajo	103.360725

Fuente: Autor, 2025.

Zonas de Riesgo Muy Alto

- Se concentran **principalmente en la parte sur y suroccidental del municipio**, y aparecen como franjas continuas de color rojo.
- Estas áreas coinciden generalmente con:
 - **Zonas bajas** y altamente susceptibles a saturación del suelo.
 - **Proximidad a cuerpos de agua y ríos**, donde el desbordamiento y la acumulación son recurrentes.
- **Sectores de pendiente leve**, que, si bien no son muy inclinados, favorecen la retención del agua.
- Representan las zonas **más críticas**, donde se pueden presentar inundaciones rápidas y profundidades significativas. (Ver Figura 3)

Zonas de Riesgo Alto

- Se ubican alrededor de los sectores rojos, formando corredores de transición.
- Corresponden a áreas donde la **pendiente suave y los procesos de escorrentía** aumentan la probabilidad de inundación.
- Importante para asentamientos humanos y vías, pues pueden quedar aislados en eventos fuertes.

Riesgo Medio

- Distribuido por gran parte del mapa, indica sectores con susceptibilidad moderada.
- Se encuentran especialmente en zonas intermedias, donde la topografía favorece:
 - Convergencia de escorrentías
 - Drenajes secundarios
 - Terrenos que pueden saturarse en temporadas lluviosas

Riesgo Bajo y Muy Bajo

- Principalmente hacia la **zona nororiental**, donde la topografía es más elevada.
- La pendiente y altitud proporcionan mayor protección ante las inundaciones.
- Son áreas más estables, recomendadas para desarrollo controlado.

Validación contextual — San Pablo, Sur de Bolívar

El análisis del mapa concuerda fuertemente con las características geográficas y ambientales del municipio, reafirmando la validez cartográfica.

Contexto territorial

San Pablo se encuentra en una zona influenciada por la **Depresión Momposina**, una de las regiones más inundables de Colombia, y recibe la influencia de los ríos:

- **Río Magdalena (principal)**
- **Quebradas y caños locales** que aumentan su caudal en temporada invernal

El municipio presenta gran parte de su territorio en **zonas planas o ligeramente onduladas**, altamente susceptibles a:

- Crecientes súbitos
- Desbordamientos del Magdalena
- Anegamientos prolongados
- Saturación por suelos arcillosos

Patrón de lluvias

El Sur de Bolívar es un territorio con temporadas de lluvia marcadas que incrementan los niveles de los ríos y generan afectaciones recurrentes. Históricamente San Pablo ha sido impactado por:

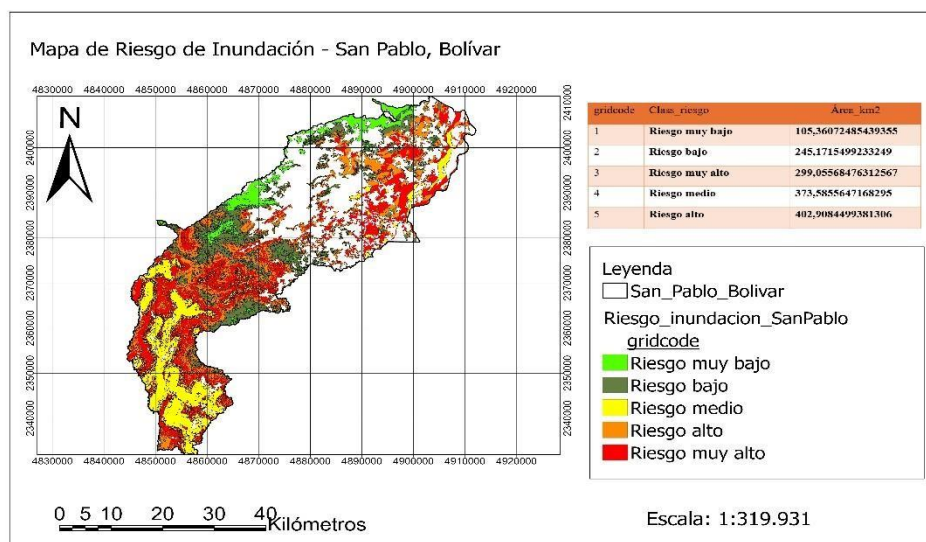
- Inundaciones continuas en zonas rurales
- Daños en cultivos
- Afectaciones en vías terciarias
- Desbordamientos estacionales

Correspondencia con el mapa

- **Las zonas rojas (muy alto)** coinciden con las áreas **más planas y cercanas a drenajes**, altamente consistentes con comportamientos reales del municipio.
- **Los sectores verdes (muy bajo y bajo)** se ubican sobre zonas más elevadas o de mejor drenaje, aspecto que resulta esperable para el relieve local.
- **Los corredores amarillos y naranjas** representan las **zonas de transición del relieve**, usualmente afectadas en temporadas de lluvia fuerte.

En general, la Figura 3 evidencia con precisión la **susceptibilidad real del territorio**, y se ajusta al conocimiento histórico del riesgo en San Pablo.

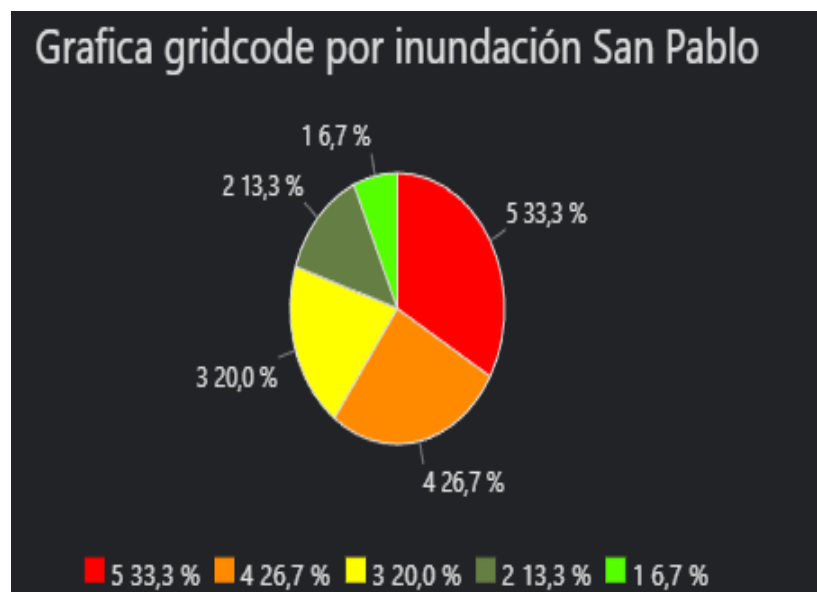
Figura 3. Mapa de riesgo de inundación - San Pablo, Bolívar.



Fuente: Autor, 2025.

El municipio de San Pablo, por su ubicación dentro de una región altamente influenciada por el río Magdalena y por su topografía predominantemente plana, presenta una vulnerabilidad significativa a las inundaciones. La Figura 4 evidencia que las zonas de riesgo muy alto y alto se distribuyen principalmente hacia el sur y suroccidente del territorio, coincidiendo con áreas bajas y próximas a cuerpos de agua. Las zonas de menor riesgo se ubican en áreas elevadas hacia el nororiente. Este análisis es coherente con la dinámica hidrológica y los antecedentes históricos del municipio, validando la utilidad del mapa para la planificación territorial y la gestión del riesgo.

Figura 4. presentación porcentaje inundación San Pablo



Fuente: Autor, 2025.

Conclusiones

La distribución espacial del riesgo de inundación en San Pablo evidencia un comportamiento territorial coherente con su dinámica hidroclimática, donde más del 70% del municipio se clasifica entre riesgo medio, alto o muy alto. Las zonas con mayor susceptibilidad se concentran hacia el sur y suroccidente, áreas caracterizadas por topografía plana, cercanía a drenajes principales y suelos con alta capacidad de saturación. Este patrón confirma que el territorio responde de manera directa con la influencia del río Magdalena y la morfología dominante de la Depresión Momposina.

El uso de Sistemas de Información Geográfica y del análisis multicriterio demostró ser altamente adecuado para la modelación del riesgo, pues permite integrar variables físicas, climáticas y ambientales mediante procesos sistemáticos de reclasificación, ponderación y análisis espacial. La metodología empleada en ArcGIS Pro facilitó la transformación del ráster, la generación de polígonos precisos y el cálculo de áreas, ofreciendo una representación clara y confiable del fenómeno de inundación. Este enfoque permitió construir un producto cartográfico robusto y replicable en otros territorios con condiciones similares.

Los resultados obtenidos tienen implicaciones directas para la gestión del territorio y la planificación agroambiental, identificando zonas críticas que deben priorizarse en la formulación de planes de manejo del riesgo, ordenamiento territorial y atención a comunidades vulnerables. Contar con un mapa actualizado del riesgo facilita la toma de decisiones en infraestructura vial, uso del suelo, localización de viviendas y actividades productivas, además de servir como insumo clave para estrategias de mitigación, adaptación al cambio climático y reducción de afectaciones futuras.

Recomendaciones

Incorporar el mapa de riesgo de inundación dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) y el Plan de Gestión del Riesgo Municipal, para orientar el control del uso del suelo, evitar asentamientos en zonas de muy alto riesgo y priorizar inversiones en infraestructura resiliente.

Fortalecer los sistemas de drenaje y canales de alivio en las áreas clasificadas como riesgo alto y muy alto, especialmente en sectores cercanos a caños y quebradas. Estas intervenciones pueden reducir la acumulación de escorrentía y minimizar afectaciones sobre vías terciarias, cultivos y vivienda rural dispersa.

Implementar procesos de restauración ecológica y manejo de coberturas vegetales en zonas intermedias de riesgo medio, favoreciendo la infiltración, estabilización de suelos y reducción de caudales rápidos. Esto puede incluir cercas vivas, reforestación y recuperación de rondas hídricas.

Promover la capacitación comunitaria en gestión del riesgo y monitoreo participativo, de modo que las comunidades rurales identifiquen señales tempranas de inundación y conozcan rutas de evacuación y estrategias de autoprotección.

Referencias bibliográficas

Alcaldía Municipal de San Pablo. (2024). *Plan de Desarrollo Municipal 2024–2027: San Pablo progresa contigo*. Alcaldía de San Pablo.

DANE. (2023). *Proyección de población y datos municipales*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co>

ESRI. (2020). *ArcGIS Pro: Spatial Analyst Tools Documentation*. Environmental Systems Research Institute. <https://pro.arcgis.com>

IDEAM. (2021). *Estudio Nacional del Agua 2021*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IPCC. (2022). *Sixth Assessment Report (AR6): Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

ONU Ambiente. (2020). *Adaptación basada en ecosistemas para la reducción del riesgo de desastres en América Latina*. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

UNGRD. (2022). *Informe Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/e3RTtpLOdSA>