

Título del caso de estudio

MODELACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE TUMACO MEDIANTE ANÁLISIS GEOESPACIAL PARA EL ORDENAMIENTO AGROAMBIENTAL

Danaly Castillo Preciado y dcastillopr@unadvirtual.edu.co

Cielo Nathaly Pantoja Sánchez y cnpantojas@unadvirtual.edu.co

Elder Botina Chicangana y ebotina@unadvirtual.edu.co

Yhovana Dasmery Chamba Riofrio y ydchambar@unadvirtual.edu.co

Rosana Pérez Guaca y correo institucional y rperezgua@unadvirtual.edu.co

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

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el riesgo de inundación en el municipio de Tumaco, Nariño, mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el propósito de generar productos cartográficos orientados al apoyo del ordenamiento agroambiental del territorio. Se desarrolló un análisis multicriterio en el software ArcGIS Pro, en el cual se integraron variables físicas e hidrometeorológicas relevantes, entre ellas el modelo digital de elevación, la pendiente del terreno, la precipitación media mensual, la distancia respecto a drenajes principales y la cobertura de la tierra. Las variables fueron procesadas, reclasificadas y ponderadas según su influencia relativa en la ocurrencia de inundaciones, para posteriormente ser combinadas mediante álgebra de mapas y obtener un índice espacial continuo de riesgo. El índice resultante fue transformado a formato vectorial y clasificado en distintos niveles de riesgo, acción que permitió mejorar la interpretación cartográfica y el análisis espacial por categorías. Los resultados evidencian concentración de riesgo elevado en áreas de baja altitud, próximas a redes hídricas y con alta incidencia de precipitación, mientras que sectores con mayor pendiente presentan niveles de riesgo reducidos. El mapa final constituye un insumo técnico fundamental para la gestión del riesgo y la planificación territorial en el municipio de Tumaco.

Palabras clave: Análisis multicriterio; modelación espacial; gestión del riesgo.

Introducción

El cambio climático constituye uno de los principales desafíos ambientales a escala global, debido a su influencia directa en la intensificación de eventos hidrometeorológicos extremos como lluvias intensas, crecientes súbitas e inundaciones, de acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el incremento de la temperatura media global ha alterado los patrones de precipitación, aumentando la frecuencia e intensidad de episodios de lluvias extremas en diversas regiones del mundo, particularmente en zonas costeras y tropicales (IPCC, 2021).

En la misma línea, la organización meteorológica mundial ha evidenciado un incremento sostenido de eventos climáticos extremos asociados a sistemas lluviosos intensos, los cuales elevan significativamente el riesgo de inundaciones en territorios vulnerables (*WMO, 2020*). En Colombia, estos efectos se manifiestan de forma marcada, como lo señala el estudio nacional del agua, el cual indica que las inundaciones representan uno de los eventos naturales con mayor impacto sobre la población y los ecosistemas, especialmente en regiones con alta precipitación y baja altitud (*IDEAM, 2019; MinAmbiente, 2021*).

En este contexto, el municipio de Tumaco, Nariño, ubicado en la región Pacífica colombiana, presenta condiciones físicas y climáticas que lo hacen altamente susceptible a procesos de inundación, debido a su localización costera, topografía predominantemente plana y elevada influencia de la red hídrica. Según el plan de desarrollo municipal 2020 -2023, las inundaciones recurrentes han generado afectaciones a viviendas, infraestructura vial, servicios básicos y actividades productivas como la agricultura y la pesca, incidiendo negativamente en la calidad de vida de la población y en el desarrollo territorial del municipio (*Alcaldía Municipal de Tumaco, 2020*). Asimismo, diagnósticos territoriales realizados a escala regional resaltan que los municipios del Pacífico enfrentan altos niveles de exposición al riesgo hídrico, lo que hace indispensable el fortalecimiento de herramientas técnicas para su análisis y gestión (*DNP, 2018*).

Ante esta problemática, los sistemas de información geográfica SIG se han consolidado como herramientas fundamentales para la evaluación del riesgo de inundación, al permitir la integración de múltiples variables ambientales, la modelación espacial de escenarios y el apoyo a la toma de decisiones en la planificación territorial. Diversos estudios han demostrado que el uso de análisis multicriterio integrado a SIG facilita la identificación de zonas críticas y la priorización de acciones de gestión del riesgo de manera objetiva y espacialmente explícita (*Allen et al., 2019; Chen et al., 2020*).

En este marco, el presente estudio tiene como propósito analizar y modelar el riesgo de inundación en el municipio de Tumaco mediante la aplicación de un modelo de análisis multicriterio soportado en SIG, con el fin de generar un mapa de riesgo que permita una primera interpretación de las zonas más críticas y sirva como insumo para el ordenamiento agroambiental del territorio.

Objetivos

Objetivogenl

Analizar el riesgo de inundación en el municipio de Tumaco mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), orientado hacia la generación de productos cartográficos para el ordenamiento agroambiental del territorio.

Objetivos específicos

1. Procesar los datos ráster y vectoriales del mapa de riesgo de inundación para obtener una representación espacial precisa de las zonas según su nivel de amenaza.
2. Calcular el área de cada categoría de riesgo (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), con enfoque en la elaboración de insumos tabulares y gráficos que permitan interpretar su distribución en el territorio.
3. Identificar las áreas críticas con mayor susceptibilidad a inundaciones y relacionarlas con antecedentes históricos, infraestructura, actividades agropecuarias y ecosistemas presentes en Tumaco.

Identificación del caso de estudio

Municipio de Tumaco – Riesgo de inundación

El municipio de San Andrés de Tumaco se localiza en la costa pacífica del departamento de Nariño, al suroccidente de Colombia. Su cabecera municipal se ubica aproximadamente a 1°48' N y 78°46' O, con una altitud promedio cercana a los 3 metros sobre el nivel del mar, característica que lo convierte en una de las zonas más bajas del departamento (*IGAC, 2025*). El territorio tiene una extensión cercana a los 3.778 km², distribuida entre áreas urbanas insulares y una amplia zona rural conformada por corregimientos, riberas fluviales y territorios colectivos (*DANE, 2018*).

Características físico geográficas y ambientales

Tumaco se localiza sobre una llanura costera con relieve predominantemente plano a suavemente ondulado, pendientes bajas y suelos con alta susceptibilidad al encharcamiento. La red hidrográfica municipal incluye ríos, esteros, caños, humedales y manglares, condición que incrementa la predisposición natural frente inundaciones fluviales, mareas altas y procesos estuarinos (*Ministerio de Salud – Alcaldía de Tumaco, 2023*).

Desde el punto de vista climático, el municipio presenta un régimen cálido-húmedo, con temperaturas promedio cercanas a 28 °C y precipitaciones intensas durante gran parte del año. Esta condición climática, propia de la región Pacífica, incrementa la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos registrados en el municipio (*Ministerio de Salud – Alcaldía de Tumaco, 2023*).

Historial de inundaciones recientes

Tumaco ha enfrentado afectaciones periódicas por desbordamientos de ríos, saturación de suelos e inundaciones costeras. En 2024, se presentaron desbordamientos simultáneos en los ríos Mira e Imbilí, causando inundaciones en sectores de Peña Colorado, Embelí y en la cabecera municipal (*IDEAM, 2024*). Para 2025, nuevas emergencias asociadas a lluvias intensas afectaron amplias zonas del municipio, causando daños en viviendas e infraestructura (*Gobernación de Nariño, 2025a*).

Análisis actualizado de amenazas hidrológicas según IDEAM (2024–2025)

La región Pacífica presenta un patrón de amenaza permanente por crecientes súbitas y desbordamientos debido a la interacción entre lluvias intensas, suelos saturados y cuencas de respuesta rápida. Tumaco forma parte del sistema hidrográfico donde convergen ríos de alta dinámica estuarina.

Según el *IDEAM (2024)*, en mayo del mismo año se emitieron alertas rojas por probabilidad de crecientes súbitas y desbordamientos en varias cuencas que afectan directamente al municipio, entre ellas:

- Río Chagüí: probabilidad de crecientes súbitas con afectación directa al municipio de Tumaco (*IDEAM, 2024*)
- Río Rosario: alerta por crecientes súbitas en la cuenca y sus afluentes, con recomendación de atención prioritaria en Tumaco (*IDEAM, 2024*).
- Río Mira: crecientes súbitas con valores que superaron la cota de afectación en Tumaco; su desbordamiento generó inundaciones en mayo de 2024 (*IDEAM, 2024*).
- Asimismo, el *IDEAM (2025)* reportó alertas hidrológicas de nivel naranja para agosto de 2025 que incluyen amenazas para Tumaco:
- Cuenca del río Telembí: probabilidad de crecientes súbitas afectando municipios entre ellos Tumaco (*IDEAM, 2025*).
- Sistema hidrográfico regional: incrementos de nivel en ríos que descargan en el Pacífico, lo que mantiene bajo alerta permanente a la zona costera del municipio.

Estos reportes evidencian que Tumaco se encuentra en una de las zonas con mayor frecuencia de eventos hidrológicos extremos del litoral Pacífico colombiano, situación que incrementa su nivel de amenaza fluvial y estuarina.

Vulnerabilidad y exposición

El municipio presenta una alta vulnerabilidad como resultado de la localización de viviendas, infraestructura de transporte, instituciones educativas, equipamientos comunitarios y actividades económicas en zonas bajas o cercanas a cuerpos de agua. La presencia de suelos saturables y la expansión urbana en islas y esteros aumentan la exposición ante inundaciones (*CCTumaco, 2020; Ministerio de Salud – Alcaldía de Tumaco, 2023*).

Las comunidades rurales, consejos comunitarios y pueblos étnicos localizados en riberas fluviales también presentan condiciones de vulnerabilidad asociadas a baja infraestructura de mitigación, alta dependencia del medio natural y limitaciones en vías de acceso durante emergencias.

Finalmente, el municipio representa un caso prioritario debido a su alta vulnerabilidad y exposición, dado que gran parte de la población, la infraestructura vial, los equipamientos urbanos y los territorios colectivos se localizan en zonas bajas o próximas a cuerpos de agua.

Esta condición incrementa los riesgos para la vida, la economía y los ecosistemas durante eventos de inundación, especialmente en comunidades rurales y étnicas con menor capacidad de respuesta (*CCTumaco, 2020; Gobernación de Nariño, 2025*).

La disponibilidad de información confiable, la complejidad territorial y la reiterada manifestación de emergencias hidrológicas convierten a Tumaco en un escenario idóneo y técnicamente fundamentado para desarrollar un estudio de riesgo por inundaciones.

Metodología

La evaluación espacial del riesgo de inundación en el municipio de Tumaco se desarrolló a partir de un Análisis Multicriterio integrado a Sistemas de Información Geográfica (SIG), implementado en el software ArcGIS Pro. Este enfoque permitió integrar diferentes variables físicas e hidrometeorológicas del territorio, normalizarlas bajo una escala común y combinarlas mediante álgebra de mapas, con el propósito de generar un modelo espacial de riesgo orientado al apoyo de procesos de planificación territorial (*González Valencia, 2006*). La metodología aplicada se estructuró en etapas secuenciales que corresponden a los procesos desarrollados durante la Fase 4 y la Fase 6 del diplomado, partiendo de la preparación de la información base hasta la obtención del mapa final de riesgo por inundación.

Delimitación del área de estudio y configuración del proyecto SIG

Como primer paso, se definió el municipio de Tumaco Nariño como área de estudio, considerando su localización en la región Pacífica colombiana, caracterizada por condiciones climáticas húmedas, baja altitud y una alta influencia de la red hídrica. El proyecto SIG se configuró en ArcGIS Pro, estableciendo como sistema de referencia espacial el MAGNA-SIRGAS CMT12, lo cual garantizó la coherencia espacial entre todas las capas utilizadas y evitó errores de superposición durante el análisis, esta etapa fue clave para asegurar la correcta integración de la información geográfica.

Selección y preparación de las variables de análisis

Para la modelación del riesgo de inundación se seleccionaron variables comúnmente utilizadas en estudios de riesgo hídrico y análisis multicriterio, debido a su influencia directa en la ocurrencia de eventos de inundación (*González Valencia, 2006*).

Las variables consideradas fueron:

- Modelo Digital de Elevación (DEM)
- Pendiente del terreno
- Precipitación media mensual
- Distancia a drenajes principales
- Cobertura de la tierra

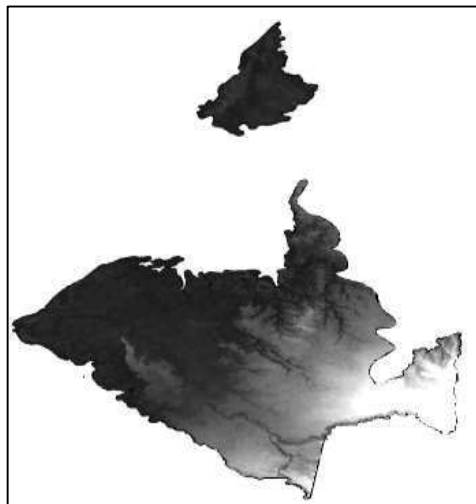
Estas variables fueron seleccionadas por su influencia directa en los procesos de inundación y por su uso frecuente en análisis hidrológicos, condición que favorece una representación más realista del territorio. Cada capa fue recortada según el límite municipal de Tumaco y convertida a formato ráster, con una resolución espacial, extensión y sistema de referencia homogéneos. Este

procedimiento garantizó el manejo de todas las variables bajo condiciones geométricas uniformes, requisito fundamental para el desarrollo del análisis multicriterio.

El Modelo Digital de Elevación del municipio de Tumaco, presentado en la Figura 1, permite identificar las variaciones altitudinales del territorio, información clave para el análisis del riesgo de inundación.

Figura 1.

Modelo Digital de Elevación (DEM) del municipio de Tumaco

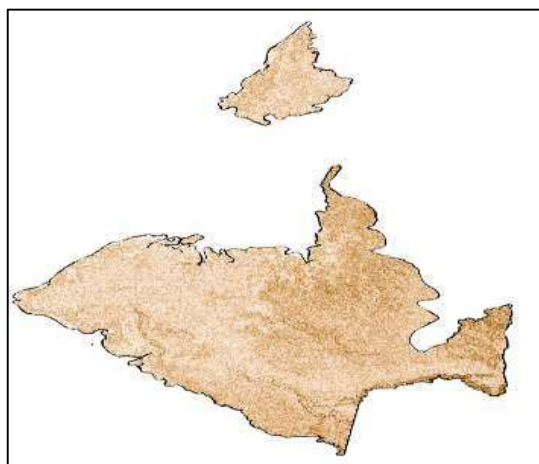


Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

El comportamiento de la pendiente del terreno en el municipio de Tumaco se observa en la Figura 2, donde predominan pendientes bajas que favorecen la acumulación de agua superficial.

Figura 2.

Mapa de pendientes del municipio de Tumaco



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Modelación de la red de drenaje y cálculo de distancia

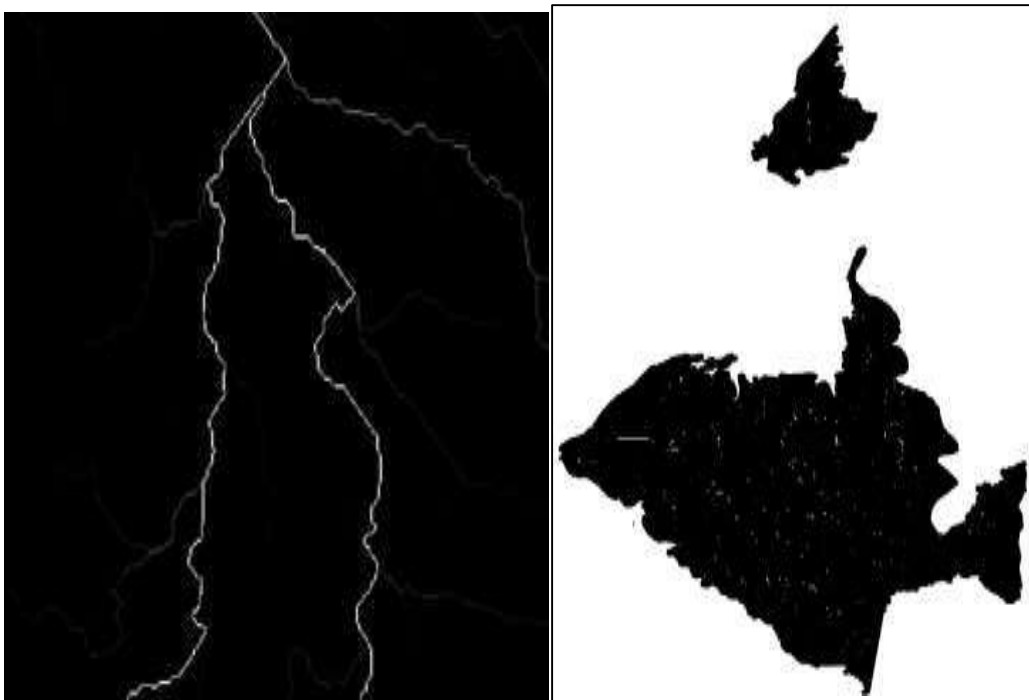
A partir del modelo digital de elevación (DEM) se desarrolló una modelación hidrológica básica del territorio. Inicialmente se corrigieron las depresiones del terreno mediante la herramienta *Fill*, procedimiento que permitió obtener una superficie continua de flujo. Posteriormente se calculó la dirección de flujo (*Flow Direction*) y la acumulación de flujo (*Flow Accumulation*).

Con base en un umbral definido de acumulación se identificaron los drenajes principales del municipio, correspondientes a los cursos de agua con mayor probabilidad de desbordamiento. A partir de esta capa se generó el mapa de distancia respecto a los drenajes, considerando una mayor susceptibilidad a inundaciones en áreas con proximidad a cuerpos de agua.

La red de drenajes principales obtenida a partir del modelo hidrológico se muestra en la **Figura 3**, destacándose los cursos de agua con mayor probabilidad de desbordamiento.

Figura 3.

Red de drenajes principales obtenida a partir del modelo hidrológico

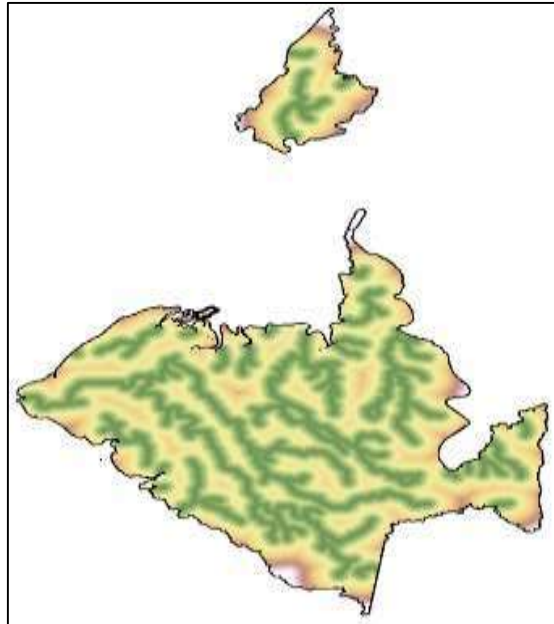


Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

La **Figura 4** presenta la distancia a los drenajes del municipio, evidenciando una mayor susceptibilidad a inundaciones en zonas cercanas a los cuerpos de agua.

Figura 4.

Mapa de distancia a drenajes del municipio de Tumaco



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Reclasificación de las variables

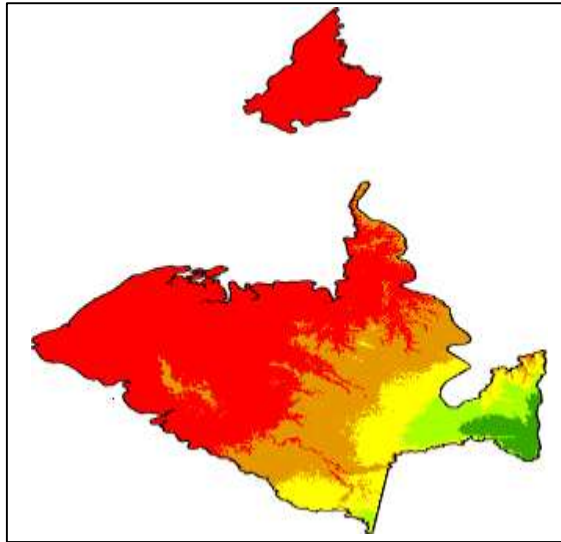
Se utilizaron clases ordenadas de menor a mayor susceptibilidad, con el fin de facilitar la comparación entre las capas y mantener coherencia en el análisis, una vez preparadas las capas base, se procedió a su reclasificación con el fin de estandarizar la información en una escala común de susceptibilidad, para este estudio se utilizó una escala ordinal, donde los valores más altos representan mayor propensión a inundación.

- Las zonas de baja elevación recibieron valores altos de riesgo.
- Las pendientes bajas fueron asignadas con mayor peso debido a su favorecimiento de la acumulación de agua.
- Las áreas con mayores valores de precipitación se asociaron con mayor riesgo.
- Las zonas cercanas a los drenajes obtuvieron valores más altos.
- Las coberturas del suelo que limitan la infiltración fueron clasificadas como de alta susceptibilidad.

Este proceso permitió convertir variables de distinta naturaleza en capas comparables, facilitando su integración posterior mediante álgebra de mapas (*González Valencia, 2006*).

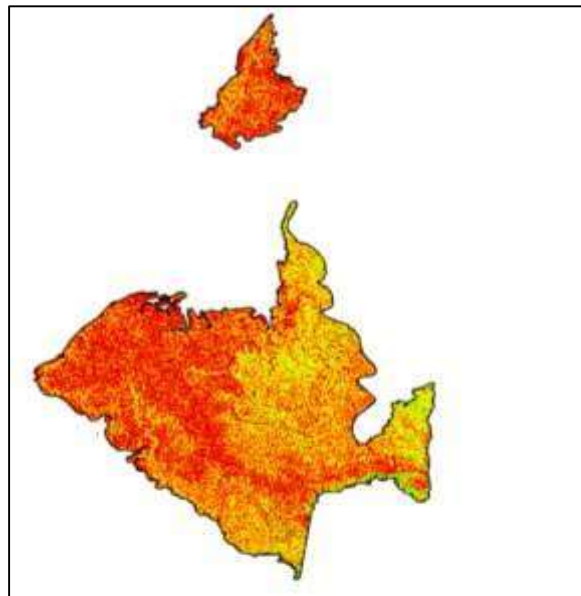
El proceso de reclasificación de las variables se refleja en las Figuras 5 a 9, donde los valores más altos representan una mayor propensión a inundaciones.

Figura 5.
Reclasificación del DEM



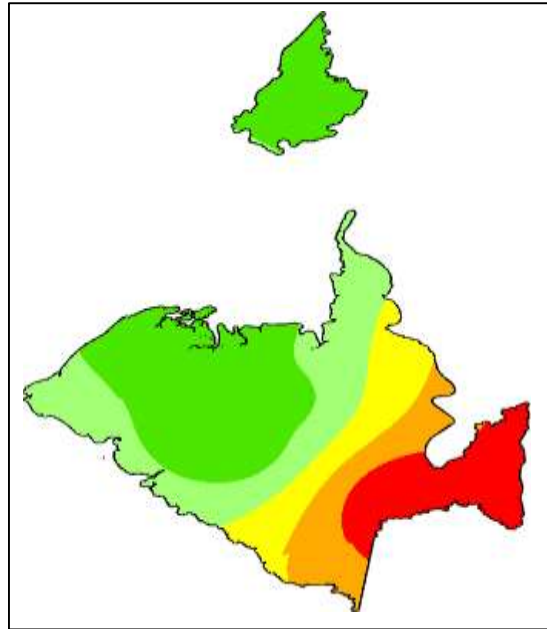
Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Figura 6.
Reclasificación de la pendiente



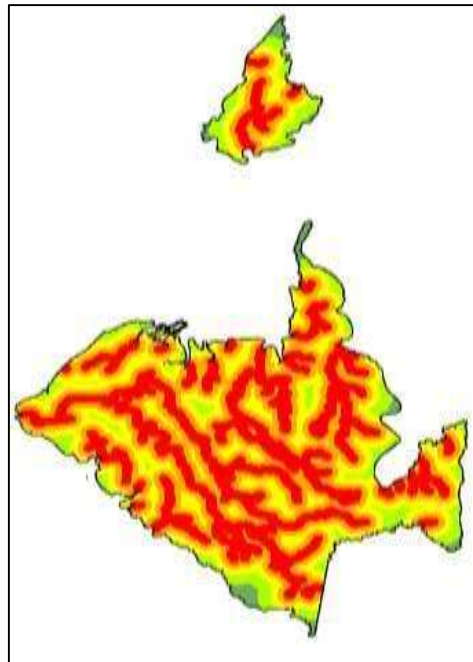
Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Figura 7.
Reclasificación de la precipitación



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

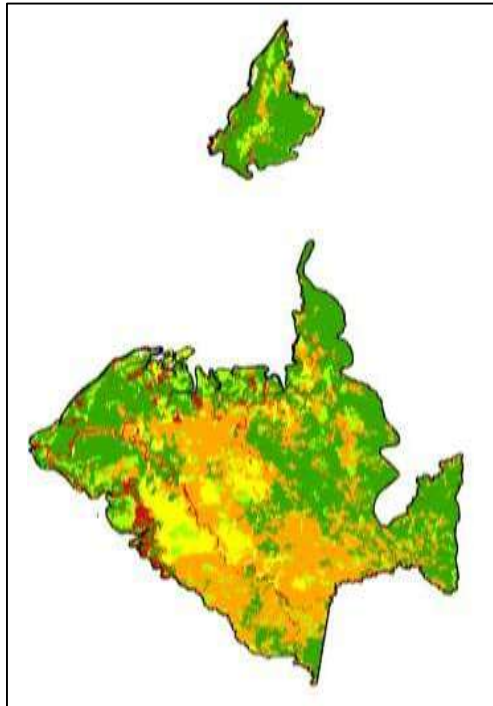
Figura 8.
Reclasificación de la distancia a drenajes



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Figura 9.

Reclasificación de la cobertura del suelo



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Asignación de ponderaciones y análisis multicriterio

Posteriormente, se asignaron ponderaciones a cada variable de acuerdo con su influencia relativa en la generación de inundaciones, este procedimiento se fundamentó en la revisión bibliográfica y en metodologías previas de análisis multicriterio, donde variables como la distancia a drenajes, la pendiente y la precipitación suelen tener mayor peso (*González Valencia, 2006*).

Las ponderaciones fueron organizadas en una matriz y aplicadas mediante una suma ponderada, donde cada capa reclasificada fue multiplicada por su respectivo peso, el resultado corresponde a un índice continuo de riesgo, cuyos valores más altos indican mayor probabilidad de inundación.

Las ponderaciones asignadas a cada variable del análisis multicriterio se presentan en la Tabla 1, de acuerdo con su influencia en la ocurrencia de inundaciones.

Tabla 1. Ponderaciones asignadas a las variables del análisis multicriterio

SUMA PONDERADA		
Reclass DEM	10%	0,1
Reclass Slope	15%	0,15
Reclass Ctmun	10%	0,1
Reclass Prc	35%	0,35
Reclass Distancia	30%	0,3
Total	100%	1

Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

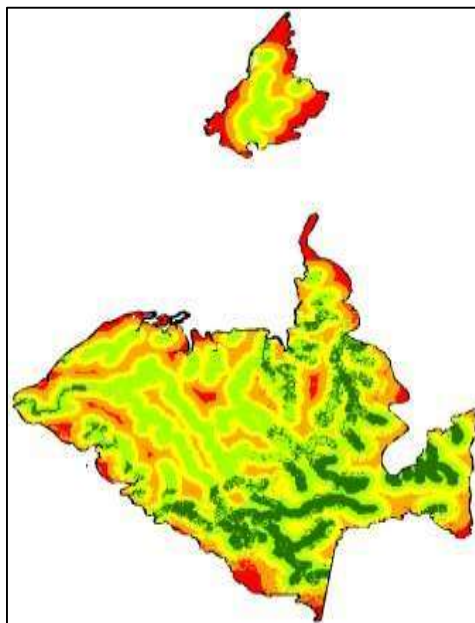
Generación del mapa final de riesgo por inundación

Las capas ponderadas fueron integradas mediante álgebra de mapas, obteniendo el mapa continuo de riesgo del municipio de Tumaco, posteriormente, este resultado fue reclasificado en categorías cualitativas (bajo, medio y alto riesgo) con el fin de facilitar su interpretación y aplicación en la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial.

El resultado del análisis multicriterio se presenta en la Figura 10, correspondiente al mapa final de riesgo de inundación del municipio de Tumaco.

Figura 10.

Mapa final de riesgo de inundación del municipio de Tumaco



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Conversión del modelo ráster a formato vectorial y ajuste cartográfico final

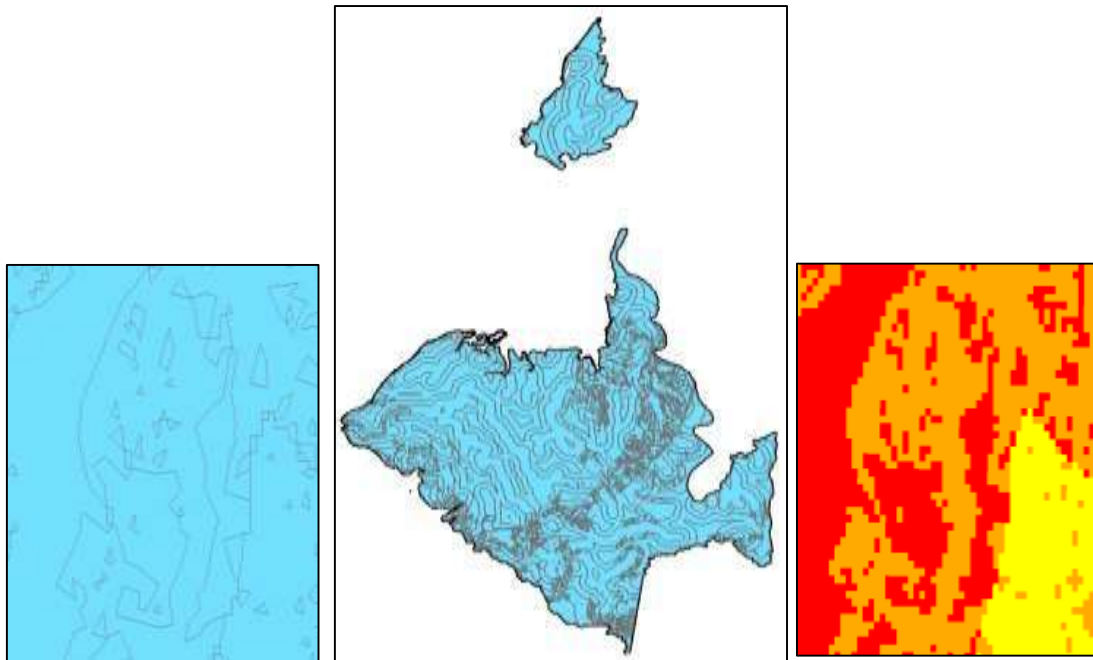
Una vez obtenido el modelo ráster de riesgo, se realizó la conversión a formato vectorial con el propósito de mejorar la interpretación cartográfica y facilitar el cálculo de áreas por categoría. Este proceso se desarrolló conforme a los lineamientos metodológicos establecidos para la fase final del diplomado.

El ráster fue transformado a formato poligonal mediante la herramienta *Raster to Polygon*. Posteriormente, ante la presencia de geometrías irregulares, se aplicó el geoproceto *Smooth Polygon* con el algoritmo de Bézier, acción que permitió optimizar la presentación visual del mapa sin modificar la distribución espacial de las categorías de riesgo.

El proceso de conversión del modelo ráster a formato vectorial y su posterior ajuste cartográfico se observa en las Figuras 11 y 12, mejorando la interpretación visual del riesgo.

Figura 11.

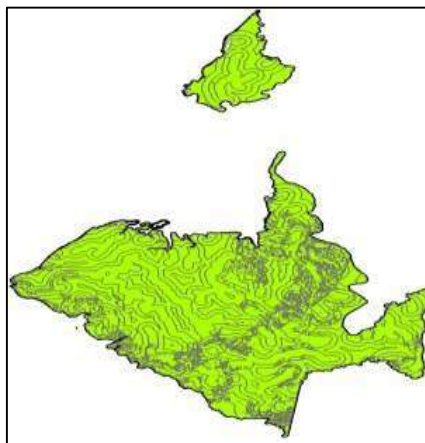
Conversión del mapa de riesgo de ráster a vectorial



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Figura 12.

Mapa vectorial suavizado del riesgo de inundación



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Finalmente, se aplicó el geoproceto dissolve para agrupar los polígonos correspondientes a una misma categoría de riesgo, evitando la fragmentación excesiva de entidades.

Categorización del riesgo y cálculo de áreas

Se incorporaron nuevos campos en la tabla de atributos para la clasificación cualitativa del riesgo y el cálculo del área de cada polígono en kilómetros cuadrados, este procedimiento permitió cuantificar la extensión espacial de cada categoría de riesgo dentro del municipio de Tumaco.

La Tabla 2 presenta la clasificación del riesgo de inundación y el área asociada a cada categoría dentro del municipio de Tumaco.

Tabla 2. *Clasificación del riesgo de inundación y área asociada por categoría*

Gridcode	Shape Lenght	Shape Área	Class Riesgo	Área km2
1	9,508044	0,017256	Riesgo muy bajo	212,29
2	33,058301	0,056218	Riesgo bajo	691,7
3	60,562092	0,086318	Riesgo medio	1062,06
4	78,580573	0,085663	Riesgo alto	1054,02
5	43,929677	0,04254	Riesgo muy alto	523,45

Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

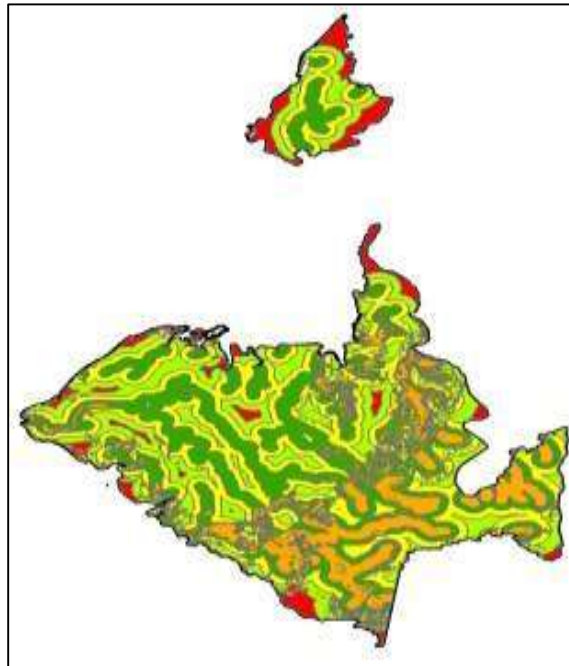
Conversión a formato vectorial y mapa final

Finalmente, el mapa de riesgo de inundación en formato raster fue **convertido a formato vectorial**, con el fin de facilitar la presentación cartográfica y el cálculo de áreas por categoría de riesgo, posteriormente, se realizaron ajustes cartográficos para mejorar la visualización del resultado final. El producto resultante corresponde al **mapa de zonas de riesgo de inundación del municipio de Tumaco (Nariño)**, el cual constituye un insumo clave para la planificación territorial y la gestión del riesgo a escala local.

La Figura 13 muestra el mapa final de zonas de riesgo de inundación, el cual constituye un insumo para la planificación territorial.

Figura 13.

Mapa final de zonas de riesgo de inundación en el municipio de Tumaco



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Resultados

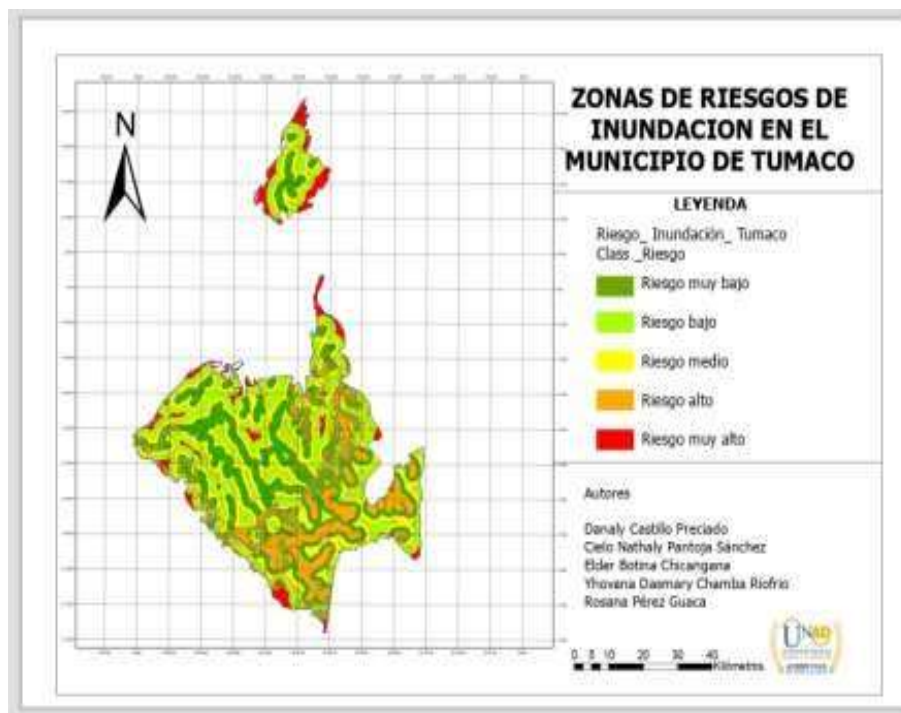
A partir de la representación de la figura, se evidencia un claro predominio de las categorías de riesgo bajo, muy bajo, medio, alto y muy alto, lo que indica que una proporción considerable del territorio municipal se encuentra expuesta a condiciones de susceptibilidad frente a eventos de inundación. Esta distribución refleja la influencia conjunta de factores físicos como la baja altitud, la proximidad a la red hídrica y las elevadas precipitaciones características de la región Pacífica.

En contraste, las áreas clasificadas con riesgo bajo y muy bajo ocupan una menor proporción del territorio y se concentran principalmente en sectores con mejores condiciones topográficas y mayor capacidad de drenaje natural. En conjunto, la figura complementa la información numérica de la tabla, facilitando la interpretación espacial del riesgo y la identificación de zonas críticas para la gestión y planificación territorial.

La distribución espacial y el porcentaje de las categorías de riesgo se presentan en las Figuras 14 y 15, permitiendo identificar las áreas más críticas del municipio.

Figura 14.

Mapa de clasificación de riesgo por inundación



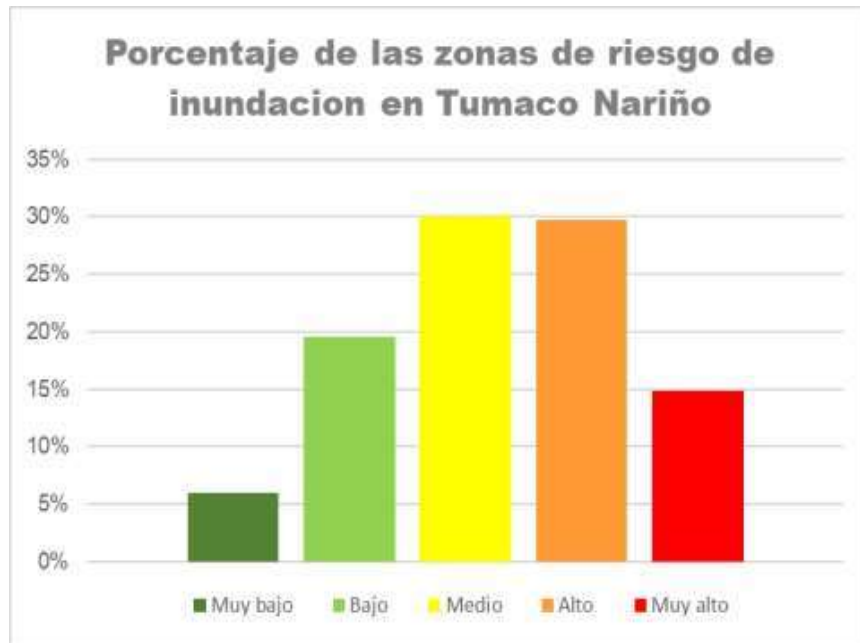
Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Identificación de Áreas Críticas

Las áreas con riesgo muy alto y alto, que en conjunto abarcan el 44,52% del territorio, representan las zonas críticas para la gestión del riesgo. Estas se concentran principalmente en: Sectores a orillas del Río Mira, especialmente en zonas rurales como la vereda Candelillas (sectores “Bajito – Playa”). Las zonas costeras, además de ser susceptibles a inundaciones por la presencia de ríos, son vulnerables ante la ocurrencia de ascensos en el nivel del mar causados por diversos factores meteorológicos. (Echeverry, C. T., & Téllez, E. J. 2021).

Figura 15.

Porcentaje de las zonas de riesgo de inundación en Tumaco Nariño



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

El cambio climático y la densificación de zonas costeras representan un riesgo significativo para la población frente eventos de desastres naturales, entre ellos las inundaciones. Tumaco figura entre los municipios con mayor nivel de vulnerabilidad frente esta problemática, debido al establecimiento de un alto porcentaje de asentamientos humanos con construcciones palafíticas sobre terrenos de bajamar, localizados principalmente en la isla de Tumaco, la isla de Morro y el sector continental del casco urbano. Adicionalmente, la expansión de infraestructura hotelera y de espacios destinados actividades turísticas en playas incrementa la exposición frente inundaciones (Centro Control Contaminación del Pacífico [CCCP], 2003; Echeverry & Téllez, 2021).

Las áreas clasificadas con riesgo muy bajo, correspondientes al 6 % del territorio, se concentran en sectores elevados, donde pendientes pronunciadas y mayor distancia respecto fuentes hídricas reducen la probabilidad de inundación.

Distribución Espacial del Riesgo

La clasificación de riesgo medio, que abarca el 30% del territorio, funciona como un sector intermedio entre las zonas de mayor y menor amenaza. Aunque no suelen presentar inundaciones severas, pueden verse afectadas por fenómenos secundarios como la saturación del suelo o escurrimientos de menor intensidad.

Las áreas de riesgo bajo (19,5%) se ubican en zonas periféricas con pendientes moderadas, donde la infiltración del suelo y la distancia a los cuerpos de agua reducen el impacto de las lluvias.

Impacto potencial y relevancia de los resultados

En infraestructura y población:

Las áreas clasificadas con niveles alto y muy alto de riesgo abarcan sectores densamente poblados y zonas de producción agrícola estratégica, condición que incrementa la vulnerabilidad socioeconómica y la probabilidad de daños significativos sobre infraestructura.

La ocurrencia de inundaciones en estos espacios puede comprometer la funcionalidad de vías de transporte y corredores de acceso durante eventos hidrometeorológicos extremos, con afectación sobre la operatividad territorial y los tiempos de respuesta frente emergencias.

Conclusiones

La distribución espacial del riesgo de inundación en Tumaco evidencia una concentración significativa de zonas con riesgo medio, alto y muy alto en áreas costeras, planicies fluviales y sectores de baja altitud, situación que refleja la influencia de la dinámica hídrica del litoral y de los estuarios. Este patrón confirma la exposición recurrente del territorio frente inundaciones, condición que debe considerarse como criterio central para la definición del uso del suelo y el desarrollo de actividades productivas en el municipio.

El empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el análisis multicriterio resultó adecuado para el desarrollo del estudio, al permitir la integración de variables como pendiente, altitud, proximidad cuerpos de agua y características del relieve, con generación de un modelo preciso y de fácil interpretación visual de la amenaza. Estas herramientas facilitaron la identificación de zonas críticas y aportaron una base técnica sólida para procesos de toma de decisiones en el ámbito agroambiental.

Los resultados obtenidos tienen implicaciones directas para la gestión del territorio, pues muestran que las áreas más expuestas requieren restricciones de uso, acciones de restauración ecológica y estrategias de adaptación para las comunidades rurales. La identificación detallada de las zonas de riesgo permite orientar intervenciones que reduzcan afectaciones futuras en infraestructura, sistemas productivos y ecosistemas estratégicos, fortaleciendo así la planificación agroambiental del municipio.

Recomendaciones

Incorporar la zonificación del riesgo de inundación dentro de los instrumentos de planificación territorial, estableciendo restricciones claras en áreas clasificadas con riesgo alto y muy alto para la expansión agrícola, los asentamientos humanos y el desarrollo de obras de infraestructura.

Diseñar estrategias productivas adaptadas a la dinámica hídrica del territorio, con énfasis en zonas de riesgo medio, mediante la promoción de prácticas agroforestales, cultivos tolerantes a condiciones de humedad y esquemas de manejo sostenible del suelo orientados a la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas agropecuarios.

Priorizar acciones de conservación y restauración de ecosistemas reguladores, entre ellos manglares, rondas hídricas y humedales, los cuales funcionan como barreras naturales ante inundaciones y contribuyen a la disminución de impactos en áreas pobladas y productivas.

Fortalecer la capacidad comunitaria y técnica para el uso de información geoespacial, con participación de productores rurales, instituciones locales y actores comunitarios, facilitando la aplicación del modelo generado en procesos de planificación, prevención y respuesta frente eventos de inundación.

Referencias bibliográficas

- Alcaldía Municipal de Tumaco. (2020). Plan de Desarrollo Municipal 2020–2023: Tumaco con Equidad y Desarrollo. <https://fundacionexe.org.co/document/plan-de-desarrollo-distrital-de-tumaco-2020-2023-enamorate-de-tumaco/>
- Allen, M., et al. (2019). Disaster risk reduction using GIS-based multicriteria analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 39, 101230. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101230>
- Chen, Y., et al. (2020). GIS-based flood risk assessment methods and applications. *Journal of Hydrology*, 584, 124684. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124684>
- DANE. (2018). Perfil: San Andrés de Tumaco, Nariño. Censo Nacional de Población y Vivienda. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). Diagnóstico Territorial de la Región Pacífico. <https://www.dnp.gov.co/>
- Echeverry, C. T., & Téllez, E. J. (2021). Modelamiento de escenarios de inundación utilizando modelos digitales de terreno generados a partir de datos batimétricos y lidar, para el municipio de Tumaco, Nariño. Recuperado de: <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4363>
- Gobernación de Nariño. (2025a). Afectaciones por lluvias en Tumaco y Roberto Payán. Gobierno Departamental de Nariño. <https://www.narino.gov.co>
- Gobernación de Nariño. (2025b). Emergencias por lluvias en Nariño dejan más de 5.000 damnificados. Gobierno Departamental de Nariño. <https://www.narino.gov.co>
- González Valencia, J. (2006). Propuesta metodológica basada en un análisis multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamientos e inundaciones. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, Vol. 5(8), pp. 59–70. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7d5a99fe-dbcf-33b6-943e-dd92eebf52b6>
- IDEAM. (2024). Boletín de alertas hidrológicas: Actualización 30 de mayo de 2024. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co/alertas>
- IDEAM. (2025). Boletín de alertas hidrológicas: Actualización 15 de agosto de 2025. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co/alertas>
- IGAC. (2025). Tumaco, uno de los municipios nariñenses en los que renacerá la paz. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <https://www.igac.gov.co>

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. *IDEAM*. <http://www.ideam.gov.co/web/agua/estudio-nacional-del-agua>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (1999). Cartas climatológicas: medias mensuales de precipitación – Tumaco. IDEAM. https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005194/cartas_climatologicas.pdf
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2021). Informe Nacional de Cambio Climático. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/Informe-de-Gestion-Minambiente-2021-VF-PUBLIC.pdf>
- Ministerio de Salud & Alcaldía de Tumaco. (2023). Relieve, hidrografía y condiciones del territorio de San Andrés de Tumaco. Ministerio de Salud y Protección Social; Alcaldía Municipal de San Andrés de Tumaco. <https://www.tumaco-narino.gov.co>
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2023). Informe de eventos por inundación en Colombia. UNGRD. https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Informes-de-Gestion/INFORME-DE-GESTION-UNGRD-2023.pdf?utm_source=%20com
- WMO. (2020). State of the Global Climate 2020. World Meteorological Organization. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10618

Enlace de sustentación: <https://youtu.be/P-bqJxX3hNY?si=1sUnzsWVKxxD8NdS>