

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

**TEMA TRABAJO DE TITULACIÓN:**

Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG)

**AUTOR(A):**

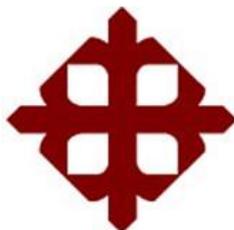
Ing. Angulo Cedeño Carlos Javier

**Previo a la obtención del Grado Académico:**

Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía  
Automatizada y Fotogrametría Digital

Guayaquil, Ecuador

2025



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Ingeniero Agrónomo, Angulo Cedeño Carlos Javier, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital.

**REVISOR**

---

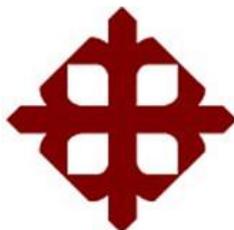
Ing. Echeverría Llumipanta Neptalí Armando, Mgs.

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

---

Ing. Echeverría Llumipanta Neptalí Armando, Mgs.

Guayaquil, a los 25 del mes de julio del año 2025



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Carlos Javier Angulo Cedeño**

**DECLARO QUE:**

El trabajo Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG) previa a la obtención del Grado Académico de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de investigación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 25 del mes de julio del año 2025

**EL AUTOR**



---

Ing. Carlos Javier Angulo Cedeño



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Carlos Javier Angulo Cedeño**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de titulación en Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital titulado: Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG), cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 25 del mes de julio del año 2025

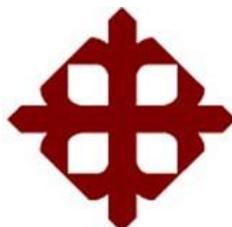
**EL(LOS) AUTOR(ES):**



Firmado electrónicamente por:  
**CARLOS JAVIER  
ANGULO CEDEÑO**  
Validar únicamente con FirmaEC

---

Ing. Carlos Javier Angulo Cedeño



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL

REPORTE COMPILATIO



INFORME DE ANÁLISIS  
magister

ANGULO CEDEÑO CARLOS  
JAVIER

2%  
Textos  
sospechosos



2% Similitudes  
0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas  
8% Idiomas no reconocidos (ignorado)  
3% Textos potencialmente generados por IA  
(ignorado)

Nombre del documento: ANGULO CEDEÑO CARLOS JAVIER.pdf  
ID del documento: eac6f4b79565631d62ad6fcd7a393d591922b603  
Tamaño del documento original: 858,75 kB

Depositante: Neptali Armando Echeverria Llumipanta  
Fecha de depósito: 8/8/2025  
Tipo de carga: Interface  
fecha de fin de análisis: 8/8/2025

Número de palabras: 6106  
Número de caracteres: 40.996

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que formaron parte de este Trabajo de Titulación y me apoyaron en todo momento durante el tiempo de estudio. Estas palabras son para ustedes.

En primer lugar, agradezco a mi DIOS, quien guía mi camino y me sustenta todos los días.

A mi padre Carlos Emilio Angulo Gonzales y mi Abuelo Carlos Mesías Angulo Badillo, por brindarme ese apoyo incondicional, sus sabios consejos y esa fe que siempre han depositado en mi para superarme y poder seguir adelante.

A mi madre Alba Tulimira Cedeño Zambrano por todo su amor, comprensión y apoyo permanente.

A mi esposa Alma Daniela Rodríguez Chong Qui, por ser la compañera que Dios puso en mi camino. Gracias por estar siempre a mi lado y compartir cada desafío y cada logro, junto a nuestro amado hijo, Carlos Ezequiel Angulo Rodríguez fuente inagotable de inspiración y alegría.

Gracias.

Carlos Javier Angulo Cedeño

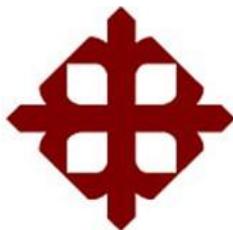
## DEDICATORIA

Todo este esfuerzo es principalmente dedicado Con todo mi corazón a las personas que han sido fundamentales en cada paso de vida mis tres pilares fundamentales para mi vida.

A mi padre, mi abuelo y mi esposa, quienes han sido mis pilares inquebrantables. Su amor y apoyo incondicional y esas palabras de aliento han sido la fuerza la que me ha impulsado a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles

Y sobre todo dedico este proyecto de Titulación a DIOS, fuente de sabiduría, fortaleza y guía. A El le agradezco cada oportunidad, cada enseñanza y cada día que me permitió avanzar durante este proceso.

Carlos Javier Angulo Cedeño



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

Ing. Armando Echeverría, Mgs  
TUTOR

f. \_\_\_\_\_

Ing. Armando Echeverría, Mgs  
DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

Ing. Armando Echeverría, Mgs  
COORDINADOR DEL ÁREA

f. \_\_\_\_\_

Ing. Cesar Iván Álvarez Mendoza, Mgs.  
DOCENTE Oponente

## **ACTA DE CALIFICACIÓN**

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN .....	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	III
AUTORIZACIÓN .....	IV
REPORTE COMPILATIO .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA.....	VII
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	VIII
ACTA DE CALIFICACIÓN .....	IX
Antecedentes investigativos.....	1
Introducción .....	3
Problemática.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	6
Metodología .....	6
Área de estudio .....	7
Obtención de datos .....	8
Provincias del Ecuador .....	8
Susceptibilidad a inundaciones .....	9
Cobertura del uso de la tierra .....	9
Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra (CUT 2022) .....	9
Bosques y vegetación protectores .....	11
Inseguridad .....	12
Modelo digital del terreno .....	12
Área de estudio .....	12
Variables .....	12
Modelo Digital del Terreno .....	13
Cuerpos de agua .....	16
Procesamiento Geoespacial de las Variables.....	23
Vías (6).....	23
UPC (1).....	24

	XI
Bosque y vegetación protectora (7) .....	25
Inundación (5).....	26
Zona antrópica, infraestructura (uso de suelo) (3) .....	27
Pendientes (mdt) (2).....	27
Reclasificación y asignación de pesos de las variables .....	28
Vías (6).....	29
UPC (1).....	30
Bosque y vegetación protectora (7) .....	31
Inundación (5).....	32
Cuerpos de agua (4) .....	33
Zona antrópica, infraestructura (uso de suelo) (3) .....	34
Pendientes (mdt) (2).....	35
Análisis multicriterio.....	36
Análisis de ubicación.....	39
Conclusiones .....	40
Recomendaciones .....	41
Bibliografía .....	42
ANEXOS .....	44

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1	Tabla de nivel de categorías del uso y cobertura del suelo .....	9
Tabla 2	Parámetros de la información descargada .....	15
Tabla 3	Parámetros de la información descargada .....	22
Tabla 4	Asignación de pesos según distancia a vías .....	29
Tabla 5	Asignación de pesos según cercanía a unidades policiales .....	30
Tabla 6	Ponderación según presencia en áreas de protección.....	31
Tabla 7	Pesos asignados según nivel de susceptibilidad a inundaciones.....	32
Tabla 8	Ponderación según la presencia de cuerpos de agua.....	33
Tabla 9	Pesos asignados según ubicación respecto a la zona industrial .....	34
Tabla 10	Ponderación de pendientes según rangos de inclinación.....	35
Tabla 11	Pesos y porcentaje de influencia por variable.....	37
Tabla 12	Análisis de Idoneidad .....	38

## Índice de figuras

Figura 1 Cuadro metodológico .....	7
Figura 2 Delimitación del área de estudio en la provincia del Guayas usando QGIS.....	8
Figura 3 Uso de la herramienta en QGIS para delimitar capas vectoriales	12
Figura 4 Cálculo de proximidad con la herramienta Distancia ráster .....	23
Figura 5 Herramienta Rasterizar (vectorial a ráster) .....	24
Figura 6 Conversión de puntos UPC a ráster en QGIS.....	24
Figura 7 Cálculo de distancia euclidiana desde las UPC.....	25
Figura 8 Herramienta “Cortar” aplicada a la capa de vegetación en QGIS.	25
Figura 9 Rasterización de la capa de susceptibilidad a inundaciones .....	26
Figura 10 Conversión de capa de uso de suelo a ráster.....	27
Figura 11 Cálculo de pendientes a partir del MDT .....	28
Figura 12 Herramientas de reclasificación.....	28
Figura 13 Mapa de accesibilidad territorial basado en la variable vías.....	29
Figura 14 Mapa de proximidad a las Unidades de Policía Comunitaria (UPC).....	30
Figura 15 Mapa de zonas con cobertura de bosque y vegetación protectora .....	31
Figura 16 Mapa de susceptibilidad a inundaciones en el área de estudio....	32
Figura 17 Mapa de idoneidad según presencia de cuerpos de agua .....	33
Figura 18 Mapa de idoneidad según zona antrópica e infraestructura. ....	34
Figura 19 Mapa de idoneidad territorial en función de la pendiente del terreno .....	35
Figura 20 Expresión de análisis multicriterio en la Calculadora Raster de QGIS.....	37
Figura 21 Mapa de multicriterio de idoneidad territorial.....	38
Figura 22 Porcentaje del área óptima por parroquia en la provincia del Guayas.....	39
Figura 23 Mapa de Parroquias con mayor área óptima para ubicación logística .....	40

## **Antecedentes investigativos**

En Argentina, Cardoso y Carñel (2025), llevaron a cabo un estudio que tuvo como objetivo contribuir a la planificación y gestión territorial del distrito Santa Fe, en el área de la salud pública. Para ello, la metodología aplicada combinó técnicas de evaluación multicriterio (EMC) y sistemas de información geográfica (SIG). A su vez, los resultados dieron a conocer que las áreas con mejor aptitud corresponden a la parte norte de dicho distrito, pues se concentra 36 radios censales que cumplen los criterios y alcanzan una superficie de territorio de 3,34 %. De modo que, los autores concluyen que la combinación de EMC y SIG son herramientas eficaces de cara a la toma de decisiones en la planificación urbana.

En Colombia, Pulido et al. (2023) propusieron en su investigación un análisis multicriterio por medio de la sobreposición difusa en ArcGIS con el fin de detectar aquellas áreas geográficas aptas para el crecimiento demográfico a través de criterios socioambientales. La metodología se basó en la proyección de la población hasta el año 2045, la reclasificación de mapas temáticos y la lógica difusa para la zonificación. Respecto a los resultados, los investigadores indicaron que el 3% del área urbana es de óptima expansión y el 22% es de buena expansión, e incluso concluyeron que esta metodología contribuye a una planificación territorial sostenible, además minimiza los efectos ambientales generados por el crecimiento urbano. (Pulido et al., 2023)

En México, Guerrero et al. (2021) llevaron a cabo un análisis multicriterio con el objetivo fue reconocer zonas adecuadas, donde se integraran de manera conjunta aspectos fisiográficos, tenencia de la tierra y riesgos por inundación, donde se aplicó metodologías SIG y análisis de

decisiones multicriterio (MCDA). Los resultados indicaron 367 km<sup>2</sup> como zonas adecuadas cuya aplicación podría reducir impactos ecológicos y riesgos humanos, por lo que llegaron a concluir que la aplicación del MCDA ayuda a la planificación territorial de las diferentes urbanizaciones, de forma que se permite la integración de criterios ambientales con criterios sociales y jurídicos, facilitando con ello una herramienta que es replicable para zonas vulnerables.

En el contexto ecuatoriano, en Chone-Manabí, Bello et al. (2025) realizaron un estudio el cual tuvo como objetivo identificar áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario. En ese sentido, la metodología consistió en la implementación de criterios de diseño usando SIG y análisis multicriterio con 9 variables ambientales ponderadas mediante AHP. De acuerdo con los resultados, detectaron que se podían utilizar 20 áreas óptimas para la construcción de un relleno, abarcando un 5.36 % (18.196.04 ha). Para finalizar los autores concluyen que la pendiente y la distancia a áreas protegidas son factores críticos.

En Loja-Ecuador, Álvarez et al. (2020), mediante aplicación de una evaluación multicriterio diseñaron un mapa temático con ponderación lineal de variables (geología, pendiente, cobertura vegetal y precipitación). Esta aplicación se llevó a cabo en base a la averiguación de un SIG, a los temas previamente categorizados, a la matriz de comparación por pares. Los resultados apuntaron a que el factor geológico fue el que más contribuyó (49 %) en la ocurrencia de un deslizamiento de tierra. Los autores concluyeron que esta herramienta permite integrar los factores determinantes en la elaboración de mapas adecuados de la susceptibilidad en los territorios.

En Ibarra-Ecuador, Chida (2020) realizó un estudio que consistió en aplicar un análisis multicriterio para ubicar escombreras, haciendo uso de ArcGis. La metodología consideró los parámetros marcados en el TULSMA; distancia a vías, áreas urbanas, cuerpos hídricos, inclinación o pendiente y uso del suelo. Los resultados presentaron superficies entre 1.48 y 42.63 hectáreas y fueron seleccionadas considerando pendientes adecuadas, uso del suelo rural y distancias mínimas a vías. El autor concluyó que la herramienta ArcGis facilita la planificación territorial sostenible y la gestión ambientalmente responsable de residuos de construcción.

### **Introducción**

La provincia del Guayas, que se encuentra en la región costera del Ecuador, se ha convertido, a lo largo de las últimas décadas, en un eje estratégico para el desarrollo económico del Ecuador. Guayaquil, su capital, es el puerto marítimo y el centro industrial por excelencia, lo cual ha provocado un crecimiento acelerado, pero a su vez también ha generado grandes desafíos en lo que corresponde a la infraestructura logística; en especial en relación a la situación y eficacia de los actuales centros logísticos.

En la actualidad, la condición de la infraestructura destinada a la logística en la provincia del Guayas se halla bajo un significativo estado de tensión en la medida en que se produce un crecimiento exponencial de la demanda junto a una falta de planificación territorial global. La ciudad de Guayaquil concentra gran parte de la logística del país, lo cual ha ocasionado inconvenientes de tráfico vehicular, contaminación y colapso en los ingresos al puerto.

Asimismo, existen zonas industriales distantes de los centros de distribución, esto aumenta los tiempos y costos de transporte. A ello hay que añadir hasta las consecuencias del cambio climático con inundaciones que restringen la operatividad de las vías y centros logísticos. A raíz de todo eso hace falta una intervención técnica que tenga en cuenta criterios de resiliencia, eficiencia, sostenibilidad (Alatorre, 2010).

Además, existen zonas industriales alejadas de los centros de distribución, lo que incrementa los tiempos y costos de transporte. A ello se suman los efectos del cambio climático, como inundaciones recurrentes que afectan la operatividad de las vías y centros logísticos. Esta situación requiere una intervención técnica que considere criterios de resiliencia, eficiencia y sostenibilidad (Alatorre, 2010).

La logística se ha convertido en un factor clave para el desarrollo territorial sostenible. En economías globalizadas, el transporte de bienes, servicios e información debe ser cada vez más eficiente. Una red logística bien planificada permite conectar centros de producción con puntos de consumo de manera óptima, reduciendo costos, tiempos y externalidades negativas.

En este contexto, los centros logísticos cumplen un papel esencial como nodos de articulación entre diferentes modos de transporte y zonas de actividad económica. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022) señala que una planificación logística integrada y territorialmente coherente puede ser un motor para la inclusión social y la sostenibilidad.

La logística asume una importancia vital en cuanto al desarrollo socioeconómico de una región específica. Por tanto, tener una infraestructura logística de calidad permite abaratar costes, de igual manera habilita la competitividad participativa de las empresas e incrementa el acceso a los mercados tanto nacionales como internacionales. En el caso de Guayas optimizar la red logística de transporte no solo permite mantener su papel como posible centro comercial, sino que también está sirviendo para el desarrollo de las áreas rurales y de las áreas urbanas que las circundan.

La puesta en marcha de nuevos centros logísticos en ubicaciones estratégicas puede ser un primer paso en la descongestión del tráfico urbano, la mejora de la distribución de mercancías y la disminución de los impactos ambientales de la actividad logística (Bello et al., 2021).

### **Problemática**

Actualmente, los centros logísticos existentes hacen frente a problemas derivados de la saturación de las vías, el riesgo de inundaciones, los problemas de tipo medioambiental, y los altos costos operativos. De modo que es necesario llegar a una ubicación óptima mediante una herramienta de análisis multicriterio con herramientas SIG.

### **Objetivo General**

Determinar la localización más óptima dentro de la provincia del Guayas para implementar un centro logístico regional, mediante un análisis multicriterio a partir de un estudio que integre varios datos relevantes como accesibilidad, desarrollo económico y cuidado ambiental, utilizando herramientas de análisis espacial disponibles en los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

### **Objetivos Específicos**

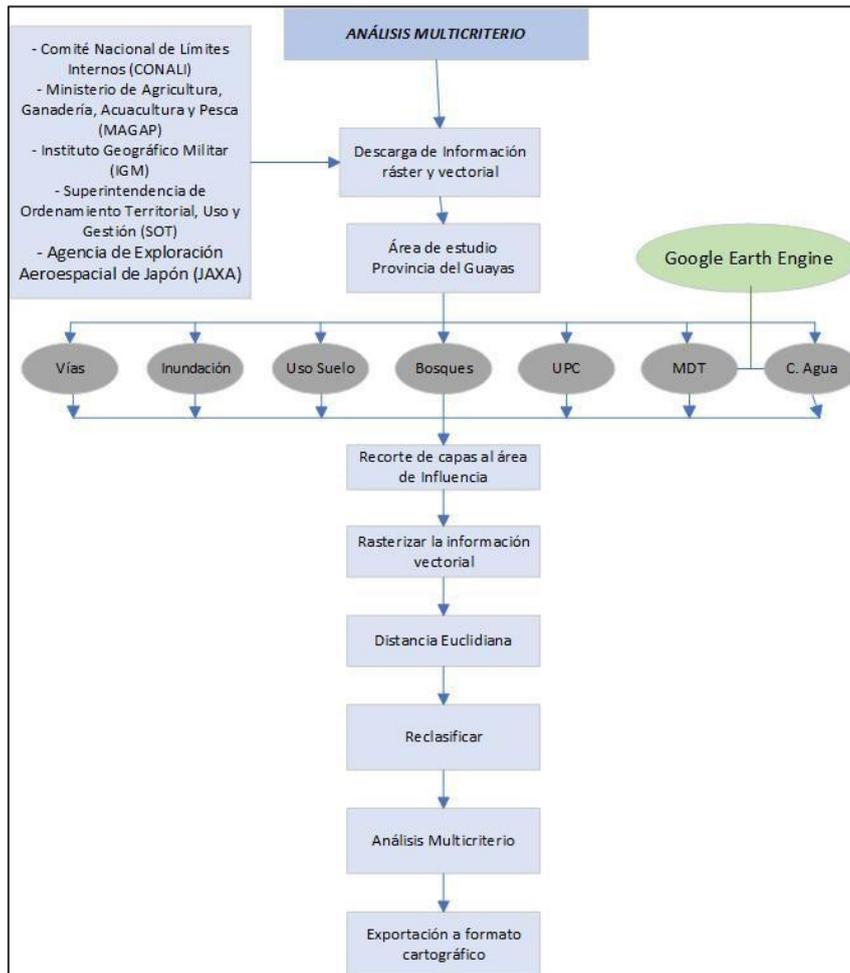
- Aplicar técnicas de análisis espacial mediante QGIS.
- Integrar datos topográficos automatizados y fotogramétricos digitales para el análisis.
- Realizar una evaluación multicriterio para definir la ubicación óptima.
- Generar mapas técnicos que representen la solución propuesta.

### **Metodología**

A tal efecto, un análisis multicriterio fue aplicado a las zonas óptimas, basado en siete variables de valoración del terreno las cuales fueron escogidas de acuerdo con parámetros ambientales, sociales y de servicios de infraestructura.

Cada variable fue ponderada de acuerdo con su nivel de influencia en el análisis, permitiendo establecer una jerarquía en la toma de decisiones espaciales con variables, su zona óptima, el peso asignado y su porcentaje de influencia en el modelo.

La información fue obtenida de fuentes oficiales como Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Superintendencia de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión (SOT), Instituto Geográfico Militar (IGM), Google Earth Engine (GEE), Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) y Comité Nacional de Límites Internos (CONALI). A continuación, se presenta el cuadro metodológico.

**Figura 1****Cuadro metodológico**

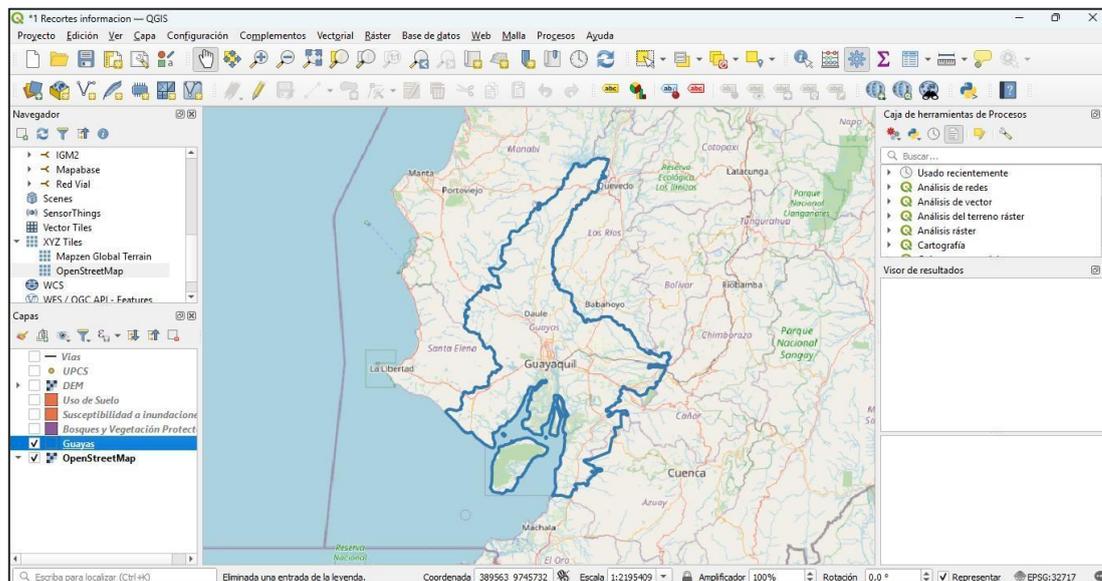
*Nota.* Diagrama de flujo del análisis multicriterio aplicado en la provincia del Guayas.

**Área de estudio**

El estudio tiene un enfoque basado en el análisis multicriterio en una de las provincias más grandes del país, Guayaquil, con características demográficas, geográficas, socioeconómicas y ambientales, convirtiéndola en el objeto de estudio. En la figura 2, se visualiza la provincia que se realizará el análisis de la investigación.

## Figura 2

### Delimitación del área de estudio en la provincia del Guayas usando QGIS



*Nota.* Mapa generado en QGIS con capas temáticas de vías, uso de suelo, bosques y susceptibilidad a inundaciones.

## Obtención de datos

### Provincias del Ecuador

Esta capa geográfica delimita las provincias del Ecuador, según la información oficial proporcionada por el CONALI (Comité Nacional de Límites Internos). Su inclusión en el análisis multicriterio permite contextualizar espacialmente los criterios evaluados, facilitando la identificación de patrones territoriales y la toma de decisiones diferenciadas por región, en nuestra área de estudio la provincia del Guayas. (Franz, 2022)

### Vías

Esta capa muestra la red vial del Ecuador, basada en datos proporcionados por el Instituto Geográfico Militar (IGM). La información sobre las vías es fundamental en el análisis multicriterio, ya que permite evaluar la accesibilidad y conectividad del territorio, factores clave para la planificación territorial y el desarrollo de infraestructuras. (Geoportal, 2013)

## Susceptibilidad a inundaciones

Esta capa, elaborada por el MAGAP, identifica las zonas del territorio nacional con mayor susceptibilidad a inundaciones ante eventos de precipitación extraordinaria. Su incorporación en el análisis multicriterio permite evaluar el riesgo hídrico en áreas específicas, lo que es crucial para la planificación del uso del suelo, la gestión del riesgo y la prevención de desastres naturales. (Geoportal, 2024)

## Cobertura del uso de la tierra

### Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra (CUT 2022)

Representa la cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental para el año 2022. El primer nivel de la leyenda corresponde a las 6 clases definidas por el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático); el segundo nivel corresponde a 12 clases que fueron acordadas a través de varios talleres por las entidades encargadas de la generación de información de cobertura de la tierra: Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE).

### Tabla 1

*Tabla de nivel de categorías del uso y cobertura del suelo*

Nivel I	Nivel II	Definición operativa	Fuente
Bosque	Bosque Nativo	Ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural; se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos.	MAE (2016)

	Plantación Forestal	Masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales.	MAE (2011)
Vegetación Arbustiva y Herbácea	Vegetación Arbustiva	Áreas con un componente substancial de especies leñosas nativas no arbóreas. Incluye áreas degradadas en transición a una cobertura densa del dosel.	MAE (2011)
	Páramo	Vegetación tropical altandina caracterizada por especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona.	SINAGAP - CLIRSEN (2012)
	Vegetación Herbácea	Áreas constituidas por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.	SINAGAP - CLIRSEN (2012)
Tierra Agropecuaria		Área bajo cultivo agrícola y pastos plantados, o que se encuentran dentro de una rotación entre éstos.	MAGAP-IEE (20129)
Cuerpo de Agua	Natural	Superficie y volumen asociado de agua estática o en movimiento.	MAE-MAGAP-IEE (2012)
	Artificial	Superficie y volumen asociado de agua estática o en movimiento asociadas con las	MAE-MAGAP-IEE (2012)

		actividades antrópicas y el manejo del recurso hídrico.	
Zona Antrópica	Área Poblada	Áreas principalmente ocupadas por viviendas y edificios destinados a colectividades o servicios públicos.	MAE-MAGAP-IEE (2012)
	Infraestructura	Obra civil de transporte, comunicación, agroindustrial y social.	MAE-MAGAP-IEE (2012)
Otras Tierras	Área sin cobertura vegetal	Áreas generalmente desprovistas de vegetación, que por sus limitaciones edáficas, climáticas, topográficas o antrópicas, no son aprovechadas para uso agropecuario o forestal, sin embargo pueden tener otros usos.	
	Glaciar	Nieve y hielo localizados en las cumbres de las elevaciones andinas.	MAE-MAGAP-IEE (2012)
Sin información		Corresponde a áreas que no han podido ser mapeadas.	-----

*Nota.* Tipología de coberturas terrestres utilizadas para análisis geoespaciales.

### **Bosques y vegetación protectores**

Los Bosques y Vegetación Protectores (BVP) son formaciones vegetales, naturales o cultivadas, arbóreas, arbustivas o herbáceas, de dominio público o privado, declarados como tales por encontrarse en áreas de topografía accidentada, cabeceras de cuencas hidrográficas o zonas que por sus condiciones climáticas, edáficas e hídricas deben ser conservadas, así

como los bosques de importancia ritual, ceremonial, cultural o histórica. (Ministerio del ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2025)

### **Inseguridad**

La inseguridad constituye uno de los tópicos más debatidos en la provincia; por lo que se relevó la información de la SOT, y valorando la localización de las Unidades de Policía Comunitaria se indagará la proximidad a los mismos y la accesibilidad a la seguridad (Sistema Nacional de Información, s.f.).

### **Modelo digital del terreno**

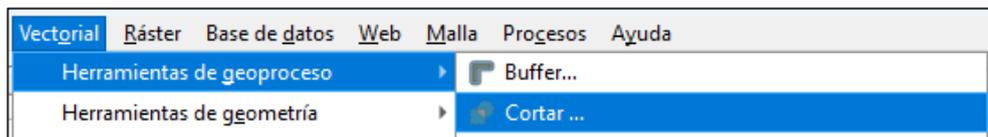
El MDT o el modelo digital del terreno se logra obtener a partir de la plataforma Google Earth Engine (GEE), con ello se considerará los aspectos topográficos del lugar, y con las herramientas SIG se logra obtener la pendiente para el área de estudio.

### **Área de estudio**

Obtenemos el shape de la provincia del Guayas, seleccionando el campo de provincias mediante la herramienta selección por atributos, y exportamos la provincia con la herramienta cortar.

### **Figura 3**

*Uso de la herramienta en QGIS para delimitar capas vectoriales*



*Nota.* En esta etapa se utilizó la herramienta de geoprocesamiento Cortar dentro del menú Vectorial de QGIS, para recortar las capas geográficas según el límite provincial.

### **Variables**

- Bosques y Vegetación Protectora
- Susceptibilidad a inundaciones

- Cobertura y uso del suelo
- Vías
- UPC

### **Modelo Digital del Terreno**

Se obtuvo el MDT mediante imágenes satelitales obtenidas de la plataforma GEE.

Una vez cargado el polígono y creado el asset en GEE, se ejecutó el script correspondiente para procesar y extraer el MDE de la provincia. Finalmente, el modelo generado fue descargado para su posterior uso en el análisis multicriterio.

A continuación, se presenta el código utilizado para el proceso:

```
// Cargar el shapefile de Guayas
var guayas = ee.FeatureCollection("projects/ee-csuquillo25/assets/Guayas");

// Visualizar la región
Map.centerObject(guayas, 8);
Map.addLayer(guayas, {}, "Guayas");

// Cargar la colección ALOS AW3D30 V3.2
var alos = ee.ImageCollection("JAXA/ALOS/AW3D30/V3_2")
    .filterBounds(guayas)
    .select("DSM"); // Banda correcta: DSM

// Crear un mosaico y recortar a Guayas
var dem = alos.mosaic().clip(guayas);

// Visualizar en el mapa
Map.addLayer(dem, {min: 0, max: 1000, palette: ["blue", "green", "brown"]},
"DEM Guayas");
```

```
// Exportar a Google Drive
Export.image.toDrive({
image: dem,
description: "DEM_Guayas_ALOS_DSM",
folder: "EarthEngineExports",
scale: 30, // Ajustable
region: guayas.geometry(),
maxPixels: 1e13
});
```

Este script permite generar y exportar un Modelo Digital de Elevación (DEM) de la provincia del Guayas, utilizando datos satelitales de la misión ALOS AW3D30 V3.2 del sistema GEE. A continuación, se explican sus pasos principales:

1. Carga del shapefile de la provincia del Guayas: se importa el límite territorial de Guayas desde los assets de Earth Engine como un FeatureCollection.
2. Visualización del área de estudio: se obtiene la aproximación del área de estudio.
3. Carga de datos de la colección de ALOS AW3D30: De JAXA, mediante la misión ALOS se accede a la colección de imágenes del Modelo Digital de Superficie (DSM).
4. Creación del mosaico y recorte al área de estudio: se genera un mosaico unificado a partir de las imágenes disponibles sobre Guayas, y se recorta a los límites de la provincia usando `.clip()`.

5. Visualización del DEM: se ve un mapa del modelo de elevación, con colores azules de elevación baja y colores marrón para elevaciones altas.
6. Exportación del DEM a Google Drive: se exporta el DEM como imagen GeoTIFF con las siguientes configuraciones:
  - Descripción: "DEM\_Guayas\_ALOS\_DSM"
  - Carpeta de destino en Google Drive: "EarthEngineExports"
  - Resolución espacial: 30 metros
  - Sistema de referencia: WGS 84 (por defecto)
  - Región: delimitada al shapefile de Guayas
  - maxPixels: aumentado para permitir exportaciones de gran tamaño

**Tabla 2***Parámetros de la información descargada*

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Nombre del DEM	ALOS AW3D30 Global DSM Version 3.2
Fuente	Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA)
Satélite	ALOS (Advanced Land Observing Satellite)
Sensor	PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping)
Tipo de modelo	DSM (Digital Surface Model – incluye vegetación y edificaciones)
Cobertura	Global (latitudes entre ~85°N y ~85°S)
Resolución espacial	1 arco segundo (~30 m) en Earth Engine (originalmente 0.15 arcsec / ~5 m)
Sistema de coordenadas	WGS84 (EPSG:4326) por defecto en Earth Engine
Zona UTM (Guayas)	UTM Zona 17S (EPSG:32717)

Precisión vertical (RMSE)	~5 m (en zonas despejadas, según validación JAXA)
Precisión horizontal	~2.5 m
Ángulo de adquisición	Obtenido desde múltiples ángulos (estéreo)
Fechas de adquisición	2006 - 2011 (combinación multitemporal)
Parámetros de corrección	- Corrección geométrica- Estéreo fotogrametría automatizada
Máscara de calidad (MSK)	Disponible (puede usarse para excluir píxeles con error o sin datos)
Número de imágenes usadas	Disponible en la banda STK (número de observaciones por píxel)
Proyección interna	UTM con Datum WGS84 (convertido a lat/lon en Earth Engine)
Cobertura de nubes / errores	Algunas zonas pueden tener vacíos si no hay imágenes adecuadas
Licencia de uso	Gratis para uso no comercial, investigación y académico

*Nota.* Herramienta utilizada para calcular distancias desde objetos geográficos en QGIS.

### **Cuerpos de agua**

En este paso obtuvimos los cuerpos de agua, mediante una clasificación en la plataforma GEE e imágenes Sentinel-2.

Primeramente, se subió el área de estudio, luego se selecciona las imágenes satelitales mediante la colección que se puso anteriormente, observamos que el año es del 2023, dándonos una clasificación actual. Además, se aplicaron correcciones para eliminar ruidos y datos erróneos.

Seguidamente, se dieron a conocer muestras de entrenamiento características para cada variedad (agua, vegetación, suelo), usando para ello los puntos de referencia a nivel geoespacial. De dichas muestras de clasificación definidas, se extrajeron los valores espectrales correspondientes

a la clasificación y se llevó a cabo el entrenamiento del modelo de clasificación Random Forest, que es un algoritmo bien conocido por su robustez en problemas de clasificación multiclase y por ser muy eficiente frente a exigencias computacionales en plataformas como GEE.

Finalmente se creó la clase para cuerpos de agua y se exportó el resultado.

Consecuentemente, ingresamos el código al Google Earth Engine, el cuál explicamos a continuación:

```
// Cargar el shapefile de la provincia de Guayas
var guayas = ee.FeatureCollection('projects/stripped-graph-460302-
g9/assets/Guayas');

// Cargar una imagen de satélite para el análisis (por ejemplo, Sentinel-2)
var imagen = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
    .filterBounds(guayas)
    .filterDate('2023-01-01', '2023-12-31') // Ajusta las fechas según sea
necesario
    .map(function(image) {
        // Eliminar las bandas de calidad y máscara
        return image.select(['B2', 'B3', 'B4', 'B8', 'B5', 'B6', 'B7', 'B8A', 'B9',
'B11', 'B12']);
    })
    .median(); // Puedes usar median() para reducir la colección a una
imagen representativa

// Mostrar la imagen seleccionada en el mapa
Map.centerObject(guayas, 8);
```

```
Map.addLayer(imagen, {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], min: 0, max: 3000}, 'RGB');  
  
// Definir las clases de entrenamiento. Por ejemplo, agua, vegetación, suelo  
  
var agua = ee.FeatureCollection([  
  ee.Feature(ee.Geometry.Point(-79.83, -2.13), {'class': 0}),  
  ee.Feature(ee.Geometry.Point(-79.85, -2.12), {'class': 0})  
]);  
  
var vegetacion = ee.FeatureCollection([  
  ee.Feature(ee.Geometry.Point(-79.80, -2.10), {'class': 1}),  
  ee.Feature(ee.Geometry.Point(-79.82, -2.09), {'class': 1})  
]);  
  
var suelo = ee.FeatureCollection([  
  ee.Feature(ee.Geometry.Point(-79.86, -2.14), {'class': 2}),  
  ee.Feature(ee.Geometry.Point(-79.87, -2.15), {'class': 2})  
]);  
  
// Unir todas las clases de entrenamiento  
  
var entrenamiento = agua.merge(vegetacion).merge(suelo);  
  
// Extraer las muestras de píxeles para el entrenamiento  
  
var training = imagen.sampleRegions({  
  collection: entrenamiento,  
  properties: ['class'],  
  scale: 10  
});  
  
// Entrenar el clasificador (Random Forest en este caso)  
  
var classifier = ee.Classifier.smileRandomForest(50).train({  
  features: training,
```

```
classProperty: 'class',
inputProperties: imagen.bandNames()
});

// Aplicar el clasificador a la imagen
var clasificacion = imagen.classify(classifier);

// Visualizar la clasificación
Map.addLayer(clasificacion, {min: 0, max: 2, palette: ['blue', 'green', 'brown']},
'Clasificación');

// Crear una capa para mostrar las áreas de entrenamiento
Map.addLayer(agua, {color: 'blue'}, 'Entrenamiento Agua');
Map.addLayer(vegetacion, {color: 'green'}, 'Entrenamiento Vegetación');
Map.addLayer(suelo, {color: 'brown'}, 'Entrenamiento Suelo');

// Mostrar la leyenda
var legend = ui.Panel({
widgets: [
  ui.Label('Clasificación supervisada', {fontWeight: 'bold'}),
  ui.Label('0: Agua'),
  ui.Label('1: Vegetación'),
  ui.Label('2: Suelo')
],
style: {position: 'top-left'}
});

Map.add(legend);

// Crear una máscara para el área clasificada como agua (clasificación = 0)
var aguaMask = clasificacion.eq(0); // 0 es la clase de agua
```

```
// Visualizar la máscara de agua en el mapa  
Map.addLayer(aguaMask, {palette: ['blue']}, 'Máscara de Agua');  
  
// Definir el área de interés para la exportación (en este caso, la máscara de  
agua)  
var exportImage = aguaMask.clip(guayas); // Recorta la imagen a la provincia  
de Guayas  
  
// Exportar la imagen como un archivo GeoTIFF con resolución reducida y  
maxPixels aumentado  
Export.image.toDrive({  
  image: exportImage,  
  description: 'Agua_Clasificacion_Guayas', // Nombre del archivo exportado  
  scale: 20, // Resolución de la imagen (ajustar según sea necesario)  
  region: guayas, // Define el área de la provincia de Guayas  
  fileFormat: 'GeoTIFF',  
  crs: 'EPSG:4326', // Sistema de referencia de coordenadas (WGS 84)  
  maxPixels: 500000000 // Aumentar este valor si es necesario, para  
exportaciones grandes  
});
```

Este script realiza una clasificación supervisada de coberturas del suelo en la provincia del Guayas, utilizando imágenes satelitales Sentinel-2 y un algoritmo de Random Forest. A continuación, se describen los pasos principales:

1. Carga del área de estudio: se carga el shapefile de la provincia del Guayas desde los assets de GEE como un FeatureCollection.

2. Carga y procesamiento de imágenes Sentinel-2: se filtra una colección de imágenes de Sentinel-2 dentro del área de Guayas y del año 2023. Luego se seleccionan las bandas ópticas necesarias (B2 a B12) y se reduce la colección a una sola imagen mediante la función. median ()
3. Visualización de la imagen en color natural: se muestra la imagen compuesta en el mapa con una visualización RGB (B4, B3, B2).
4. Definición de clases de entrenamiento: Se crean tres conjuntos de puntos de muestreo manualmente ubicados para representar:
  - Agua (class = 0)
  - Vegetación (class = 1)
  - Suelo (class = 2)
5. Muestreo de regiones: se extraen los valores de las bandas en los puntos de entrenamiento para construir un conjunto de datos de entrenamiento.
6. Adiestramiento del clasificador: mediante Random Forest y las bandas seleccionadas.
7. Clasificación de la imagen: se aplica el clasificador a toda la imagen Sentinel-2, generando un nuevo ráster clasificado por tipo de cobertura.
8. Visualización de resultados:
  - El resultado de la clasificación (con una paleta de colores para cada clase).
  - Las capas de entrenamiento (agua, vegetación, suelo).
  - Una leyenda textual indicando las clases.
9. Visualización de una capa de agua: se obtiene únicamente áreas clasificadas como agua (clase igual a 0).

10. Exportación del resultado: se exporta la máscara de agua como una imagen GeoTIFF:

- Recortada a la provincia del Guayas.
- Con resolución de 20 metros.
- Con sistema de coordenadas WGS 84 (EPSG:4326).
- Usando la función `Export.image.toDrive`.

**Tabla 3**

*Parámetros de la información descargada*

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Satélite	Sentinel-2A y Sentinel-2B
Sensor	MSI (MultiSpectral Instrument)
Fuente de datos	Google Earth Engine (Colección: COPERNICUS/S2)
Periodo de adquisición	01 de enero de 2023 – 31 de diciembre de 2023
Resolución espacial	10 m (bandas B2, B3, B4, B8); 20 m (B5, B6, B7, B8A, B11, B12); 60 m (B1, B9, B10)
Resolución temporal	5 días (combinando Sentinel-2A y 2B)
Correcciones aplicadas	Nivel 1C (corrección radiométrica y geométrica; TOA - Top of Atmosphere)
Bandas utilizadas	B2 (Blue), B3 (Green), B4 (Red), B8 (NIR), B5, B6, B7, B8A, B9, B11, B12
Procesamiento en GEE	Composición por mediana anual; filtrado espacial y temporal
Proyección geográfica	WGS 84 (EPSG:4326)
Licencia de uso	Libre y abierta (Copernicus Programme, ESA)
Enlace de referencia	<a href="https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2">https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2</a>

Nota. Detalles técnicos de las imágenes Sentinel-2 procesadas en GEE para clasificación del suelo.

Una vez obtenida la clasificación supervisada por medio de las 3 categorías procedemos a descargarnos mediante el Drive, únicamente la cobertura del cuerpo de agua.

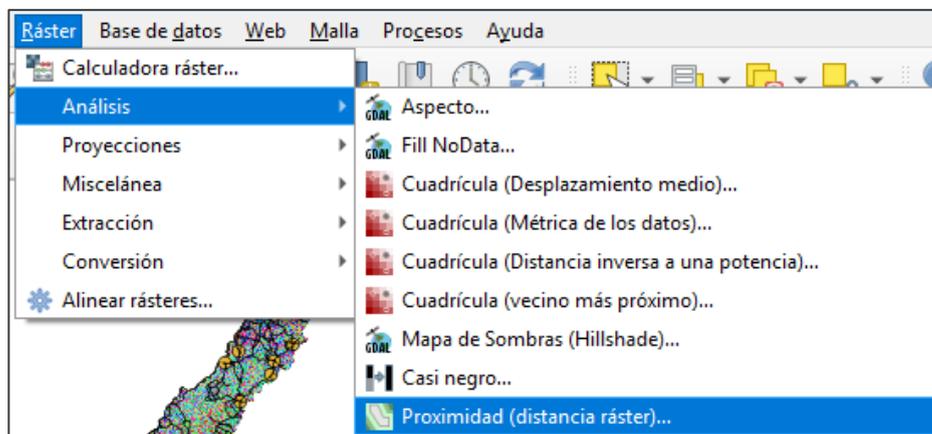
## Procesamiento Geoespacial de las Variables

### Vías (6)

Se generó un ráster de distancias, mediante proximidad de las vías o acceso territorial.

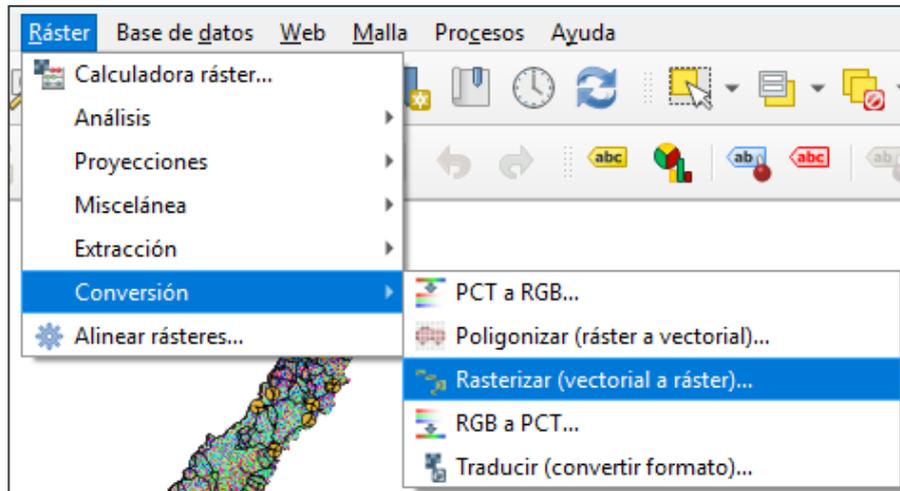
### Figura 4

*Cálculo de proximidad con la herramienta Distancia ráster*



Nota. Herramienta utilizada para generar un ráster de accesibilidad a partir de la red vial.

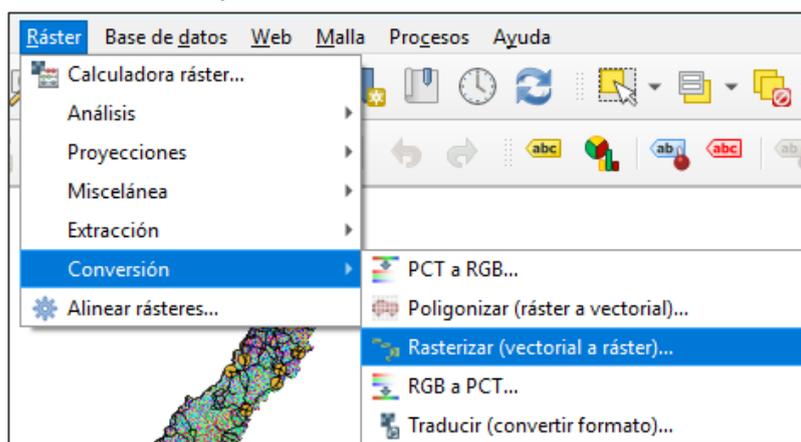
Antes de ello, la capa vectorial fue sometida a un proceso mecanizado a partir de la herramienta Rasterizar (Vector a Ráster), en el cual se definió el campo correspondiente y se asignó una resolución espacial de 30 metros por pixel, resolución que se mantuvo para todas las capas rasters en el análisis multicriterio para garantizar la compatibilidad entre ellas. De aquí se obtuvo un mapa de accesibilidad donde se visualiza la proximidad de cada uno de los puntos del territorio respecto de las vías principales, insumo básico para la posterior reclasificación y ponderación.

**Figura 5***Herramienta Rasterizar (vectorial a ráster)*

Nota. Herramienta usada para convertir capas vectoriales en ráster con resolución uniforme de 30 metros por píxel.

**UPC (1)**

Primeramente, los UPC al ser una capa de puntos, se transformó a ráster con un píxel de 30 metros.

**Figura 6***Conversión de puntos UPC a ráster en QGIS*

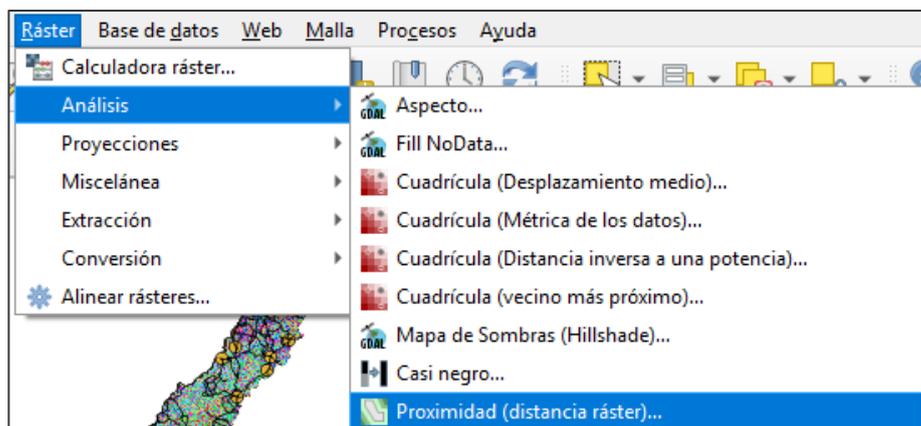
Nota. Se utilizó la herramienta Rasterizar para transformar la capa de UPC a formato ráster con resolución de 30 metros.

La Capa de distancia de proximidad (la cual se basa en la distancia euclidiana) se usó sobre el ráster generado previamente para obtener otra

capa ráster que representaba las distancias desde cada celda del territorio al punto de la red UPC más accesible. Esta capa fue determinante para describir los espacios con diferente grado de accesibilidad a los servicios de seguridad.

### Figura 7

#### *Cálculo de distancia euclidiana desde las UPC*



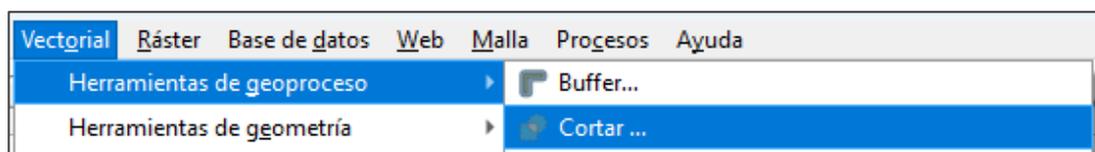
Nota. Generación de un ráster de distancias desde cada celda hacia el punto UPC más cercano, para evaluar la accesibilidad a servicios de seguridad.

### Bosque y vegetación protectora (7)

Para esta variable, se trabajó con una capa vectorial que contiene la información de áreas de bosque y vegetación protectora a nivel nacional. Esta capa fue filtrada espacialmente para el área de estudio mediante la herramienta Cortar (Clip), utilizando como límite el polígono de la provincia del Guayas.

### Figura 8

#### *Herramienta "Cortar" aplicada a la capa de vegetación en QGIS*



Nota. Se utilizó para delimitar áreas de bosque y vegetación protectora dentro del territorio de la provincia del Guayas.

De igual forma, rasterizamos la capa, según la presencia de cobertura vegetal o no, se pusieron los pesos.

## Inundación (5)

La variable de susceptibilidad a inundaciones se trabajó a partir de una capa vectorial que clasifica el territorio según distintos niveles de riesgo: alta, media, baja y sin susceptibilidad. Esta información fue recortada al área de estudio mediante la herramienta Cortar (Clip), y posteriormente convertida a formato ráster utilizando la herramienta Rasterizar (vector a ráster), como en procesos anteriores.

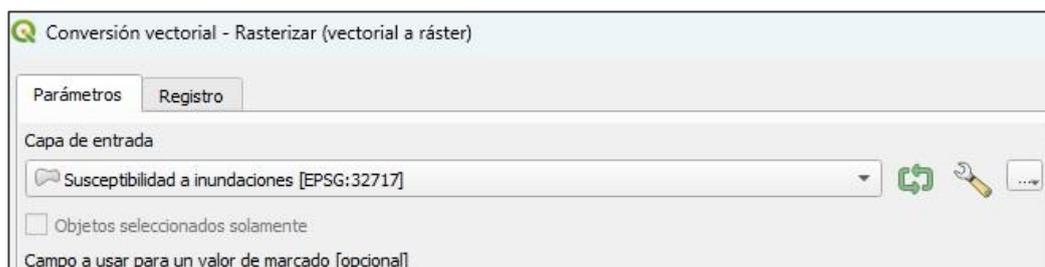
Durante la rasterización, se utilizó el campo "Indicador" para asignar valores numéricos representativos de cada nivel de susceptibilidad, según la siguiente codificación:

- Alta: 1
- Media: 2
- Baja: 3
- Sin susceptibilidad: 4

Esta asignación permitió integrar la variable en el análisis multicriterio, facilitando su posterior reclasificación y ponderación. El enfoque utilizado prioriza las zonas con mayor riesgo de inundación, asignándoles un valor más bajo, lo que indica una mayor restricción o menor aptitud para ciertas actividades dentro del modelo de evaluación espacial.

## Figura 9

### *Rasterización de la capa de susceptibilidad a inundaciones*



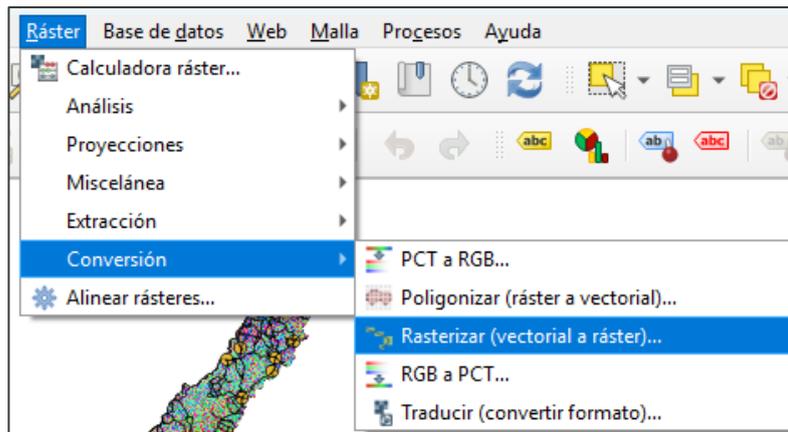
Nota. Conversión de datos vectoriales a ráster utilizando valores codificados por nivel de riesgo para análisis multicriterio.

### Zona antrópica, infraestructura (uso de suelo) (3)

Esta capa en formato vectorial, se debe convertir a ráster mediante la herramienta Rasterizar de Qgis, para su posterior reclasificación.

#### Figura 10

*Conversión de capa de uso de suelo a ráster*



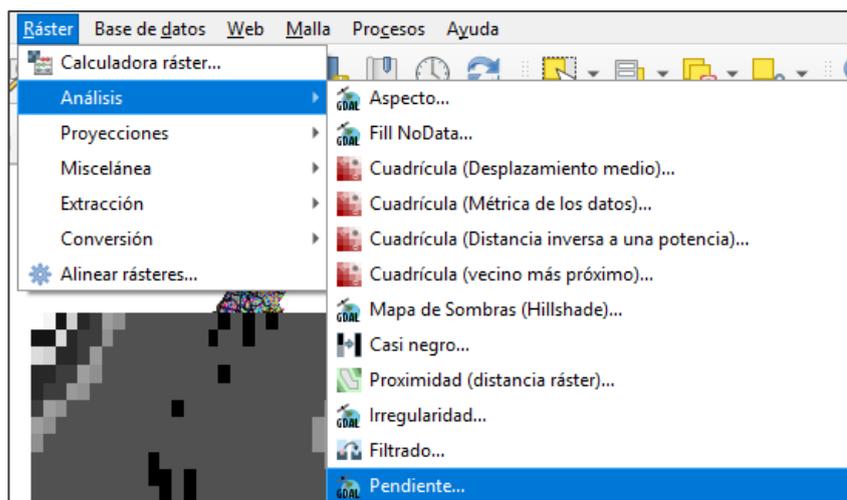
Nota. Se aplicó para transformar la capa de zona antrópica e infraestructura en formato ráster.

### Pendientes (mdt) (2)

Mediante la herramienta pendiente en Qgis generamos el modelo. Posteriormente, el ráster de pendientes generado puede ser utilizado para procesos posteriores como reclasificación, análisis espacial o integración con otras variables temáticas.

**Figura 11**

*Cálculo de pendientes a partir del MDT*



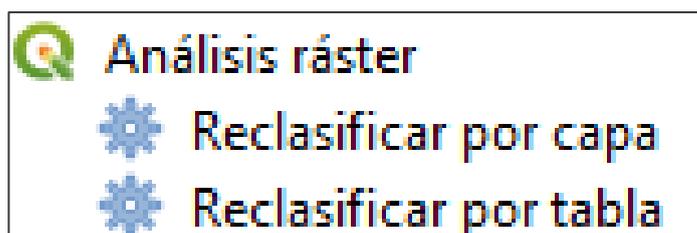
Nota. Se utilizó la herramienta Pendiente para generar un ráster de inclinación del terreno en grados desde el modelo digital.

### **Reclasificación y asignación de pesos de las variables**

La distribución de pesos a cada factor dentro del análisis multicriterio se efectuó en función de su grado de influencia respecto al objetivo del estudio. Este proceso permite jerarquizar los criterios considerados, otorgando mayor relevancia a aquellos factores que tienen un impacto más significativo en la evaluación. La ponderación fue aplicada con base en criterios técnicos, asegurando una integración equilibrada y coherente de todas las capas involucradas. Para ello se utilizó la herramienta Reclassificar por tabla, la cual nos da el ráster de acuerdo al peso otorgado a cada variable en base a sus parámetros.

**Figura 12**

*Herramientas de reclasificación*



Nota. Esta función permitió asignar pesos a las variables según su influencia dentro del análisis multicriterio.

## Vías (6)

En la asignación de pesos, se utilizó el criterio de una distancia menor a las vías será mejor por temas de logística, en la siguiente tabla se detalla las distancias y los pesos.

**Tabla 4**

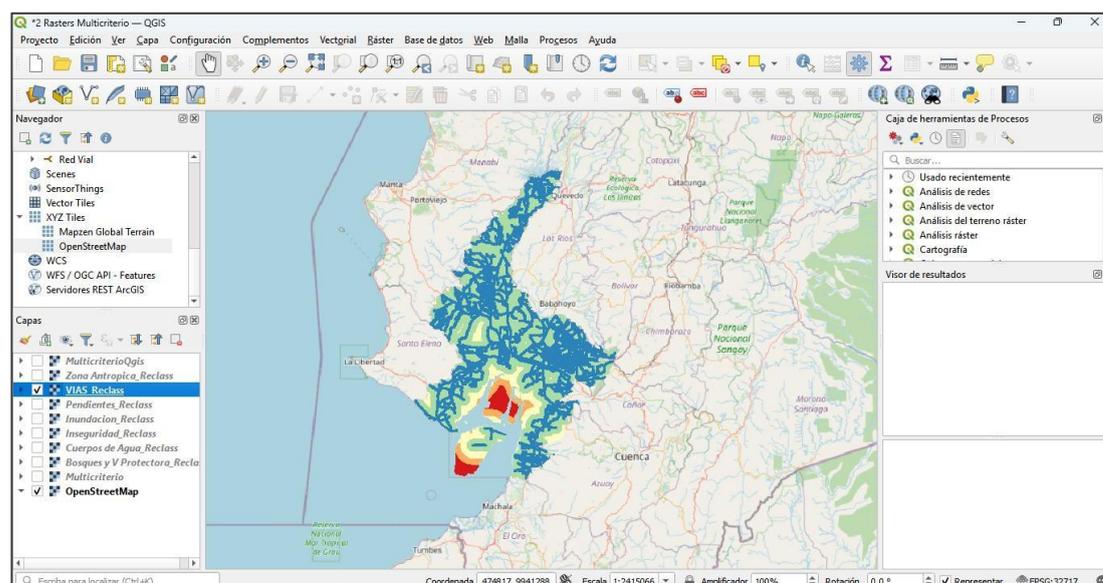
*Asignación de pesos según distancia a vías*

Indicador	Peso
$X < 1000$	5
$1000 < x < 5000$	4
$5000 < x < 10000$	3
$10000 < x < 15000$	2
$15000 > X$	1

Nota. La proximidad fue agrupada en intervalos con el propósito de para valorar el nivel de accesibilidad, dando prioridad a las zonas más cercanas a la red vial.

## Figura 13

*Mapa de accesibilidad territorial basado en la variable vías.*



Nota. Como se puede ver, las zonas más cercanas a la red de vías representadas en tonos azules presentan una mayor accesibilidad (peso 5). Y si aumenta la distancia, la idoneidad disminuye progresivamente (tonos rojos).

## UPC (1)

La reclasificación se realizó en función de la distancia, asignando mayores pesos a las áreas más cercanas a una UPC, considerando que una proximidad menor a 1 km indica una mejor cobertura de seguridad, seguida de zonas entre 1 y 5 km, y finalmente áreas más alejadas con menor influencia, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 5**

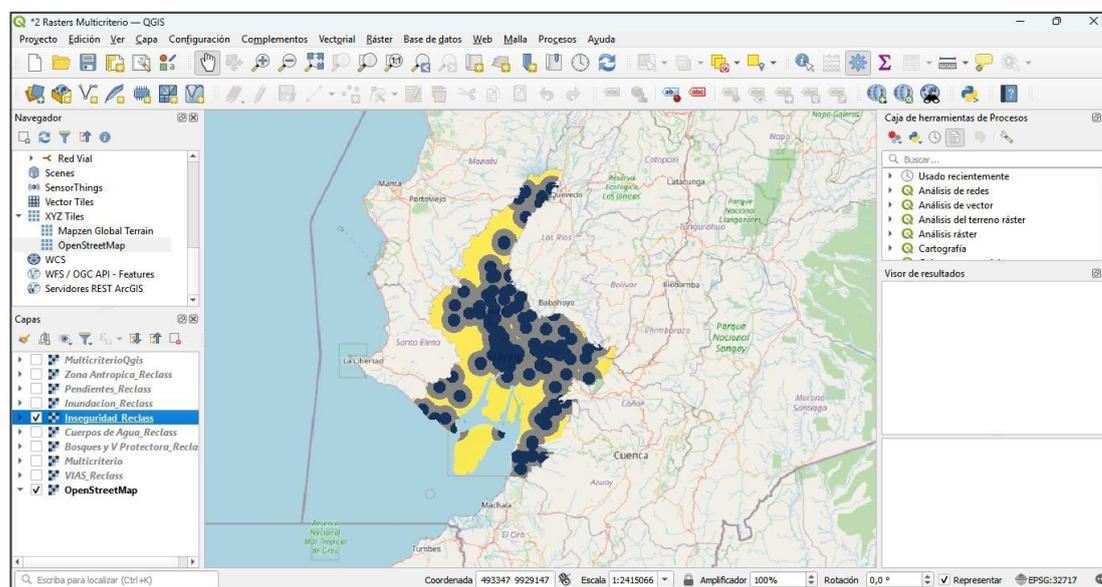
*Asignación de pesos según cercanía a unidades policiales*

Indicador	Peso
Distancia a 1 km	3
Distancia 1 - 5 km	2
Más de 5 km	1

Nota. Los valores reflejan mayor prioridad en zonas próximas a una UPC, como criterio de accesibilidad a servicios de seguridad.

**Figura 14**

*Mapa de proximidad a las Unidades de Policía Comunitaria (UPC)*



Nota. En la figura se muestra la idoneidad según la cercanía a las Unidades de Policía Comunitaria (UPC), las zonas representadas en azul que indican una distancia menor a 1 km reflejan una mayor cobertura de seguridad, siendo las más favorables para la localización del centro logístico (peso 3).

## Bosque y vegetación protectora (7)

Las áreas correspondientes a las zonas protegidas y las que no lo eran se le asignaron códigos diferenciadores, a partir de los cuales se generó un ráster de dos clases, las zonas que dentro de las áreas protegidas obtuvieron un valor de peso inferior debido a su importancia en conservación y las que fuera de protección estaban ponderadas con un valor más elevado.

**Tabla 6**

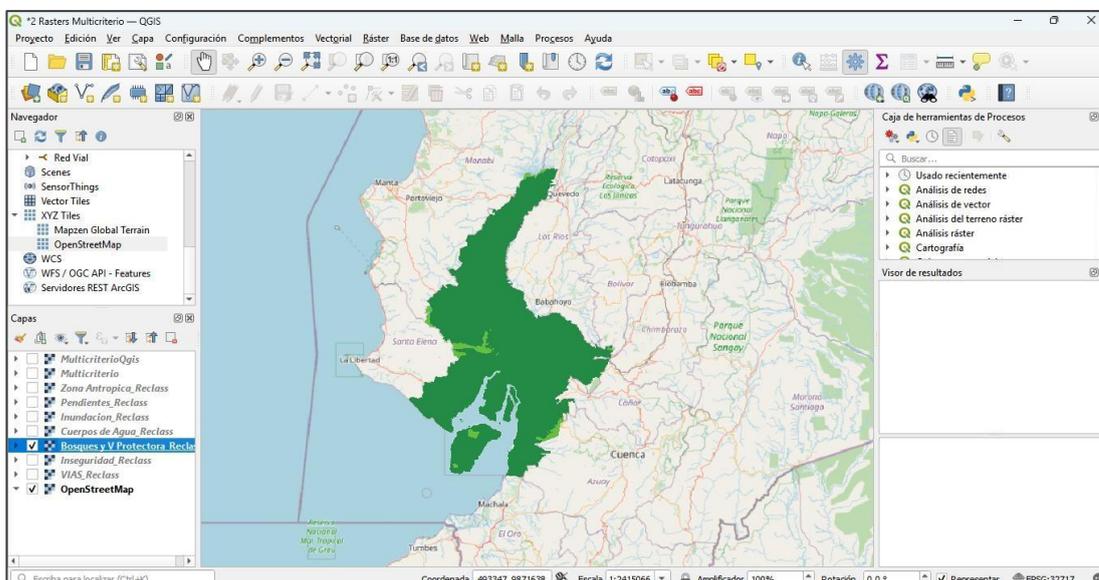
*Ponderación según presencia en áreas de protección*

Indicador	Peso
Fuera área de protección	2
Dentro del área de protección	1

Nota. Se otorgó mayor peso a zonas fuera de áreas protegidas, considerando su menor restricción ambiental.

**Figura 15**

*Mapa de zonas con cobertura de bosque y vegetación protectora*



Nota. En la figura de idoneidad ambiental, las zonas en verde oscuro representan áreas fuera de zonas protegidas, consideradas más apropiadas para el establecimiento del centro logístico (peso 2). Por el contrario, las áreas en verde claro indican presencia de bosques o vegetación protectora, donde la intervención es menos recomendable debido a su valor ecológico (peso 1).

## Inundación (5)

Con relación a la variable de susceptibilidad a inundaciones se llevó a cabo la reclasificación del ráster en cinco las clases, que se basa en el nivel de riesgo, concretamente las zonas de alta susceptibilidad tienen un peso menor pues son de mayor riesgo, mientras que las zonas sin susceptibilidad han recibido el peso mayor. A partir de esta estructura se permitió hacer un análisis donde se pueden hacer priorizaciones para aquellas zonas donde el riesgo de inundación es menor.

**Tabla 7**

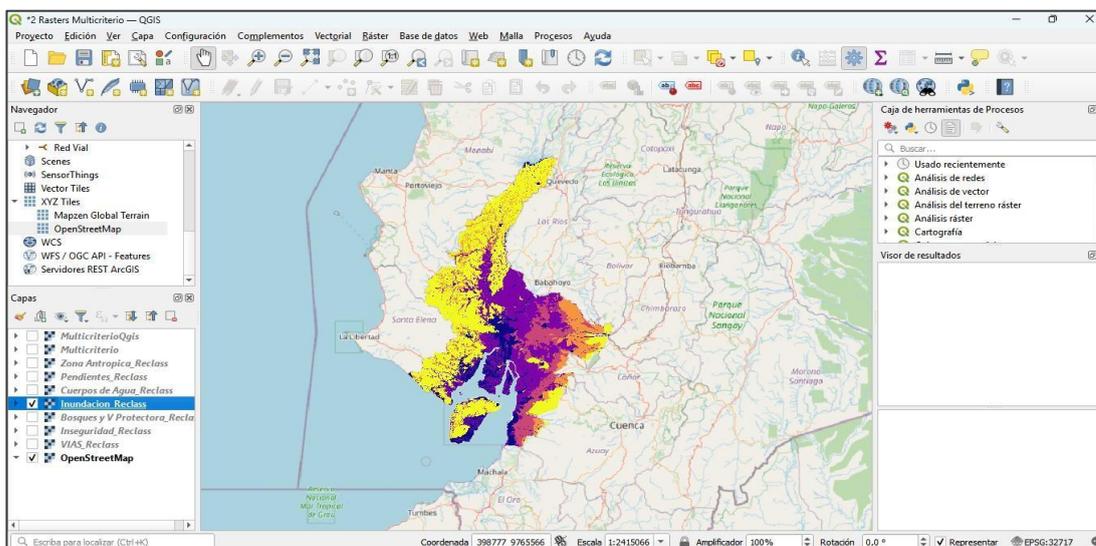
*Pesos asignados según nivel de susceptibilidad a inundaciones*

Indicador	Peso
Alta	1
Media	2
Baja	3
Sin susceptibilidad	4

Nota. Las zonas con menor riesgo recibieron valores más altos para favorecer su selección en el análisis multicriterio.

**Figura 16**

*Mapa de susceptibilidad a inundaciones en el área de estudio.*



Nota. La figura representa la idoneidad según el riesgo de inundación, usando una escala de azul a amarillo.

## Cuerpos de agua (4)

En esta variable se considera la presencia de cuerpos de agua dentro del área de estudio. Se reclasificó la capa en dos categorías: zonas dentro de cuerpos de agua y zonas fuera de ellos. Las áreas dentro de cuerpos de agua recibieron un peso menor, ya que no son aptas para desarrollo o intervención. En contraste, las áreas fuera de los cuerpos de agua obtuvieron un peso mayor, siendo consideradas más favorables dentro del análisis multicriterio.

**Tabla 8**

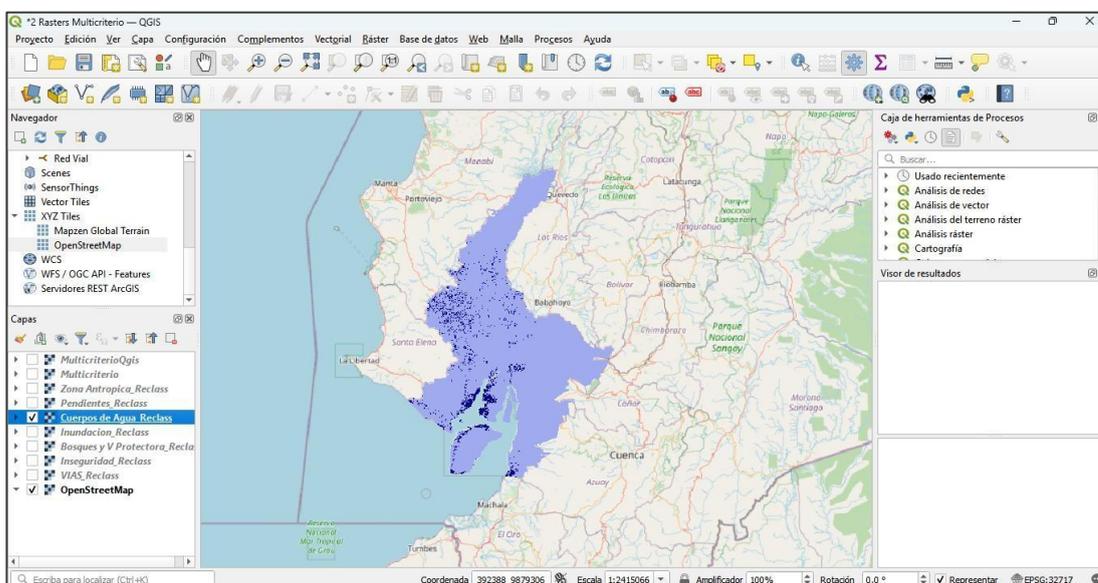
*Ponderación según la presencia de cuerpos de agua*

Indicador	Peso
Fuera del cuerpo de agua	2
Dentro del cuerpo de agua	1

Nota. Las zonas fuera del agua recibieron mayor peso por su aptitud para actividades de desarrollo.

**Figura 17**

*Mapa de idoneidad según presencia de cuerpos de agua*



Nota. En el mapa de idoneidad respecto a la presencia de cuerpos de agua, las áreas representadas en azul corresponden a zonas cubiertas por cuerpos de agua, consideradas no aptas para intervención o desarrollo logístico (peso 1). En contraste, las zonas en celeste, que se encuentran fuera de estos cuerpos, son consideradas más favorables (peso 2).

### Zona antrópica, infraestructura (uso de suelo) (3)

Este elemento denota los espacios del territorio a los cuales se les ha dado una transformación por actividades humanas, como la vivienda, la industria, el transporte o los servicios. Se dieron a conocer y se reclasificaron las zonas de acuerdo a su uso del suelo, diferenciando entre áreas dentro de la zona industrial y fuera de ella. Las zonas industriales recibieron un mayor peso en el análisis, al ser consideradas espacios ya consolidados para el desarrollo de actividades humanas, mientras que las áreas fuera de esta zona fueron ponderadas con menor valor, como se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 9**

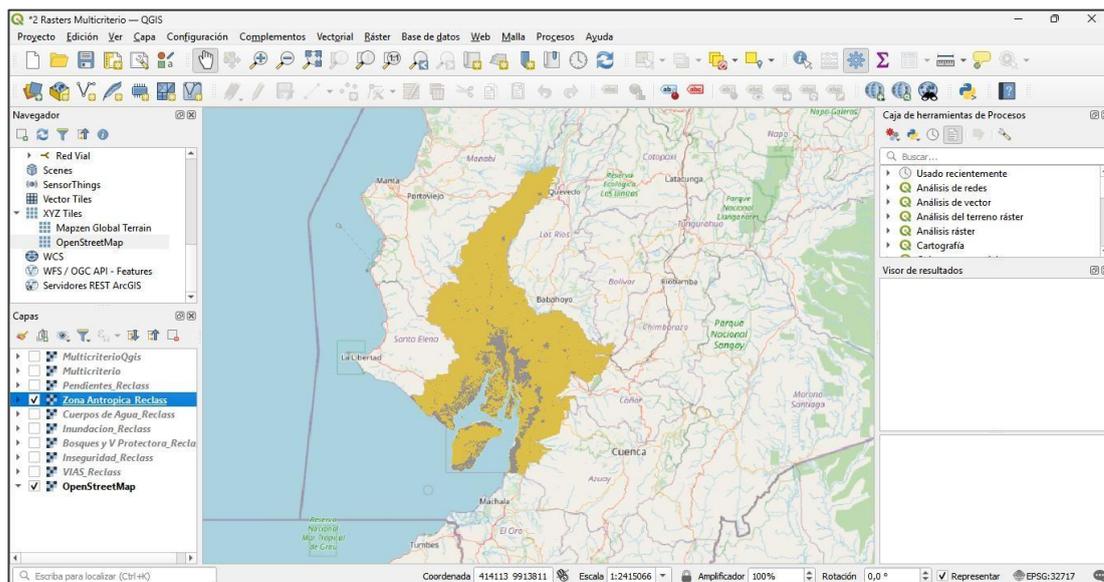
*Pesos asignados según ubicación respecto a la zona industrial*

Indicador	Peso
Fuera de la Zona Industrial	1
Dentro de la Zona Industrial	2

Nota. Las áreas dentro de la zona industrial fueron valoradas con mayor peso por su aptitud para actividades logísticas.

**Figura 18**

*Mapa de idoneidad según zona antrópica e infraestructura.*



Nota. El mapa de idoneidad clasifica el territorio según su uso del suelo: las zonas industriales (gris) son más favorables para un centro logístico (peso 2) por su infraestructura y vocación productiva, mientras que las áreas no industriales (crema) tienen menor idoneidad (peso 1).

## Pendientes (mdt) (2)

Se reclasificó el ráster en cinco clases según el rango de pendientes, asignando mayor peso a las áreas con menor inclinación, ya que estas son más aptas para el desarrollo de actividades humanas e infraestructuras. Las zonas con mayor pendiente obtuvieron valores menores por su dificultad para ser intervenidas, como se detalla en la tabla correspondiente.

**Tabla 10**

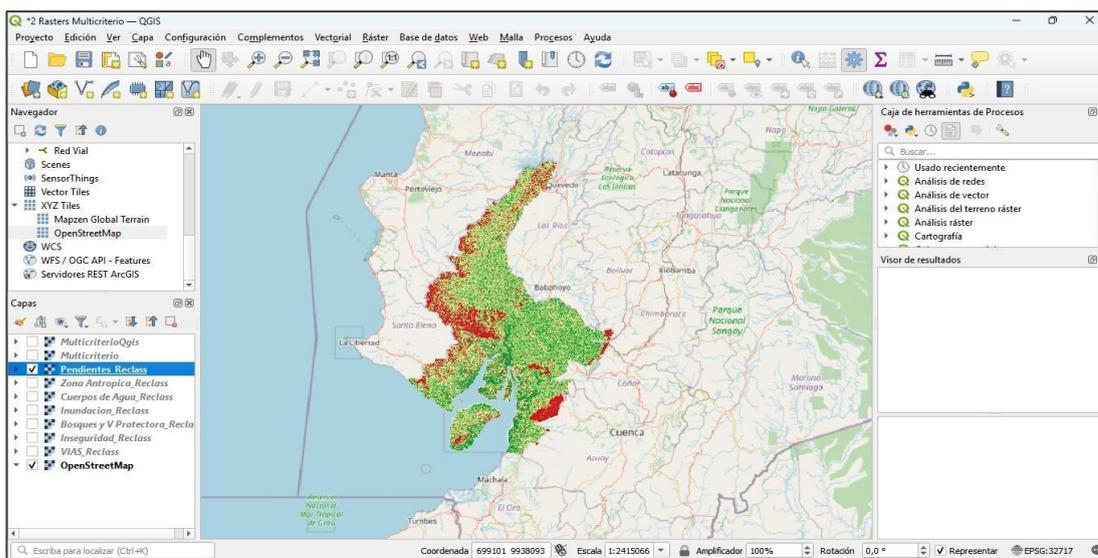
*Ponderación de pendientes según rangos de inclinación.*

Indicador	Peso
$X < 2$	5
$2 < x < 6$	4
$6 < x < 8$	3
$8 < x < 10$	2
$10 > x$	1

Nota. Zonas planas presentan mayor peso por ser más aptas para desarrollo.

**Figura 19**

*Mapa de idoneidad territorial en función de la pendiente del terreno.*



Nota. La gráfica nos muestra que tan bueno es el lugar de acuerdo a la pendiente que va desde verde a rojo con valores de  $<2^\circ$  a  $>10^\circ$  con peso de 5 a 1, respectivamente.

### **Análisis multicriterio**

El análisis multicriterio (AMC) representa un elemento esencial en la práctica de la toma de decisiones espaciales, sobre todo cuando existen diversos factores que dificultan su elección y que se deben tener en cuenta de manera simultánea. En el presente trabajo se lleva a cabo un AMC a partir del programa QGIS, el cual tiene como meta la obtención de las zonas óptimas en el área de estudio mediante la combinación de criterios ambientales, sociales y físicos.

Para esta evaluación se seleccionaron siete variables clave, cada una representando un criterio relevante para la selección del territorio ideal: cobertura vegetal, cercanía a vías, susceptibilidad a inundaciones, proximidad a cuerpos de agua, influencia antrópica, pendiente del terreno e índices de inseguridad. Con el fin de determinar la importancia relativa de cada criterio, se aplicó el método de jerarquía analítica (AHP) propuesto por Thomas Saaty, el cual permite realizar comparaciones por pares entre los criterios, evaluando su contribución relativa al objetivo general del análisis. A partir de estas comparaciones, se construyó una matriz de prioridades y se derivaron los pesos normalizados de cada variable, reflejando así su influencia proporcional en la ponderación final. Los pesos obtenidos mediante este proceso fueron los siguientes:

**Tabla 11**

*Pesos y porcentaje de influencia por variable*

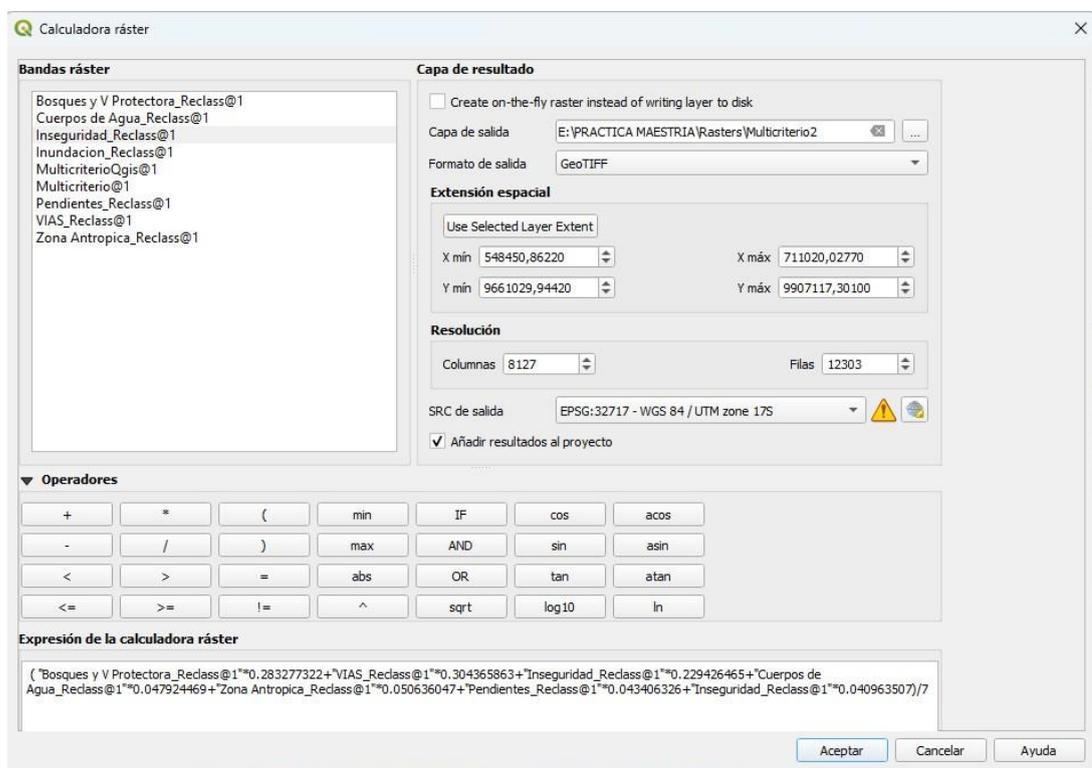
Variables	Pesos asignados
<i>Bosque y vegetación protectora</i>	0,283277322
<i>Vías</i>	0,304365863
<i>Zona susceptible a inundación</i>	0,229426465
<i>Cuerpos de agua</i>	0,047924469
<i>Zona antrópica</i>	0,050636047
<i>Pendientes</i>	0,043406326
<i>Inseguridad</i>	0,040963507

Nota. La tabla detalla la contribución relativa de cada criterio en el análisis multicriterio para determinar zonas óptimas.

La herramienta Calculadora Raster del software Qgis, fue utilizada para el análisis multicriterio, el cual, aplica sumas y multiplicaciones para las variables o capas.

**Figura 20**

*Expresión de análisis multicriterio en la Calculadora Raster de QGIS*



Nota. Se empleó la Calculadora Raster para combinar capas temáticas mediante ponderaciones asignadas a cada variable, generando un modelo de idoneidad territorial.

Consecutivamente se realizó una reclasificación para obtener una escala de idoneidad, en la siguiente tabla podemos visualizar de forma ordenada la influencia:

**Tabla 12**

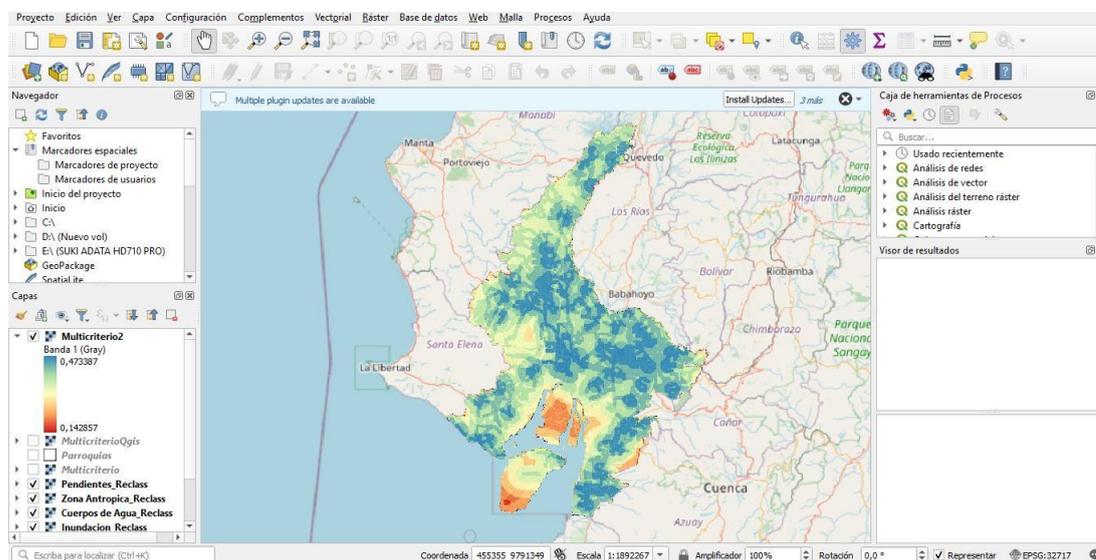
*Análisis de Idoneidad*

Ponderación	Idoneidad
5	Óptimo
4	Moderado
3	Limitado
2	Deficiente
1	No viable

Nota. Se clasificó el territorio en cinco niveles de aptitud, donde el valor 5 representa las zonas más adecuadas y el 1 las menos viables.

**Figura 21**

*Mapa de multicriterio de idoneidad territorial*



Nota. El mapa de análisis de idoneidad multicriterio muestra el resultado combinado de todas las variables evaluadas. Se utiliza una paleta de colores que va del rojo al azul, donde el azul representa las zonas óptimas para la ubicación del centro logístico (valor 5), al reunir las condiciones más favorables en accesibilidad, seguridad, riesgo ambiental, y uso del suelo.

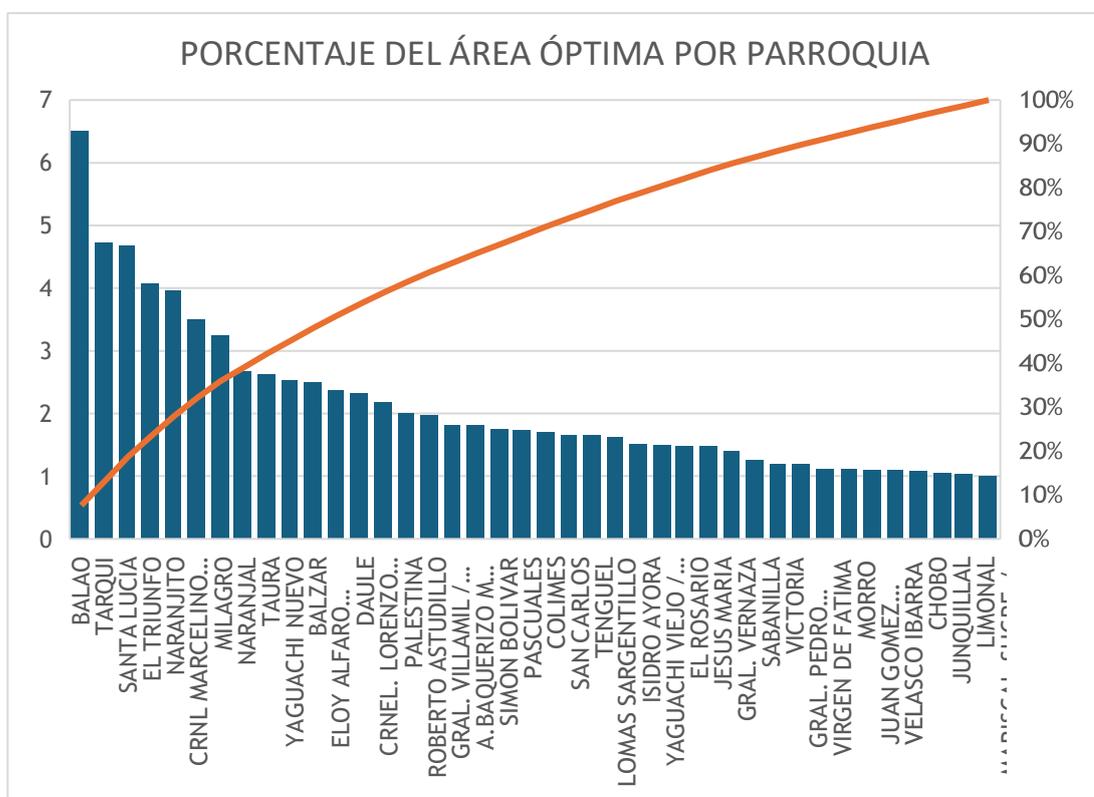
## Análisis de ubicación

El análisis multicriterio se aplicó a la totalidad de la provincia del Guayas, generando un mapa de idoneidad que identifica las zonas más favorables según los criterios definidos. A partir del resultado ráster final, se calculó el porcentaje de área óptima dentro de cada parroquia.

Para este análisis, se consideraron únicamente aquellas parroquias en las que al menos el 1% de su superficie se superpone con zonas clasificadas como óptimas. Esta exclusión permite enfocar los resultados en territorios con una representación espacial significativa, evitando distorsiones debidas a porcentajes mínimos que podrían carecer de relevancia práctica. A continuación, se presenta una tabla estadística de los resultados:

**Figura 22**

*Porcentaje del área óptima por parroquia en la provincia del Guayas*



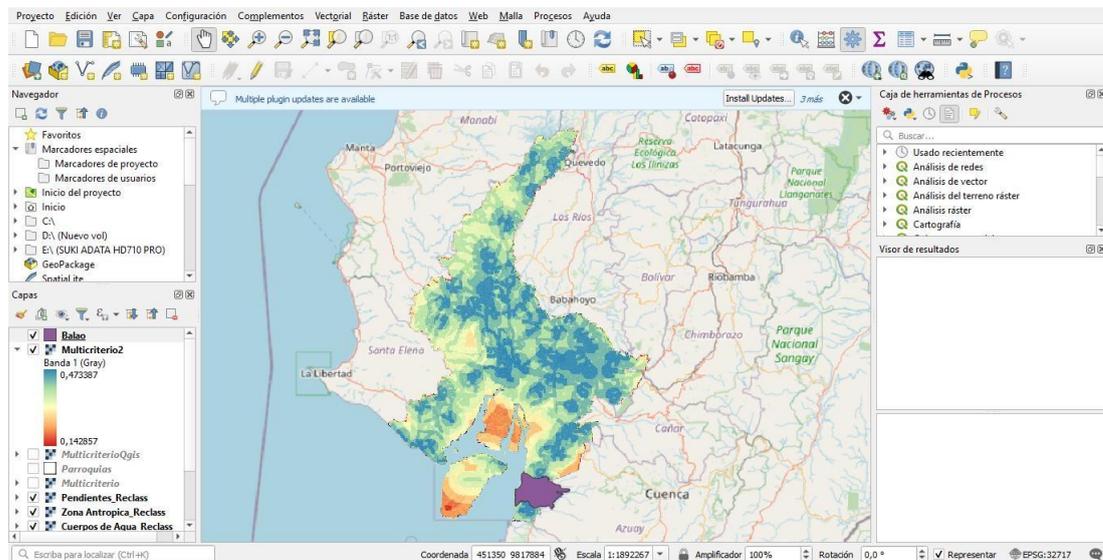
Nota. Se visualiza la distribución acumulada de zonas óptimas, destacando parroquias con mayor proporción de territorio apto para el desarrollo logístico.

La Parroquia Balao con un 6.5% es la más destacada, seguida de Tarqui con un 4.72% y Santa Lucía con 4.67%. Teniendo en cuenta la decisión para el centro logístico.

Finalmente, en la siguiente figura podemos visualizar la parroquia óptima para el centro logístico en la provincia del Guayas.

### Figura 23

#### Mapa de Parroquias con mayor área óptima para ubicación logística



Nota. El mapa resalta las zonas óptimas por parroquia, destacando a Balao, Tarqui y Santa Lucía como las más favorables para la implementación del centro logístico.

### Conclusiones

El centro logístico tal y como ha quedado expresado en el análisis, se encuentra focalizado en la Parroquia de Balao, teniendo un porcentaje de aceptación de un 6,5%, en función de las variables que hemos definido en la investigación.

Las zonas de protección como: los bosques y los cuerpos de agua, son igualmente importantes a la hora de obtener el resultado, pues estas son zonas de exclusividad, y esto es apuntar la idea de que en una obra de infraestructura no se pueden tocar.

Las áreas con baja susceptibilidad a inundaciones y pendientes suaves se presentan como las más apropiadas para la construcción y la instalación de infraestructura; debido a que brindan mayores condiciones de seguridad y estabilidad. Este tipo de selección de terrenos se traduce en una reducción de los riesgos o bien de los posibles costes a la obra por ejemplo de mitigación o mantenimiento a largo plazo.

Todas las variables tienen en cuenta un elemento importante, según el tipo de área en la que toman fuerza, por un lado, pues la zona industrial representa un espacio ya constituido en niveles de infraestructuras y permisos, por el otro, la proximidad a vías de transporte ahorra cuestiones de movilidad y las Unidades de Producción Comunitarias disminuirán los riesgos.

### **Recomendaciones**

Se recomienda localizar el centro logístico en áreas que estén cercanas a vías de primer orden y en un buen estado, ya que esto puede aportar de forma favorable en lo que respecta a la economía, con operaciones ágiles y la reducción de tiempos y costes de transporte.

Es importante priorizar áreas de protección ambiental como bosques y cuerpos de agua, la minimización o evitación de los riesgos ambientales como la susceptibilidad a inundaciones en pendientes, y el resto de ajustes a la geografía y experiencias de los riesgos ambientales.

Seleccionar ubicaciones dentro de zonas industriales ya consolidadas si se desean aprovechar las potencialidades que tienen la infraestructura existente y garantizar los niveles de disponibilidad de servicios. Tener presente que las Unidades de Policía Comunitaria se encuentren próximas para así poder garantizar un entorno seguro para la estabilidad en el funcionamiento y protección de los bienes.

## Bibliografía

- Álvarez, M., Oñate, F., & Esparza, C. (2020). Evaluación multicriterio aplicada al análisis de movimientos en masa en carreteras de montaña: un caso de estudio en los Andes del sur del Ecuador. *Avances: Investigación En Ingeniería*, 17(2), 1-13. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6633>
- Bello, M., Cepeda, M., Cedeño, F., Burgos, C., & Lara, C. (2025). Análisis multicriterio de las áreas óptimas mediante SIG para la ubicación de un relleno sanitario en el cantón Chone, provincia de Manabí. *Polo del Conocimiento*, 10(2), 1042-1082. <https://doi.org/10.23857/pc.v10i2.8930>
- Cardoso, M., & Carñel, G. (2025). Planificación urbana: evaluación multicriterio para nuevas localizaciones de centros de salud en Santa Fe. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 1-25. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu15.puem>
- Chida, K. (2020). *Análisis multicriterio basado en sig para identificar potenciales áreas para establecer un relleno sanitario en el cantón tena de la provincia Napo, Ecuador*. Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/handle/123456789/810>
- Franz. (2022). *Descarga los SHP de la División Política de Ecuador*. [https://franzpc.com/descarga-los-shp-de-la-division-politica-de-ecuador/#google\\_vignette](https://franzpc.com/descarga-los-shp-de-la-division-politica-de-ecuador/#google_vignette)
- Geoportal. (2013). *Escala Regional 1:250.000. Capas de información geográfica básica del igm de libre acceso*.

<https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/cartografia-de-libre-acceso/cartografia-de-libre-acceso-escala-regional/>

Geoportal. (2024). *Catálogo de datos.*

<http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ddfa46d8-a8ce-4a9f-8107-618047e8b29b> 2024

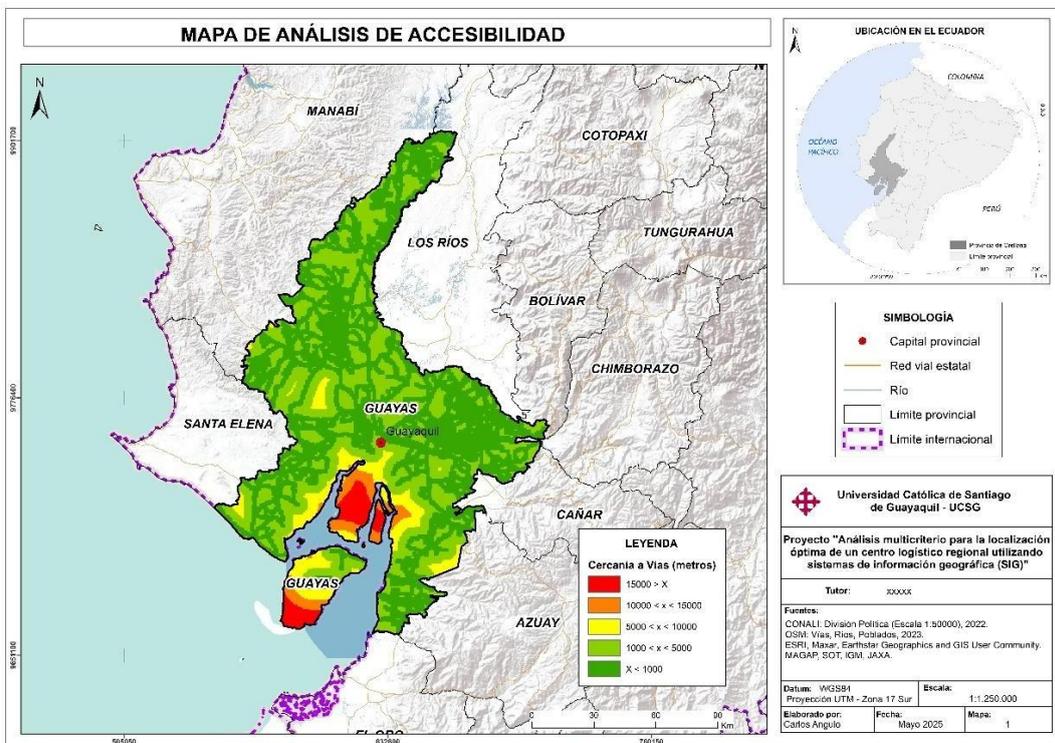
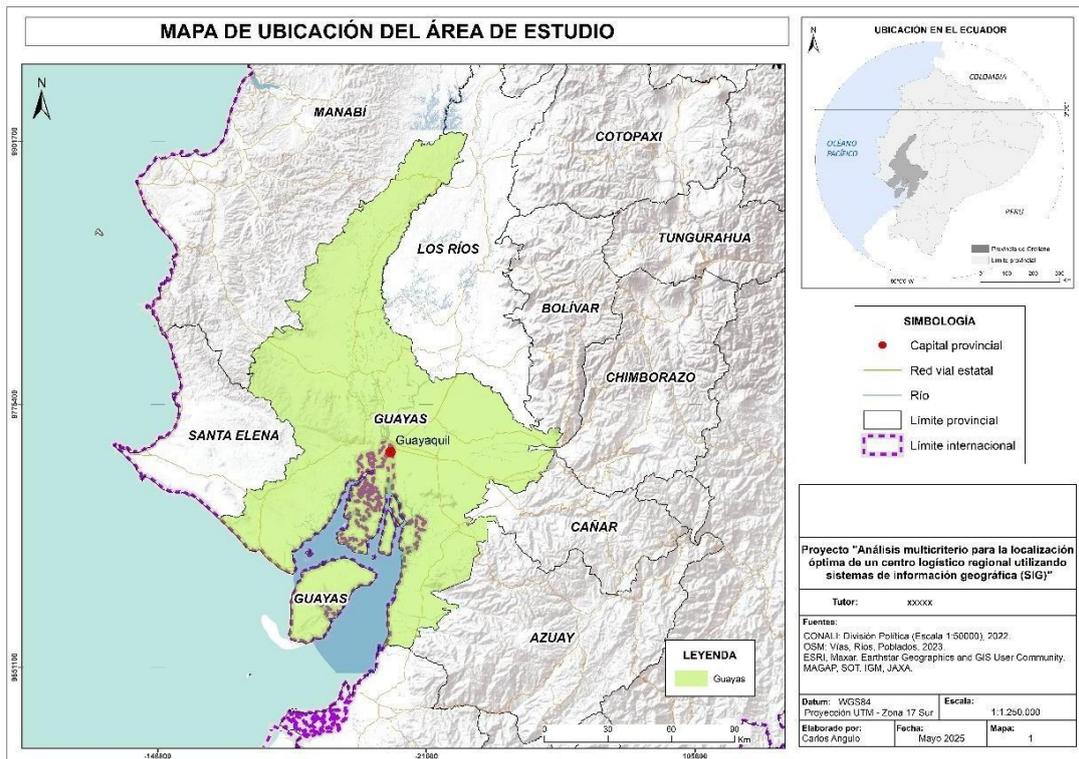
Guerrero, J., Sampedro, L., Ruz, M., & Silva, S. (2021). Análisis multicriterio para el desarrollo urbano en zonas costeras en un contexto de cambio climático: Caso en Acapulco, México. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, 55(2), 91-110. <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.5>

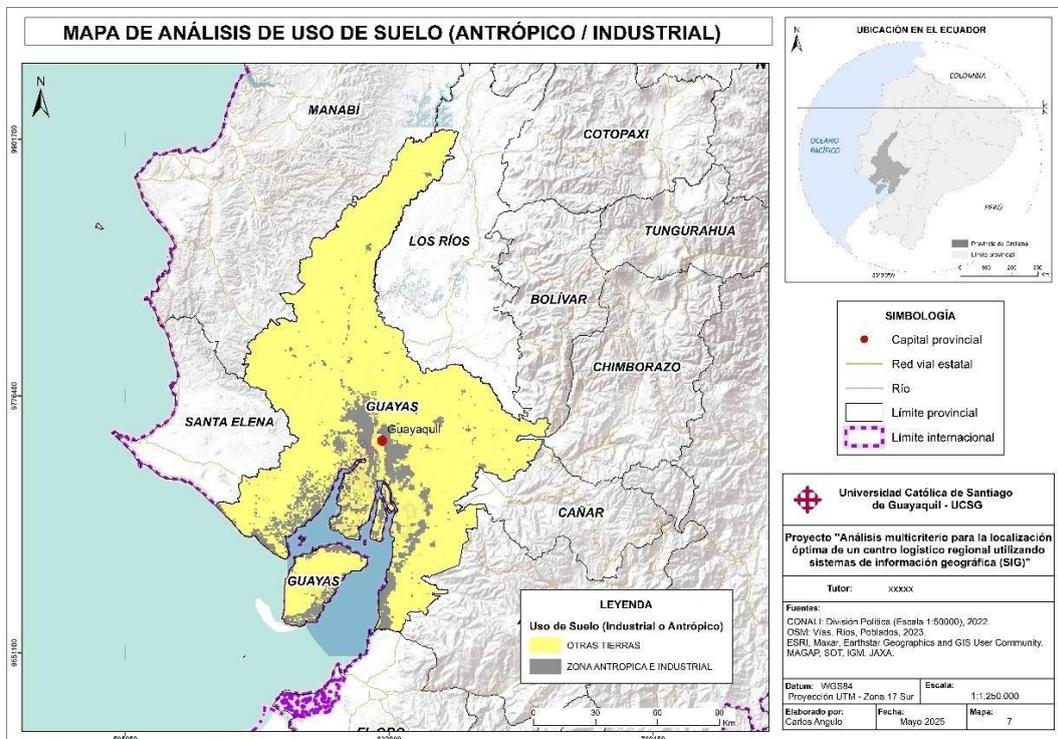
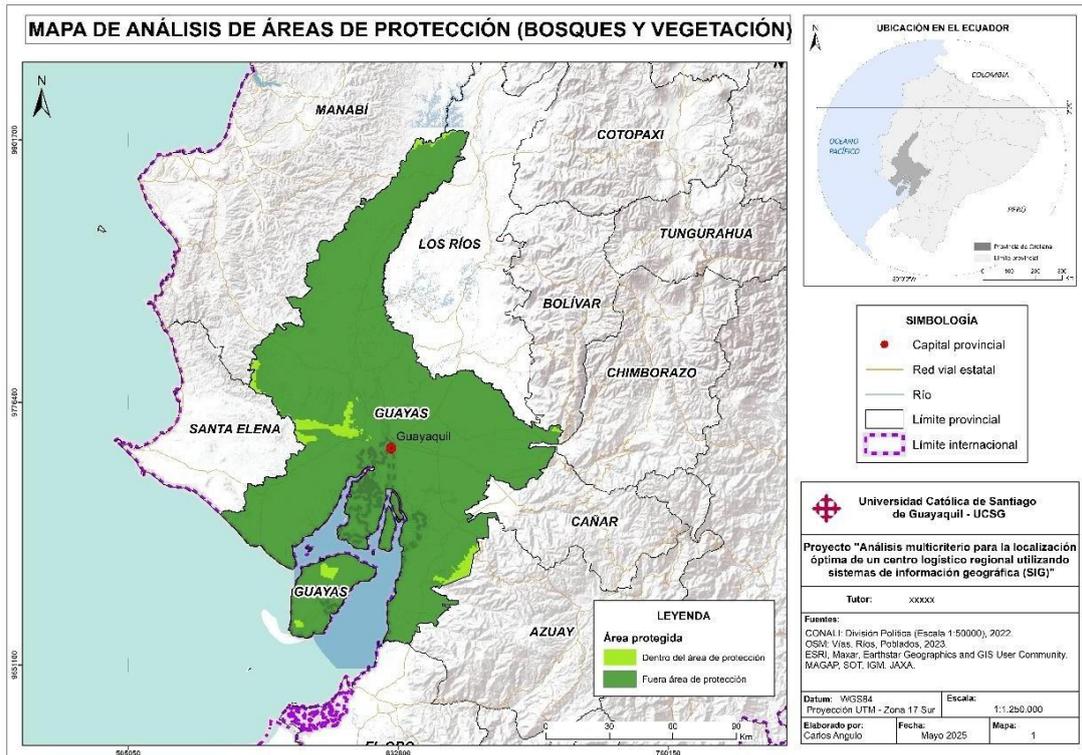
Ministerio del ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2025). <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>

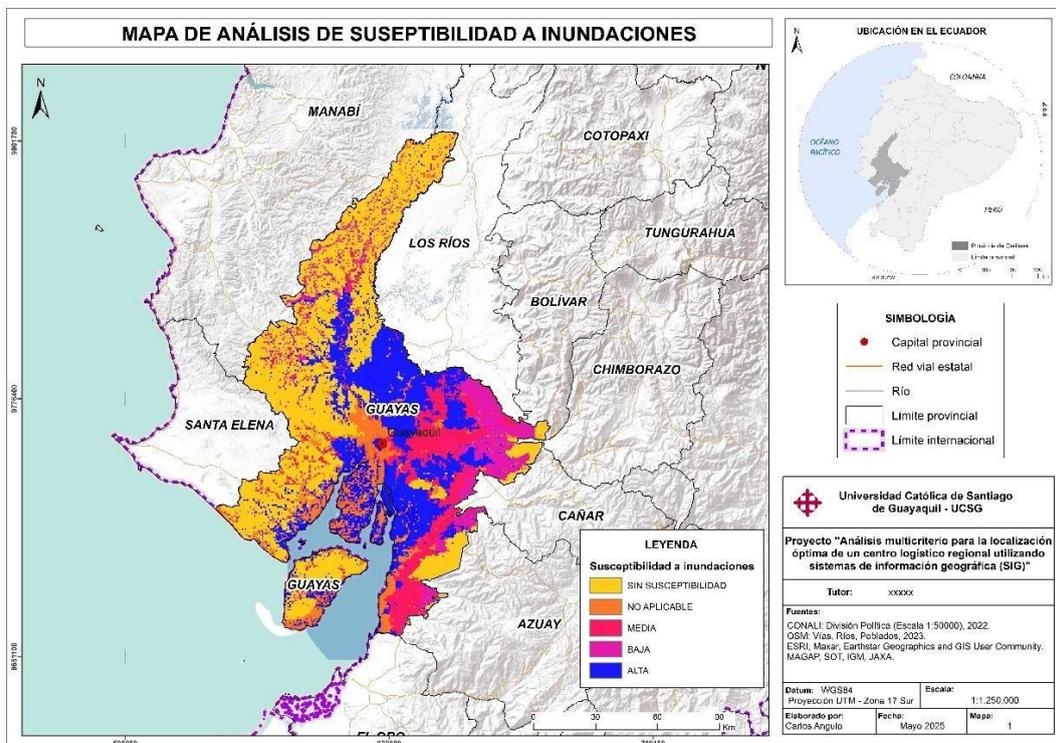
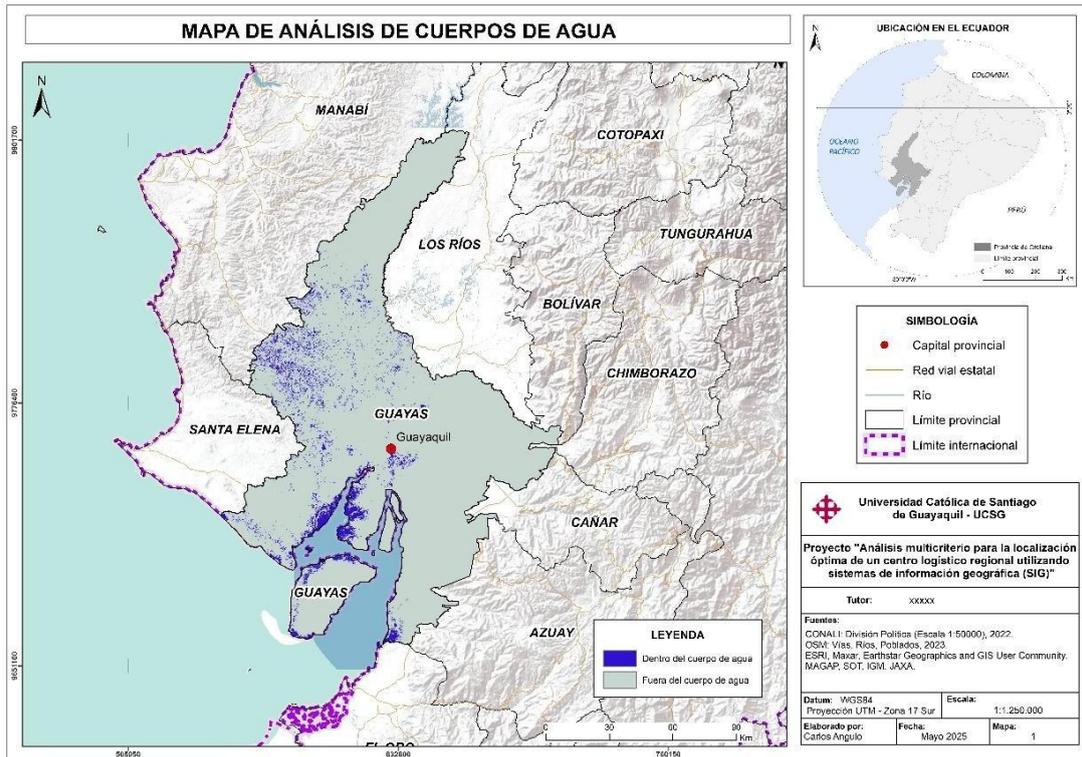
Pulido, M., Santanilla, D., & Castro, S. (2023). Consideraciones para la expansión demográfica ambientalmente sostenible mediante superposición difusa utilizando ArcGIS: caso estudio Neiva-Colombia. *Revista Politécnica*, 19(37), 119–132. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n37a9>

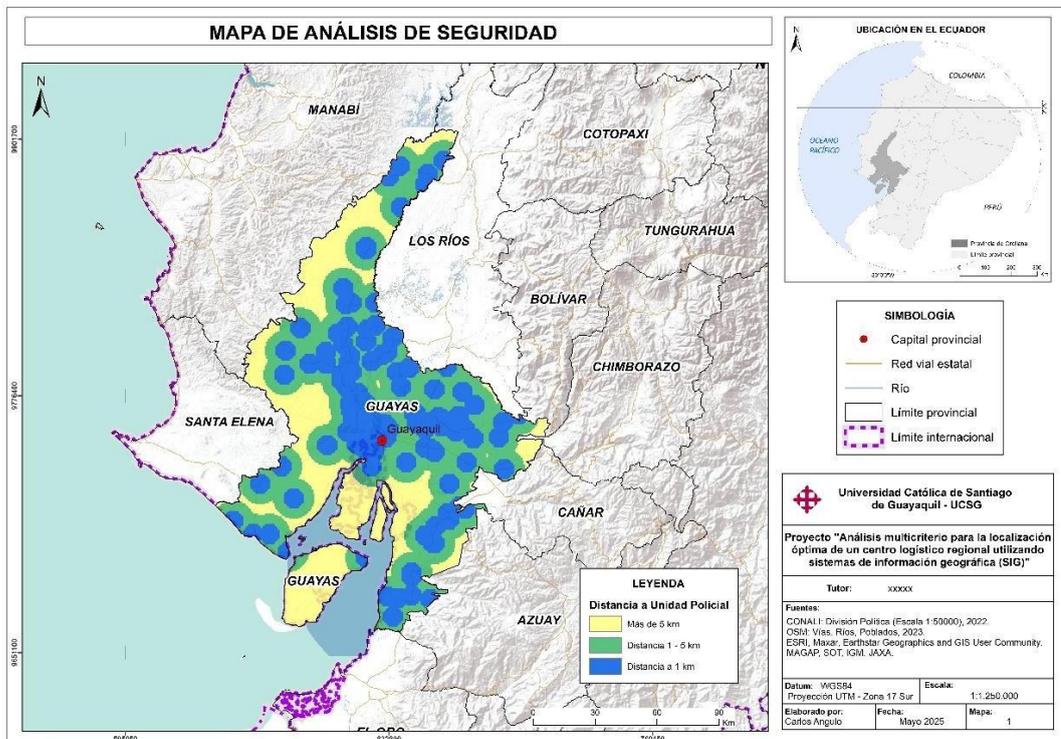
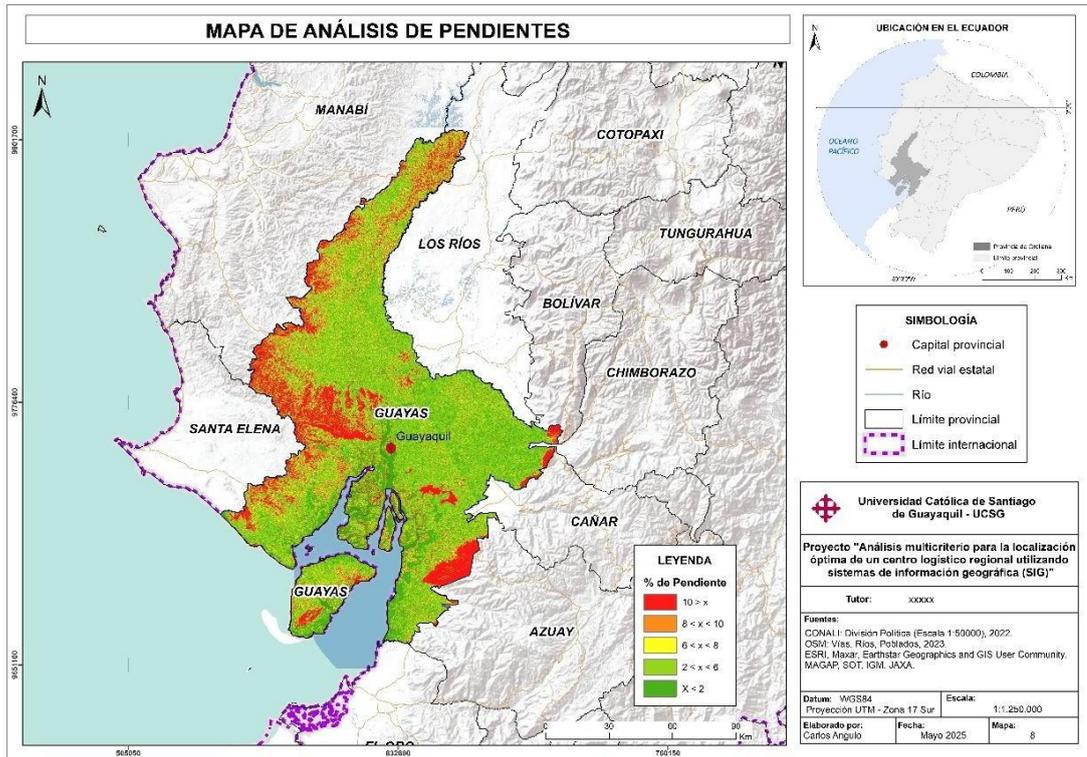
Sistema Nacional de Información. (s.f.). *Planes de desarrollo y Ordenamiento Territorial.* <https://sni.gob.ec/planes-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial/>

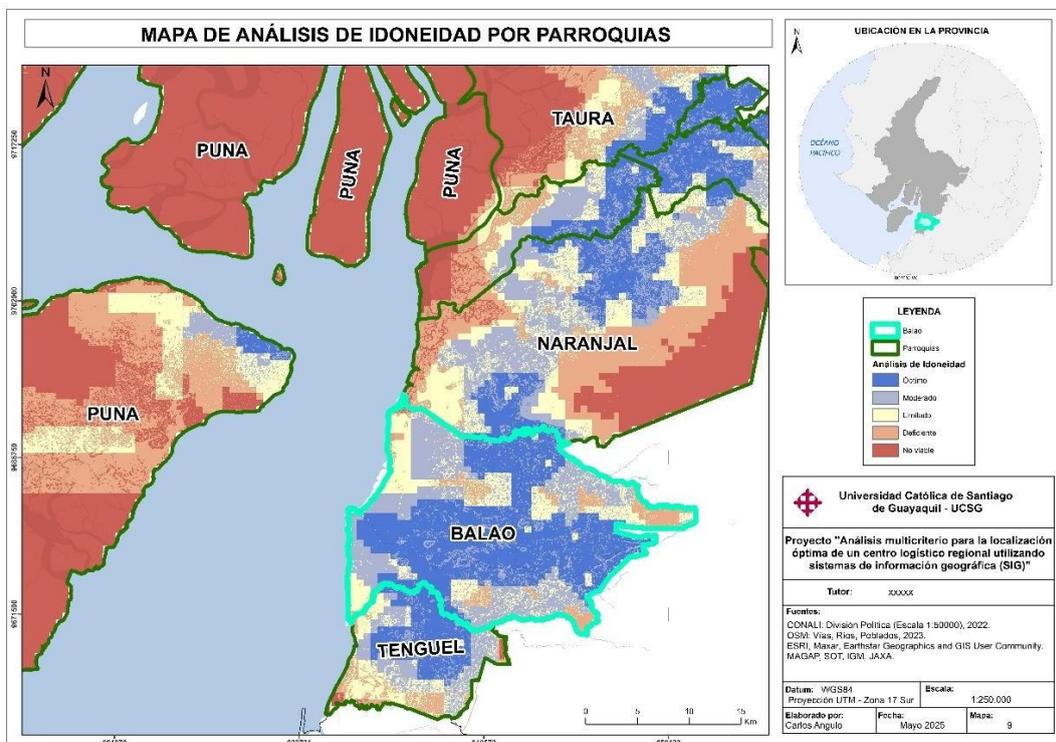
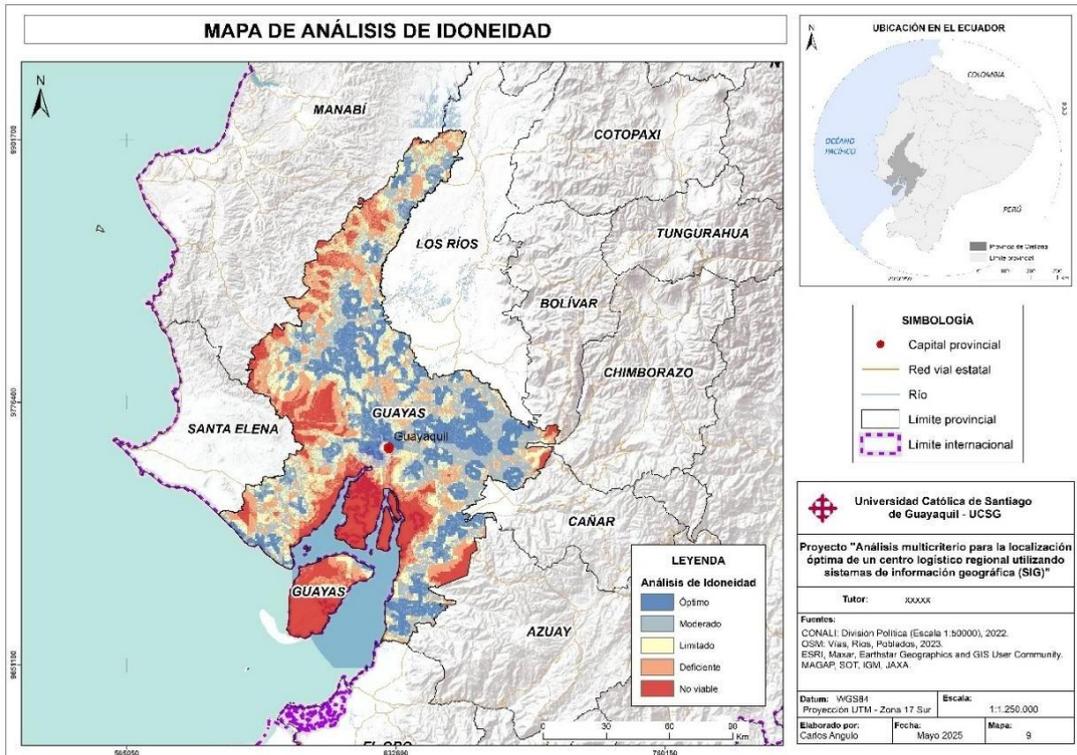
# ANEXOS













Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Angulo Cedeño Carlos Javier, con C.C: # 120802453-7 autor(a) del trabajo de titulación: *Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG)*, previo a la obtención del grado de **MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de graduación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 25 de julio de 2025



Firmado electrónicamente por:  
CARLOS JAVIER  
ANGULO CEDEÑO

Validar únicamente con FirmaEC

f. \_\_\_\_\_

Nombre: Angulo Cedeño Carlos Javier

C.C: 120802453-7



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG)		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Angulo Cedeño Carlos Javier		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Ing. Echeverría Llumipanta Neptalí Armando, Mgs		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado		
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
<b>GRADO OBTENIDO:</b>	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	25 de julio de 2025	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	48
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Gestión territorial, desarrollo económico		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Centro logístico, ubicación estratégica, áreas urbanas		

#### RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

La provincia del Guayas, que se encuentra en la región costera del Ecuador, se ha convertido, a lo largo de las últimas décadas, en un eje estratégico para el desarrollo económico del Ecuador. Guayaquil, su capital, es el puerto marítimo y el centro industrial por excelencia, lo cual ha provocado un crecimiento acelerado, pero a su vez también ha generado grandes desafíos en lo que corresponde a la infraestructura logística; en especial en relación a la situación y eficacia de los actuales centros logísticos. La logística asume una importancia vital en cuanto al desarrollo socioeconómico de una región específica. Por tanto, tener una infraestructura logística de calidad permite abaratar costes, de igual manera habilita la competitividad participativa de las empresas e incrementa el acceso a los mercados tanto nacionales como internacionales. En el caso de Guayas optimizar la red logística de transporte no solo permite mantener su papel como posible centro comercial, sino que también está sirviendo para el desarrollo de las áreas rurales y de las áreas urbanas que las circundan.

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-986839721	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:carlos.angulo@cu.ucsg.edu.ec">carlos.angulo@cu.ucsg.edu.ec</a> / <a href="mailto:carlosjavier212301@gmail.com">carlosjavier212301@gmail.com</a>
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Neptalí Armando Echeverría Llumipanta	
	<b>Teléfono:</b> +593-4-3804600	
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec">neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec</a>	

#### SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	