

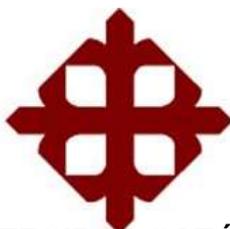
**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

**TEMA TRABAJO DE TITULACIÓN:
Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro
logístico regional utilizando Sistemas de Información
Geográfica (SIG)**

**AUTOR:
Rosero Bustillos, Shubert Rosero**

**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 Geógrafo en Planificación Territorial, Shubert Adrián Rosero Bustillos, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital.

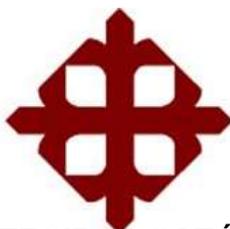
REVISOR

Ing. Armando Echeverría, Mgs.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Ing. Armando Echeverría, Mgs.

Guayaquil, a los 27 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, **Shubert Adrián Rosero Bustillos**

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 27 del mes de julio del año 2025

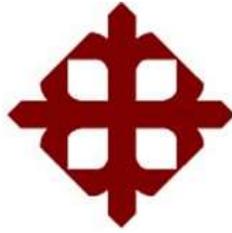
EL AUTOR



Firmado electrónicamente por:
**SHUBERT ADRIAN
ROSERO BUSTILLOS**

Validar Únicamente con FirmaSC

Shubert Adrián Rosero Bustillos



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Shubert Adrián Rosero Bustillos**

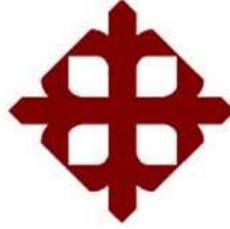
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Trabajo de titulación en Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital** titulado: *“Análisis multicriterio para la localización óptima 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 27 del mes de julio del año 2025

EL(LOS) AUTOR(ES):



Shubert Adrián Rosero Bustillos



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

REPORTE COMPILATIO



**ROSERO BUSTILLOS SHUBERT
ADRIAN**

4%
Textos
sospechosos

< 1% Similitudes
 < 1% similitudes entre comillas
 0% entre las fuentes
 mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos
 (ignorado)
4% Textos potencialmente generados
 por IA

Nombre del documento: ROSERO BUSTILLOS SHUBERT ADRIAN.pdf
 ID del documento: 951b1185168a20ad46d2f8393036584bd6245a94
 Tamaño del documento original: 1,71 MB

Depositante: Neptali Amando Echeverría Llumpanta
 Fecha de depósito: 24/7/2025
 Tipo de carga: interface
 fecha de fin de análisis: 24/7/2025

Número de palabras: 8453
 Número de caracteres: 56.452

AGRADECIMIENTO

Al culminar esta etapa de formación, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a quienes me han acompañado de forma incondicional en este camino.

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida, por su amor, sacrificios y enseñanzas que han sido guía en cada decisión.

A mi madrina Tata, que sin su apoyo no hubiera podido lograr este objetivo de mi vida, Muchas gracias Mamá Tata.

A mis hermanos Angélica, David, Gabi por su cariño, por impulsarme a seguir y por celebrar cada pequeño logro como si fuera propio.

A mis sobrinos, Santi, Paz, Cami, Vale, Rafa, Agustín, Sofí, Tomas y Máximo por el cariño que me brindan.

Y a Mishel, gracias por tu paciencia, comprensión y amor.

A todos ustedes, gracias por creer en mí. Esta tesis también les pertenece.

Shubert Rosero

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi ejemplo de constancia, trabajo y amor incondicional.
Gracias por enseñarme que cada logro se alcanzan con esfuerzo y humildad.

A mis hermanos, Alexandra, Angélica, David, Gabi por estar siempre presentes,
por su apoyo silencioso y constante.

A mis sobrinos Santi, Paz, Cami, Vale, Rafa, Agustín, Sofí, Tomas y Máximo,
que me dan alegría y fuerza.

Y a ti, Mishel, por estar a mi lado en este proceso, por tu paciencia, tu apoyo
inquebrantable y por creer en mí incluso cuando yo dudaba.

Shubert Rosero

Índice de Contenidos

1. Introducción	1
2. Contexto	1
3. Problemática	3
4. Objetivo General	4
4.1. Objetivos Específicos	4
5. Metodología	4
6. Primera Fase	6
6.1. Variables físicas	6
6.1.1. Unidad Genética	7
Tabla 1. Unidades genéticas identificadas en la zona de estudio.	8
6.1.2. Pendiente	9
6.1.3. Suelo	11
6.1.3.1. Textura	11
6.1.3.2. Nivel Freático	14
6.1.3.3. Drenaje	16
6.1.3.4. Pedregosidad	18
6.2. Áreas Limitantes	19
6.2.1. Áreas protegidas	19
6.2.2. Zonas urbanas	20
6.3. Amenazas naturales	21
6.3.1. Suceptibilidad a inundaciones	21
Calificación de variables físicas para la construcción de un modelo Booleano	22
7. Segunda Fase	24
7.1. Análisis de proximidad a las vías principales	25
7.2. Análisis de la accesibilidad a infraestructura logística.	27
8. Resultados	30
8.1. Variables físicas del territorio	30
8.2. Zonas urbanas	33
8.3. Áreas protegidas	33
8.4. Análisis de susceptibilidad a Inundaciones	34
8.5. Zonas aptas para la construcción	34
8.6. Estructura de la red vial	36
8.7. Proximidad a las vías arteriales	37
8.8. Accesibilidad a Infraestructura estratégica	37
8.9. Zonas óptimas para la construcción de un centro logístico regional	38
8.10 Ubicación de la zona óptima para la construcción de un centro logístico regional ...	39
9. Conclusiones	39

10. Recomendaciones.....	41
11. Bibliografía.....	41
12. Anexos	47

Índice de Tablas

Tabla 1. Unidades genéticas identificadas en la zona de estudio	8
Tabla 2. Rangos de pendiente.....	10
Tabla 3. Grupos texturales	13
Tabla 4. Categorías de nivel freático	15
Tabla 5. Clases de drenaje de los suelos	16
Tabla 6. Categorías de pedregosidad en la superficie	18
Tabla 7. Clasificación de los niveles de susceptibilidad a inundaciones.....	22
Tabla 8. Variables físicas por categoría y ponderación correspondiente.....	23
Tabla 9. Ponderación de la proximidad de las vías.	26
Tabla 10. Velocidades según las jerarquías viales de la provincia del Guayas. 28	
Tabla 11. Categorías de accesibilidad	30
Tabla 12. Pendientes en la provincia del Guayas	30
Tabla 13. Textura a profundidad en la provincia del Guayas	31
Tabla 14. Nivel freático en la provincia del Guayas	32
Tabla 15. Tipo de drenaje en la provincia del Guayas	32
Tabla 16. Pedregosidad en la provincia del Guayas	33
Tabla 17. Tipo de Zonas Urbanas en la provincia del Guayas.....	33
Tabla 18. Áreas de conservación en la provincia del Guayas.....	34
Tabla 19. Susceptibilidad a Inundaciones en la provincia del Guayas	34
Tabla 20. Zonas Aptas para la construcción	35
Tabla 21. Jerarquía vial de la provincia del Guayas	36
Tabla 22. Rodadura de las vías de la provincia del Guayas	36

Índice de Figuras

Figura 1. Etapas del desarrollo de la investigación	6
Figura 2. Clasificación con la ponderación booleana para la unidad genética ...	9
Figura 3. Clasificación con la ponderación booleana para pendientes	11
Figura 4. Triángulo de texturas del suelo	12
Figura 5. Clasificación con la ponderación booleana para texturas	14
Figura 6. Clasificación con la ponderación booleana para nivel freático	16
Figura 7. Clasificación con la ponderación booleana para el drenaje.....	17
Figura 8. Clasificación con la ponderación booleana para la pedregosidad	19
Figura 9. Clasificación con la ponderación booleana para las áreas protegidas	20

Figura 10. Clasificación con la ponderación booleana para las zonas urbanas	21
Figura 11. Clasificación con la ponderación booleana para susceptibilidad a inundaciones.....	22
Figura 12. Rangos de distancia de las zonas aptas a las vías arteriales	26
Figura 13. Áreas resultantes ubicadas a 100 m de la red vial principal.....	27
Figura 14. Accesibilidad por isocronas	24

Índice de Anexos

Anexo 1. Área de intervención – provincia del Guayas.....	47
Anexo 2. Mapa de unidad genética	48
Anexo 3. Mapa de pendientes	49
Anexo 4. Mapa de texturas (grupo textural).....	50
Anexo 5. Mapa de nivel freático	51
Anexo 6. Mapa de drenaje del suelo	52
Anexo 7. Mapa de pedregosidad superficial del suelo	53
Anexo 8. Mapa de zonas urbanas	54
Anexo 9. Mapa de áreas protegidas	55
Anexo 10. Mapa de susceptibilidad a inundaciones.....	56
Anexo 11. Mapa de zonas aptas para la construcción	57
Anexo 12. Mapa de jerarquía vial.....	58
Anexo 13. Mapa de proximidad a vías principales	59
Anexo 14. Mapa de accesibilidad a infraestructura estratégica.....	60
Anexo 15. Zonas óptimas para la construcción de un centro logístico regional	61
Anexo 16. Ubicación de la zona óptima para la construcción de un centro logístico regional.....	62

1. Introducción

La logística regional constituye una infraestructura estratégica fundamental para el desarrollo económico de un país, al trabajar como un sistema integrador permitiendo facilitar el flujo eficiente de bienes, servicios e información entre distintas zonas. colindantes (Xu & Wang, 2017).

Cumple una función que facilita la integración territorial, enlaza zonas de producción con áreas de consumo, favoreciendo el desarrollo de las regiones. Siendo la clave para la articulación del desarrollo regional, mejora la competitividad a nivel local, además que estimula el progreso económico en la región (Xu & Wang, 2017).

En este contexto, la provincia del Guayas destaca por su ubicación geográfica, su red vial estructurada e infraestructura portuaria, lo que la convierte en un territorio prioritario para la planificación logística nacional (Prefectura del Guayas, 2021).

Este estudio tiene como propósito definir zonas óptimas para la construcción de un centro logístico regional, partiendo de un análisis multicriterio apoyado en los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología empleada se realizó en dos fases, la primera, analiza variables físicas de la provincia mediante una lógica booleana, y en la segunda se valora la accesibilidad y conectividad logística por medio de ponderaciones lineales.

Este enfoque integrado permite no solo delimitar zonas aptas desde el punto de vista constructivo y ambiental, sino también priorizar aquellas áreas que optimicen el rendimiento logístico, asegurando eficiencia operativa y sostenibilidad territorial en la planificación de infraestructura logística de escala regional.

2. Contexto

La provincia del Guayas está localizada en la región Litoral del Ecuador, tiene como capital a Guayaquil, ciudad que destaca por ser el núcleo industrial y comercial más importante del país. Según estimaciones recientes, su población alcanza los 4,3 millones de habitantes. Administrativamente, Guayas se organiza en 25 cantones, los cuales se subdividen en 56 parroquias urbanas y 29 rurales. El territorio guayasense abarca una superficie de 15.899,60 km², lo que equivale

al 6,18% del área total del país, y presenta una densidad de aproximadamente 270 habitantes por kilómetro cuadrado (Prefectura del Guayas, 2021, p. 19).

Anexo 1

La importancia de la provincia del Guayas en la región se establece por diferentes características, como la ubicación geoestratégica y conectividad multimodal, ya que se ubica entre el río Guayas y el Estero Salado, además tiene acceso directo al Océano Pacífico con el Golfo de Guayaquil, lo cual genera un canal de comunicación directa con comercios y mercados nacionales e internacionales (The Logistics World, 2023).

Guayas se consolida como la provincia principal del comercio exterior, gracias a sus puertos de Guayaquil (Contecon) y Posorja (DP World), ya que mantienen una actualizada infraestructura, así como también alta eficiencia operativa y una conexión logística intermodal. Contecon concentra el 70 % de las exportaciones privadas y el 83 % de las importaciones, por otro lado, Posorja por ser un puerto de aguas profundas recibe buques de tamaño y su parte operativa es muy avanzada sin requerir de financiamiento estatal directo. (Drouet y Palacios, 2021).

Estos puertos generan fuentes de trabajo, los cuales operan en base a estándares internacionales de calidad y presentan zonas logísticas especializadas, posicionando a Guayas como la provincia que tiene las características para la ubicación de un centro logístico regional (Drouet y Palacios, 2021).

El sistema de transporte y conectividad vial, son un eje fundamental del fomento productivo y accesibilidad a zonas importantes del territorio. A Guayas se la puede considerar un nodo estratégico en la articulación logística del país gracias a su robusta red de transporte terrestre (Prefectura del Guayas, 2021).

Debido a que, cuenta con arterias principales como la E25, conocida como la Troncal de la Costa, es una vía estratégica que une a Guayas con provincias productivas como Los Ríos y El Oro, además, encontramos la E40, la cual conecta con las provincias de Cañar, Azuay y Morona Santiago, entre otras (Ponce y Realpe, 2024).

Esta estructura vial, ha desarrollado el flujo de mercancías hacia zonas interiores como también para la región sierra. Siendo estas carreteras parte de los ejes

viales prioritarios del Estado, con el objetivo de optimizar su capacidad operativa y garantizar una conectividad más eficiente entre regiones (El Comercio, 2023).

A este sistema terrestre se suman infraestructuras complementarias de alto impacto como el Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo y la Terminal Terrestre de Guayaquil. El aeropuerto, catalogado entre los mejores de América Latina por su operatividad y volumen de tráfico, no solo atiende a millones de pasajeros, sino que también desempeña un rol fundamental en el transporte aéreo de carga hacia mercados internacionales (Logistics Cluster, 2022).

La provincia del Guayas desempeña un papel estratégico en la logística nacional, al facilitar el transporte y la salida de productos agrícolas y manufacturados, tales como el cacao, banano, camarón, flores, café y otros bienes procesados, a través de sus terminales portuarias. Además, actúa como un nodo clave para la distribución de importaciones hacia diferentes regiones del país (Roa, 2021). Esta dinámica ha promovido el crecimiento de plataformas logísticas, almacenamiento y transporte terrestre, pero también ha contribuido a la congestión vehicular y dificultades en la planificación urbana y territorial, especialmente en sectores como de la zona urbana de Guayaquil (Proaño et al., 2020).

3. Problemática

Uno de los principales obstáculos logísticos en el Ecuador es el incremento sostenido de los costos operativos (Embarko, 2025).

Las empresas que brindan servicios logísticos en el Ecuador, los cuales invierten 17,9 US\$ de cada 100 US\$ en ventas en promedio, eso considerando empresas medianas a grandes, mientras que, las pequeñas empresas gastan el triple de esa cifra, siendo el mayor costo los rubros de transporte y almacenamiento (Clúster Logístico del Ecuador, 2023). Hay que sumarle a esta problemática la ineficiencia en los trámites aduaneros que agravan los tiempos de espera, generando pérdidas económicas significativas para las empresas (Embarko, 2025).

La logística en el Ecuador presenta desafíos estructurales particularmente en lo que tiene que ver con la red vial y la infraestructura portuaria, las que necesitan mejoras urgentes debido a los cuellos de botella que cesan el flujo eficiente de mercancías (Forbes, 2024).

En la provincia del Guayas, el tráfico afecta directamente en las vías de acceso

a los puertos, especialmente en la zona sur de Guayaquil e Isla Trinitaria. Las demoras pueden extenderse hasta por 30 horas, provocando sobrecostos en fletes y pérdida de productos perecederos (Forbes, 2024). Asimismo, la inseguridad en las rutas logísticas incluyendo robos a camiones y extorsiones, se ha convertido en una amenaza creciente que impacta tanto en el costo como en la confiabilidad de las operaciones logísticas (QuadMinds, 2022).

La carencia de plataformas tecnológicas que permitan el monitoreo en tiempo real de la cadena logística es otro factor crítico (Embarko, 2025). Además, muchas empresas aún operan con sistemas fragmentados que no permiten una coordinación adecuada entre proveedores, operadores logísticos y clientes finales, lo cual genera retrasos y duplicidad de esfuerzos (QuadMinds, 2022).

4. Objetivo General

Determinar la ubicación óptima para la implementación de un centro logístico regional en la provincia del Guayas, mediante análisis multicriterio basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

4.1. Objetivos Específicos

- Analizar el contexto territorial y logístico actual de la provincia del Guayas.
- Recolectar y analizar información del territorio para determinar áreas potenciales para la construcción de un centro logístico regional.
- Realizar una evaluación multicriterio para definir la ubicación óptima.
- Generar mapas técnicos que representen la solución propuesta.

5. Metodología

Con el fin de establecer el sitio apropiado para la ubicación de una infraestructura logística regional, la metodología se estructura en dos fases complementarias. Las fases analizan varios criterios territoriales, tales como: las condiciones físicas del terreno, de amenazas naturales, el análisis de la red vial, la cercanía a vías principales, accesibilidad y la proximidad a infraestructuras clave.

Las dos fases se basan en el Análisis Multicriterio Espacial (AMC), aplicada en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo cual, permite el análisis organizado de distintas variables geoespaciales a través de métodos de superposición de capas y ponderaciones. (Malczewski, 1999).

En la primera fase, se realizó un análisis de tipo booleano sobre las variables físicas del territorio, tales como pendiente, textura del suelo, nivel freático, drenaje, pedregosidad, áreas protegidas e inundaciones. Cada una de estas variables fue reclasificada en categorías de aptitud binaria (1: apto; 0: no apto), y luego combinadas mediante una lógica de intersección espacial. Este enfoque permite identificar únicamente aquellas zonas que cumplen simultáneamente con todos los criterios físicos definidos como mínimos requeridos, localizando zonas idóneas para construir (Eastman, 1997).

La segunda fase del estudio integró variables relacionadas con la funcionalidad logística. Estas variables abarcaron la proximidad a la red vial principal, la accesibilidad que tiene con respecto a centros logísticos, es decir la cercanía a puertos, aeropuertos y terminales de carga. Se aplicó un análisis de combinación lineal ponderada (WLC) a estas variables, asignando valores ordinales de aptitud a las diferentes categorías de cada una. Esto se hizo mediante un sistema de puntuación directa (Malczewski, 1999). Donde cada categoría temática obtenía una puntuación entre 1 y 4, dependiendo de su contribución a la accesibilidad.

En la figura 1, establecimos la metodología por etapas, y organizamos la estructura del análisis con cada variable, el objetivo con la primera etapa era encontrar la condición de aptitud física del terreno, para luego complementar el análisis con las variables de conectividad y accesibilidad logística, integrando una visión territorial más completa.

Las variables físicas consideradas para este análisis fueron encontradas de los siguientes insumos.

- 1) La información de cobertura y uso de la tierra y sistemas productivos agropecuarios, a escala 1: 25.000, del (MAG, 2020).
- 2) El análisis geopedológico. Escala 1: 25.000, (MAG,2019).
- 3) Susceptibilidad a Inundaciones del Ecuador Continental. Escala 1: 25.000, (MAG, 2024).
- 4) Zonas Urbanas, Escala 1: 50.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM, 2015).
- 5) Áreas protegidas de Ecuador del Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SNAP Dirección de información ambiental y del agua. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica - Actualizada 2023

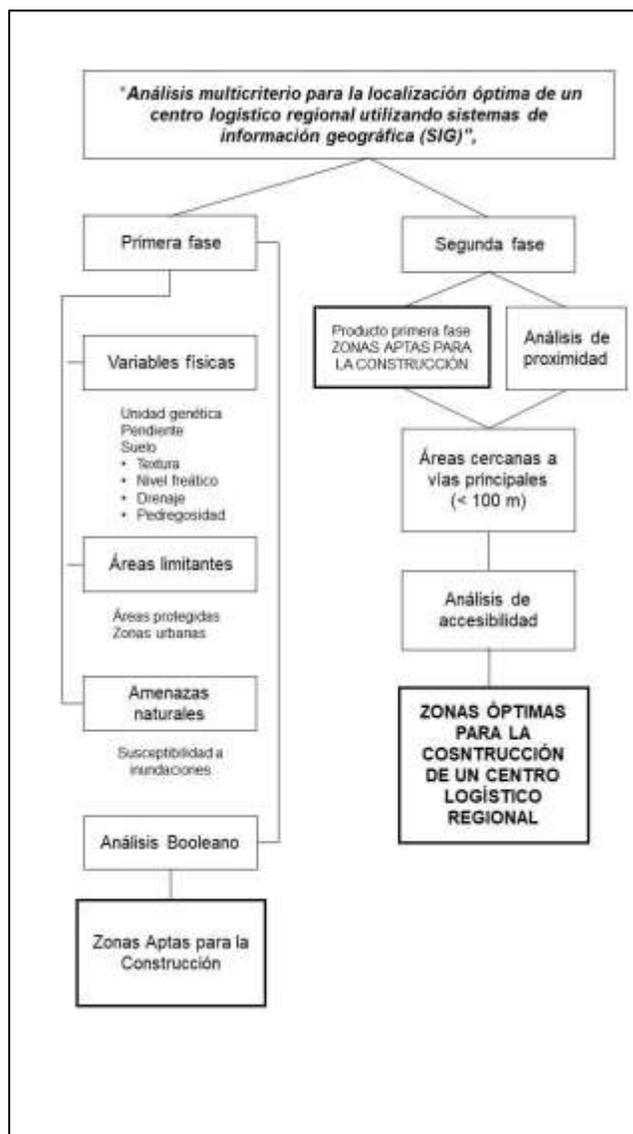


Figura 1. Fases del desarrollo de la investigación

6. Primera Fase

6.1. Variables físicas

Para este análisis se tomó en cuenta la metodología del Instituto Geográfico Militar (IGM), el cual impulsa un proyecto que determina la capacidad de acogida del territorio generando cartografía a escala 1:5 000, con el fin de apoyar a la planificación territorial, el que presenta un enfoque metodológico respaldado por

fundamentos científicos, orientado a la planificación del uso sostenible del territorio (IGM, 2022).

Este proyecto facilita el análisis de la viabilidad para desarrollar edificaciones vinculadas al crecimiento urbano disperso en áreas rurales, mediante el análisis detallado de sus condiciones particulares y su susceptibilidad a amenazas naturales. La evaluación se fundamenta en criterios previamente establecidos y en variables territoriales específicas, obteniendo como resultado una capa temática que clasifica el territorio y le asigna un valor según su aptitud para determinados usos (IGM, 2022).

El análisis incorpora aspectos físicos del suelo y del relieve, para determinar la aptitud física constructiva. Dentro de estas variables se consideran la unidad genética, pendiente, textura, nivel freático, pedregosidad, drenaje además de las características geomorfológicas y análisis geodinámicos, que inciden directamente en el desarrollo urbano (IGM, 2022).

Con base en este proyecto, se expone a continuación el análisis de las variables relevantes para nuestro análisis de la localización óptima de un centro logístico regional.

6.1.1. Unidad Genética

Las unidades genéticas geomorfológicas son zonas del terreno que comparten un origen común en cuanto a los procesos que han dado forma a su relieve, mostrando similitudes en su morfología, estructura, materiales y evolución (Biro, 1968; Tricart y Cailleux, 1977). Estas unidades reflejan no solo la acción de diversos agentes modeladores como el agua, el viento, la actividad tectónica, etc., sino también el entorno geológico y climático en el que actuaron dichos procesos.

De acuerdo con Tricart y Cailleux (1977), el análisis de estas unidades requiere una perspectiva integral del relieve, donde comprender el origen del paisaje es clave para su clasificación. Así, se pueden identificar unidades formadas por procesos fluviales, glaciares, volcánicos, entre otros, cada una con una evolución particular que se manifiesta en su forma actual.

Asimismo, autores como Demek (1972) y Summerfield (1991) subrayan que definir estas unidades es fundamental ya que permiten vincular las formas del terreno con los procesos ya sean activos o fósiles que les dieron origen. Por ello, el concepto de unidad genética resulta esencial tanto para interpretar el paisaje como para su ordenamiento y gestión ambiental.

Bajo el precepto descrito en aspectos conceptuales y con base al insumo elaborado por el IGM (2011), se obtienen las siguientes unidades genéticas.

Tabla 1. Unidades genéticas identificadas en la zona de estudio.

Unidad Genética
Deposicional
Deposicional erosivo
Erosión fluvial
Erosivo
Estructural
Fluvial
Fluvio-lacustre
Gravedad y movimientos en masa
Marino y fluvio-marino
Poligénicas
Tectónico erosivo
Tectónico marino
Volcánico

Fuente: Elaboración Propia

Las unidades genéticas estructurales, volcánicas (con rocas ígneas consolidadas) y tectónico-marinas (con base rocosa expuesta o ligeramente cubierta) se consideran entre las más estables para actividades constructivas debido a la naturaleza consolidada de sus materiales. Las unidades estructurales, al estar formadas por litologías resistentes como rocas ígneas o metamórficas, ofrecen alta capacidad portante y baja susceptibilidad a erosión o deslizamientos (Tricart & Cailleux, 1977; Bell, 2007). Las unidades volcánicas con basaltos o andesitas compactas presentan excelente resistencia mecánica y baja porosidad, siempre que no estén alteradas ni fracturadas (Winter, 2010; Marinos & Hoek, 2000). Por su parte, las unidades tectónico-marinas, como terrazas elevadas con substrato consolidado, pueden ser aptas para construcción si están fuera de zonas con actividad tectónica significativa (Biot, 1968; Summerfield, 1991).

Según Tricart & Cailleux (1977) y Bell (2007), las unidades genéticas de origen deposicional, fluvio-lacustre, fluvial, gravedad y movimientos en masa, erosivo y poligénicas, presentan condiciones poco favorables para actividades

constructivas, porque están compuestas en su mayoría por materiales sueltos o nada consolidados, los cuales no poseen la cohesión ni la resistencia necesarias para soportar cargas estructurales elevadas sin riesgo de deformaciones importantes o fallas geotécnicas.

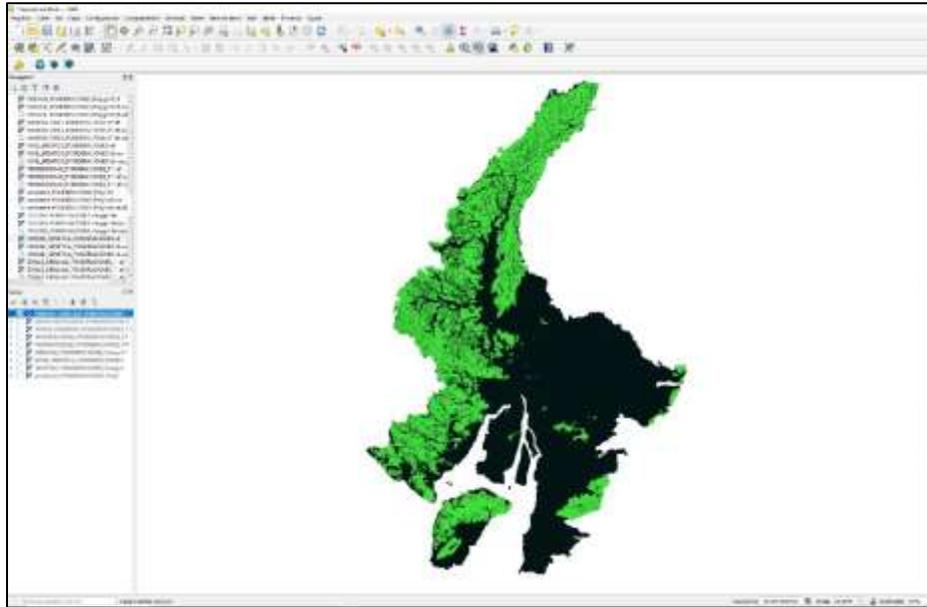


Figura 2. Clasificación con la ponderación booleana para la unidad genética

6.1.2. Pendiente

Para el presente estudio, se ha adoptado como unidad básica de análisis la geoforma, entendida como una expresión morfológica del relieve con rasgos físicos distintivos, producto de la interacción de procesos geológicos, climáticos, biológicos y antrópicos a lo largo del tiempo (IGM, 2022). En este contexto, se ha analizado la pendiente del terreno como un parámetro morfométrico clave para evaluar la aptitud del suelo frente al desarrollo urbano, considerando las restricciones técnicas, constructivas y de estabilidad que pueden presentarse.

Este análisis se ha realizado conforme a lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), emitida por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI, 2015), donde señala que la adecuada caracterización del subsuelo es esencial para un diseño de cimentación seguro y eficiente. Para ello, es necesario considerar el tipo de proyecto y la variabilidad geológica del sitio. Este proceso incluye la definición de unidades de construcción en función de la

altura y cargas de la estructura, lo que permite determinar la cantidad, ubicación y profundidad mínima de los sondeos, además estipula la obligatoriedad de ejecutar estudios geotécnicos en terrenos con pendientes superiores al 30 %.

Los rangos de pendiente se han definido con base a los lineamientos técnicos establecidos por el IEE (2013) y Galacho y Arrebola (2013). Cabe destacar que esta categorización no descarta la viabilidad de construir en áreas con pendientes pronunciadas, debido a que la tecnología a tenido un gran avance y permiten enfrentar dichas restricciones, no obstante, estas acciones conllevan a costos de construcción muy elevados y niveles de riesgo asociados (Orellana, 2015).

Tabla 2. Rangos de pendiente

Rangos	Descripción
< 5 - 12 %	Pendientes suaves
12 - 25 %	Pendientes medias
25 - 40 %	Pendientes medias a fuertes
40 - 70 %	Pendientes fuertes
70 - 100 %	Pendientes muy fuertes
>100 %	Pendientes abruptas o escarpadas

Fuente: IEE, 2013

Bajo estos criterios, se consideran aptas las pendientes inferiores al 25 %, mientras que aquellas que superan dicho umbral presentan limitaciones moderadas a extremas que condicionan seriamente la viabilidad constructiva (Tabla 2).

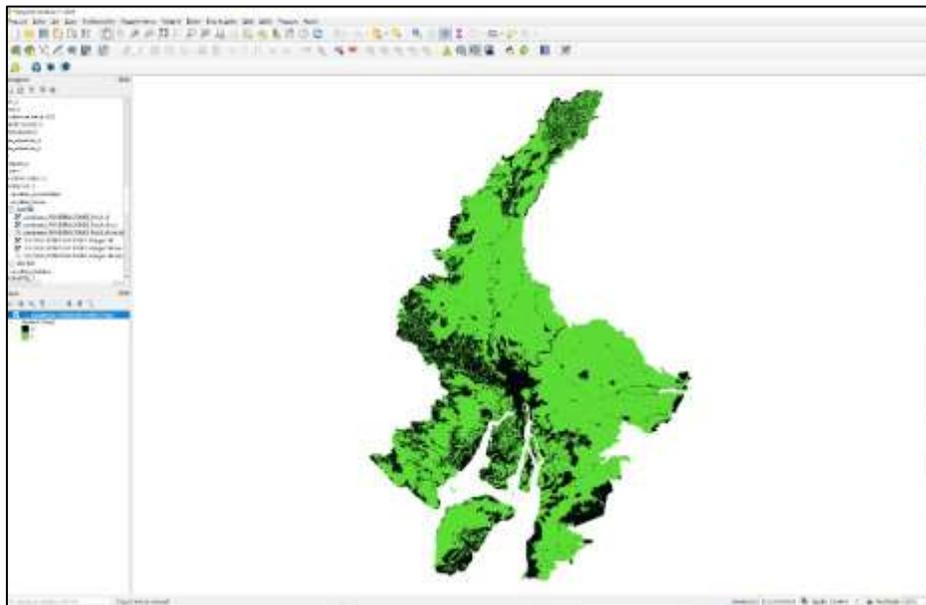


Figura 3. Clasificación con la ponderación booleana para pendientes

6.1.3. Suelo

En el proceso de selección y evaluación de terrenos para la implementación de un centro logístico regional, el análisis multicriterio se convierte en una herramienta fundamental para integrar diversas variables físico-edáficas que inciden directamente en la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto. Entre las variables más relevantes se encuentran la textura del suelo, el nivel freático, el drenaje natural y la pedregosidad, dado que estas inciden en la capacidad portante del terreno, los costos de cimentación, la estabilidad estructural y el comportamiento hidrológico del sitio.

6.1.3.1. Textura

La textura del suelo -determinada por la proporción relativa de arena, limo y arcilla-influye directamente en la capacidad de infiltración, retención de agua y resistencia mecánica del suelo, aspectos clave para definir la cimentación y el manejo de aguas en obras de gran envergadura (Brady & Weil, 2008).

En el análisis se han considerado suelos aptos aquellos que presentan una composición heterogénea en sus fracciones texturales, como los arcillo-arenosos, arcillosos y arcillo-limosos, ya que tienden a mostrar un comportamiento más estable. En contraste, se clasifican como suelos no

adecuados aquellos que mantienen estructura homogénea y propensos a deformaciones, como los arenosos, areno-francosos, limosos y aquellos con alto contenido de arcilla expansiva (como la montmorillonita tipo 2:1); así también las capas de lecho rocoso (R) que están fuertemente cementadas o endurecidas.

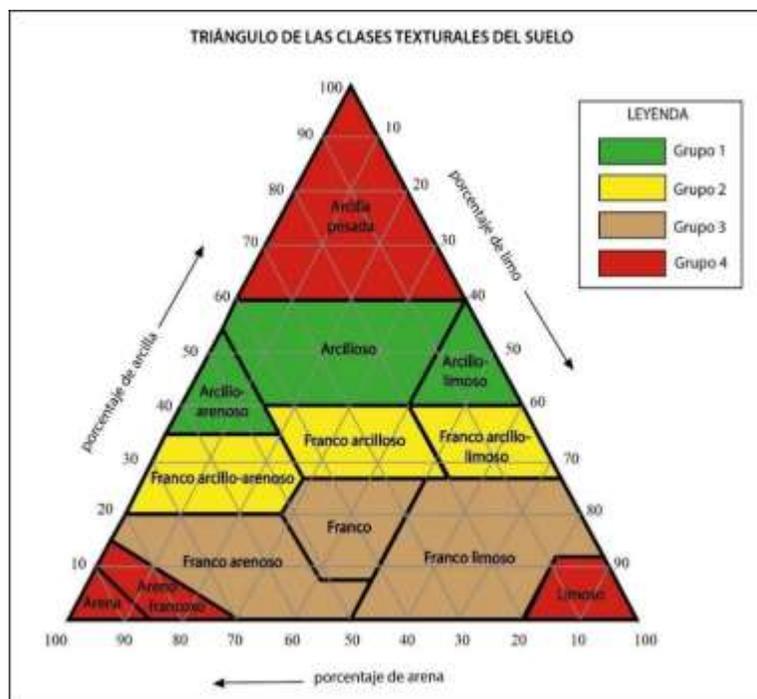


Figura 4. Triángulo de texturas del suelo.

Las siguientes categorías texturales fueron definidas con base en el triángulo de textura del suelo adaptado del libro Claves para la Taxonomía de suelos (SoilSurvey Staff, 2014), según el IEE, (2018).

Agrupación de clases texturales:

Grupo textural 1

Este grupo comprende suelos de alta proporción arcillosa, clasificados como cohesivos, los cuales se distinguen por su baja permeabilidad, elevada compacidad y alta plasticidad. Estas características los hacen particularmente adecuados para fines constructivos, al ofrecer mayor estabilidad (Cortés y Malagón, 1983; Aguiló et al., 2004).

Grupo textural 2

Incluye suelos con una distribución balanceada de partículas (arena, limo y arcilla), lo que les confiere una compactidad y plasticidad moderadas, así como una textura de granulometría fina a media. Aunque son relativamente estables, pueden presentar limitaciones ligeras a moderadas para su uso en construcción (Cortés y Malagón, 1983).

Grupo textural 3

Este grupo abarca suelos con una mayor proporción de arena en comparación con el limo y la arcilla. Estos presentan una capacidad moderada de retención de agua, granulometría variable, y compactidad y resistencia mecánica intermedias, además de una plasticidad reducida. Debido a estas características, ofrecen limitaciones moderadas para el desarrollo de construcciones (Bañón y Beviá, 2000; Garcés, 2015).

Grupo textural 4

Comprende suelos con texturas arenosas muy finas a medias, caracterizados por su alta permeabilidad, baja compactidad y baja capacidad de retención hídrica, así como por una granulometría homogénea, condiciones que los hacen susceptibles a procesos de licuefacción (Cortés y Malagón, 1983). Se incluyen las arcillas pesadas de tipo montmorillonítico (2:1), las cuales presentan baja permeabilidad, alta retención de agua, elevada plasticidad en estado húmedo y alta compactidad en estado seco, lo que genera severas restricciones para la construcción debido a su comportamiento expansivo y mal drenaje (Hazelton y Murphy, 2011). Asimismo, las capas R (Sin suelo) se caracterizan por estar fuertemente cementadas o consolidadas, lo que implica una alta resistencia mecánica y, por tanto, dificultades significativas para la excavación, que superan los niveles moderados (Buol et al., 2011).

Tabla 3. Grupos texturales

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Arcillo-arenoso Arcilloso Arcillo-limo	Franco-arcillo-arenoso Franco-arcilloso Franco-arcillo-limoso	Franco-arenoso Franco Franco-limoso	Arenoso Areno-francoso Limoso Arcilla pesada (Montmorillonita) Sin Suelo (Roca)

Fuente: IEE, 2018

En resumen, el Grupo Textural 4 agrupa suelos con condiciones edáficas severamente limitantes, por lo que se consideran no aptos para actividades constructivas. Los Grupos Texturales 3 y 2 presentan limitaciones moderadas y leves, respectivamente, las cuales pueden ser superadas mediante técnicas constructivas específicas. En cambio, el Grupo Textural 1 ofrece las mejores condiciones geotécnicas, siendo el más idóneo para la edificación debido a su estabilidad y comportamiento mecánico favorable.

Por lo tanto, la información fue reclasificada, ponderando como apto (1) a las clases texturales de los grupos 1, 2, y 3. Mientras que el grupo 4 quedó en la categoría no apta (0). En la figura 5, podemos observar la distribución de las categorías respectivas en verde las zonas aptas y en negro las zonas no aptas.

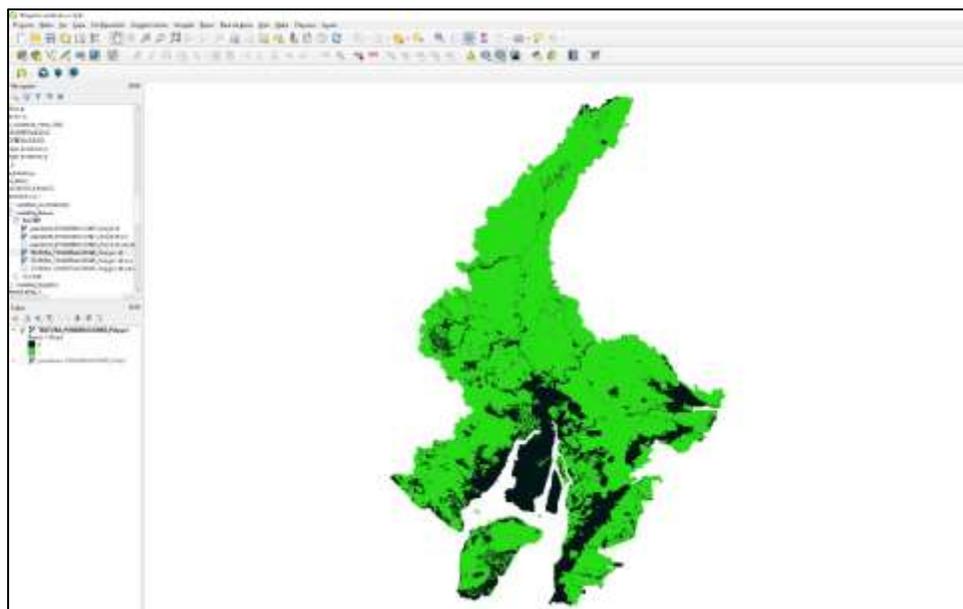


Figura 5. Clasificación con la ponderación booleana para texturas

6.1.3.2. Nivel Freático

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2010), el nivel freático se define como la superficie del agua subterránea que puede saturar parcial o completamente los poros del suelo en una zona específica, ya sea de forma temporal o permanente. Esta variable es crucial en el ámbito constructivo, ya que suelos con buen drenaje y sin presencia cercana del nivel freático son considerados apropiados para edificación, mientras que aquellos con mal drenaje

y un nivel freático situado a 30 cm o menos de la superficie presentan condiciones desfavorables para el desarrollo de obras civiles.

Por su parte, el nivel freático condiciona el diseño de las cimentaciones profundas o especiales, ya que un nivel alto puede generar problemas de estabilidad, filtraciones y sobrecostos en sistemas de drenaje (Bouyoucos, 1962).

Tabla 4. Categorías de nivel freático

Categoría	Descripción
Superficial	La lámina de agua se encuentra a una profundidad del suelo de 0 a 30 cm. Los horizontes están saturados por agua durante algunos meses. Rasgos gléicos, presentan moteados y coloraciones naranjas, no aptos para la construcción.
Poco profundo	La lámina de agua está presente entre los 30 a 60 cm, del suelo. Los horizontes permanecen saturados de agua durante varios meses. Rasgos gléicos, tienen extremas limitaciones para la construcción.
Medianamente profundo	La lámina de agua se encuentra dentro de los 60 a 90 cm de profundidad del suelo. Presenta moteados con amplio rango de texturas. Poseen severas limitaciones para la construcción.
Profundo	La lámina de agua está presente dentro de los 90 a 120 cm de profundidad del suelo. Texturas de medias a finas. Presentan limitaciones moderadas para la construcción.
Muy profundo	La lámina de agua se encuentra a 120 cm de profundidad o más del suelo. Cuenta con una fácil eliminación del agua por precipitación, aunque no es rápida. Suelos de textura fina a media. Tiene ligeras limitaciones para la construcción.
Sin evidencia	No se evidencia presencia de agua. No presenta limitaciones para la construcción.

Fuente: IEE, 2018.

Para minimizar los riesgos técnicos, estructurales y económicos, las actividades constructivas deben realizarse en zonas donde el nivel freático sea muy profundo, profundo o sin evidencia de saturación. A diferencia de la zonas con nivel freático superficial o poco profundo, estas presentan importantes limitaciones desde el punto de vista geotécnico (Tomlinson, M. J., & Woodward, J. 2015).

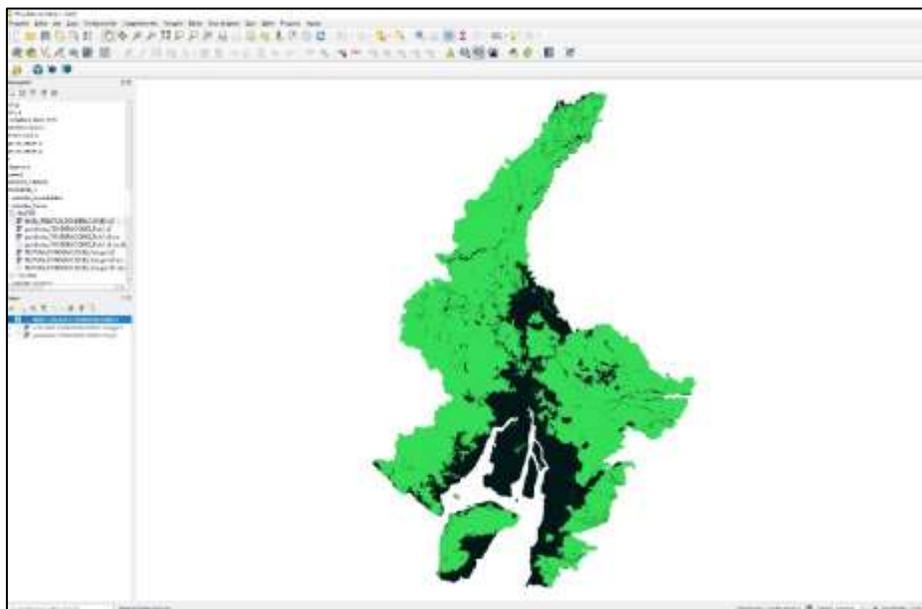


Figura 6. Clasificación con la ponderación booleana para nivel freático

6.1.3.3. Drenaje

El drenaje natural del terreno determina la evacuación del exceso de agua, lo que afecta directamente la durabilidad de las infraestructuras logísticas y el riesgo de inundaciones. La clase de drenaje es una característica edáfica determinada por siete propiedades fundamentales: estructura, textura, porosidad, presencia de capas impermeables, permeabilidad, posición topográfica y color del suelo (Porta y López-Acevedo, 2005).

Esta variable es evaluada debido a que influye directamente en la aptitud del suelo para distintos usos y permite identificar áreas con posibles restricciones o ventajas para el desarrollo de actividades productivas o constructivas, además sirve para identificar zonas inundables y húmedas (Aguiló et al., 2004). Un mal drenaje puede requerir soluciones de ingeniería costosas, como sistemas de canalización o relleno (Hillel, 1998).

Tabla 5. Clases de drenaje de los suelos

Clase	Descripción
Excesivo	Rápida eliminación del agua de precipitación, suelos de texturas gruesas. En este tipo de suelos, los horizontes rara vez permanecen saturados durante varios días posteriores a una lluvia.

Clase	Descripción
Bueno	Este tipo de suelos facilita la eliminación del agua lluvia, aunque a un ritmo más lento que en los suelos de drenaje excesivo. Corresponden en general a suelos de textura media a fina, donde algunos horizontes pueden conservar la humedad durante pocos días. No presentan moteados en los primeros 100 cm del perfil, o estos se limitan a 2 % entre los 60 a 100 cm de profundidad.
Moderado	La eliminación del agua se produce lentamente en relación al aporte de la misma. Suelos con un amplio tipo de texturas. Ciertos horizontes pueden permanecer saturados durante más de una semana después de una lluvia. En suelos con este tipo de drenaje los moteados suelen ocupar del 2 al 20 % entre los 60 y 100 cm de profundidad.
Mal drenado	La eliminación del agua es muy lenta, manteniendo la saturación del suelo durante largos períodos que pueden extenderse por varios meses. Este tipo de drenaje se presenta en varios tipos de texturas, presentando moteados del 10 % o más y coloración naranja o herrumbrosas en los canales de raíces, rasgos gleícos y problemas de hidromorfismo. Estas condiciones son comunes en zonas deprimidas con régimen de humedad ácuico.

Fuente: SENPLADES, 2013

Los suelos con drenaje bueno o moderado son preferibles para la construcción debido a su capacidad para evacuar el exceso de agua, manteniendo condiciones estructuralmente estables, con mínimo riesgo de saturación, asentamientos diferenciales o afectaciones por humedad (Brady, N. C., & Weil, R. R. 2016).

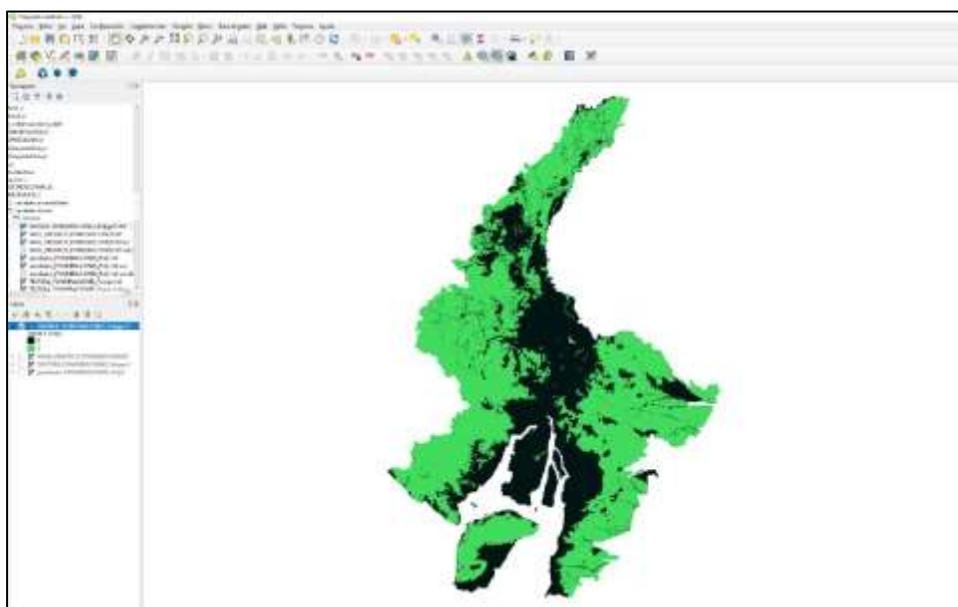


Figura 7. Clasificación con la ponderación booleana para el drenaje

6.1.3.4. Pedregosidad

La pedregosidad, definida como la cantidad y tamaño de fragmentos gruesos presentes en la superficie del suelo, afecta la excavabilidad, el tipo de maquinaria requerida y la estabilidad de las estructuras, siendo un factor relevante en la planificación de obras civiles (Soil Survey Staff, 1993).

Tabla 6. Categorías de pedregosidad en la superficie

Categoría	Descripción
Nula	No presenta fragmentos gruesos o rocosos
Muy pocas	La proporción de fragmentos gruesos es inferior al 10 % y no representa una limitación significativa para las actividades constructivas
Pocas	Presencia de fragmentos gruesos entre el 10 a 25 %, generando cierto grado de interferencia en actividades constructivas
Frecuentes	Los fragmentos gruesos ocupan entre el 25 a 50 % de la superficie, dificultando notablemente las actividades constructivas
Abundantes	Poseen entre el 50 a 75 % de fragmentos gruesos, que imposibilitan el uso de maquinaria pesada. En estas condiciones las labores constructivas solo se pueden desarrollar con maquinaria liviana y herramientas manuales
Pedregoso (Rocoso)	La presencia de fragmentos gruesos rebasa el 75 %, lo que hace que el terreno sea excesivamente pedregoso, por tanto, estas áreas son inadecuadas para fines constructivos

Fuente: IEE, 2018. Adaptado de Catálogo Nacional de Objetos (SENPLADES, 2013).

Las categorías Nula, Muy pocas y Pocas (con fragmentos gruesos entre 0 a 25 %) son consideradas aptas o marginalmente aptas para la construcción, dado que presentan baja interferencia con las actividades constructivas y permiten el uso de maquinaria convencional.

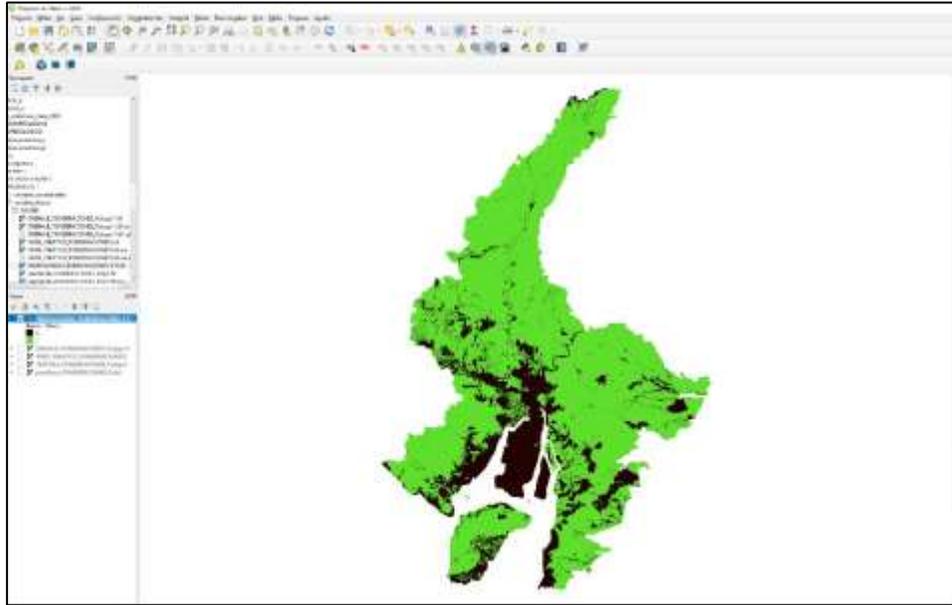


Figura 8. Clasificación con la ponderación booleana para la pedregosidad

6.2. Áreas Limitantes

Una vez analizadas nuestras variables físicas de la provincia del Guayas, vamos a integrar tres variables adicionales en esta fase, que funcionaran como limitantes, las cuales van a definir y clasificar aún más nuestras áreas óptimas para la construcción de un centro logístico regional.

Entre estas variables tenemos las áreas protegidas, las zonas urbanas, y las zonas susceptibles a inundaciones de la provincia de Guayas. Estos criterios tienen como factor común que son zonas donde no podremos ubicar el centro logístico.

6.2.1. Áreas protegidas

Según la Constitución del Ecuador establece que se prohíben “actividades extractivas de recursos no renovables en áreas protegidas y zonas declaradas como intangibles” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 407). Por lo tanto, las ponderaciones de apto (1) fueron para las zonas que no estén en la categoría de protegidas, y no aptas (0) para zonas que tienen la categoría de área protegida.

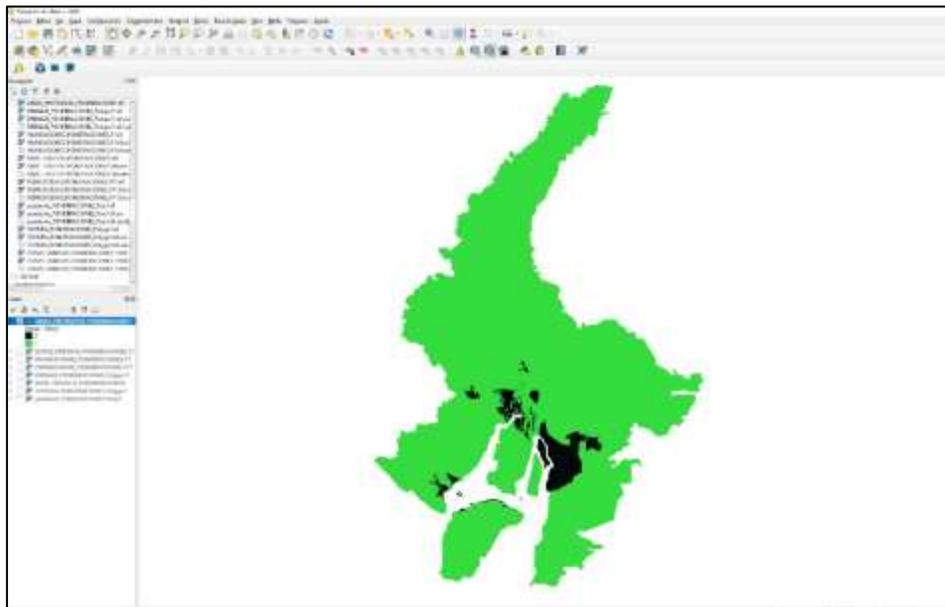


Figura 9. Clasificación con la ponderación booleana para las áreas protegidas

6.2.2. Zonas urbanas

Una de las problemáticas mencionadas en este análisis, ha sido, que la infraestructura logística que se encuentra dentro de las zonas consolidadas, desata una problemática vehicular, el tráfico causa un caos vehicular (Forbes, 2024).

Por tal motivo, basándonos en la problemática y en las recomendaciones técnicas, se ha clasificado dos categorías: aptas (1) para las zonas no urbanas, y no aptas (0) para las zonas urbanas en sí.

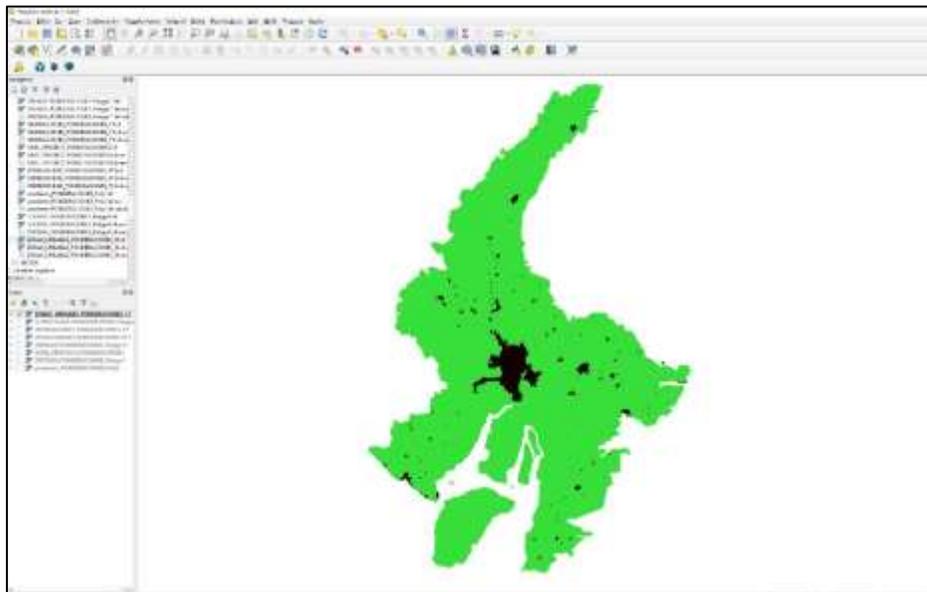


Figura 10. Clasificación con la ponderación booleana para las zonas urbanas

6.3. Amenazas naturales

6.3.1. Susceptibilidad a inundaciones

Porque la provincia de Guayas, en su historia ha sido afectada por inundaciones, los 25 cantones en diferentes grados de impacto en época lluviosa. Los cantones situados en la cuenca baja son los más afectados (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas, 2024).

Es la provincia más golpeada por inundaciones, y es la amenaza que más problemas les ha traído afectando a más de 8 cantones. (Primicias, 2023). Siendo afectadas 677.464 personas por inundaciones (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas, 2024). Por tal razón, a esta variable se la integra al análisis de multicriterio.

La variable Susceptibilidad a Inundaciones realizada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, la cual, explica que es un modelo empírico cualitativo, con el aporte de la experiencia y el conocimiento intuitivo (MAG 2024). Establece 4 categorías como resultado de la clasificación de los niveles de susceptibilidad a inundaciones, los cuales presentamos a continuación.

Tabla 7. Clasificación de los niveles de susceptibilidad a inundaciones

Nivel	Susceptibilidad
1	Sin Susceptibilidad
2	Baja
3	Media
4	Alta

Fuente: MAG, 2020

Por lo cual, para nuestro análisis vamos a tomar las áreas que tienen un nivel de susceptibilidad de nivel 1 y 2, es decir, zonas donde no exista y una categoría baja de susceptibilidad, como aptas (1), mientras las demás categorías estarán como no aptas (0).

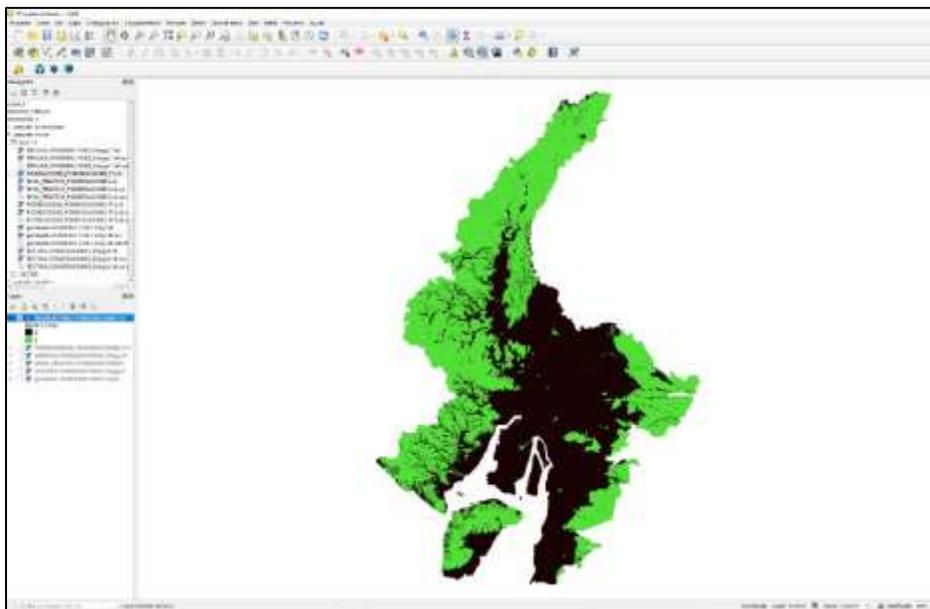


Figura 11. Clasificación con la ponderación booleana para susceptibilidad a inundaciones

Calificación de variables físicas para la construcción de un modelo Booleano

Tabla 8. Variables físicas por categoría y ponderación correspondiente.

Variables	Categorías	Ponderación
Unidad Genética	Deposicional erosivo	1
	Erosión fluvial	1
	Estructural	1
	Marino y fluvio-marino	1
	Tectónico erosivo	1
	Tectónico marino	1
	Volcánico	1
	Deposicional	0
	Erosivo	0
	Fluvial	0
	Fluvio-lacustre	0
	Gravedad y movimientos en masa	0
	Poligénicas	0
Pendiente	< 5 - 12 %	1
	12 - 25 %	1
	25 - 40 %	0
	40 - 70 %	0
	70 - 100 %	0
	>100 %	0
Textura	Grupo 1	1
	Grupo 2	1
	Grupo 3	1
	Grupo 4	0
Nivel Freático	Muy Superficial	0
	Superficial	0
	Poco profundo	0
	Medianamente profundo	1
	Profundo	1
	Sin evidencia	1
Drenaje	Excesivo	0
	Bueno	1
	Moderado	1
	Mal drenado	0

Variables	Categorías	Ponderación
Pedregosidad	Nula	1
	Muy Pocas	1
	Pocas	1
	Frecuentes	0
	Abundantes	0
	Pedregoso (Rocoso)	0
Áreas de Conservación	Áreas no protegidas	1
	Áreas protegidas	0
Zonas Urbanas	Áreas consolidadas	0
	Áreas no consolidadas	1
Susceptibilidad a Inundaciones	Sin Susceptibilidad	1
	Baja	1
	Media	0
	Alta	0

Fuente: Elaboración Propia

Una vez clasificados las ponderaciones de nuestras variables y establecidas las limitantes en nuestro análisis, procedemos a realizar el procesamiento de nuestra información. Con la ayuda de los SIG.

El análisis booleano parte de multiplicar cada una de las capas en la calculadora de Qgis, el resultado va hacer una capa ráster con dos valores, zonas aptas (1) y zonas no aptas (0), es decir las zonas con el valor 1, cumplieron con todos los requerimientos planteados en el análisis.

Ahora que tenemos las posibles ubicaciones a partir de un análisis físico del territorio, el cual sería un subproducto que nos permitió tenerlo como insumo para el análisis complementario con la red vial.

7. Segunda Fase

Partiendo que la red vial es el eje del crecimiento y desarrollo económico y social de un país, ya que, permite el transporte de personas y dinamiza el comercio, como también comunica territorios (Guzmán, 2017). El estado de la red vial, tienen un papel fundamental en la conectividad de la estructura logística (Ponce Avilés & Realpe Cabrera, 2024). Debido a que, si la infraestructura vial está en buenas condiciones, los gastos de movilización o de transporte son menores (Rivera, 2019).

Por lo cual hemos considerado los siguientes pasos para analizar la importancia de la red vial.

Primero realizamos el análisis de la red vial de la provincia del Guayas, su jerarquía vial, su rodadura y su estado. Para luego proceder a estructurar nuestro análisis de proximidad a las vías principales con las zonas aptas para construir, las cuales fueron el resultado en la primera fase.

Una vez que se desarrolló las características viales con las que cuenta la provincia del Guayas, procedemos a realizar los siguientes análisis: proximidad a vías arteriales, accesibilidad a las zonas aptas y análisis de conectividad con infraestructura estratégica, dado que complementan a nuestro análisis físico del territorio.

7.1. Análisis de proximidad a las vías principales

Insumos necesarios para el análisis de proximidad.

1.- Red Vial, Escala 1:50.000. del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

1.1.- Longitud de Tramos Viales

1.2.- Jerarquía de la vía

1.3.- Estado de la vía

2.- Zonas localizadas en nuestro análisis físico del territorio.

Con la ayuda de los SIG, y ubicando las zonas aptas para construir previamente en la fase 1, junto con la red vial se realiza un análisis de distancia lineal, con la herramienta Euclidean distance, la cual nos permite evaluar la cercanía a las vías arteriales hasta las zonas aptas.

Alcanzadas las distancias en las que se encuentran las ubicaciones sugeridas en la fase 1, se clasifican y se analizan las más cercanas. Una forma de clasificar las distancias y obtener los rangos en categorías con su respectiva ponderación, se basó en la información utilizada en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Turi, 2024 que hacen un análisis de accesibilidad a asentamientos. Los cuales establecen rangos de proximidad, y estos fueron adaptados a nuestro proyecto dando como resultado la siguiente información.

Tabla 9. Ponderación de la proximidad de las vías.

Ponderación	Distancia a las zonas aptas
0	1501 - 3000
0	501 - 1500
0	101 - 500
1	< 100

Fuente: Plan de Desarrollo y ordenamiento territorial de Turi, 2024, Elaboración Propia.

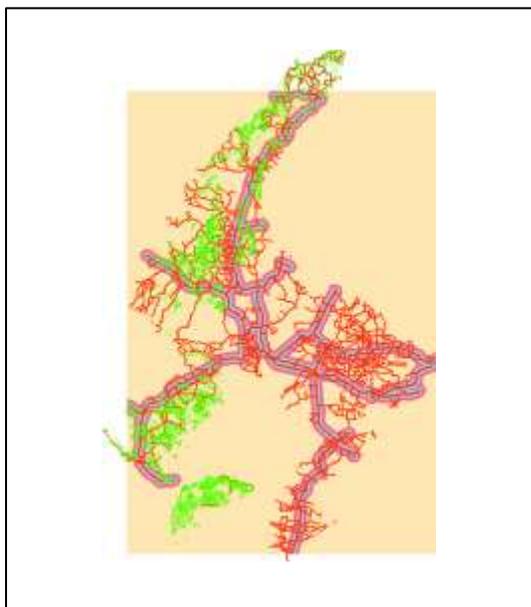


Figura 12. Rangos de distancia de las zonas aptas a las vías arteriales

Para este caso se tomó las áreas que más cerca están a las vías arteriales, haciendo un cruce de información con las distancias menores a 100 metros, logramos seleccionar las áreas óptimas en proximidad.

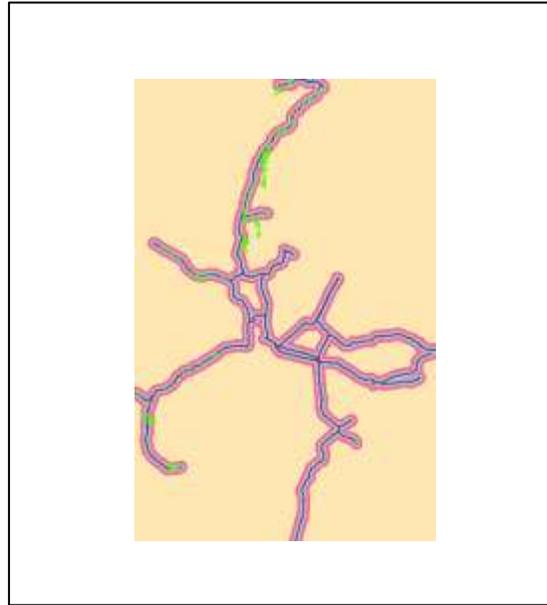


Figura 13. Áreas resultantes ubicadas a 100 m de la red vial principal

Una vez depuradas las áreas con la variable de proximidad procedemos a realizar el siguiente análisis que es el de accesibilidad.

7.2. Análisis de la accesibilidad a infraestructura logística.

Es importante mencionar que los puertos marítimos deben comunicarse con las zonas productivas e industriales del país, ya que facilitan la dinámica de las mercancías nacionales como internacionales. Además, que se centra en la reducción de distancias, tiempos y costos operativos para los importadores (Ponce y Realpe, 2024).

Al final la logística del transporte se fundamenta en el almacenamiento, abastecimiento y distribución de mercadería, optimizando distancias, tiempo y mayor cantidad de productos, lo cual, se base en base a la red vial (Morales, Santillán, Mayorga, y Cevallos, 2023).

Por esta razón, se requiere un análisis de accesibilidad con respecto a la infraestructura estratégica existente, ya que, se debe tomar en cuenta la infraestructura existente y poder generar lazos de conexión con la que se va a planificar, con el fin de mantener un son clúster logístico conectado en la provincia del Guayas.

Además, la red vial permite una comunicación y flujo continuo al puerto, el cual influye directamente a los tiempos de traslado y costos operativos (Ponce y Realpe, 2024).

En este caso, georreferenciamos la infraestructura estratégica menciona en el documento realizado por Ponce y Realpe (2024). En el cual explican y analizan las principales dinámicas y las ubicaciones estratégicas de la infraestructura logística existente en el distrito aduanero de Guayaquil. Entre las cuales están los principales puertos de carga y los principales empresas exportadores e importadores.

Por medio de la metodología de isócronas, y apoyándonos en el complemento Ors Tools, con la herramienta Isochrones en Qgis, vamos a realizar el análisis de accesibilidad de nuestras zonas con respecto a la ubicación de las infraestructuras mencionadas, para lo cual utilizamos:

- 1) La red vial jerarquizada del MTO,2019
- 2) La ubicación de nuestras zonas aptas para construir de nuestro análisis físico.
- 3) La velocidad permitida de movilización de un vehículo.

Para determinar la velocidad , según el *Decreto Ejecutivo No. 1196* (Presidencia de la República del Ecuador, 2012), los vehículos de transporte de carga tendrán límites máximos y rangos moderados de velocidad vehicular permitidos que son los siguientes: en carreteras, van desde los 70 has los 100 km/, mientras que para vías perimetrales van desde los 70 hasta los 90 km/h, para las vías secundarias van de 40 a 60 km/h y finalmente para vías urbanas o locales se podrá circular desde los 40 hasta los 50km/h.

Con la jerarquía vial identificada, y con las velocidades permitidas, se colocó la velocidad correspondiente a cada tramo vial, utilizando las velocidades más bajas permitidas según la jerarquía.

Tabla 10. Velocidades según las jerarquías viales de la provincia del Guayas.

Jerarquía Vial	Velocidad por tramo
Arterial - Colectora	70 km/h
Rutas Primarias	70km/h

Jerarquía Vial	Velocidad por tramo
Rutas Secundarias	40km/h
Rutas Locales - Urbanas	40km/h

Fuente: Decreto Ejecutivo No. 1196, Art. 191 (2012). Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.

Así, con la distancia en metros de cada tramo y la velocidad se pudo calcular la impedancia en minutos.

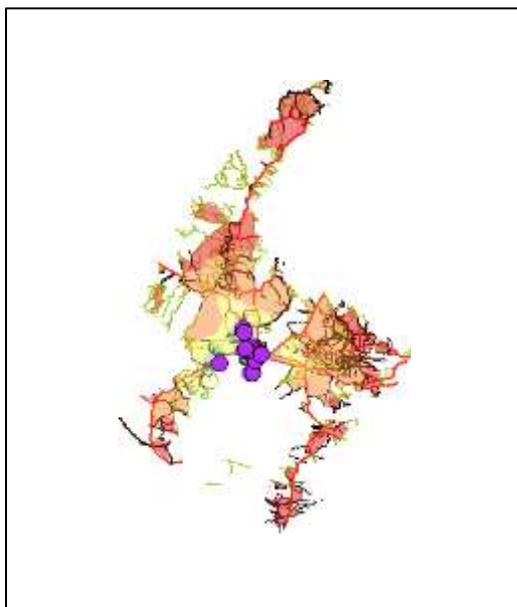


Figura 14. Accesibilidad por isocronas

En resumen, una vez localizadas nuestras áreas óptimas para la construcción basándonos en un análisis físico del territorio como primer paso, continuamos con el análisis vial de la provincia del Guayas, en la cual realizamos un análisis de proximidad de nuestras zonas aptas con las vías arteriales, segregando así las áreas que están más próximas a las vías con más peso jerárquico, se estableció un límite de distancia menor a 100 metros; siendo así depuradas las zonas que no cumplían con esta característica.

Para complementar se realizó un análisis de accesibilidad con respecto a la infraestructura estratégica existente; puertos, aeropuertos y empresas líderes en importación y exportación. Cruzando nuestra información obtuvimos rangos de accesibilidad en tiempo (minutos), estos rangos se respaldan en las categorías generadas por SIGTIERRAS, 2015.

Tabla 11. Categorías de accesibilidad

Ponderación	Tiempo	Categoría
5	0 – 5 minutos	Muy Alta
4	>5 – 15 minutos	Alta
3	>15 – 30 minutos	Buena
2	>30 – 60 minutos	Media
1	>60 – 180 minutos	Baja

Fuente: SIGTIERRAS, 2015.

8. Resultados

8.1. Variables físicas del territorio

La provincia del Guayas en su mayor parte presenta una pendiente plana y muy suave con el 18% y 33% respectivamente, que cubren prácticamente la mitad del territorio con un 51%. Existen pendientes que van de fuerte a muy escarpadas ubicadas en los relieves que se encuentran en la parte este del territorio con un 1.43% como podemos observar en la Tabla 12 y podemos observar su distribución espacial en el Anexo 3.

Tabla 12. Pendientes en la provincia del Guayas

Pendiente	Descripción	Área (ha)	Porcentaje
Plana	0 - 2 %	3001,58	18,91
Muy suave	> 2 - 5 %	5356,01	33,75
Suave	> 5 - 12 %	2144,58	13,51
Media	> 12 - 25 %	1344,07	8,47
Media a fuerte	> 25 - 40 %	1211,00	7,63
Fuerte	> 40 - 70 %	801,57	5,05
Muy fuerte	> 70 - 100 %	150,79	0,95
Escarpada	> 100 - 150 %	64,41	0,41
Muy escarpada	> 150 - 200 %	11,74	0,07
No aplicable	No aplicable	1784,99	11,25
Total		15870,74	100,00

Fuente: Elaboración Propia

Mientras que, para la textura en profundidad que más predomina en los suelos de la provincia es el arcilloso con un 25% perteneciendo al grupo 1, seguida del franco arcilloso con el 15% el cual se encuentra en el grupo 2, los cuales presentan características aptas para la construcción. En la Tabla 13, tenemos la distribución de las texturas y en el Anexo 4, podemos observar los tipos de textura y su ubicación en el territorio.

Tabla 13. Textura a profundidad en la provincia del Guayas

Textura a Profundidad	Grupo	Área (Km ²)	Porcentaje
Arcillo-arenoso	Grupo 1	329,94	2,08
Arcillo-limoso	Grupo 1	678,75	4,28
Arcilloso	Grupo 1	4030,88	25,40
Franco arcillo-arenoso	Grupo 2	747,06	4,71
Franco arcillo-limoso	Grupo 2	261,67	1,65
Franco arcilloso	Grupo 2	2447,40	15,42
Franco	Grupo 3	1148,85	7,24
Franco arenoso	Grupo 3	1363,79	8,59
Franco limoso	Grupo 3	1177,01	7,42
Arcilla pesada	Grupo 4	237,99	1,50
Arena	Grupo 4	511,94	3,23
Arena fina	Grupo 4	0,21	0,00
Arena gruesa	Grupo 4	32,19	0,20
Arena muy fina	Grupo 4	5,15	0,03
Areno francoso	Grupo 4	325,92	2,05
Limoso	Grupo 4	3,02	0,02
Sin suelo	Grupo 4	87,14	0,55
No aplicable	No aplica	2481,84	15,64
Total		15870,74	100,00

Fuente: Elaboración Propia

Para el nivel freático del suelo, el comportamiento de esta variable en la provincia del Guayas, podemos observar en Anexo 5, en el cual, la categoría de sin evidencia predomina con el 68% del territorio, es muy factible para la construcción, a diferencia de las categorías consideradas como no aptas que son: muy superficial, superficial y poco profundo suman el 6% en el territorio.

Tabla 14. Nivel freático en la provincia del Guayas

Nivel Freático	Área (Km ²)	Porcentaje
Superficial	35,88	0,23
Poco profundo	170,07	1,07
Muy superficial	672,07	4,23
Profundo	682,93	4,30
Medianamente profundo	992,04	6,25
No aplicable	2481,84	15,64
Sin evidencia	10835,9	68,28
Total	15870,74	100,00

Fuente: Elaboración Propia

Otra característica del suelo que nos permite ubicar un lugar apto para la construcción es el drenaje. En el Anexo 6, podemos observar la distribución espacial de esta variable, donde el nivel de drenaje bueno con un 33% predomina el área seguido con el nivel de drenaje moderado con el 29%, ambas tienen condiciones para la construcción, sin embargo, en los cantones de Salitre, Samborondón, tienen casi la totalidad de sus suelos mal drenados, como también la parte norte de los cantones, Yahuachi, Daule y Colimes.

Tabla 15. Tipo de drenaje en la provincia del Guayas

Drenaje	Área (Km ²)	Porcentaje
Excesivo	189,37	1,19
No aplicable	2481,84	15,64
Mal drenado	3277,99	20,65
Moderado	4685,66	29,52
Bueno	5235,87	32,99
Total	15870,74	100,00

Fuente: Elaboración Propia

La pedregosidad en la provincia de Guayas está caracterizada con un 69% sin pedregosidad, que es un factor positivo para la construcción, tenemos área que

los suelos presentan la categoría frecuente con el 4%, están ubicados en la parte este del cantón Marcelino Maridueña y el Naranjal, como podemos observar en el Anexo 7.

Tabla 16. Pedregosidad en la provincia del Guayas

Pedregosidad	Área (Km²)	Porcentaje
Pedregoso o rocoso	10,42	0,07
Abundantes	110,01	0,69
Frecuente	651,44	4,10
Muy pocas	737,60	4,65
Poca	811,75	5,11
No aplicable	2481,84	15,64
Sin	11067,67	69,74
Total	15870,74	100,00

Fuente: Elaboración Propia

8.2. Zonas urbanas

Para las zonas consolidadas de la provincia de Guayas, fueron concedieras: la capital provincial Guayaquil, cabeceras cantonales, cabeceras parroquiales y localidades amanzanadas. Las cuales suman el 4 % del área de la provincia, y están clasificadas jerárquicamente en el Anexo 8.

Tabla 17. Tipo de Zonas Urbanas en la provincia del Guayas

Zonas consolidadas	Área (Km²)	Porcentaje
Cabecera cantonal	240,12	1,51
Cabecera parroquial	28,21	0,18
Capital provincial	300,53	1,89
Localidad amanzanada	40,99	0,26
Zona no urbana	15260,90	96,16
Total	15870,74	100,00

Fuente: Elaboración Propia

8.3. Áreas protegidas

Las siete áreas protegidas de la provincia del Guayas, representan el 4,67% del territorio con respecto a la totalidad de la provincia, siendo la Reserva Ecológica Manglares Churute con más extensión, ubicada en los cantones de Guayaquil y Naranjal, Anexo 9.

Tabla 18. Áreas de conservación en la provincia del Guayas

Nombre	Tipo	Área (Km ²)	Porcentaje
Playas de Villamil	Área nacional de recreación	0,84	0,01
Los Samanes	Área nacional de recreación	8,52	0,05
Parque Lago	Área nacional de recreación	21,49	0,14
Isla Santay	Área nacional de recreación	22,15	0,14
Manglares El Morro	Refugio de vida silvestre	61,74	0,39
Manglares El Salado	Reserva de producción de fauna	155,07	0,98
Manglares Churute	Reserva ecológica	471,75	2,97
Total		741,54	4,67

Fuente: Prefectura del Guayas, 2021

8.4. Análisis de susceptibilidad a Inundaciones

La provincia del Guayas ha sufrido grandes impactos por las inundaciones, como podemos observar en el Anexo 10, la susceptibilidad a inundaciones está distribuida con el 25% en la categoría alta, mientras que la categoría sin susceptibilidad tiene un 41% que son las zonas más altas de la provincia.

Tabla 19. Susceptibilidad a Inundaciones en la provincia del Guayas

Clase	Área (Km ²)	Porcentaje
Alta	4128,51	25,97
Baja	1586,13	9,98
Media	1920,10	12,08
Sin susceptibilidad	6632,76	41,72
No aplicable	1632,09	10,26
Total	15899,59	100,00

Fuente: Elaboración Propia

8.5. Zonas aptas para la construcción

A partir de nuestro análisis multicriterio de variables físicas, considerando las mejores condiciones físicas que presenta el territorio para la construcción, por ser una obra con gran impacto social, ambiental y desarrollo económico del país,

tuvimos la necesidad de encontrar zonas idóneas en la provincia del Guayas para la construcción.

Los resultados se reflejan en la Tabla 20, en total se ubicó 1726 km² que representan las zonas aptas para construir, se encuentran distribuidas en varios cantones de la provincia del Guayas, siendo así, el cantón Guayaquil, donde se encuentran las zonas con mayor extensión con 733 km², Balzar con 253km² y a diferencia con los cantones Palenque, Buena Fe, y Santa Elena y Pichincha que sumandos no llegan a 1km². La distribución espacial la podemos encontrar en el Anexo 11.

Tabla 20. Zonas Aptas para la construcción

Cantón	Área (km²)
Palenque	0,001
Buena Fe	0,002
Santa Elena	0,003
Pichincha	0,004
Santa Ana	0,009
Paján	0,016
Milagro	0,076
Naranjal	0,465
Daule	4,694
Lomas De Sargentillo	10,352
Nobol	22,070
Palestina	45,064
Playas	54,374
Isidro Ayora	72,352
Colimes	110,055
Pedro Carbo	127,070
Santa Lucía	136,289
El Empalme	156,120
Balzar	253,749
Guayaquil	733,677
Total	1726,44

Fuente: Elaboración Propia

8.6. Estructura de la red vial

Con la información disponible por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2019, se puede observar en el Anexo 12, que las vías arteriales suman 388 km, las cuales conectan las principales ciudades y entre esas vías están la Troncal de la Costa E25, la Traversal Central E30, y la Austral E40, las cuales conectan las ciudades capitales, mientras que las colectoras comunican las cabeceras cantonales y tienen un total de 507 km.

Tabla 21. Jerarquía vial de la provincia del Guayas

Jerarquía vial	Distancia km	Porcentaje
Arterial	388,17	7,32
Colectora	507,51	9,57
Ruta local	2067,23	38,97
Ruta primaria	881,28	16,61
Ruta secundaria	1460,24	27,53
Total	5304,43	100,00

Fuente: Elaboración Propia

El material de las vías se encuentra distribuido de la siguiente manera: las vías están cubiertas por un 23% de pavimento flexible, es decir 1243 km. Pero el que más predomina con un 37% y 1988 km, es el material suelto no pavimentado. La mayor parte de las vías arteriales son de pavimento, las secundarias de material suelto.

Tabla 22. Rodadura de las vías de la provincia del Guayas

Rodadura	Km	Porcentaje
Pavimento rígido	14,04	0,26
Suelto/no pavimentado	1988,46	37,49
Pavimento flexible	1234,70	23,28
Otra	2067,23	38,97
Total	5304,43	100,00

Fuente: Elaboración Propia

8.7. Proximidad a las vías arteriales.

Al realizar el análisis de proximidad a las vías arteriales y colectoras, se localizó 141 áreas que van desde los 3 hasta las 4000 hectáreas aproximadamente, que suman 19856 hectáreas en total. Las cuales están ubicadas a una distancia menor de 100 metros de las principales vías de la provincia.

Las zonas aptas para la construcción se encuentran cercanas a la vía E40, E489 pasando por los cantones Playas y Guayaquil, como también, están cerca de la vía E482, en el cantón Isidro Ayora, Pedro Carbo y Lomas de Sargentillo. También podemos observar que están ubicadas en zonas del cantón Santa Lucía, Palestina, Colimes y Balzar a lo largo de la vía E48 como podemos ver en el Anexo 13.

8.8. Accesibilidad a Infraestructura estratégica.

Para este análisis se localizó a los puertos de carga principales, a sus respectivos puertos de contenedores, como también a las grandes empresas exportadoras e importadoras y el aeropuerto.

El Puerto Marítimo de Guayaquil, el Puerto de Aguas Profundas Posorja, como los más importantes por su nivel de capacidad. También se ubicó al aeropuerto José Joaquín de Olmedo como infraestructura estratégica.

Además, se ubicó a las empresas más fuertes e importantes para las exportaciones e importaciones como son: La Corporación Favorita, La Fabril, Pronaca, Nestle, Ecuacocoa, Holcim, Bananera Noboa, Expoflores, Ormasa e Industria Pesquera Santa Priscila según Ponce e Iván Realpe (2024), Los cuales están concentrados cerca de los principales puertos, y tienen una conexión directa, sin embargo, están localizados en la zona urbana de Guayaquil.

El análisis de accesibilidad por medio de las isócronas, basándonos en la infraestructura estratégica existente, con respecto a las zonas aptas. Es decir, que nuestro centro logístico debe mantener esta lógica de conexión directa con estas infraestructuras y en menor tiempo posible, por lo tanto, debe estar cerca, para poder ubicarlo y sea parte del clúster logístico en la provincia. Este análisis nos dio como resultado 4 categorías de accesibilidad a nuestras zonas. Anexo 14

Las zonas bajas en el nivel de accesibilidad, son las que se encuentran a un tiempo mayor a tres horas y por ende más alejadas de los puertos y aeropuertos,

las cuales están ubicadas en los cantones El Empalme, Balzar, Colimes, Pedro Carbo y Playas.

Las zonas con probabilidades media, están entre 30 minutos a 1 hora, son 17 áreas que se encuentran la gran mayoría en el cantón Guayaquil, en las parroquias Morro y Juan Gomez Rendón. En el cantón Santa Lucia, parroquia Santa Lucia, y en el cantón Isidro Ayora, parroquia Isidro Ayora.

Las áreas que se determinaron como zonas aptas y se encuentran entre 15 a 30 minutos son consideradas con accesibilidad buena. Se ubican en dos cantones Guayaquil y Lomas de Sargentillo, estas se encuentran en 6 áreas que sumadas tienen una extensión de 400 hectáreas aproximadamente.

Las zonas con accesibilidad alta, son las que se encuentran entre 5 a 15 minutos, se ubican en la parroquia Guayaquil cantón Guayaquil, ya que son las que se encuentran a menor distancia de las infraestructuras estratégicas que forman el sistema de clúster logístico.

8.9. Zonas óptimas para la construcción de un centro logístico regional

De acuerdo al análisis multicriterio desarrollado se ha establecido las áreas óptimas ubicadas en el cantón de Guayaquil, respecto a las características físicas se observa lo siguiente: pendientes menores al 25%, suelos con características texturales del Grupo 1, Grupo 2 y Grupo 3, las cuales ofrecen las condiciones geotécnicas aptas y son las más idóneas para la edificación debido a su estabilidad y comportamiento mecánico favorable; tienen ciertas limitaciones leves, pero pueden ser superadas mediante técnicas constructivas específicas. Además, tienen un nivel freático que va desde la categoría sin evidencia hasta profundo, con drenaje bueno y moderado, lo que permite la escorrentía e infiltración del agua, la pedregosidad va de nula a muy pocas.

No se encuentran en áreas protegidas ni en zonas urbanas, como también en zonas libres de inundaciones. Con el fin de evitar problemas de riesgos naturales, cuidado del medio ambiente y tráfico, el cual desencadena caos vehicular en las ciudades, por lo cual ayudara a mejorar rendimientos en tiempo y conectividad.

Las áreas óptimas están cerca de las vías arteriales principales de la provincia, para poder seguir el flujo logístico mucho más eficiente, como también, tienen una accesibilidad alta con respecto a la infraestructura estructural de la logística de la provincia de las Guayas existente, por lo cual se encuentran en áreas estratégicas no muy distantes de puertos, aeropuertos y clúster logísticos, reduciendo tiempos de traslado de mercadería con fines de exportación e importación. Anexo 15

8.10 Ubicación de la zona óptima para la construcción de un centro logístico regional

Finalmente, la zona que se ha determinado como la más óptima o ideal, del resultado obtenido está ubicada en la cabecera cantonal Guayaquil, en la parroquia Guayaquil, con una superficie de 225 hectáreas, el centroide de esta zona está localizado en las siguientes coordenadas: x: 594685 y: 9750006, al este de la zona urbana aproximadamente a siete kilómetros. Además, se encuentra en un punto medio de los puertos principales como el de Guayaquil y Posorja. (Anexo 16)

Con respecto a la red vial se localiza a menos de 100 metros de la vía arterial Guayaquil – Progreso, que tiene una rodadura de pavimento, y presenta un estado bueno según el MTOP.

Mientras que en las variables físicas la pendiente se encuentra entre 12 a 25 %, la textura pertenece al grupo 1 y corresponde a arcillosa, el nivel freático se encuentra en la categoría sin evidencia, la pedregosidad está en la clase muy pocas y el drenaje es bueno. Lo que brinda características físicas óptimas para la construcción de un centro logístico regional en la provincia del Guayas

9. Conclusiones

El analizar el contexto logístico de la provincia del Guayas, permitió identificar su estructura, entender su flujo de trabajo y como se establecen los clústeres logísticos a partir de la red vial, marítima y aérea. Sus principales problemáticas y lo importante que son las redes de transporte en la logística del territorio nacional e internacional.

Se recopiló información geoespacial, a través de los geoportales de las instituciones públicas, las cuales permiten tener información geoespacial libre; se incluyó variables físicas del territorio, áreas protegidas, zonas urbanas y

amenazas naturales. Así como también variables estratégicas asociadas a la red vial.

El análisis multicriterio con la ayuda de los SIG, permitió combinar un análisis booleano para identificar áreas físicamente aptas y un análisis de accesibilidad y conectividad con infraestructura estratégica. Lo cual resultó en una jerarquización de áreas óptimas en la provincia del Guayas.

Los resultados señalaron que las áreas en la periferia de Guayaquil y zonas adyacentes, presentan condiciones favorables, esta conclusión coincide con la lógica de descentralizar el núcleo urbano, aprovechando terrenos óptimos y estratégicamente situados con respecto a la red vial.

La generación de los mapas aportó como herramientas visuales para la toma de decisiones, y conocer como están distribuidas las variables espacialmente, con el fin de detectar primero zonas aptas para construir, para luego organizar y localizar nuestras zonas óptimas en el territorio de la Provincia del Guayas. Comprobando la utilidad de las herramientas SIG en la planificación logística.

Las zonas óptimas localizadas, en consecuencia, presentan condiciones físico territoriales altamente favorables, lo que facilita su viabilidad para la construcción. Estas áreas tienen pendientes menores a 25%, texturas con buen comportamiento mecánico, nivel freático profundo o ausente, buen drenaje y baja porosidad. Complementando su ubicación fuera de zonas urbanas, de zonas protegidas y libres de amenazas, lo cual reducirá riesgos naturales, conflictos ambientales y problemas de cogestión vial.

Desde un enfoque logístico, las áreas óptimas, en síntesis, están estratégicamente ubicadas, porque están situadas cerca de las vías arteriales y presentan alta accesibilidad a infraestructura logística importante, como puertos, aeropuertos y empresas exportadoras e importadoras. Ayudando a optimizar los tiempos de distribución, reducir costos de operativos y mejorar la eficiencia de las cadenas de suministro regionales e internacionales.

En consecuencia, la selección de las áreas óptimas no solo responde a criterios de aptitud territorial, sino que también favorece al desempeño logístico de la provincia.

10. Recomendaciones

Con los resultados obtenidos, se presentan las siguientes recomendaciones prácticas, para llevar adelante la implementación del centro logístico regional:

- Primero se recomienda realizar un estudio más detallado en las áreas óptimas para la construcción del centro logístico, para identificar de mejor manera la viabilidad del proyecto.
- Un proyecto de estas características lleva consigo polos de crecimiento, por lo cual deben asegurar la planificación territorial en las zonas. Esto se lo puede generar a través de los instrumentos de planificación territorial y logística, los cuales deben ser integrados en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.
- Desarrollar análisis para mejorar la infraestructura vial de conexión a los lugares propuestos, como ampliación de carriles, intercambiadores y rodaduras de las vías.
- Realizar estudios de impacto ambiental, social y de seguridad, detallados en la ubicación escogida. Ya que pueden derivar otros problemas ecológicos, incluir el análisis social si existiera asentamientos, y generar una estrategia de seguridad, con los actores principales que son la policía, militares y la comunidad.

11. Bibliografía

Aguiló, M., Aramburu, M., Blanco, A., Calatayud, T., Carrasco, R., Castilla, G. y Yoldi, L. (2004). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. Ministerio del Medio Ambiente. <https://bit.ly/2FPLTZ5>

Bañón, L. y Beviá, J. (2000). *Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento*. Alicante, Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. <https://bit.ly/2HJnurx>

Bell, F. (2007). *Engineering Geology*. Elsevier.

Biro, P. (1968). *El relieve terrestre: estructura, forma y evolución*. Barcelona: Labor.

Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., & McDaniel, P. A. (2011). *Soil Genesis and Classification* (6th ed.). Wiley-Blackwell.

Bouyoucos, G. J. (1962). *Soil Texture and Water Relations*. Soil Science Society of America.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The Nature and Properties of Soils* (14th ed.). Pearson Education.

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial Suplemento 449 de 20-oct-2008. <https://surli.cc/tqrphd>

Cortés, A. y Malagón, D. (1983). *Los levantamientos de suelos y sus aplicaciones multidisciplinarias*. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. <https://bit.ly/2leWr73>

Clúster Logístico del Ecuador, Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, & Imétrica. (2023). *Informe de Resultados: Encuesta Nacional Logística Ecuador 2023*. <https://clusterlogistico.ec/>

Demek, J. (1972). *Manual of detailed geomorphological mapping*. Prague: Academia.

Eastman, J. R. (1997). *IDRISI guide to GIS and image processing*. Clark Labs, Clark University.

Embarko. (2025). Cinco retos logísticos para las empresas exportadoras en Ecuador y cómo superarlos. <https://embarko.com/cinco-retos-logisticos-para-las-empresas-exportadoras-en-ecuador-y-como-superarlos/>

El Comercio. (2023, 17 de octubre). *Ministro de Transporte inspecciona avances de la vía E25 en Los Ríos*. <https://surli.cc/nexasd>

- Fundación Terminal Terrestre de Guayaquil. (2014). *Plan estratégico institucional 2014–2018*. <https://surl.lt/kzxhbo>
- Forbes Ecuador. (2024). ¿Qué está pasando con el sector logístico en Ecuador?. <https://www.forbes.com.ec/macroeconomia/que-esta-pasando-sector-logistico-ecuador-n50416>
- Galacho, F. y Arrebola, J. (2013). *Modelo de evaluación de la capacidad de acogida del territorio con SIG y técnicas de decisión multicriterio respecto a la implantación de edificaciones en espacios rurales*. Investigaciones Geográficas, (60), 69-85. <https://bit.ly/3GSucZT>
- Garcés, J. (2015). *Aplicación de evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica para el modelado de la capacidad de acogida para la localización de viviendas de mediana densidad. Caso de estudio cuenca del río Guadalajara (Valle del Cauca)*. Tesis de pregrado. Universidad del Valle, Colombia. <https://bit.ly/2WsSlfq>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas. (2024). *Plan de contingencia institucional ante el fenómeno El Niño y época lluviosa*. <https://surli.cc/nssyyz>
- Guzmán, A. (2017). *La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento económico de un sector*. Universidad de Piura
- Hazelton, P. y Murphy, B. (2011). *Understanding soils in urban environments. Earthscan*. <https://bit.ly/2TDuGa4>
- Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics*. Academic Press.
- Instituto Espacial Ecuatoriano. (2018). *Información cartográfica, generadas durante el proyecto: “Aptitud física constructiva del territorio escala 1:5 000.”* (IEE). Aptitud Física Constructiva. <https://surl.lu/wclohn>
- Instituto Espacial Ecuatoriano. (2013). *Memoria técnica de Capacidad de Uso de las Tierras del cantón Guayaquil*. (IEE). <https://surl.li/fncvoi>

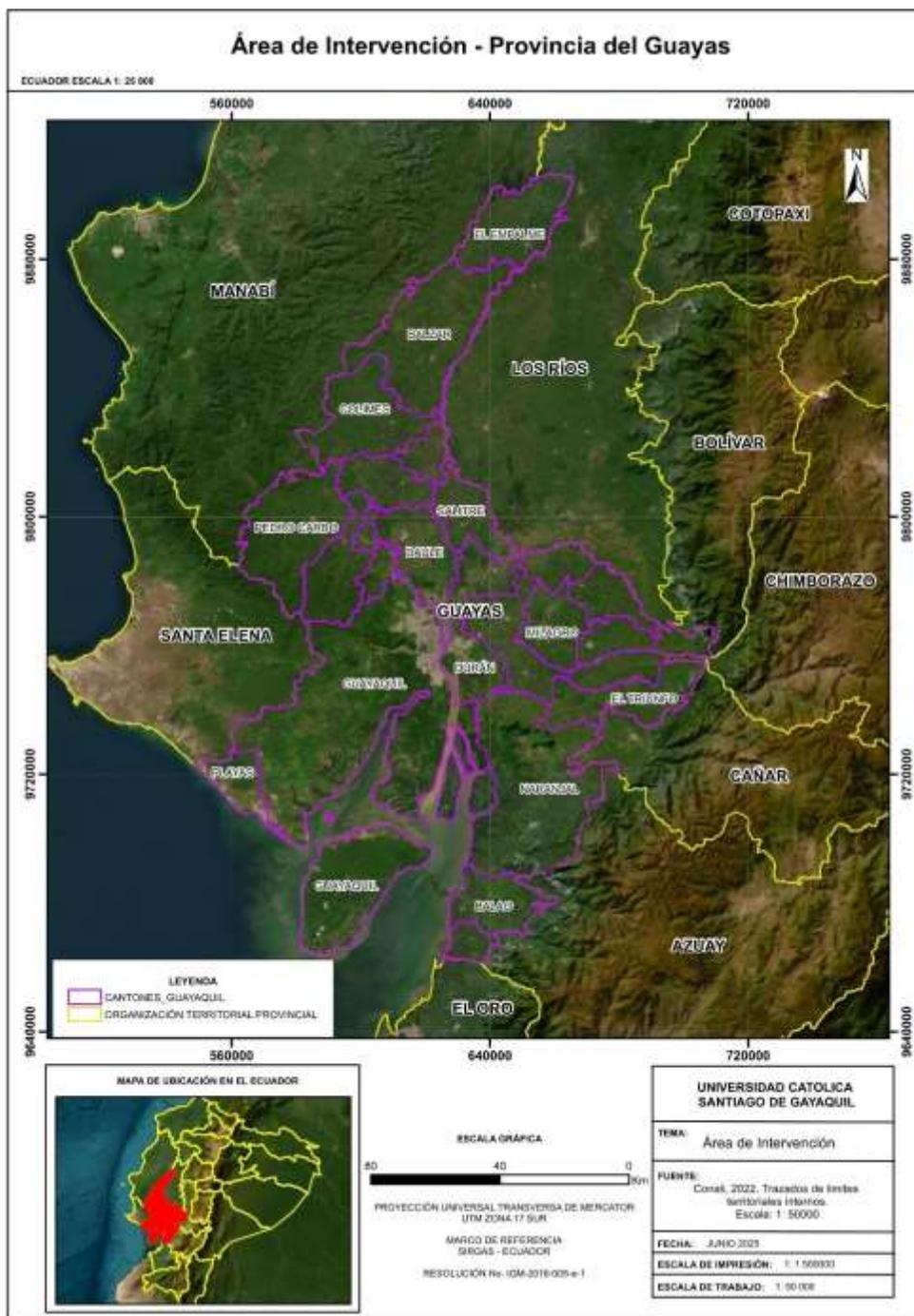
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2010a). *El ABC de los suelos para no expertos*. (IGAC). <https://bit.ly/2uw5KHp>
- Instituto Geográfico Militar. (2022). "Determinación de la capacidad de acogida del territorio para el desarrollo urbano mediante la generación de geoinformación temática a escala 1:5 000". *Memoria técnica de la ciudad de Samborondón*. (IGM). <https://surl.li/rndoxn>
- Instituto Geográfico Militar. (2011). "Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000". *Geopedología y amenazas geológicas. Geomorfología*. (IGM). <https://surl.li/iptmey>
- Logistics Cluster. (2022). *Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo - Guayaquil*. <https://surl.li/vkbbnm> Terminal Terrestre de Guayaquil. (2023). *Información institucional*. <https://terminalterrestredeguayaquil.com/>
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
- Marinos, P., & Hoek, E. (2000). *GSI: A geological characterization tool for rock masses and its engineering applications*. GeoEng2000.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción: Viviendas hasta de 2 pisos con luces de hasta 5m*. (MIDUVI). <https://bit.ly/2Daffln>.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción: Geotecnia y Cimentaciones*. (MIDUVI). <https://surl.li/zpizwl>
- Morales, E. H., Santillán, M. A., Mayorga, M. del P., & Cevallos, J. F. (2023). *Categorización de la red vial en estudios de ingeniería de tránsito y transporte y sus normativas en Ecuador*. <https://surl.li/zubvww>
- Orellana, M. (2015). *Evaluación de la capacidad de acogida del territorio para usos urbanos mediante el uso de SIG y técnicas de evaluación multicriterio*. El caso de la urbanización difusa en la Axarquía (Málaga). Tesis de pregrado. Universidad de Málaga, España. <https://bit.ly/2w0ZDth>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2009). *Guía para la Descripción de Suelos*. (FAO). <https://surl.li/hwhhae>
- Palacios, O. (2021). *La infraestructura portuaria del Ecuador y su influencia en el comercio internacional*. <https://surl.li/fkxjpb>
- Ponce, D.& Realpe, I. (2024). *La infraestructura del transporte y el desempeño logístico, Distrito de Aduana Guayaquil*. Revista Científica Internacional Arandu, 11(2), 3903–3930. <https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.561>
- Porta, J. y López-Acevedo, M. (2005). *Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. <https://bit.ly/2uzfaSI>
- Presidencia de la República del Ecuador. (2012). Decreto Ejecutivo No. 1196 de 11 de junio de 2012: *Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*. Registro Oficial Suplemento 712. <https://www.ant.gob.ec>
- Primicias. (2023, diciembre 13). *Fenómeno de El Niño causa más inundaciones en Guayas, especialmente en Salitre*. <https://surl.li/iptmey>
- Proaño, R., Córdova, M., & Vizueta, L. (2020). *Planificación logística y desarrollo territorial en zonas portuarias del Ecuador: el caso de Guayaquil*. Revista de Transporte y Territorio 12(2), 45–62. <https://surl.li/bztxfx>
- QuadMinds. (2022). Problemas logísticos en Ecuador: diagnóstico y soluciones. <https://www.quadminds.com/blog/problemas-logisticos-3/>
- Rivera, J. (2019). *Estudio de la Infraestructura Vial*. UDEP
- Roa, M. (2021). *Retos logísticos del Ecuador: congestión y planificación en corredores de exportación*. Revista Ecuatoriana de Logística y Transporte, 6(1), 20–35.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013a). *Catálogo de objetos geográfico versión 2*. (SENPLADES). <https://bit.ly/2UhVnFI>

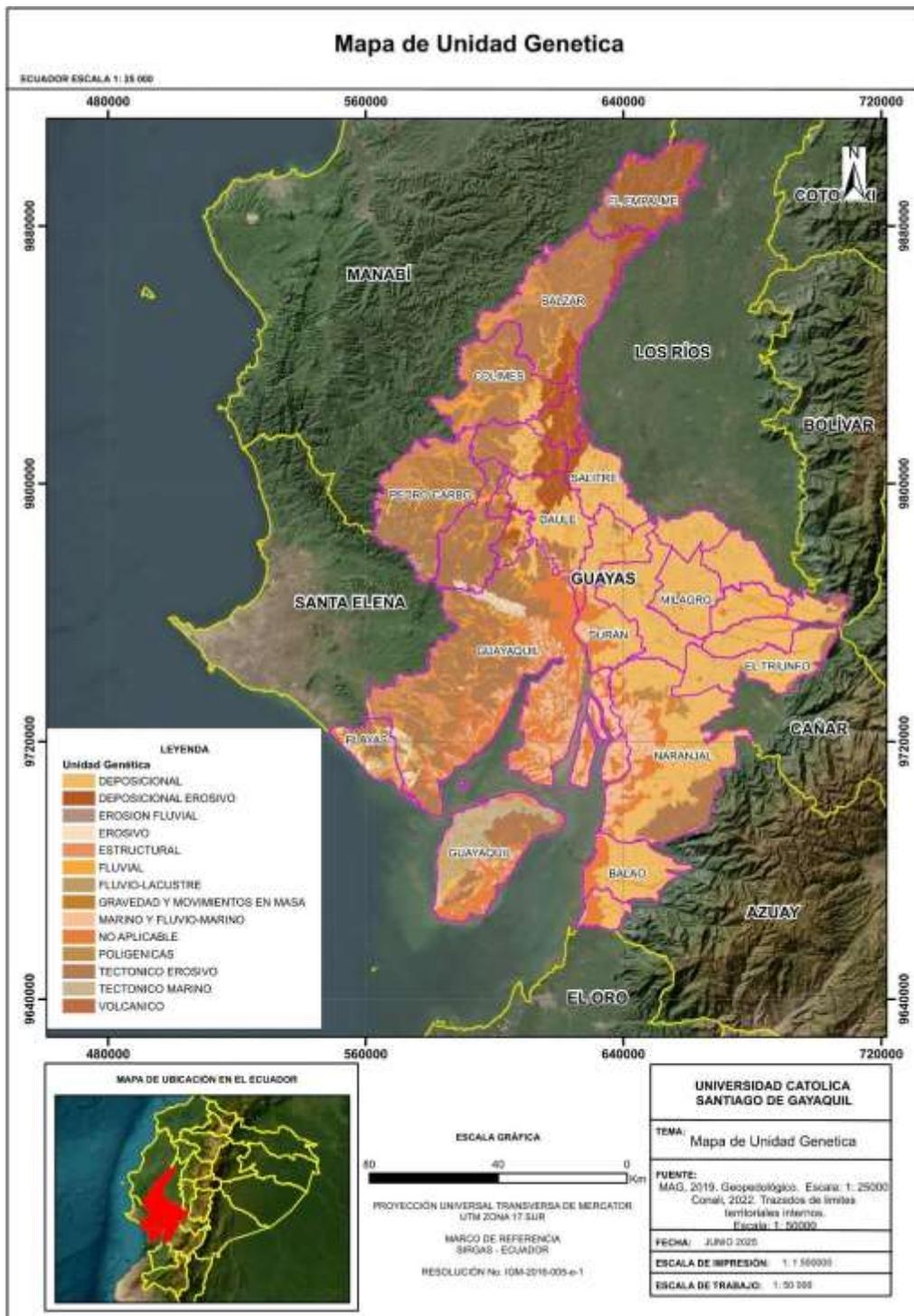
- Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la Taxonomía de suelos*. Décima segunda edición. USDA, NRCS. <https://n9.cl/z5h7x>
- Soil Survey Staff. (1993). *Soil Survey Manual*. U.S. Department of Agriculture Handbook No. 18.
- Soto-de la Vega, D., Vidal-Vieira, J. G., & Vitor-Toso, E. A. (2013). *Methodology for distribution centers location through multicriteria analysis and optimization / Metodología para localización de centros de distribución a través de análisis multicriterio y optimización*. DYNA, 80(182), 178–185. <https://dyna.medellin.unal.edu.co/>
- Summerfield, M.A. (1991). *Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms*. Longman, London.
- The Logistics World. (2023). *Puerto de Guayaquil: impulsando el crecimiento económico del Ecuador*. Recuperado de <https://surl.li/vlmrtw>
- Tomlinson, M. J., & Woodward, J. (2015). *Foundation design and construction* (7th ed.). Pearson.
- Tricart, J., & Cailleux, A. (1977). *Introducción a la geografía física*. Barcelona: Omega.
- Winter, M. G. (2010). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices*. CRC Press.
- Xu, X., & Wang, Y. (2017). *Study on spatial spillover effects of logistics industry development for economic growth in the Yangtze River Delta city cluster based on spatial Durbin model*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(12), 1508. <https://surl.lt/oyzcpX>

12. Anexos

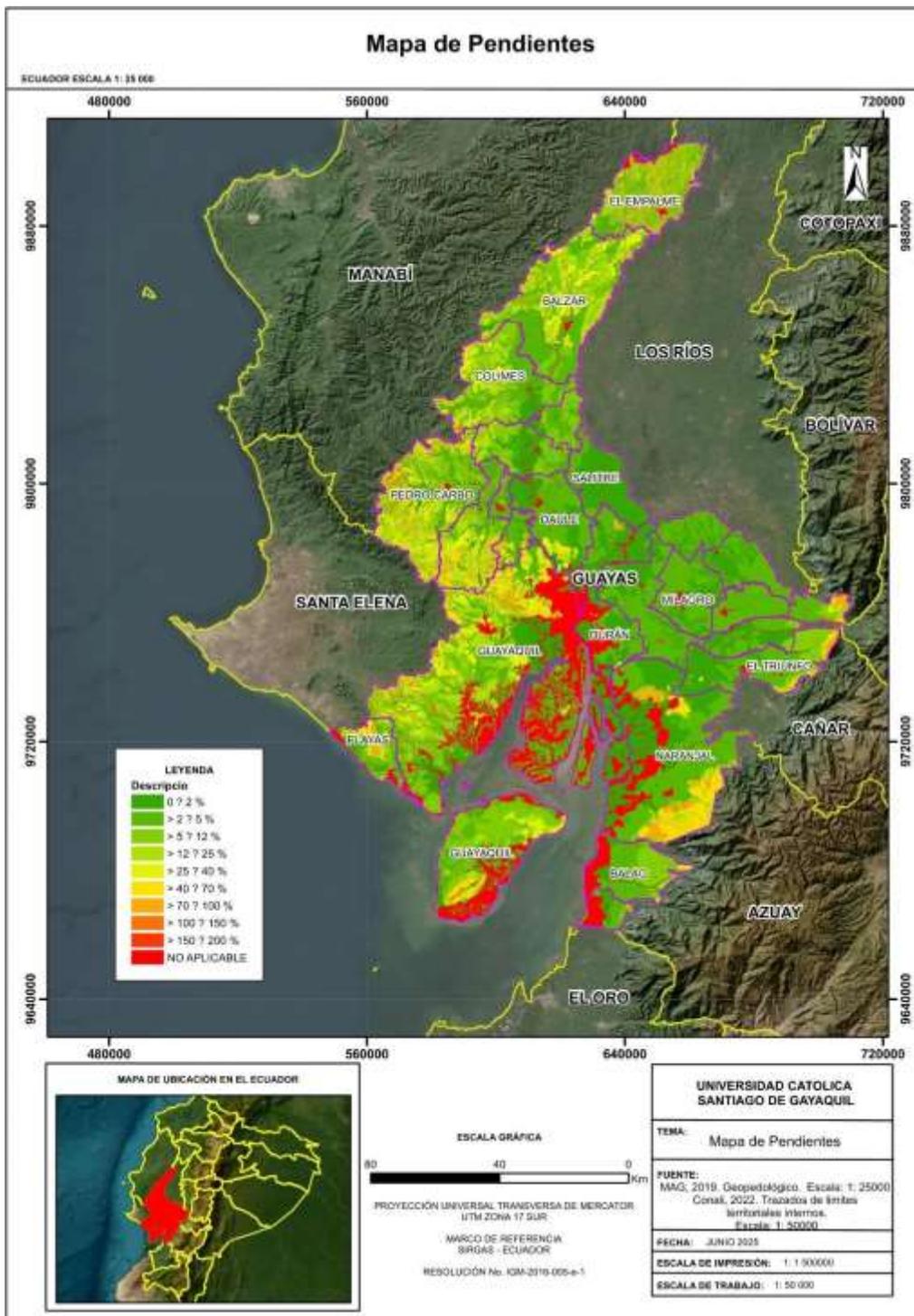
Anexo 1. Área de intervención – provincia del Guayas



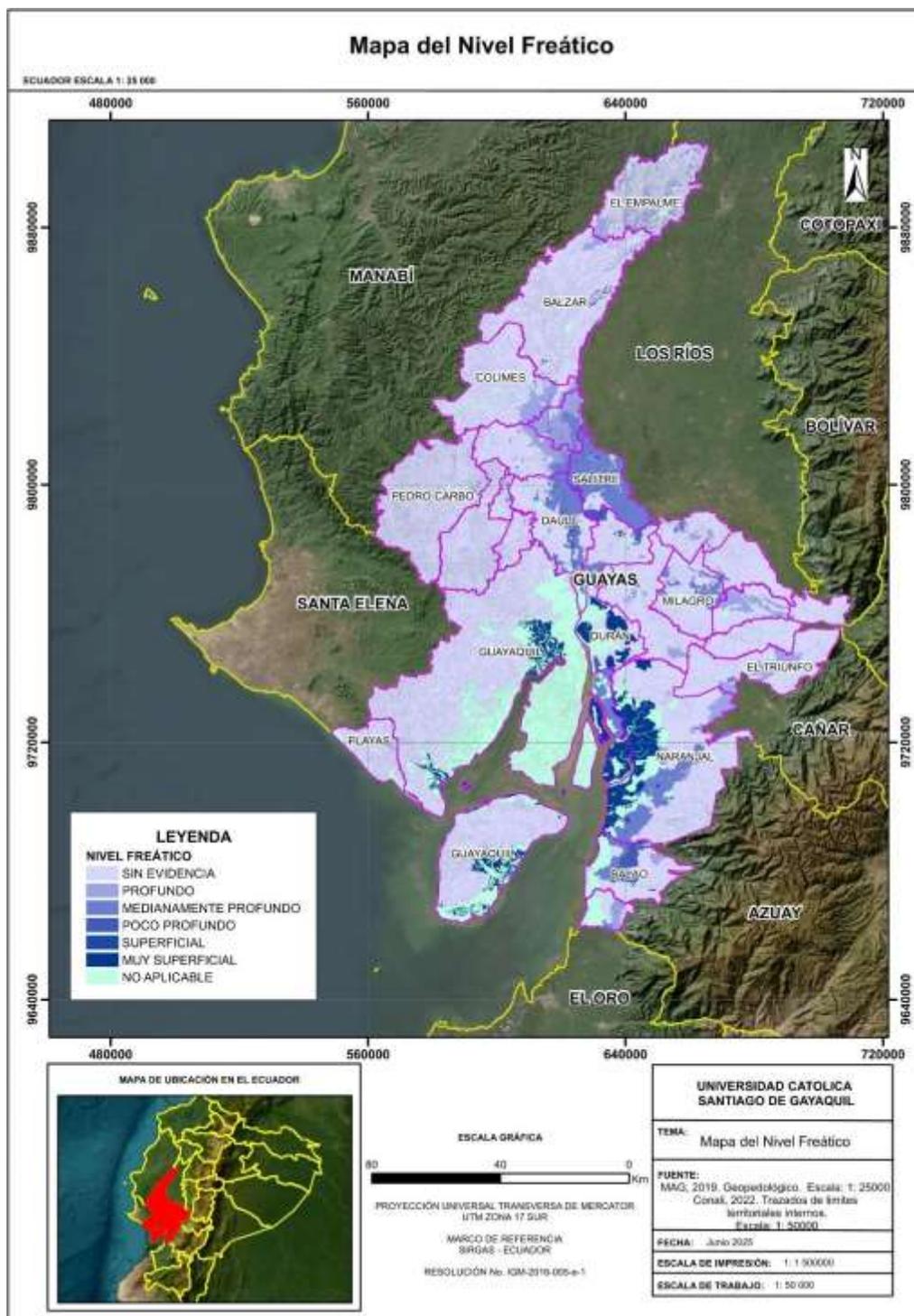
Anexo 2. Mapa de unidad genética



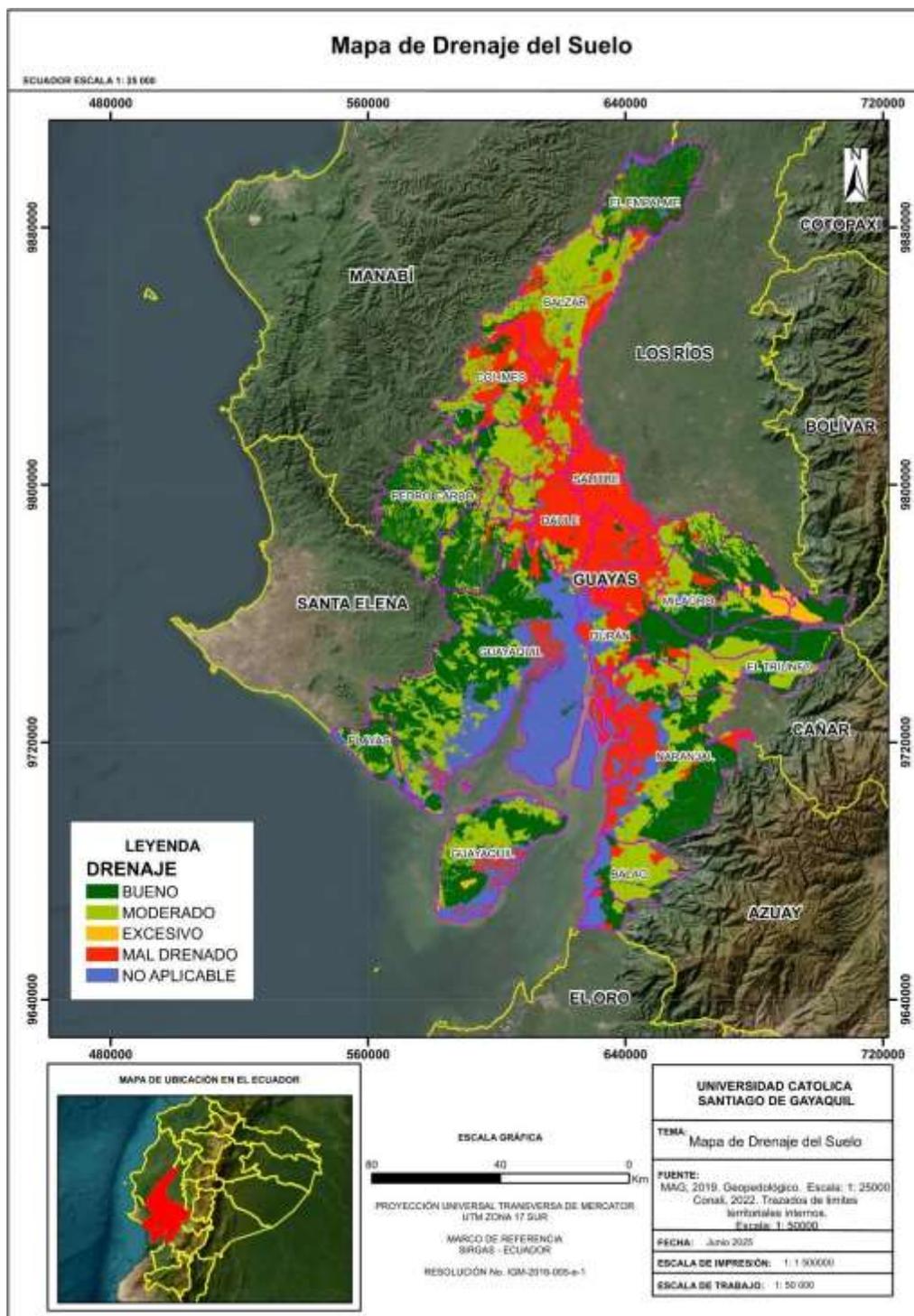
Anexo 3. Mapa de pendientes



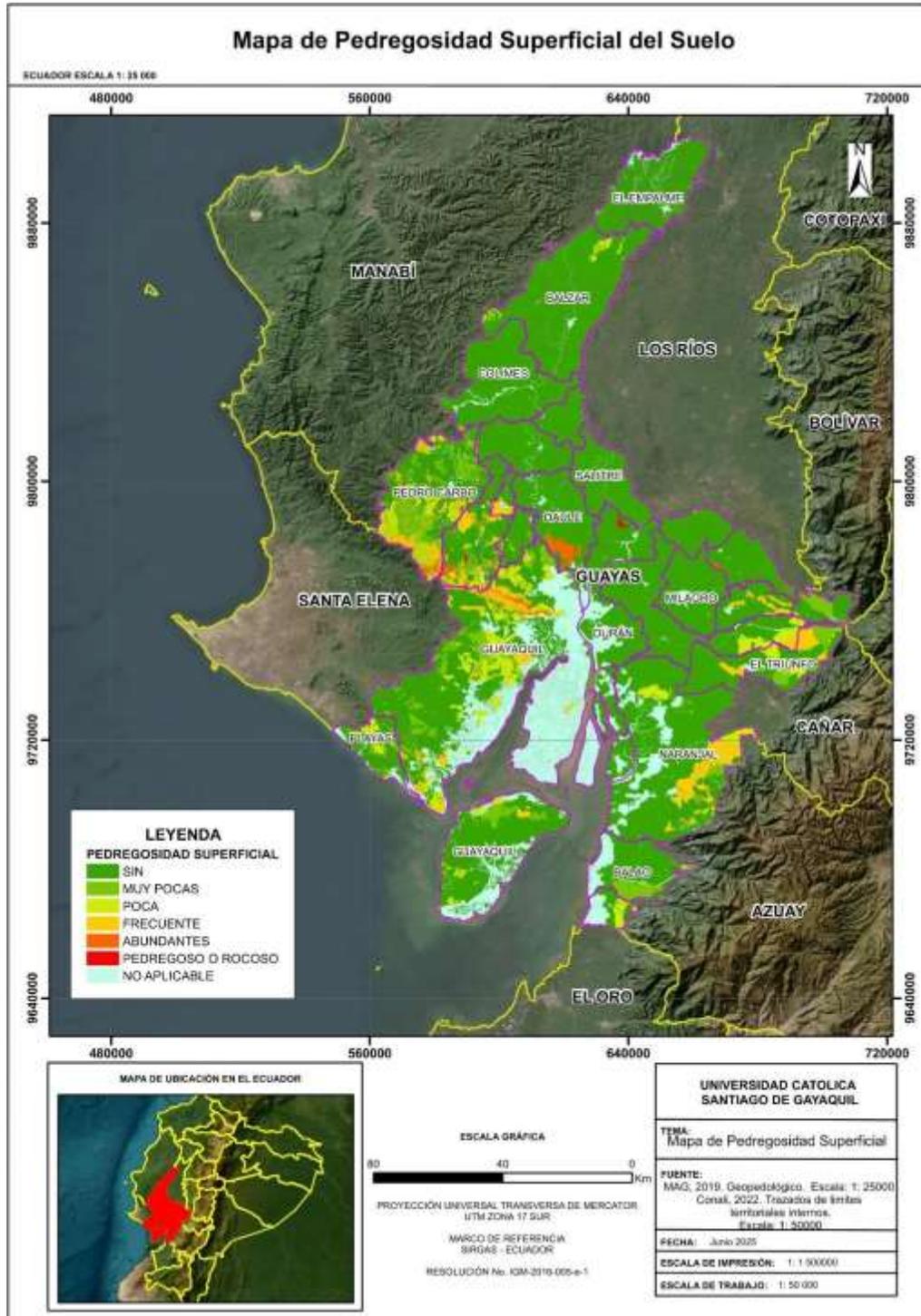
Anexo 5. Mapa de nivel freático



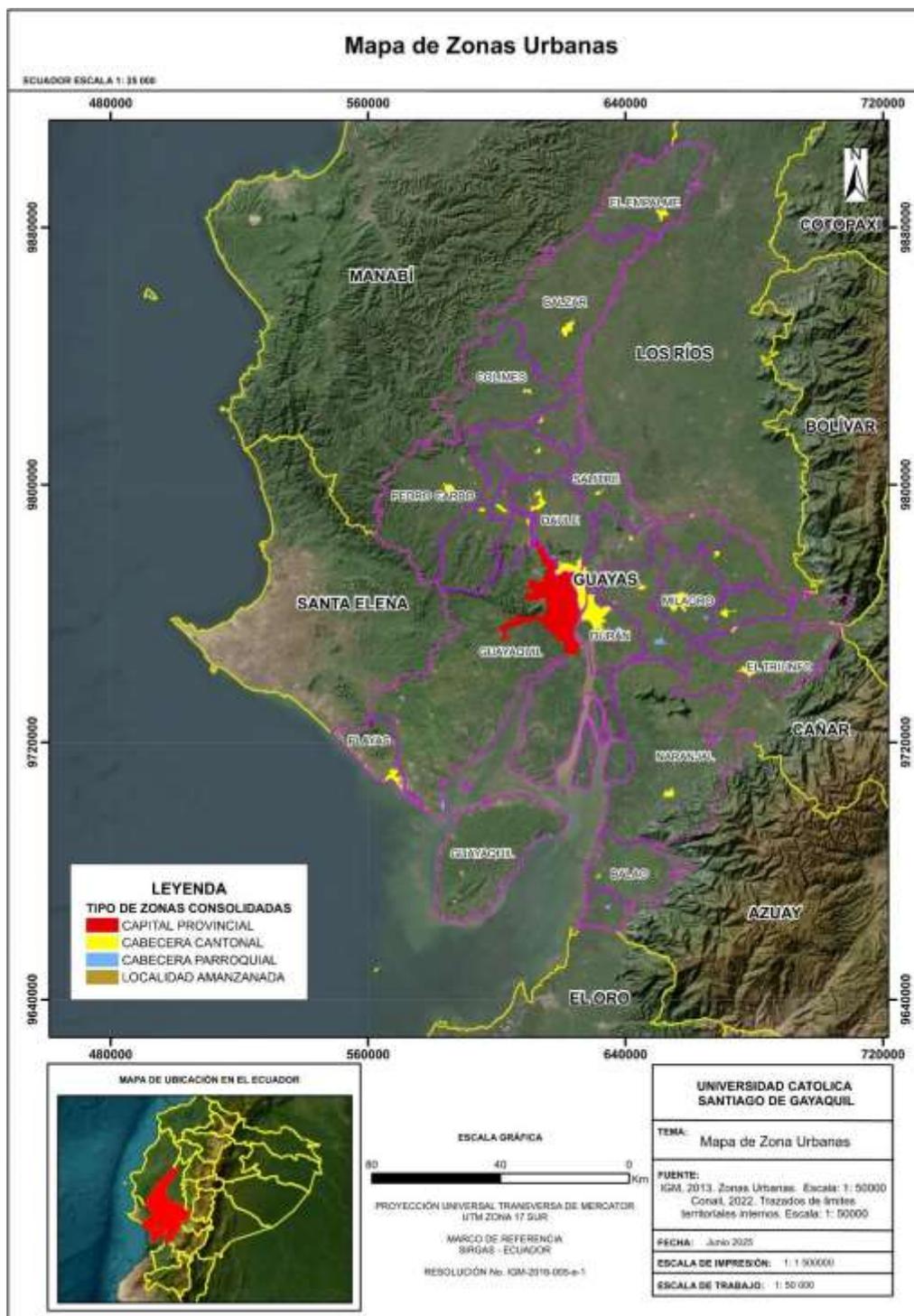
Anexo 6. Mapa de drenaje del suelo



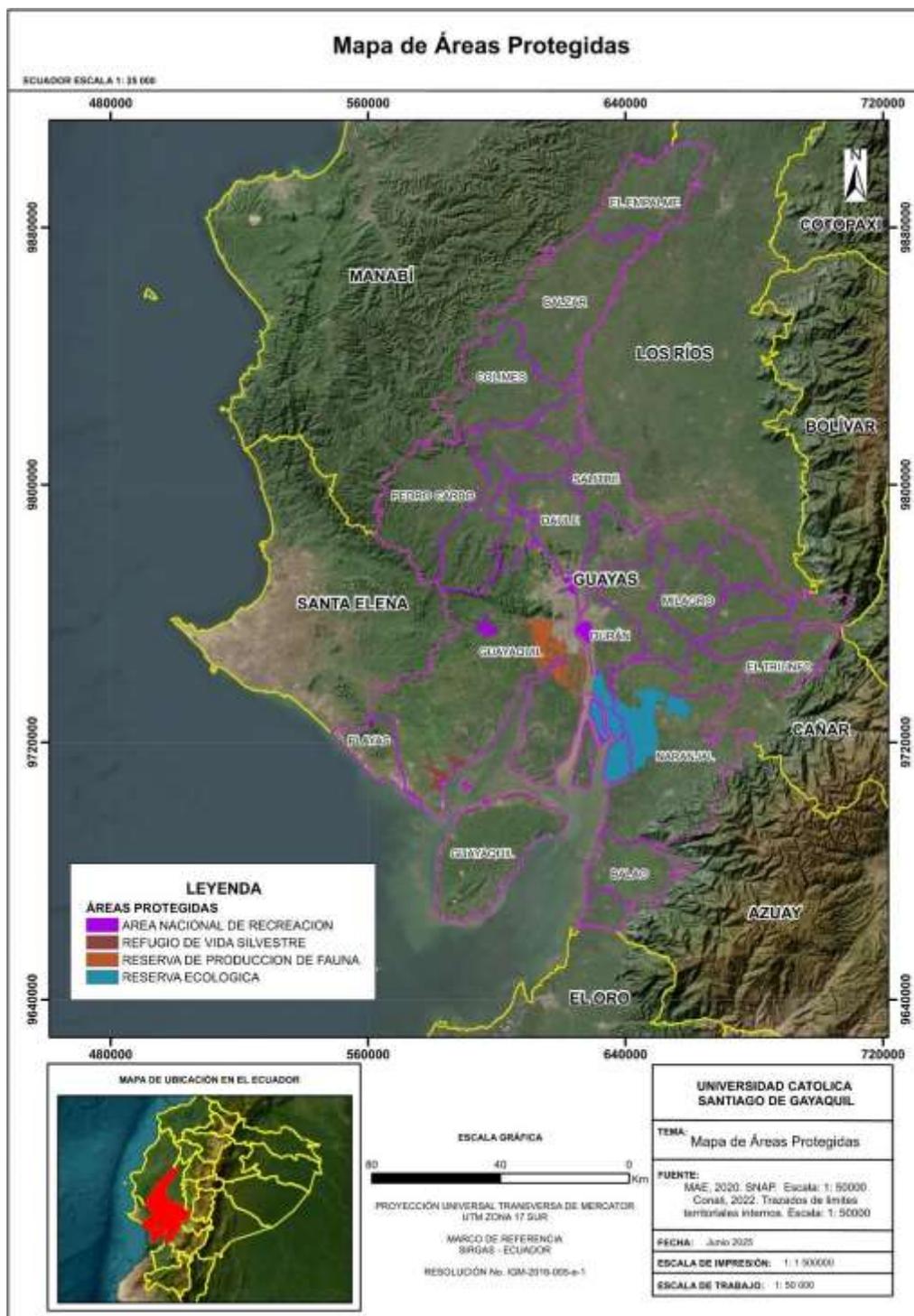
Anexo 7. Mapa de pedregosidad superficial del suelo



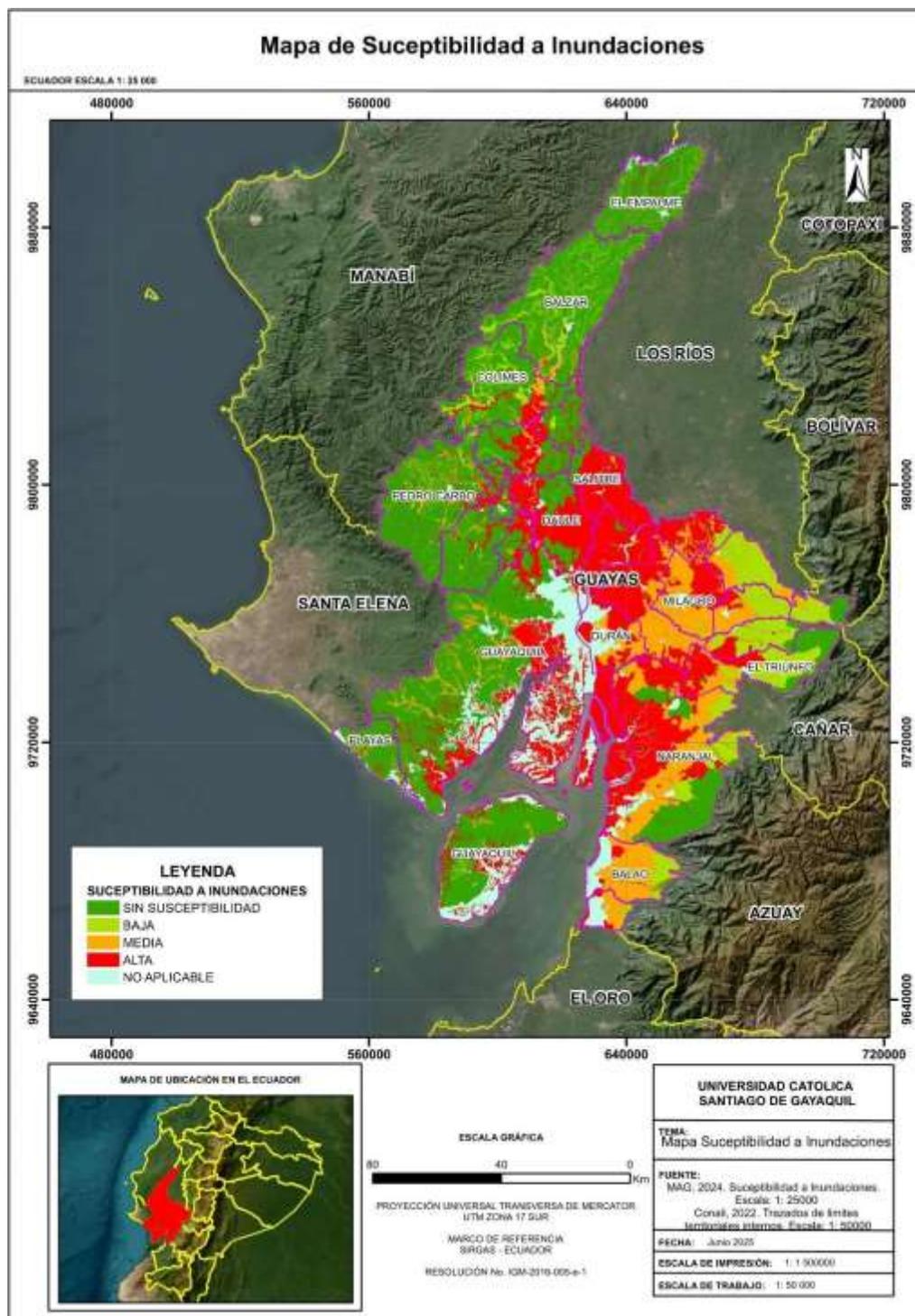
Anexo 8. Mapa de zonas urbanas



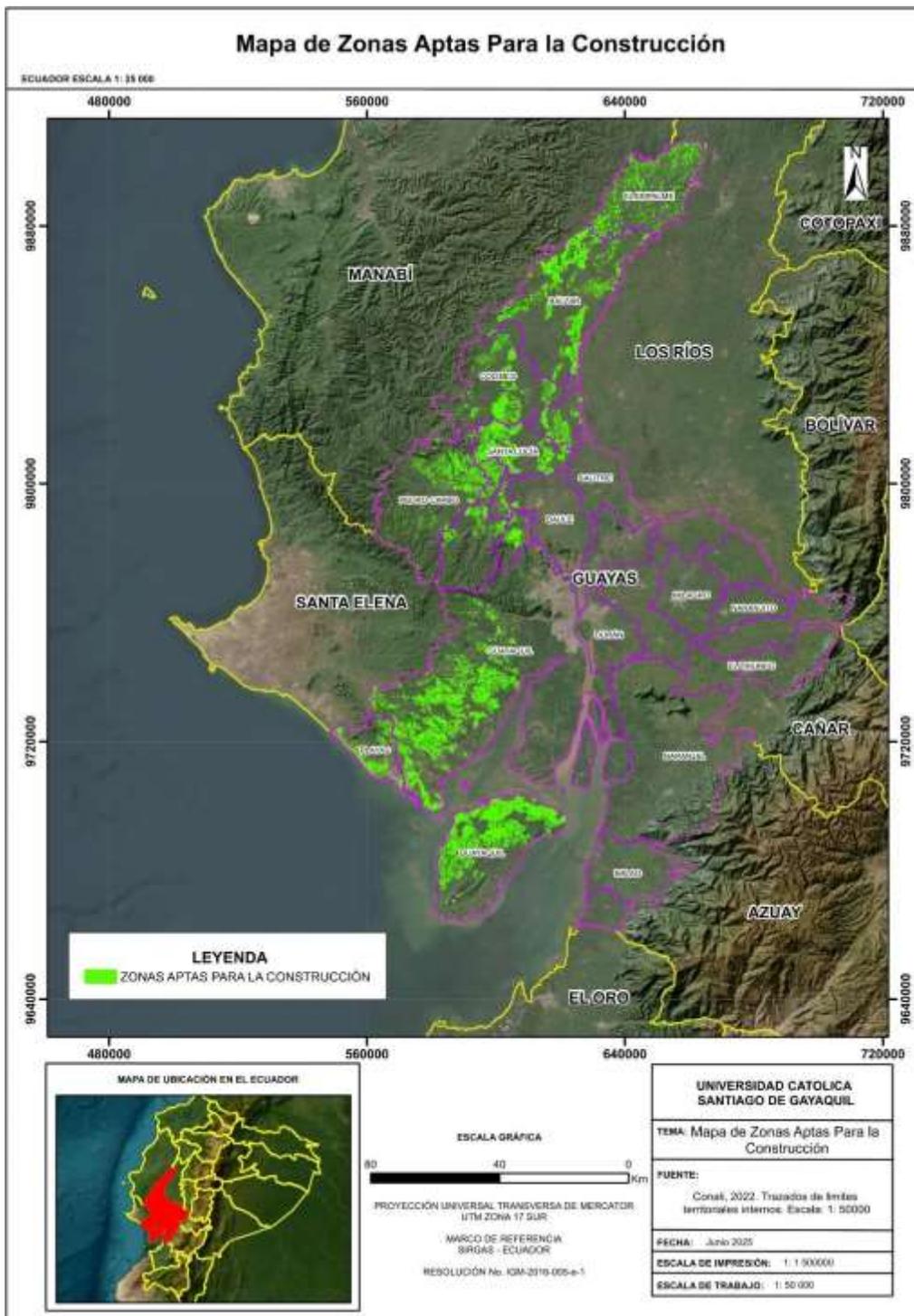
Anexo 9. Mapa de áreas protegidas



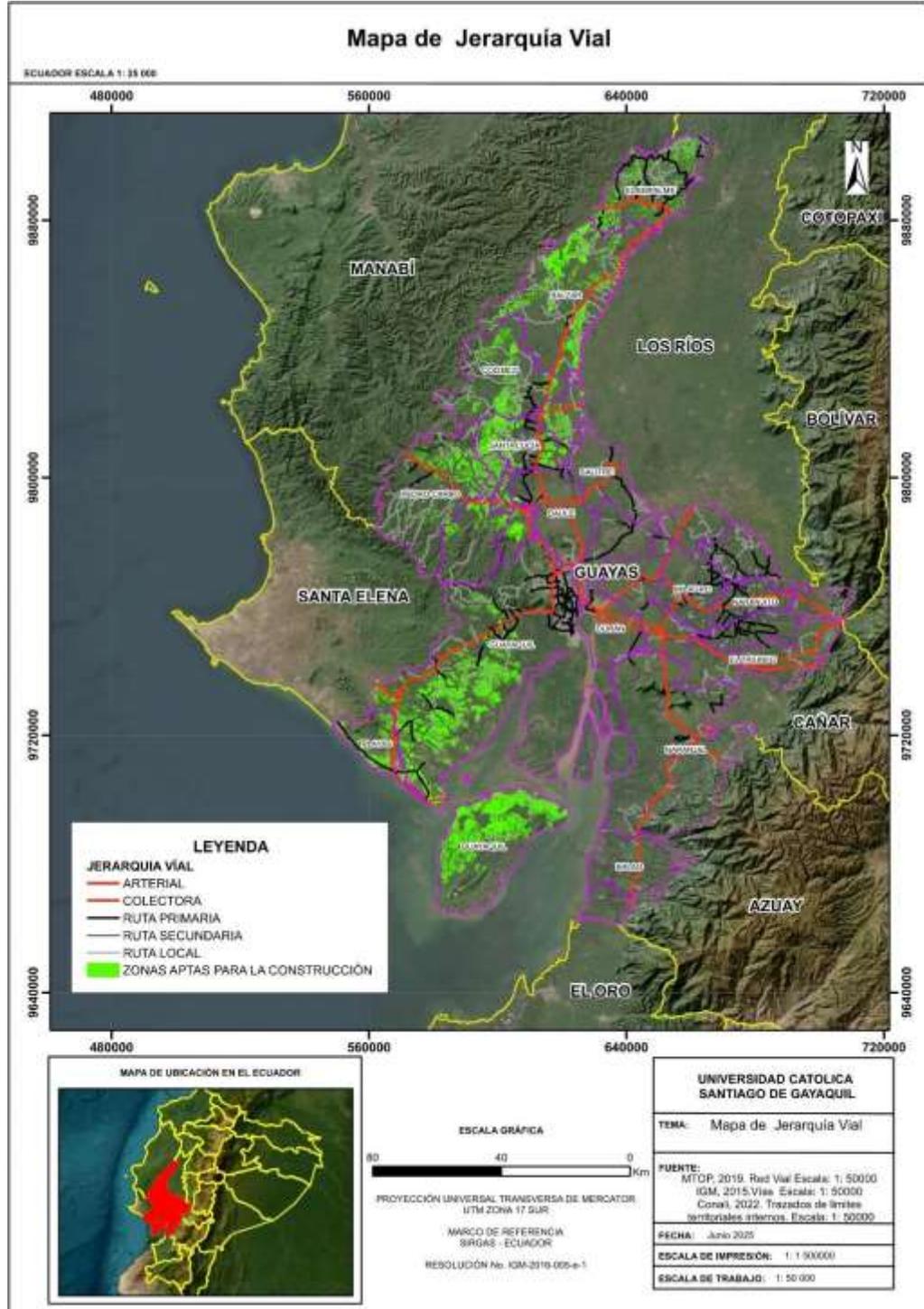
Anexo 10. Mapa de susceptibilidad a inundaciones



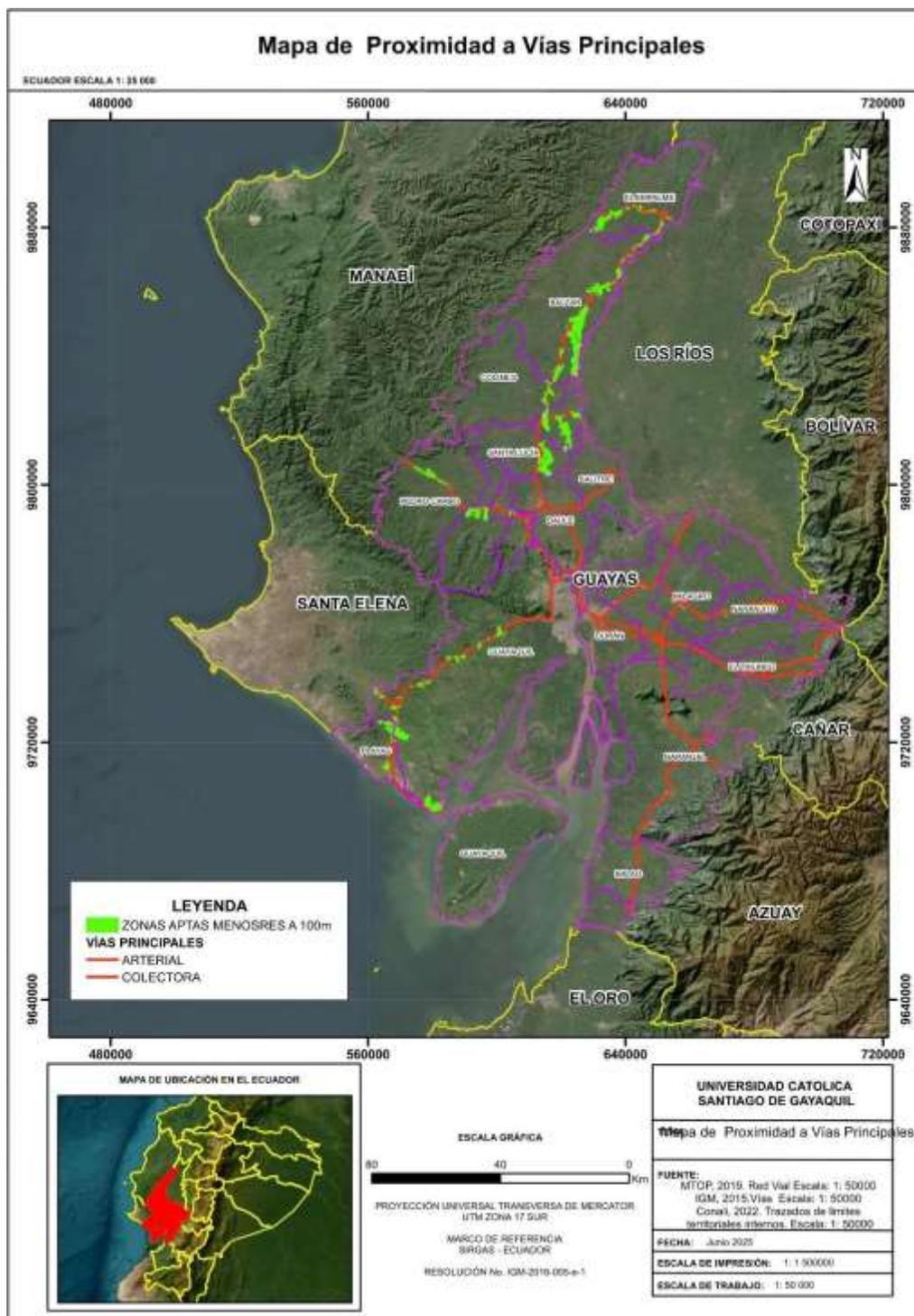
Anexo 11. Mapa de zonas aptas para la construcción



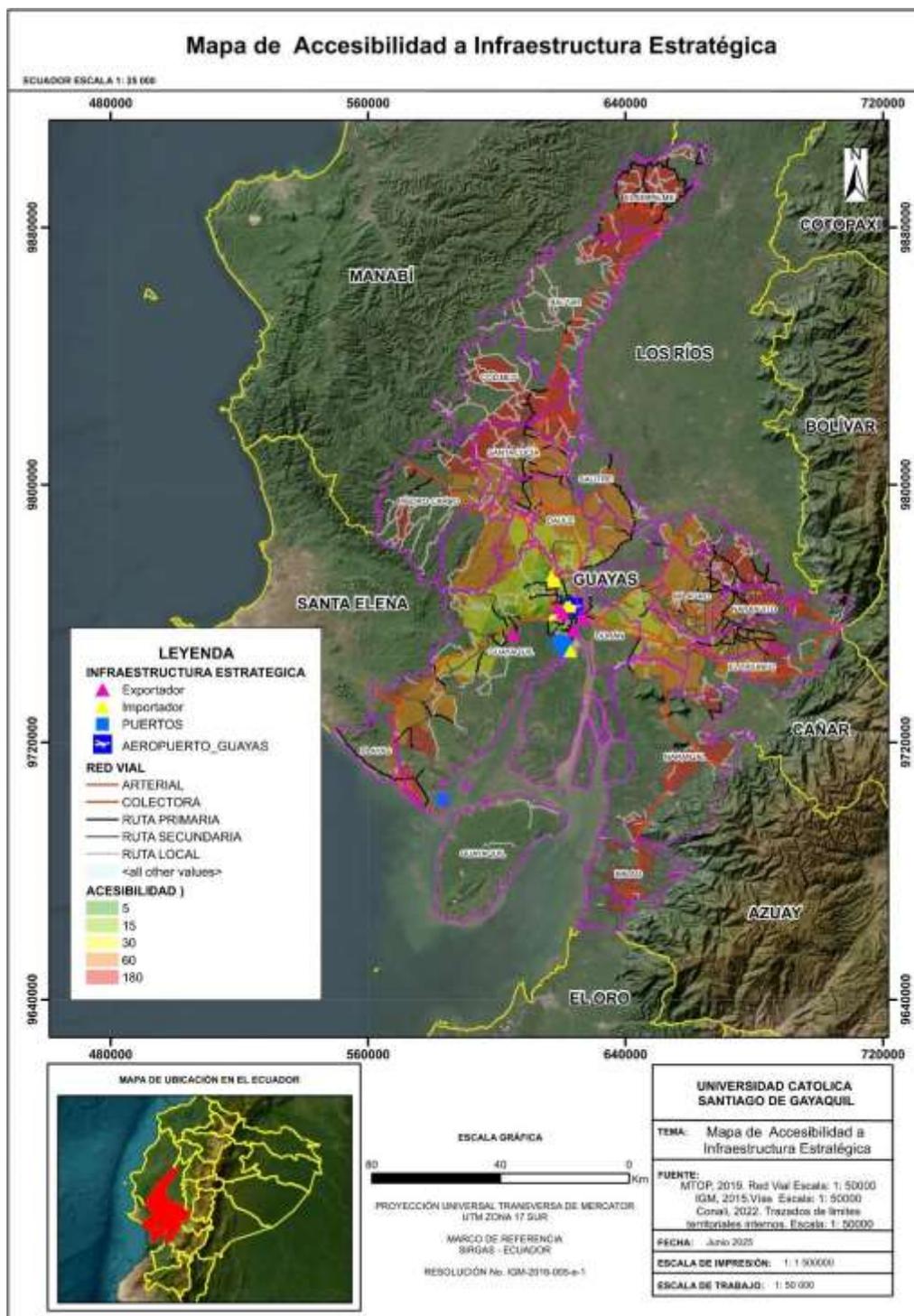
Anexo 12. Mapa de jerarquía vial



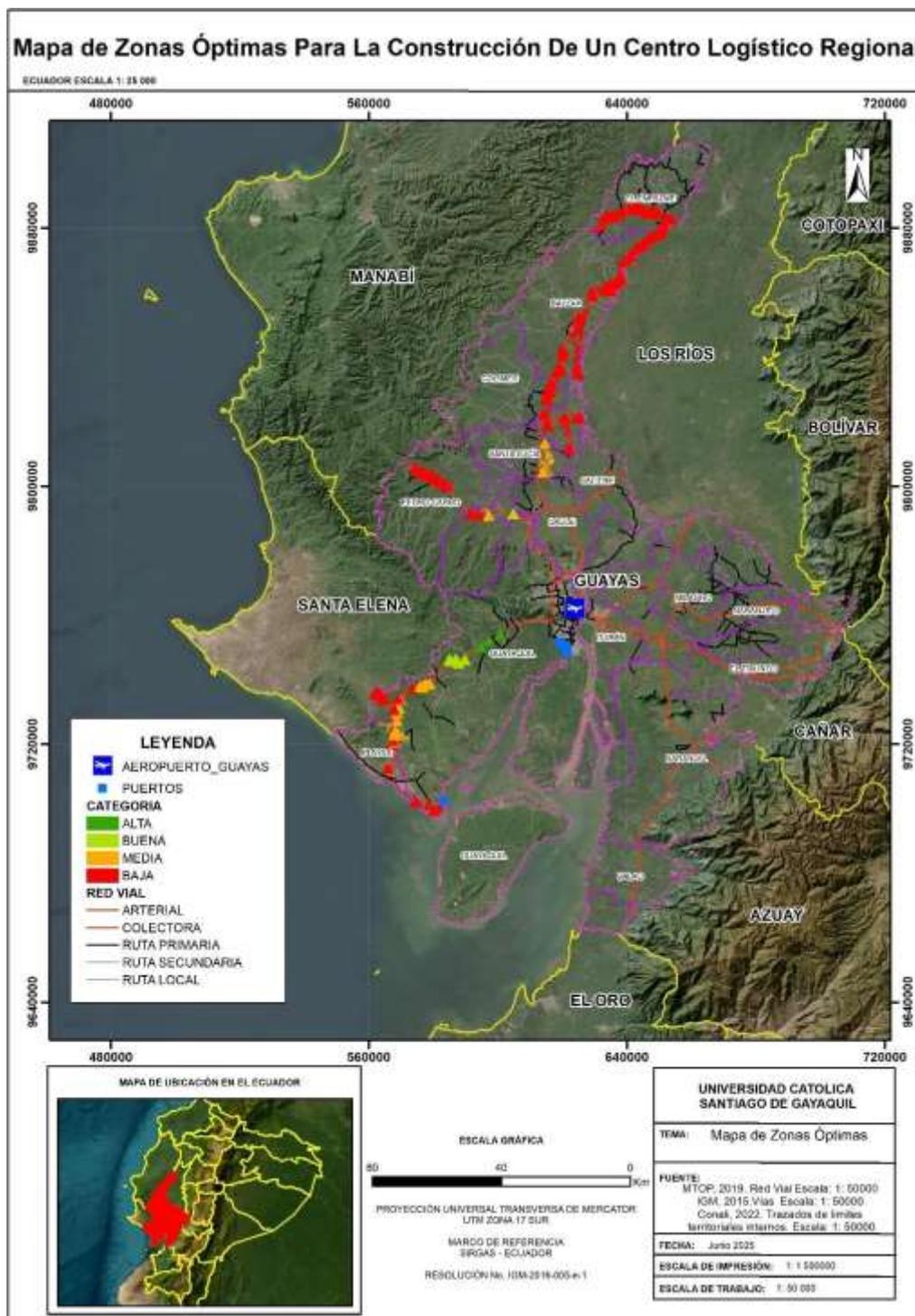
Anexo 13. Mapa de proximidad a vías principales



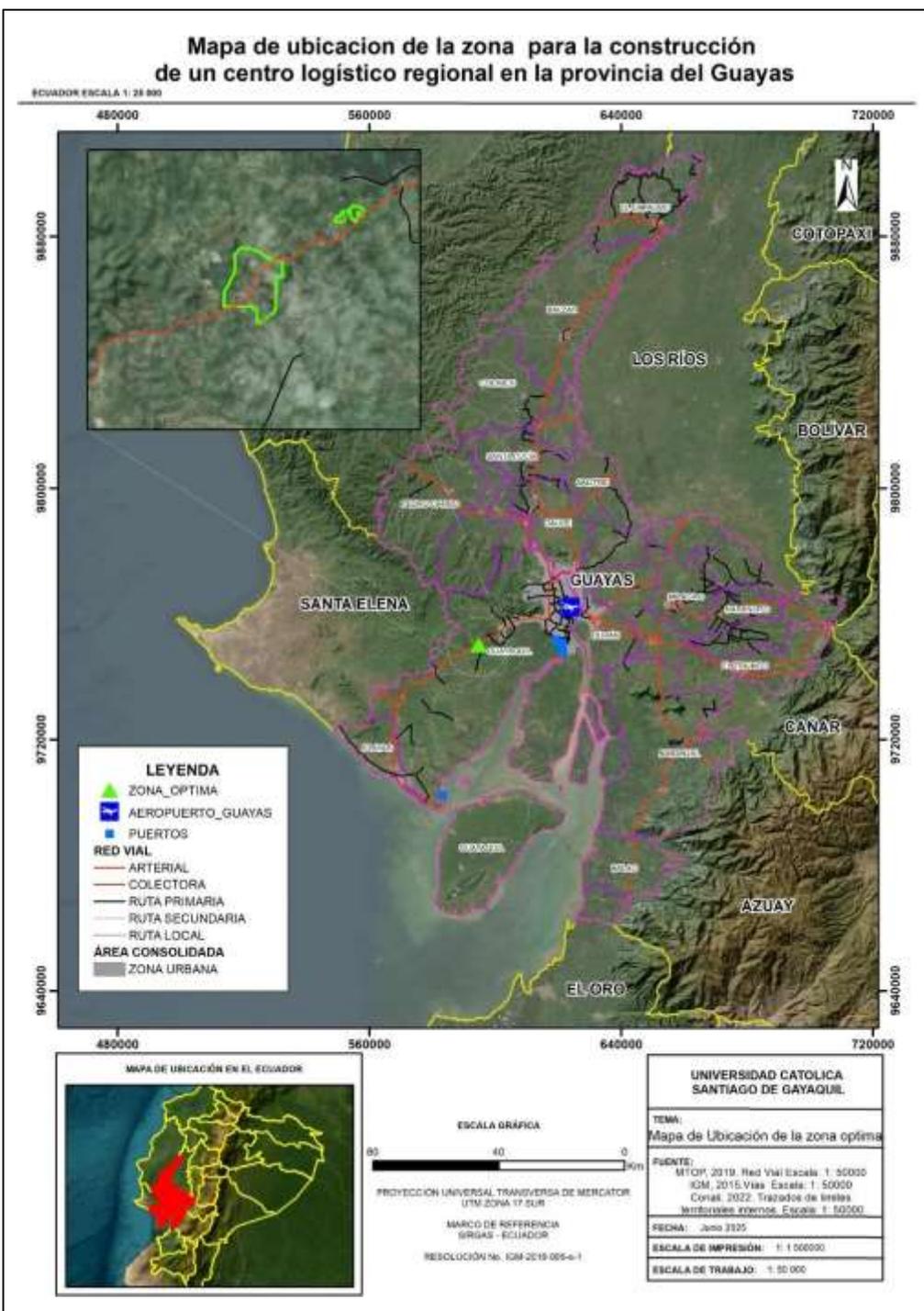
Anexo 14. Mapa de accesibilidad a infraestructura estratégica



Anexo 15. Zonas óptimas para la construcción de un centro logístico regional



Anexo 16. Ubicación de la zona óptima para la construcción de un centro logístico regional





DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Shubert Adrián Rosero Bustillos, con C.C: 1721286910 autor 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, 27 de julio de 2025



Firmado electrónicamente por:
**SHUBERT ADRIAN
ROSERO BUSTILLOS**
Validar únicamente con FirmaEC

f. _____

Nombre: Shubert Adrián Rosero Bustillos

C.C: 1721286910



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG)		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Shubert Adrián Rosero Bustillos		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Nombre revisor/a		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
GRADO OBTENIDO:	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	(27/07/2025)	No. DE PÁGINAS:	(40)
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de información geográfica, análisis espacial, cartografía, geografía, análisis multicriterio.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Logística Regional, Sostenibilidad territorial, Normativas territoriales, Planificación Logística		

RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

El análisis multicriterio apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) es una Herramienta eficaz para determinar la ubicación óptima de un centro logístico regional. Este enfoque combina diversos criterios —tanto cualitativos como cuantitativos— como la cercanía a vías de transporte, disponibilidad de servicios, costos de suelo, accesibilidad, restricciones ambientales y normativas territoriales. Mediante el uso de SIG, estos factores se integran en un modelo espacial que permite evaluar múltiples alternativas de localización de forma simultánea. El proceso incluye la recopilación y estandarización de datos geoespaciales, la ponderación de criterios (generalmente mediante técnicas como el Proceso de Análisis Jerárquico - AHP), y la superposición de capas temáticas para identificar zonas óptimas. El resultado es una propuesta de localización basada en evidencia objetiva, que mejora la toma de decisiones estratégicas y garantiza un uso eficiente del territorio. Esta metodología es especialmente útil en contextos regionales donde la logística desempeña un papel clave en la competitividad económica y la sostenibilidad territorial.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-2-2681243 / 0995720329	E-mail: shubert.rosero@cu.ucsq.edu.ec / shubertadrian@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Neptalí Armando Echeverría Llumipanta	
	Teléfono: +593-4-3804600	
	E-mail: neptali.echeverria@cu.ucsq.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

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