



**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 determinar la ubicación óptima de un
Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas
usando Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

AUTOR:

Asanza Díaz, Christian Stalin

Previo a la obtención del Grado Académico:

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

Guayaquil, Ecuador

2026



**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 Christian Stalin, Asanza Díaz, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital.

REVISOR

Ing. Echeverría Llumipanta, Neptalí Armando

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Ing. Echeverría Llumipanta, Neptalí Armando

Guayaquil, a los 10 del mes de abril del año 2026



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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Christian Stalin Asanza Díaz**

DECLARO QUE:

El trabajo Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando 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 10 del mes de abril del año 2026

EL AUTOR



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**CHRISTIAN STALIN
ASANZA DIAZ**

Christian Stalin, Asanza Díaz



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Christian Stalin Asanza Díaz**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Trabajo de titulación Grado Académico de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital** titulado: **Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG)**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 10 del mes de abril del año 2026

EL AUTOR:



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**CHRISTIAN STALIN
ASANZA DIAZ**

Christian Stalin, Asanza Díaz



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

REPORTE COMPILATIO



Informe de análisis

Compilatio Magister+ | UCSG-EC- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

ASANZA_CHRISTIAN_CONTROL PLAGIO

ID : 7932039f83c8ef5152be6e84f91c3c9c1d5b3aac



8%
Textos sospechosos

Nombre del fichero : ASANZA_CHRISTIAN_CONTROL PLAGIO.txt

Tamaño del archivo original : 3,21 MB

Número de palabras : 6888

Número de caracteres : 46420

Depositante : Neptali Armando Echeverria Llumipanta

Fecha de depósito : 20 de mayo de 2026

Tipo de carga : interface

fecha de fin de análisis : 20 de mayo de 2026

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre y hermanas, quienes han sido mi motivación y el pilar fundamental en mi vida. Asimismo, agradezco a mis amigos por su apoyo constante, sin su apoyo hubiera sido imposible culminar esta etapa profesional.

Christian Asanza

DEDICATORIA

A Dios, que a pesar de mis errores siempre me ha guiado y cuidado para que tome las mejores decisiones.

A mi abuelita que es mi motivación y sé que desde el cielo me está guiando y cuidando y se siente orgullosa de cada uno de mis logros.

A mi madre que desde el primer día de mi vida ha estado ahí para cuidarme, guiarme y protegerme, le debo todo en esta vida.

A mi padre, quien, a pesar de su dureza, ha sido una pieza fundamental en mi formación. Sé que en el fondo se siente orgulloso de cada logro profesional que alcanzo en mi vida

A mis hermanas, quienes siempre han estado apoyándome. Sé que se sienten orgullosas de mí y que ven en mi camino un ejemplo a seguir.

Christian Asanza

Tabla de contenido

1.	RESUMEN.....	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	2
3.	PROBLEMÁTICA.....	4
4.	OBJETIVOS.....	6
4.1.	Objetivo General.....	6
4.2.	Objetivos Especifico.....	6
5.	MARCO CONCEPTUAL.....	7
5.1.	Centros de Operaciones de Emergencia (COE).....	7
5.2.	Análisis Multicriterio (AMC).....	7
5.3.	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	7
5.4.	Amenazas y Riesgos.....	8
5.5.	Conectividad e Infraestructura Crítica.....	8
5.6.	Modelos de Datos: Raster y Vectorial.....	9
6.	DATOS Y FUENTES.....	10
6.1.	Inventario y estandarización de la información.....	10
6.2.	Tratamiento y Levantamiento de Información Primaria.....	11
7.	METODOLOGÍA.....	13
7.1.	Estructuración del Modelo Lógico.....	13
7.2.	Homologación Espacial de las capas.....	15
7.3.	Rasterización de capas.....	16
7.4.	Generación de Superficies de Distancia (Proximidad).....	17
7.5.	Estandarización y Reclasificación de Criterios.....	17

7.6.	Ponderación de Criterios (Asignación Jerárquica)	20
7.6.1.	Submodelo de Amenazas y Riesgos	21
7.6.2.	Submodelo Físico – Ambiental	22
7.6.3.	Submodelo de Conectividad	23
7.6.4.	Submodelo de Población e Infraestructura	24
7.7.	Álgebra de Mapas (Superposición Ponderada)	25
7.7.1.	Fase 1	25
7.7.2.	Fase 2	30
8.	RESULTADOS	31
8.1.	Resultados de la Reclasificación Espacial por Grupos	31
8.2.	Reclasificación para obtener el modelo de idoneidad por Grupos	50
8.3.	Capa Ráster Final de Idoneidad	54
8.4.	Transformación del Modelo de Idoneidad y Vectorización	55
8.5.	Cálculo del Índice de Compacidad (Forma)	57
8.6.	Cálculo del Promedio de Idoneidad por Polígono	57
8.7.	Cálculo de Distancia a la Red Vial	58
8.8.	Criterios de Selección y Filtrado	59
8.8.1.	Primer filtro	60
8.8.2.	Segundo filtro	61
8.8.3.	Tercer filtro	62
8.9.	Selección Definitiva de las Alternativas Óptimas (Top 3)	64
9.	DISCUSIÓN Y JUSTIFICACIÓN	66
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68

10.1.	Conclusiones.....	68
10.2.	Recomendaciones.....	69
11.	BIBLIOGRAFÍA	71
12.	ANEXOS	73

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Insumos geográficos utilizados</i>	10
Tabla 2 <i>Inventario y agrupación lógica de variables para el modelo multicriterio.</i>	13
Tabla 3 <i>Estructura de reclasificación continua (5 a 1) para variables de proximidad logística.</i>	19
Tabla 4 <i>Pesos globales del modelo.</i>	21
Tabla 5 <i>Ponderación interna del Submodelo Amenazas y Riesgos.</i>	22
Tabla 6 <i>Ponderación interna del Submodelo Físico - Ambiental.</i>	23
Tabla 7 <i>Ponderación interna del Submodelo Conectividad</i>	24
Tabla 8 <i>Ponderación interna del Submodelo Población e Infraestructura.</i>	25
Tabla 9 <i>Consolidado de las zonas viables tras el filtrado logístico y espacial.</i> ...62	
Tabla 10 <i>Top 3 de ubicaciones óptimas para la implementación del COE Provincial.</i>	65

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Recorte de capas espaciales al límite de la provincia del Guayas. ..</i>	15
Figura 2. <i>Conversión de capas vectoriales a formato ráster.</i>	16
Figura 3. <i>Uso de la herramienta “Proximidad”</i>	17
Figura 4. <i>Proceso de estandarización a escala 1 a 5</i>	20
Figura 5. <i>Cálculo de la capa de idoneidad para Amenazas y Riesgos.....</i>	26
Figura 6. <i>Cálculo de la capa de idoneidad para Físico - Ambiental.</i>	27
Figura 7. <i>Cálculo de la capa de idoneidad para Conectividad</i>	28
Figura 8. <i>Cálculo de la capa de idoneidad para Población e Infraestructura.</i>	29
Figura 9. <i>Superposición ponderada final para la obtención del modelo de idoneidad</i>	30
Figura 10. <i>Reclasificación de la capa peligro sísmico.....</i>	31
Figura 11. <i>Reclasificación de la capa susceptibilidad a inundaciones.....</i>	32
Figura 12. <i>Reclasificación de la capa poliductos.</i>	33
Figura 13. <i>Reclasificación de la capa susceptibilidad a movimientos en masa.</i>	34
Figura 14. <i>Reclasificación de la capa uso y cobertura de suelo.....</i>	35
Figura 15. <i>Reclasificación de la capa pendientes.....</i>	36
Figura 16. <i>Reclasificación de la capa bosques protectores</i>	37
Figura 17. <i>Reclasificación de la capa humedales Ramsar.....</i>	38
Figura 18. <i>Reclasificación de la capa áreas protegidas SNAP</i>	39
Figura 19. <i>Reclasificación de la capa ríos.</i>	40
Figura 20. <i>Reclasificación de la capa puertos marítimos.....</i>	41

Figura 21. <i>Reclasificación de la capa terminal terrestre</i>	42
Figura 22. <i>Reclasificación de la capa aeropuerto</i>	43
Figura 23. <i>Reclasificación de la capa vías</i>	44
Figura 24. <i>Reclasificación de la capa poblados</i>	45
Figura 25. <i>Reclasificación de la capa UPC</i>	46
Figura 26. <i>Reclasificación de la capa hospitales</i>	47
Figura 27. <i>Reclasificación de la capa bomberos</i>	48
Figura 28. <i>Reclasificación de la capa ECU-911</i>	49
Figura 29. <i>Capa ráster de idoneidad para el grupo población e infraestructura</i>	50
Figura 30. <i>Capa ráster de idoneidad para el grupo conectividad</i>	51
Figura 31. <i>Capa ráster de idoneidad para el grupo Amenazas y riesgos</i>	52
Figura 32. <i>Capa ráster de idoneidad para el grupo físico ambiental</i>	53
Figura 33. <i>Capa ráster final de idoneidad para la provincia del Guayas</i>	54
Figura 34. <i>Transformación del modelo de idoneidad al modelo binario</i>	55
Figura 35. <i>Extracción vectorial de las zonas con idoneidad óptima en la provincia del Guayas</i>	56
Figura 36. <i>Extracción del promedio de idoneidad utilizando la herramienta Estadísticas de Zona</i>	58
Figura 37. <i>Cálculo espacial de distancias hacia la red vial estatal</i>	59
Figura 38. <i>Tabla de atributos tras aplicar el filtro de área mínima</i>	60
Figura 39. <i>Tabla de atributos tras aplicar el filtro de índice de compacidad</i>	61

1. RESUMEN

El presente trabajo de investigación determina la ubicación óptima para la implementación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en la provincia del Guayas, ante la presencia de amenazas recurrentes (sismos, inundaciones, incendios, eventos tecnológicos y emergencias sanitarias). El estudio emplea el Análisis Multicriterio (AMC) integrado en Sistemas de Información Geográfica (SIG), metodología que permite la evaluación de alternativas basadas en múltiples criterios espaciales (Malczewski, 1999). Para el desarrollo del modelo, se utilizaron datos geográficos provenientes de instituciones públicas ecuatorianas y repositorios globales. El modelo se analizó mediante un flujo de filtros restrictivos y ponderación jerárquica, donde se evaluó la idoneidad del área de estudio considerando variables de riesgos, conectividad, infraestructura, topografía y uso de suelo. Posteriormente, se aplicó un protocolo de selección booleana para garantizar la viabilidad operativa, filtrando polígonos bajo criterios de superficie (1 a 10 hectáreas), morfología ($Cratio \leq 1.5$) y eficiencia logística (distancia a vías principales ≤ 500 metros). Los resultados permitieron identificar tres alternativas finalistas, validadas mediante inspección satelital, concluyendo que la ubicación seleccionada cumple con los estándares de respuesta rápida y seguridad física exigidos por el Manual del Comité de Operaciones de Emergencias (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2017).

2. INTRODUCCIÓN

La provincia del Guayas, por su ubicación en la cuenca baja del río Guayas y su relevancia económica, enfrenta de manera constante amenazas naturales y eventos adversos que ponen a prueba la seguridad ciudadana. Fenómenos como inundaciones estacionales, sismos y emergencias sanitarias requieren una respuesta inmediata y coordinada de instituciones como los GADs, ECU-911 y la Secretaría de Gestión de Riesgos. En este contexto, la creación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) es una necesidad estratégica ya que este centro debe funcionar como el núcleo logístico y de mando de la provincia, operando sin interrupciones incluso cuando las condiciones sean críticas.

Sin embargo, elegir dónde construir este centro no es una tarea sencilla debido a las vulnerabilidades propias del territorio donde actualmente, la selección de sitios se ve limitada por diferentes factores como accesos viales que colapsan fácilmente por inundaciones, alta exposición hídrica de las planicies de la provincia, riesgos tecnológicos por la cercanía a depósitos de combustibles o poliductos, y restricciones legales en zonas de conservación como los manglares. Todas estas variables demuestran que no se puede elegir un terreno al azar, sino que se requiere un sustento técnico que garantice que el COE-P no se convierta en una víctima más durante un desastre.

Los Sistemas de Información Geográfica han evolucionado de ser simples herramientas de visualización a convertirse en plataformas de ayuda para la toma de decisiones espaciales que, combinado con el Análisis Multicriterio, permite abordar problemas donde intervienen múltiples factores geográficos. Como señalan Boroushaki

y Malczewski (2010), la combinación de estas dos herramientas nos permite de forma técnica modelar la incertidumbre y priorizar alternativas de ubicación óptimas.

Bajo este enfoque, nuestro trabajo busca encontrar un sitio óptimo para el COE-P en la provincia de Guayas utilizando Análisis espacial Multicriterio ayudado por un entorno SIG. Para lograrlo no solo nos basamos en la metodología de Malczewski (1999), sino que procesamos capas de información geográfica críticas como la susceptibilidad a inundaciones, peligros sísmicos, la cercanía a riesgos tecnológicos y la facilidad de acceso por la red vial principal. Al cruzar estos datos con las restricciones de uso de suelo y áreas protegidas, etc. generamos una propuesta que no solo es técnicamente sólida, sino que cumple con los estándares de seguridad y rapidez que exige el Manual de Gestión del COE (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2017).

3. PROBLEMÁTICA

La provincia del Guayas al ser la más poblada del país, con aproximadamente 4.39 millones de habitantes según el censo levantado por el INEC en 2022 (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2023). Este volumen poblacional, sumado a una expansión urbana acelerada, ha generado una presión constante sobre los servicios de respuesta y la infraestructura de seguridad. Actualmente, la gestión de emergencias en la provincia adolece de una infraestructura centralizada y resiliente que permita una coordinación de respuestas ante desastres, así como también presenta vacíos operativos respecto a la articulación entre gobiernos locales y entidades nacionales de socorro.

A esta presión demográfica se suma la vulnerabilidad de la red vial, que es la columna vertebral de la provincia. Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2016) la infraestructura vial en Ecuador es el principal eje de conectividad, pero en Guayas esto representa un desafío crítico. Muchas de las vías principales de la provincia atraviesan zonas bajas que se inundan cada invierno o sufren bloqueos por accidentes, lo que aislaría a un centro de emergencias mal ubicado ya que no se trata solo de encontrar un terreno vacío, sino de localizar un punto donde los vehículos de socorro realmente puedan salir y entrar sin quedarse atrapados por el agua o el tráfico denso.

Además, durante el análisis en QGIS pudimos confirmar que gran parte del territorio disponible está condicionado por amenazas naturales y restricciones legales. Guayas tiene una susceptibilidad a inundaciones alta en sus planicies y un riesgo sísmico que no se puede ignorar, también existen zonas de conservación y manglares

que, por normativa ambiental, limitan dónde se puede construir. Si a esto le sumamos la falta de un método técnico para justificar estas decisiones, el riesgo de elegir un sitio equivocado es muy alto. Por ello, es necesario aplicar un modelo multicriterio que, basado en autores como Malczewski (1999), nos permita cruzar estas variables de forma objetiva para encontrar una ubicación que sea segura, legal y, sobre todo, funcional para la provincia.

La determinación de la ubicación para el COE-P se sitúa como una solución técnica ante la inexistencia de procesos repetibles que avalen estas decisiones estratégicas. Para ello, se hace necesario aplicar un modelo técnico de evaluación multicriterio en entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que, en este sentido, se priorizarán las ubicaciones minimizando riesgos, pero también maximizando la accesibilidad. El uso de un SIG, en combinación con un método de ponderación jerárquica, ha visualizado su aplicabilidad exitosa para la localización de infraestructuras críticas en contextos parecidos (Malczewski, 1999; Rikalović, Cosic, & Lazarevic, 2014) lo que justifica en su aplicación en el presente trabajo para ofrecer una respuesta adecuada y resiliente para la provincia del Guayas.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Determinar la ubicación óptima para un COE-P en la provincia del Guayas utilizando SIG y un modelo de evaluación multicriterio.

4.2. Objetivos Especifico

- Recopilar, depurar y estandarizar capas geoespaciales relevantes (vías, riesgos, topografía, uso de suelo, infraestructura crítica, etc.).
- Modelar accesibilidad (distancias y/o tiempos de desplazamiento) hacia zonas y nodos estratégicos.
- Construir y aplicar un modelo multicriterio ponderado para generar un mapa de idoneidad territorial.
- Identificar y justificar técnica y cartográficamente las mejores alternativas de ubicación (top 3–5).
- Elaborar productos cartográficos y un informe técnico que sustenten la recomendación final.

5. MARCO CONCEPTUAL

5.1. Centros de Operaciones de Emergencia (COE)

Un Centro de Operaciones de Emergencia no es simplemente un edificio administrativo, sino una infraestructura crítica diseñada para centralizar la información y coordinar la respuesta ante desastres. Según el Manual del Comité de Operaciones de Emergencia, estos centros deben garantizar la continuidad operativa incluso en situaciones extremas, sirviendo como el nodo principal para la toma de decisiones, la logística y la comunicación entre todas las instituciones involucradas en la gestión de riesgos. Por esta razón, su ubicación debe ser estratégica para evitar que el propio centro se convierta en una víctima de la emergencia.

5.2. Análisis Multicriterio (AMC)

En el ámbito de la planificación territorial, el Análisis Multicriterio se define como un conjunto de técnicas que permiten evaluar diversas alternativas basándose en criterios que suelen estar en conflicto entre sí. De acuerdo con Malczewski (1999), este método es fundamental cuando se trabaja con SIG, ya que permite a los analistas ponderar capas de información de distinta naturaleza (como el riesgo hídrico frente a la cercanía vial) para generar un índice de idoneidad único. En este proyecto, el AMC es el motor que nos permite justificar técnicamente por qué un área de terreno es mejor que otra.

5.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG son mucho más que herramientas para elaborar mapas; son sistemas complejos diseñados para capturar, almacenar, manipular y analizar datos que tienen

una ubicación específica en el espacio. Como señala Boroushaki y Malczewski (2010), la potencia de un SIG radica en su capacidad para integrar variables diversas en un mismo entorno de análisis. Para este caso práctico, el uso del software QGIS es vital para modelar la realidad de la provincia del Guayas y procesar la accesibilidad, las amenazas y las restricciones legales de manera simultánea.

5.4. Amenazas y Riesgos

En el contexto de nuestro estudio, no podemos confundir estos términos ya que la amenaza se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente dañino, mientras que el riesgo es el resultado de la relación entre esa amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos (UNISDR, 2009). Para este proyecto, entender esta diferencia es vital, ya que buscamos un sitio donde la exposición sea mínima, garantizando que la infraestructura no colapse ante el primer evento adverso. Básicamente tenemos que anticiparnos al peligro para cuidar la operatividad del centro de emergencias.

5.5. Conectividad e Infraestructura Crítica

La conectividad es la capacidad que tiene una red vial para permitir la circulación de personas y recursos sin interrupciones, siendo un factor determinante para la infraestructura crítica, ya que son activos esenciales para el funcionamiento de la sociedad (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2016). Un COE-P debe tener una conectividad redundante ya que si una vía principal se bloquea por tráfico o inundación, el diseño debe considerar rutas alternas que permitan mantener el flujo logístico sin pérdida de tiempo.

5.6. Modelos de Datos: Raster y Vectorial

Para procesar toda esta información en QGIS, trabajamos con dos tipos de estructuras de datos geográficos. Los datos vectoriales nos sirven para representar elementos con límites precisos como las carreteras o áreas protegidas, mientras que los datos raster permiten analizar variables continuas mediante una malla de celdas (píxeles), como sucede con los modelos de elevación o las manchas de inundación (Olaya, 2020). Esta distinción es clave, ya que el análisis multicriterio suele transformar ambos modelos en un formato común para poder "sumar" las capas y obtener el resultado final de idoneidad.

6. DATOS Y FUENTES

6.1. Inventario y estandarización de la información

Para la ejecución del modelo multicriterio, se recopilaron datos de diversas instituciones rectoras de la información geográfica en el país. Los datos geográficos utilizados fueron seleccionados considerando escalas de detalle comprendidas entre 1:25.000 y 1:50.000, se priorizaron los datos correspondientes al periodo 2015–2026, lo cual permite garantizar la pertinencia, actualidad y confiabilidad de la información empleada en el análisis multicriterio. La siguiente tabla 1 detalla las fuentes utilizadas:

Tabla 1

Insumos geográficos utilizados

Capa	Escala	Fuente	Formato
Límites Provinciales, Cantoniales y Parroquiales	1:50000	INEC / CONALI (2022)	Vectorial
Susceptibilidad a inundaciones	1:25000	Secretaría de Gestión de Riesgos	Vectorial
Movimientos en masa	1:50000	Secretaría de Gestión de Riesgos	Vectorial
Peligro Sísmico	1:50000	Instituto Geofísico de la EPN	Vectorial
Poliductos	1:50000	IEDG	Vectorial
Modelo Digital de Terreno (Pendientes)	SRTM 30m	OpenTopography	Raster
Uso y Cobertura de Suelo	1:50000	Ministerio de Ambiente y Energía	Vectorial
Ríos	1:50000	Instituto Geográfico Militar (IGM)	Vectorial
Áreas Protegidas (SNAP, Ramsar, Bosques)	1:50000	Ministerio de Ambiente y Energía	Vectorial

Red Vial Estatal	1:50000	IEDG	Vectorial
Aeropuertos	1:50000	Instituto Geográfico Militar (IGM)	Vectorial
Puertos Marítimos y Terminal Terrestre	1:5000	Levantamiento propio (Google Earth)	Vectorial
Centros Poblados	1:50000	Instituto Geográfico Militar (IGM)	Vectorial
Establecimientos de Salud y UPC	1:50000	IEDG	Vectorial
Estaciones de Bomberos	1:5000	Extracción de OpenStreetMap	Vectorial
Centros ECU-911	1:5000	Levantamiento propio (Google Earth)	Vectorial

Nota: Elaboración propia extraído de fuentes oficiales.

6.2. Tratamiento y Levantamiento de Información Primaria

Durante la fase de recopilación, nos encontramos con que no toda la información estratégica estaba disponible en repositorios oficiales lista para su uso. Por ello, fue necesario realizar un levantamiento y depuración de datos espaciales para asegurar la precisión del modelo en QGIS:

- **Digitalización de Nodos Estratégicos:** Infraestructuras vitales y muy puntuales como los edificios del ECU-911, las terminales terrestres y los puertos marítimos no contaban con capas actualizadas de libre acceso. Para resolver esto, utilizamos Google Earth Pro para geolocalizar visualmente cada punto, extrayendo sus coordenadas (este,norte) y transformándolas posteriormente en shapefiles dentro del SIG.
- **Extracción de Datos Abiertos:** Para la capa de las estaciones de Bomberos, aplicamos el complemento QuickOSM en QGIS, lo que nos permitió extraer

directamente de la base de datos colaborativa de OpenStreetMap la ubicación topológicamente correcta de estos cuarteles en la provincia.

- **Descarga del MDE:** El Modelo Digital de Elevación (SRTM 30m), fue descargado mediante el complemento OpenTopography DEM Downloader de QGIS, el cual tuvo que ser reproyectado al sistema de referencia local (UTM Zona 17S). Se realizó un recorte (clip) utilizando la capa del límite provincial del Guayas, este paso fue fundamental para que el cálculo de las pendientes se haga solo en la provincia del Guayas.

7. METODOLOGÍA

Para determinar la ubicación óptima del COE Provincial en Guayas, el trabajo en QGIS, aplicamos un proceso estructurado de Evaluación Multicriterio (AMC) que nos obligó a transformar datos espaciales crudos (líneas, puntos y polígonos) en un modelo matemático continuo (raster). Este proceso lo dividimos en las siguientes fases operativas:

7.1. Estructuración del Modelo Lógico

Antes de empezar con los geoprocursos, tuvimos que darle un sentido lógico a la enorme cantidad de variables recopiladas por lo que agrupamos las capas en cuatro criterios basándonos en la realidad operativa que exige una emergencia: la prioridad es que el COE no colapse (Amenazas), luego que el terreno sea legal y construible (Físico-Ambiental), que permita un despliegue rápido (Conectividad) y que se articule con quienes dan la primera respuesta (Población e Infraestructura).

En la siguiente tabla detallamos la estructura exacta de nuestro modelo con las fuentes originales de donde extrajimos la información:

Tabla 2

Inventario y agrupación lógica de variables para el modelo multicriterio.

Grupo	Variables
Amenazas y Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> • Susceptibilidad a inundaciones • Movimientos en masa

Físico - Ambiental

- Peligro Sísmico
- Poliductos
- Modelo Digital de Terreno
- Uso y Cobertura de Suelo
- Ríos
- Áreas Protegidas (SNAP, Ramsar, Bosques)
- Red Vial Estatal
- Aeropuertos

Conectividad

- Puertos Marítimos y Terminal Terrestre

Población e Infraestructura

- Centros Poblados
- Establecimientos de Salud y UPC
- Estaciones de Bomberos
- Centros ECU-911

Nota: Elaboración propia extraído de fuentes oficiales.

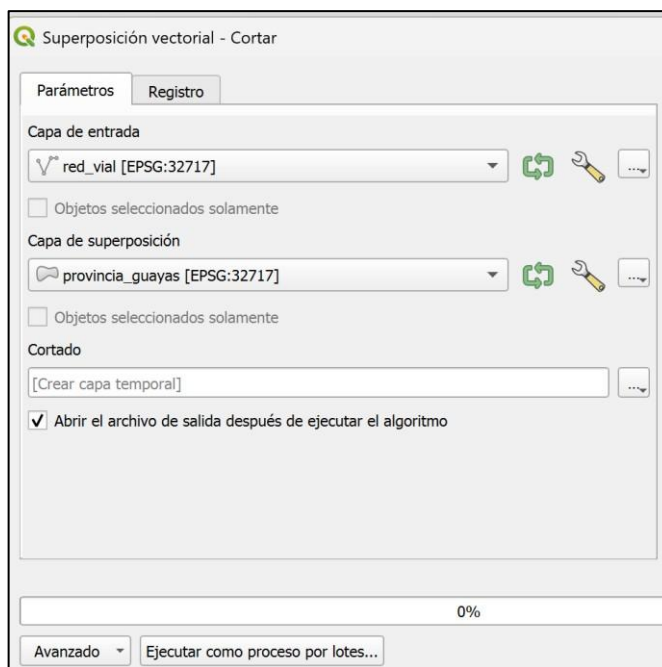
7.2. Homologación Espacial de las capas

El primer paso técnico y obligatorio radicó en preparar el entorno de trabajo, dado que la información original provenía de distintas instituciones, con extensiones a nivel nacional y en diferentes sistemas de coordenadas.

Para evitar errores topológicos y de cálculo en las fases posteriores, se procedió a reprojectar absolutamente todas las capas vectoriales y el modelo digital de elevación al sistema oficial WGS 84 / UTM zona 17S (EPSG: 32717), correspondiente al área de estudio. Inmediatamente después, aplicamos la herramienta de geoproceto “Cortar” utilizando el polígono del límite provincial del Guayas como máscara, esto nos garantizó trabajar exclusivamente dentro de la zona de trabajo.

Figura 1.

Recorte de capas espaciales al límite de la provincia del Guayas.



Nota: Elaboración propia.

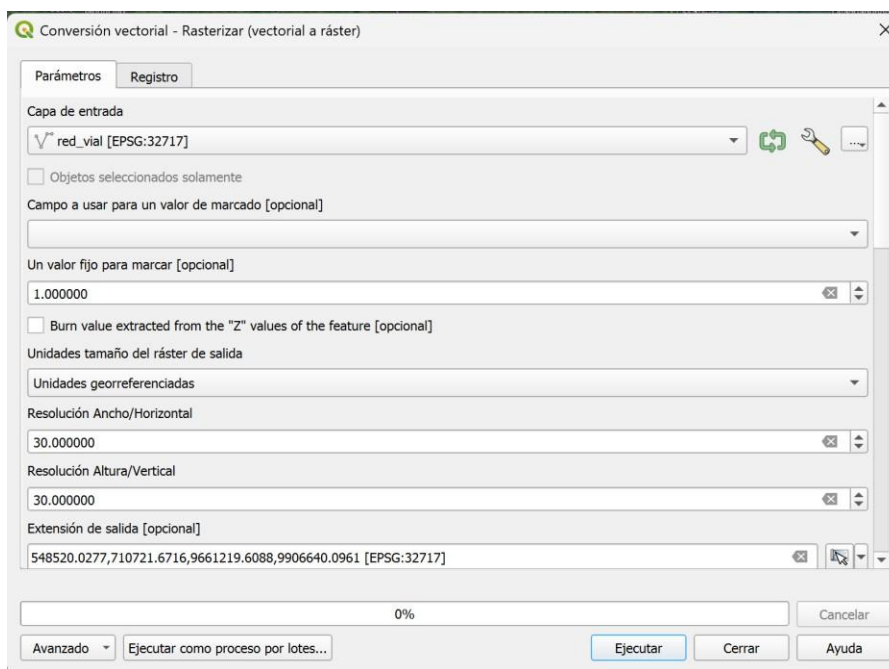
7.3. Rasterización de capas

El análisis multicriterio no puede cruzar matemáticamente un polígono con una línea o un punto ya que requiere que toda el área de estudio esté dividida en una malla de celdas (píxeles) donde cada una contenga un valor numérico. Por esta razón, el siguiente paso fue transformar todas nuestras capas vectoriales al formato Ráster.

Utilizamos la herramienta conversión vectorial – rasterizar de QGIS asegurándonos de que todas las capas resultantes mantuvieran el mismo tamaño de píxel (30x30) y la misma extensión geográfica, tomando como referencia espacial el Modelo Digital de Elevación base. Esto nos permitió que todas nuestras capas tengan el mismo formato ráster.

Figura 2.

Conversión de capas vectoriales a formato ráster.



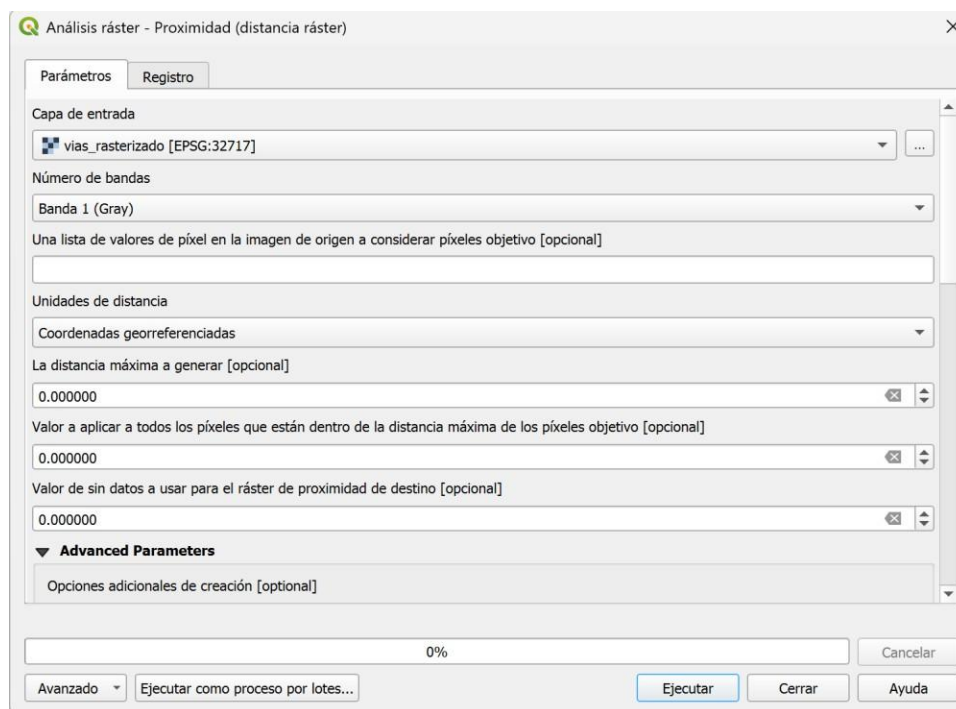
Nota: Elaboración propia.

7.4. Generación de Superficies de Distancia (Proximidad)

Una vez rasterizadas las capas, estas solo nos muestran la ubicación del objeto, pero no su área de influencia. Para las variables que requieren un análisis de cercanía pertenecientes a los grupos de Conectividad (Red Vial Estatal), Población e Infraestructura (Bomberos, UPC, ECU-911, Salud) y Físico-Ambiental (Ríos), aplicamos la herramienta “Proximidad” a las capas ráster que se crearon en el punto 6.3.

Figura 3.

Uso de la herramienta “Proximidad”.



Nota: Elaboración propia.

7.5. Estandarización y Reclasificación de Criterios

Al contar con unidades de medida incompatibles entre las capas raster (metros, grados y categorías de texto), fue imperativo estandarizarlas a una escala común. Se

Definió una escala de 1 a 5, donde 5 representa la idoneidad máxima y 1 indica una restricción o la peor condición para el COE-P.

Utilizando la herramienta “Reclasificar por tabla” se aplicó lógicas de valoración según la naturaleza de cada variable:

- **Lógica Excluyente (Riesgos y Áreas Protegidas):** Las áreas ubicadas en zonas con alta inundación, peligro sísmico y que se encuentren a menos de 500 metros de un poliducto recibieron un valor de 1 (inviabile). Las zonas consideradas seguras obtuvieron un valor de 5. A las áreas protegidas (SNAP, Ramsar, Bosques) y retiros hídricos se les asignó un valor de 0 para descartarlas por prohibición legal.
- **Lógica Intermedia (MDT):** Los terrenos planos (0-5%) recibieron un valor de 5 ya que facilitan la construcción; las pendientes moderadas obtuvieron un valor de 3 y las abruptas un valor de 1.
- **Lógica Continua de Proximidad:** Las capas de distancias creadas en el paso 6.4 se aplicó una degradación progresiva completa de cinco niveles donde a menor distancia se asignó mayor calificación. De este modo, los píxeles muy cercanos recibieron un valor de 5, al alejarse obtuvieron un valor de 4; a una distancia media se valoraron con 3, a una distancia lejana con 2 y finalmente los puntos de mayor aislamiento logístico se les asignó un valor de 1.

Tabla 3

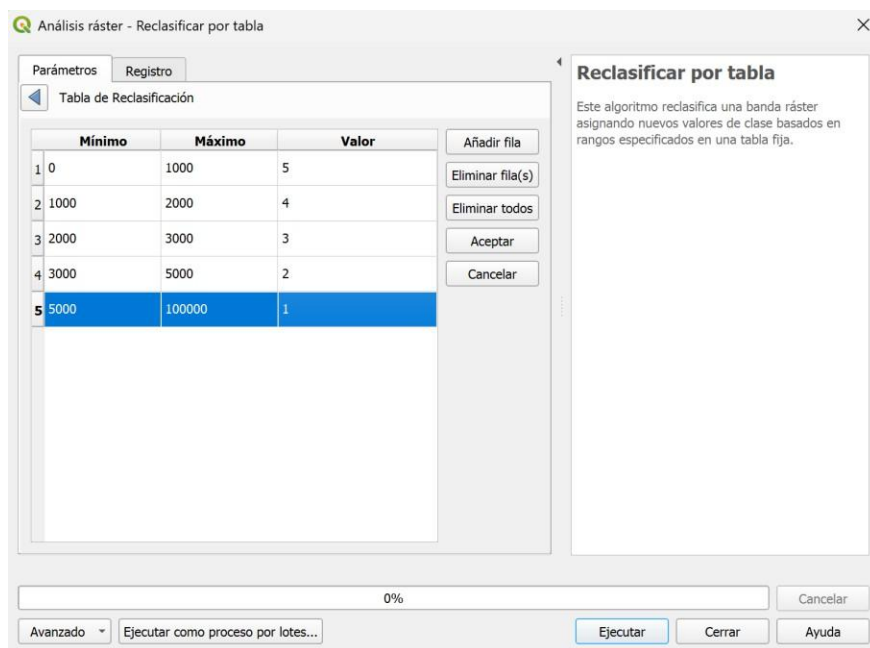
Estructura de reclasificación continua (5 a 1) para variables de proximidad logística.

Valor Asignado	Condición de Proximidad	Justificación
5	Muy Alta	Articulación inmediata donde los tiempos de respuesta son óptimos.
4	Alta	Desplazamiento rápido con demoras logísticas mínimas.
3	Media	Tiempo de respuesta aceptable, requiere vías secundarias.
2	Baja	Retrasos considerables.
1	Muy Baja	Zonas inoperativas para la coordinación de emergencias.

Nota: Elaboración propia

Figura 4.

Proceso de estandarización a escala 1 a 5.



Nota: Elaboración propia.

7.6. Ponderación de Criterios (Asignación Jerárquica)

La fase más crítica del análisis es la ponderación de criterios ya que operativamente, no resulta viable integrar todas las variables en una sola ecuación matemática, ya que esto restaría importancia de los factores más críticos. Por ello, se decidió aplicar un método de Ponderación Jerárquica en dos niveles: primero se asignó un peso interno a cada variable dentro de su grupo (sumando 100% o 1.0), y posteriormente se le dio un peso global a cada grupo de variables.

A nivel global, la distribución priorizó estrictamente la resiliencia y la viabilidad del terreno, dejando en un segundo plano los aspectos de conectividad o población,

puesto que, si un COE colapsa, el resto de las variables carecen de utilidad. En la siguiente tabla se muestran los pesos globales definidos para el modelo:

Tabla 4

Pesos globales del modelo.

Grupo	Peso (%)	Peso Decimal
Amenazas y Riesgos	35 %	0.35
Físico - Ambiental	25 %	0.25
Conectividad	20 %	0.20
Población e Infraestructura	20 %	0.20
Total	100 %	1.00

Nota: Elaboración propia

A continuación, detallamos la lógica de ponderación interna (submodelos) que estructuramos para procesar las capas en el software SIG:

7.6.1. Submodelo de Amenazas y Riesgos

Dentro de este grupo, se determinó que la susceptibilidad a inundaciones debía llevarse el mayor peso (35%), ya que la cuenca del Guayas es una zona históricamente vulnerable a la etapa invernal, los sismos recibieron un 26% de peso al tratarse de una amenaza latente por lo ocurrido en el año 2016, seguidos muy de cerca por los movimientos en masa (22%) para garantizar la estabilidad geológica del terreno y finalmente, destinamos un 17% a la distancia de los poliductos como medida preventiva obligatoria ante riesgos de incendio o explosión.

Tabla 5

Ponderación interna del Submodelo Amenazas y Riesgos.

Variable	Peso (%)	Peso Decimal
Inundaciones	35 %	0.35
Sismos	26 %	0.26
Movimientos en masa	22 %	0.22
Poliductos	17 %	0.17
Total	100 %	1.00

Nota: Elaboración propia

7.6.2. Submodelo Físico – Ambiental

Para este criterio, buscamos asegurar un terreno constructivamente idóneo y legalmente viable. Por ello, priorizamos el Uso y Cobertura de Suelo con un 32%, donde se buscaron áreas sin vegetación densa para evitar conflictos ambientales o expropiaciones complejas. La pendiente obtuvo un 28% al ser indispensable contar con superficies planas para hangares y helipuertos, el 40% restante se fraccionó rigurosamente entre los retiros hídricos (ríos) (20%), áreas protegidas SNAP (8%), Humedales Ramsar (8%) y Bosques Protectores (4%) para garantizar que el modelo no caiga en una zona de conservación.

Tabla 6*Ponderación interna del Submodelo Físico - Ambiental.*

Variable	Peso (%)	Peso Decimal
Uso y Cobertura de Suelo	32 %	0.32
Pendiente	28 %	0.28
Ríos	20 %	0.20
Áreas Protegidas (SNAP)	8 %	0.08
Humedales (Ramsar)	8 %	0.08
Bosques Protectores	4 %	0.04
Total	100%	1.00

Nota: Elaboración propia**7.6.3. Submodelo de Conectividad**

La lógica de este grupo giró en torno al despliegue logístico terrestre donde se determinó que el acceso a la Red Vial es el factor más determinante otorgándole un 40% del peso para asegurar que los vehículos de ayuda salgan rápido y sin obstáculos, el 60% restante se distribuyó equitativamente (20% cada uno) para la cercanía a aeropuertos, puertos y terminales terrestres, entendiendo que son nodos críticos, pero de uso más ocasional (como la recepción de ayuda humanitaria externa).

Tabla 7*Ponderación interna del Submodelo Conectividad.*

Variable	Peso (%)	Peso Decimal
Red Vial Estatal	40 %	0.40
Aeropuertos	20 %	0.20
Puertos Marítimos	20 %	0.20
Terminal Terrestre	20 %	0.20
Total	100 %	1.00

Nota: Elaboración propia**7.6.4. Submodelo de Población e Infraestructura**

Aquí el objetivo central fue maximizar la cercanía a la ciudadanía y a los equipos de respuesta primaria donde se asignó un 40% a la proximidad a los centros poblados para minimizar los tiempos de desplazamiento hacia la zona afectada, para el apoyo táctico, los hospitales recibieron un 20% dado el nivel de riesgo de la atención médica en desastres, los Bomberos y ECU-911 recibieron un 15% cada uno por su rol en el despacho de emergencias; y finalmente, las UPC obtuvieron el 10% restante para garantizar el soporte de seguridad perimetral.

Tabla 8

Ponderación interna del Submodelo Población e Infraestructura.

Variable	Peso (%)	Peso Decimal
Centros Poblados	40 %	0.40
Hospitales	20 %	0.20
Estaciones de Bomberos	15 %	0.15
Centros ECU-911	15 %	0.15
UPC	10 %	0.10
Total	100 %	1.00

Nota: Elaboración propia

7.7. Álgebra de Mapas (Superposición Ponderada)

Al tratar de construir un modelo jerárquico la integración matemática en QGIS se realizó de forma minuciosa en dos fases ordenadas mediante la herramienta “Calculadora Ráster” para evitar errores de tipo sintáctico y asegurar la validación del comportamiento espacial de cada grupo por separado.

7.7.1. Fase 1

En primer lugar, generamos una capa de idoneidad individual para cada grupo, introduciendo en la Calculadora Ráster las ecuaciones exactas que multiplican las capas reclasificadas por sus respectivos pesos. Las expresiones utilizadas en el software fueron las siguientes:

Ecuación para el Submodelo de Amenazas y Riesgos:

$$\begin{aligned}
 & ("susceptibilidad_inundaciones_rasterizado@1" * 0.35) + \\
 & ("peligro_sismico_rasterizado@1" * 0.26) + ("susc_movimientos_masa@1" * 0.22) + \\
 & ("polidcutos_reclasificacion1@1" * 0.17)
 \end{aligned}$$

Figura 5.

Cálculo de la capa de idoneidad para Amenazas y Riesgos.

Calculadora ráster

Bandas ráster

- DEM_FINAL@1
- DEM_PENDIENTE@1
- G1_FisicoAmbiental@1
- aeropuerto_reclasificado@1
- bomberos_reclasificado@1
- bosques_protectores_reclasificado@1
- ecu911_reclasificado@1
- peligro_sismico_rasterizado@1
- pendiente_reclasificada@1
- polidcutos_reclasificacion1@1
- puerto_maritimo_reclasificado@1
- ramsar_reclasificado@1
- poblados_reclasificado@1
- rios_reclasificado@1
- salud_hospitales_reclasificado@1
- snap_reclasificadoc@1
- susc_movimientos_masa@1
- susceptibilidad_inundaciones_rasterizado@1
- terminal_terrestre_reclasificado@1
- upc_reclasificado@1
- uso_cobertura_suelo_rasterizado@1
- vias_reclasificado@1

Capa de resultado

Create on-the-fly raster instead of writing layer to disk

Capa de salida:

Formato de salida: GeoTIFF

Extensión espacial

X mín: 548534.33403 X máx: 710714.33403

Y mín: 9661246.78445 Y máx: 9906616.78445

Resolución

Columnas: 5406 Filas: 8179

SRC de salida: EPSG:32717 - WGS 84 / UTM zone :

Añadir resultados al proyecto

Operadores

+	*	(	min	IF	cos	acos
-	/	)	max	AND	sin	asin
<	>	=	abs	OR	tan	atan
<=	>=	!=	^	sqrt	log10	ln

Expresión de la calculadora ráster

```

("susceptibilidad_inundaciones_rasterizado@1" * 0.35) +
("peligro_sismico_rasterizado@1" * 0.26) + ("susc_movimientos_masa@1" * 0.22) +
("polidcutos_reclasificacion1@1" * 0.17) |

```

Aceptar Cancelar Ayuda

Nota: Elaboración propia.

Ecuación para el Submodelo Físico - Ambiental:

$$("uso_cobertura_suelo_rasterizado@1" * 0.32) + ("pendiente_reclasificada@1" *0.28) + ("rios_reclasificado@1" * 0.20) + ("snap_reclasificadoc@1" * 0.08) + ("ramsar_reclasificado@1" * 0.08) + ("bosques_protectores_reclasificado@1" * 0.04)$$

Figura 6.

Cálculo de la capa de idoneidad para Físico - Ambiental.

Calculadora ráster

Bandas ráster

- DEM_FINAL@1
- DEM_PENDIENTE@1
- aeropuerto_reclasificado@1
- bomberos_reclasificado@1
- bosques_protectores_reclasificado@1
- ecu911_reclasificado@1
- peligro_sismico_rasterizado@1
- pendiente_reclasificada@1
- polidutos_reclasificacion1@1
- puerto_maritimo_reclasificado@1
- ramsar_reclasificado@1
- pobladost_reclasificado@1
- rios_reclasificado@1
- salud_hospitales_reclasificado@1
- snap_reclasificadoc@1
- susc_movimientos_masa@1
- susceptibilidad_inundaciones_rasterizado@1
- terminal_terrestre_reclasificado@1
- upc_reclasificado@1
- uso_cobertura_suelo_rasterizado@1
- vias_reclasificado@1

Capa de resultado

Create on-the-fly raster instead of writing layer to disk

Capa de salida:

Formato de salida: GeoTIFF

Extensión espacial

Use Selected Layer Extent

X mín: 548534.33403 X máx: 710714.33403

Y mín: 9661246.78445 Y máx: 9906616.78445

Resolución

Columnas: 5406 Filas: 8179

SRC de salida: EPSG:32717 - WGS 84 / UTM zone :

Añadir resultados al proyecto

Operadores

+	*	(	min	IF	cos	acos
-	/	)	max	AND	sin	asin
<	>	=	abs	OR	tan	atan
<=	>=	!=	^	sqrt	log10	ln

Expresión de la calculadora ráster

```
("uso_cobertura_suelo_rasterizado@1" * 0.32) + ( "pendiente_reclasificada@1" *0.28) + ( "rios_reclasificado@1" * 0.20) + ( "snap_reclasificadoc@1" * 0.08) + ( "ramsar_reclasificado@1" * 0.08) + ( "bosques_protectores_reclasificado@1" * 0.04) |
```

Aceptar Cancelar Ayuda

Nota: Elaboración propia.

Ecuación para el Submodelo Conectividad:

$$("vias_reclasificado@1" * 0.4) + ("aeropuerto_reclasificado@1" * 0.20) + ("terminal_terrestre_reclasificado@1" * 0.20) + ("puerto_maritimo_reclasificado@1" * 0.20)$$

Figura 7.

Cálculo de la capa de idoneidad para Conectividad.

Calculadora ráster

Bandas ráster

- DEM_FINAL@1
- DEM_PENDIENTE@1
- G1_FisicoAmbiental@1
- G2_amenazas_riesgos@1
- aeropuerto_reclasificado@1
- bomberos_reclasificado@1
- bosques_protectores_reclasificado@1
- ecu911_reclasificado@1
- peligro_sismico_rasterizado@1
- pendiente_reclasificada@1
- poliductos_reclasificacion1@1
- puerto_maritimo_reclasificado@1
- ramsar_reclasificado@1
- poblados_reclasificado@1
- rios_reclasificado@1
- salud_hospitales_reclasificado@1
- snap_reclasificadoc@1
- susc_movimientos_masa@1
- susceptibilidad_inundaciones_rasterizado@1
- terminal_terrestre_reclasificado@1
- upc_reclasificado@1
- uso_cobertura_suelo_rasterizado@1
- vias_reclasificado@1

Capa de resultado

Create on-the-fly raster instead of writing layer to disk

Capa de salida:

Formato de salida: GeoTIFF

Extensión espacial

Use Selected Layer Extent

X mín: 548534.33403 X máx: 710714.33403

Y mín: 9661246.78445 Y máx: 9906616.78445

Resolución

Columnas: 5406 Filas: 8179

SRC de salida: EPSG:32717 - WGS 84 / UTM zone :

Añadir resultados al proyecto

Operadores

+	*	(	min	IF	cos	acos
-	/	)	max	AND	sin	asin
<	>	=	abs	OR	tan	atan
<=	>=	!=	^	sqrt	log10	ln

Expresión de la calculadora ráster

```
("vias_reclasificado@1" * 0.4) + ("aeropuerto_reclasificado@1" * 0.20) + ("terminal_terrestre_reclasificado@1" * 0.20) + ("puerto_maritimo_reclasificado@1" * 0.20)
```

Aceptar Cancelar Ayuda

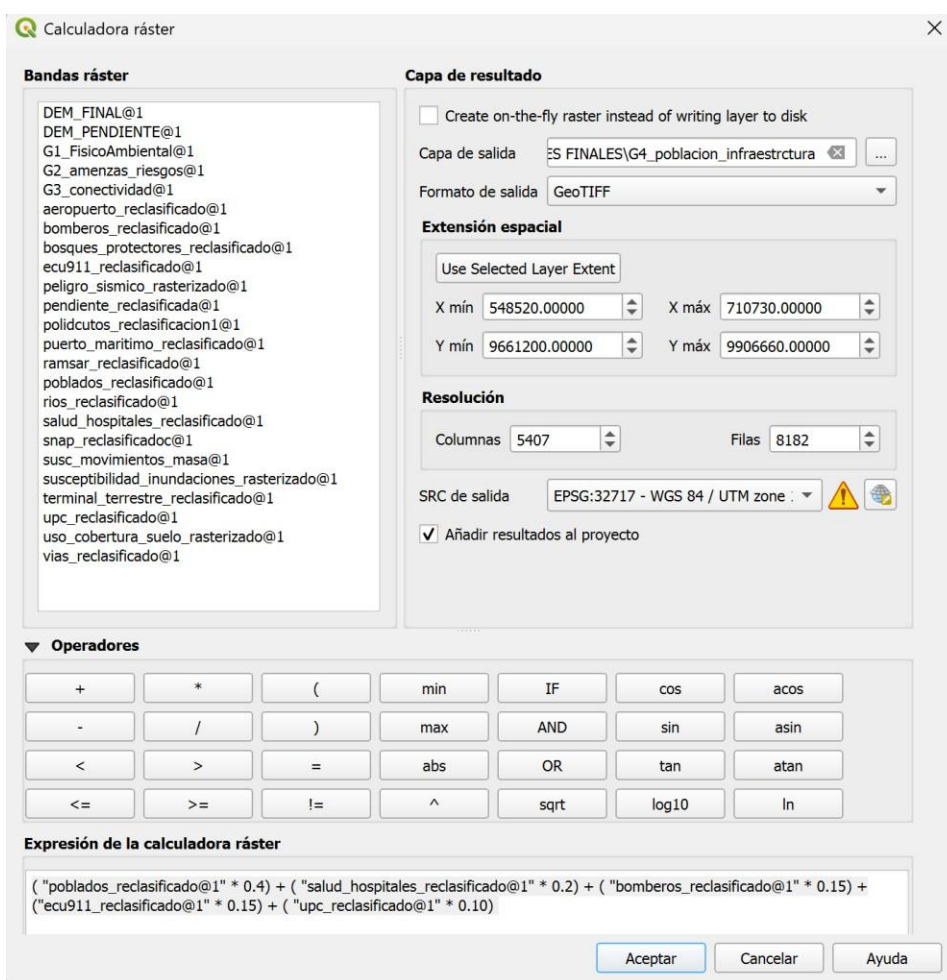
Nota: Elaboración propia.

Ecuación para el Submodelo Población e Infraestructura:

("poblados_reclasificado@1" * 0.4) + ("salud_hospitales_reclasificado@1" * 0.2) + ("bomberos_reclasificado@1" * 0.15) + ("ecu911_reclasificado@1" * 0.15) + ("upc_reclasificado@1" * 0.10)

Figura 8.

Cálculo de la capa de idoneidad para Población e Infraestructura.



Nota: Elaboración propia.

7.7.2. Fase 2

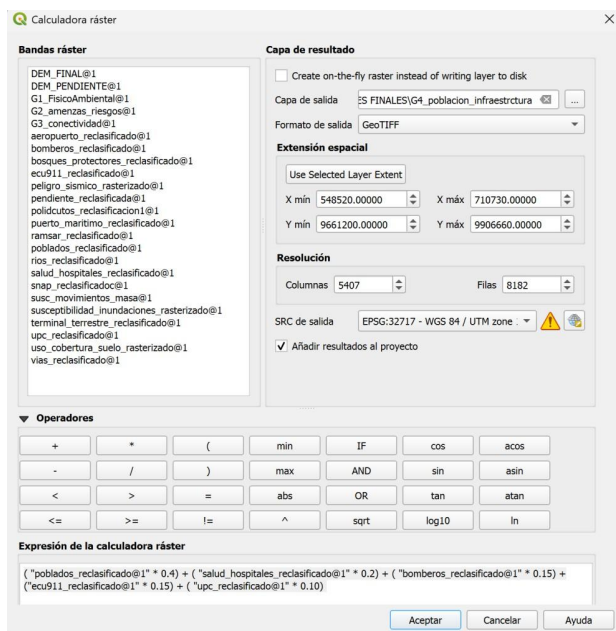
Con los cuatro submodelos ráster consolidados, el último geoproceto consistió en cruzarlos matemáticamente en función de su peso global predefinido. La ecuación definitiva de cierre introducida en el software fue:

$$("G1_FisicoAmbiental@1" * 0.25) + ("G2_amenazas_riesgos@1" * 0.35) + ("G3_conectividad@1" * 0.2) + ("G4_poblacion_infraestructura@1" * 0.2)$$

El resultado final de esta operación fue la capa ráster de Idoneidad del COE-P, un ráster continuo donde los valores que más se acercan al rango óptimo de 5 evidencian las superficies de la provincia que cumplen con los más altos estándares de capacidad de respuesta, topografía y articulación logística.

Figura 9.

Superposición ponderada final para la obtención del modelo de idoneidad.



Nota: Elaboración propia.

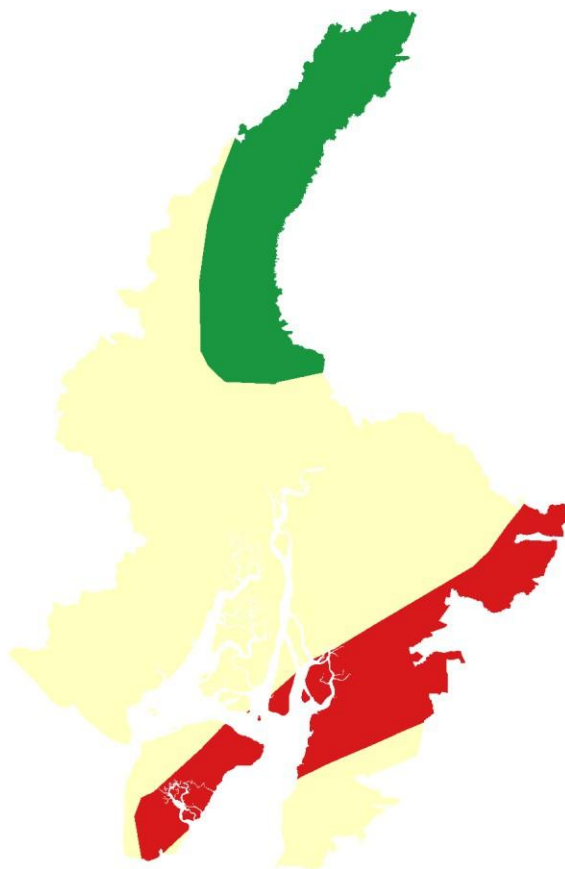
8. RESULTADOS

8.1. Resultados de la Reclasificación Espacial por Grupos

A continuación, se presenta cómo quedó cada variable estandarizada en una escala continua de 1 a 5. Para facilitar la lectura de las capas ráster resultantes en el software SIG, se utilizó la siguiente rampa de colores: verde oscuro (5) para las zonas óptimas, verde claro (4) para las muy buenas, amarillo (3) para las regulares, naranja (2) para las malas, y rojo (1) para las zonas inaceptables.

Figura 10.

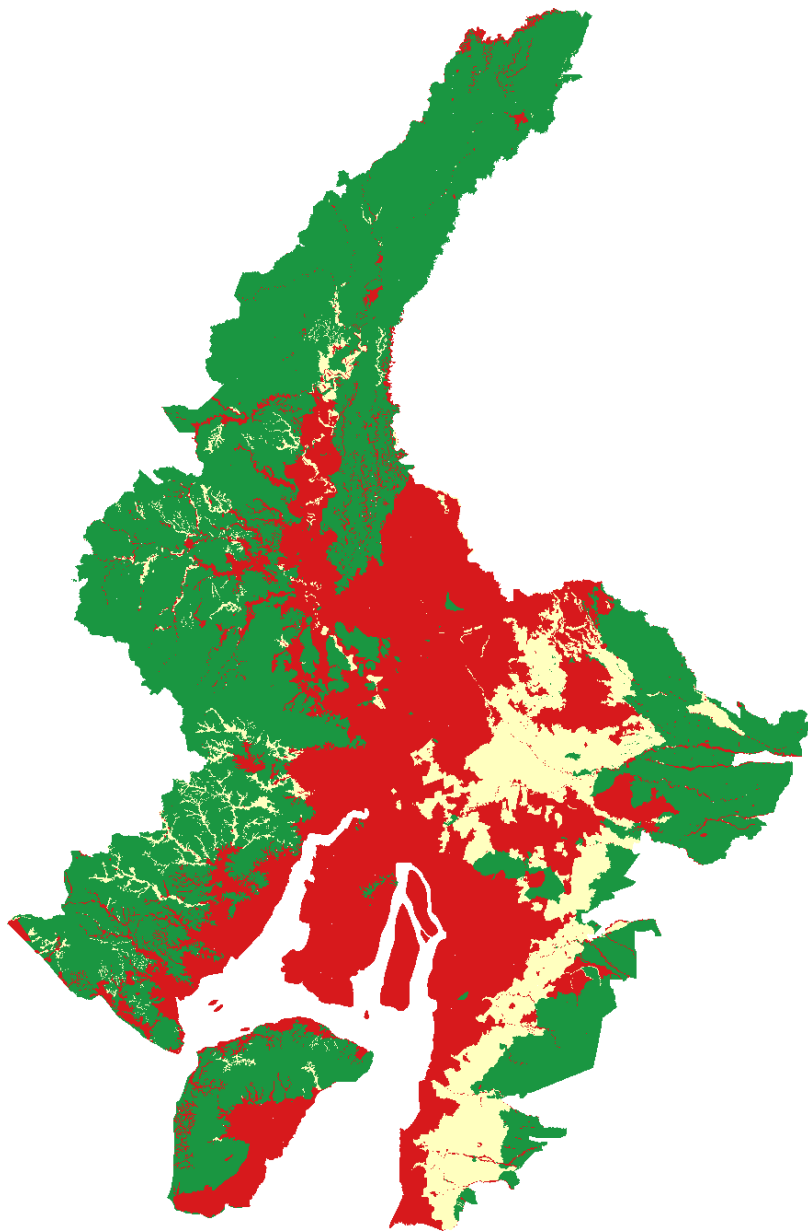
Reclasificación de la capa peligro sísmico.



Nota: Elaboración propia.

Figura 11.

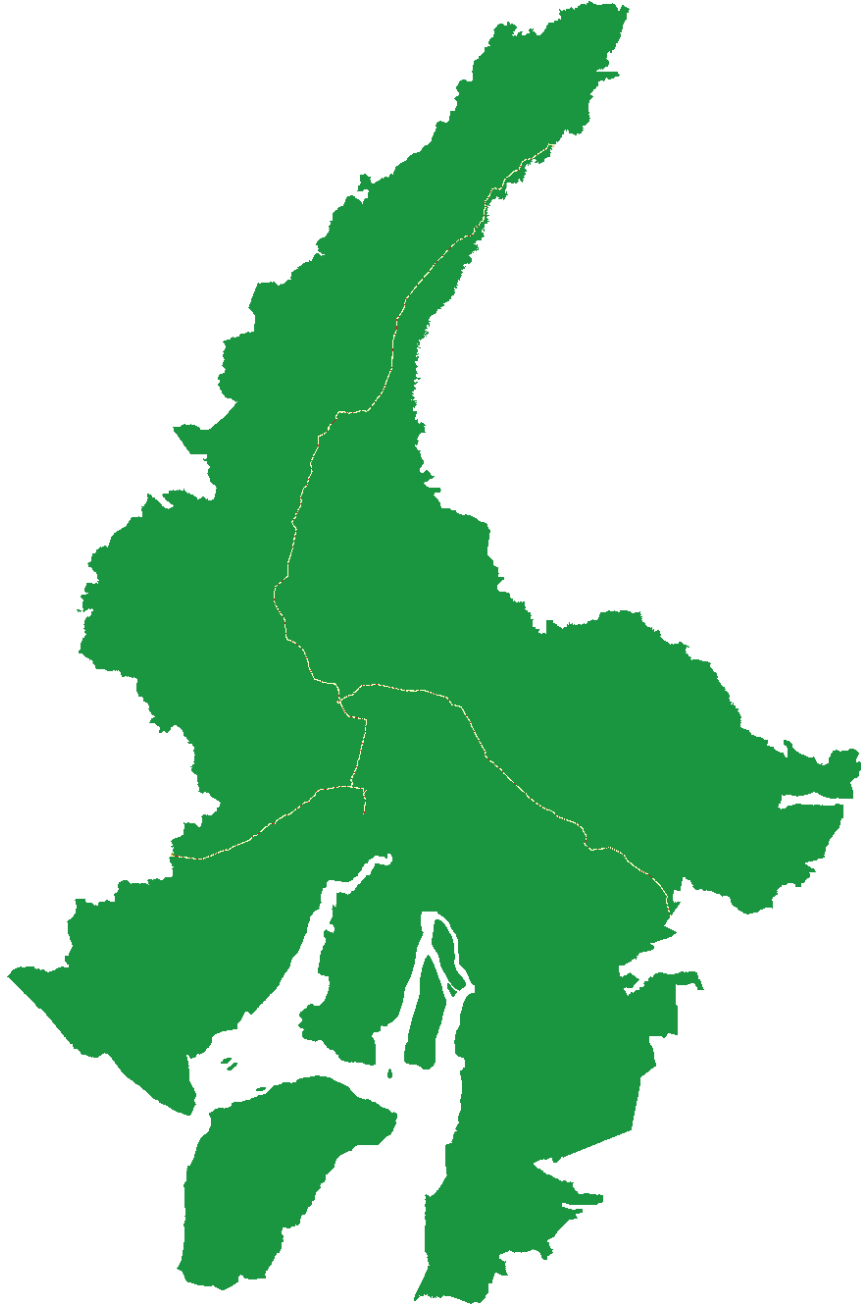
Reclasificación de la capa susceptibilidad a inundaciones.



Nota: Elaboración propia.

Figura 12.

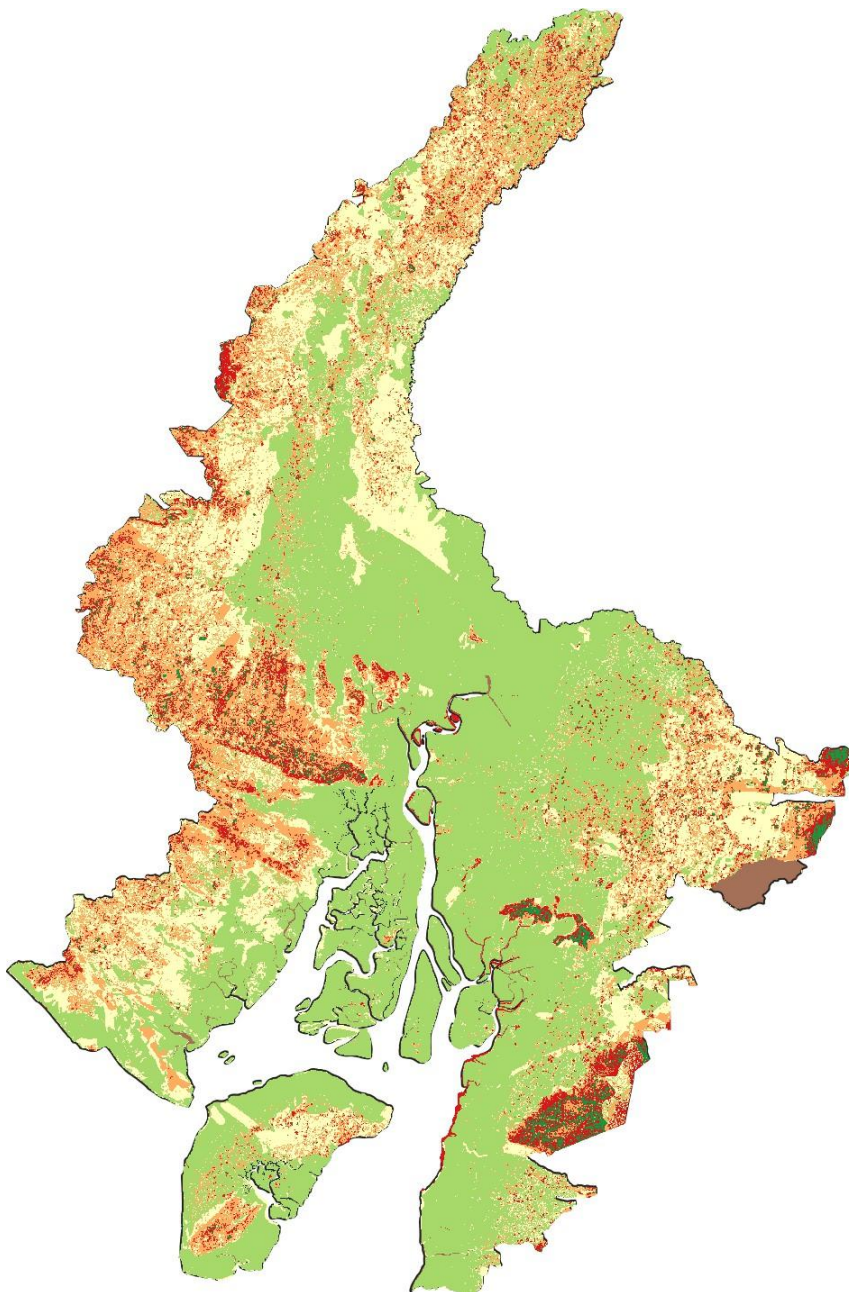
Reclasificación de la capa poliductos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 13.

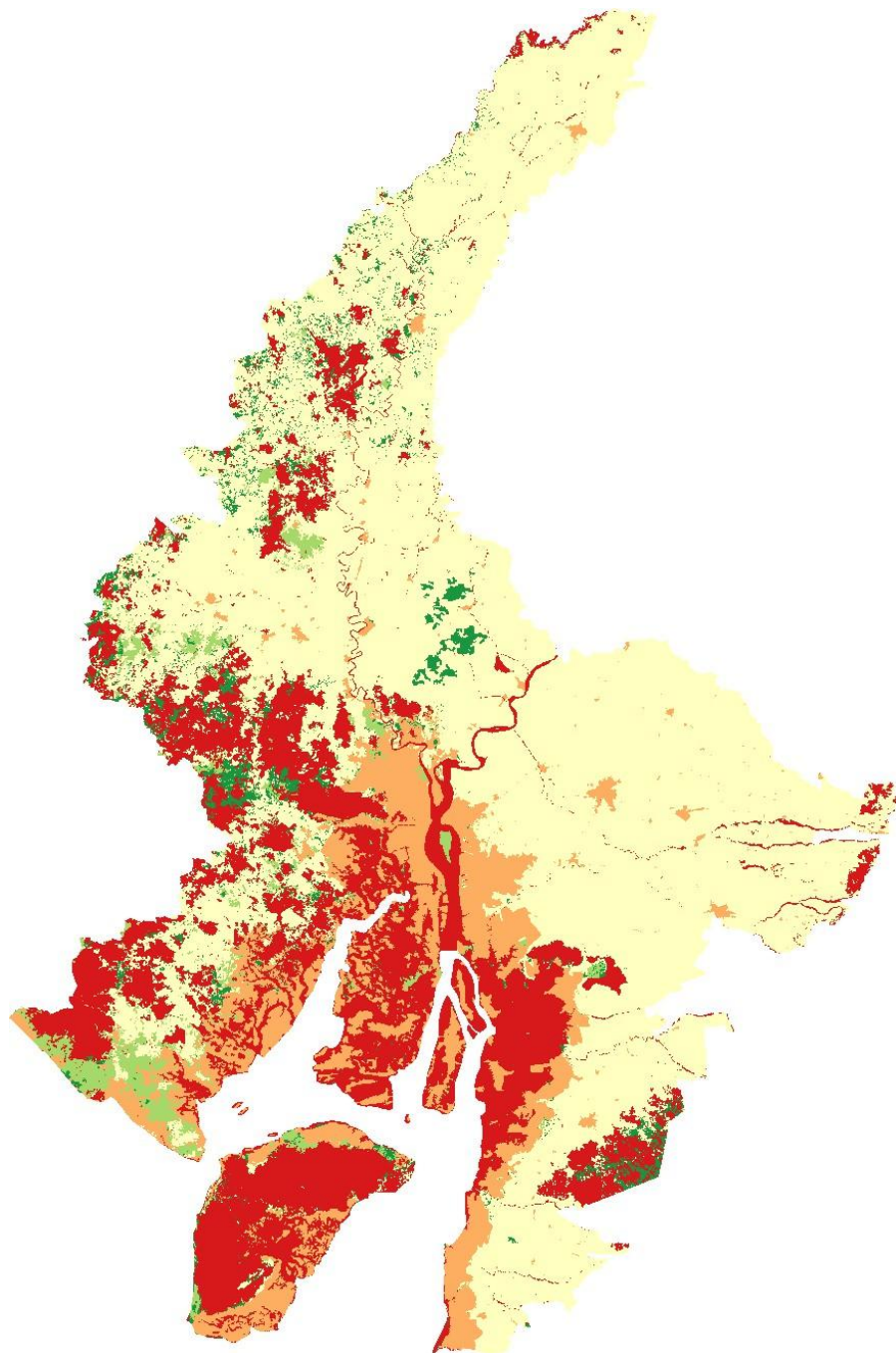
Reclasificación de la capa susceptibilidad a movimientos en masa.



Nota: Elaboración propia.

Figura 14.

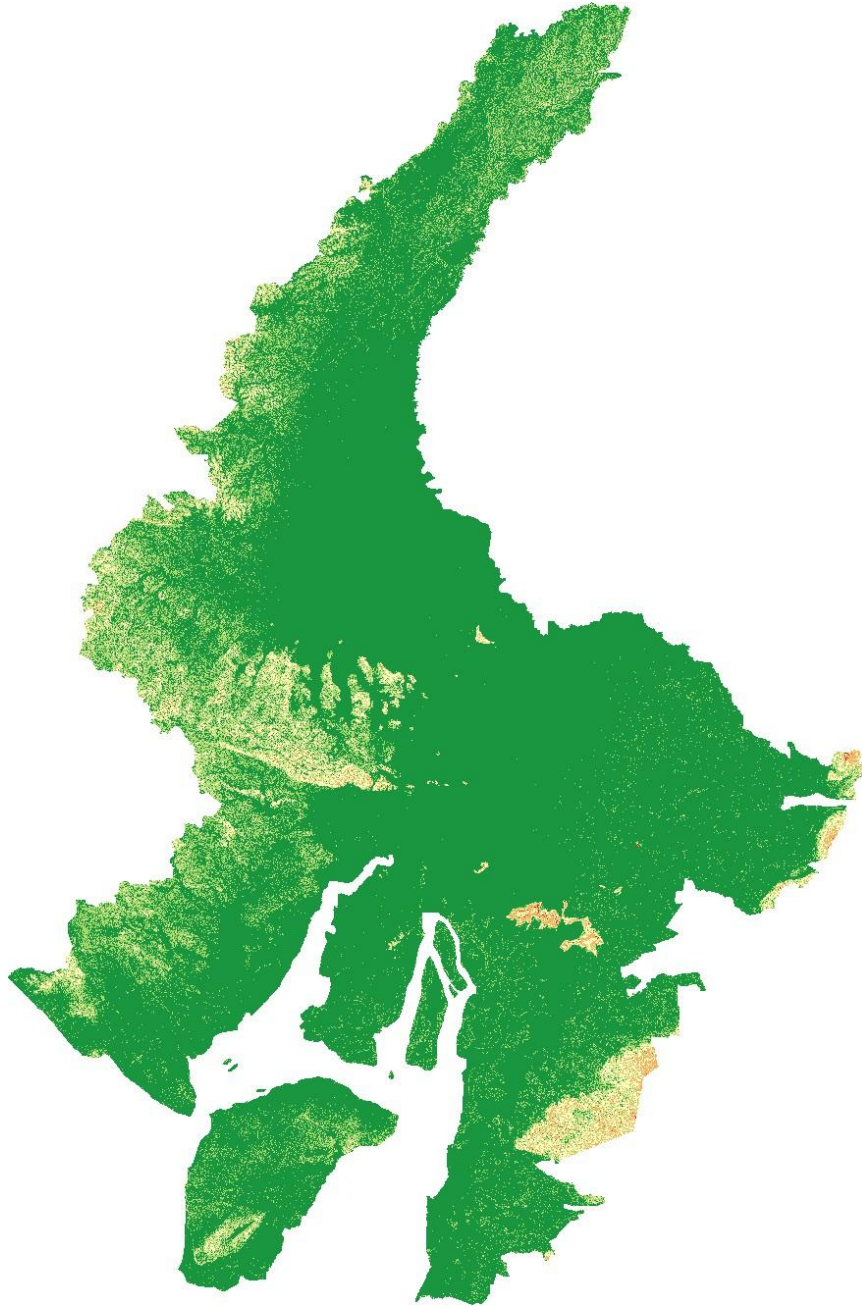
Reclasificación de la capa uso y cobertura de suelo.



Nota: Elaboración propia.

Figura 15.

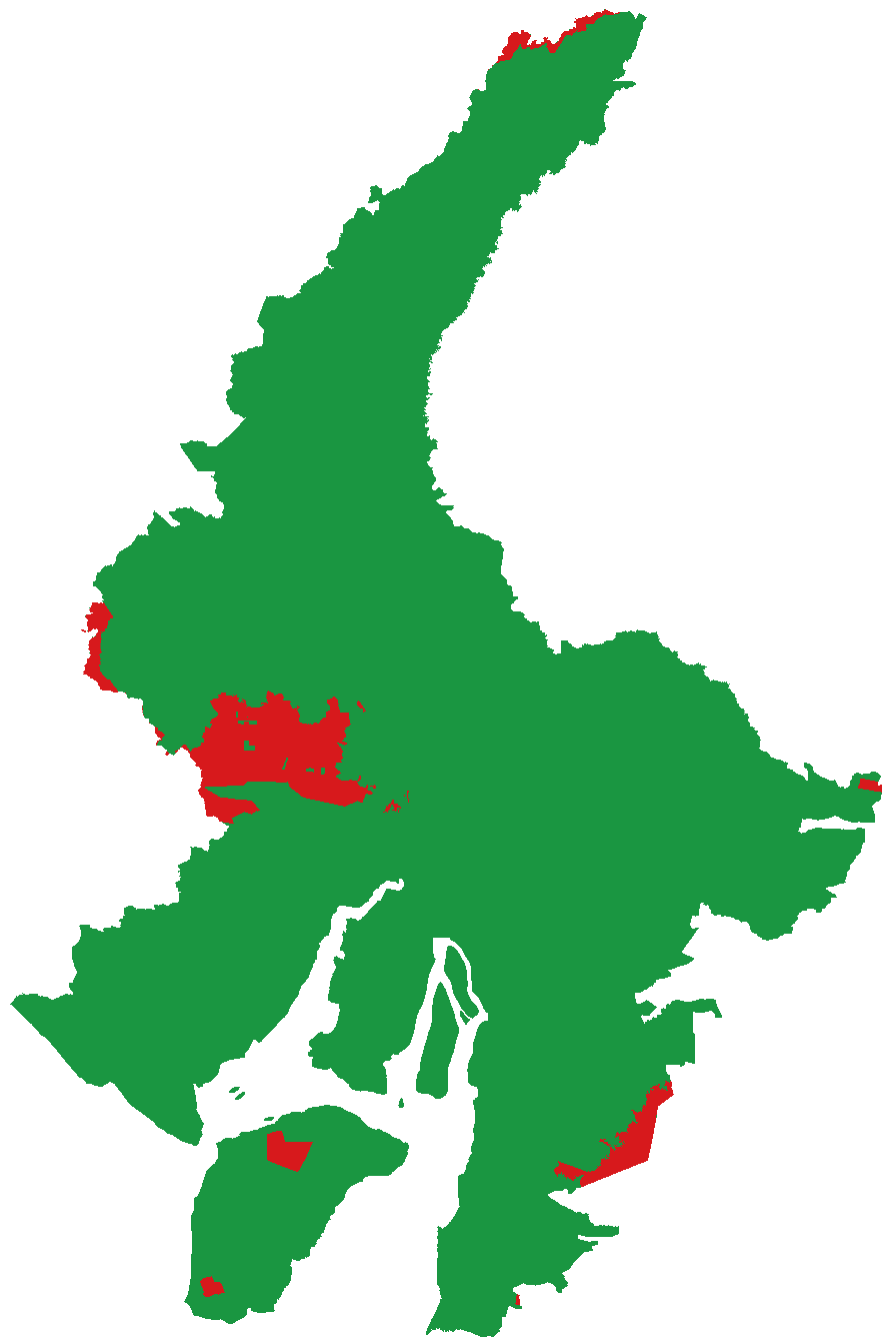
Reclasificación de la capa pendientes.



Nota: Elaboración propia.

Figura 16.

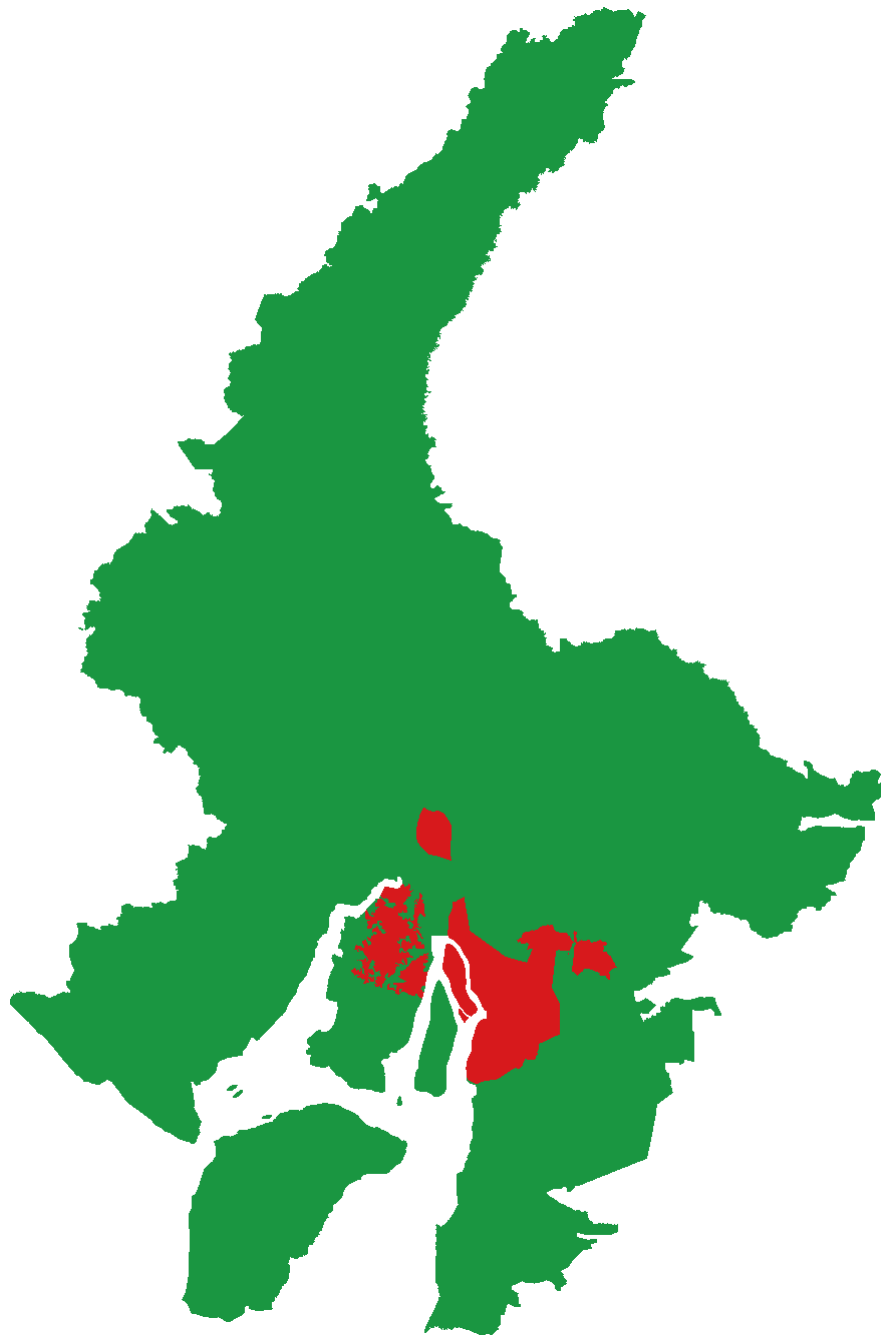
Reclasificación de la capa bosques protectores.



Nota: Elaboración propia.

Figura 17.

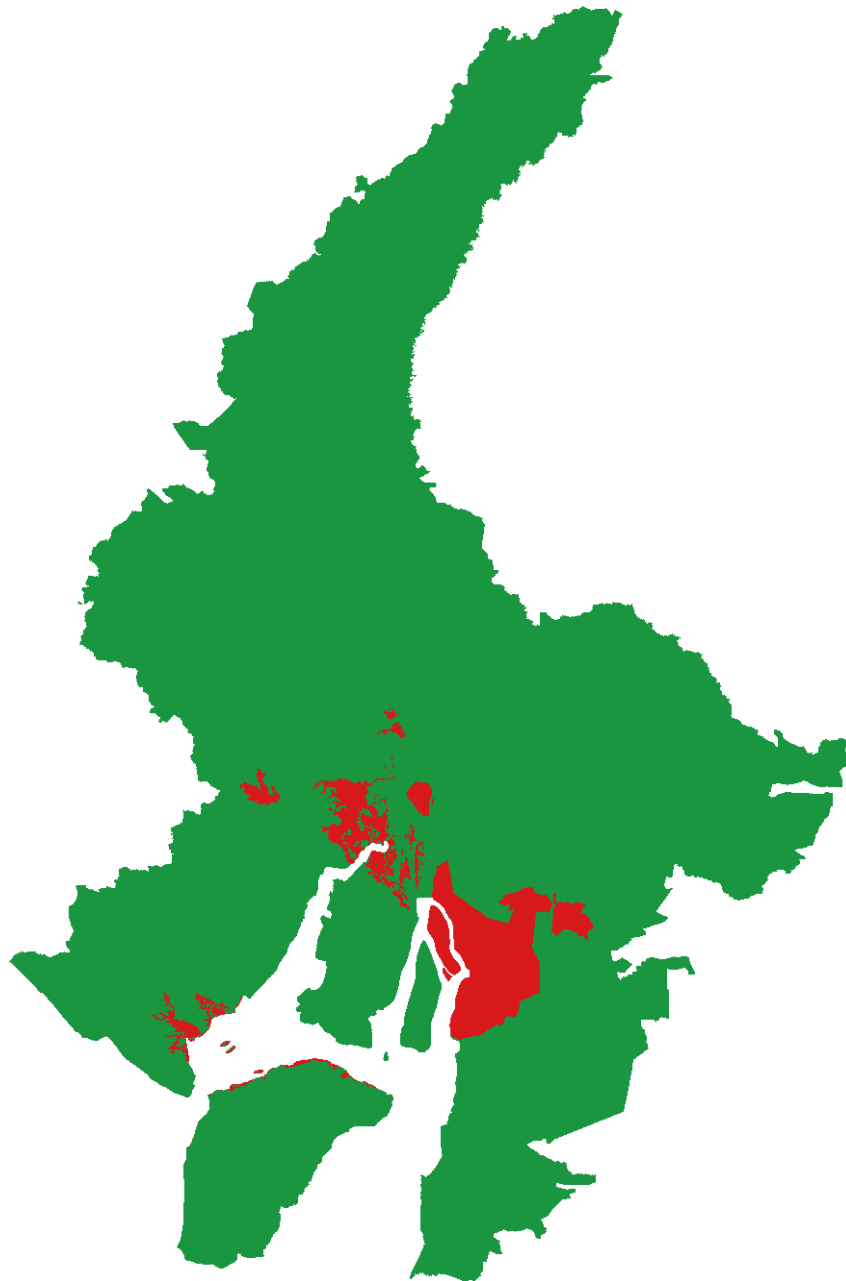
Reclasificación de la capa humedales Ramsar.



Nota: Elaboración propia.

Figura 18.

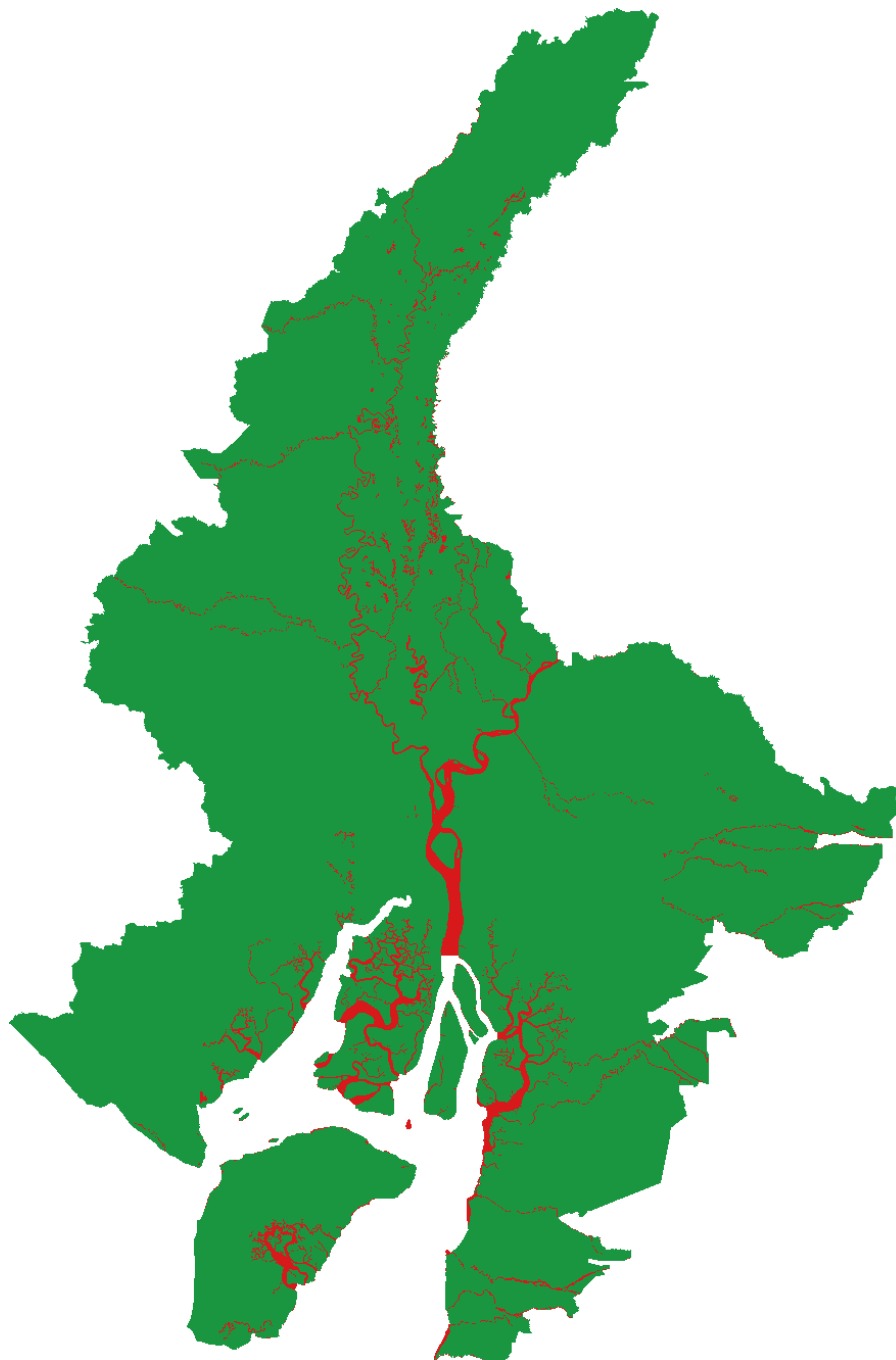
Reclasificación de la capa áreas protegidas SNAP.



Nota: Elaboración propia.

Figura 19.

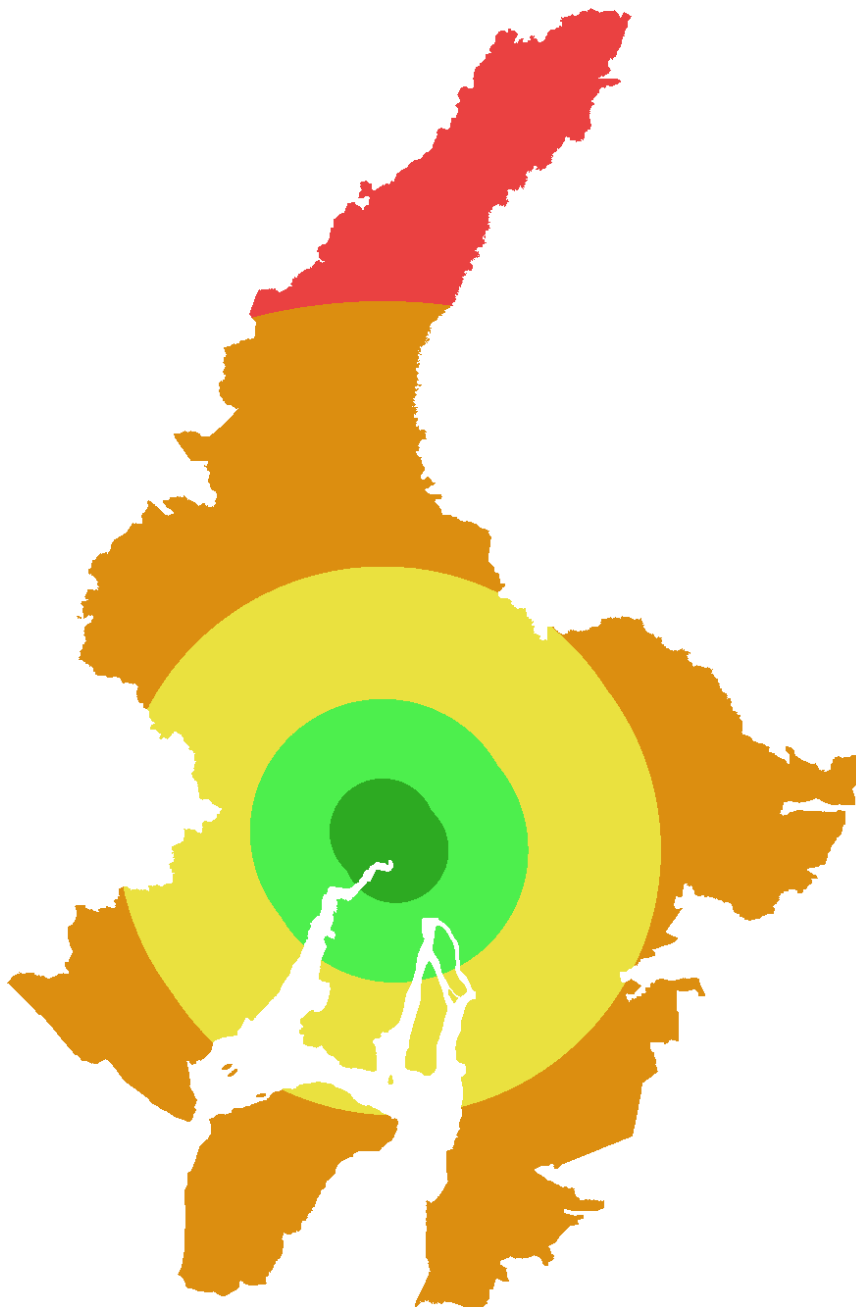
Reclasificación de la capa ríos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 20.

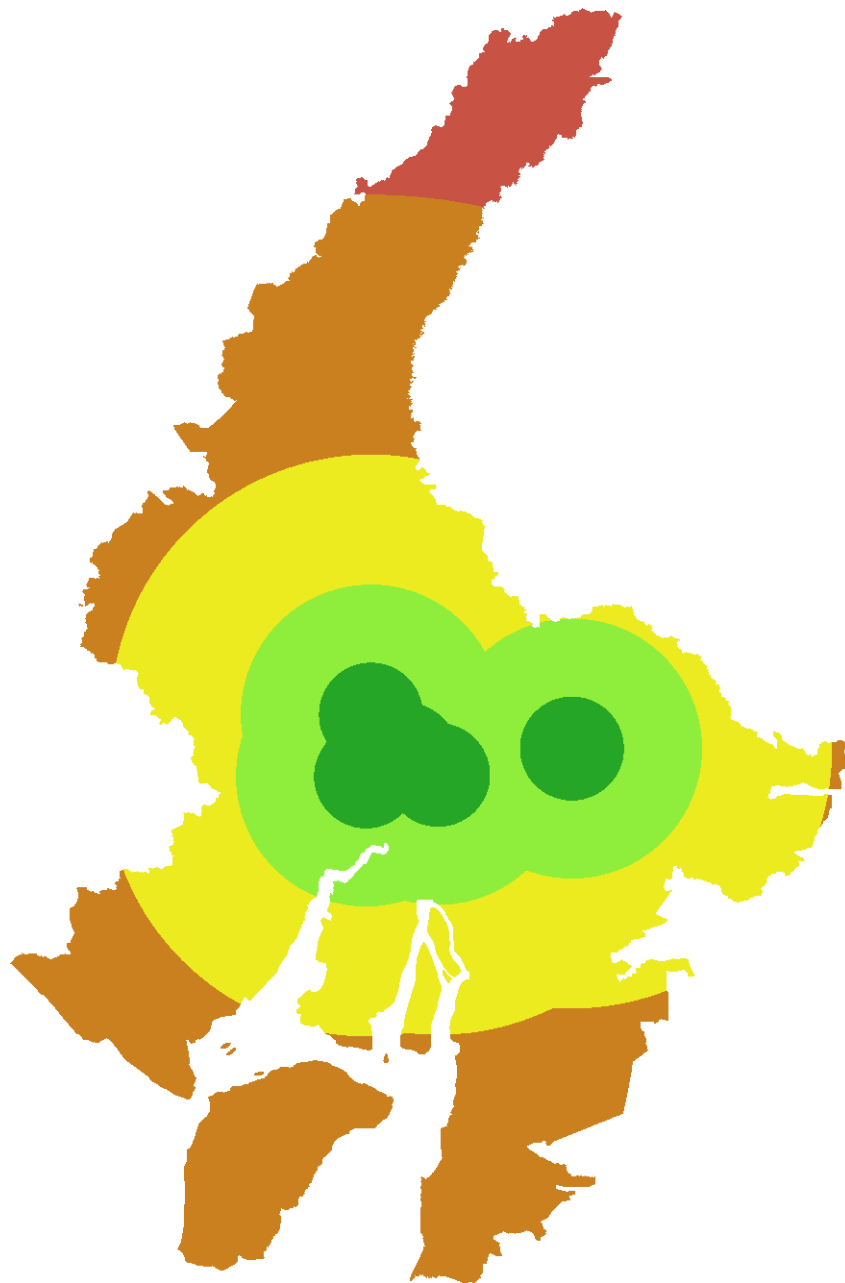
Reclasificación de la capa puertos marítimos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 21.

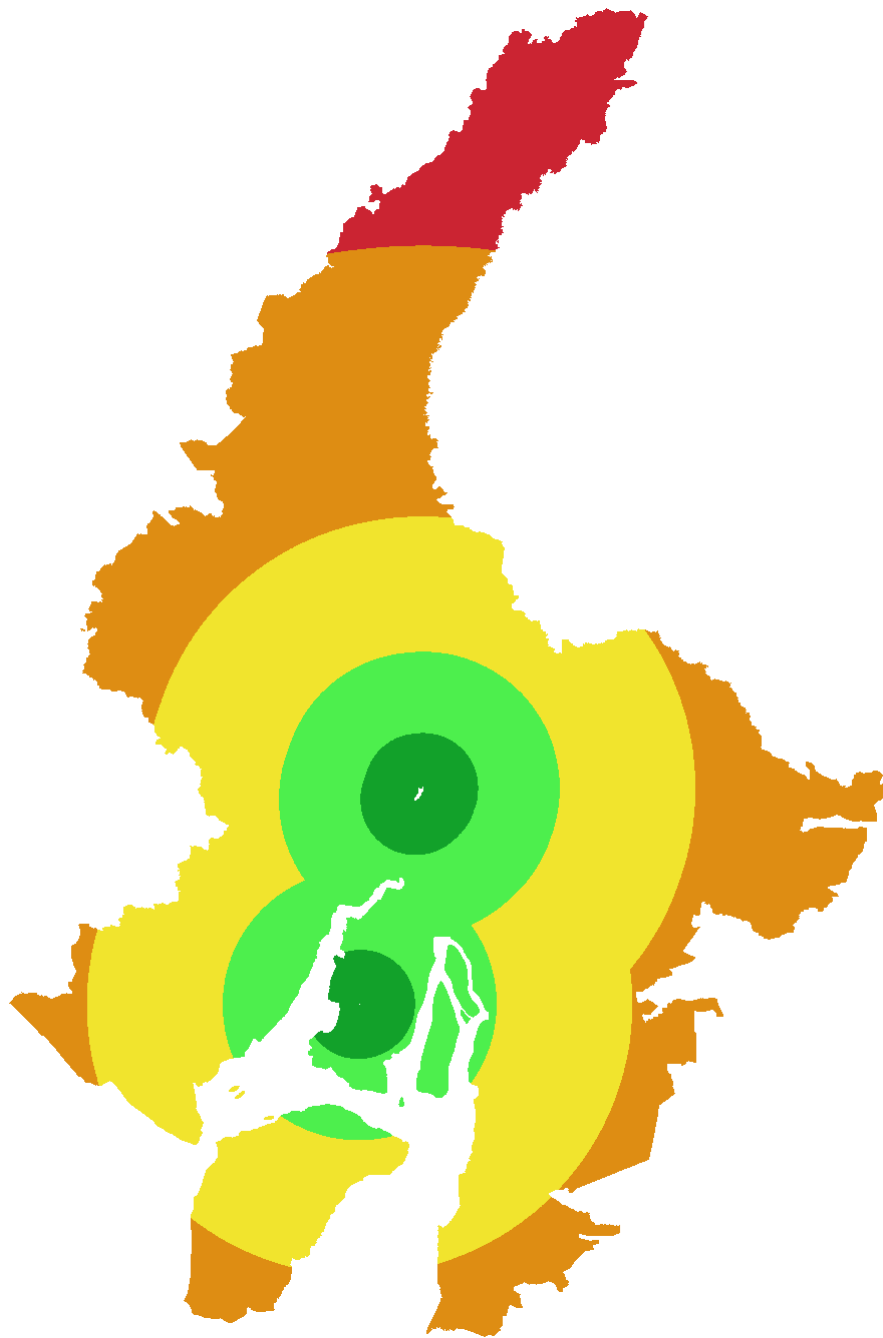
Reclasificación de la capa terminal terrestre.



Nota: Elaboración propia.

Figura 22.

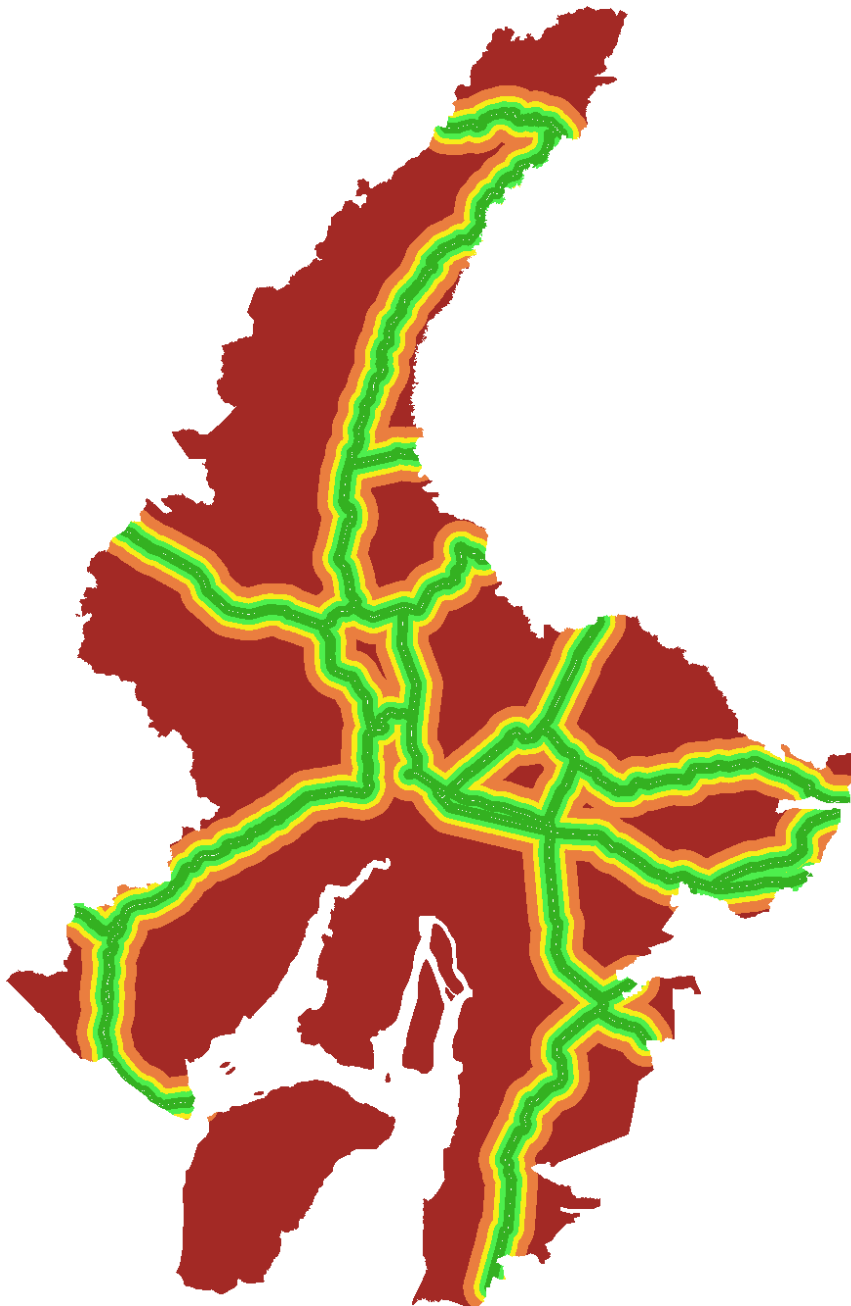
Reclasificación de la capa aeropuerto.



Nota: Elaboración propia.

Figura 23.

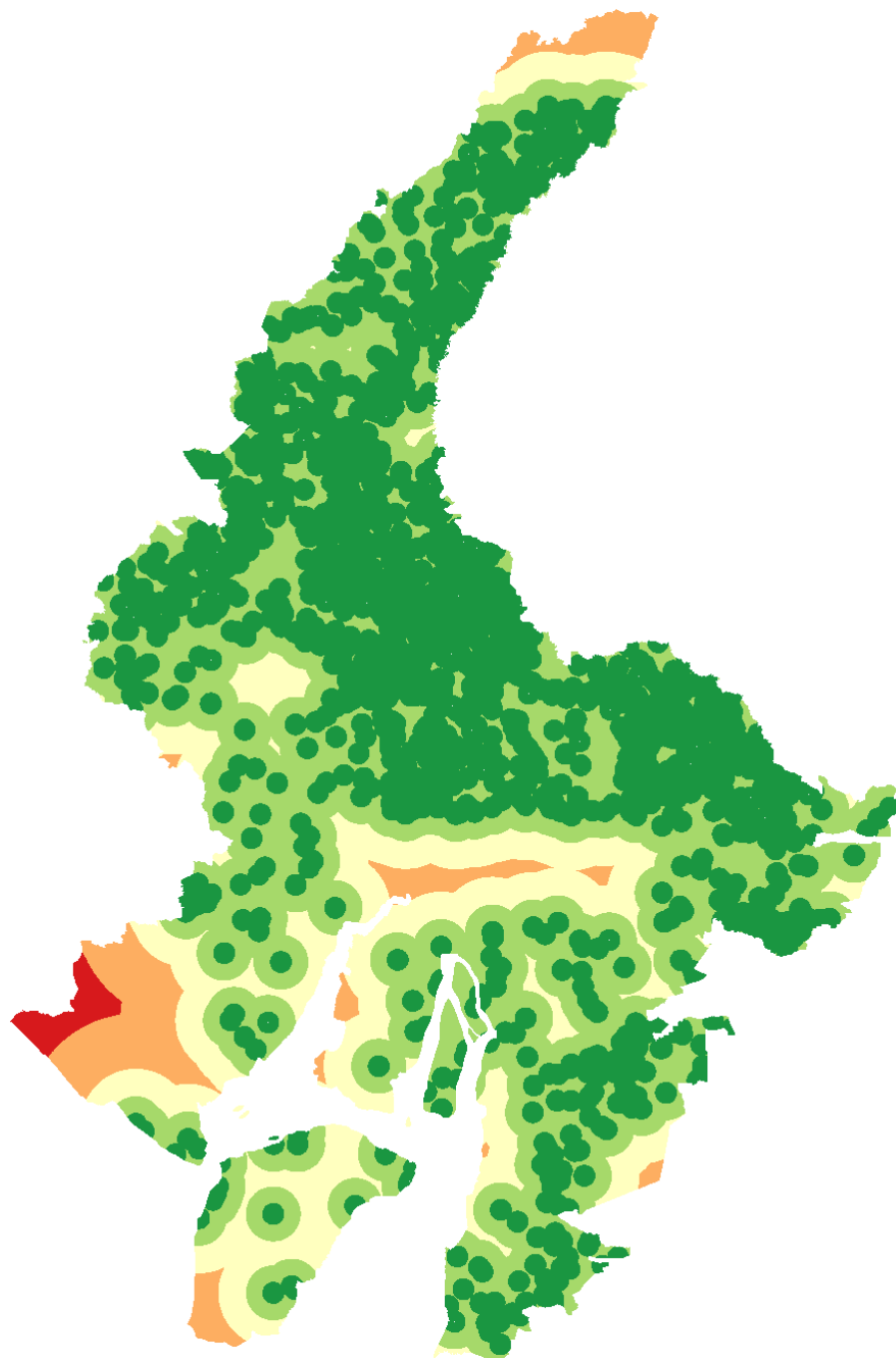
Reclasificación de la capa vías.



Nota: Elaboración propia.

Figura 24.

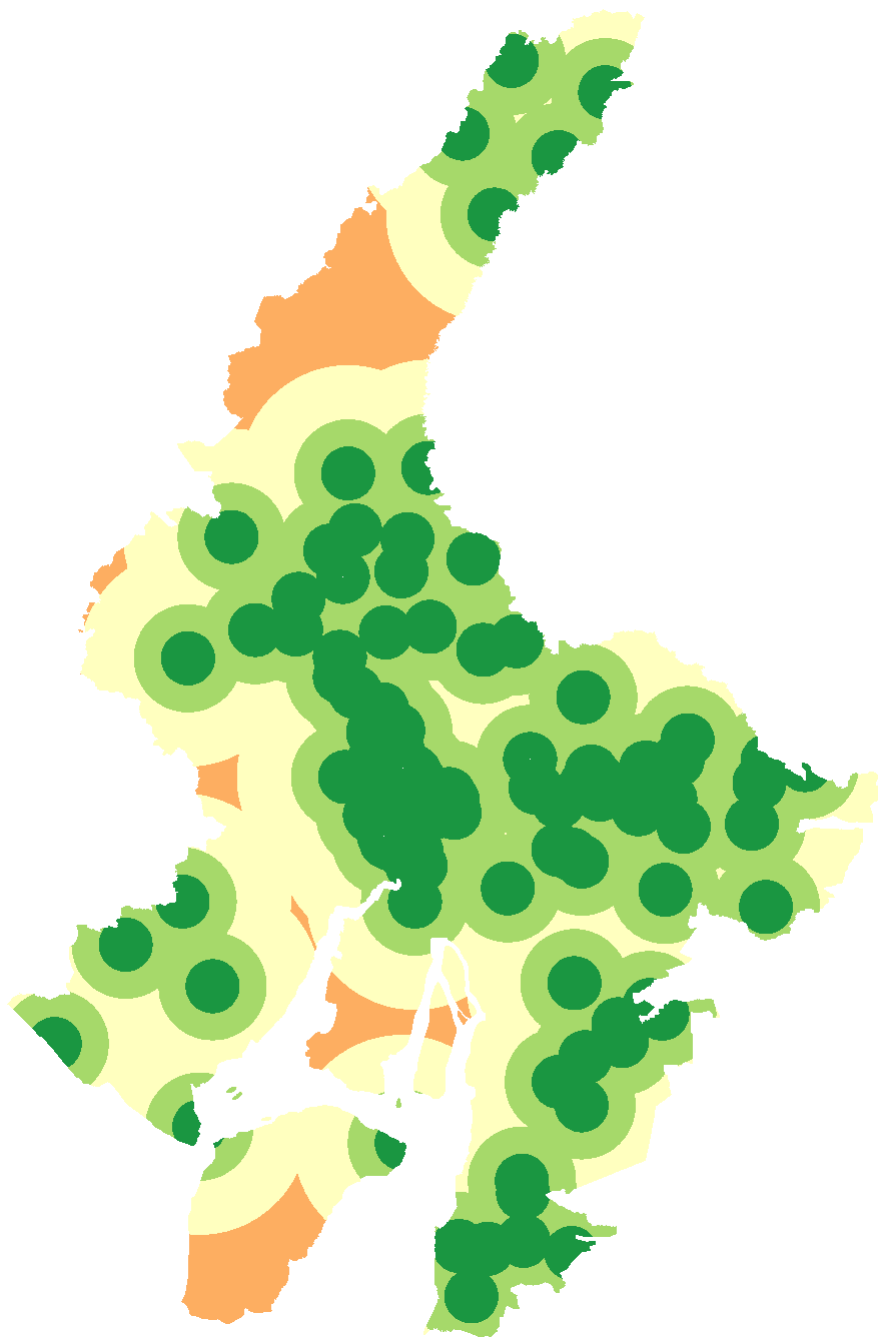
Reclasificación de la capa poblados.



Nota: Elaboración propia.

Figura 25.

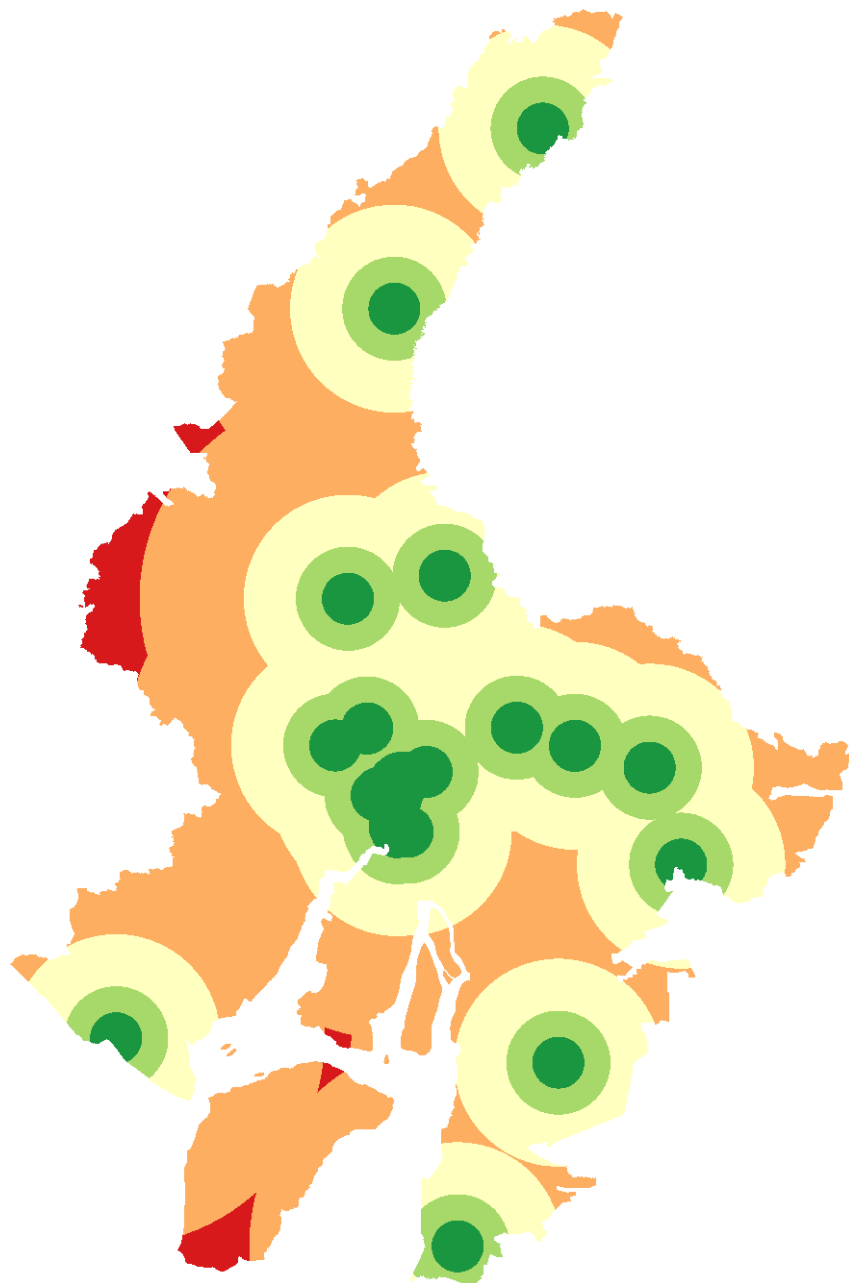
Reclasificación de la capa UPC.



Nota: Elaboración propia.

Figura 26.

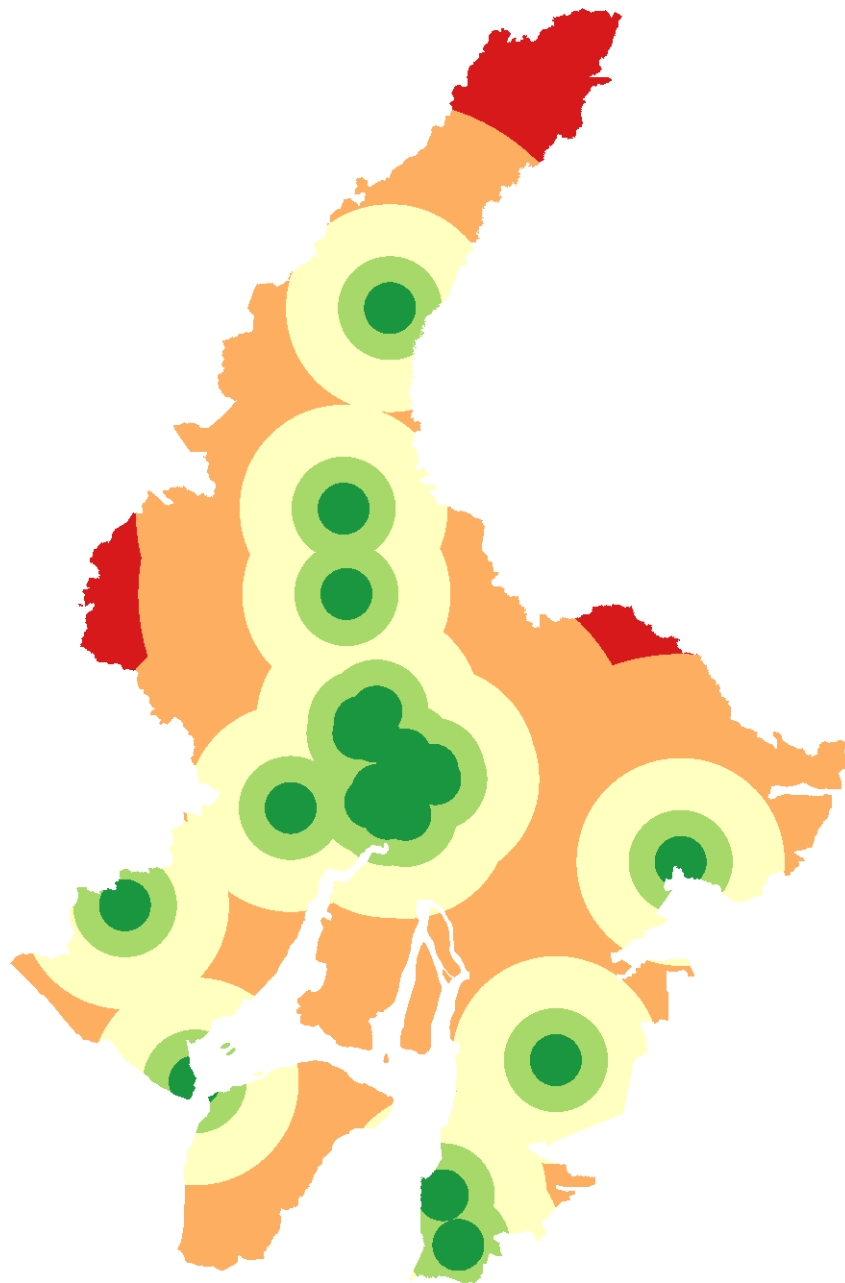
Reclasificación de la capa hospitalares.



Nota: Elaboración propia.

Figura 27.

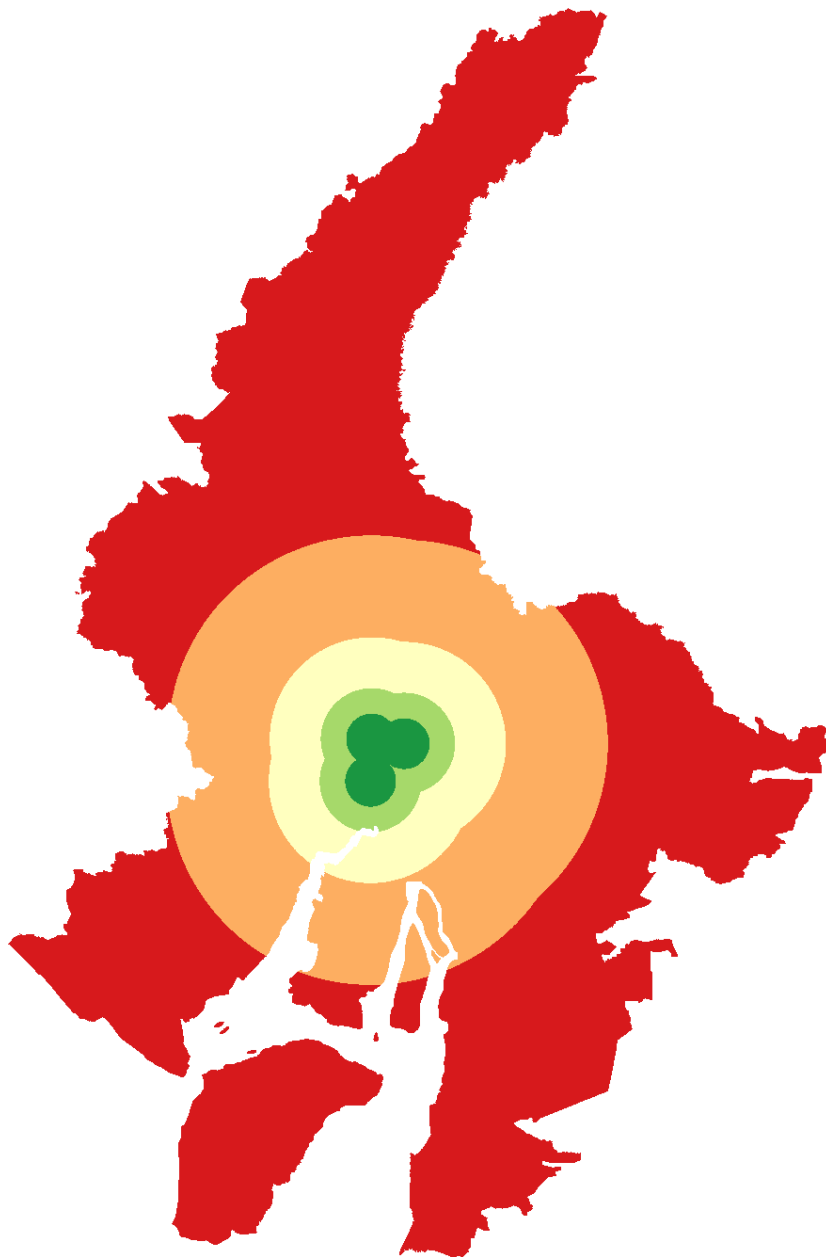
Reclasificación de la capa bomberos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 28.

Reclasificación de la capa ECU-911.



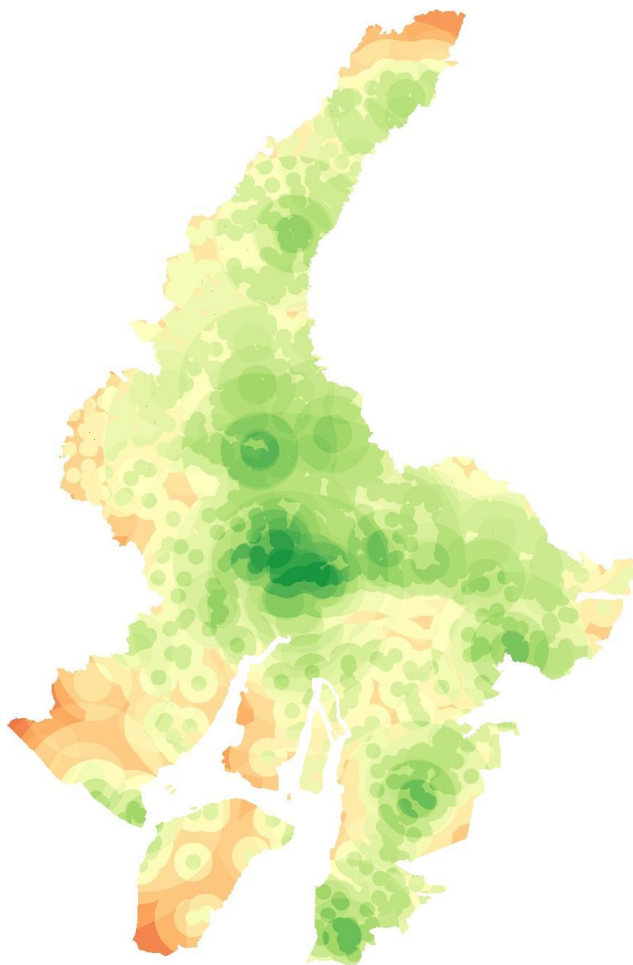
Nota: Elaboración propia.

8.2. Reclasificación para obtener el modelo de idoneidad por Grupos

Una vez que tuvimos cada variable reclasificada por grupo, el siguiente paso fue agruparlas para obtener cuatro capas ráster de idoneidad. Utilizando la Calculadora Ráster, multiplicamos cada capa por su peso correspondiente (como se detalló en la metodología) y obtuvimos la capa final de idoneidad para el grupo G1, G2, G3 y G4, el color verde es una zona idónea y de rojo no idónea.

Figura 29.

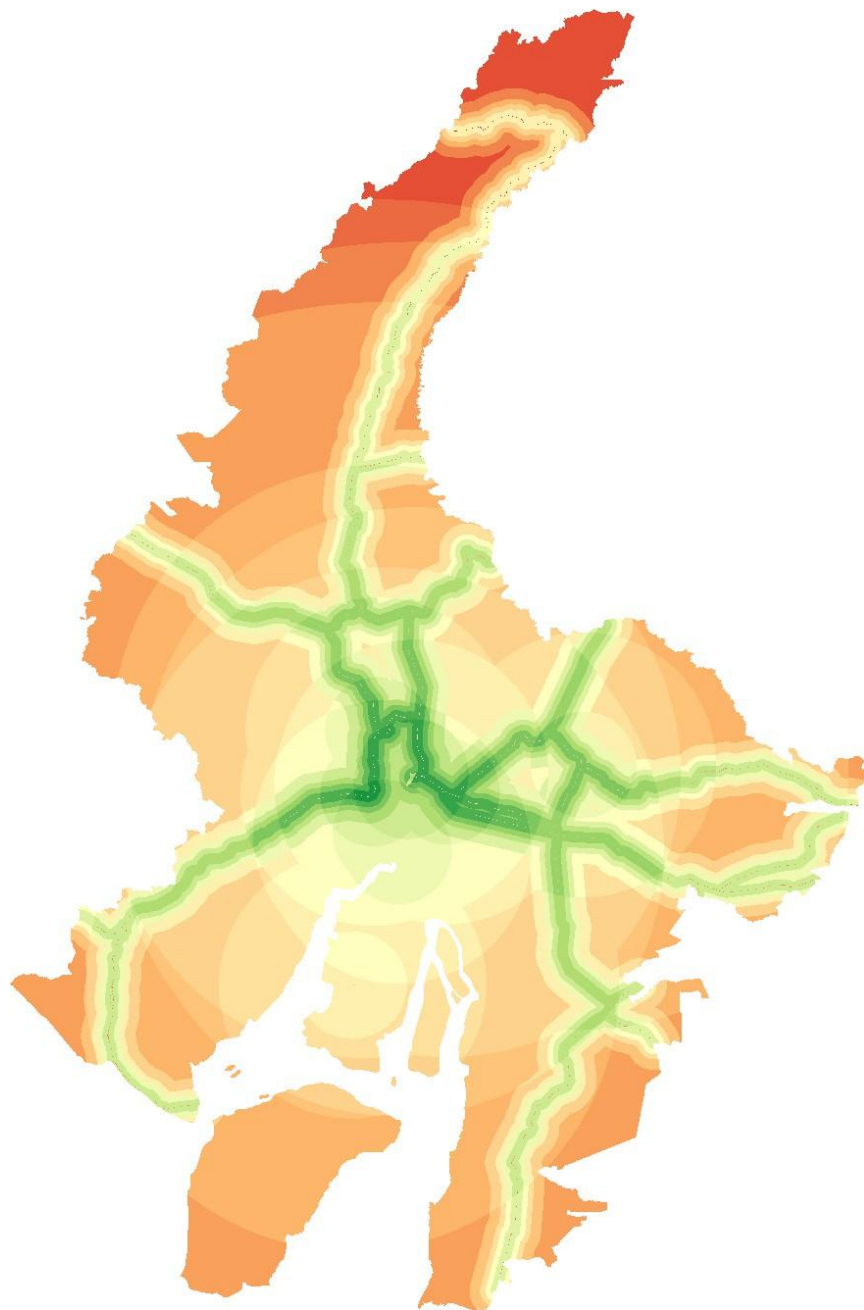
Capa ráster de idoneidad para el grupo población e infraestructura.



Nota: Elaboración propia.

Figura 30.

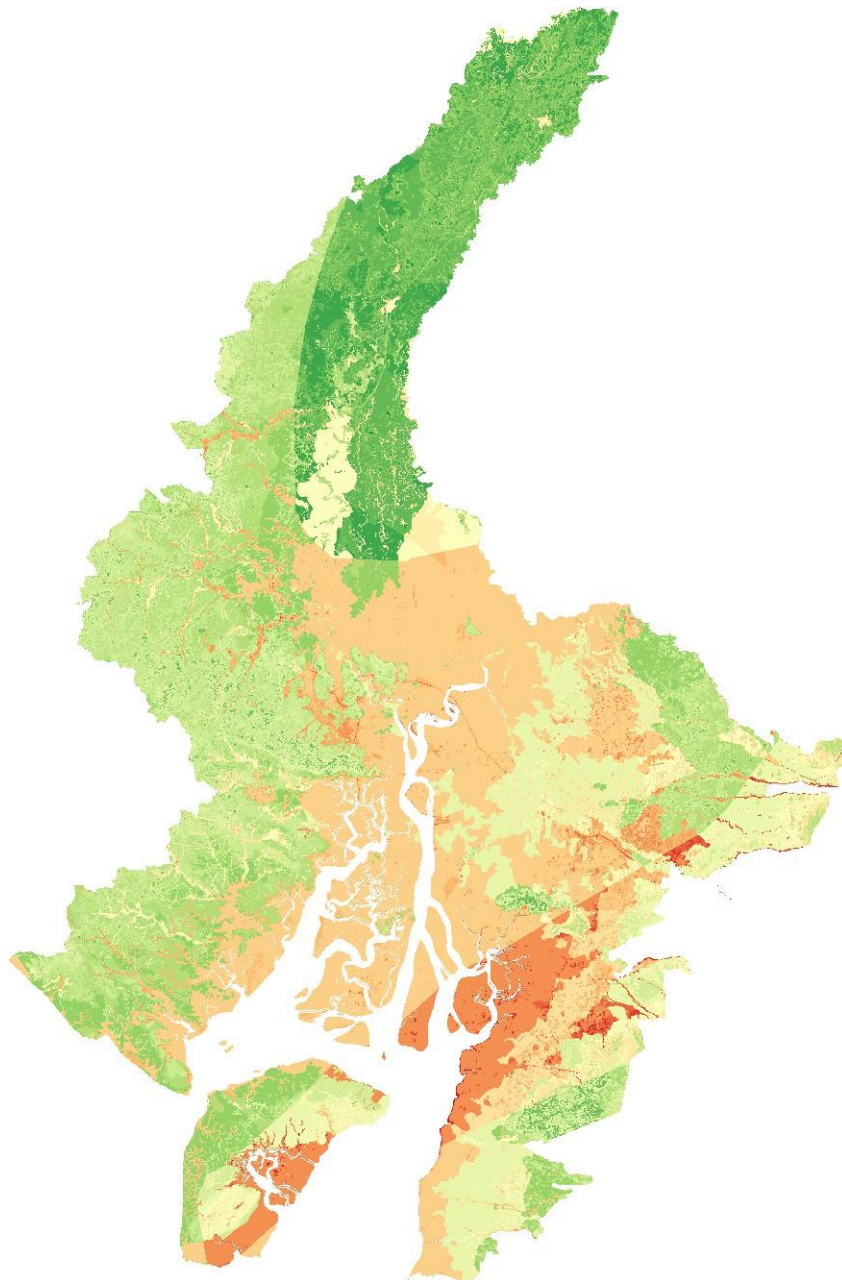
Capa ráster de idoneidad para el grupo conectividad.



Nota: Elaboración propia.

Figura 31.

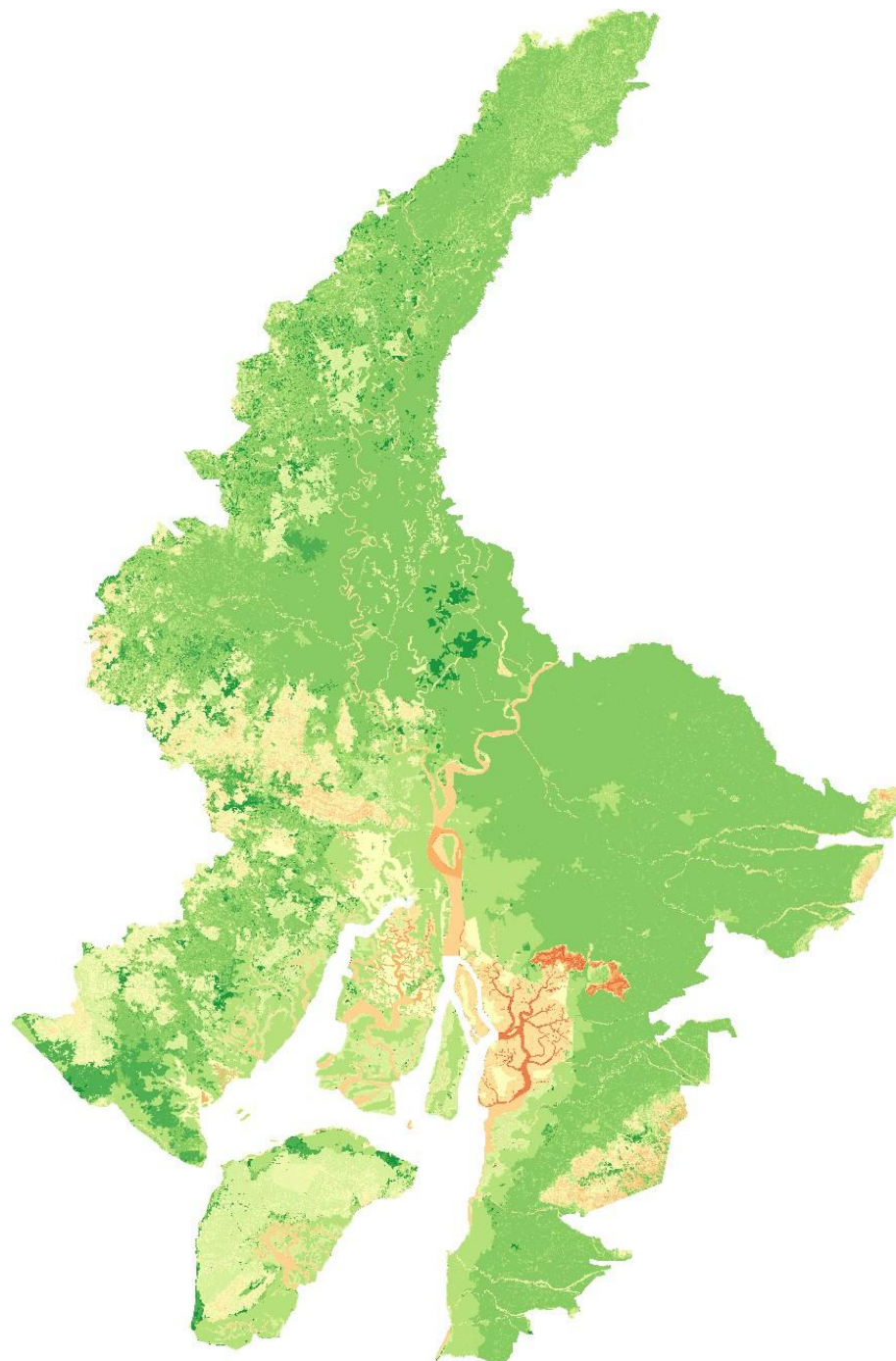
Capa ráster de idoneidad para el grupo Amenazas y riesgos.



Nota: Elaboración propia.

Figura 32.

Capa ráster de idoneidad para el grupo físico ambiental.



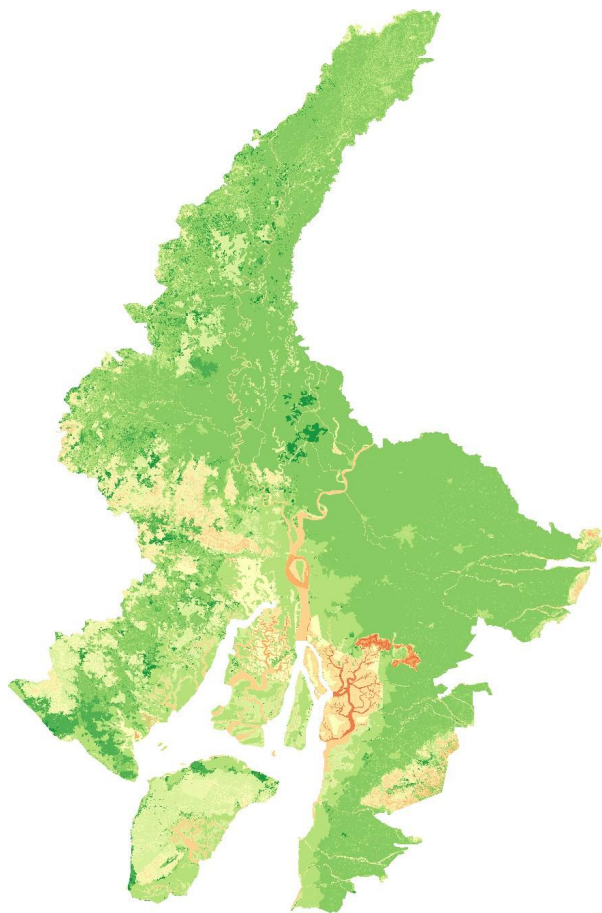
Nota: Elaboración propia.

8.3. Capa Ráster Final de Idoneidad

Como ya explicamos en el apartado metodológico, el paso definitivo consistió en unir las cuatro capas ráster de los grupos (G1, G2, G3 y G4) en una sola y al cruzar todas estas variables, se generó la capa ráster final de idoneidad, donde el color verde oscuro nos muestra directamente las zonas que son óptimas para el proyecto, mientras que las áreas teñidas de rojo representan las zonas no óptimas que quedan descartadas.

Figura 33.

Capa ráster final de idoneidad para la provincia del Guayas.



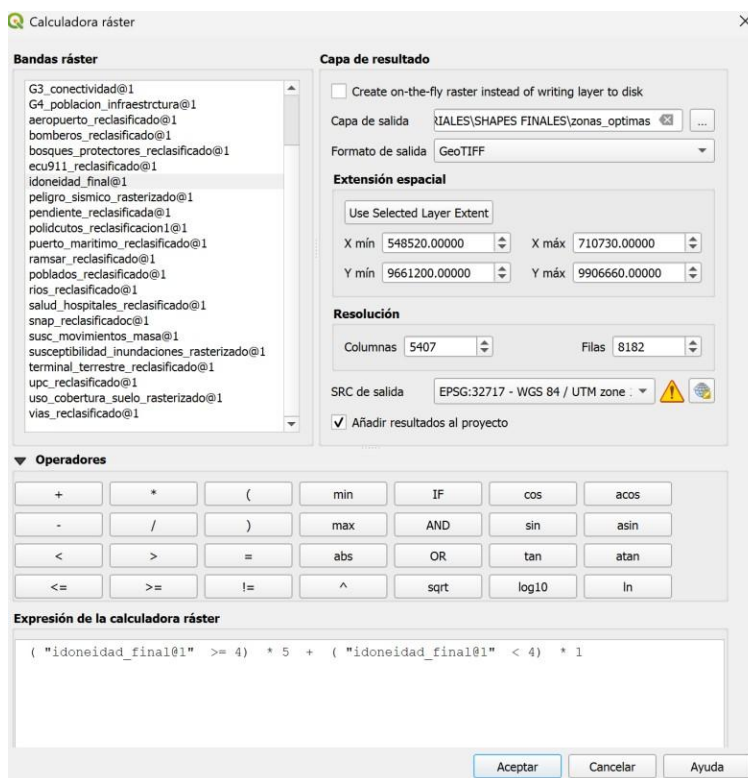
Nota: Elaboración propia.

8.4. Transformación del Modelo de Idoneidad y Vectorización

Para aislar únicamente las áreas con mayor viabilidad técnica, procedimos a reclasificar el ráster de idoneidad final hacia un modelo binario. En la Calculadora Ráster introducimos la expresión $(\text{"idoneidad_final@1"} \geq 4) * 5 + (\text{"idoneidad_final@1"} < 4) * 1$. Esto nos permitió asignar el valor óptimo de 5 a todas las celdas con puntajes superiores a 4, y descartar el resto dándoles un valor de 1.

Figura 34.

Transformación del modelo de idoneidad al modelo binario.



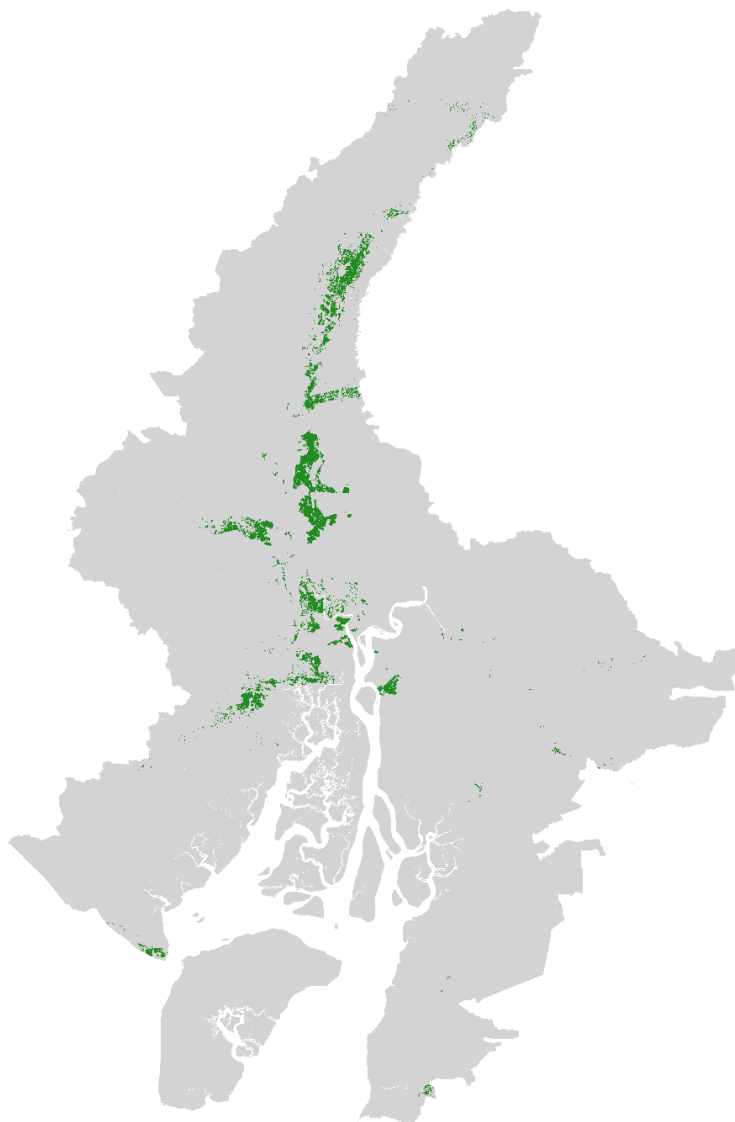
Nota: Elaboración propia.

Posteriormente, aplicamos un geoproceto de conversión de capa ráster a vectorial (polígonos). Al obtener la capa vectorial, filtramos la tabla de atributos para conservar

solo los polígonos con valor 5 y creamos un nuevo campo en la tabla de atributos para calcular el área en hectáreas de cada mancha espacial resultante.

Figura 35.

Extracción vectorial de las zonas con idoneidad óptima en la provincia del Guayas.



Nota: Elaboración propia.

8.5. Cálculo del Índice de Compacidad (Forma)

Al transformar el modelo ráster a formato vectorial, se generan geometrías muy variadas. A menudo aparecen polígonos que heredan un alto valor de idoneidad, pero cuya forma es muy reducida o irregular donde constructivamente sería inviable realizar la infraestructura del COE.

Para evaluar la dimensión espacial de cada terreno, creamos el campo forma utilizando la Calculadora de Campos donde aplicamos la fórmula de compacidad de Gravelius: $\text{perimeter}(\$geometry) / (2 * \text{sqrt}(\text{pi}() * \$area))$, que relaciona el perímetro y el área de la geometría.

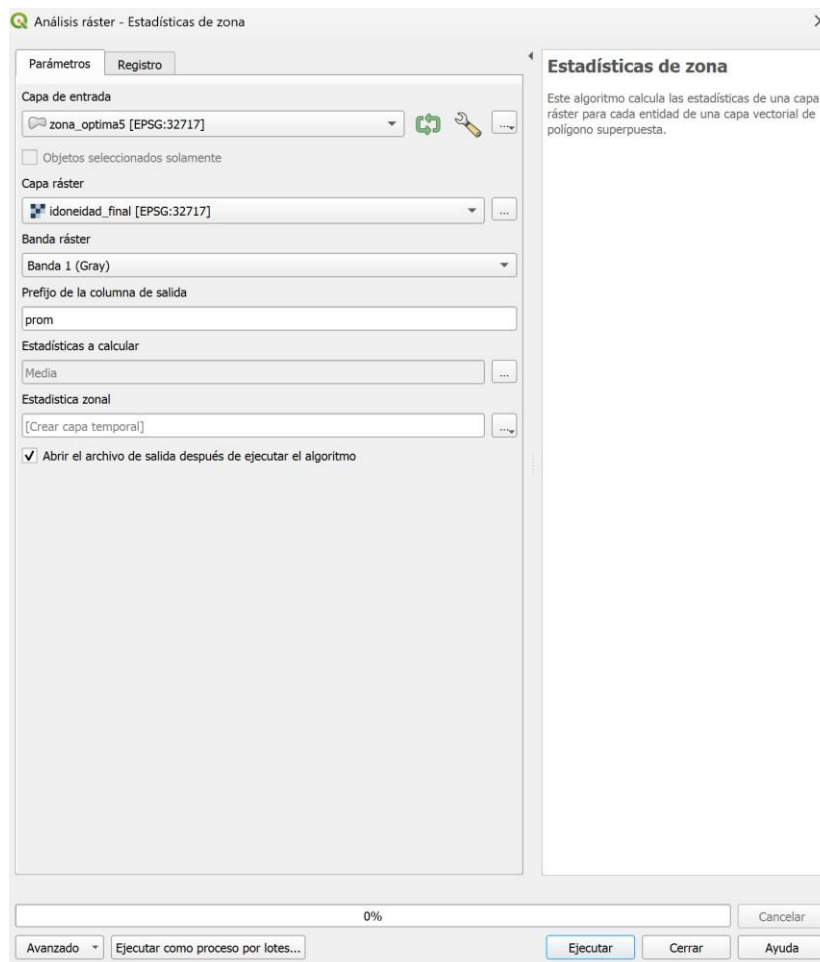
De acuerdo a la fórmula de Gravelius, los valores cercanos al valor de 1 indican formas más regulares y compactas, mientras que los valores superiores a 1 evidencian polígonos alargados o distorsionados que deben ser descartados.

8.6. Cálculo del Promedio de Idoneidad por Polígono

Una vez definidos los polígonos, requeríamos extraer el valor medio de idoneidad que el modelo ráster calculó para esas áreas. Para ello, ejecutamos la herramienta Estadísticas de Zona, la cual superpone la capa vectorial sobre el ráster final y calcula la media aritmética de los píxeles contenidos dentro de cada parcela, almacenando este resultado estadístico en el nuevo campo prommean.

Figura 36.

Extracción del promedio de idoneidad utilizando la herramienta Estadísticas de Zona.



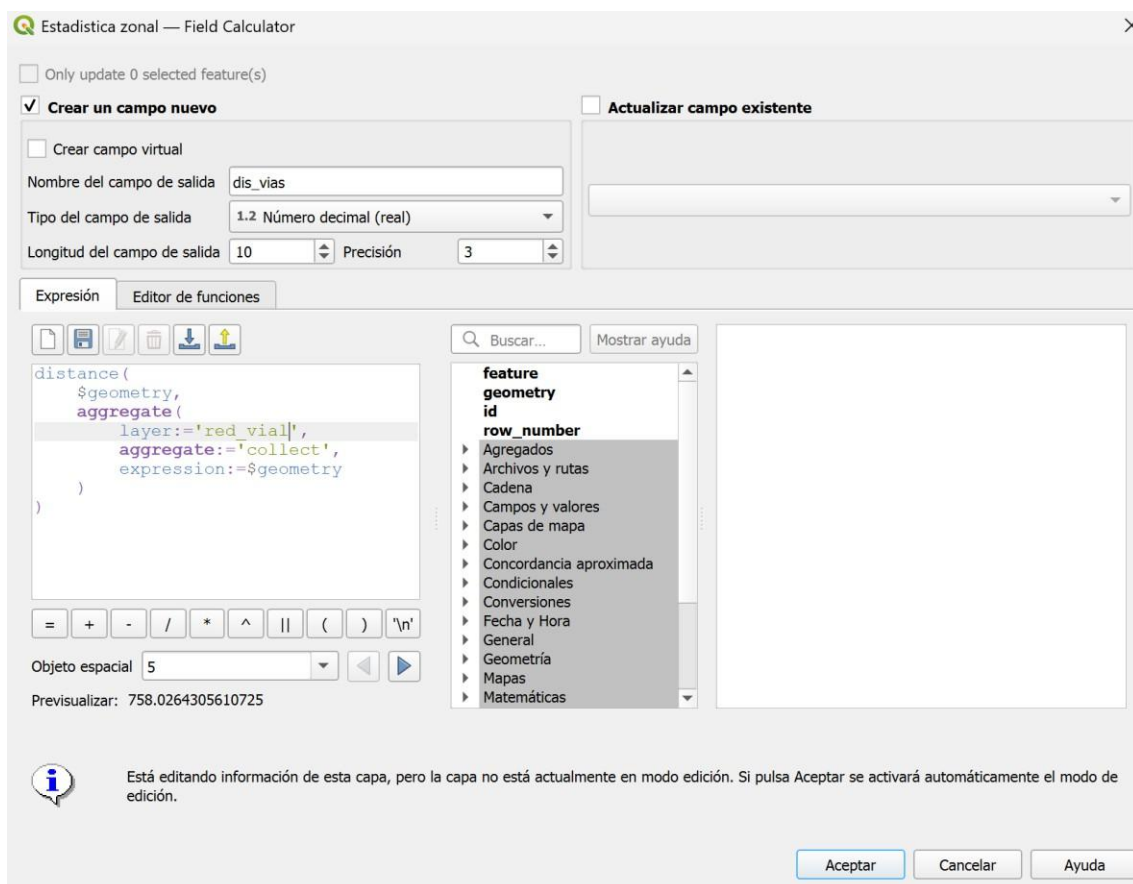
Nota: Elaboración propia.

8.7. Cálculo de Distancia a la Red Vial

Para que un COE-P este operativo depende de su tiempo de respuesta. Por este motivo, era fundamental determinar la distancia exacta entre cada área evaluada y la red vial estatal. Utilizando nuevamente la Calculadora de Campos, creamos la variable `dis_vias` e ingresamos la formula espacial de la figura 37.

Figura 37.

Cálculo espacial de distancias hacia la red vial estatal.



Nota: Elaboración propia.

8.8. Criterios de Selección y Filtrado

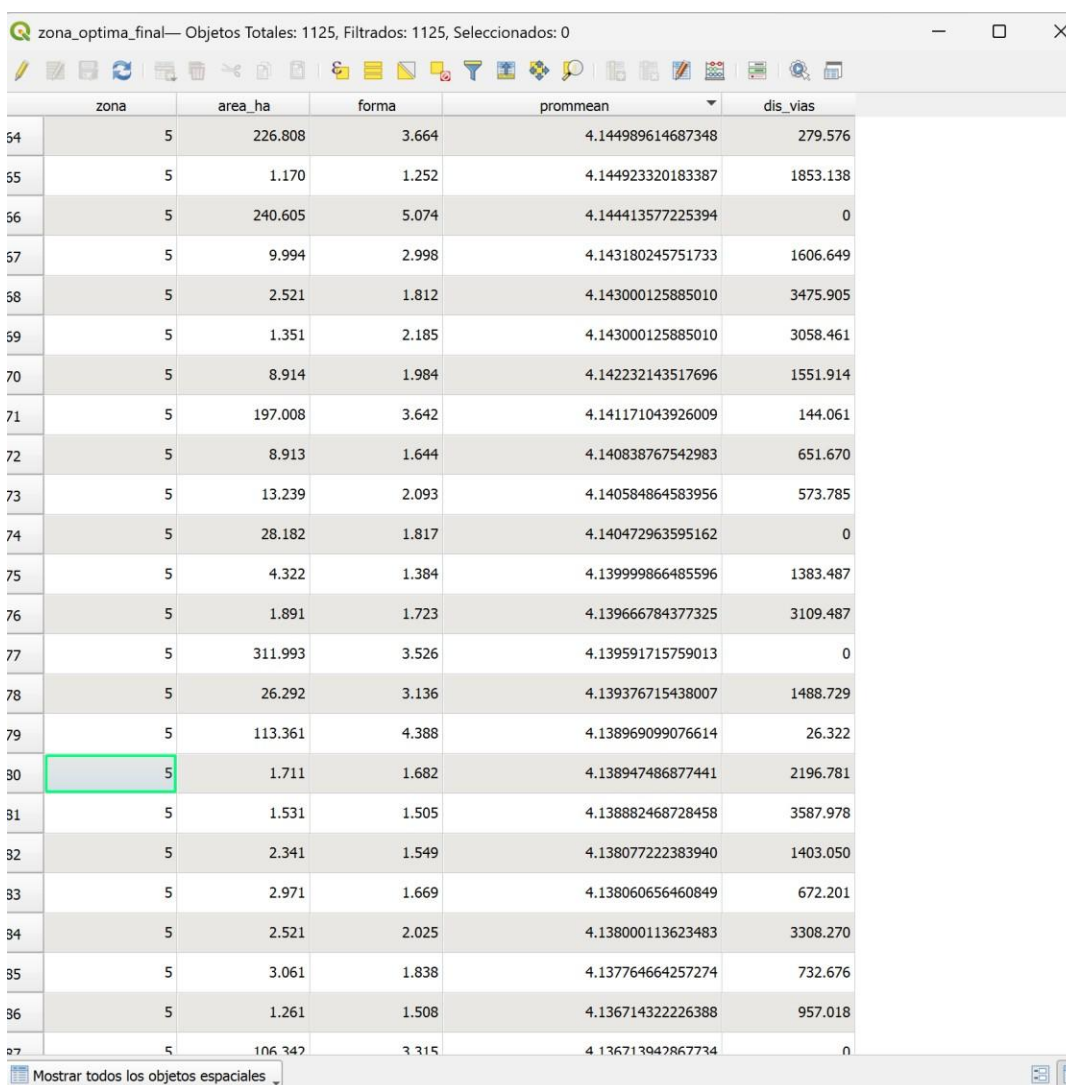
Con la tabla de atributos consolidada y las variables métricas calculadas (área, forma, promedio y distancia vías), procedimos a depurar la información mediante filtros para descartar las áreas no idóneas.

8.8.1. Primer filtro

Para este primer filtro eliminamos las superficies menores a 1 hectárea, garantizando así el requerimiento de espacio mínimo para la ubicación del COE-P. Tras aplicar este criterio base, nos quedaron 1,125 zonas optimas potenciales.

Figura 38.

Tabla de atributos tras aplicar el filtro de área mínima.



	zona	area_ha	forma	prommean	dis_vias
54	5	226.808	3.664	4.144989614687348	279.576
55	5	1.170	1.252	4.144923320183387	1853.138
56	5	240.605	5.074	4.144413577225394	0
57	5	9.994	2.998	4.143180245751733	1606.649
58	5	2.521	1.812	4.143000125885010	3475.905
59	5	1.351	2.185	4.143000125885010	3058.461
70	5	8.914	1.984	4.142232143517696	1551.914
71	5	197.008	3.642	4.141171043926009	144.061
72	5	8.913	1.644	4.140838767542983	651.670
73	5	13.239	2.093	4.140584864583956	573.785
74	5	28.182	1.817	4.140472963595162	0
75	5	4.322	1.384	4.139999866485596	1383.487
76	5	1.891	1.723	4.139666784377325	3109.487
77	5	311.993	3.526	4.139591715759013	0
78	5	26.292	3.136	4.139376715438007	1488.729
79	5	113.361	4.388	4.138969099076614	26.322
90	5	1.711	1.682	4.138947486877441	2196.781
81	5	1.531	1.505	4.138882468728458	3587.978
82	5	2.341	1.549	4.138077222383940	1403.050
83	5	2.971	1.669	4.138060656460849	672.201
84	5	2.521	2.025	4.138000113623483	3308.270
85	5	3.061	1.838	4.137764664257274	732.676
86	5	1.261	1.508	4.136714322226388	957.018
87	5	106.347	3.315	4.136713942867734	0

Nota: Elaboración propia.

8.8.2. Segundo filtro

A las zonas resultantes les aplicamos una restricción de diseño utilizando el índice de compacidad donde conservamos únicamente las áreas que cumplieran con la condición "forma" ≤ 1.5 , esto permitió descartar todas las anomalías geométricas y terrenos excesivamente alargados, reduciendo a 307 áreas morfológicamente optimas.

Figura 39.

Tabla de atributos tras aplicar el filtro de índice de compacidad.

	zona	area_ha	forma	prommean	dis_vias
1	5	2.251	1.467	065999984741211	222.963
2	5	2.431	1.303	022999763488771	342.187
3	5	2.611	1.466	070000171661377	2144.714
4	5	1.080	1.140	019999980926514	1725.346
5	5	1.440	1.410	059999942779541	121.032
5	5	1.080	1.140	059166630109151	1939.291
7	5	1.620	1.197	022999763488771	235.078
3	5	1.891	1.477	063000202178955	374.009
9	5	3.421	1.464	022999763488771	114.330
10	5	1.710	1.294	022999763488771	25.297
11	5	1.080	1.140	065000057220459	85.585
12	5	1.350	1.457	022999763488771	91.102
13	5	1.981	1.443	069636561653831	548.921
14	5	1.170	1.408	022999763488771	366.048
15	5	3.601	1.427	022999763488771	128.838
16	5	1.621	1.330	017666737238567	603.811
17	5	1.350	1.311	037666416168214	626.944
18	5	1.531	1.231	086294202243581	355.002
19	5	1.350	1.457	042999744415283	833.659
20	5	1.800	1.261	019999980926514	1366.263
21	5	1.710	1.294	042999744415283	234.663
22	5	2.701	1.339	108999903996786	109.334
23	5	1.080	1.140	042999744415283	672.886
24	5	1.350	1.311		704.523

Nota: Elaboración propia.

8.8.3. Tercer filtro

Para este filtro aplicamos la condición que la extensión de las áreas resultantes vaya entre 1 y 10 hectáreas. A la par, aplicamos el criterio que la distancia hacia la vía principal no podía superar los 500 metros, asegurando así una capacidad de respuesta y despliegue inmediato. La fórmula aplicada fue "area_ha" <= 10 AND "dis_vias" <= 500. El resultado de este geoproceto descartó la mayor parte de las opciones, consolidando 86 zonas perfectamente dimensionadas y ubicadas.

Tabla 9

Consolidado de las zonas viables tras el filtrado logístico y espacial.

FID	area_ha	forma	prommean	dis_vias
1	7.203	1.387	4.216375	0
2	4.232	1.316	4.16	342.352
3	2.522	1.492	4.1465	495.514
4	1.891	1.477	4.128286	233.336
5	1.261	1.357	4.1195	186.9
6	2.701	1.339	4.109	109.334
7	2.16	1.382	4.108	64.291
8	1.891	1.231	4.1	146.966
9	3.152	1.43	4.088914	20.768
10	1.531	1.231	4.086294	355.002
11	1.62	1.197	4.086111	123.408
12	2.431	1.303	4.085333	494.473
13	6.843	1.488	4.076	268.64
14	1.621	1.197	4.076	9.42
15	1.621	1.197	4.0725	125.582
16	3.782	1.393	4.071	255.766
17	1.711	1.423	4.070474	0
18	1.711	1.423	4.067	0
19	2.251	1.467	4.066	222.963
20	1.08	1.14	4.065	85.585
21	1.62	1.197	4.063556	494.067
22	1.891	1.477	4.063	374.009
23	1.44	1.41	4.06	121.032
24	2.701	1.442	4.056	491.411
25	1.261	1.357	4.056	0
26	1.441	1.41	4.05475	166.127

27	4.592	1.422	4.054686	136.52
28	2.611	1.362	4.054	177.23
29	1.351	1.311	4.051667	3.59
30	1.171	1.408	4.051	22.605
31	1.261	1.357	4.051	16.137
32	2.251	1.354	4.05	256.771
33	1.801	1.261	4.05	6.218
34	1.171	1.252	4.049692	165.003
35	1.62	1.197	4.048	251.769
36	1.71	1.294	4.043	234.663
37	1.8	1.261	4.043	37.382
38	1.17	1.408	4.043	448.177
39	1.081	1.465	4.042833	197.969
40	1.621	1.462	4.037	316.392
41	1.08	1.14	4.036	84.219
42	3.061	1.354	4.035	225.212
43	1.081	1.14	4.034	273.336
44	1.26	1.357	4.033	315.452
45	1.08	1.303	4.033	222.907
46	1.62	1.197	4.033	266.683
47	2.34	1.438	4.033	0
48	1.62	1.197	4.033	225.327
49	1.261	1.206	4.031	0.193
50	1.711	1.423	4.031	496.627
51	1.801	1.387	4.02995	368.389
52	1.89	1.477	4.028	32.284
53	1.171	1.408	4.027462	71.961
54	1.351	1.311	4.026	0
55	2.071	1.411	4.026	0
56	1.891	1.231	4.026	17.714
57	5.672	1.492	4.026	101.046
58	1.981	1.443	4.026	0
59	3.511	1.445	4.026	410.035
60	1.081	1.303	4.026	171.874
61	1.35	1.311	4.025933	491.435
62	2.431	1.303	4.023	342.187
63	1.62	1.197	4.023	235.078
64	3.421	1.464	4.023	114.33
65	1.71	1.294	4.023	25.297
66	1.35	1.457	4.023	91.102
67	1.17	1.408	4.023	366.048
68	3.601	1.427	4.023	128.838
69	4.86	1.382	4.023	0
70	2.521	1.386	4.021	0
71	2.7	1.339	4.016	253.116

72	1.53	1.368	4.016	239.883
73	8.64	1.44	4.016	87.463
74	1.08	1.303	4.014333	114.435
75	2.251	1.466	4.011	310.346
76	1.621	1.197	4.011	203.838
77	1.26	1.357	4.011	362.694
78	1.26	1.357	4.011	291.059
79	2.071	1.176	4.011	278.59
80	2.341	1.328	4.006	40.762
81	2.341	1.438	4.006	201.695
82	3.602	1.249	4.006	283.408
83	1.351	1.311	4.006	8.326
84	1.621	1.197	4.006	55.207
85	1.621	1.197	4.006	268.307
86	1.621	1.329	4.001	233.535

Nota: Elaboración propia

8.9. Selección Definitiva de las Alternativas Óptimas (Top 3)

Al contar con 86 alternativas que superaron todas las restricciones espaciales y de conectividad, procedimos a jerarquizarlas basándonos en su promedio de idoneidad (prommean) donde las zonas con los promedios más altos mostraron una excelente coincidencia estratégica, situándose cerca de la red vial y de las zonas urbanas.

Como paso final, realizamos una validación visual apoyándonos en el mapa base satelital de Google, esto permitió descartar aquellas alternativas que, pese a tener un alto puntaje estadístico, coincidían con viviendas o infraestructuras preexistentes. Tras esta verificación técnica, se definieron los 3 sitios óptimos definitivos con los mejores promedios de idoneidad.

Tabla 10

Top 3 de ubicaciones óptimas para la implementación del COE Provincial.

Alternativa Validada	Ubicación (Cantón)	Área (ha)	Distancia a Vía (m)	Idoneidad
Opción 1	Palestina	4.23 ha	342.35	4.16
Opción 2	Balzar	1.26 ha	186.90	4.12
Opción 3	El Empalme	2.70 ha	109.33	4.11

Nota: Elaboración propia

9. DISCUSIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Tras evaluar las tres ubicaciones finalistas que superaron todos los filtros espaciales y logísticos, el análisis técnico determina que la Opción 1, ubicada en el cantón Palestina, es la alternativa óptima y definitiva para la construcción del Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) del Guayas.

El cantón Palestina a nivel territorial y geográfico presenta características que respaldan de manera contundente los resultados de nuestro modelo espacial ya que se encuentra ubicado en el centro norte de la provincia del Guayas y a una distancia aproximada de 80 kilómetros de la ciudad de Guayaquil, cuenta con una población de 18.019 habitantes según el censo del año 2022 (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2023). Su densidad poblacional representa una ventaja táctica invaluable, ya que ofrece un entorno urbano no saturado lo que es ideal para evitar los cuellos de botella logísticos, sumado a que el cantón funciona como un corredor estratégico que enlaza a Guayas con la provincia de Los Ríos mediante la intersección de la red vial estatal E48 y la E484. Además, su morfología se caracteriza por ser una llanura plana (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Palestina, 2023), lo cual corrobora directamente la alta viabilidad constructiva que nuestro modelo detectó en la variable de pendientes.

Esta recomendación no se basa únicamente en que el predio posee unos de los valores medio de idoneidad más alto del modelo (4.16 sobre 5), sino en una ventaja operativa indiscutible frente a las otras alternativas que es su capacidad espacial ya que posee una extensión de 4.23 hectáreas, superando ampliamente a los de Balzar (1.26 ha) y El Empalme (2.70 ha). Esta holgura territorial es vital para la infraestructura

de un COE-P, ya que permite proyectar un diseño que incluya no solo el edificio administrativo, sino también plataformas de aterrizaje para helicópteros, parqueaderos, galpones para maquinaria pesada y amplias zonas de maniobra para el acopio de ayuda humanitaria, cumpliendo estrictamente con los requerimientos del Manual del Comité de Operaciones de Emergencia (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2017).

La variable de conectividad confirma la superioridad logística de este predio, aunque la Opción 3 (El Empalme) se encuentra a tan solo 109.3 metros de la red vial, la cercanía tan extrema a una vía principal puede resultar perjudicial ante accidentes de tránsito o bloqueos que comprometan el acceso. El terreno de Palestina, al ubicarse a 342.35 metros de la vía principal, goza de un "aislamiento preventivo" ya que esta distancia actúa como una zona de amortiguamiento que aísla al centro de mando del caos vehicular, pero al mismo tiempo garantiza que los vehículos de rescate alcancen la vía de despliegue principal en cuestión de segundos hacia cualquier punto del corredor norte de la provincia.

Finalmente, al superponer esta área con los submodelos de amenazas y riesgos, se valida que el terreno se asienta sobre una zona segura, evitando la susceptibilidad a inundaciones, manteniéndose lejos de los peligros sísmicos y fuera de los radios de peligro de los poliductos. En conclusión, el predio en el cantón Palestina representa el equilibrio técnico perfecto entre ubicación estratégica, seguridad estructural y capacidad de respuesta inmediata para la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en la provincia de Guayas.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Conclusiones

- La integración del Análisis Multicriterio (AMC) con los Sistemas de Información Geográfica demostró ser la metodología idónea para desarrollar este proyecto ya que se logró cruzar y estandarizar todas las variables de distinta naturaleza, dándole el peso lógico que exige la gestión de emergencias: priorizamos la seguridad frente a las amenazas (35%) y la viabilidad físico-ambiental del terreno (25%), asegurando que el modelo no busque simplemente terrenos vacíos, sino terrenos verdaderamente seguros.
- A nivel técnico, se comprobó que la superposición matemática usando capas ráster por sí sola es insuficiente para tomar decisiones definitivas ya que el verdadero filtro fue la depuración vectorial. Exigir un área mínima de 1 hectárea, aplicar la fórmula de Gravelius para descartar terrenos irregulares ($\text{forma} \leq 1.5$) y poner un límite logístico de 500 metros hacia las vías principales, fue lo que nos permitió aterrizar los datos y pasar de 1,125 polígonos iniciales a un grupo altamente selecto de 86 parcelas viables.
- El proceso de validación visual en Google Earth fue un paso insustituible ya que durante la inspección descubrimos que el modelo matemático puede darle una calificación casi perfecta a un terreno que en la realidad ya alberga viviendas, por lo que descartar manualmente estos predios garantizó que las alternativas

finales estén totalmente despejadas, evitando futuros problemas legales o expropiaciones costosas.

- El modelo determinó que la parcela ubicada en el cantón Palestina (Opción 1) es el sitio óptimo para la ubicación del COE-P, logrando el mayor nivel de idoneidad (4.16). Su extensión holgada de 4.23 hectáreas asegura la capacidad modular exigida por la normativa, y su separación de 342.3 metros respecto a la vía estatal le confiere una franja de protección inmejorable para evadir la congestión, manteniendo intacta su capacidad de despliegue.

10.2. Recomendaciones

- Desde una perspectiva metodológica, es indispensable reconocer que este modelo fue estructurado con cartografía 1:50.000, al ser una escala de planificación regional, no detecta variaciones topográficas y geológicas del predio. Por este motivo, se recomienda obligatoriamente ejecutar una verificación técnica in situ, realizando levantamientos topográficos a detalle y estudios de mecánica de suelos antes de iniciar cualquier fase de diseño o construcción civil.
- Se recomienda a las instituciones que generan información espacial (como el IGM, Ministerios y GAD) que mantengan un proceso de actualización continua y de libre acceso de sus capas geográficas oficiales. Durante la investigación se evidenció que la disponibilidad de datos recientes suele ser un cuello de botella; por lo tanto, si las instituciones garantizan geodatabases actualizadas, se facilitará enormemente la ejecución de futuros modelamientos espaciales,

asegurando que los resultados y las decisiones estratégicas estén 100% apegados a la realidad territorial del momento.

- Finalmente, se recomienda a la Secretaría de Gestión de Riesgos adoptar esta estructura metodológica de Ponderación Jerárquica y filtrado espacial como un estándar técnico. Este flujo de trabajo puede ser replicado sin problemas para justificar de manera objetiva la ubicación de futuros COEs, cuarteles de bomberos u hospitales en cualquier otra provincia del país.

11. BIBLIOGRAFÍA

Borouhaki, S., & Malczewski, J. (2010). Using the fuzzy majority approach for GIS-based multicriteria group decision-making. *Computers & Geosciences*, 302-312. doi:<http://doi.org/10.1016/j.cageo.2009.05.011>

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Palestina. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Palestina 2023-2027*. Canton Palestina:GAD Municipal de Palestina. Obtenido de <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=7db75b2d33bf0086c85c4aa30727995a1412d5501ff1c435b9f16d51a3afba19JmltdHM9MTc3MzcwNTYwMA&pfn=3&ver=2&hsh=4&fcid=1b632910-8469-634e-23c53a7085ba6235&u=a1aHR0cHM6Ly9wYWxl3RpbmEuZ29iLmVjLw&ntb=1>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023). *Censo Ecuador*. Obtenido de Censo Ecuador: <https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2023/09/InfoNacionalDatos.pdf>

Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley & Sons. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=2Zd54x4_2Z8C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2016). *Plan Estratégico de Movilidad (PEM) 2013-2037*. Quito. Obtenido de https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Plan_Estrategico-de-Movilidad.pdf

Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. Obtenido de <https://volaya.github.io/libro-sig/>

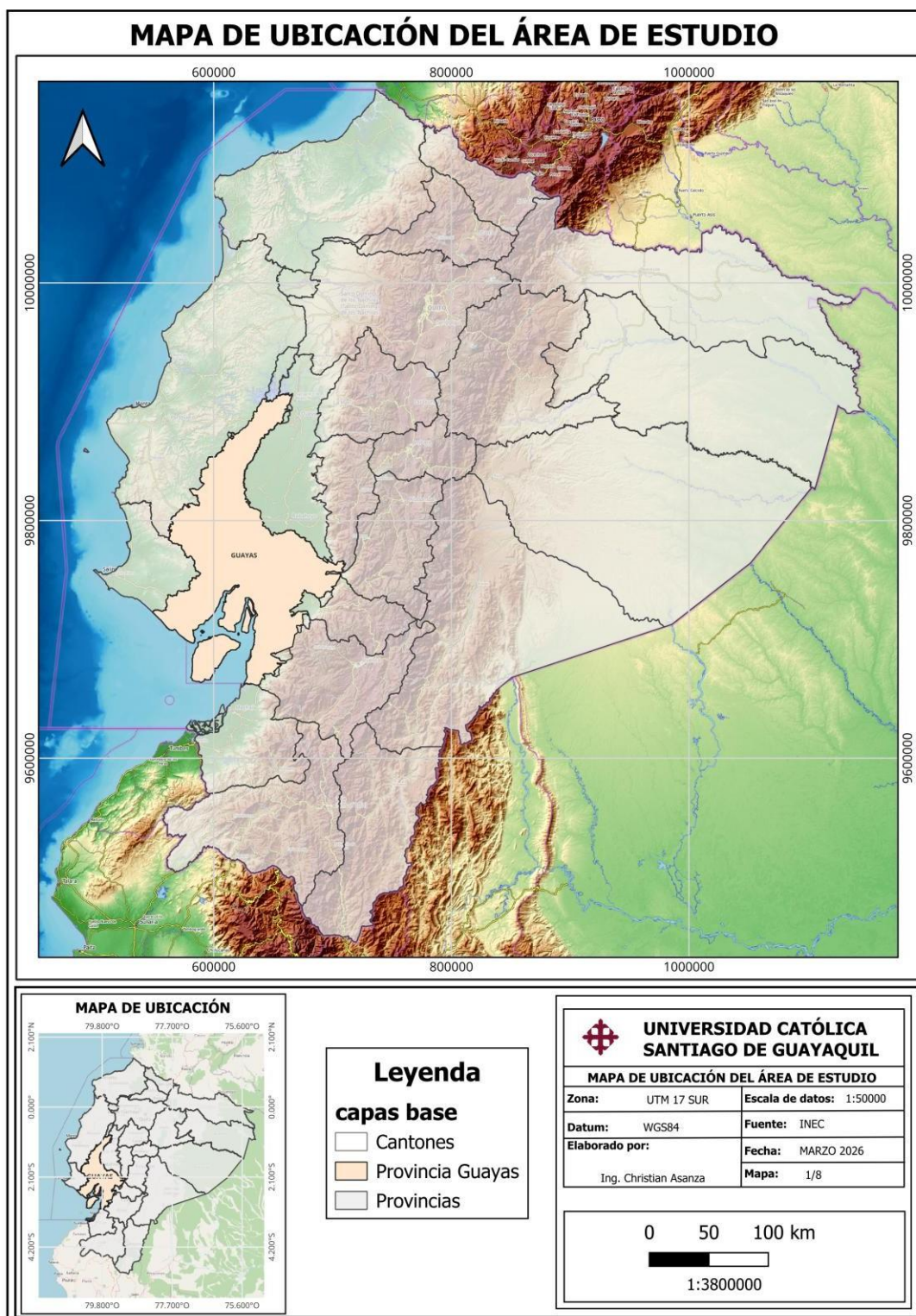
Rikalović, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. (2014). GIS Based Multi-criteria Analysis for Industrial Site Selection. *Procedia Engineering*, 1054-1063. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814003361>

Secretaría de Gestión de Riesgos. (2017). *Manual del Comité de Operaciones de Emergencias*. Guayaquil: Secretaría de Gestión de Riesgos. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/09/Manual-del-COE.pdf>

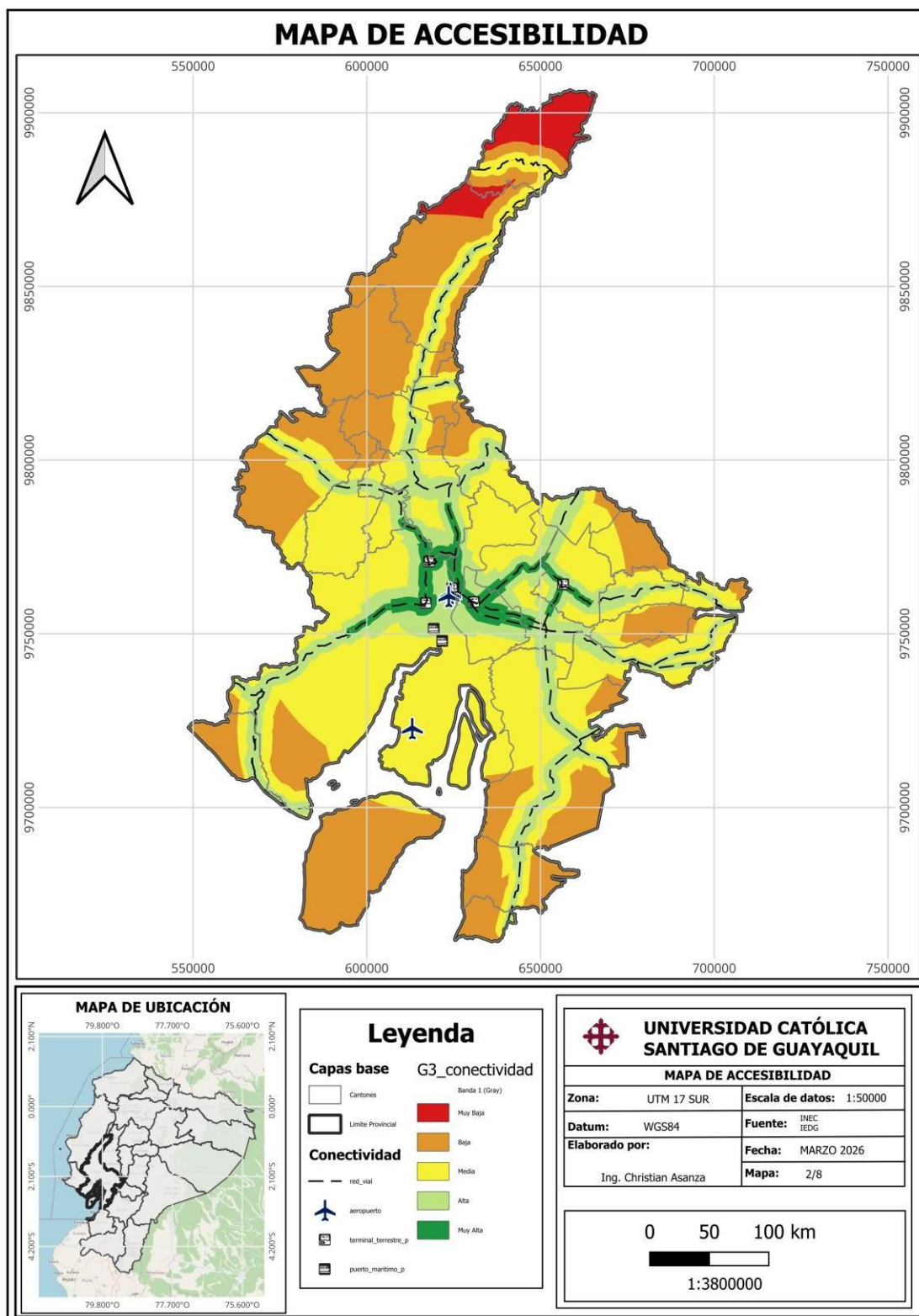
UNISDR. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra. Obtenido de https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

12. ANEXOS

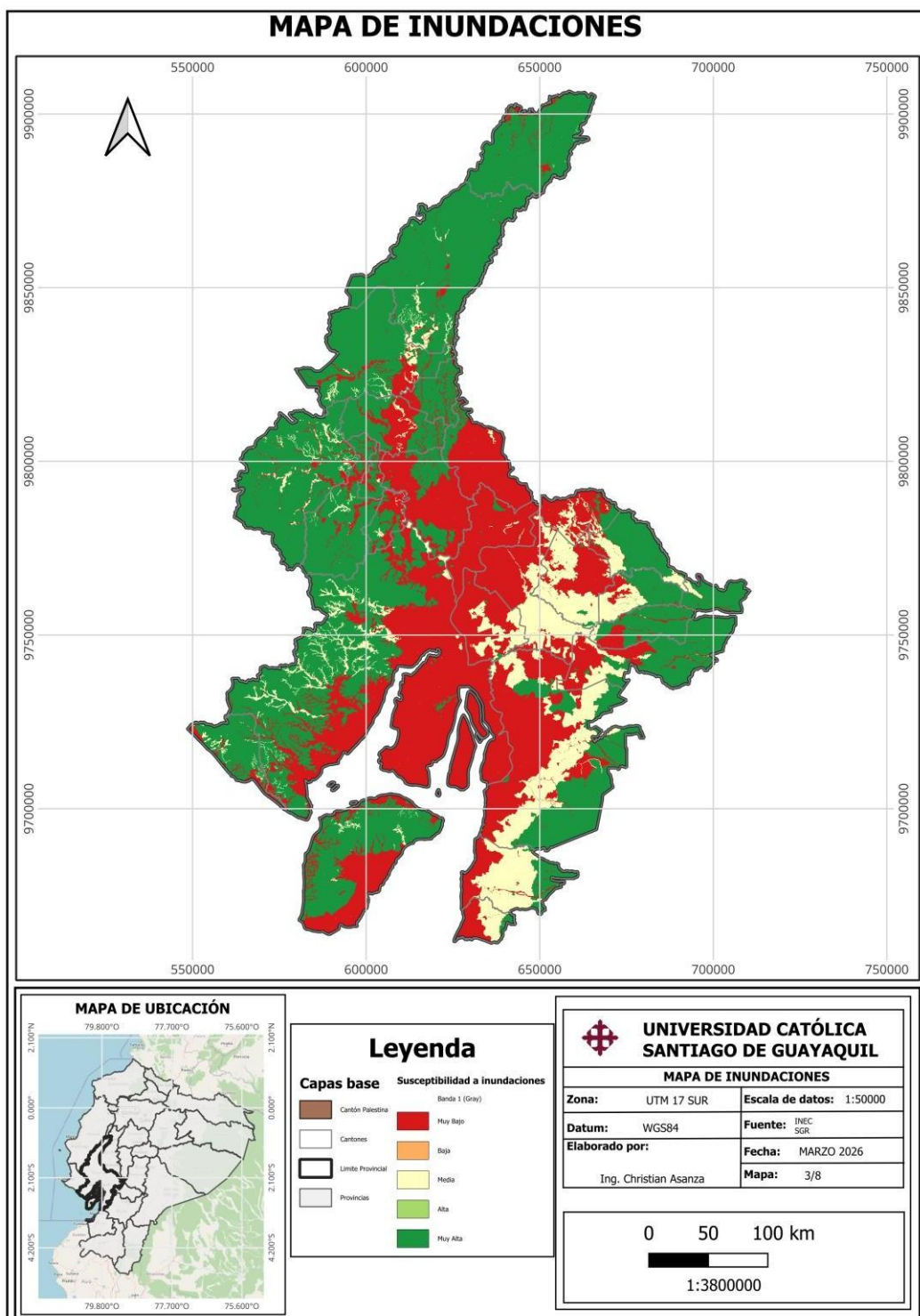
Anexo 1. Mapa de ubicación del área de estudio.



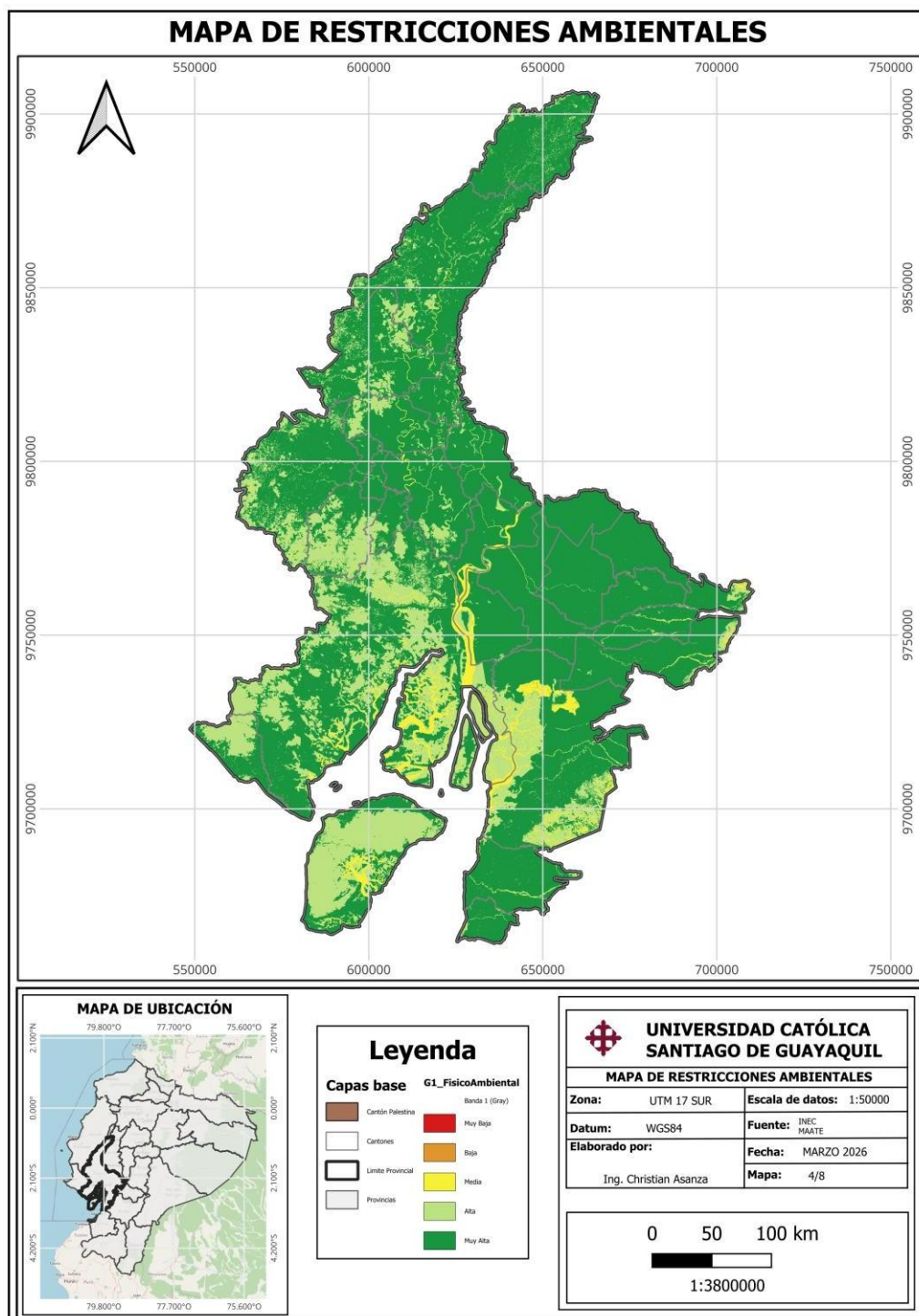
Anexo 2. Mapa de accesibilidad.



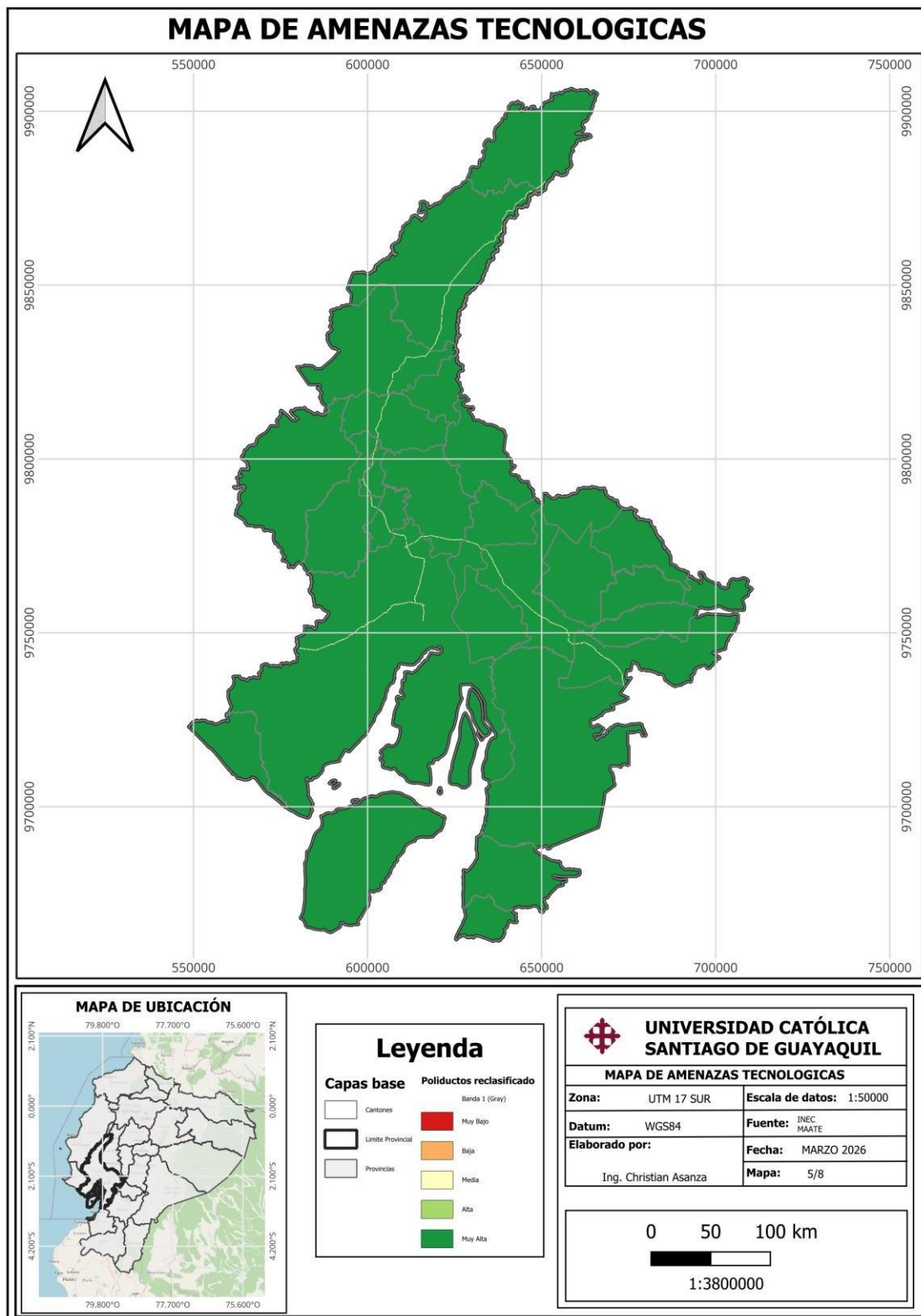
Anexo 3. Mapa de inundaciones.



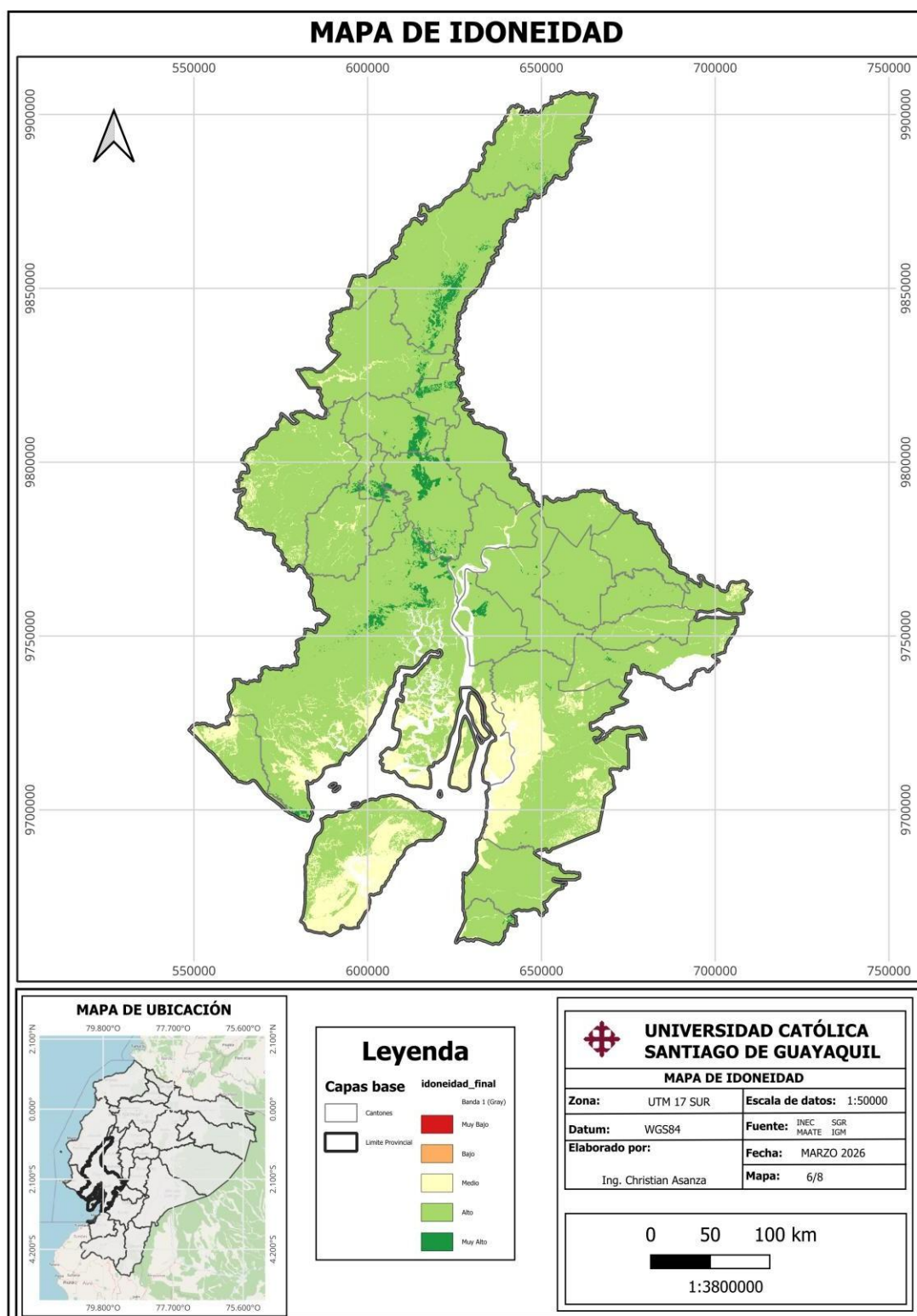
Anexo 4. Mapa de restricciones ambientales.



Anexo 5. Mapa de amenazas tecnológicas.



Anexo 6. Mapa de Idoneidad.



Anexo 7. Mapa de ubicación del COE-P.





Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Christian Stalin Asanza Díaz, con C.C: # 0705397867 autor del trabajo de titulación: *Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando 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, 10 de abril de 2026



Validar Únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:

CHRISTIAN STALIN
ASANZA DIAZ

f. _____

Nombre: Christian Stalin Asanza Díaz

C.C: 0705397867

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).	
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Christian Stalin Asanza Díaz	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Neptalí Armando Echeverría Llumipanta	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
UNIDAD/FACULTAD:	Subsistema 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:	10/04/2026	No. DE PÁGINAS: 78
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de Información Geográfica, Análisis Multicriterio, Gestión de Riesgos, Ordenamiento Territorial, Infraestructura Crítica.	
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Logística de emergencias, riesgos tecnológicos, análisis espacial	
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): El presente trabajo de investigación determina la ubicación óptima para la implementación de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en la provincia del Guayas, ante la presencia de amenazas recurrentes (sismos, inundaciones, incendios, eventos tecnológicos y emergencias sanitarias). El estudio emplea el Análisis Multicriterio (AMC) integrado en Sistemas de Información Geográfica (SIG), metodología que permite la evaluación de alternativas basadas en múltiples criterios espaciales (Malczewski, 1999). Para el desarrollo del modelo, se utilizaron datos geográficos provenientes de instituciones públicas ecuatorianas y repositorios globales. El modelo se analizó mediante un flujo de filtros restrictivos y ponderación jerárquica, donde se evaluó la idoneidad del área de estudio considerando variables de riesgos, conectividad, infraestructura, topografía y uso de suelo. Posteriormente, se aplicó un protocolo de selección booleana para garantizar la viabilidad operativa, filtrando polígonos bajo criterios de superficie (1 a 10 hectáreas), morfología ($Cratio \leq 1.5$) y eficiencia logística (distancia a vías principales ≤ 500 metros). Los resultados permitieron identificar tres alternativas finalistas, validadas mediante inspección satelital, concluyendo que la ubicación seleccionada cumple con los estándares de respuesta rápida y seguridad física exigidos por el Manual del Comité de Operaciones de Emergencias (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2017).		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0984245241	E-mail: christian.asanza@cu.ucsg.edu.ec / christianasanza@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Neptalí Armando Echeverría Llumipanta	
	Teléfono: +593-4-3804600	
	E-mail: neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		