



**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(A):**

**Balda Alvarez, Carlos Eduardo**

**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 Geografo en Gestión Ambiental, Carlos Eduardo Balda Alvarez, 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 13 del mes de marzo 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, **Carlos Eduardo Balda Alvarez**

**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 13 del mes de marzo del año 2026**

**EL AUTOR**



---

**Carlos Eduardo Balda Alvarez**



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

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Carlos Eduardo Balda Alvarez**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Trabajo de titulación 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 13 del mes de marzo del año 2026**

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



---

**Carlos Eduardo Balda Alvarez**



**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

**CONTROL PLAGIO BALDA**  
 ID : 9be02ffd337a741dcec3e43ab8dee0aee92ab038

**8%**  
Textos sospechosos

Nombre del fichero : CONTROL PLAGIO BALDA.txt Tamaño del archivo original : 2,29 MB Número de palabras : 4622 Número de caracteres : 30350	Depositante : Neptali Armando Echeverría Llumipanta Fecha de depósito : 11 de abril de 2026 Tipo de carga : interface fecha de fin de análisis : 11 de abril de 2026
---	---

**Resumen** (sección 1/3)

Localización de los textos sospechosos en el documento :

Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

**Similitudes** <1%

Sintáctica <1% Semántica No medido

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.

**Detección de IA** 7%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.  
 Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.

No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

**Textos entre comillas** 0%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, a pesar de la implementación de políticas, normativa y entes de control para la gestión de riesgo de desastres; el contraste social muestra la falta de una cultura de prevención ante eventos de origen natural o antrópico que podrían causar daños y pérdidas como movimientos en masa, inundaciones, sismos, deforestación, minería y sobreexplotación de recursos naturales principalmente por la falta de educación y capacitación en todos los niveles socioeconómicos, la influencia de la cordillera de los Andes por la colisión de las placas tectónicas convierten al Ecuador en un país mega vulnerable por la amenaza latente de volcanes activos y fallas que atraviesan gran parte del territorio dispuestas a activarse en cualquier momento por cualquier evento sísmico que pueda presentarse (Débora, Mariano-Culqui, Marcos, & Raul-Herrera, 2015).

El uso de sistemas de información geográfica (SIG) ha permitido generar información geoespacial para el diagnóstico, evaluación y análisis de las condiciones del territorio nacional para su gestión y planificación en los distintos niveles de gobierno, tanto para el desarrollo y sus distintos componentes como la gestión de riesgos de desastres para el monitoreo y vigilancia de los distintos eventos presentes en el territorio en la optimización de metas y actividades a corto, mediano y largo plazo (León Borbor & Garcés León, 2025). El acelerado proceso de expansión urbana, el uso inadecuado de recursos y la degradación de las cuencas hidrográficas en su parte alta han deteriorado el medio ambiente generando desafíos relevantes en la gestión territorial, por lo cual, el uso de SIG ayuda en la toma de decisiones al conocer de manera integral todo el territorio (Moran-González & Mogro-Cepeda, 2024).

La toma de decisiones para establecer objetivos viables dentro de una planificación estratégica deriva de un conjunto de criterios que difieren uno del otro por la distribución y complejidad de los datos, el establecimiento de una metodología que permita la vinculación de múltiples criterios que permita definir la prioridad en el establecimiento de las variables implicadas y facilite las conclusiones orientadas al

desarrollo de las de los proyectos. La determinación de un lugar óptimo para el establecimiento de una infraestructura estratégica para la gestión y capacidad de respuesta ante riesgo de amenazas inmiscuye variables ambientales, estructurales y sociales con multi criterios que difieren entre sí; la adopción del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) desarrollado por Thomas Saaty ayuda en la estructuración, medición y síntesis de las alternativas para los problemas de decisión en ambientes adversos (Gómez & Cabrera, 2008).

## **2. PROBLEMÁTICA**

La provincia del Guayas cuenta con una extensión territorial de 15.899,59 ha con una población de 4'391.923 habitantes según el último censo de población y vivienda 2022 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). La lejanía de los asentamientos humanos en las áreas rurales a las zonas urbanas, la alta tasa poblacional y la carencia de políticas para controlar la expansión urbana denotan las falencias institucionales que acrecientan las problemáticas dentro competencia de gestión de riesgo de desastres por la falta de una infraestructura y equipamiento adecuado que ayude a mejorar en la capacidad de respuesta y logística antes un evento de riesgo de desastres.

La provincia del Guayas concentra una parte significativa del aparataje productivo e infraestructura estatal convirtiéndola en un territorio estratégico para el desarrollo de las actividades económicas nacionales, por lo que su interrupción por eventos de inundación u otros fenómenos climáticos generan problemas en la logística, movilidad y distribución de insumos. El condiciones climáticas de estiaje y lluvias han marcado las interrupciones socio económicas y su repercusión con la dinámica comercial en la cadena de transporte, afectando el abastecimiento interno como la exportación de a otras regiones, por lo cual es necesario encontrar alternativas para localizar un sitio óptimo para la construcción un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial como infraestructura para la coordinación, ejecución y monitoreo en la toma de decisiones a escala provincial.

### **3. OBJETIVOS**

#### **4.1. Objetivo general**

Determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG) mediante la metodología de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).

#### **4.2. Objetivos específicos**

- Recopilar, depurar y estandarizar capas geospaciales 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.

### **4. MARCO CONCEPTUAL**

#### **GESTION DE RIESGO**

Los daños y pérdidas ocasionados por fenómenos naturales y antrópicos, especialmente asociados a fenómenos meteorológicos ha aumentado de manera exponencial en los últimos 40 años en los llamados países en vías de desarrollo, esto es debido al aumento poblacional y la construcción de infraestructuras en zonas vulnerables a un evento de riesgo de desastres. En términos generales se puede entender al riesgo como un evento o fenómeno que impacte de manera negativa a una sociedad vulnerable con la probabilidad de causar daños y pérdidas afectando la capacidad de resiliencia y mitigación (Lavell, 2003).

En el marco del Sendai para la reducción de riesgos de desastres establecido por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) se implementan una serie de medidas estructurales y no estructurales enfocadas a la prevención, reducción, mitigación y resiliencia de territorios afectados por amenazas naturales o antrópicas. Las medidas estructurales contienen evaluaciones físicas y técnicas destinadas a disminuir el impacto de daños y pérdidas en la infraestructura, por otro lado, las medidas no estructurales corresponden a políticas públicas, normativas, capacitación en temas de prevención y respuesta e instauración de sistemas de alerta temprana que ayuden a mejorar la capacidad de reacción y respuesta para gestión más eficiente de los recursos (UNDRR, 2015).

### **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Los Sistemas de Información Geográfica aparecieron a finales de la década de los 50 como herramientas tecnológicas orientadas a la planificación y toma de decisiones, John K. Wrigth presenta en su libro "*Element of Cartography*" presentó nuevos enfoques geográficos como base para la formación de los SIG, estos enfoques fueron: 1) necesidad de obtener información geográfica y 2) aparición de hardware y software.

El primer registro de un levantamiento de información con fines de planificación territorial en el Ecuador data en el año 1846 en el cual se realizó un conteo poblacional, 16 años después de la conformación de la estado como república democrática (Rivadeneira & Zumárraga, 2011). Los SIG tienen la capacidad de integrar y procesar información mediante sus componentes como lo son los datos espaciales, el software y hardware, personal técnico calificado y los procesos que permiten representar el modelo territorial de un lugar determinado y entender la interacción entre sus diferentes variables ambientales, sociales y económicas (Burrough & McDonnell, 1998).

### **MODELO DE LOCALIZACIÓN - ASIGNACIÓN**

Los modelos de localización asignación (MLA) utilizan los SIG para analizar y determinar los mejores sitios para ubicar instalaciones de servicio o equipamientos

permitiendo resolver una variedad de problemas dentro del sector público y privado. El proceso de análisis permite incorporar dinamismo en función de la accesibilidad y tiempos de desplazamiento para evaluar la cobertura de un servicio (Pérez Fernández, 2021). El modelo es un conjunto de procesos matemáticos destinados en la optimización de valores considerados importantes de tal manera que se obtenga un criterio espacial para minizar los costos operativos en virtud de una justicia espacial en todos los niveles socioeconómicos dentro del territorio (Sendra & Maass, 1995).

## 5. DATOS Y FUENTES

CAPA	FUENTE	AÑO	ESCALA
Cut_2022	MAE	2022	1:25.000
SNAP	MAE	2025	1:25.000
Inundaciones	SNGR	2020	1:50.000
Vías_1	IGM	2013	1:50.000
Centros poblados	IGM	2013	1:50.000
Poliducto	IDGE	2021	1:50.000
ECU 911	Levantamiento propio (Google Earth)	2025	1:50.000
Estacion de bomberos	OSM	2025	1:50:000
Establecimientos de salud	MSP	2018	1:50.000
Estaciones de policia	MDI	2016	1:50.000
DEM 30 m	STRM	2014	1:50.000

## 6. METODOLOGÍA

Para el análisis geoespacial se estableció un tamaño de celda de 30x30m con el fin de mantener una coherencia y consistencia técnica con el Modelo Digital de Elevación

(DEM) garantizando que el área de cada píxel corresponda a 900 m<sup>2</sup> dentro del análisis raster y el algebra de mapas realizado en Qgis.

Todas las capas vectoriales (Vías, Inundaciones, centros urbanos, etc.) fueron transformados a formato raster mediante la herramienta *Rasterizar* para evitar un desplazamiento espacial que influya en la superposición ponderada de las variables al utilizar la herramienta *Calculadora raster* y que los nuevos valores de cada pixel reflejen la idoneidad del sitio para la ubicación de la infraestructura.

### Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)

Esta metodología nace a partir de la necesidad de evaluar variables cuantitativas y cualitativas para la toma de decisiones seleccionando variables o alternativas normalmente jerarquizados los cuales suelen tener conflictos (Piqueras, 2018).

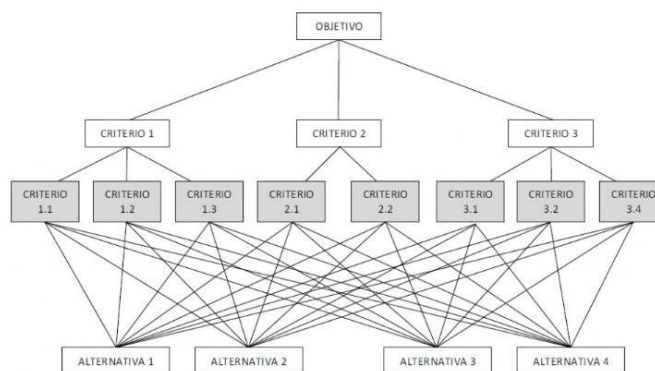


Figura 1. Proceso de Análisis Jerárquico

**Fuente:** (Piqueras, 2018)

Una vez la jerarquía este definida se realiza la comparación directa entre pares para ello se utilizan matrices de comparación usando la escala fundamental para comparar los criterios y las alternativas entre sí,

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Figura 2. Escala fundamental Thomas Saaty

**Fuente:** (Piqueras, 2018)

El AHP utiliza un modelo matemático de matrices para calcular un vector de prioridades resultando como el peso relativo de cada elemento que explica la distribución relativa de las variables analizadas. Simplificado el método consiste en la suma de los valores de las columnas dividido para elemento por la suma de su columna para obtener una normalización de valores.

Para comprobar la coherencia y validez de la matriz se requiere obtener el índice de consistencia el cual determina la confiabilidad de las variables analizadas, el valor debe ser menor al 10%.

## 7. CRITERIOS, ESTANDARIZACIÓN Y PONDERACIÓN.

### 8.1. Procesamiento en Qgis

Una vez obtenidos las variables para el análisis se procedió a recortar las capas con la delimitación política de la provincia del Guayas optimizando el modelo y el procesamiento de los datos para mejorar los resultados del análisis.

Posteriormente se verificó que la proyección del sistema de coordenadas de cada archivo corresponda a WGS 84 / UTM zona 17S (EPSG: 32717) con el fin de evitar errores.

### Conversión a capas raster

Debido a los diversos vectores dentro del análisis (puntos, líneas y polígonos) es necesario realizar la conversión de las capas vectoriales a raster mediante la herramienta *Rasterizar*.

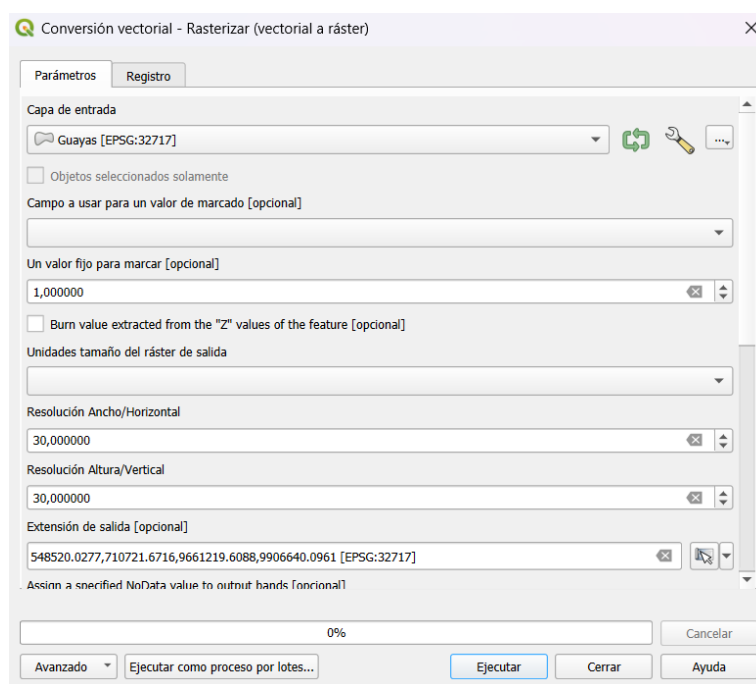


Figura 3. Conversión de vector a raster

**Fuente:** Elaboración propia

### **Estandarización de valores**

Para el establecimiento de la matriz de análisis jerárquico es necesario seleccionar los criterios que se van a evaluar. Para la jerarquización se tomó en cuenta como primer criterio a la susceptibilidad a inundaciones, segundo el grado de pendiente, tercero la proximidad en el cual se encuentran agrupadas vías, poliductos, ECU 911, establecimientos de salud, policía y bomberos; cuarto cobertura y uso de suelo y como medida de restricción se utilizó la información del SNAP.

Debido a que las capas raster presentan unidades de medida distinta es necesario establecer una escala de normalización de valores comparables dentro del análisis entre

1 y 5, donde 5 representa las zonas óptimas y 1 las zonas de exclusión. A continuación, se encuentra de variables con sus pesos asignados.

<b>Variable</b>	<b>Zona óptima</b>	<b>Peso</b>
<b>Indicador</b>	<b>Pendientes</b>	
1	1° - 5°	5
2	5° - 12°	1
3	12 ° - 25°	1
4	>25°	1
<b>Indicador</b>	<b>Proximidad</b>	
1	1000	5
2	2000	4
3	3000	3
4	5000	2
5	>5000	1
<b>Indicador</b>	<b>Cobertura vegetal</b>	
1	Area sin cobertura vegetal	3
2	Bosque nativo	1
3	Cuerpo de agua	1
4	Infraestructura	5
5	Manglar	1
6	Agropecuario	1
7	Sin informacion	1
8	Vegetacion arbustiva y herbacea	1
<b>Indicador</b>	<b>Inundacion</b>	
1	Muy alta	1
2	Alta	1

	3	Media	1
	4	Baja	1
	5	Muy baja	5
<b>Indicador</b>		<b>SNAP</b>	
	1	BVP	1
	2	Ecosistemas	1

Tabla 1. Asignación de pesos – Matriz de Saaty

**Fuente:** Elaboración propia

## SUPERFICIES DE PROXIMIDAD

Para determinar la cercanía de los objetos es necesario determinar su distancia, para ello se utilizó la herramienta *Proximity* calculando la distancia en cada celda entre las entidades para identificar que áreas se encuentran más próximas a la infraestructura.

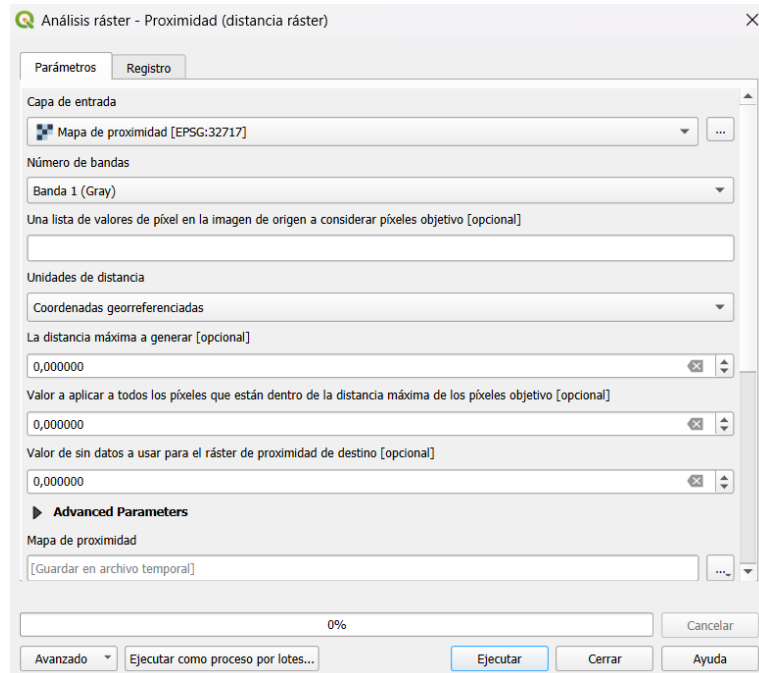


Figura 4. Herramienta Proximity

**Fuente:** Elaboración propia

## RECLASIFICAR LOS RASTER

Los valores asignados en la tabla 1 deben ser asignados a la capa de las variables, esta reclasificación se realizó mediante la herramienta *Reclasificar por tabla* la cual permite asignar los pesos para ser multiplicados por su vector propio.

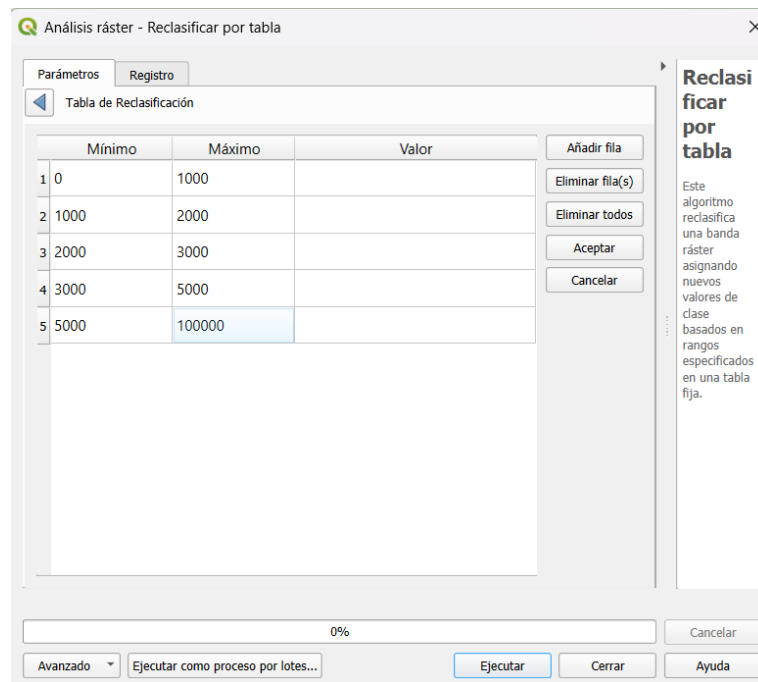


Figura 5. Asignación de pesos mediante la herramienta Reclasificar por capa

**Fuente:** Elaboración propia

## 8. RESULTADOS

### 9.1. Mapa de proximidad.

Se obtuvo mediante la superposición de las capas raster obtenidas mediante el análisis de proximidad. Para ello se utilizó la herramienta de *Calculadora raster* para multiplicar los archivos raster y así obtener un mapa de proximidad.

Variable	Proximidad	Peso
Indicador	ECU_911	
1	1000	1
2	2000	2
3	3000	3
4	5000	4
5	>5000	5
Indicador	Bomberos	
1	1000	1
2	2000	2
3	3000	3
4	5000	4
5	>5000	5
Indicador	Centros poblados	
1	1000	1
2	2000	2
3	3000	3
4	5000	4
5	>5000	5
Indicador	Policía	1
1	1000	1
2	2000	2
3	3000	3
4	5000	4
5	>5000	5
Indicador	Vías	
1	1000	1
2	2000	2
3	3000	3

4	5000	4
5	>5000	5
Indicador	Poliducto	
1	1000	1
2	2000	2
3	3000	3
4	5000	4
5	>5000	5

Tabla 2. Variables de proximidad

**Fuente:** Elaboración propia

## **RASTERS RECLASIFICADOS**

Para una mejor visualización en la distribución de los valores de distancia de los píxeles, se proyectó mediante una simbología tipo gradiente donde azul representa las zonas óptimas y el color rojo representa las zonas de exclusión.

### **Centros poblados**

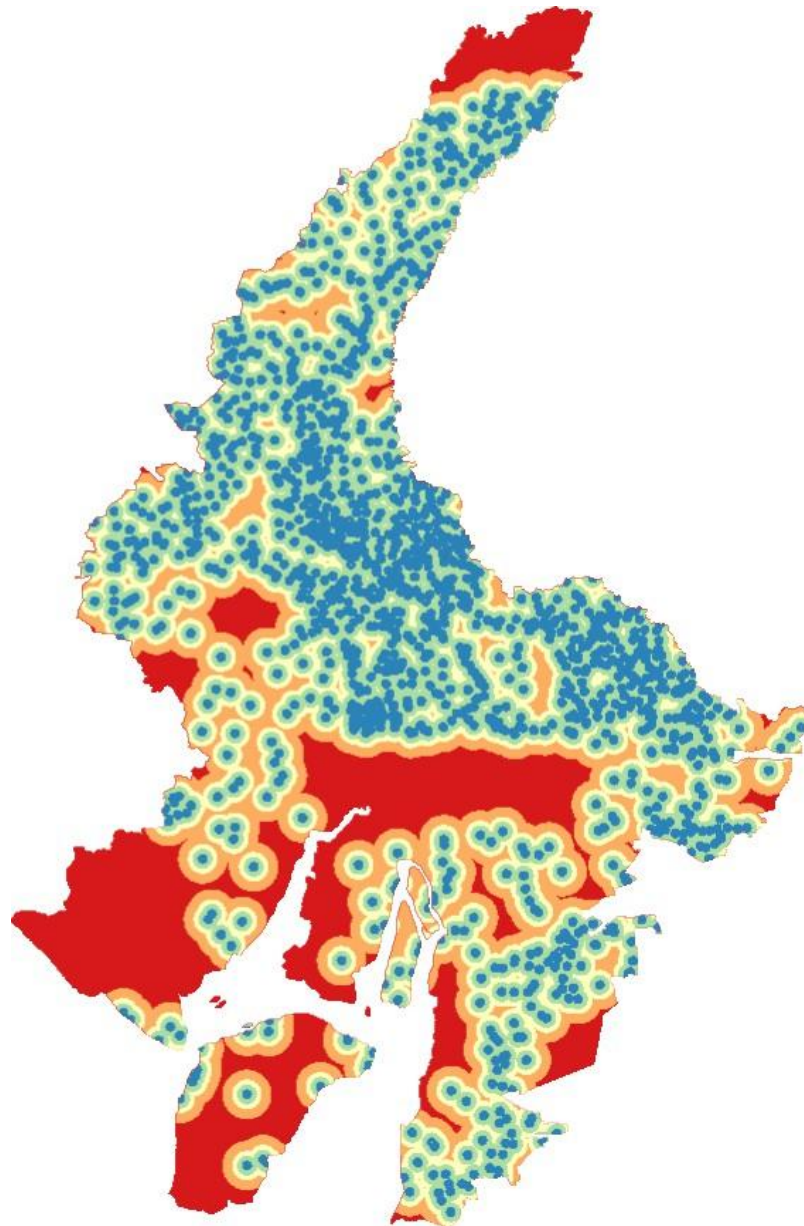


Figura 6. Raster centros poblados

**Fuente:** Elaboración propia

**Estaciones de policía**

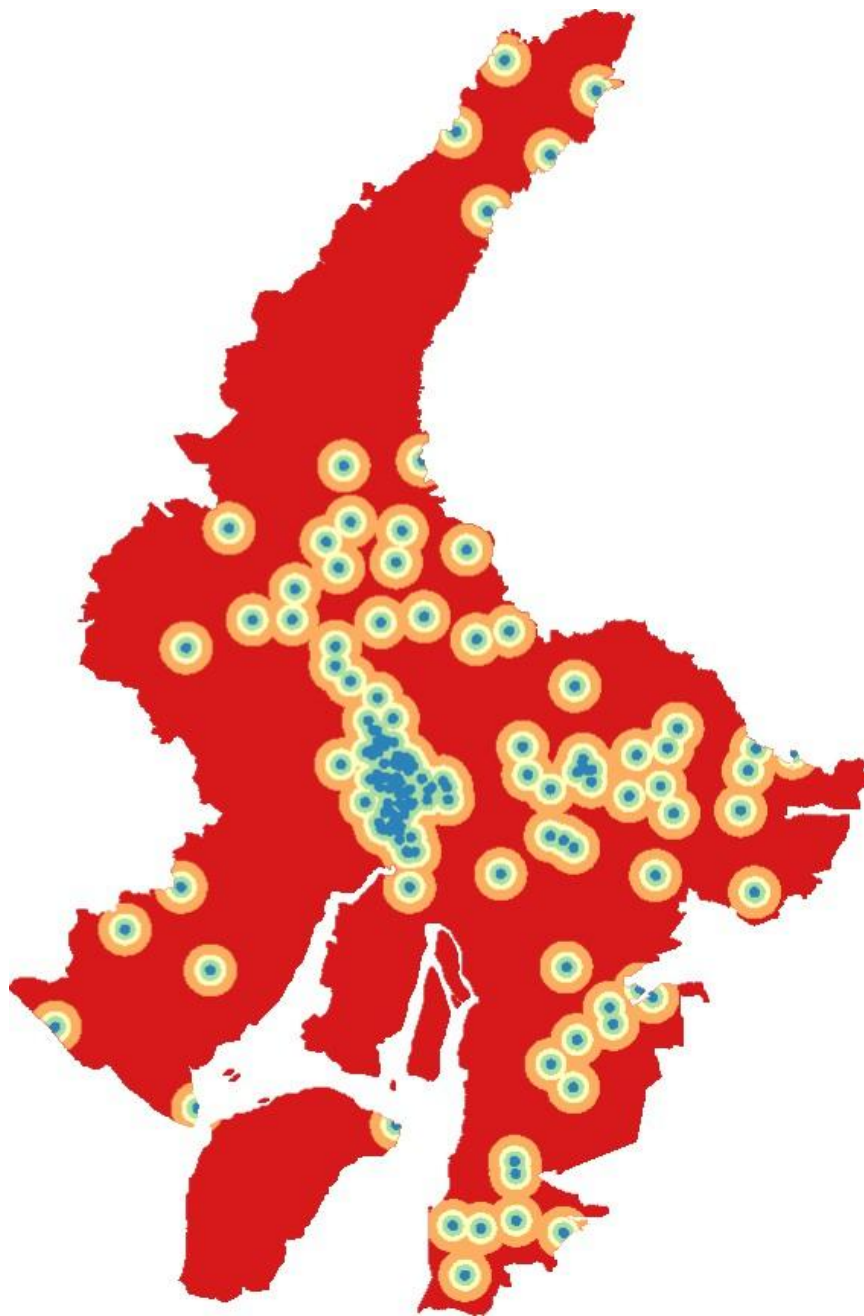
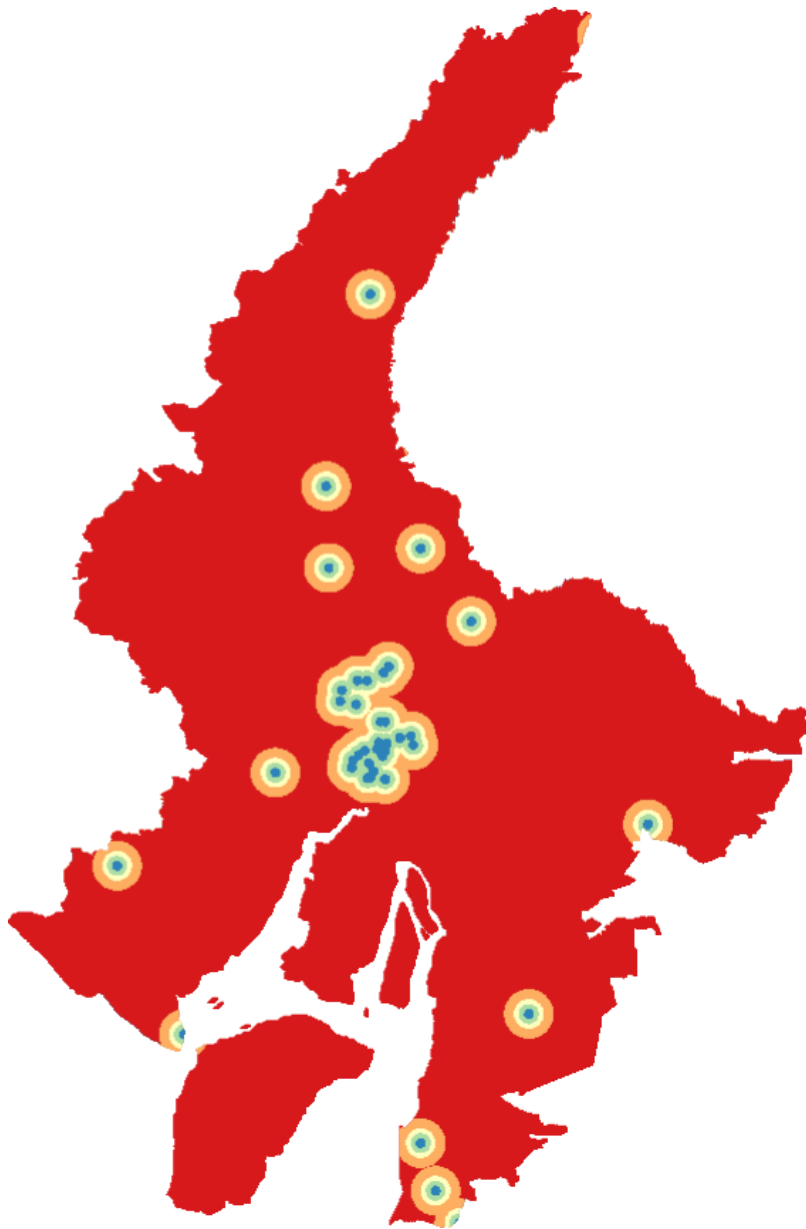


Figura 7. Raster estaciones de policía

**Fuente:** Elaboración propia

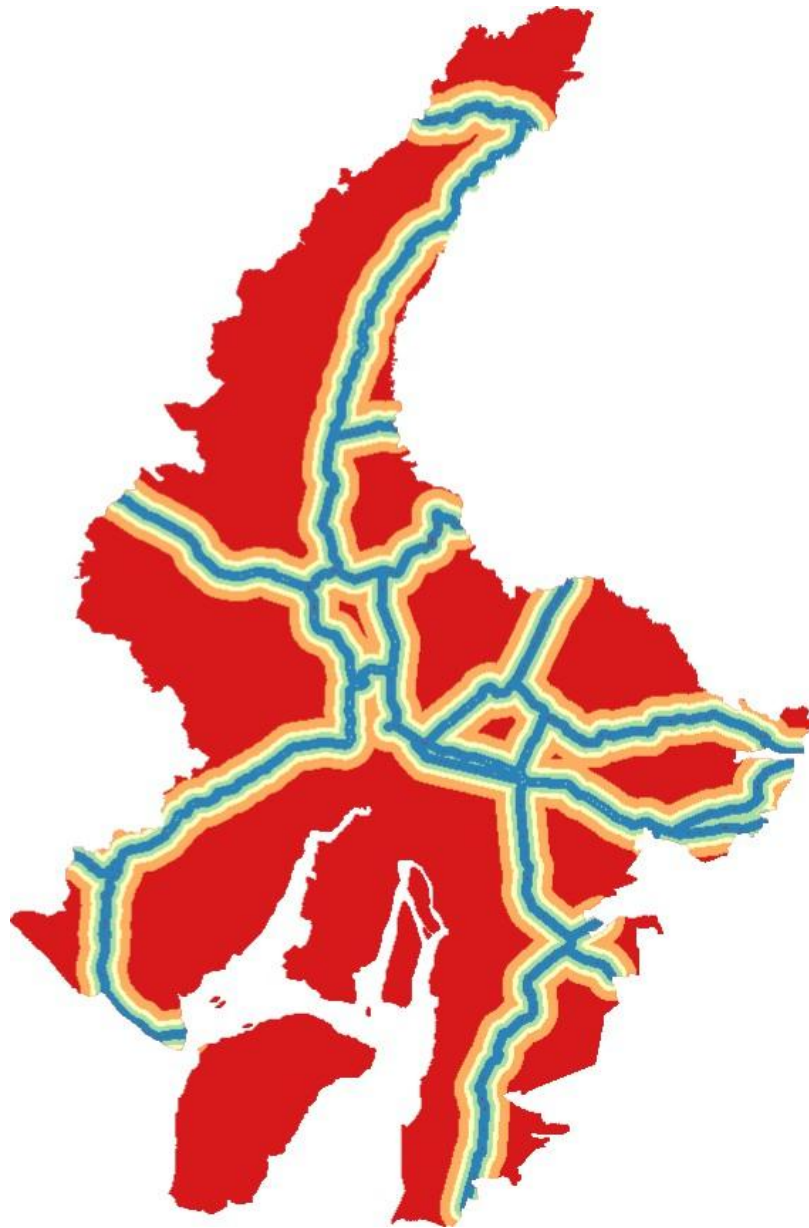
**Bomberos**



**Figura 8. Raster bomberos**

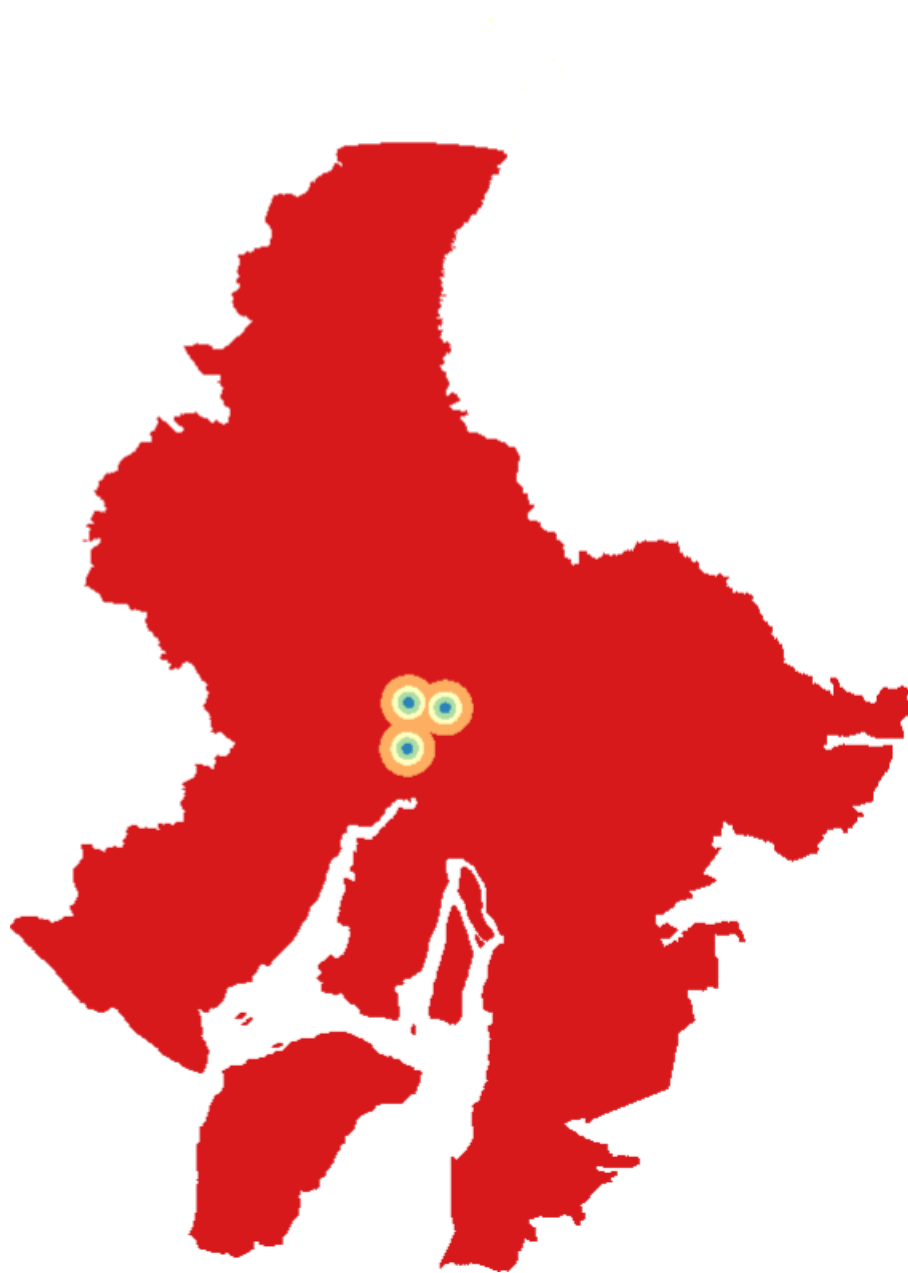
**Fuente: Elaboración propia**

**Red vial estatal**



**Figura 9. Raster red vial estatal**

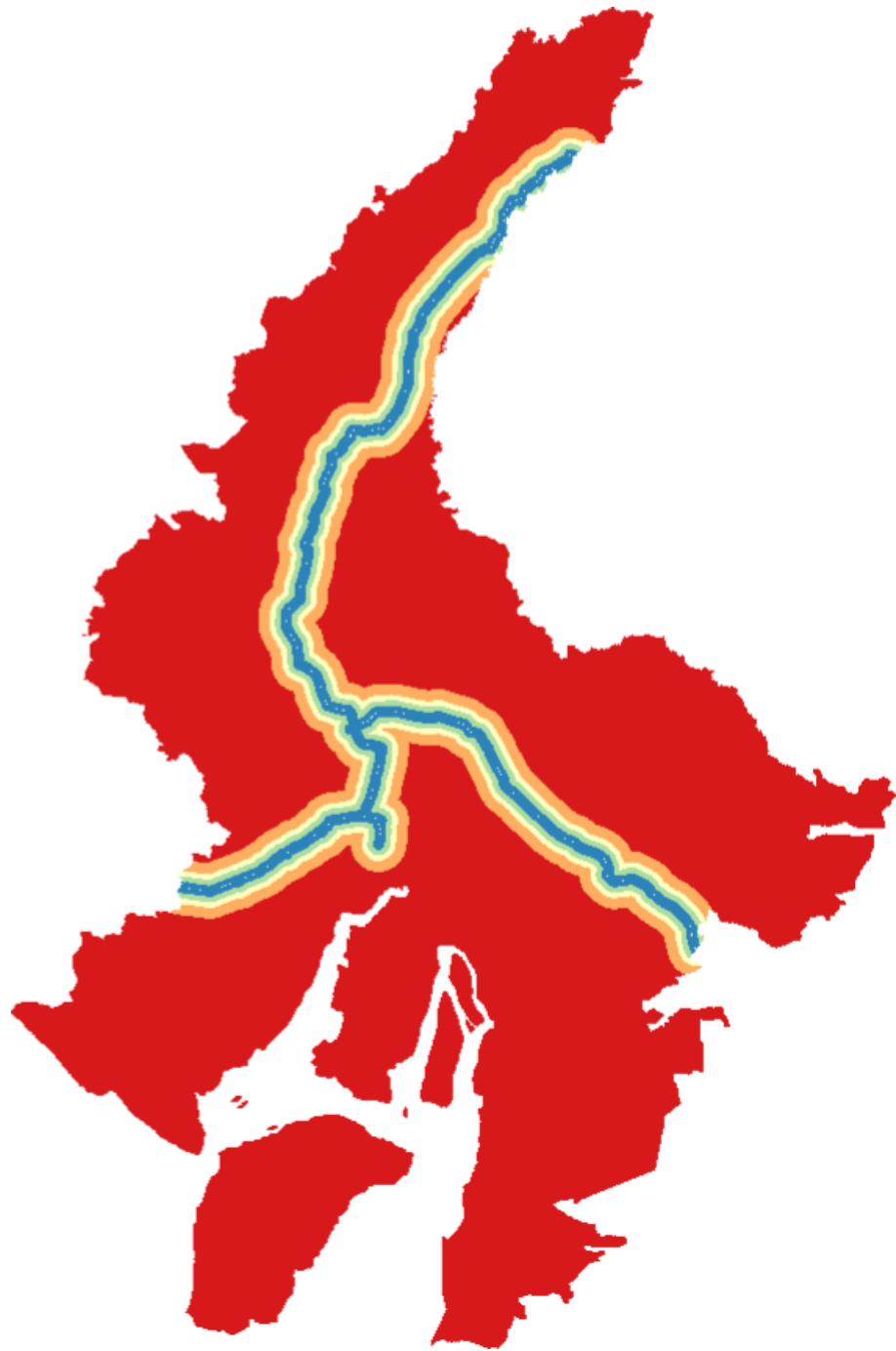
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 10. Raster ECU 911**

**Fuente: Elaboración propia**

**POLIDUCTOS**



**Figura 11. Raster poliductos**  
**Fuente: Elaboración propia**

**PONDERACIÓN DE VALORES DE PROXIMIDAD**

Tamaño de la Matriz															
n=		6													
	Código	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Normalización de la matriz						Vector propio	Vector lambda máximo
Código	Mapa de proximidad	poblados	policia	bomberos	vias	ecu911	poliductos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Ti	λmax
<b>C1</b>	poblados	1	5,7	4,3	3,5	4,2	5,5	0,473	0,669	0,427	0,316	0,343	0,367	<b>0,433</b>	0,914
<b>C2</b>	policia	0,175	1	3,3	2,6	2,8	1,3	0,083	0,117	0,328	0,235	0,229	0,087	<b>0,180</b>	1,530
<b>C3</b>	bomberos	0,233	0,303	1	3,1	2,1	1,5	0,110	0,036	0,099	0,280	0,172	0,100	<b>0,133</b>	1,336
<b>C4</b>	vias	0,286	0,385	0,323	1	1,7	3,4	0,135	0,045	0,032	0,090	0,139	0,227	<b>0,111</b>	1,234
<b>C5</b>	ecu911	0,238	0,357	0,476	0,588	1	2,3	0,113	0,042	0,047	0,053	0,082	0,153	<b>0,082</b>	0,999
<b>C6</b>	poliductos	0,182	0,769	0,667	0,294	0,435	1	0,086	0,090	0,066	0,027	0,036	0,067	<b>0,062</b>	0,928
	Total	2,114	8,514	10,065	11,082	12,235	15,000							1,000	6,014
Evaluación de la consistencia de los juicios															
Fórmulas		Descripción				Resultados									
CI =	(Lmax - n)	Índice de Consistencia				CI= 0,00282816									
	(n - 1)														
IA=	1,320	Índice de consistencia Aleatorio				n= 6						IA = 1.98 (n-2)/ n			
						RC= debe ser menor al 10 %									
RC=	IC/IA	Ratio de consistencia				0,00214255						0,21			

Tabla 3. Matriz de proximidad

**Fuente:** Elaboración propia

Variable	Peso ponderado
poblados	0,43
policia	0,18
bomberos	0,13
vias	0,11
ecu911	0,08
poliductos	0,06

Una vez obtenidos los pesos ponderados para nuestra matriz de proximidad, con la herramienta *Calculadora Raster* ingresamos la formula [(Centros poblados \* 0,43) + (policia \* 0,18) + (bomberos \* 0,13) + (vias \* 0,11) + (Ecu911 \*0,08) + (Poliducto \* 0,06)], esto nos ayuda a identificar las áreas con mejores condiciones de accesibilidad en relación a la cercanía a la red vial estatal presentando menores distancias a los ejes viales primarios optimizando los tiempos de respuesta.

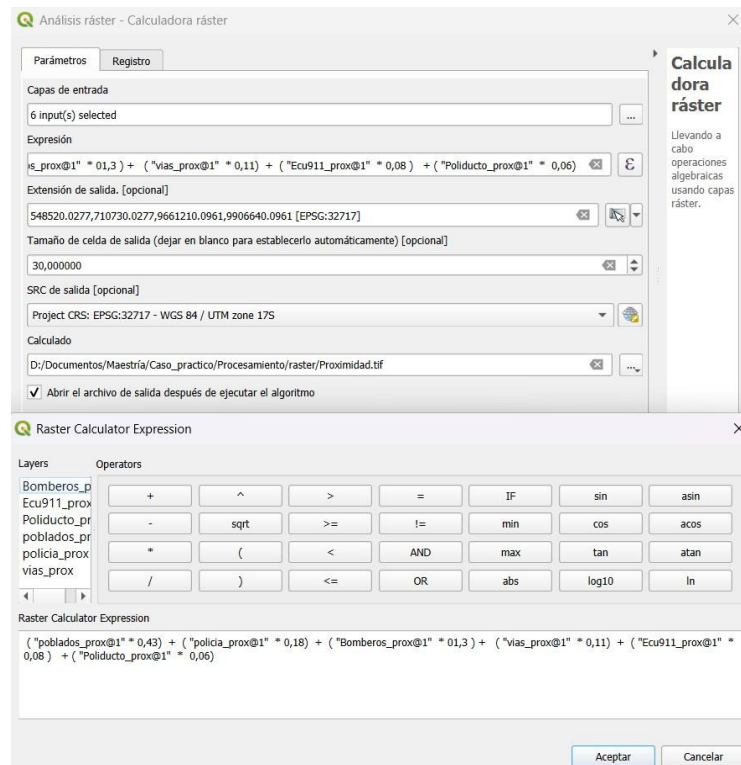


Figura 6. Calculadora raster – Mapa de proximidad

**Fuente:** Elaboración propia

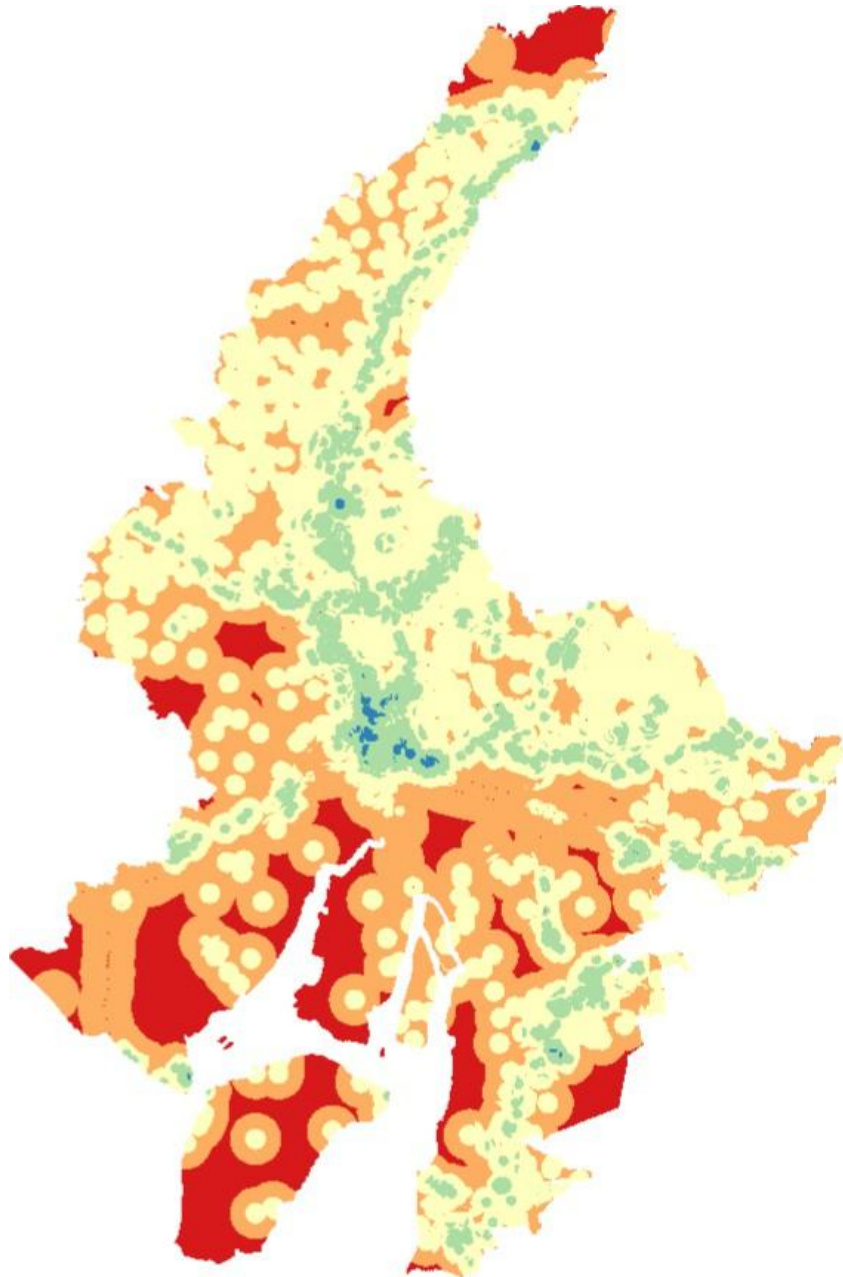


Figura 12. Ponderación de proximidad

**Fuente:** Elaboración propia

### **9.2. Mapa de idoneidad.**

El mapa de proximidad no es suficiente para definir la localización óptima para una infraestructura del COE-P debido a la falta de incorporación de los tiempos de operativos de respuesta a pesar de usar múltiples variables territoriales. Para el mapa de idoneidad se integraron las variables de inundaciones, pendientes, cobertura de suelo, proximidad y SNAP mediante la metodología de análisis jerárquico.

En este contexto, la variable prioritaria que es inundación posee un peso relativo a la variable pendientes por la correlación directa del riesgo hidrometeorológico y el relieve plano o con bajas pendientes lo que representa una limitante para la ubicación de la infraestructura, priorizando la seguridad frente a amenazas de origen natural.

Los centros urbanos consolidados poseen un peso mayor ante la infraestructura de seguridad tomando en cuenta el criterio de distancia a la población como factor determinante para reducir tiempos de respuesta y optimizar el despliegue de ayuda humanitaria; mientras que los recursos de seguridad pueden ser movilizables hacia la infraestructura del COE por su distribución espacial lo que mejora su capacidad operativa.

La infraestructura crítica tiene un peso significativo por la facilidad en la interoperabilidad que ayuda a reducir el tiempo de reacción por la proximidad hacia los centros operativos de ayuda, mejorando la toma de decisiones durante eventos de alta complejidad.

En cuanto al uso de suelo, si bien el factor ambiental es un condicionante relevante, existen varias áreas potenciales y aptas para la instauración de la infraestructura.

Al igual que el mapa de proximidad, es necesario realizar una estandarización de valores normalizados en el rango de 1 al 5 para lograr resultados más precisos a la hora de la toma de decisión para la localización del sitio

<b>Variable</b>	<b>Zona óptima</b>	<b>Peso</b>
<b>Indicador</b>	<b>Pendientes</b>	
1	1° - 5°	5
2	5° - 12°	1
3	12° - 25°	1
4	>25°	1
<b>Indicador</b>	<b>Proximidad</b>	
1	1000	5
2	2000	4
3	3000	3
4	5000	2
5	>5000	1
<b>Indicador</b>	<b>Cobertura vegetal</b>	
1	Area sin cobertura vegetal	3
2	Bosque nativo	1
3	Cuerpo de agua	1
4	Infraestructura	5
5	Manglar	1
6	Agropecuario	1
7	Sin información	1
8	Vegetación arbustiva y herbácea	1
<b>Indicador</b>	<b>Inundación</b>	
1	Muy alta	1

	2	Alta	1
	3	Media	1
	4	Baja	1
	5	Muy baja	5
<b>Indicador</b>		<b>SNAP</b>	
	1	BVP	1
	2	Ecosistemas	1

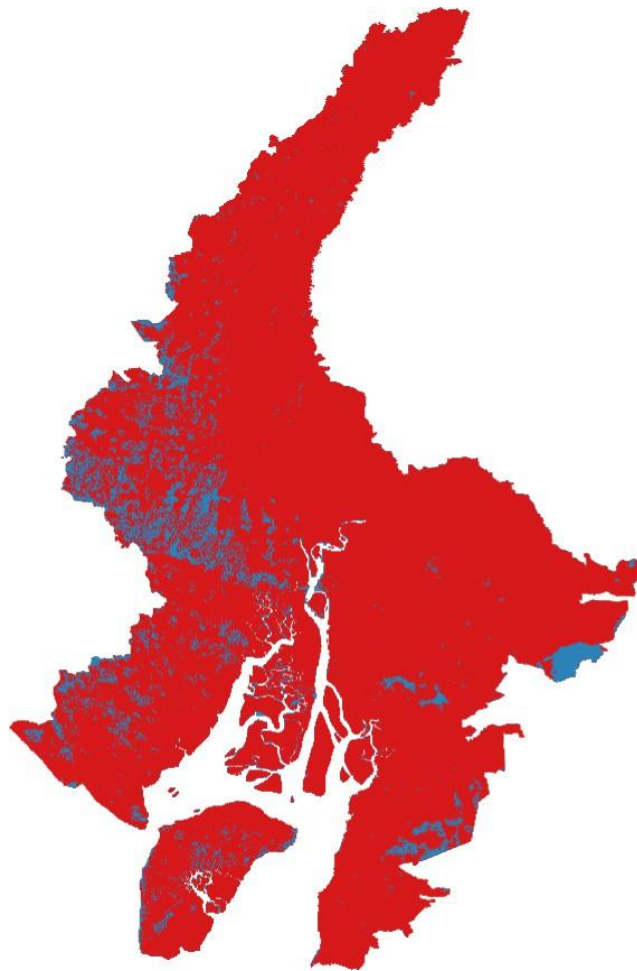
Tabla 4. Asignación de pesos – Matriz de Saaty

**Fuente:** Elaboración propia

## **RASTERS RECLASIFICADOS**

Para una mejor visualización en la distribución de los valores de distancia de los píxeles, se proyectó mediante una simbología tipo gradiente donde azul representa las zonas óptimas y el color rojo representa las zonas de exclusión.

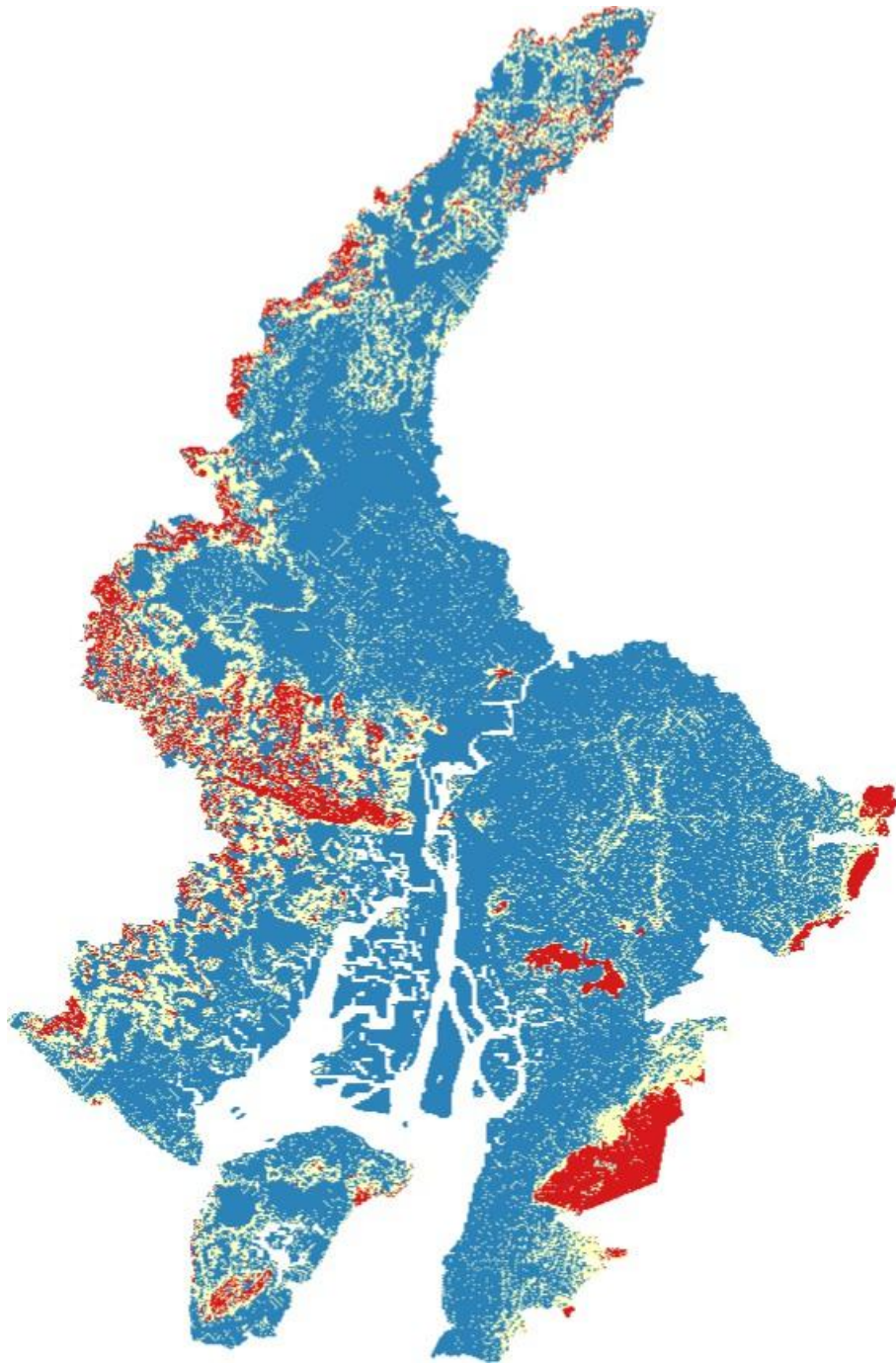
## **INUNDACIONES**



**Figura 13.** Raster inundaciones

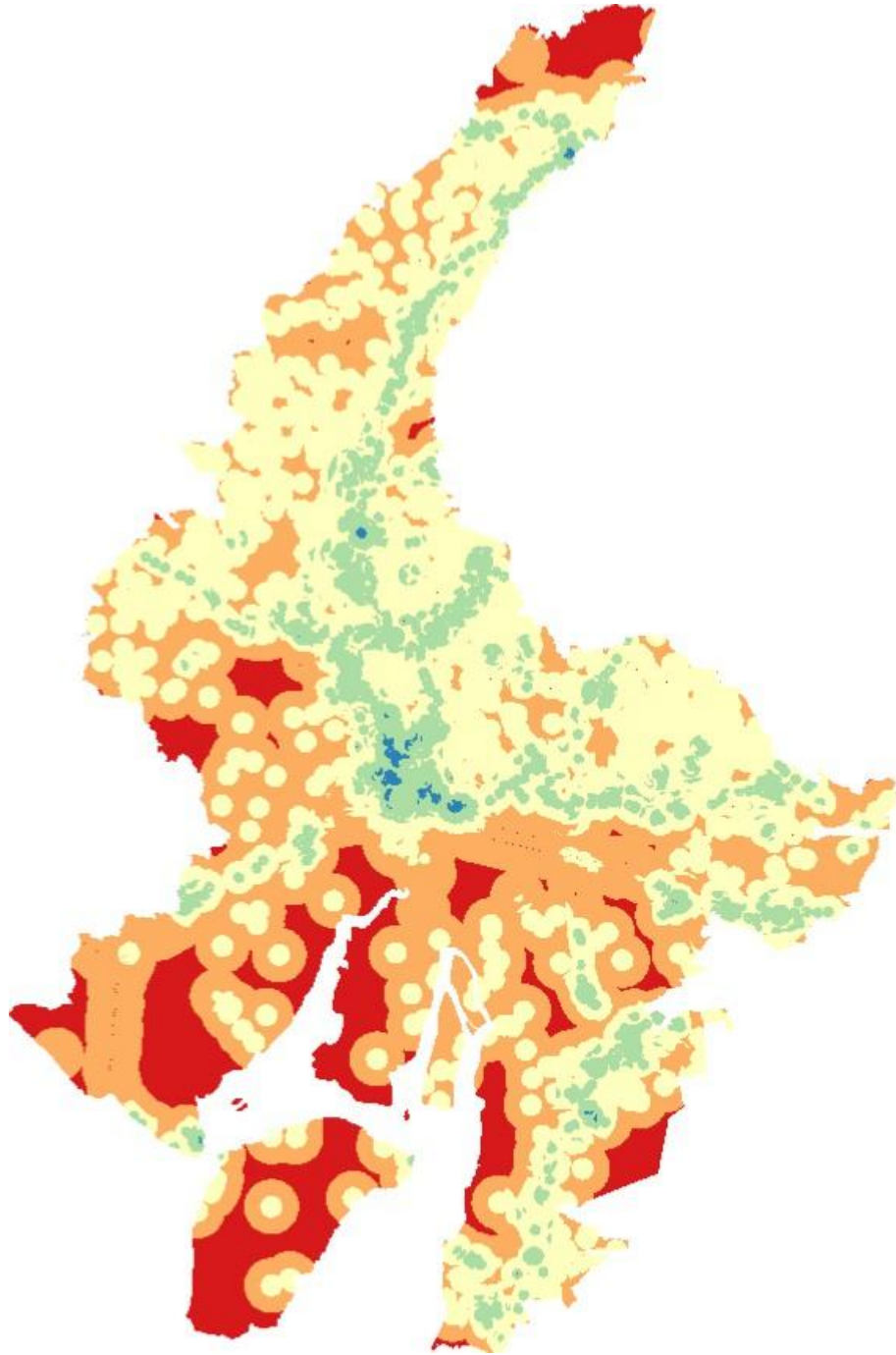
**Fuente:** Elaboración propia

**PENDIENTES**

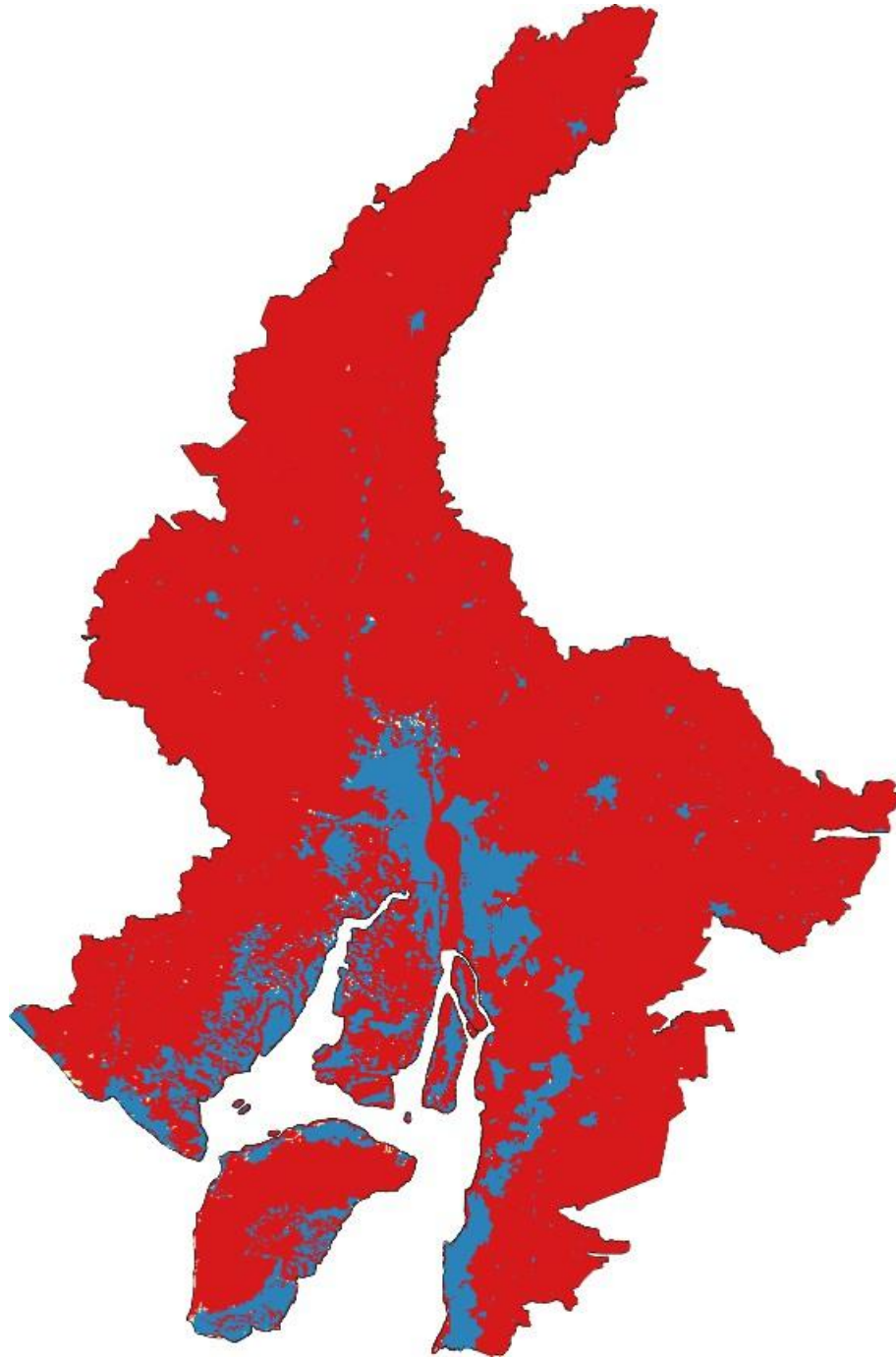


**Figura 14.** Raster pendientes

**Fuente:** Elaboración propia

**PROXIMIDAD****Figura 15.** Raster proximidad**Fuente:** Elaboración propia

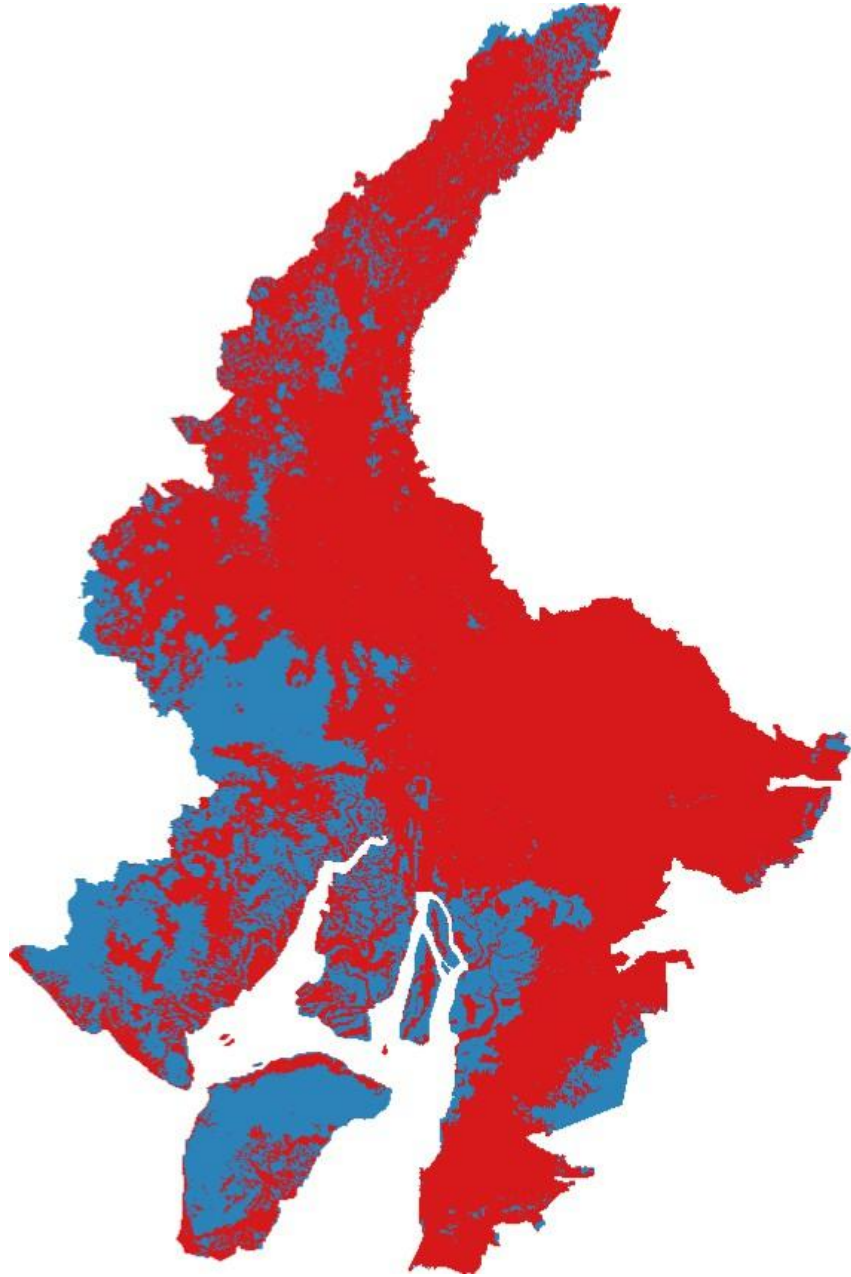
**COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 2022**



**Figura 16.** Raster Cobertura y uso de la tierra

**Fuente:** Elaboración propia

**SNAP**



**Figura 17.** Raster SNAP  
**Fuente:** Elaboración propia

## PONDERACIÓN DE VALORES DE IDONEIDAD

Tamaño de la Matriz															
n=		5													
	Código	C1	C2	C3	C4	C5	Normalización de la matriz						Vector propio	Vector lambda máximo	
Código	Mapa de proximidad	Inundación	pendiente	proximidad	cobertura	SNAP	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Ti	λmax	
C1	Inundación	1	2,2	4,1	5,2	2,1	0,422	0,527	0,414	0,343	0,343	0,219	0,38	0,895	
C2	pendiente	0,455	1	4,1	4,9	1,9	0,192	0,240	0,414	0,323	0,323	0,198	0,28	1,176	
C3	proximidad	0,244	0,244	1	3,6	2,4	0,103	0,058	0,101	0,238	0,238	0,250	0,16	1,629	
C4	cobertura	0,192	0,204	0,278	1	2,2	0,081	0,049	0,028	0,066	0,066	0,229	0,09	1,312	
C5	SNAP	0,476	0,526	0,417	0,455	1	0,201	0,126	0,042	0,030	0,030	0,104	0,09	0,854	
	Total	2,367	4,174	9,894	15,155	9,600							1,000	5,012	
Evaluación de la consistencia de los juicios															
Fórmulas			Descripción			Resultados									
	CI =	$\frac{(L_{max} - n)}{(n - 1)}$	Índice de Consistencia			CI=	0,00291833								
	IA=	1,188	Índice de consistencia Aleatorio			n=	5			IA = 1.98 (n-2)/ n					
	RC=	IC/IA	Ratio de consistencia			RC= debe ser menor al 10	%			0,25					

Tabla 5. Matriz de idoneidad

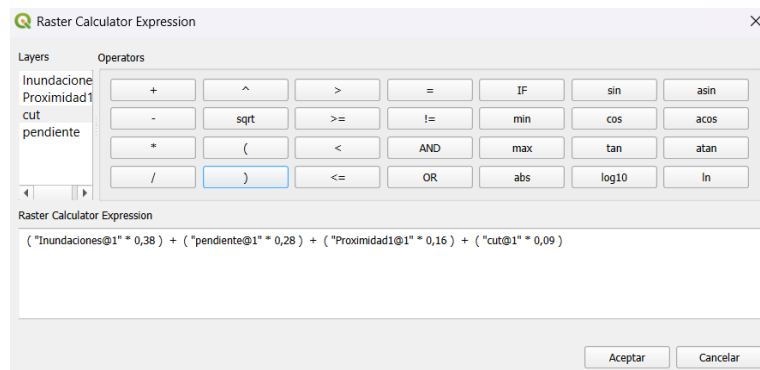
**Fuente:** Elaboración propia

El cálculo de los archivos raster se realizó en dos etapas para asegurar un criterio de restricción estableciendo un peso extra debido a la presencia de áreas pertenecientes al SNAP. En la primera etapa se realiza la multiplicación de los valores normalizados de cada variable (inundaciones, pendientes, proximidad, cobertura) por su peso respectivo para al final obtener la sumatoria total de las multiplicaciones. En la segunda etapa se añade el criterio del SNAP multiplicando el raster obtenido anteriormente por el valor normalizado obtenido de la multiplicación de su variable por su peso.

Variable	Peso ponderado
Inundación	0,38
pendiente	0,28
proximidad	0,16
cobertura	0,09
SNAP	0,09

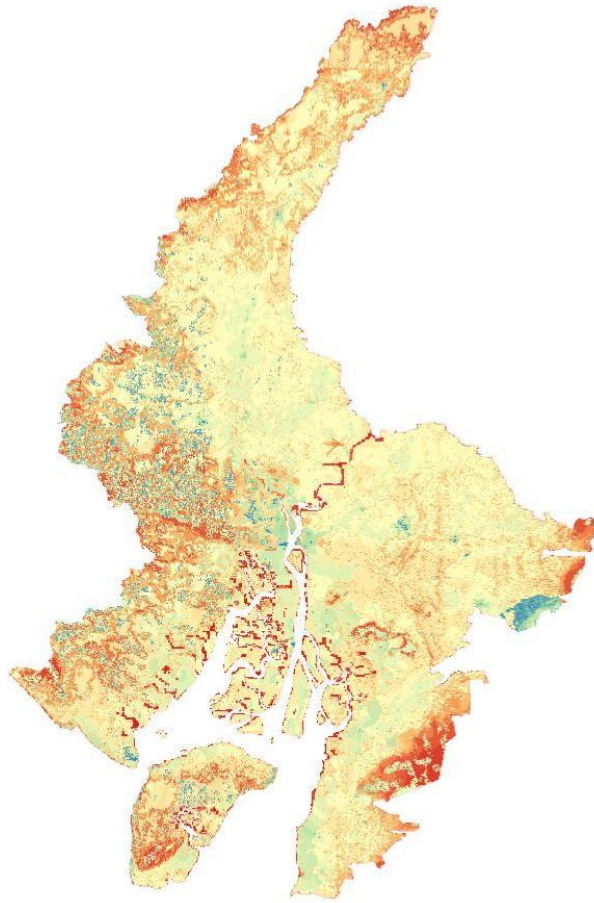
Una vez obtenidos los pesos ponderados para nuestra matriz de proximidad, con la herramienta *Calculadora Raster* ingresamos la fórmula [(Inundación \* 0,38) +

$(\text{Pendiente} * 0,28) + (\text{Proximidad} * 0,16) + (\text{Cobertura} * 0,09) + (\text{SNAP} * 0,09)$  ], esta priorización evidencia la factibilidad de operatividad y continuidad de la infraestructura del COE ante eventos adversos concentrando valores de idoneidad en sectores como la Prosperina - vía a Daule, vía Perimetral – Los Ceibos y una zona de transición ecológica situada vía a La Costa.



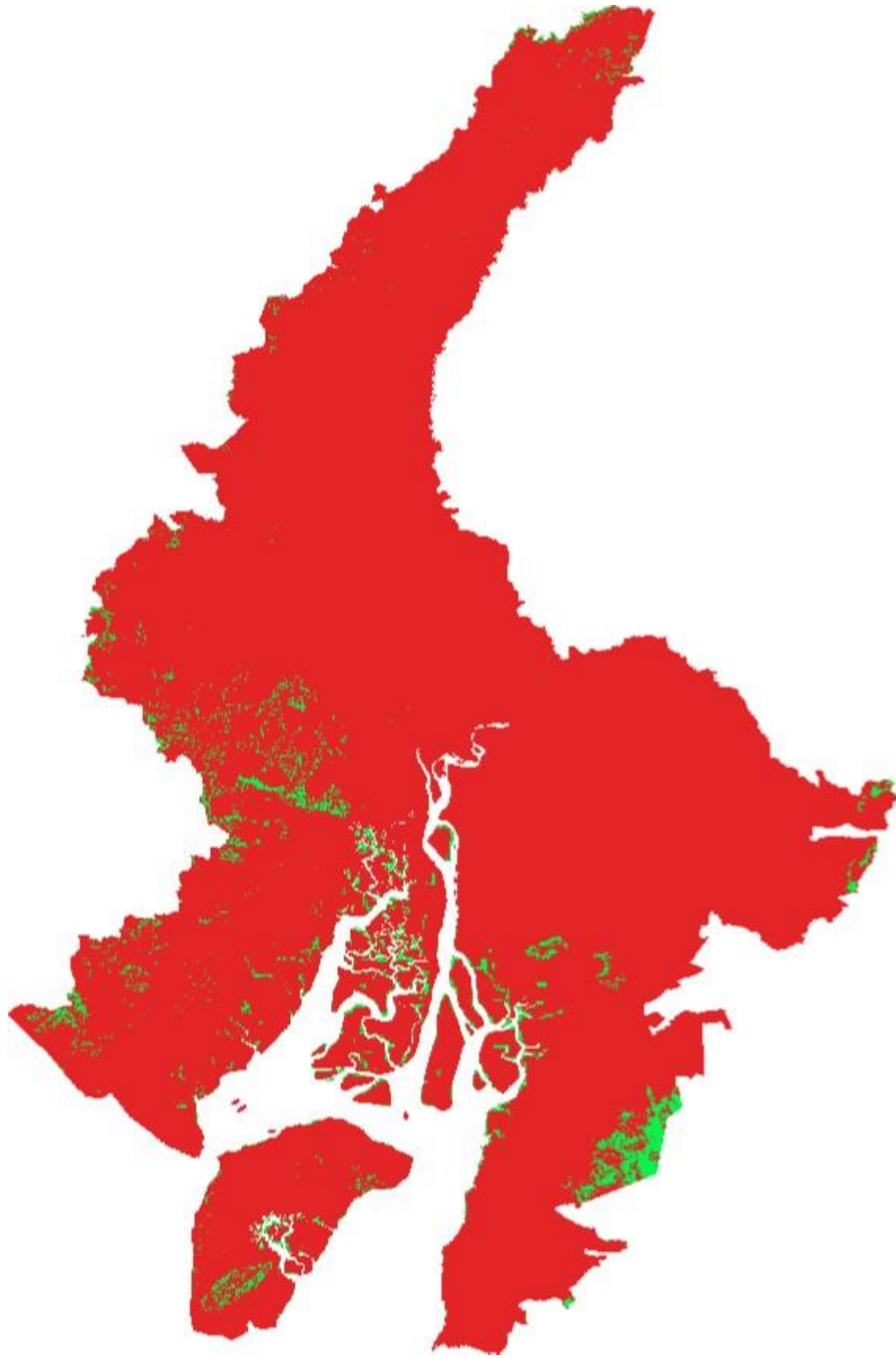
**Figura 18.** Calculo de etapa 1

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 19.** Resultado primera etapa

**Fuente:** Elaboración propia

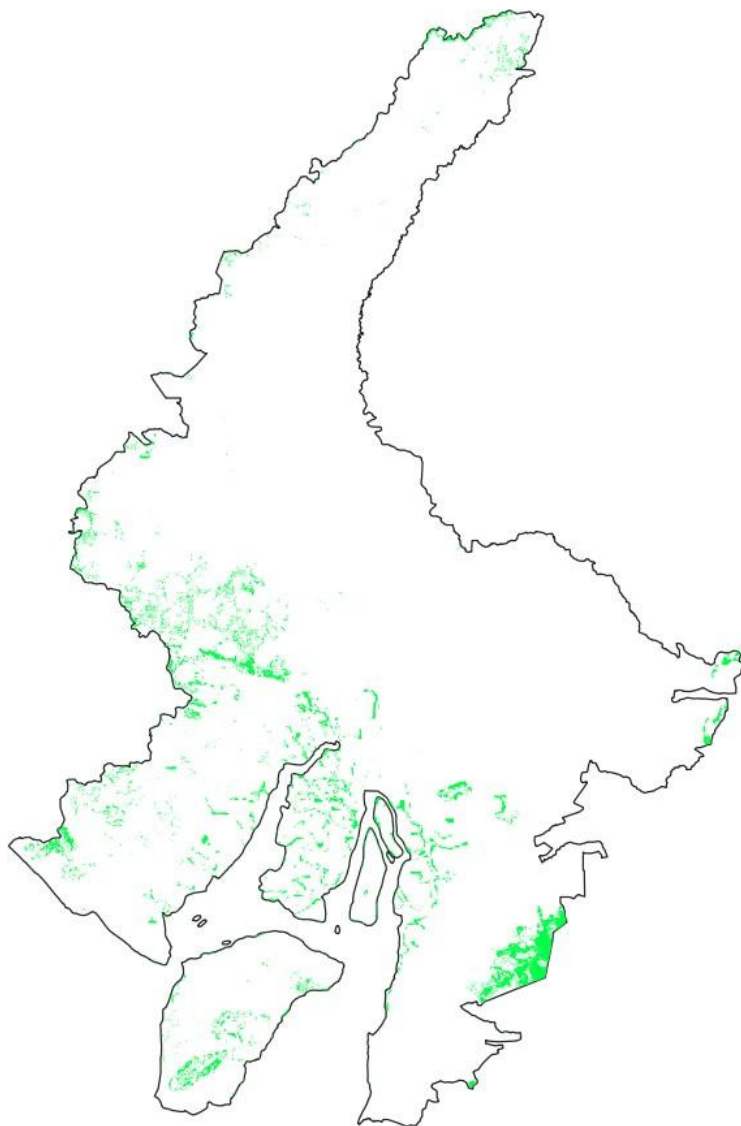


**Figura 20.** Mapa de Idoneidad

**Fuente:** Elaboración propia

### 9.3. Selección de alternativas (top 3)

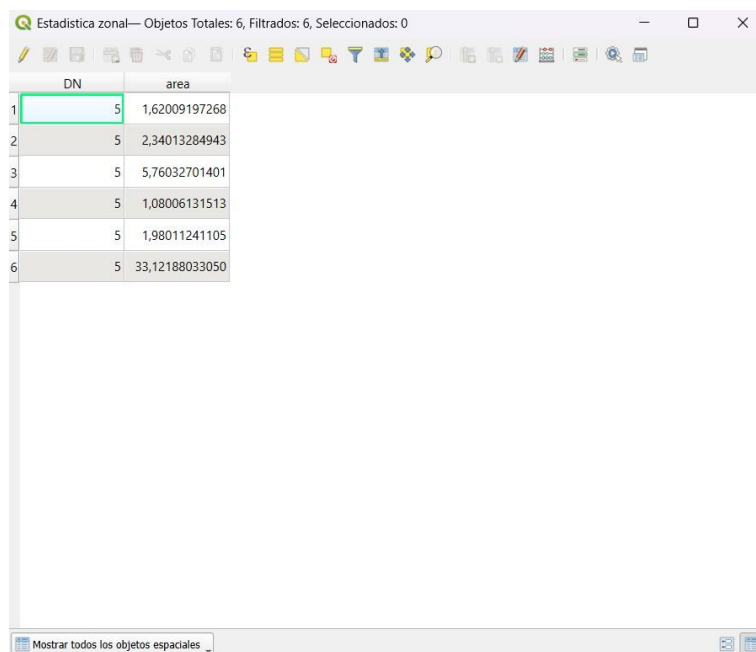
Para la selección de los 3 sitios con una mejor localización para el establecimiento de un COE debemos depurar las áreas obtenidas. Mediante la herramienta *Poligonizar* transformamos el archivo raster a un formato vectorial; con la herramienta de selección de atributos realizamos la consulta para extraer los valores óptimos con valor de 5.



**Figura 21.** Zonas óptimas para la localización de infraestructura

**Fuente:** Elaboración propia

Para establecer un criterio confiable en la selección de los sitios se debe realizar un ajuste de la capa mediante la eliminación de las áreas menores a 1 ha, de igual manera se eliminaron las zonas que se encuentran en el límite o cerca del límite parroquial, aquellas zonas que se encuentran lejos de la red vial y que tampoco se encuentren dentro de las zonas de restricción como SNAP, poliductos y con susceptibilidad a inundaciones.



	DN	area
1	5	1,62009197268
2	5	2,34013284943
3	5	5,76032701401
4	5	1,08006131513
5	5	1,98011241105
6	5	33,12188033050

**Figura 22.** Depuración de zonas óptimas mediante criterios de espacialidad

**Fuente:** Elaboración propia

Con nuestras áreas definidas mediante un criterio de distancia euclidiana, calculamos el valor promedio de los píxeles contenido en nuestro archivo raster de idoneidad mediante la herramienta *Estadística de Zona*.

Estadística zonal—Objetos Totales: 6, Filtrados: 6, Seleccionados: 0

DN	area	meanmean	
1	5	1,62009197268	0,09630000591...
2	5	2,34013284943	0,09630000591...
3	5	5,76032701401	0,09630000591...
4	5	1,08006131513	0,09630000591...
5	5	1,98011241105	0,09630000591...
6	5	33,12188033050	0,08550000190...

Mostrar todos los objetos espaciales

**Figura 23.** Herramienta Estadística de zona

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 24.** Top 3 de zonas óptimas de localización

**Fuente:** Elaboración propia

DN	Orden	Sector	area	meanmean
5	1	Sanborondon	5,76032701401	0,09630000591...
5	2	Via la costa	1,98011241105	0,09630000591...
5	3	Duran	33,12188033050	0,08550000190...

**Figura 25. Orden de prelación**

**Fuente: Elaboración propia**

## ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD POR ISÓCRONAS

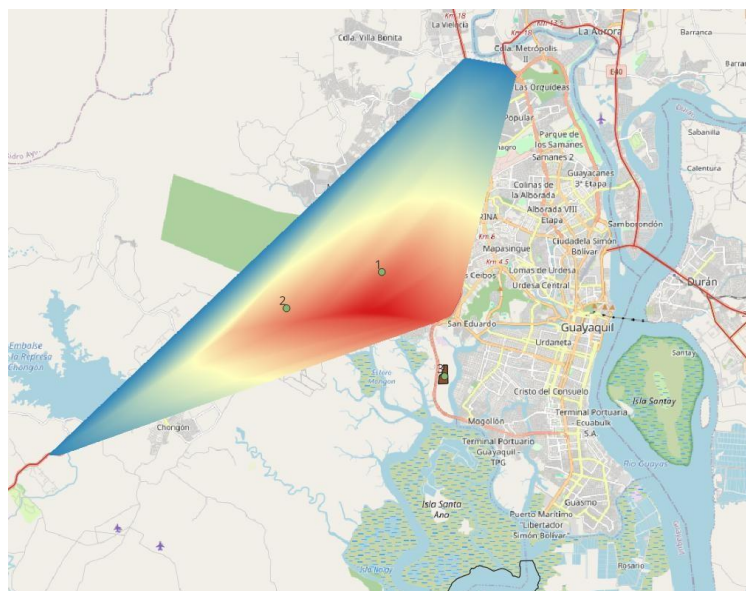
El análisis se realizó mediante los centroides correspondientes a las zonas óptimas seleccionadas, la interpretación de las áreas es en función del tiempo estimado de desplazamiento estableciendo 3 rangos de análisis 5, 10 y 15 minutos. El análisis se realizó mediante el complemento QNEAT3. Se clasificó la red vial estatal creando un nuevo campo de velocidad en el cual se estableció la siguiente clasificación: vías colectoras 50 y vías arteriales 80 km/h.

Jerarquía	Velocidad (km/h)
ARTERIAL	80
COLECTORA	50

Idoneidad	Área (ha)	Media	Sector	Orden	X	Y
5	5,760327	0,0963	Samborondón	1	613261,13	9760703,36
5	1,980112	0,0963	Vía la costa	2	608390,43	9758842,53
5	33,12188	0,0855	Durán	3	616473,09	9755380,03

**Tabla 6.** Georeferenciación de centroides de zonas óptimas

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 25. Isocronas de los sitios óptimos**

**Fuente: Elaboración propia**

## **9. DISCUSIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SITIO RECOMENDADO.**

La selección final de los tres mejores lugares se fundamenta en la integración de criterios de proximidad y en los resultados de la evaluación multicriterio priorizando variables críticas como accesibilidad vial, proximidad a infraestructura estratégica y exposición a amenazas de inundación. El mapa de idoneidad nos permitió definir las zonas con valores óptimos (5), sobre los cuales se determinaron los valores de idoneidad para cada polígono.

Con el objetivo de minimizar los tiempos de respuesta, se realizó un análisis de accesibilidad por isócronas considerando los tiempos de desplazamiento del 5, 10 y 15 minutos, complementando la evaluación multicriterio al incorporar una aproximación basada en tiempos de movilidad. La información sobre la red vial se encuentra incompleta debido a las zonas de restricción cartográfica determinadas por el IGM, por tanto, el modelo de isócronas presenta la ausencia de conectividad con la zona óptima 3

generando una interpolación parcial, no obstante mediante el análisis visual sobre los insumos ofertados por Open Street Map, se pudo verificar la presencia de la vía perimetral como un eje que permite la conectividad y la capacidad operativa.

#### 1. Samborondón

Se presenta como el mayor valor de idoneidad al situarse sobre una plataforma topográfica estable sin riesgos de inundación garantizando la continuidad operativa, su ubicación estratégica permite una mayor accesibilidad con las zonas urbanas consolidadas, lo que refleja un mayor valor de idoneidad en el modelo. Las isócronas muestran una cobertura eficiente en los primeros 5 y 10 minutos, a las zonas urbanas consolidadas, afirmando su capacidad de respuesta inmediata.

#### 2. Vía la costa

La segunda opción se sitúa en la vía a la costa, su localización permite la coordinación inmediata hacia las zonas de mayor vulnerabilidad. Su localización topográfica posee una susceptibilidad de inundación relativamente baja, no obstante, su eficiencia se reduce por su separación con los centros poblados lo que reduce su capacidad operativa, el análisis de isócronas evidencia una menor cobertura en los tiempos iniciales reduciendo su eficiencia operativa lo que implica tiempos de respuesta más altos en comparación con Samborondón.

#### 3. Sector industrial – Vía Daule.

Localizada en el sector norte de la ciudad de Guayaquil es la tercera alternativa por su alta conectividad vial el cual permite una movilización inmediata hacia los cantones del norte y centro de la provincia, optimizando tiempos de respuesta por la cercanía de la red vial estatal, además de agilizar la capacidad de respuesta a eventos dentro de la ciudad. Su área de influencia se ve parcialmente limitada por restricciones territoriales.

No presenta susceptibilidad a amenazas de inundación y menos aún de movimientos en masa, su localización fuera de las zonas de restricción permite asegurar la idoneidad de la ubicación.

En base a los resultados obtenidos en la media de los píxeles por la zona, las alternativas de Samborondón y Vía a la Costa presentan un valor de idoneidad idéntico (0,0963), sin embargo, la alternativa de la zona de Samborondón ofrece una mejor localización a las zonas urbanas consolidadas y mejor accesibilidad hacia los ejes viales facilitando la capacidad de respuesta y logística.

## **10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

El análisis multicriterio permitió identificar de manera objetiva las variables territoriales para determinar un mapa de idoneidad que facilitó la toma de decisiones al asegurar un modelo que abarque las condiciones operativas para la elección del sitio óptimo para la localización de la infraestructura

Las zonas óptimas seleccionadas se concentran en sectores con alta conectividad a la red vial primaria y menor exposición a amenazas, especialmente inundaciones, lo que garantiza una operación continua y eficiente del COE-P. el análisis de estadística zonal permitió cuantificar los valores promedio de idoneidad para cada alternativa, reduciendo la subjetividad en la selección del sitio.

La zona óptima para la instauración del COE es la zona de Samborondón, esta fue identificada como el sitio óptimo, al presentar el mayor valor de idoneidad (0,0963) y una mejor integración con las zonas urbanas consolidadas, así como una adecuada accesibilidad hacia los principales ejes viales, lo que favorece la capacidad de respuesta ante eventos adversos. El análisis complementario de accesibilidad mediante isócronas permitió evaluar la capacidad de respuesta en función del tiempo de desplazamiento (5,

10 y 15 minutos) consolidando a Samborondón como la mejor opción por su fácil accesibilidad a las áreas urbanas consolidadas y su cercanía con los ejes viales primarios al obtener un tiempo de desplazamiento entre 5 y 10 minutos.

La aplicación de herramientas SIG y técnicas de evaluación multicriterio demuestra su eficacia como soporte técnico en la planificación de infraestructura crítica, ya que permite justificar la selección de sitios con base en criterios cuantificables, reduciendo la subjetividad y fortaleciendo los procesos de gestión de riesgos y ordenamiento territorial.

## 11. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.

- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.
- Débora, B. M., Mariano-Culqui, C. D., Marcos, J. G., & Raul-Herrera, G. C. (2015). Gestión de Riesgo en el Ecuador. *Revista técnica e informativa del Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha*, 16.
- Gómez, J. C., & Cabrera, J. P. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia et technica*, 2(39).
- Lavell, A. (2003). La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. *CEPREDENAC*.
- León Borbor, E. P., & Garcés León, D. O. (2025). *Modelado de deslizamiento utilizando técnicas de sensores remotos: Caso de estudio vía a la Costa-Guayas (Doctoral dissertation)*. ESPOL, FICT.
- Moran-González, M. R., & Mogro-Cepeda, Y. V. (2024). Implementación de sistemas de información geográfica en la planificación urbana inteligente. *Innova Science Journal*, 2(4), 1-14.
- Pérez Fernández, O. A. (2021). Modelos de localización asignación utilizando redes dinámicas a partir de ficheros GTFS y datos de TomTom. *GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica (Artículos)*, 28, 59 - 81. doi:<http://dx.doi.org/10.21138/GF.751>
- Piqueras, V. Y. (27 de 11 de 2018). *Universitat Politecnica de Valencia* . Obtenido de Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP): <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>

Rivadeneira, L., & Zumárraga, M. (2011). *Evolucion de las variables investigadas en los censos de pobacion y vivience del Ecuador 1950, 1962, 1974, 1982, 1990, 2001 y 2010*. Quito: INEC. Obtenido de

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Publicaciones/Evolucion\\_variables\\_1950\\_2010\\_24\\_04\\_2014.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Publicaciones/Evolucion_variables_1950_2010_24_04_2014.pdf)

Sendra, J. B., & Maass, S. F. (1995). Modelos de localización-asignación y evaluación multicriterio para la localización de instalaciones no deseables. *Serie Geográfica*, 5, 97 - 112.

UNDRR. (2015). Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030. *United Nations*.



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Carlos Eduardo Balda Alvarez, con C.C: # 020179285-0 autor(a) 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, 13 de marzo de 2026



Validar únicamente en FirmaEC.  
Firmado electrónicamente por:  
CARLOS EDUARDO  
BALDA ALVAREZ

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

Carlos Eduardo Balda Alvarez

C.C: 020179285-0



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	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).		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Balda Alvarez Carlos Eduardo		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Neptalí Armando Echeverría Llumipanta		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	Subsistema de Posgrado		
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
<b>GRADO OBTENIDO:</b>	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	13 de marzo de 2026	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	44
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Gestión de riesgos, cartografía, topografía		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Análisis espacial, análisis multicriterio, accesibilidad territorial		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras):	En el Ecuador, a pesar de la implementación de políticas, normativa y entes de control para la gestión de riesgo de desastres; el contraste social muestra la falta de una cultura de prevención ante eventos de origen natural o antrópico que podrían causar daños y pérdidas como movimientos en masa, inundaciones, sismos, deforestación, minería y sobreexplotación de recursos naturales principalmente por la falta de educación y capacitación en todos los niveles socioeconómicos, la influencia de la cordillera de los Andes por la colisión de las placas tectónicas convierten al Ecuador en un país mega vulnerable por la amenaza latente de volcanes activos y fallas que atraviesan gran parte del territorio dispuestas a activarse en cualquier momento por cualquier evento sísmico que pueda presentarse (Débora, Mariano-Culqui, Marcos, & Raul-Herrera, 2015).		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0984627893	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:carlos.balda@cu.ucsg.edu.ec/">carlos.balda@cu.ucsg.edu.ec/</a> <a href="mailto:cachitobalda@gmail.com">cachitobalda@gmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Neptalí Armando Echeverría Llumipanta		
	<b>Teléfono:</b> +593-4-3804600		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec">neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO</b> (en base a datos):			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL</b> (tesis en la web):			