



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencias de la Administración

Escuela de Ingeniería de Sistemas y Telemática

*Solución ambiental para la gestión de Geolocalización de rellenos sanitarios en
la cuenca del río Paute*

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniera de Sistemas

Autor: Jhenny Carmina Arévalo Delgado

Director: Ing. Paul Ochoa Arias

Cuenca, Ecuador

2021

Dedicatoria

A mis padres y hermanos por su amor, sus valiosos consejos, apoyo constante para no rendirme y poder cumplir mis sueños.

Agradecimientos

Agradezco al Ing. Paul Ochoa quien me ha orientado, brindado su ayuda incondicional y me proporcionó un valioso aporte de sus conocimientos.

Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Ilustraciones y Cuadros	vii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
Introducción	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1 Sistema de Información Geográfica	3
1.1.1 Formato vectorial.....	3
1.1.2 Formato ráster.....	4
1.2 ArcGis	4
1.3 QGIS.....	5
1.4 Análisis espacial	6
1.5 Base de datos espaciales.....	6
1.6 Topología	7
1.7 Georreferenciación.....	7
1.8 Sistemas de coordenadas	7
1.8.1 Planas	7
1.8.2 Geográficas	8
1.8.3 Datum.....	8
1.9 Conclusiones del Capítulo	8
CAPÍTULO II: REQUISITOS TÉCNICOS PARA LA UBICACIÓN ÓPTIMA DEL RELLENO SANITARIO	9
2.1 Materiales	9
2.1.1 Cuenca hidrográfica	9
2.1.2 Subcuenca	10
2.1.3 Mapa de Pendientes	11
2.1.4 Precipitación	12
2.1.5 Centros Poblados.....	13
2.1.6 Fuentes de Agua	14
2.1.7 Relleno sanitario.....	14
2.2 Métodos aplicados.....	14

2.2.1	Criterios técnicos para la práctica en el Ecuador	15
2.2.2	Base de Datos.....	16
2.2.3	Operaciones Espaciales.....	16
2.3	Conclusiones del Capítulo	16
CAPÍTULO III: TÉCNICAS MULTICRITERIO PARA UBICACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS.....		17
3.1	Solución en ArcGis, escala 1:25 000	17
3.1.1	Pendiente 0-5 grados.....	17
3.1.2	Precipitación anual menor de 1500 mm.....	19
3.1.3	Alejados 500 m de Centros Poblados	19
3.1.4	Alejados de 500 m de ciudades.....	20
3.1.5	Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Ríos.....	21
3.1.6	Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Lagunas	22
3.1.7	Alejados 500 m de vías principales	22
3.1.8	Alejados 500 m de vías secundarias.....	23
3.1.9	Solución.....	24
3.2	Solución en QGIS, escala 1:25 000	25
3.2.1	Pendiente 0-5 grados.....	25
3.2.2	Precipitación anual menor de 1500 mm.....	26
3.2.3	Alejados 500 m de Centros Poblados	27
3.2.4	Alejados de 500 m de ciudades.....	28
3.2.5	Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Ríos.....	29
3.2.6	Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Lagunas	29
3.2.7	Alejados 500 m de vías principales	30
3.2.8	Alejados 500 m de vías secundarias.....	31
3.2.9	Solución.....	31
3.3	Conclusiones del Capítulo	32
CAPÍTULO IV: ESCENARIOS DE SOLUCIÓN		33
4.1	Escenarios	33
4.2	Resultados.....	41
4.2.1	Solución final ArcGis, escala 1:25 000 – Superficie	41
4.2.2	Solución final QGis, escala 1:25 000 – Superficie.....	45
4.3	Tabla comparativa de desempeño entre ArcGis y QGis	46
4.4	Conclusiones del Capítulo	47
5.	CONCLUSIONES.....	48
5.1	Conclusiones Teóricas.....	48

5.2	Conclusiones Metodológicas.....	48
5.3	Conclusiones Pragmáticas.....	48
6.	REFERENCIAS	50
6.1	Glosario	50
6.2	Bibliografía	50
7.	ANEXO 1: GUÍA TÉCNICA PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MEDIANTE QGIS	52

Índice de Ilustraciones y Cuadros

Tablas

Tabla 1. Cuadro de subcuencas y sus áreas	11
Tabla 2. Superficies y porcentajes de las clases de pendientes tomado de MAG-PRONAREG-ORSTOM.....	12
Tabla 3. Centros poblados más importantes de la cuenca del río Paute.....	13
Tabla 4. Subcuencas del Río Paute	14
Tabla 5. Variables consideradas para este estudio basadas en la Norma de calidad ambiental para el Manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos	17
Tabla 6. Tabla con valores en GRIDCOD "1", que cumplen con el criterio	18
Tabla 7. Tabla con valores del cálculo que cumplen con la condición.....	19
Tabla 8. Tabla con valores en DN "1", que cumplen con el criterio.....	25
Tabla 9. Tabla que indica el valor "1", cumple con la condición precipitación menor a 1500 mm.	27
Tabla 10. Criterios con nueva medición	34
Tabla 11. Solución final ArcGis, escala 1:25 000 – Superficie	41
Tabla 12. Solución final QGis, escala 1:25 000 – Superficie	45
Tabla 13. Tabla comparativa de desempeño entre ArcGis y QGis	46

Figuras

Figura 1. Cuenca del Río Paute, lugares cuya pendientes esta entre 0 y 5 - ArcGis, escala 1:25 000..	18
Figura 2. Lugares cuya precipitación es menor a 1500 mm - ArcGis, escala 1:25 000.....	19
Figura 3. Cuenca del Río Paute, Centros Poblados alejados a 500 m - ArcGis, escala 1:25 000	20
Figura 4. Cuenca del Río Paute - Ciudades alejadas a 500 m - ArcGis, escala 1:25 000	21
Figura 5. ArcGis - Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Ríos, escala 1:25 000.....	21
Figura 6. ArcGis - Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Lagunas, escala 1:25 000	22
Figura 7. ArcGis - Alejados 500 m de vías principales - ArcGis, escala 1:25 000.....	23
Figura 8. ArcGis - Alejados 500 m de vías secundarias, escala 1:25 000	23
Figura 9. ArcGis - Lugares en donde es posible la ubicación de relleno sanitario	24
Figura 10. Cuenca del Río Paute, lugares cuya pendientes esta entre 0 y 5 - QGis, escala 1:25 000 ...	26
Figura 11. Lugares cuya precipitación es menor a 1500 mm - QGis, escala 1:25 000.....	27
Figura 12. Cuenca del Río Paute, Centros Poblados alejados a 500 m - QGis, escala 1:25 000	28
Figura 13. Cuenca del Río Paute - Ciudades alejadas a 500 m - QGis, escala 1:25 000	28
Figura 14. QGis - Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Ríos, escala 1:25 000.....	29
Figura 15. QGis - Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Lagunas, escala 1:25 000.....	30
Figura 16. QGis - Alejados 500 m de vías principales, escala 1:25 000.....	30
Figura 17. Figura 8. ArcGis - Alejados 500 m de vías secundarias, escala 1:25 000	31
Figura 18. QGis - Lugares en donde es posible la ubicación de relleno sanitario	32
Figura 19. Solución final ArcGis, escala 1:500 000 – Escenario Ambiental.....	42
Figura 20. Solución final ArcGis, escala 1:500 000 – Escenario Normativo	43
Figura 21. Solución final ArcGis, escala 1:500 000 – Escenario Económico Productivo	44
Figura 22. Solución final QGis, escala 1:500 000 – Escenario Ambiental.....	46
Figura 23. Solución final QGis, escala 1:500 000 – Escenario Normativo	47
Figura 24. Solución final QGis, escala 1:500 000 – Escenario Económico Productivo	48

Figuras de Anexo

Figura A 1. Caja de dialogo para obtener pendientes – Parte 1	54
Figura A 2. Caja de dialogo para obtener pendientes – Parte 2	54
Figura A 3. Caja de dialogo con propiedades del tema para cambiar simbología	55
Figura A 4. Caja de dialogo de Ráster Calculator para calcular pendientes Parte 1	56
Figura A 5. Caja de diálogo de Ráster Calculator para calcular pendientes Parte 2	56
Figura A 6. Caja de diálogo de Ráster Calculator para calcular pendientes Parte 2	57
Figura A 7. Caja de diálogo para seleccionar datos por expresión	58
Figura A 8. QGis – Mapa con pendientes menor a 5 grados, escala 1:25 000	58
Figura A 9. Caja de dialogo de Ráster Calculator para calcular la precipitación Parte 1	59
Figura A 10. Caja de diálogo de Ráster Calculator para calcular la precipitación Parte 2	60
Figura A 11. Caja de diálogo para Poligonizar (ráster a vectorial), precipitación	61
Figura A 12. Cuadro con precipitación que cumple la condición	61
Figura A 13. Caja de herramientas de Procesos – Buffer	62
Figura A 14. Caja de diálogo de Buffer de centros poblados	63
Figura A 15. Caja de herramientas de Procesos – Diferencia simétrica	63
Figura A 16. Caja de diálogo Diferencia simétrica, centros poblados	64
Figura A 17. QGis – Mapa lugares alejados 500 m de centros poblados, escala 1:25 000	65
Figura A 18. Caja de herramientas de Procesos – Buffer ciudades	65
Figura A 19. Caja de diálogo Buffer, ciudades	66
Figura A 20. QGis – Mapa lugares alejados 500 m de ciudades, escala 1:25 000	67
Figura A 21. Caja de herramientas de Procesos – Buffer ríos	67
Figura A 22. Caja de diálogo Buffer, ríos	68
Figura A 23. Caja de herramientas de Procesos – Superposición vectorial - Diferencia simétrica	69
Figura A 24. Caja de diálogo Diferencia simétrica, ríos	69
Figura A 25. QGis – Mapa lugares alejados 1000 m de ríos, escala 1:25 000	70
Figura A 26. Caja de diálogo Buffer, lagunas	71
Figura A 27. Caja de diálogo Diferencia simétrica, lagunas	72
Figura A 28. QGis – Mapa lugares alejados 1000	72
Figura A 29. Caja de diálogo Buffer, vías principales	74
Figura A 30. Caja de diálogo Diferencia simétrica, vías principales	75
Figura A 31. QGis – Mapa lugares alejados 500 m de vías principales, escala 1:25 000	75
Figura A 32. Caja de diálogo Buffer, vías secundarias	76
Figura A 33. Caja de diálogo Diferencia simétrica, vías secundarias	77
Figura A 34. QGis – Mapa lugares alejados 500 m de vías principales, escala 1:25 000	78
Figura A 35. Caja de herramientas de Procesos – Intersección	78
Figura A 36. Caja de diálogo Intersección, capa 1 unión capa 2	79
Figura A 37. Caja de diálogo Intersección, capa 1-7 unión capa final	80
Figura A 38. Solución final QGis, escala 1:25 000 – Superficie	80

Índice de Anexos

A.	PRÁCTICA: DETERMINAR LAS ZONAS APTAS PARA UBICAR UN RELLENO SANITARIO (DEPÓSITO DE BASURA) EN LA CUENCA DEL RÍO PAUTE UTILIZANDO QGIS	52
A.1	Ubicación temática	52
A.2	Determinación de Zonas aptas	53
A.2.1	Pendientes menores a 5 grados	53
A.2.2	Precipitación anual menor de 1500 mm	58
A.2.3	Alejados 500 m de Centros Poblados	62
A.2.4	Alejados 500 m de ciudades	65
A.2.5	Alejados 1000 m de fuentes de agua – Ríos	67
A.2.6	Alejados 1000 m de fuentes de agua – Lagunas.....	70
A.2.8	Alejados 500 m de vías secundarias	76
A.3	Solución final aplicando criterios normativos.....	78

Resumen

Nuevos aportes en la elaboración de ciencias aplicadas e información en Sistemas de Información Geográfica (SIG), precisan de una guía didáctica que sirva para entender, manejar y resolver problemas reales.

En este trabajo, se realiza un análisis geo ambiental para determinar la localización de sitios apropiados para ubicar rellenos sanitarios en la cuenca del Rio Paute. Para ello se procesan las condiciones restrictivas de manera documentada, mediante la elaboración de una guía didáctica, que sirve como un estudio de caso para el aprendizaje de alumnos de los cursos de pregrado y los de capacitación que se imparten a funcionarios de municipios y organismos de desarrollo.

Para la elaboración del estudio, por medio de los paquetes de software QGIS y ArcGis, se realiza un análisis contrastado que permite establecer los niveles de desempeño que cada uno tiene al momento de generar información geográfica temática orientada al producto final.

Palabras clave: análisis espacial, quantum GIS, datos espaciales, QGIS, ArcGis

Abstract

New contributions in the elaboration of applied sciences and information in Geographic Information Systems (GIS), require a didactic guide to understand, handle and solve real problems. In this project, a geo-environmental analysis was carried out to determine the location of appropriate sites to locate sanitary landfills at the Paute River basin. For this, the restrictive conditions were processed in a documented way, by means of the elaboration of a didactic guide, which serves as a case study for the learning process of students in undergraduate courses and officials of municipalities and development government agencies. Through the QGIS and ArcGis software packages, a contrasted analysis was carried out to establish the performance levels that each one has when generating thematic geographic information oriented to the final product.

Keywords: spatial analysis, quantum GIS, spatial data, QGIS, ArcGis

Translated by

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Harpeli Arteaga".A handwritten signature in purple ink, appearing to read "Harpeli Arteaga".

Introducción

Debido al crecimiento económico (P.,Graziani, 2018), poblacional (W.,Kiettitanabumroong, G.,Tanaksaranond, P., Jarumaneeroj, 2017), industrial (J., Pinos, I., Puig, F., Banegas, F., Quezada, G., Delgado, N., Orellana, S., Saquicili, T., Quindi, G., Chacon, 2018) y el cambio en los estándares de consumo; un factor importante es la localización adecuada de los rellenos sanitarios (Botero, N., Rivera, D., 2015), que evitan grandes problemas de contaminación hidrológica y el suelo.

Al analizar este tipo de situaciones ambientales con los *Sistemas de Información Geográfica* (SIG) (Qisheng, 2012), se beneficia en la toma de decisiones (UTM, 2015) pudiendo establecer la realidad de lo que se quiere resolver. Una de las herramientas es *Quantum GIS* (QGIS) es que trabaja de forma depurada permitiendo varios formatos que aumentan su productividad en el resultado de datos. (IFRC, 2017)

A través del tiempo, en Latinoamérica se ha analizado la etapa de la disposición final de los residuos urbanos, para ello la CEDDET planteo diversas actividades como debates, foros, Bases de Datos con los principales rellenos sanitarios de *América Latina y Caribe* (ALC). Según el *Banco Interamericano de Desarrollo* (BID) en el año 2010 destaca que el 45% de los residuos en Latinoamérica no recibe un tratamiento adecuado (J., Grau, H.,Terraza, V., Rodríguez, D., Milena, A., Rihm, G., Sturzenegger, 2015).

En el Ecuador son insuficientes las prácticas de gestión (Rondon E., Szanto M., Pacheco J., Contreras E., Galvez A., 2017) de residuos (CEDDET, 2017) en sus 221 municipios (Del Hierro Calvachi, A.G., 2016) generando impactos ambientales (CEDDET, 2017) en zonas con alta biodiversidad.

Se han utilizado diversas formas de tratar con los desechos a nivel mundial en las grandes ciudades utilizando distintas herramientas entre ellas resalta la utilización de SIG para la adecuada ubicación de estos rellenos.

La gestión es cuanto a los desechos sólidos en el Ecuador ha resultado escasa, se ha limitado esta tarea al demandar una alta inversión económica, implicando obtener sistemas de gestión insuficientes. No existe un adecuado uso de SIG para resolver estos problemas.

El objetivo de este estudio es determinar las zonas aptas para la ubicación de rellenos sanitarios en la cuenca del Rio Paute, utilizando QGIS y ARCGIS, cumpliendo con las condiciones

ambientales que garanticen escasos impactos sobre el medio ambiente y con mayor beneficio hacia la población.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Sistema de Información Geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG) es una colección organizada de hardware, software y datos informáticos que se utilizan para vincular, analizar y mostrar información con referencias geográficas. La base del SIG es la capacidad de localizar objetos, eventos y vincularlos con la información adecuada para identificar patrones y proporcionar una base para la elaboración y el análisis de mapas. (J., Cano, 2017)

La historia de los SIG se remonta a la década de 1950, cuando pioneros como Waldo Tobler previeron que combinar las computadoras y la cartografía juntas podrían conducir a salidas de mapas automatizados. (D.,Farkas, B., Hilton, J.,Pick, H., Ramakrishna, A., Sarkatar, N., Shin, 2016)

Los SIG funcionan principalmente con dos modelos de datos: ráster y vector.

1.1.1 Formato vectorial

Representa el área cubierta con características geográficas como: puntos o nodos como árboles, postes, tapones contra incendios, aeropuertos, ciudades; líneas o arcos como arroyos, calles, alcantarillas y áreas o polígonos como parcelas de tierra, ciudades, condados, bosque, tipo de roca. Los atributos están en tablas, se pueden realizar operaciones más complejas. Los formatos de datos pueden ser shp, gml, kml o RDBMS como postgres, oracle, etc. (Taw)

Para cada entidad geométrica las características son constantes. La forma de estas entidades se codifica de modo explícito, ya que modeliza el espacio geográfico a través de una serie de primitivas geométricas que contienen los elementos más destacados de dicho espacio. Estas primitivas son de tres tipos: puntos, líneas y polígonos. (F.,Pucha, F.,Canovas,A., Fries, F., Oñate, V.,González, D., Pucha, 2017)

1.1.2 Formato ráster

Representa el área cubierta por la cuadrícula con generalmente celdas cuadradas de igual tamaño. Cada cuadrícula o celda tiene un valor único que representa el atributo o característica. Por lo general, las imágenes satelitales o de área se representan en formato de datos ráster.

La resolución de píxeles o cuadrícula es el límite para la identificación de características. Se utilizan formatos de datos como GeoTIFF, img, pix, hdf.
(Taw)

1.2 ArcGis

ArcGIS es un producto de software de referencia en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) comercializado por ESRI (Environmental Systems Research Institute), software no libre y de pago que permite manejar, seleccionar, establecer, gestionar, examinar y distribuir SIG que pueda ser aprovechada fácilmente y trabajado en nivel multiusuario. Permite la creación de datos geográficos mediante la digitalización inteligente con la que es viable trazar entidades claramente en un mapa, acumularlas en la base de datos geográfica del sistema y controlar la salida de datos.

ArcGIS es un sistema que conecta mapas, aplicaciones, datos y personas de formas que ayudan a las organizaciones a tomar decisiones más informadas y más rápidas. (Environmental Systems Research Institute, 2020)

La plataforma incluye software, con una infraestructura basada en la nube y herramientas profesionales como ArcGlobe, ArcReader, ArcObjects, ArcCatalog, ArcMap, ArcScene y ArcToolbox además con extensiones muy útiles como 3D Analyst, Spatial Analyst, Network Analyst, ArcScan entre otras.

ArcGis permite la creación, utilización y colaboración en mapas inteligentes donde se componen y esquematizan capas de información geográfica, los mapas son una herramienta para investigar y alcanzar modelos con el objetivo de solucionar dificultades, efectuar un alcance, y dar a conocer opiniones, técnicas, estos muestran información permitiendo manejarla para consulta, observación, organización y gestión. Permite en tiempo real la recopilación, actualización de información geográfica a través de tecnología web y móvil; esquematizar datos de distintas fuentes, permite el almacenamiento y administración de base de datos geográficas, solucionar problemas con análisis espacial, creación de aplicaciones basadas en

mapas, automatizar geo procesos, colaboración y distribución de información mediante la geografía y la visualización.

Es compatible con plataformas de servidor que permiten que se pueda compartir y colaboración, lo que implica que la información y la toma de decisiones esté disponible en la web y pueda accederse a esta información desde cualquier dispositivo móvil para todos los usuarios en una empresa, organización o comunidad.

ArcGIS proporciona una credencial única que permite al usuario acceder de forma segura a mapas, aplicaciones, datos y herramientas de análisis. Se puede administrar las identidades de ArcGIS utilizando las funciones de seguridad integradas en ArcGIS o utilizando un proveedor de identidad de terceros. (Environmental Systems Research Institute, 2020)

1.3 QGIS

Quantum GIS es un software de código abierto para el manejo de Sistemas de Información Geográfica, permite visualizar administrar, editar datos. Se publica bajo la Licencia Pública General GNU (GPL). Al desarrollar QGIS bajo esta licencia significa que se puede inspeccionar y modificar el código fuente, y garantizar que el usuario, siempre tendrá acceso a un programa GIS que es gratuito y puede modificarse libremente. (QGIS Project, 2016)

Es un SIG, que proporciona funciones y características comunes; también un software gratuito, colaborativo y multiplataforma que se desarrolla constantemente por la comunidad QGIS. (Inter-Agency Coordination, 2017)

Entre sus funcionalidades están que posee una potente funcionalidad mediante la integración de GRASS, trabaja bien en sistemas operativos como: en Unix, Linux Mac OSX y Windows, soporta distintas funcionalidades y formatos de base de datos, vector y ráster, su arquitectura está fundamentada en plugins por lo que pueden ser creados a través de lenguajes como C++ y Python y tiene herramientas que permite la manipulación de datos provenientes de GPS, archivos planos, etc.

La interfaz gráfica de QGIS es amigable ya que permite identificar y seleccionar elementos, editar, visualizar, buscar atributos, cambio de simbología de vectorial a ráster, manejo de base de datos en PostgreSQL. Entre sus formatos vectoriales están: los de ESRI, shapefiles, MapInfo, SDTS y GML y entre su formato ráster constan de modelo digital de elevación, fotografías aéreas o imágenes landsat.

Permite la creación, edición y exportación de datos espaciales al utilizar componentes de digitalización para formatos de GRASS y tipo shape.

Elabora el análisis espacial con el uso de complementos de ftools o GRASS como: álgebra de mapas, análisis de terreno, modelamiento hidrológico, análisis de redes.

1.4 Análisis espacial

El análisis espacial se puede ejecutar utilizando diversas técnicas con la ayuda de estadísticas y SIG que proporciona la interacción de atributos con los datos geográficos para mejorar la precisión de la interpretación y la predicción del análisis espacial. El análisis espacial que está involucrado en SIG puede generar datos geográficos y la información resultante será más informativa que los datos recopilados no organizados. De acuerdo con el requerimiento del usuario final, se elige una técnica geoespacial adecuada para ser implementada con GIS. Esta selección de la técnica geoespacial definirá la clasificación y el método de análisis que se utilizará. (V., Senapathi, R., Paramasivam, 2019)

1.5 Base de datos espaciales

Las bases de datos espaciales mantienen información espacial que es apropiada para aplicaciones donde es necesario monitorear la posición de un objeto o evento. Acepta aspectos del espacio y ofrece tipos de datos espaciales en su modelo de datos y lenguaje de consulta. Los atributos de referencia espacial o geográfica de los objetos en una base de datos espacial permiten que se coloquen dentro de un espacio bidimensional o tridimensional. Una base de datos espacial, a diferencia de la base de datos clásica, no solo consulta datos basándose únicamente en sus atributos, sino que también tiene la capacidad de consultar elementos de datos con respecto a sus ubicaciones.

Las bases de datos espaciales se refieren la representación fundamental del objeto de un conjunto de datos que viene de entidades espaciales o geográficas. (G., Samson, J., Lu, M., Usman, Q., Xu, 2017)

1.6 Topología

La topología es un enfoque matemático que nos permite estructurar datos basados en los principios de adyacencia de entidades geográficas y conectividad de las mismas, es el método matemático utilizado para definir las relaciones espaciales. Sin una estructura de datos topológicos en un SIG basado en vectores, la mayoría de las funciones de manipulación y análisis de datos no serían prácticas ni factibles. (D., Buckley, 2017)

1.7 Georreferenciación

La georreferenciación es la relación entre el sistema de coordenadas interno de un mapa digital o una foto aérea con un sistema terrestre de coordenadas geográficas. Si se vincula una imagen o un mapa digital georreferenciado a un sistema de coordenadas terrestres conocido, los usuarios pueden determinar dónde se encuentra cada punto del mapa o foto aérea en la superficie de la Tierra. (USGS, 2018)

1.8 Sistemas de coordenadas

Un sistema de coordenadas es un marco de referencia que define las ubicaciones de las características en un modelo de la Tierra. Tiene forma de globo, esférico. Sus unidades son angulares, generalmente grados (H., Smith, 2020).

1.8.1 Planas

Una proyección plana conocida también como proyección azimutal es la que mapea las características de la superficie terrestre a una superficie plana que toca la superficie terrestre en un punto o a lo largo de una línea de tangencia. (M., Gimond, 2021)

Esta proyección se usa a menudo en el mapeo de regiones polares, pero se puede usar para cualquier ubicación en la superficie de la tierra.

Existen tres proyecciones planas: ortográfica, gnomónica y equidistante. Cada uno cubre un rango espacial diferente y cada uno conserva un conjunto único de propiedades espaciales.

1.8.2 Geográficas

Un sistema de coordenadas geográficas es un sistema de referencia para identificar ubicaciones en la superficie curva de la tierra. Las ubicaciones en la superficie de la tierra se miden en unidades angulares desde el centro de la tierra en relación con dos planos: el plano definido por el ecuador y el plano definido por el primer meridiano (que cruza Greenwich, Inglaterra). Por tanto, una ubicación se define mediante dos valores: un valor latitudinal y un valor longitudinal. (M., Gimond, 2021)

1.8.3 Datum

Para trabajar con un modelo matemático simple de la tierra se usa el geoide. Se alinea el geoide con representación de la esfera y se mapean las características de la superficie terrestre en la esfera. (M., Gimond, 2021)

La alineación puede ser local donde la superficie del elipsoide se ajusta estrechamente al geoide en una ubicación particular en la superficie de la tierra o geocéntrica donde el elipsoide está alineado con el centro de la tierra. Cómo se elige alinear el elipsoide con el geoide define un datum.

1.9 Conclusiones del Capítulo

Los sistemas de información en general nos ayudan en la toma de decisiones ya que son herramientas que permiten tener conocimiento de la información, la misma que es procesada y analizada; en particular los sistemas de información geográfica lo que añaden es un atributo espacial por lo que se consigue dar más fortaleza a la información.

Los formatos vectoriales, ráster son muy importantes en el manejo de información, ya que los Sistemas de Información Geográfica permiten interactuar en la misma herramienta o en el mismo ambiente de trabajo entre uno u el otro formato para luego ser procesado.

CAPÍTULO II: REQUISITOS TÉCNICOS PARA LA UBICACIÓN ÓPTIMA DEL RELLENO SANITARIO

2.1 Materiales

Para la óptima ubicación de un relleno sanitario se realizó la recolección de información, brindado por el Departamento del IERSE de la Universidad del Azuay, de lo cual se obtuvo la cartografía base y uso cobertura del suelo.

Se tomó como referencia la Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos Libro VI Anexo VI que expone diferentes detalles específicos para la apta ubicación que se somete a las disposiciones y es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

A continuación, se detalla los materiales necesarios para la ubicación de este relleno sanitario.

2.1.1 Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un sistema fluvial completo, un área drenada por un río y sus afluentes; se puede decir que es una unidad geográfica en la que se puede analizar el ciclo hidrológico y sus componentes.

La ecuación se aplica en forma de ecuación de balance hídrico a una región geográfica, con el fin de establecer las características hidrológicas básicas de la región.

Una cuenca hidrográfica se define como el área que parece, sobre la base de la topografía, aporta toda el agua que pasa por una sección transversal determinada de un arroyo. (S., Dingman, A., Musy, E., Shaw, 2020)

Sus características fisiográficas influyen en gran medida en sus respuestas hidrológicas y especialmente en el régimen de flujo durante las inundaciones y los períodos de sequía. El tiempo de concentración, que caracteriza la velocidad e intensidad de la reacción de la cuenca al estrés lluvia, está influenciado por las diferentes características morfológicas.

Las propiedades geofísicas, climáticas, hidrológicas y ecológicas únicas de un sistema de cuencas hidrográficas también modulan el intercambio de materia y energía.

El tiempo de concentración, que caracteriza la velocidad e intensidad de la reacción de la cuenca al estrés lluvia, está influenciado por las diferentes características morfológicas.

En la división hidrográfica del Ecuador, se reconocen 79 cuencas hidrográficas, las mismas que se agrupan para su manejo en 31 sistemas hidrográficos: 24 en la vertiente del Pacífico y 7 en la vertiente del Amazonas.

- **Cuenca del río Paute**

La cuenca del río Paute está ubicada en la región del Austro de Ecuador, entre la cordillera oriental y occidental de los Andes, en la unión de las provincias de Azuay y Cañar. El límite geográfico de la cuenca de estudio ocupa 15 cantones y 4 provincias (Azuay, Cañar, y Morona Santiago). La cuenca tiene una extensión de 6436 km² y está formada por 19 subcuencas, con áreas que varían entre 50 a 950 km². El río Paute se origina por la confluencia de los ríos Cuenca y Santa Bárbara. Tras su nacimiento, este río pasa a ser el límite entre las provincias del Azuay y Cañar, y después desciende hacia la Amazonía en la provincia de Morona Santiago. (A.,Pozo, M., Peñil, , 2018)

2.1.2 Subcuenca

Una subcuenca es una unidad de drenaje de menor superficie que una cuenca y que forma parte de esta, es una superficie de terreno cuya corriente de agua fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y lagos hacia un determinado punto de un curso de agua; generalmente un lago o una confluencia de ríos. (CENEAM, 2019)

La Cuenca del Rio Paute cuenta con 19 subcuencas hidrográficas, que cubre en total una superficie aproximada de 6437 km² se localiza en la cadena montañosa de los Andes; el relieve superior es montañoso y le sigue uno escarpado, representativo de la zona media y baja de la cuenca.

Se encuentra emplazada en tres provincias: Azuay, Cañar y Morona Santiago. el área más pequeña es la subcuenca del río Sidcay mientras que la subcuenca más grande es la del Río Negro. (M., Verdugo, , 2017)

Tabla 1. Cuadro de subcuencas y sus áreas

Subcuenca	Área (km ²)
Burgay	447
Collay	242
Cuenca	121
Jadán	297
Juval	427
Machángara	326
Magdalena	51
Mazar	166
Paute	448
Paute bajo	525
Pindilig	168
Pulpito	169
Negro	787
Santa Barbara	947
Sidcay	43
Tarqui	476
Tomebamba	334
Yanuncay	410
Aporte Directo	55

2.1.3 Mapa de Pendientes

Un mapa de pendientes permite identificar la inclinación de la superficie (P., Ochoa, 2020), el factor topográfico de la pendiente es un elemento primario para la caracterización del espacio físico e insumo necesario en el sistema de valoración de tierras (MAG, 2015), por lo que se sugiere que la cubierta superficial debe contar con pendientes de 3% para mantener el buen drenaje de agua lluvia (SCA, 2015).

La Tabla 2 detalla clases, rangos y descripción de pendientes agrupadas patrocinadas por el Programa MAG-PRONAREG-ORSTOM (1983). (MAG-PRONAREG-ORSTOM, 2015)

Tabla 2. Superficies y porcentajes de las clases de pendientes tomado de MAG-PRONAREG-ORSTOM

Clase	Rango %	Descripción
1	0 - 5	Pendiente débil
2	5 – 12	Pendiente suave
3	12- 25	Pendiente moderada
4	25 – 50	Pendiente fuerte
5	50 - 70	Pendiente muy fuerte
6	>70	Pendiente abrupta
Na	0	Área Urbana

2.1.4 Precipitación

La precipitación se origina por la cantidad de agua que cae a la superficie terrestre y proviene de la humedad atmosférica (UDEP, n.d.).

La precipitación promedio anual en Azuay se estima aproximadamente en 940 mm /año (Azuay, 2015).

El rango de precipitaciones en la cuenca del Paute presenta variaciones espaciales importantes, variando de un año a otro para un lugar determinado. Por cantidad y distribución de la precipitación se puede diferenciar la cuenca en tres áreas que coinciden con lo denominado cuenca Alta, cuenca Media y cuenca Baja. (A., Estívariz,M., Peñil, 2018)

2.1.5 Centros Poblados

En la Tabla 3 se muestra las provincias con sus respectivos Centros Poblados que forman parte de la Cuenca del río Paute.

Tabla 3. Centros poblados más importantes de la cuenca del río Paute

PROVINCIA	CANTÓN
AZUAY	Chordeleg
	Cuenca
	El Pan
	Guachapala
	Gualaceo
	Paute
	Sevilla de Oro
	Sígsig
CAÑAR	Azogues
	Cañar
	Biblián
	Déleg
MORONA SANTIAGO	Gualaquiza
	Limón Indanza
	Morona
	Santiago
	Sucúa

2.1.6 Fuentes de Agua

La presente Tabla 4 muestra las Subcuencas de la Cuenca del Río Paute, con sus respectivos caudales.

Tabla 4. Subcuencas del Río Paute

Subcuenca	Código	Área	Caudal Especifico	Caudal Medio
Burgay	1	44661	7	3126
Collay	2	24197	53	12825
Cuenca	3	12073	16	1932
Jadán	4	20707	7	2080

2.1.7 Relleno sanitario

Es una técnica para la disposición de los desechos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública. (INEC, AME, 2016)

Según el registro Oficial por Decreto del Ejecutivo Nro. 3516 numeral 4.12.3 expone que los municipios deben expedir las regulaciones técnicas necesarias para el manejo y disposición sanitaria de los desechos sólidos no peligrosas en el relleno sanitario. (J., Morejón, L., Gutiérrez, 2003)

Para el efecto los municipios deberán presentar obligatoriamente a la entidad de control un estudio de impacto ambiental y todo sitio para la disposición sanitaria de desechos sólidos provenientes del servicio de recolección de desechos sólidos deberá cumplir con los requisitos establecidos.

2.2 Métodos aplicados

Existen metodologías que utilizan Sistemas de Información Geográfica (SIG) para ubicar rellenos sanitarios, se utilizaron técnicas multicriterio que representan los resultados mediante cartografía temática, definiendo el conjunto de restricciones que limitan a la solución del problema cumpliendo al conjunto de condiciones del problema (Barba Romero, n.d.) .

A continuación, se describen los diferentes criterios para su desarrollo:

2.2.1 Criterios técnicos para la práctica en el Ecuador

En el registro Oficial de Norma de Calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos, por Decreto del Ejecutivo Nro. 3516 numeral 4.12.4 del literal a al r se expone que todo sitio para la disposición sanitaria de desechos sólidos provenientes del servicio de recolección de desechos sólidos deberá cumplir como mínimo, con los siguientes requisitos para rellenos sanitarios.

- **Pendientes**

Para la ubicación del relleno no deben escogerse zonas que presenten fallas geológicas, lugares inestables, cauces de quebradas, zonas propensas a deslaves, a agrietamientos, desprendimientos, inundaciones, etc, que pongan en riesgo la seguridad del personal o la operación del relleno. (J., Morejón, L., Gutiérrez, 2003)

- **Precipitación**

Todo relleno sanitario debe disponer de una cuneta o canal perimetral que intercepte y desvíe fuera del mismo las aguas lluvias.

- **Centros Poblados**

Debe estar conforme al plan de desarrollo urbano de la ciudad, deberán estar alejados 500 m de Centros poblados o viviendas (J., Morejón, L., Gutiérrez, 2003).

- **Fuentes de Agua**

Un relleno no debe ubicarse en zonas donde se ocasione daños a los recursos hídricos (aguas superficiales y subterráneas, fuentes termales o medicinales), a la flora, fauna, zonas agrícolas ni a otros elementos del paisaje natural. (J., Morejón, L., Gutiérrez, 2003).

El relleno sanitario deberá estar ubicado a una distancia mínima de 200 m de la fuente superficial más próxima.

- **Vías principales y secundarias**

Se deberá contar con vías fácil de acceso (J., Morejón, L., Gutiérrez, 2003) , sin embargo, el relleno deberá estar alejado mínimo a 500 m de vías principales.

2.2.2 Base de Datos

Para el uso de objetos GIS (Geographic Information Systems) con QGIS se utilizó PostGIS que es una extensión al sistema de base de datos objeto-relacional PostgreSQL, con ello se puede utilizar todos los objetos que aparecen en la especificación OpenGIS como puntos, líneas, polígonos, multilíneas, multipuntos, y colecciones geométricas (D., Martin, 2018).

En ArcGIS se utiliza geo database que es organización de datos propia que es un conjunto de datasets geográficos de distintos tipos guardados en un sistema de administración de base de datos relacionales; es decir para su almacenamiento se emplean tablas simples y atributos bien concretos; lo que permite consultas en SQL que permite consultar, crear, editar tablas y sus elementos (ESRI, 2020).

2.2.3 Operaciones Espaciales

Se utiliza Sistema de Gestión de Base de Datos (*SGBD*) para almacenar la información temática, utilizando modelo de datos geo-relacional (Sarría, n.d.), que permite realizar consultas SQL al obtener entidades espaciales, los resultados obtenidos se presentan en forma de mapa y a los diferentes polígonos se le establecerían diferentes colores en función de que se cumpliera una condición o de los valores que adoptase una variable o índice (Consejo Nacional de Geoinformática, 2017).

2.3 Conclusiones del Capítulo

Este capítulo se analizan requisitos técnicos como materiales y métodos necesarios para el desarrollo de la práctica, se definen sus características principales y establecen conceptos básicos para su desarrollo.

CAPÍTULO III: TÉCNICAS MULTICRITERIO PARA UBICACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

Al aplicar técnicas multicriterio implementadas por Koopmans 1951 y de Kuhn & Tucker (1951); se establece las variables y criterios necesarios para el desarrollo y se procede a trabajar con el Software ArcGis en su versión 10.3.0.4322 y con Quantum GIS (QGIS) versión 3.16.1

Se puede observar en la Tabla 5 la ponderación de las variables consideradas por la Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos.

Tabla 5. Variables consideradas para este estudio basadas en la Norma de calidad ambiental para el Manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos

Variable	Criterio
Mapa de Pendientes	Pendiente 0 – 5 grados
Precipitación	Promedio anual menor a 1500 mm
Centros Poblados	Alejados 500 m de centros poblados
Ciudades	Alejados 500 m de ciudades
Fuentes de Agua - Ríos	Alejados 1000 m de fuentes de agua
Fuentes de Agua - Lagunas	Alejados 1000 m de fuentes de agua
Vías principales	Alejados 500 m de vías principales
Vías secundarias	Alejados 500 m de vías secundarias

3.1 Solución en ArcGis, escala 1:25 000

3.1.1 Pendiente 0-5 grados

El resultado se obtiene desde el mapa de pendientes mdt_25k_WGS84 por lo que generamos un ráster con los datos para el cálculo que permite realizar las operaciones entre el ráster y obtener como resultado los polígonos donde se podrían ubicar los rellenos sanitarios.

En la Tabla 6 se muestra los datos que tienen valor “1” en “GRIDCOD” son los que cumplen con el criterio de que la Pendiente esta entre 0 y 5 grados.

Tabla 6. Tabla con valores en GRIDCOD "1 ", que cumplen con el criterio

Table				
P_m5_Criterio				
FID	Shape *	ID	GRIDCODE	Superficie
0	Polygon	1	1	0,17
1	Polygon	2	1	0,34
2	Polygon	3	1	0,17
3	Polygon	4	1	0,17
4	Polygon	5	1	0,84
5	Polygon	6	1	0,34
6	Polygon	7	1	0,17
7	Polygon	8	1	4,28
8	Polygon	9	1	6,37
9	Polygon	10	1	3,11
10	Polygon	11	1	1,14
11	Polygon	12	1	0,34
12	Polygon	13	1	3,62
13	Polygon	14	1	0,5
14	Polygon	15	1	0,17
15	Polygon	16	1	0,34
16	Polygon	17	1	0,17
17	Polygon	18	1	0,34
18	Polygon	19	1	3,59
19	Polygon	20	1	3,66
20	Polygon	21	1	0,25
21	Polygon	22	1	0,5
22	Polygon	23	1	0,17
23	Polygon	24	1	0,34
24	Polygon	25	1	2,7

En la Figura 1 se muestra los lugares que cumplen con la condición de que la Pendiente se encuentra entre 0 y 5.

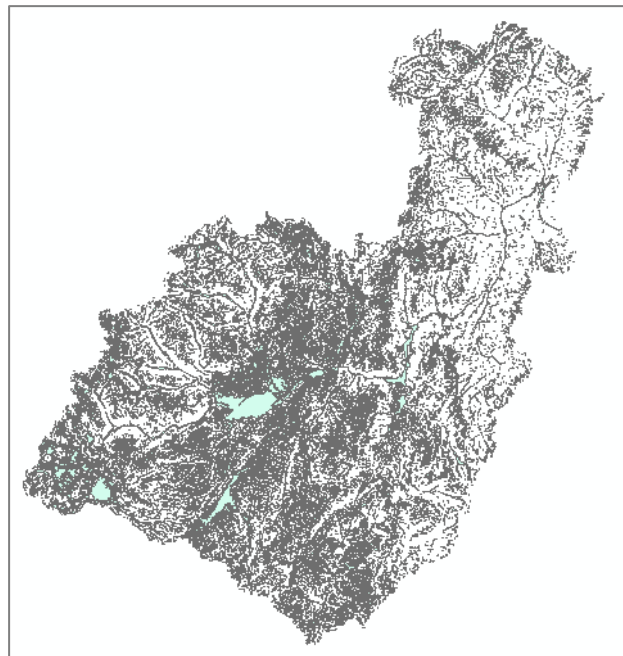
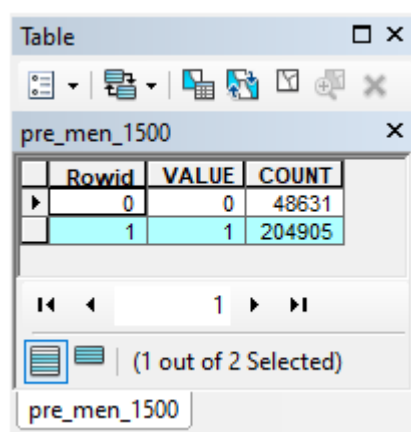


Figura 1. Cuenca del Río Paute, lugares cuya pendientes esta entre 0 y 5 - ArcGis, escala 1:25 000

3.1.2 Precipitación anual menor de 1500 mm

Para resolver este criterio se utiliza pre_promd_w841.tif en el que se calcula el ráster y obtenemos como resultado la Tabla 7 que presenta los datos que cumplen la condición que “VALUE” tiene igual a “1”.

Tabla 7. Tabla con valores del cálculo que cumplen con la condición



Rowid	VALUE	COUNT
0	0	48631
1	1	204905

Luego de este proceso se crea un polígono a partir de los que cumplen con la condición; como se muestra en la Figura 2 los que cumplen con la condición de que su precipitación es menor a 1500 mm.

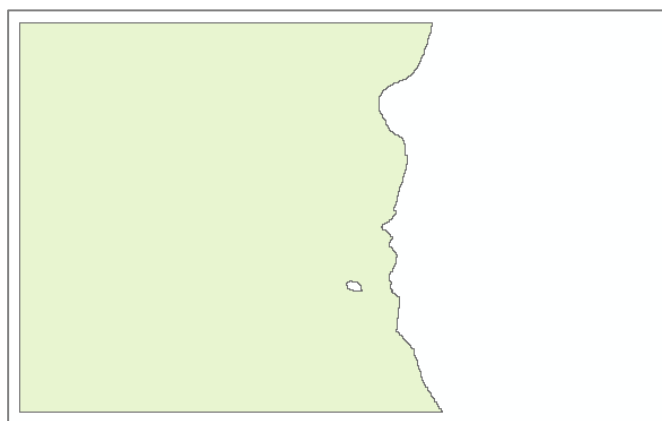


Figura 2. Lugares cuya precipitación es menor a 1500 mm - ArcGis, escala 1:25 000

3.1.3 Alejados 500 m de Centros Poblados

El resultado se obtiene desde el tema de Centros_Poblados_CRP_25K_UTM_WGS84 para ello se genera un buffer de centros poblados y obtenemos cp_buffer_500 m. Se realiza una diferencia simétrica con la herramienta “Symmetrical Difference” entre el

buffer obtenido y el tema Contorno_CRP. que es el Contorno de la cuenca del río Paute que nos da un tema con los Centro Poblados que cumplen este criterio.

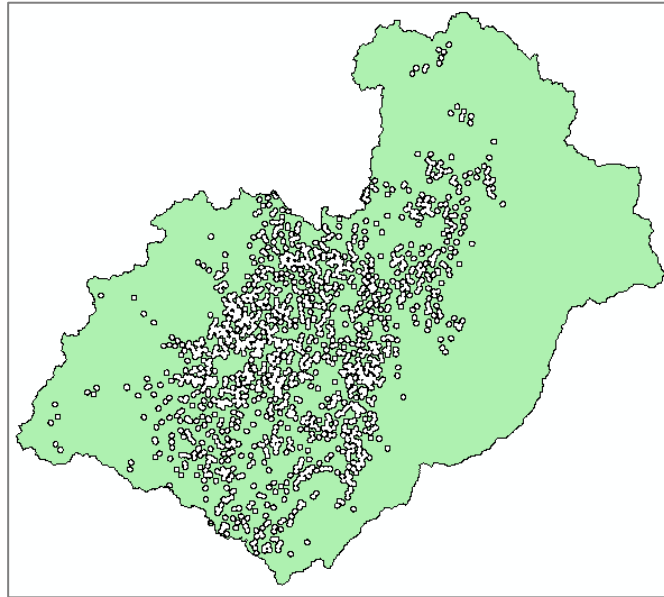


Figura 3. Cuenca del Río Paute, Centros Poblados alejados a 500 m - ArcGis, escala 1:25 000

3.1.4 Alejados de 500 m de ciudades

Se genera un buffer de ciudades a partir del tema Ciudades_CRP_25k_UTM_WGS84 y obtenemos ciud_buffer_500 m. Se realiza una diferencia simétrica con la herramienta “Symetrical Difference” entre el buffer obtenido y el tema Contorno_CRP. que es el Contorno de la cuenca del río Paute que nos da un tema con los Ciudades alejadas a 500 m.

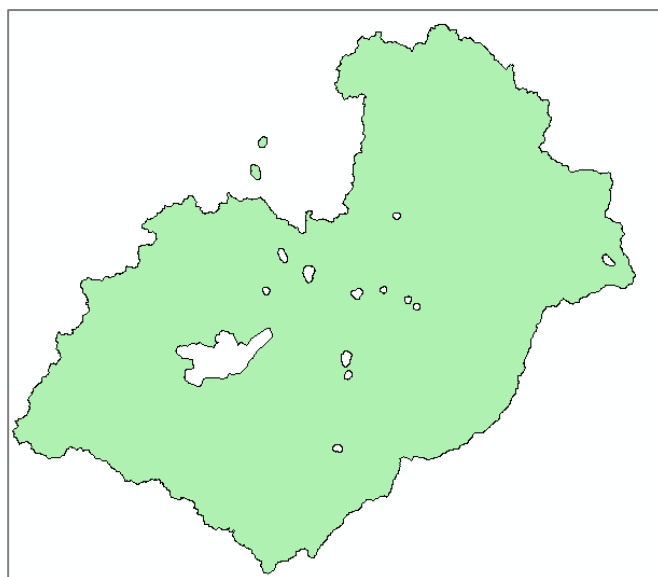


Figura 4. Cuenca del Río Paute - Ciudades alejadas a 500 m - ArcGis, escala 1:25 000

3.1.5 Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Ríos

Creamos un Buffer de Ríos para ello en Geoprocessing ejecutamos el Buffer. Generamos una diferencia simétrica entre el buffer obtenido y el Contorno y obtenemos los lugares que cumplen con este criterio.

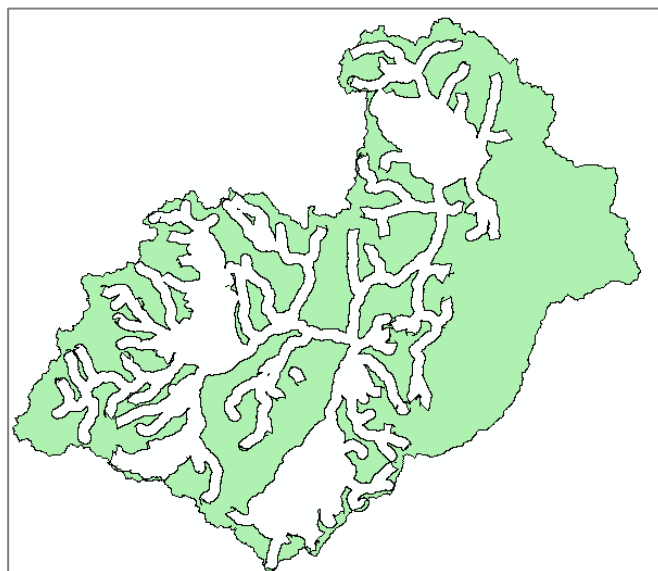


Figura 5. ArcGis - Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Ríos, escala 1:25 000

3.1.6 Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Lagunas

Para obtener lagunas alejadas a 100 m, realizamos un buffer del tema Lagunas_CRP_25k_UTM_WGS84.shp; luego procedemos a realizar una diferencia simétrica entre el buffer que se obtuvo y Contorno_CRP. shape

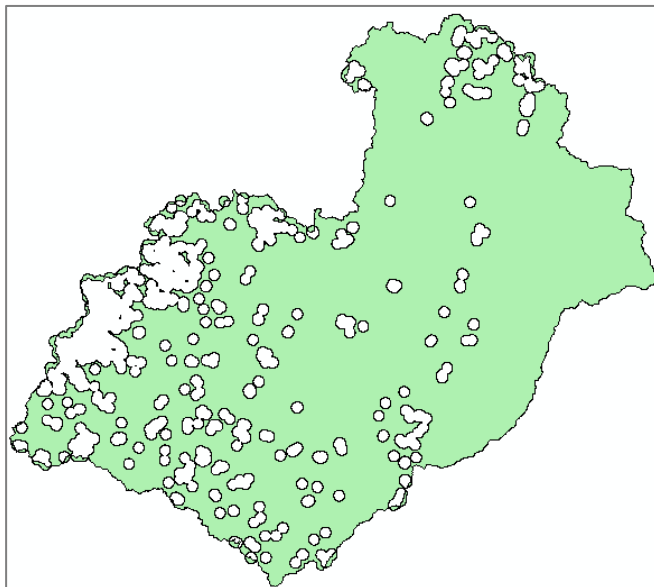


Figura 6. ArcGis - Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Lagunas, escala 1:25 000

3.1.7 Alejados 500 m de vías principales

Se genera un buffer del tema Ejes_Vias_Principales_CRP_25k_UTM_WGS84.shp y obtenemos un buffer. Se realiza una diferencia simétrica con la herramienta “Symetrical Difference” entre el buffer obtenido y Contorno_CRP. shape que es el Contorno de la cuenca del rio Paute que nos da un tema con vías principales alejadas a 500 m.

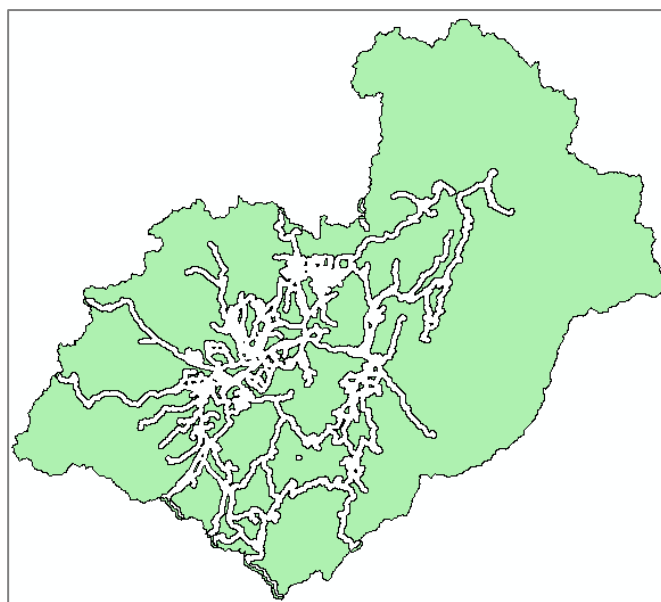


Figura 7. ArcGis - Alejados 500 m de vías principales - ArcGis, escala 1:25 000

3.1.8 Alejados 500 m de vías secundarias

Creamos un Buffer a partir de un tema que contiene las vías secundarias que pertenecen a la cuenca, para ello en Geoprocessing generamos el Buffer. Obtenemos una diferencia simétrica entre el buffer obtenido y Contorno_CRP.shape y obtenemos las vías secundarias que cumplen con este criterio.

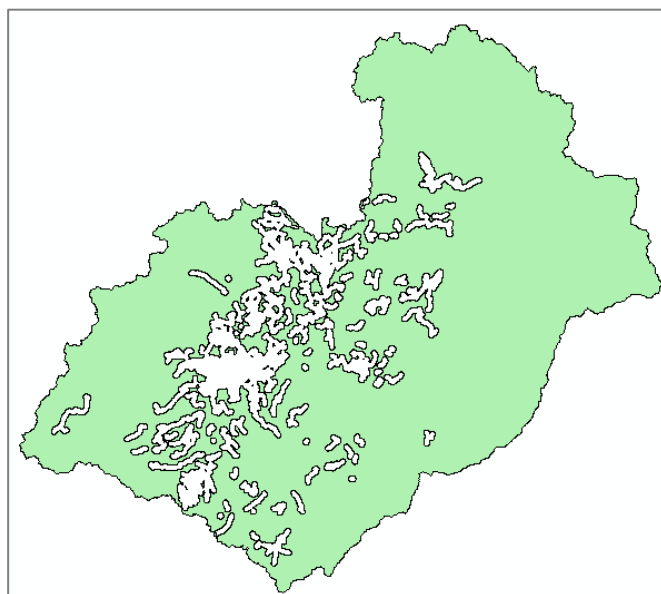


Figura 8. ArcGis - Alejados 500 m de vías secundarias, escala 1:25 000

3.1.9 Solución

Se aplicaron todos los criterios y se obtiene un producto cartográfico utilizando la herramienta Intersect de todos los resultados.

Al finalizar el proceso obtenemos los posibles lugares donde se puede ubicar un relleno sanitario como se muestra en la Figura 9.

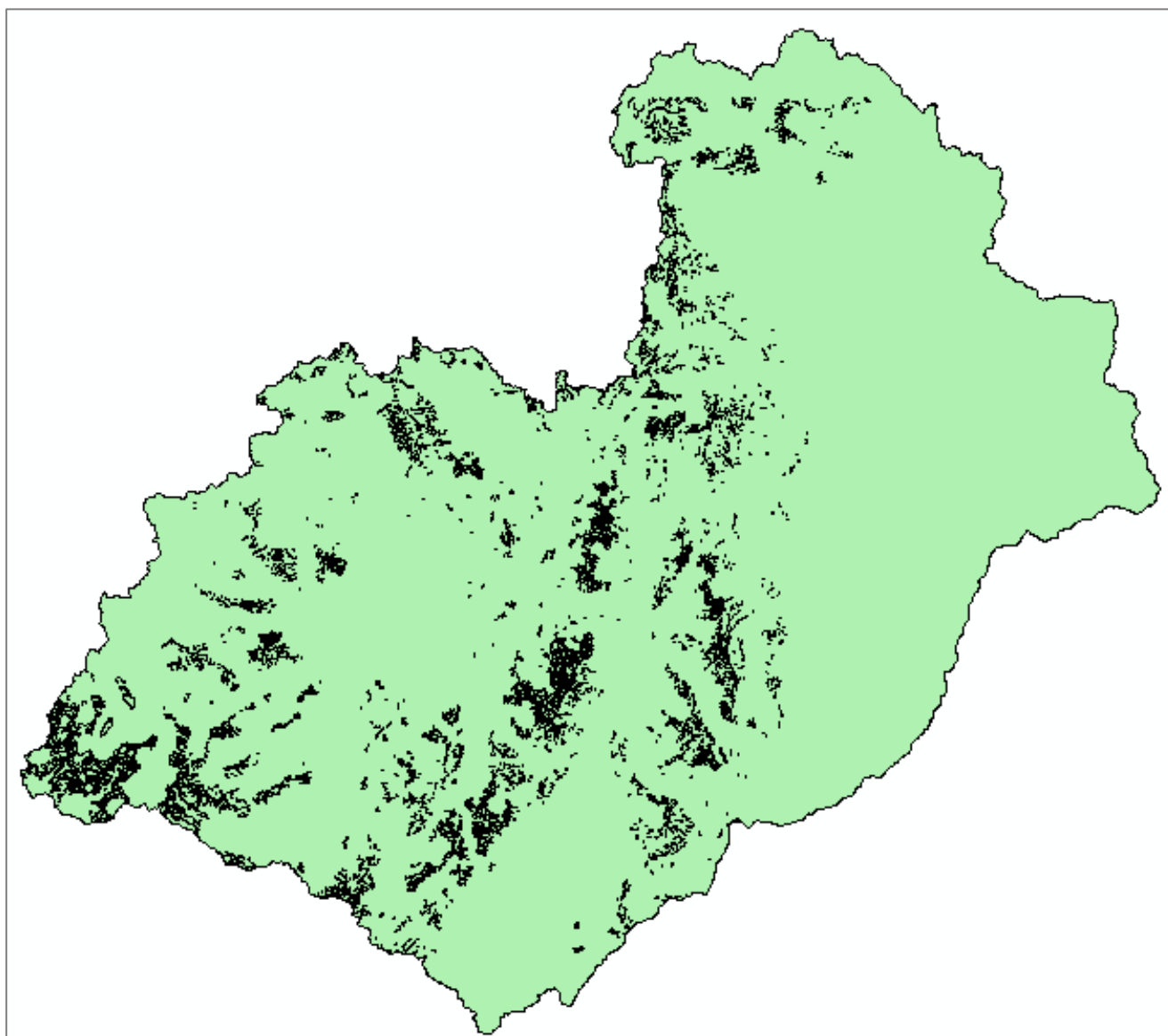


Figura 9. ArcGis - Lugares en donde es posible la ubicación de relleno sanitario

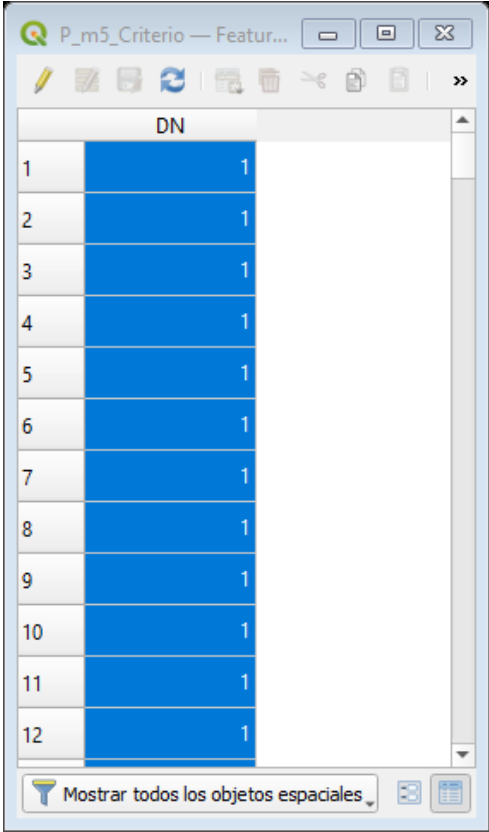
3.2 Solución en QGIS, escala 1:25 000

3.2.1 Pendiente 0-5 grados

Para obtener los lugares cuya pendiente este entre 0 y 5 grados se procede a hacerlo desde el mapa de pendientes mdt_25k_WGS84 que contiene las curvas de nivel a una escala 1:25 000, columna de elevación y el valor de la cota; para ello generamos un ráster que contendrá el criterio y para poder utilizarlo en esta práctica lo polinizamos. El resultado obtenido contiene un polígono con los valores en 1 que son los que cumplen con el criterio.

La Tabla 8, muestra los que tienen valor “1” y que son los que cumplen con el criterio.

Tabla 8. Tabla con valores en DN “1”, que cumplen con el criterio



	DN	
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
6	1	1
7	1	1
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	1	1

La Figura 10 muestra los lugares que cumplen con el criterio Pendiente esta entre 0 y 5 grados.

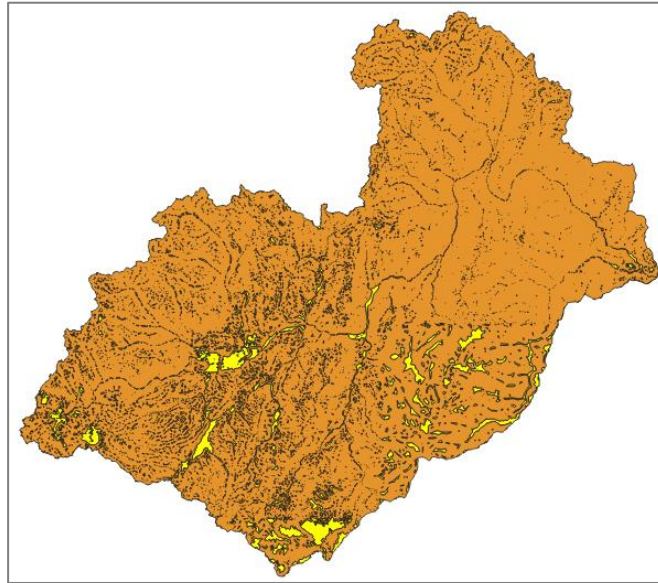


Figura 10. Cuenca del Río Paute, lugares cuya pendientes esta entre 0 y 5 - QGis, escala 1:25 000

3.2.2 Precipitación anual menor de 1500 mm

Para obtener este criterio se trabaja con el tema de precipitación de la cuenca, realizamos un cálculo mediante la herramienta Ráster calculator y obtenemos un archivo tipo ráster, el cual para efectos de la práctica lo pasamos a polígono.

La Tabla muestra los que contienen en el campo VALUE el valor “1”, cumplen con la condición.

Tabla 9. Tabla que indica el valor "1", cumple con la condición precipitación menor a 1500 mm.

DN	
1	0
2	0
3	1

La Figura 11 muestra los que cumplen con el criterio de precipitación.



Figura 11. Lugares cuya precipitación es menor a 1500 mm - QGis, escala 1:25 000

3.2.3 Alejados 500 m de Centros Poblados

Se trabaja con el tema que contiene los centros poblados que pertenecen a la cuenca, desde el cual se genera un buffer; se realiza una diferencia simétrica entre el buffer de centros poblados y el contorno de la cuenca. La Figura 12 muestra los centros poblados alejados a 500 m.

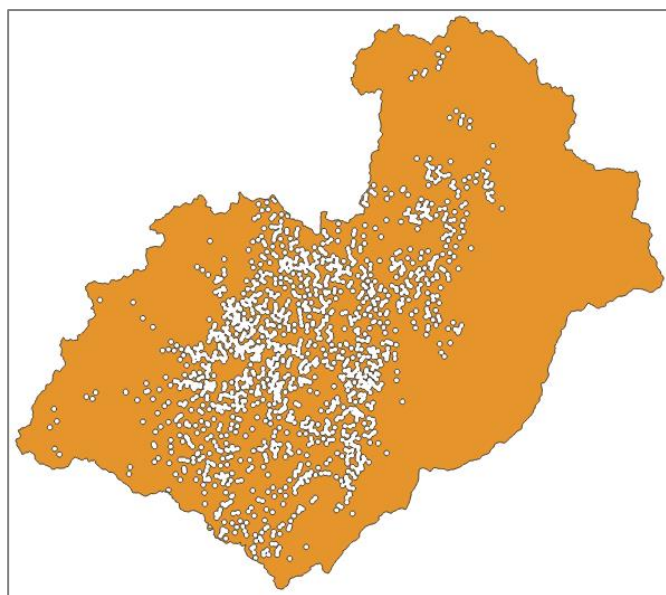


Figura 12. Cuenca del Río Paute, Centros Poblados alejados a 500 m - QGis, escala 1:25 000

3.2.4 Alejados de 500 m de ciudades

Se genera un buffer a partir del tema que contiene las ciudades que pertenecen a la cuenca; luego se procede a realizar una diferencia simétrica entre el buffer y el archivo que contiene el contorno de la cuenca.

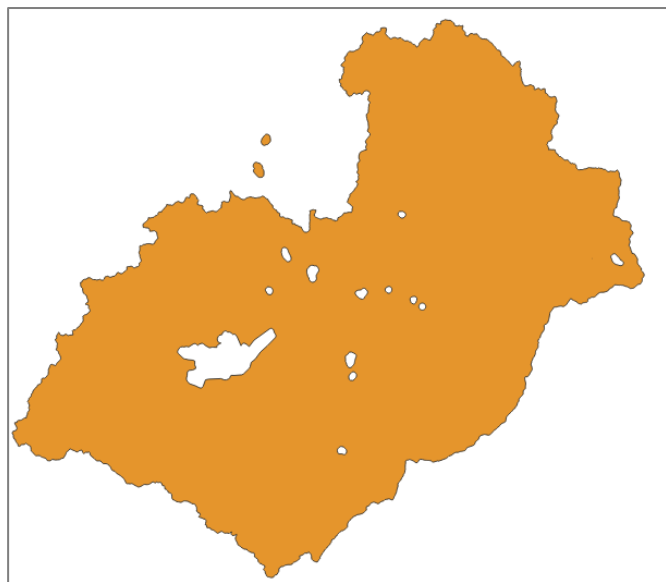


Figura 13. Cuenca del Río Paute - Ciudades alejadas a 500 m - QGis, escala 1:25 000

3.2.5 Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Ríos

Con el tema que contiene los ríos que pertenecen a la cuenca obtenemos un buffer de ríos alejados a 1000 m; con este resultado realizamos una diferencia simétrica entre el buffer y el contorno de la cuenca.

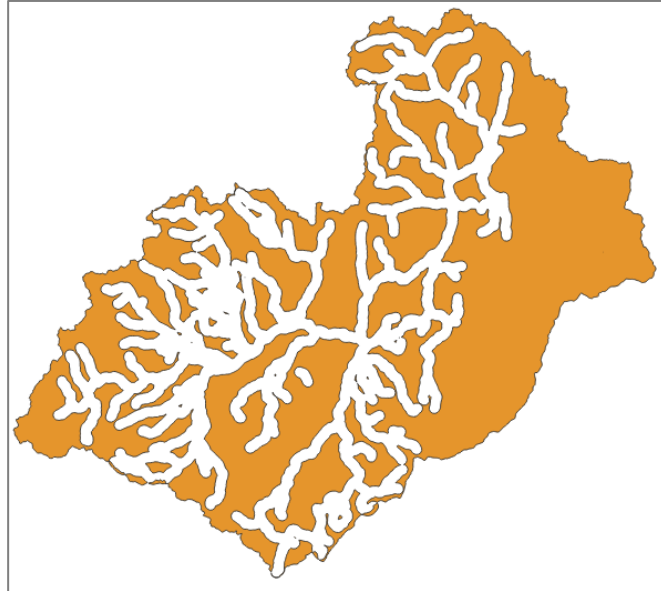


Figura 14. QGis - Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Ríos, escala 1:25 000

3.2.6 Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Lagunas

El criterio señala que las lagunas deben ser alejadas a 1000 m, para ello utilizamos el tema que contiene las lagunas que pertenecen a la cuenca; con ello generamos un buffer con el cual se aplicará la distancia de 1000 m; se realiza una diferencia simétrica que nos permite obtener el resultado.

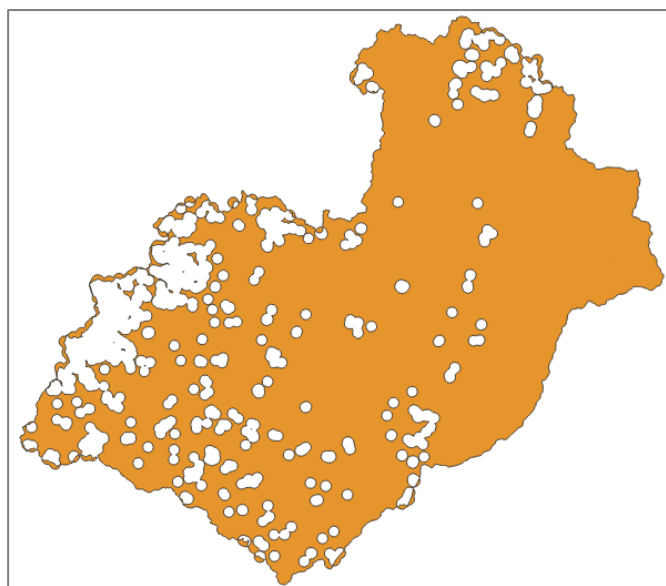


Figura 15. QGis - Alejados de 1000 m de fuentes de agua – Lagunas, escala 1:25 000

3.2.7 Alejados 500 m de vías principales

Para obtener el resultado del criterio se trabaja con el tema que contiene las vías principales de la cuenca, en el que se genera un buffer con una distancia de 500 m de vías principales; luego se procede a realizar una diferencia simétrica entre el buffer y el contorno de la cuenca que permitirá obtener el resultado del criterio.

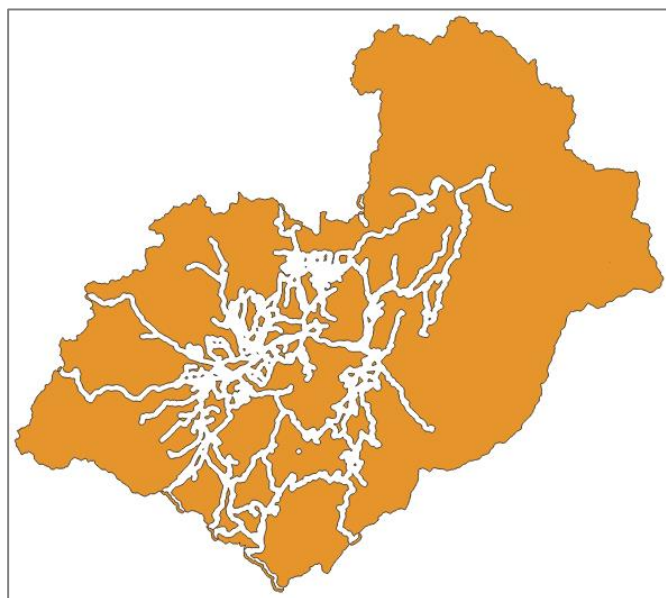


Figura 16. QGis - Alejados 500 m de vías principales, escala 1:25 000

3.2.8 Alejados 500 m de vías secundarias

Utilizamos el tema que contiene las vías secundarias que pertenecen a la cuenca con la que creamos un Buffer para ello en Geo processing ejecutamos el Buffer. Generamos una diferencia simétrica entre el buffer obtenido y Contorno_CRP.shape y obtenemos las vías secundarias que cumplen con este criterio.

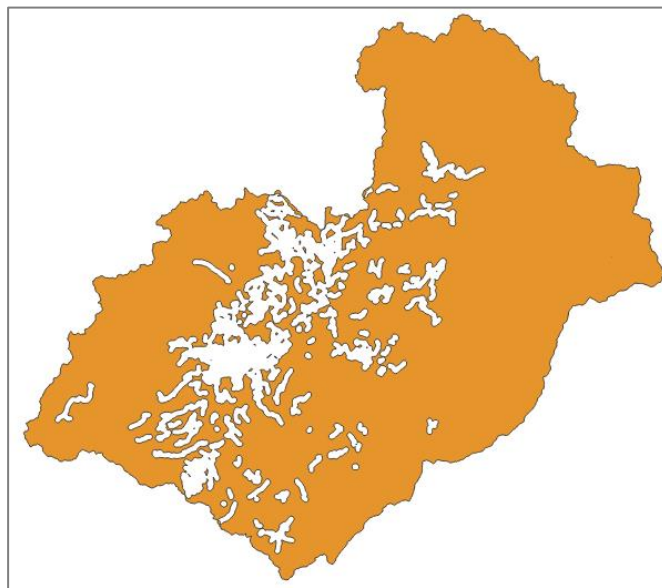


Figura 17. Figura 8. ArcGis - Alejados 500 m de vías secundarias, escala 1:25 000

3.2.9 Solución

Al aplicar todos los criterios se obtienen distintos temas con los resultados; para obtener un solo resultado se procede a realizar un Intersección por medio de la herramienta Intersección de Superposición vectorial.

La Figura muestra los posibles lugares para la ubicación de rellenos sanitarios.

Los procedimientos detallados para el desarrollo de este resultado están incluidos en el Anexo 1.

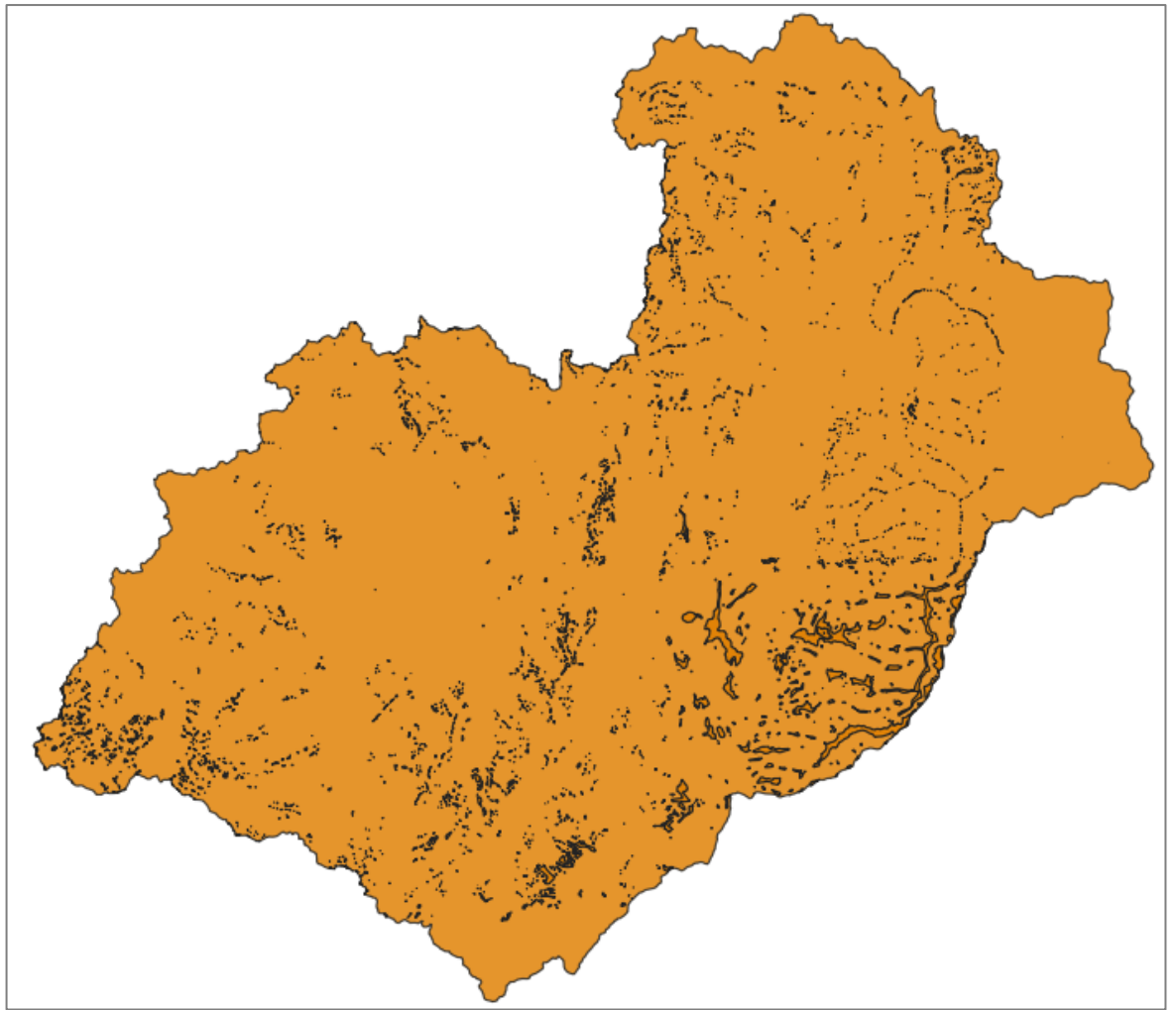


Figura 18. QGis - Lugares en donde es posible la ubicación de relleno sanitario

3.3 Conclusiones del Capítulo

Al utilizar ArcGis y QGis para el desarrollo de la práctica, se accede a trabajar con técnicas multicriterio y cumplir con los requisitos establecidos; su aplicación permite obtener lugares en donde se pueden ubicar los rellenos sanitarios, es muy importante destacar que en estas dos alternativas de software se puede trabajar e interactuar con el mismo tipo de archivos y procesarlos.

CAPÍTULO IV: ESCENARIOS DE SOLUCIÓN

Los productos obtenidos han sido trabajados con el rigor que establece la norma, sin embargo, con el propósito de contar con varias opciones previo a la toma de decisiones, es necesaria la evaluación de distintos escenarios: ambiental, normativo y productivo que permiten realizar distintas comparaciones y establecer la mejor alternativa.

Debido a que la utilización del procedimiento mediante los criterios que establece la norma, no asegura una solución aplicable; es necesario mover porcentualmente la determinación de cada parámetro por si se requiere ser más exigente o más relajado si existen pocas opciones en la misma, lo cual corresponde a un escenario ambiental, escenario normativo y un escenario económico productivo.

Si se requiere ser más rigurosos nos movemos hacia el escenario ambiental aumentando el rigor del porcentaje en cada uno de los criterios que establece la norma y si queremos ser menos exigentes disminuimos el rigor de los porcentajes, lo que equivale a un escenario económico productivo. Se puede, establecer escenarios mixtos donde se puede aumentar o disminuir el porcentaje dependiendo del caso.

4.1 Escenarios

A cada uno de los criterios se establece una nueva medición que permite evaluar entre los distintos escenarios, como se observa en la Tabla 10.

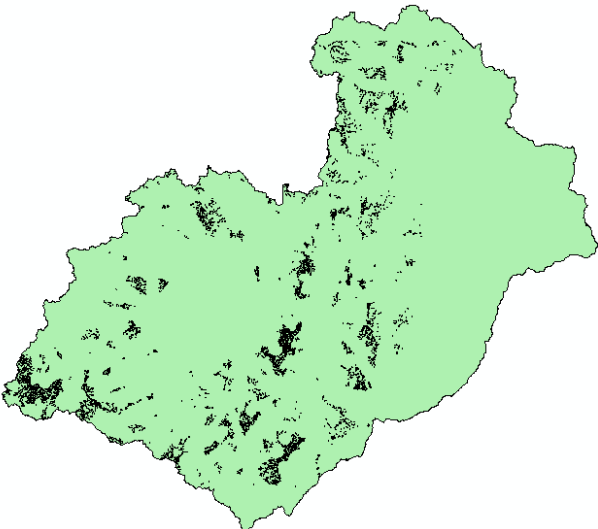
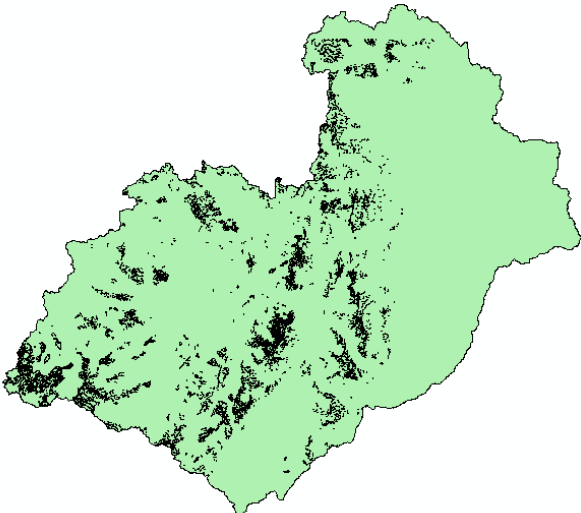
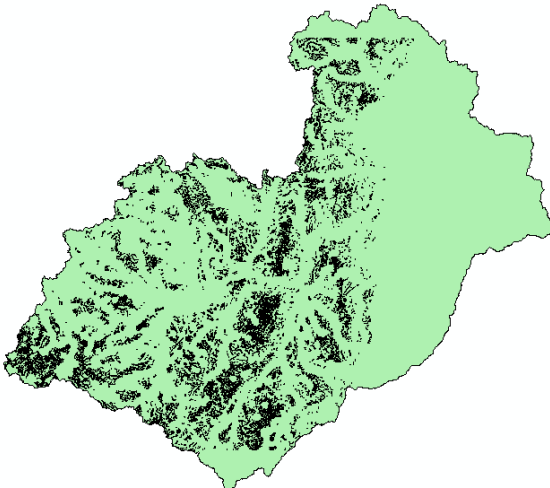
Tabla 10. Criterios con nueva medición

Criterios	Escenario Ambiental	Escenario Normativo	Escenario Económico Productivo
Mapa de pendientes	Pendiente 0 – 3 grados	Pendiente 0 – 5 grados	Pendiente 0 – 7 grados
Precipitación	Promedio anual menor a 1750 mm	Promedio anual menor a 1500 mm	Promedio anual menor a 1250 mm
Centros Poblados	Alejados 750 m	Alejados 500 m	Alejados 250 m
Ciudades	Alejados 750 m	Alejados 500 m	Alejados 250 m
Fuentes de agua -Ríos	Alejados 1250 m	Alejados 1000 m	Alejados 750 m
Fuentes de Agua - Lagunas	Alejados 1250 m	Alejados 1000 m	Alejados 750 m
Vías principales	Alejados 750 m	Alejados 500 m	Alejados 250 m
Vías secundarias	Alejados 750 m	Alejados 500 m	Alejados 250 m

4.2 Resultados

4.2.1 Solución final ArcGis, escala 1:25 000 – Superficie

Tabla 11. Solución final ArcGis, escala 1:25 000 – Superficie

Resultado	Escenario Ambiental	Escenario Normativo	Escenario Económico Productivo
ArcGis			
Superficie	4155,91 ha	8179,68 ha	13785,68 ha

Solución final ArcGis, escala 1:500 000 – Escenario Ambiental

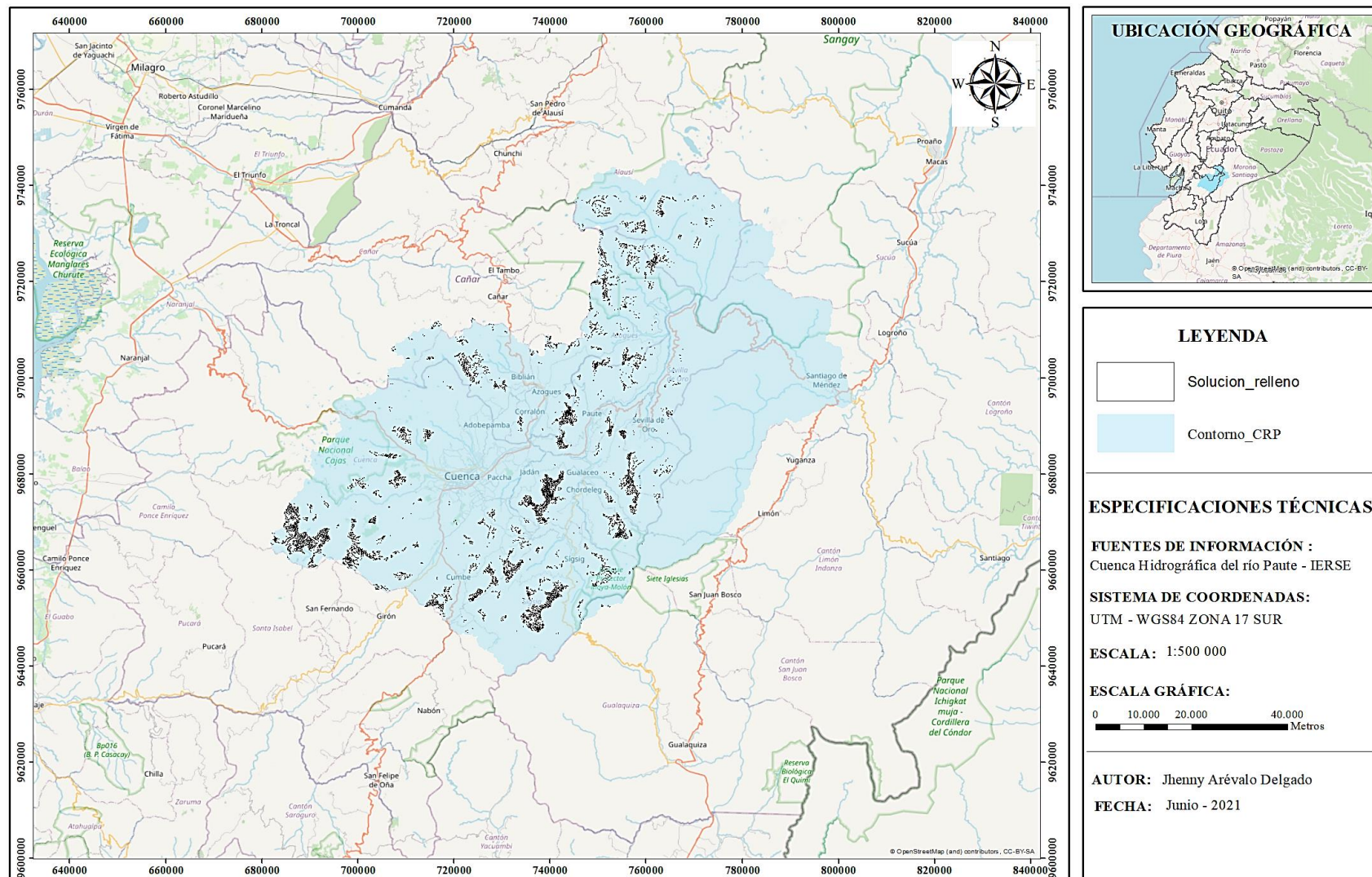


Figura 19. Solución final ArcGis, escala 1:500 000 – Escenario Ambiental

Solución final ArcGis, escala 1:500 000 – Escenario Normativo

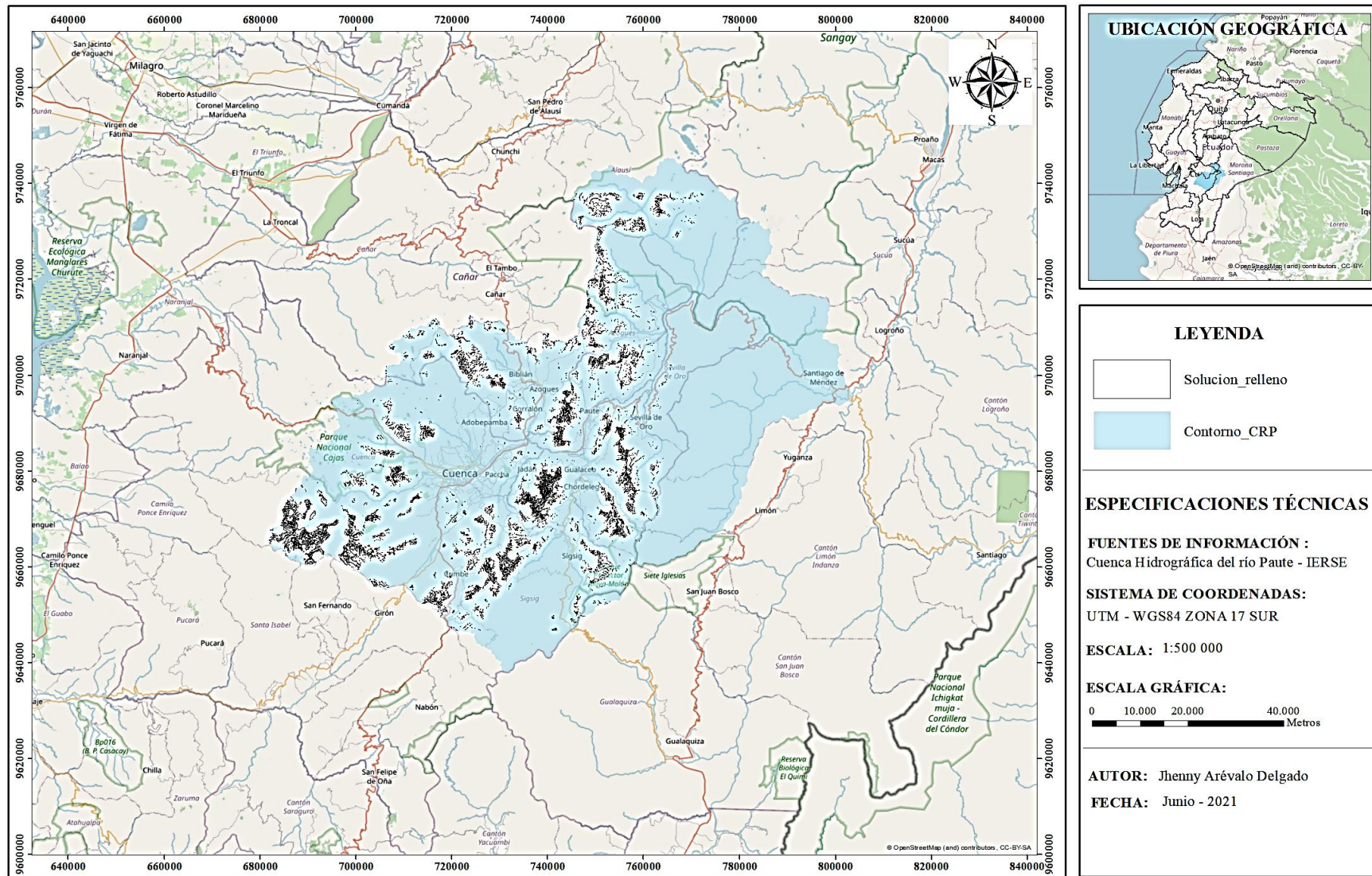


Figura 20. Solución final ArcGis, escala 1:500 000 – Escenario Normativo

Solución final ArcGis, escala 1:500 000 – Escenario Económico Productivo

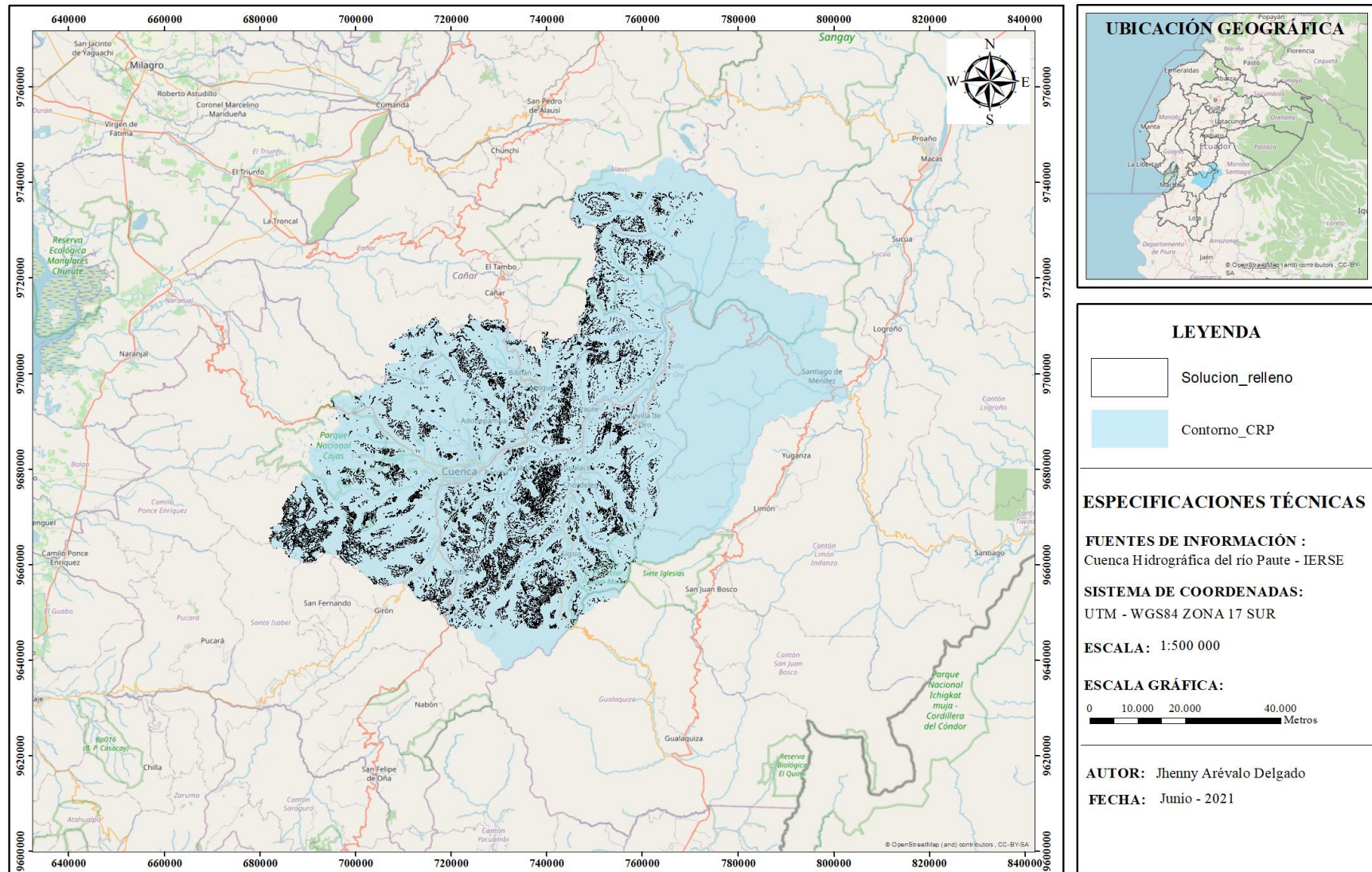
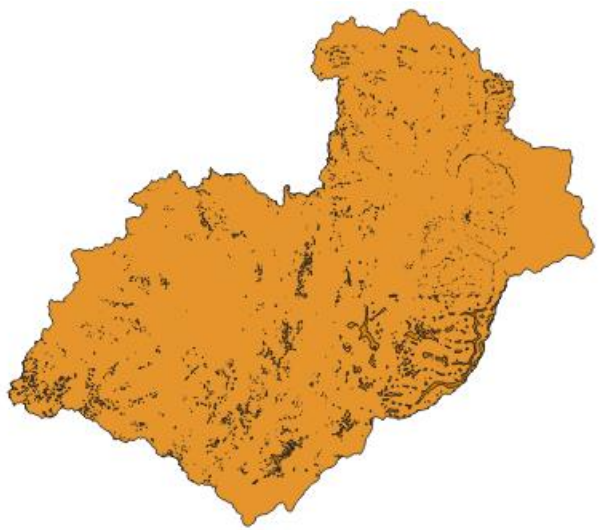


Figura 21. Solución final ArcGis, escala 1:500 000 – Escenario Económico Productivo

4.2.2 Solución final QGis, escala 1:25 000 – Superficie

Tabla 12. Solución final QGis, escala 1:25 000 – Superficie

Resultado	Escenario Ambiental	Escenario Normativo	Escenario Económico Productivo
QGis			
Superficie	5545,21 ha	8842,73 ha	13832,83ha

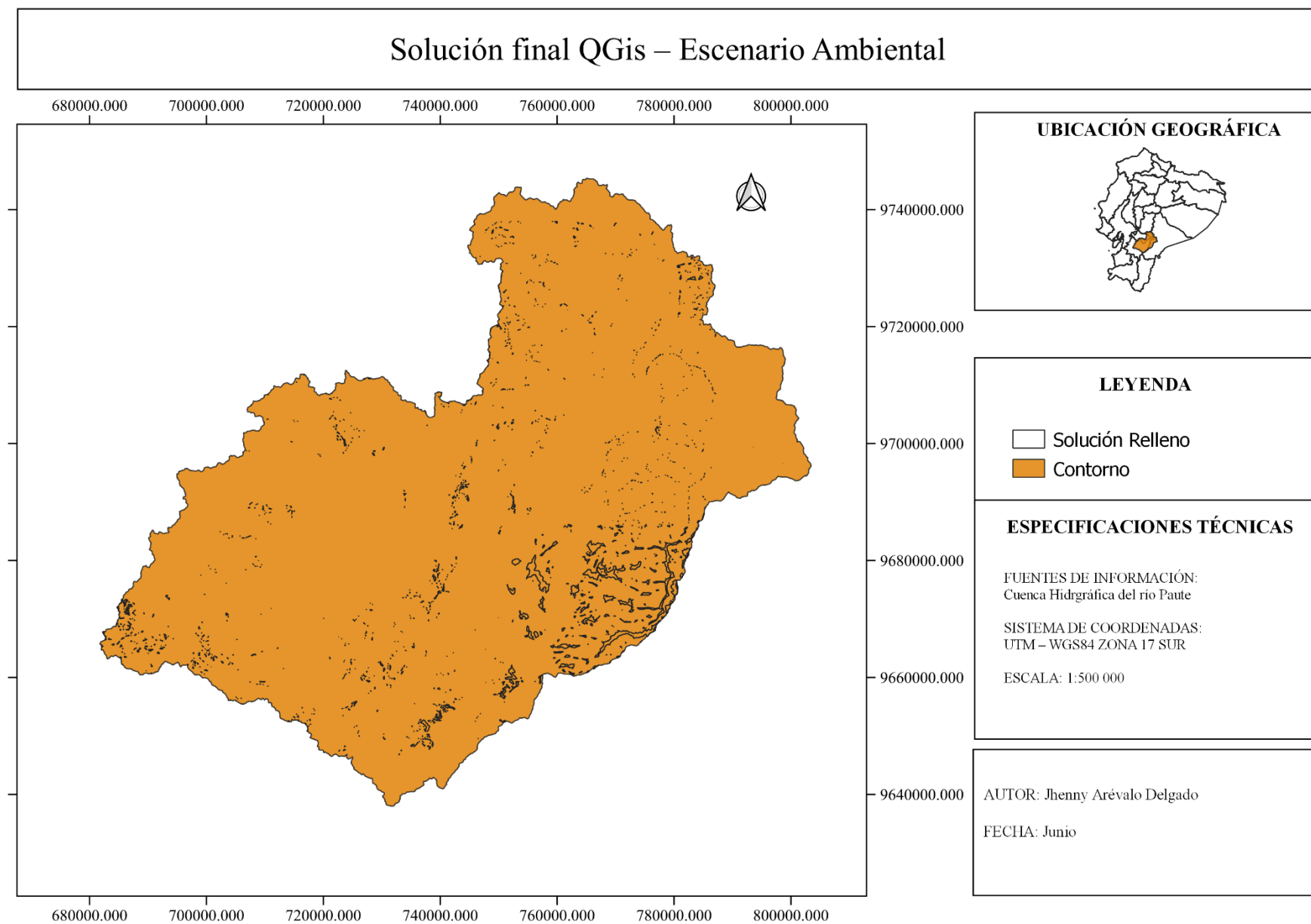


Figura 22. Solución final QGis, escala 1:500 000 – Escenario Ambiental

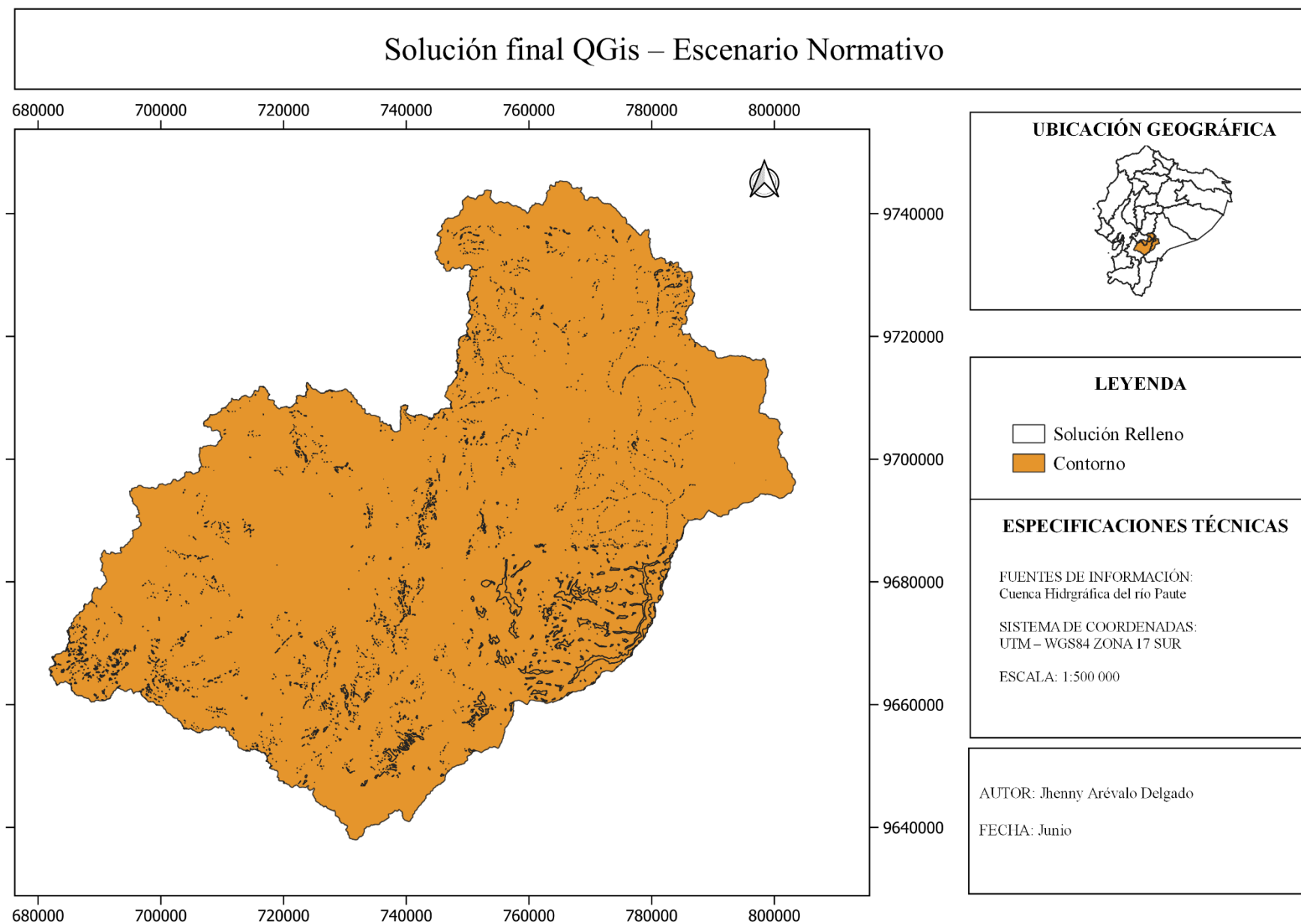


Figura 23. Solución final QGis, escala 1:500 000 – Escenario Normativo

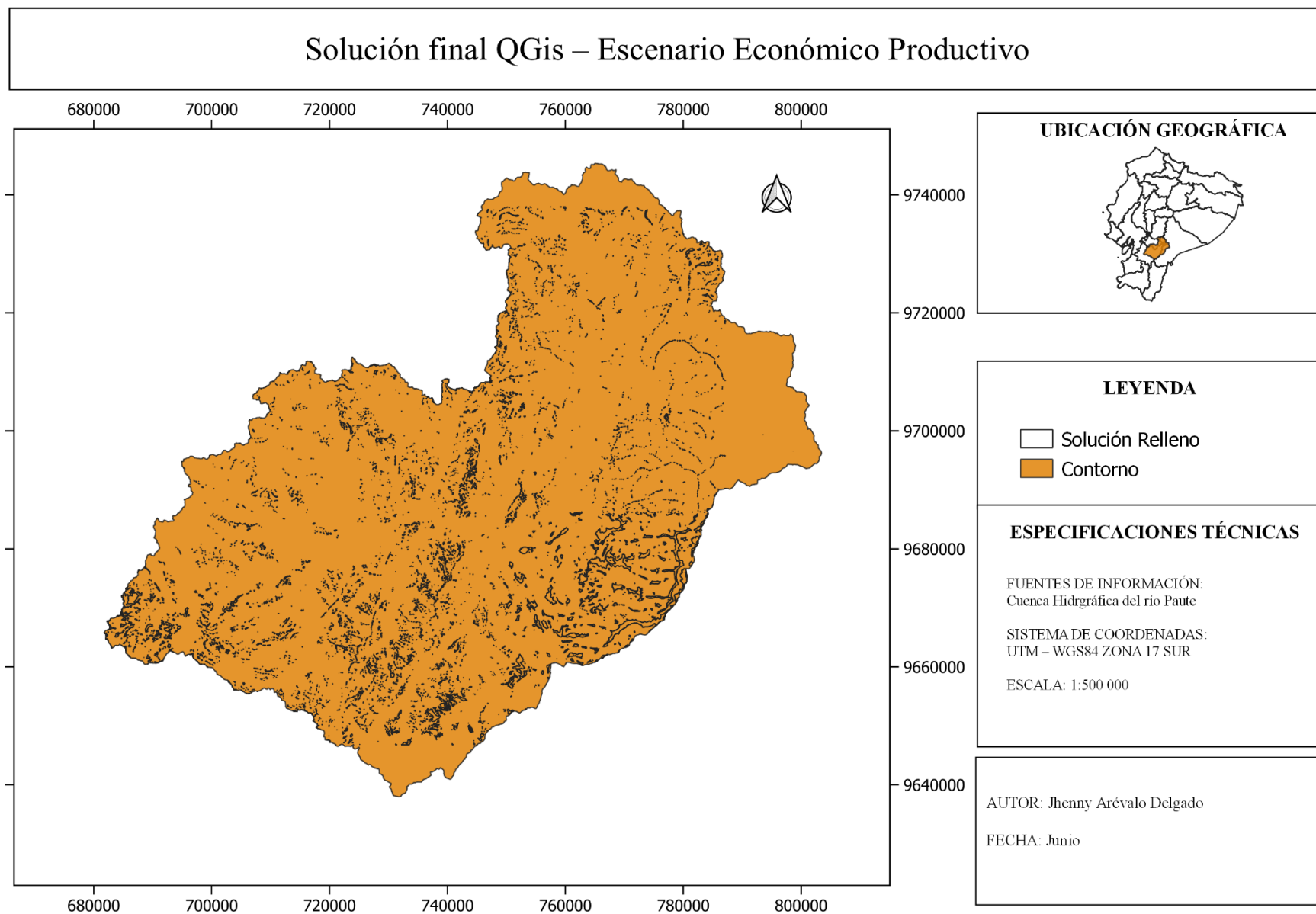


Figura 24. Solución final QGis, escala 1:500 000 – Escenario Económico Productivo

4.3 Tabla comparativa de desempeño entre ArcGis y QGis

La siguiente tabla resulta de la experiencia personal al utilizar las dos herramientas por lo que he llegado a establecer lo siguiente:

Tabla 13. Tabla comparativa de desempeño entre ArcGis y QGis

	ArcGis	QGis
Tipo de licenciamiento	Software con licencia, requiere la compra del producto o nuevas características. Algunas funciones requieren costosas extensiones o que el nivel de licencia sea avanzado.	Software libre, gratuito, manejado por el usuario, permite agregar nuevas funciones a través de plugins o la creación de los mismos. Varias de las funciones valiosas vienen disponibles de fábrica en QGis.
Compatibilidad	No es muy compatible con sus versiones, es complejo leer un mxd en una versión anterior a la que fue realizado.	Es muy compatible con sus versiones anteriores, permitiendo tener funcionando varias versiones en el mismo ordenador y prohibir que al haber una nueva versión las soluciones anteriores no se vuelvan obsoletas.
Facilidad de Uso	Posee gran documentación lo que permite encontrar un buen número de soluciones.	Para encontrar una solución requiere de más tiempo, debido a que existen varios métodos disponibles para resolver un problema.

Almacenamiento - Base de Datos	Permite la edición multiusuario a una misma base de datos, sin embargo, limita a una base de datos de 2gb en Access o su propia file geodatabase.	Permite conexión a base de datos como PostgreSQL y PostGIS.
Calidad del producto final	La representación de un producto se muestra de forma más pulida.	Para llegar a un producto final requiere de mayor numero de procesos para obtener un resultado.
Tiempo de procesamiento	Se toma más tiempo en grandes operaciones de geoprocесamiento.	La estructura que posee le permite la carga más rápida y realizar procesos en mejor cantidad de tiempo.
Fuente de datos	Los datos ráster mantienen la información de atributos de una tabla permitiendo realizar cálculos sobre estos datos.	Las capas ráster no tienen no tienen datos de atributos asociados a ellos por lo que para visualizar su tabla de atributos tiene que ser convertido a un formato vectorial.

4.4 Conclusiones del Capítulo

Las soluciones permiten tomar decisiones en base a estos escenarios, la experiencia determinará si los resultados en cuanto al procedimiento en la columna Normativa son suficientemente satisfactorios ya que se determinan lugares posibles con una cantidad de lotes racionales.

El escenario normativo debe manejarse de acuerdo a la normativa ambiental, sin embargo, si los lugares son escasos se puede disminuir la rigurosidad como se lo hace en el caso económico para obtener más lugares. Si tenemos numerosas soluciones podemos movernos a un escenario ambiental.

5. CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones Teóricas

QGIS es una herramienta que tiene la ventaja de ser software libre, las versiones anteriores tenían limitaciones sin embargo la versión QGIS 3.16 que se utiliza es bastante útil ya que dispone de un buen conjunto de herramientas. En relación al ArcGIS, QGIS tiene dificultades de procesamiento cuando los requerimientos fueron más exigentes como en el caso del escenario ambiental.

5.2 Conclusiones Metodológicas

Para obtener la solución se establecieron varios tipos de escenarios tanto en ArcGIS como en QGIS. Los resultados sirven para conocer si en la localización del relleno se puede acceder a una solución que establece la norma o si no se tienen todos los recursos para obtener una solución se puede acceder a un escenario económico.

Para tener un criterio comparativo se calcula la superficie solución en cada uno de los escenarios y habría que validar si los sitios están disponibles.

Con respecto al procedimiento utilizado se opta por un procesamiento en modo vectorial porque permite realizar la intersección, dándonos resultados confiables y mayor control de los datos.

5.3 Conclusiones Pragmáticas

Al utilizar las dos herramientas para el desarrollo de este trabajo pude experimentar que el software propietario fue más fácil su uso por los conocimientos previos, sin embargo, luego de horas de práctica alcancé a notar que en el software libre también se puede alcanzar la suficiente destreza en su uso.

La calidad de productos finales y resultados se muestran más pulidos en el ArcGIS, en menor procesos se puede visualizar el producto final. Conseguí apreciar que al querer obtener una visualización de una tabla de atributos desde un ráster en QGIS necesariamente tiene que ser un vector o convertirlo a vector para poder visualizar su tabla.

En la solución del escenario normativo es ideal contar con disponibilidad para acceder a la indemnización o declaratoria de interés pública de esas superficies, sin embargo, si no están disponibles, se debe optar por una solución económica. Si contamos con una solución en el escenario normativo y existe la misma solución en el campo ambiental garantizaría de mejor manera la calidad de la solución.

La superficie mínima para poder poner ubicar el relleno sanitario depende de la densidad poblacional lo que permite escoger la superficie adecuada. Hay que considerar la superficie de los polígonos siendo los más grandes los más recomendables por el tiempo de duración, vida útil que va a tener el proyecto.

Se observa claramente que el escenario ambiental por ser más riguroso establece una solución con menos cantidad de superficie; el escenario económico productivo al tener menor rigurosidad permite tener una mayor variedad de soluciones. Al tomar una decisión se establecería, como recomendación utilizar el normativo, de lo contrario, se puede optar por el económico productivo.

Se realizaron comparaciones que accedieron a comprobar el procesamiento de la información, los tres escenarios establecidos nos permitieron comparar a través de resultados, mapas e identificar cuáles son los lugares para la ubicación del relleno sanitario.

Se ha generado (Ver Anexo 1) una guía práctica para el desarrollo de la secuencia de pasos necesarios para obtener la solución al problema de ubicar un relleno sanitario; el mismo que servirá como recurso didáctico para que se pueda utilizar en los cursos que se imparten a los alumnos de grado de la Universidad de las diferentes carreras y en los cursos de capacitación que brinda el IERSE.

6. REFERENCIAS

6.1 Glosario

IERSE: Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador

ESRI: Investigación de Sistemas Ambientales. (Enviromental Systems Research)

SIG: Sistemas de Información Geográfica

SGBD: Sistema de Gestión de Base de Datos

6.2 Bibliografía

- A., Estívariz, M., Peñil. (2018). Análisis de la vulnerabilidad al cambio climático de la cuenca del río Paute. 126. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/15794/ANDREA%20POZO%20TFG%2C%20AN%C3%81LSIS%20DE%20LA%20VULNERABILIDAD%20AL%20CAMBIO%20CLIM%C3%81TICO%20DE%20LA%20CUENCA%20DEL%20R%C3%8DO%20PAUTE%20%28ECUADOR%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- A., Pozo, M., Peñil, . (2018). Análisis de la vulnerabilidad al cambio Climático de la cuenca del río Paute. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/15794/ANDREA%20POZO%20TFG%2C%20AN%C3%81LSIS%20DE%20LA%20VULNERABILIDAD%20AL%20CAMBIO%20CLIM%C3%81TICO%20DE%20LA%20CUENCA%20DEL%20R%C3%8DO%20PAUTE%20%28ECUADOR%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Botero, N., Rivera, D. (2015). METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS RELLENOS SANITARIOS. *Especializacion en Auditoria Ambiental*, 57.
- CEDDET. (2017). *Gestion de Rellenos Sanitarios en America Latina*. Madrid: Fundacion CEDDET.
- CEDDET. (2017). Legislacion del manejo de Residuos en Iberoamerica 2017.
- CENEAM. (2019). Cuencas y subcuencas hidrográficas . Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/cuencas-y-subcuencas.aspx>
- D., Buckley. (2017). GIS Introduction. (NISL, Ed.) 2. Obtenido de http://planet.botany.uwc.ac.za/nisl/gis/gis_primer/page_22.htm
- D., Martin. (2018). PostGIS 3.0.4dev Manual. 870. Obtenido de <https://postgis.net/stuff/postgis-3.0.pdf>

- D., Farkas, B., Hilton, J., Pick, H., Ramakrishna, A., Sarkatar, N., Shin. (2016). A Tutorial on Geographic Information Systems: A Ten-year Update. 38. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/301373638.pdf>
- Del Hierro Calvachi, A.G. (2016). *Solid Waste management in Ecuador: current practices and future challenges of anaerobic bioconversion of organic waste for agricultural purposes*. Melbourne.
- Environmental Systems Research Institute. (2020). *Architecting the ArcGIS System: Best Practices*. (ESRI, Ed.) Redlans. Obtenido de <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/en-us/media/technical-papers/architecting-the-arcgis-system.pdf>
- ESRI. (2020). Arquitectura de una geodatabase. 1. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/gdb-architecture/what-is-a-geodatabase.htm>
- F., Pucha, F., Canovas, A., Fries, F., Oñate, V., González, D., Pucha. (2017). *Fundamentos de SIG*. Ediloja Cia. Ltda. Obtenido de <https://franzpc.com/wp-content/uploads/2018/05/Manual-de-ArcGIS-10.pdf>
- G., Samson, J., Lu, M., Usman, Q., Xu. (2017). Spatial Databases: An Overview. doi:10.4018/978-1-5225-2058-0.ch003
- H., Smith. (2020). Coordinate Systems. (ESRI, Ed.) Obtenido de <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-pro/mapping/coordinate-systems-difference/>
- IFRC. (2017). Guía Básica de referencia QGIS. *Federación Internacional de la Cruz Roja y de la Media Luna*, 29.
- INEC, AME. (2016). Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. 28. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/2016/Presentacion%20Residuos%20Solidos%202016%20F.pdf
- Inter-Agency Coordination. (2017). Mapping with QGIS for humanitarian use. *UNHCR*, 14. Obtenido de <http://www.refugeeinfoturkey.org/repo/Toolkit/CapacityBuilding/GIS/02+-+Step+by+Step+QGIS.pdf>
- J., Cano. (2017). Becoming familiar with Quantum GIS interface and GIS features. *Global Atlas of Helminth Infections*. Obtenido de <http://www.thiswormyworld.org/sites/www.thiswormyworld.org/files/uploads/docs/publications/Practical%201.pdf>
- J., Grau, H., Terraza, V., Rodríguez, D., Milena, A., Rihm, G., Sturzenegger. (2015). Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/situacion-de-la-gestion-de-residuos-solidos-en-america-latina-y-el-caribe>
- J., Morejón, L., Gutiérrez. (2003). *Norma de Calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos*. Quito. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_libro-VI-anexo-6-

Texto-Unificado-Legislaci%C3%B3n-Secundaria-Ministerio-Ambiente-norma-para-manejo-disposici%C3%B3n-final-desechos-solidos-no-peligrosos.pdf

- J., Pinos, I., Puig, F., Banegas, F., Quezada, G., Delgado, N., Orellana, S., Saquicili, T., Quindi, G., Chacon. (2018). Instrumentos economicos para la gestion de residuos de envases en el Ecuador. 2, 123-144. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/325743688_Instrumentos_economicos_para_la_gestion_de_residuos_de_envases_en_Ecuador
- M., Gimond. (2021). Coordinate Systems. *Mgimond*, 9. Obtenido de <https://mgimond.github.io/Spatial/chp09-0.html>
- M., Verdugo, . (2017). Análisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el Bosque y Vegetación Protectora Aguarongo (BVPA), influencia en el comportamiento hidrológico.
- MAG-PRONAREG-ORSTOM. (2015). Identificación de áreas naturales protegidas municipales en el cantón Rumiñahui mediante la zonificación ecológica económica. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11175/1/T-ESPE-048946.pdf>
- P., Ochoa. (2020). Tutorial de Prácticas ArcGis.
- P.,Graziani. (2018). Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos. 92. Obtenido de https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1247/Economia_circular_e_innovacion_tecnologica_en_residuos_solidos_Oportunidades_en_America_Latina.pdf?sequence=9&isAllowed=y
- Plan Geográfico Nacional. (2017). Obtenido de https://iedg.sni.gob.ec/geoportal-iedg/documentos/Plan_Geografico_Nacional_2017_2021_V1.pdf
- QGIS Project. (2016). *QGIS Development Team* (Vol. 2.8).
- Qisheng, P. &. (2012). Optimized Selection of Landfill Sites in Houston Area Using Geographical Information System. 7.
- Rondon E., Szanto M., Pacheco J., Contreras E., Galvez A. (2017). Guia general para la gestion de residuos solidos domiciliarios. *Manuales de la CEPAL*.
- S., Dingman, A., Musy, E., Shaw. (2020). Watershed Characteristics. (ECHO, Ed.) *EPFL*.
- Taw, N. P. (s.f.). *Introduction to QGIS with special emphasis on drought mechanism*. (NRSC, Ed.) Obtenido de https://www.unescap.org/sites/default/files/QGIS_LECTURE-RAJA_SHEKHAR-NRSC-ISRO-INDIA.pdf
- USGS. (2018). Mapping, Remote Sensing and Geospatial Data. Obtenido de https://www.usgs.gov/faqs/what-does-georeferenced-mean?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products
- UTM. (2015). Los SIG como herramienta para la toma de decisiones en la solucion de problemas ambientales y dentro d ela formacion profesional en ciencias ambientales. *Temas de Ciencia y Tecnologia*, 8.
- V., Senapathi, R.,Paramasivam. (2019). *GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science* (Vol. 3). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-815413-7.00003-1

W., Kiettitanabumroong, G., Tanaksaranond, P., Jarumaneeroj. (2017). An Application of Geographic Information System for Locating Sanitary Landfill. 2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications. 5. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7939207>

7. ANEXO 1: GUÍA TÉCNICA PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MEDIANTE QGIS

A. PRÁCTICA: DETERMINAR LAS ZONAS APTAS PARA UBICAR UN RELLENO SANITARIO (DEPÓSITO DE BASURA) EN LA CUENCA DEL RÍO PAUTE UTILIZANDO QGIS

A.1 Ubicación temática

Para el desarrollo de esta práctica es necesario contar con las normativas establecidas en el Registro Oficial de Norma de Calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos del cual contaremos con los siguientes criterios:

- Pendiente: 0-5 grados
- Precipitación promedio anual menor a 1500 mm
- Alejados a 500 m de Centros poblados
- Alejados 500 m de ciudades
- Alejados 1000 m de fuentes de agua como ríos
- Alejados 100 m de fuentes de agua como lagunas
- Alejados 500 m de vías principales
- Alejados 500 m de vías secundarias

Se utiliza la cartografía base y uso cobertura suelo brindada por el Departamento del IERSE de la Universidad del Azuay; a continuación, se especifica los materiales a utilizar para el desarrollo de esta práctica

- mdt30k
- pre_promd_w841
- Centros_Poblados_CRP_25k_UTM_WGS84
- Ciudades_CRP_50k_UTM_WGS84
- Rios_CRP_25k_UTM_wgs84
- Lagunas_CRP_25k_UTM_WGS84
- Ejes_Vias_Principales_CRP_25k_UTM_WGS84

- Ejes_Vias_Secundarias_CRP_25k_UTM_wgs84
- Contorno

Generar un solo layout con los resultados obtenidos.

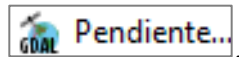
A.2 Determinación de Zonas aptas

A.2.1 Pendientes menores a 5 grados

El primer procedimiento a resolver es cargar las capas a utilizar. Mediante el mapa de pendientes obtenemos la inclinación de la superficie en formas de relieve.

Para obtener la pendiente necesitamos el archivo mdt_30k_WGS84 que contiene las curvas de nivel de la cuenca a una escala 1:30000, contiene una columna de elevación y el valor de la altura que tiene cada curva de nivel (cota).

En QGis la librería que permite el cálculo de pendientes es GDAL  mediante la herramienta Slope (Pendientes), para ello nos dirigimos en el menú principal a “Ráster” – “Análisis” – “Pendiente”



Se abre un cuadro de texto en el cual ingresaremos los datos:

Capa de entrada: mdt30k [EPSG; 32717]

Numero de banda: 1

Guardar a archivo: pendiente_rast.tif

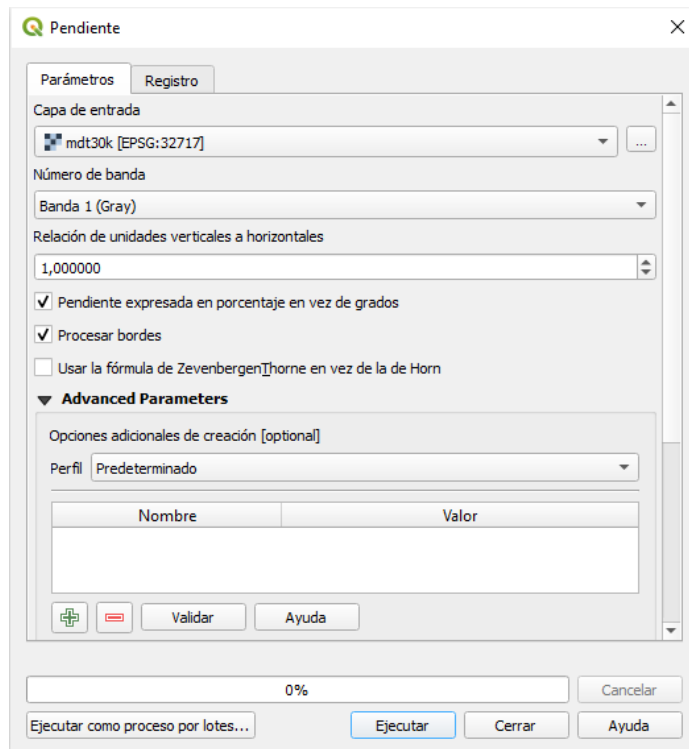


Figura A 1. Caja de dialogo para obtener pendientes – Parte 1

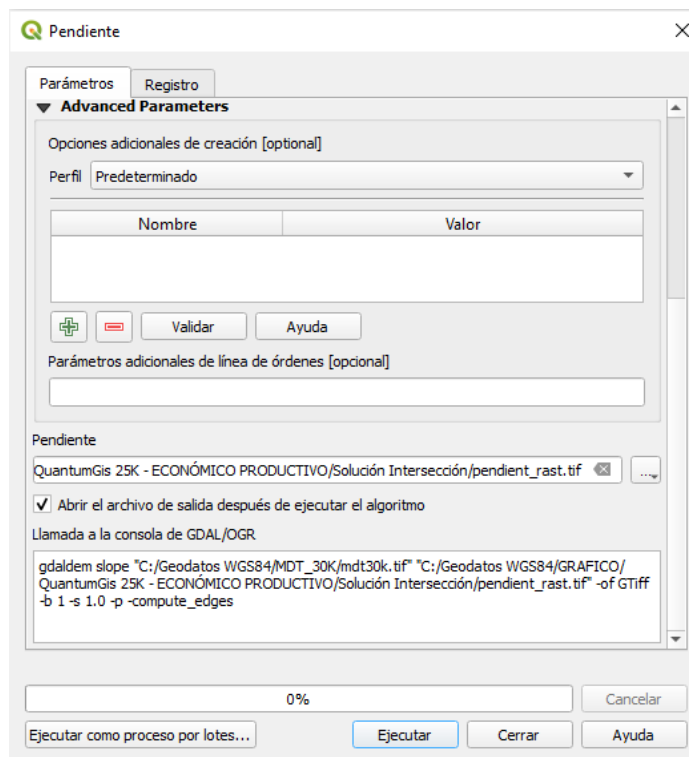


Figura A 2. Caja de dialogo para obtener pendientes – Parte 2

En el archivo pendiente_rast hacemos clic derecho- “Propiedades” y “Simbología”.

Tipo de renderizador: Pseudocolor Monobanda

Interpolación: Lineal

Rampa de color: Todas las rampas de color. Escogemos un color.

Modo: Intervalo igual

Clases: 5

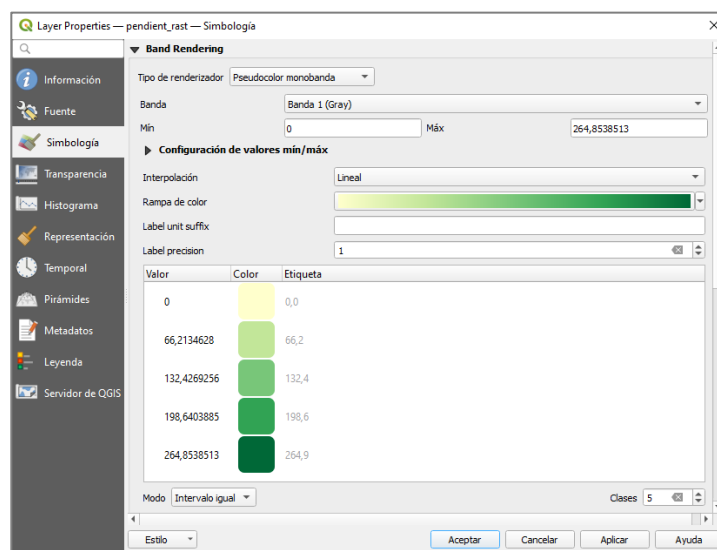
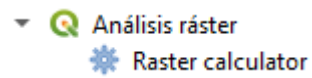


Figura A 3. Caja de dialogo con propiedades del tema para cambiar simbología

Para seleccionar las zonas con pendiente menor a 5, en la Caja de Herramientas nos dirigimos a “Proceso”, luego a “Analysis Ráster” y seleccionamos “Ráster Calculator”.



Se nos abre una caja de dialogo en al cual ingresamos los datos.

Expresion: "pendient_rast"<=5

Cell size: 1

Output: pendiente_me5_rast.tif

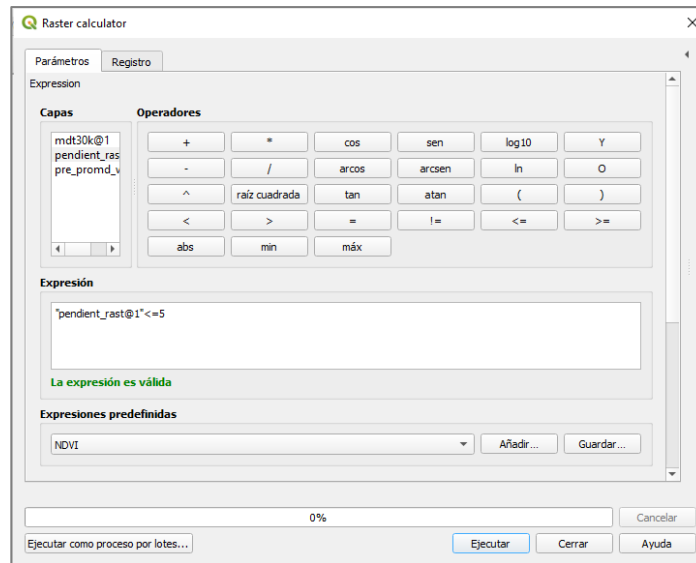


Figura A 4. Caja de dialogo de Ráster Calculator para calcular pendientes Parte 1

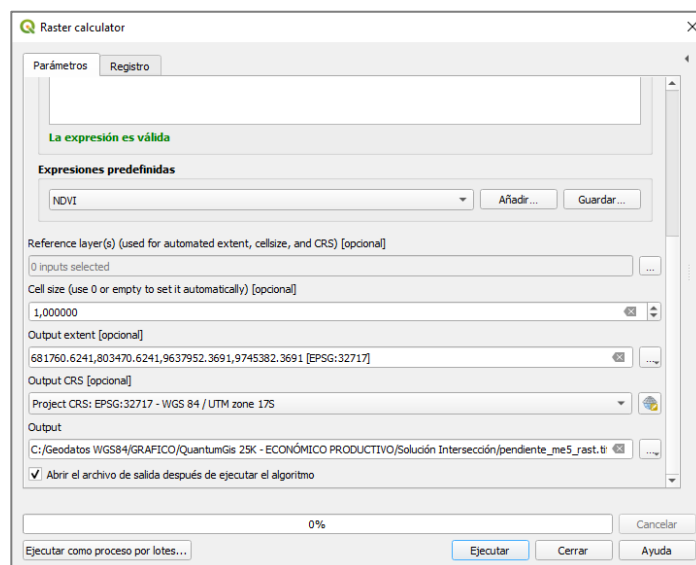


Figura A 5. Caja de diálogo de Ráster Calculator para calcular pendientes Parte 2

Al poner Ejecutar esta consulta un archivo tipo ráster, para poder realizar la práctica lo cambiaremos a vector, para ello en la Barra de Herramientas nos dirigimos a “Ráster” luego a “Conversión” y

seleccionamos Poligonizar (ráster a vectorial).

 Poligonizar (ráster a vectorial)...; y ponemos los datos.

Capa de entrada: pendiente_me5_rast

Numero de banda: Banda 1 (Gray)

Vectorizado: C1_pendiente_m5

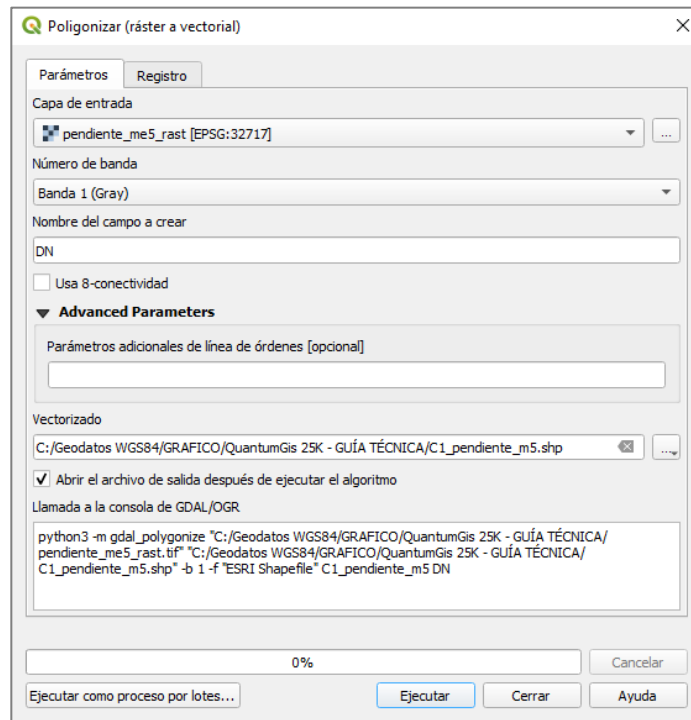


Figura A 6. Caja de diálogo de Ráster Calculator para calcular pendientes Parte 2

El resultado que obtenemos es un solo polígono vector; los valores en la columna igual a “1” son los que cumplen la condición. Para la verificación de resultados, hacemos clic derecho sobre el tema C1_pendiente_m5, Abrir Tabla de Atributos  [Abrir tabla de atributos](#) y seleccionamos objetos espaciales usando una expresión  se despliega un cuadro de dialogo en el que ingresamos los datos a filtrar.

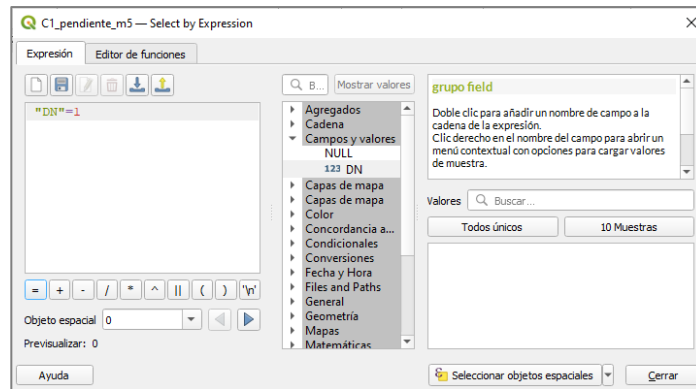


Figura A 7. Caja de diálogo para seleccionar datos por expresión

Luego de ingresados los datos ponemos en “Seleccionar datos espaciales” y nos mostrará en el mapa los lugares que cumplen con esta condición.

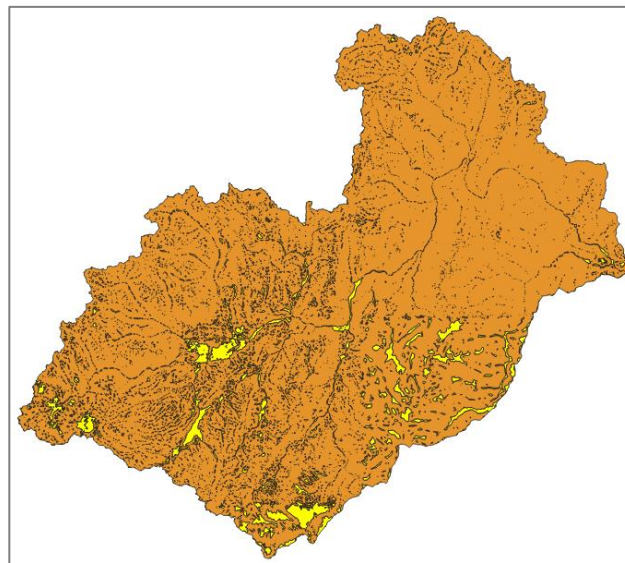
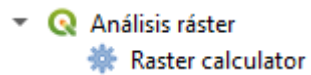


Figura A 8. QGis – Mapa con pendientes menor a 5 grados, escala 1:25 000

A.2.2 Precipitación anual menor de 1500 mm

Comprobamos que este subido la capa pre_promd_w841 y Contorno.shp. Es necesario realizar operaciones usando a capa ráster, para esto nos dirigimos a la “Caja de Herramientas de proceso”, luego

en “Analysis Ráster” y seleccionamos “Ráster Calculator”.



Se nos abre una caja de dialogo en al cual ingresamos los datos.

Expresión: "pre_promd_w841"<1500

Cell size: 1

Output: pre_men_1500.tif

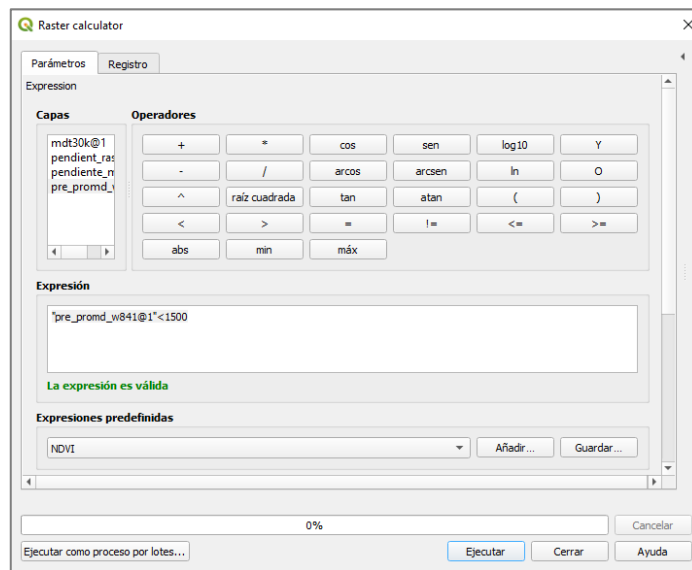


Figura A 9. Caja de dialogo de Ráster Calculator para calcular la precipitación Parte 1

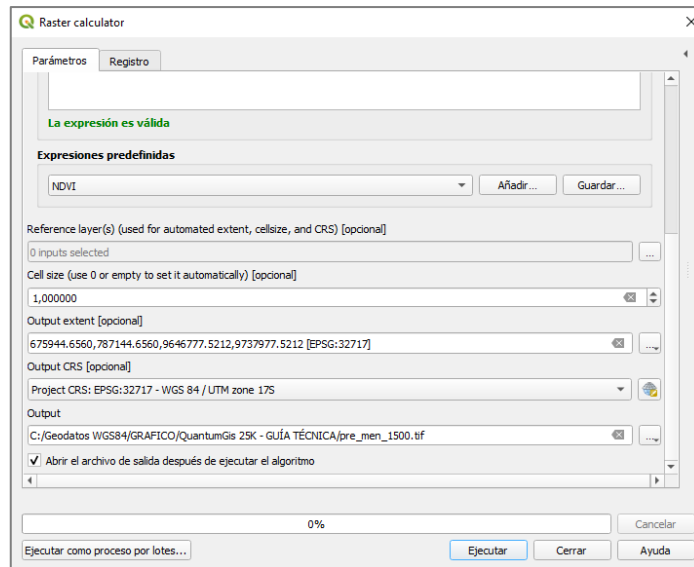


Figura A 10. Caja de diálogo de Ráster Calculador para calcular la precipitación Parte 2

Al obtener el resultado del cálculo genera una imagen booleana que contiene valores “0” y los “1” que son los que cumplen la condición; para poder visualizarlo nos dirigimos en la “Barra de herramientas” a “Ráster”, luego a “Conversión” y hacemos clic en Poligonizar (ráster a vectorial)  **Poligonizar (ráster a vectorial)...**; y ponemos los datos.

Capa de entrada: pre_men_1500.tif

Numero de banda: Banda 1 (Gray)

Vectorizado: C2_precipitacion

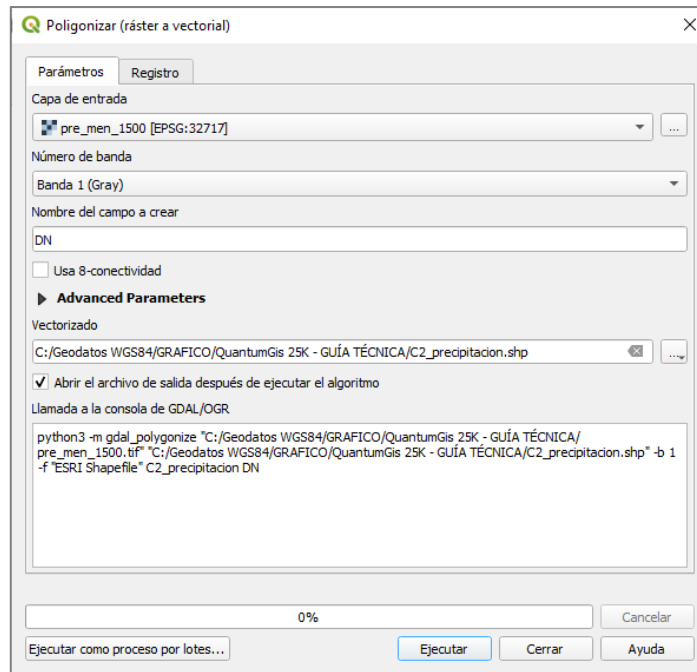


Figura A 11. Caja de diálogo para Poligonizar (ráster a vectorial), precipitación

Para visualizar los resultados hacemos clic derecho en el archivo generado, Abrir Tabla de atributos y los que tienen valor “1” son los que cumplen la condición.

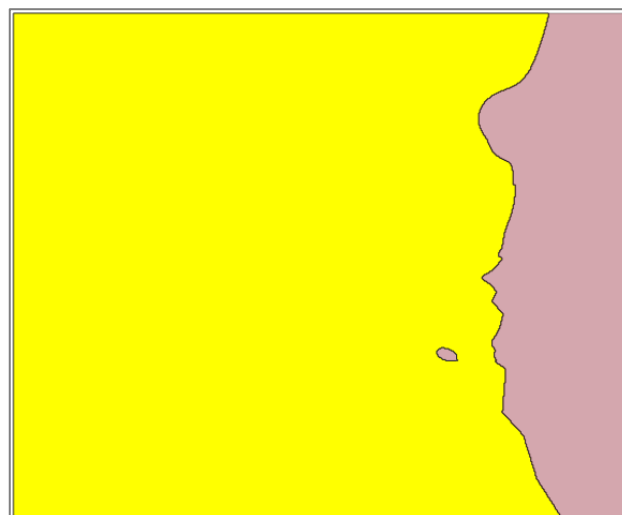


Figura A 12. Cuadro con precipitación que cumple la condición

A.2.3 Alejados 500 m de Centros Poblados

Para resolver este criterio hay que cargar el archivo Centros_Poblados_CRP_25k_UTM_WGS84.shp y Contorno.shp; luego generamos un buffer de centros poblados para ello nos dirigimos en “Caja de Herramientas de Procesos”, luego “Procesos” y seleccionamos “Buffer” como en la Figura 9.

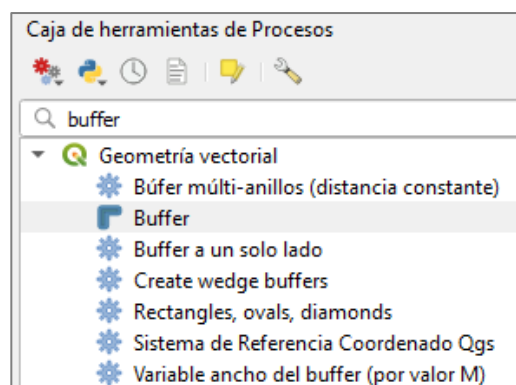


Figura A 13. Caja de herramientas de Procesos – Buffer

Llenamos los datos.

Capa de entrada: Centros_Poblados_CRP_25k_UTM_WGS84.shp

Distancia: 500

Segmentos: 3

Estilo de terminación: Redondo

Estilo de ángulos: Redondo

Límite de inglete: 2

Disolver resultado: ✓

Hecho buffer: cp_buffer_500m.shp

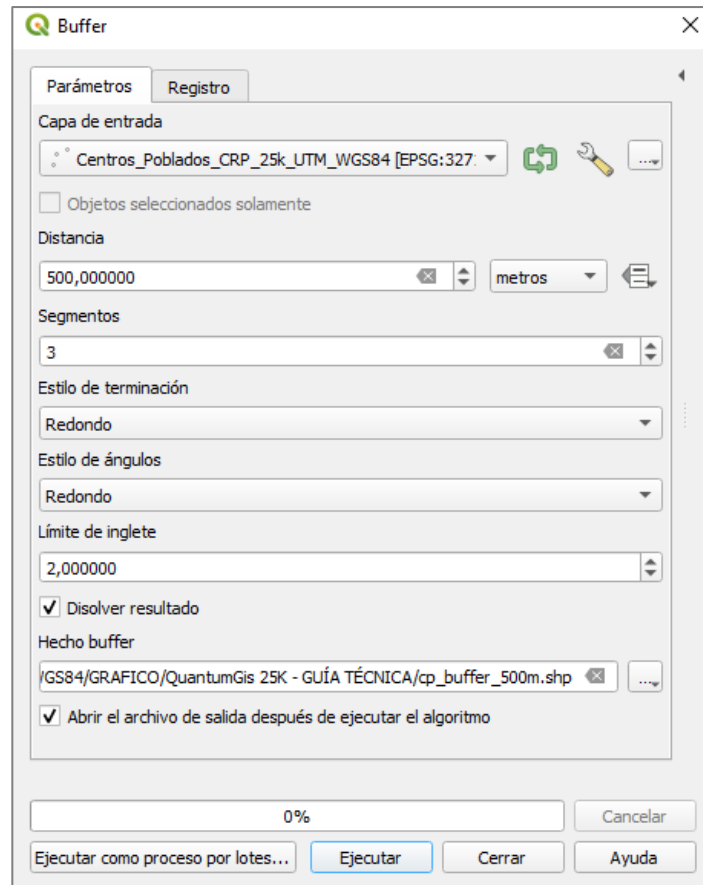


Figura A 14. Caja de diálogo de Buffer de centros poblados

Se crea un archivo cp_buffer_500m tipo shape del cual eliminaremos las partes solapadas con contorno mediante la herramienta Diferencia Simétrica; para ello nos dirigimos a “Caja de herramientas de Procesos” seleccionamos “Superposición vectorial” y luego hacemos clic en “Diferencia simétrica.

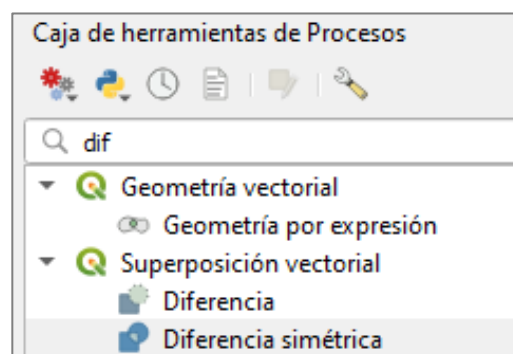


Figura A 15. Caja de herramientas de Procesos – Diferencia simétrica

Se abre una caja de dialogo en la cual llenamos los datos.

Capa de entrada: Contorno_CRP

Capa de superposición: cp_buffer_550m

Diferencia simétrica: C3_centrosp

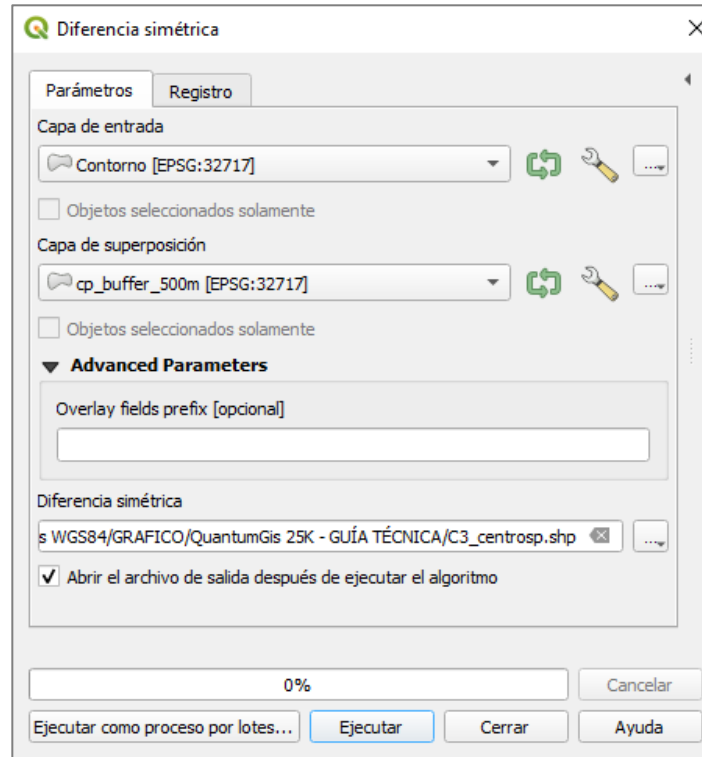


Figura A 16. Caja de diálogo Diferencia simétrica, centros poblados

Obtenemos como resultado un mapa con lugares alejados 500 m de centros poblados.

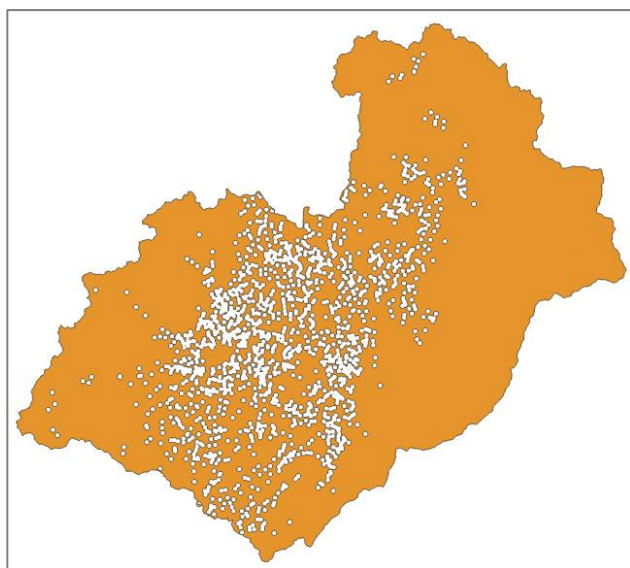


Figura A 17. QGis – Mapa lugares alejados 500 m de centros poblados, escala 1:25 000

A.2.4 Alejados 500 m de ciudades

Es necesario subir el archivo Ciudades_CRP_50k_UTM_WGS84 y Contorno.shp; posterior generamos un buffer de ciudades.

Nos dirigimos en “Caja de Herramientas de Procesos”, luego “Procesos” y seleccionamos “Buffer” como en la Figura 14.

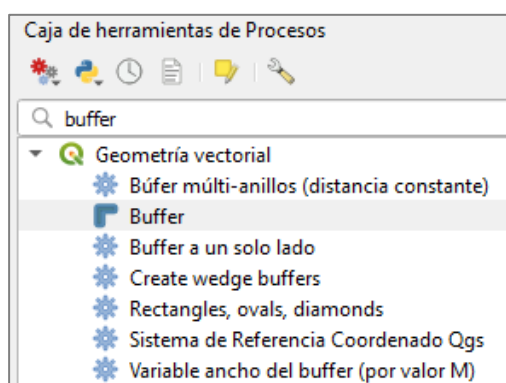


Figura A 18. Caja de herramientas de Procesos – Buffer ciudades

Y procedemos a llenar los datos.

Capa de entrada: Ciudades_CRP_50k_UTM_WGS84

Distancia: 500

Segmentos: 3

Estilo de terminación: Redondo

Estilo de ángulos: Redondo

Límite de inglete: 2

Disolver resultado: ✓

Hecho buffer: ciud_buffer_500m.shp

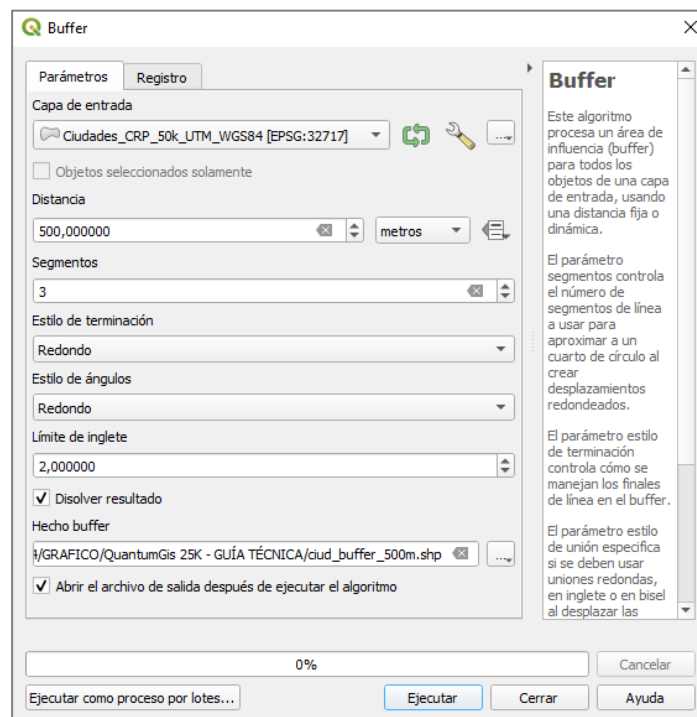


Figura A 19. Caja de diálogo Buffer, ciudades

Se crea un archivo tipo shape el que procederemos a calcular la diferencia simétrica con el contorno. Nos dirigimos a “Caja de herramientas de procesos”, luego a “Superposición vectorial” y hacemos clic en “Diferencia simétrica”; y llenamos los datos.

Capa de entrada: Contorno_CRP

Capa de superposición: ciud_buffer_500m.shp

Diferencia simétrica: C4_centrosp

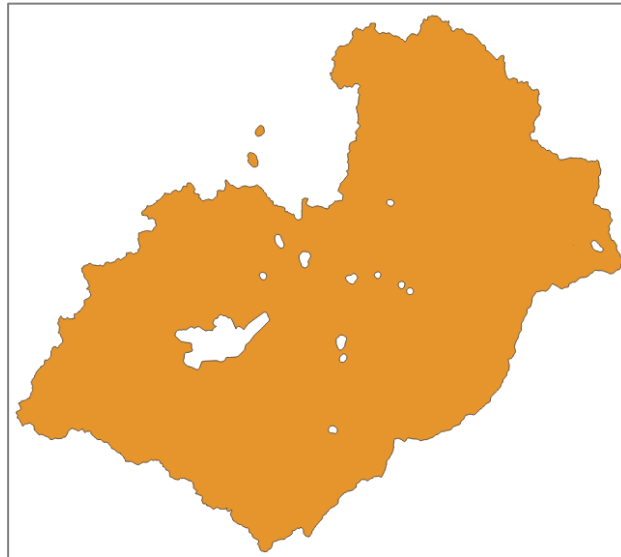


Figura A 20. QGis – Mapa lugares alejados 500 m de ciudades, escala 1:25 000

Obtenemos un mapa con ciudades alejados a 500 m de ciudades.

A.2.5 Alejados 1000 m de fuentes de agua – Ríos

Para obtener los lugares alejados a 1000 m de ríos, primero comprobamos que este cargado el archivo Rios_CRP_25k_UTM_wgs84 y Contorno.shp.

Se genera un buffer de ríos para ello en la “Caja de Herramientas de Procesos”, hacemos clic en “Procesos” y luego en “Buffer” como en la Figura.

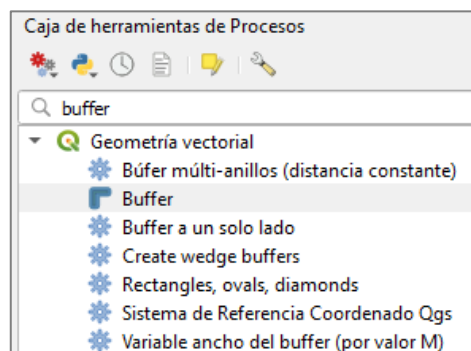


Figura A 21. Caja de herramientas de Procesos – Buffer ríos

Ingresamos los datos.

Capa de entrada: Rios_CRP_25k_UTM_wgs84

Distancia: 1000

Segmentos: 3

Estilo de terminación: Redondo

Estilo de ángulos: Redondo

Límite de inglete: 2

Disolver resultado: ✓

Hecho buffer: ríos_buffer_1000m

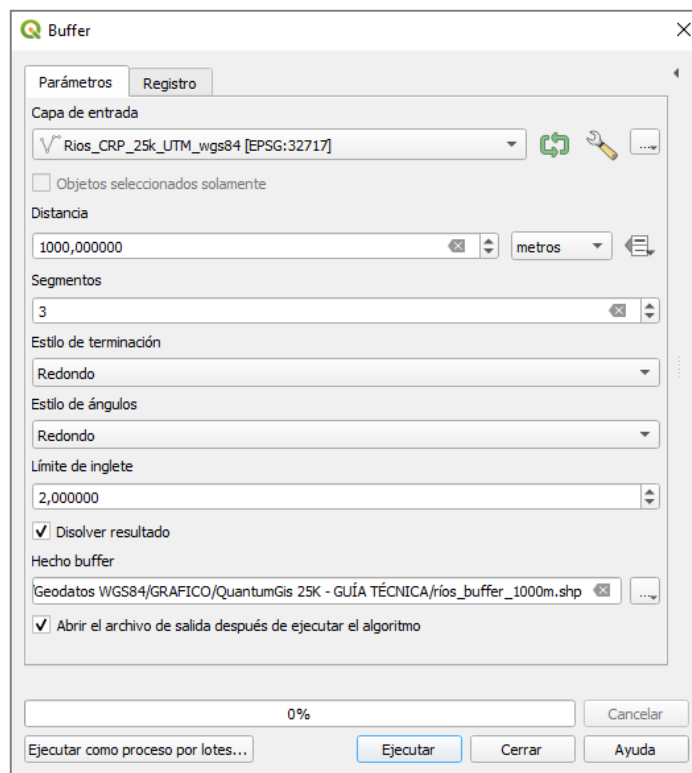


Figura A 22. Caja de diálogo Buffer, ríos

Al obtener el buffer, trabajamos con “Diferencia Simétrica”, para obtener atributos originales de las capas. En la “Caja de herramientas de

procesos”, nos dirigimos a “Superposición vectorial” y hacemos clic en “Diferencia simétrica”; y llenamos los datos.

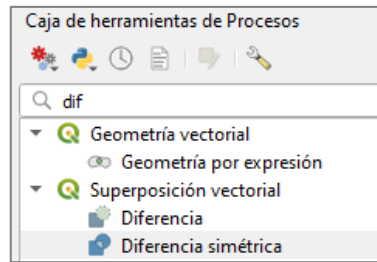


Figura A 23. Caja de herramientas de Procesos – Superposición vectorial - Diferencia simétrica

Capa de entrada: Contorno_CRP

Capa de superposición: rios_buffer_1000m

Diferencia simétrica: C5_rios

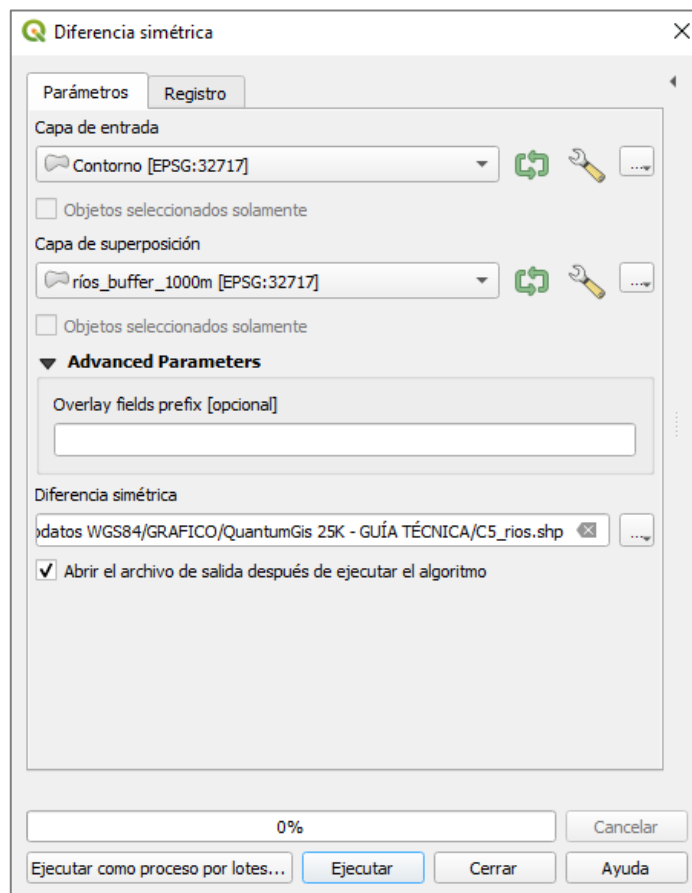


Figura A 24. Caja de diálogo Diferencia simétrica, ríos

Al finalizar el proceso obtenemos un mapa con las zonas alejados a 1000 m de ríos.

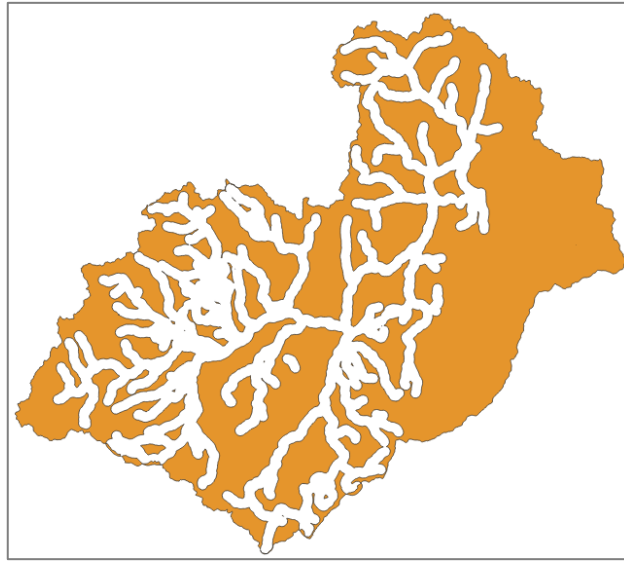


Figura A 25. QGis – Mapa lugares alejados 1000 m de ríos, escala 1:25 000

A.2.6 Alejados 1000 m de fuentes de agua – Lagunas

Verificamos que este cargado el archivo shape Lagunas_CRP_25k_UTM_WGS84 y Contorno.shp. Luego procedemos a ejecutar un Buffer del archivo de lagunas para ello en la “Caja de herramientas de Procesos” seleccionamos “Geometría vectorial” y luego hacemos clic en “Buffer”; ingresamos los datos de la caja de dialogo.

Capa de entrada: Lagunas_CRP_25k_UTM_WGS84

Distancia: 1000 m

Segmentos: 3

Estilo de terminación: Redondo

Estilo de ángulos: Redondo

Límite de inglete: 2

Disolver resultado: ✓

Hecho buffer: lagunas_buffer_1000m

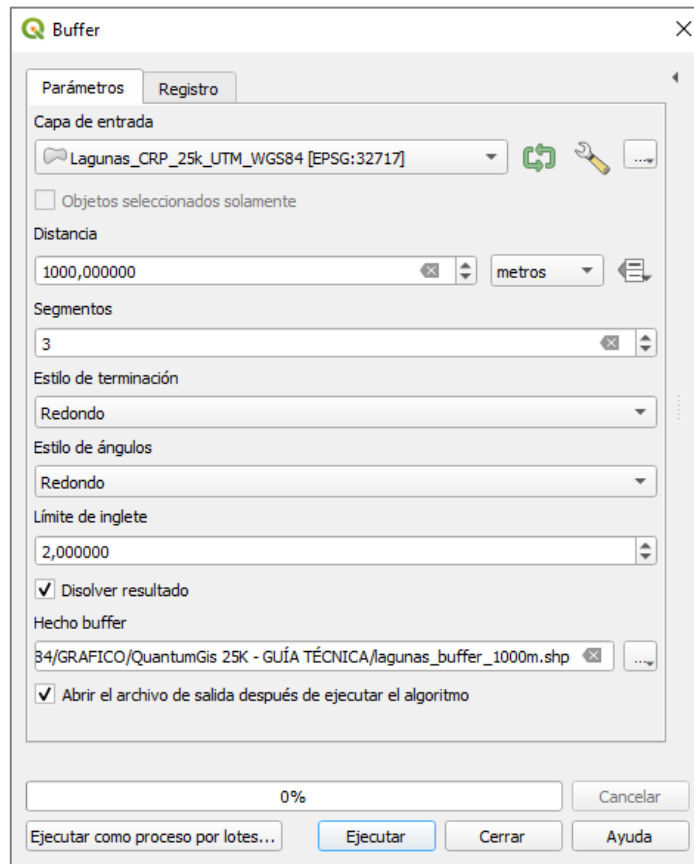


Figura A 26. Caja de diálogo Buffer, lagunas

Al obtener el buffer procedemos a realizar una diferencia simétrica; para ello en “Caja de herramientas de procesos” seleccionamos “Superposición vectorial” y hacemos clic en “Diferencia simétrica”.

Se abre una caja de dialogo en la cual llenamos los datos.

Capa de entrada: Contorno_CRP

Capa de superposición: lagunas_buffer_1000m

Diferencia simétrica: C6_lagunas.shp

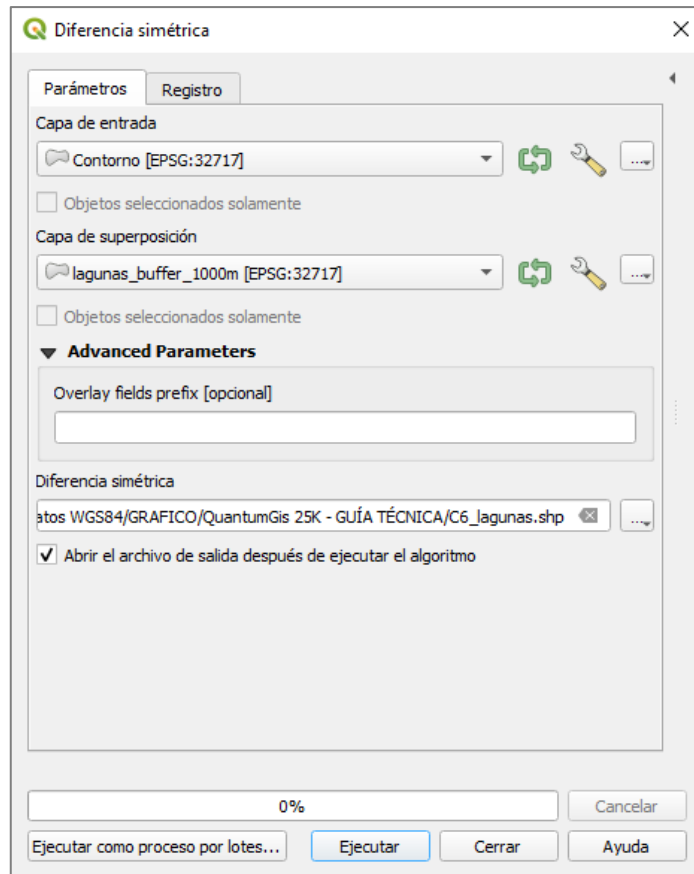


Figura A 27. Caja de diálogo Diferencia simétrica, lagunas

Al procesarlo se obtiene el mapa que contiene las zonas alejadas a 1000 m de lagunas.

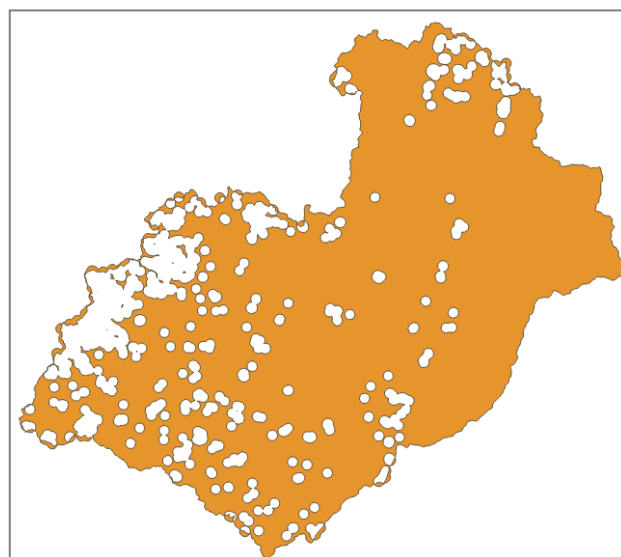


Figura A 28. QGis – Mapa lugares alejados 1000

A.2.7 Alejados 500 m de vías principales

Para ubicar las zonas alejadas a 500 m de vías principales, cargamos los archivos: Ejes_Vias_Principales_CRP_25k_UTM_WGS84 y Contorno.shp.

Para procesar un buffer para todos los objetos de la capa de entrada usamos una distancia fija y lo hacemos con buffer; nos dirigimos “Caja de herramientas de proceso”, luego a “Geometría vectorial” y a “Buffer” en el que ingresamos los datos.

Capa de entrada: Ejes_Vias_Principales_CRP_25k_UTM_WGS84

Distancia: 500

Segmentos: 3

Estilo de terminación: Redondo

Estilo de ángulos: Redondo

Límite de inglete: 2

Disolver resultado: ✓

Hecho buffer: viasp_buffer_500m



Figura A 29. Caja de diálogo Buffer, vías principales

Con el buffer obtenido y el contorno de la cuenca calculamos una diferencia simétrica, para ello en la “Caja de herramientas de procesos” seleccionamos “Superposición vectorial” y hacemos clic en “Diferencia simétrica” y llenamos los datos.

Capa de entrada: Contorno_CRP

Capa de superposición: viasp_buffer_500m.shp

Diferencia simétrica: C7_viasp

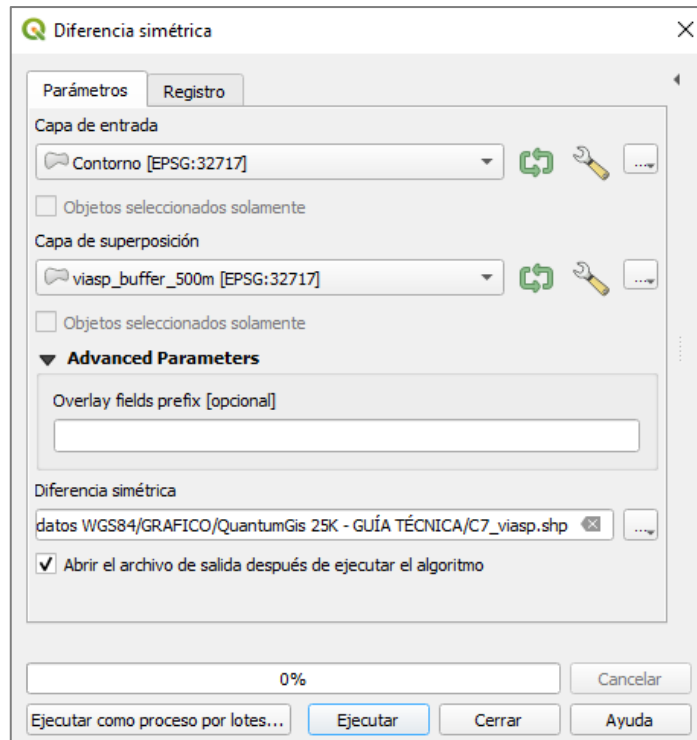


Figura A 30. Caja de diálogo Diferencia simétrica, vías principales

Luego de procesar obtenemos un mapa con zonas alejadas a 500 m de vías principales.

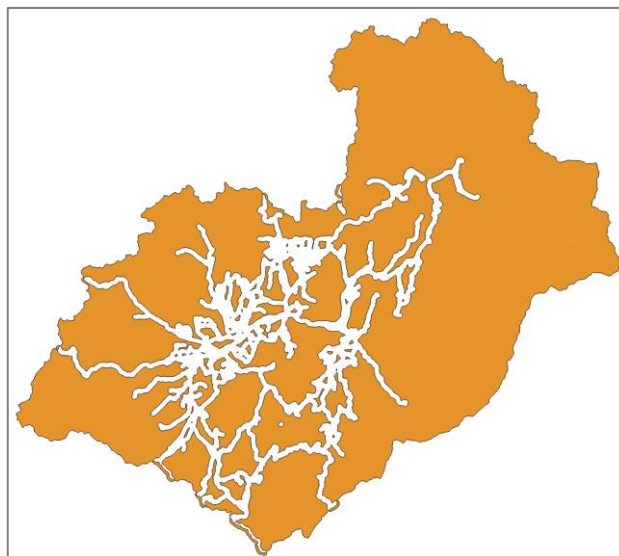


Figura A 31. QGis – Mapa lugares alejados 500 m de vías principales, escala 1:25 000

A.2.8 Alejados 500 m de vías secundarias

Para obtener las zonas aptas cargamos las capas Ejes_Vias_Secundarias_CRP_25k_UTM_wgs84 y Contorno.shp. Obtenemos un buffer de la capa de vías secundarias; la herramienta buffer se encuentra en “Caja de Herramientas de procesos” luego en “Geometría vectorial” y hacemos clic en Buffer. Llenamos los datos en la caja de dialogo.

Capa de entrada: Ejes_Vias_Secundarias_CRP_25k_UTM_wgs84

Distancia: 500

Segmentos: 3

Estilo de terminación: Redondo

Estilo de ángulos: Redondo

Límite de inglete: 2

Disolver resultado: ✓

Hecho buffer: viass_buffer_500m.shp

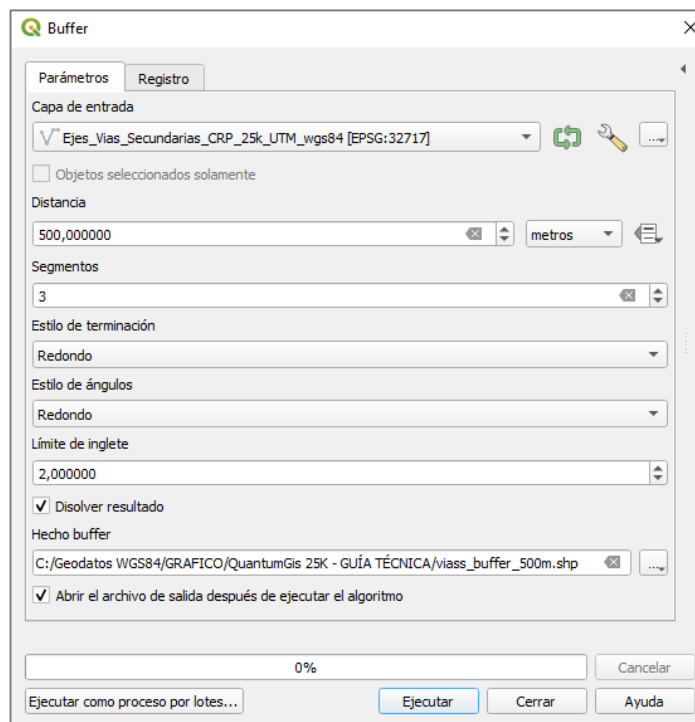


Figura A 32. Caja de diálogo Buffer, vías secundarias

Con el resultado obtenido realizamos una diferencia simétrica entre el buffer y el contorno para ello nos dirigimos a diferencia simétrica que está en “Caja de herramientas de procesos”, “Superposición vectorial” y “Diferencia simétrica”.

Procedemos a llenar los datos.

Se abre una caja de dialogo en la cual llenamos los datos.

Capa de entrada: Contorno_CRP

Capa de superposición: viass_buffer_500m

Diferencia simétrica: C8_viass.shp

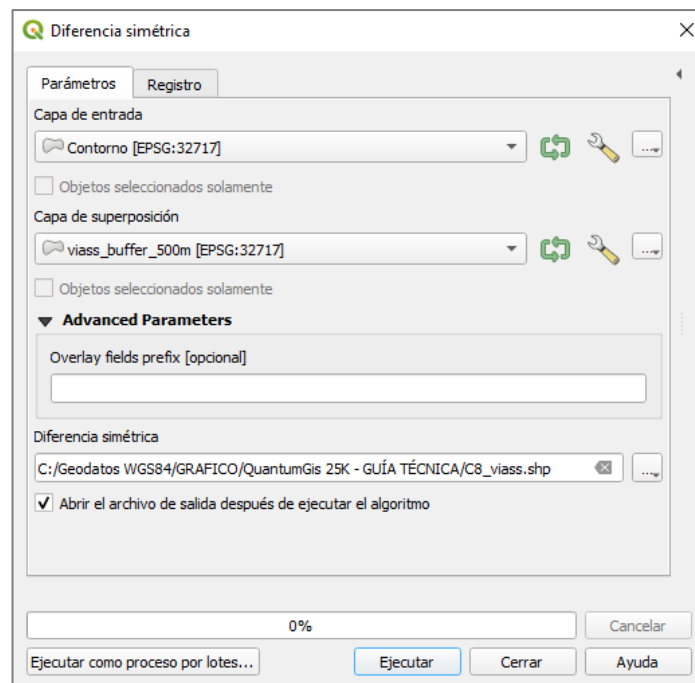


Figura A 33. Caja de diálogo Diferencia simétrica, vías secundarias

Luego de procesar obtenemos un mapa con los lugares alejados a 500 m de vías secundarias.

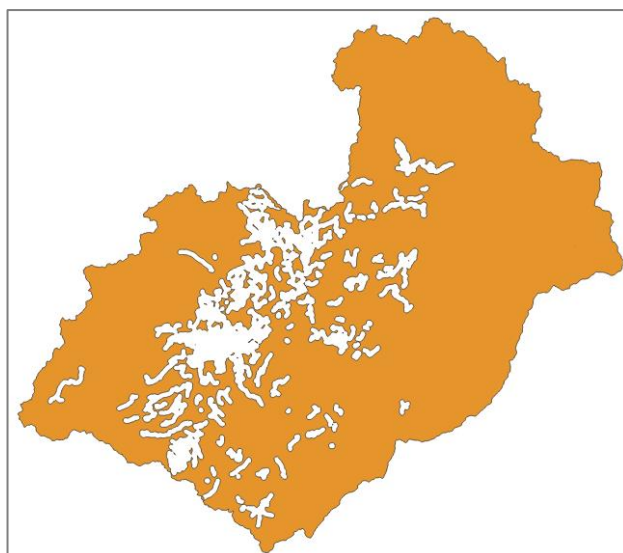


Figura A 34. QGis – Mapa lugares alejados 500 m de vías principales, escala 1:25 000

A.3 Solución final aplicando criterios normativos

Los archivos resultantes están en el mismo tipo de dato vector, si hubiese alguna resultante en ráster lo convertimos a vector.

Para obtener un solo layout nos valemos de la herramienta Intersección que permite extraer las partes coincidentes de los objetos espaciales de las capas de entrada y superposición, la capa resultante de la intersección contiene objetos coincidentes de las capas de superposición y, de entrada.

Para ello nos dirigimos a “Caja de herramientas de Procesos”, a Superposición vectorial y escogemos “Intersección”.

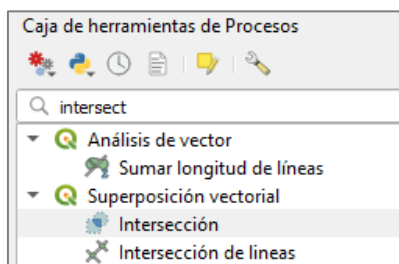


Figura A 35. Caja de herramientas de Procesos – Intersección

Procedemos a calcular la Intersección en todas las capas desde la Capa que contiene el resultado del Criterio “1” hasta el Criterio final; el resultado será un solo layout con la suma de todos los criterios.

Ingresamos los datos.

Capa de entrada: C1_pendiente_m5

Capa de superposición: Pre_vector_Criterio

Intersección: Interseccion 1 u 2.shp

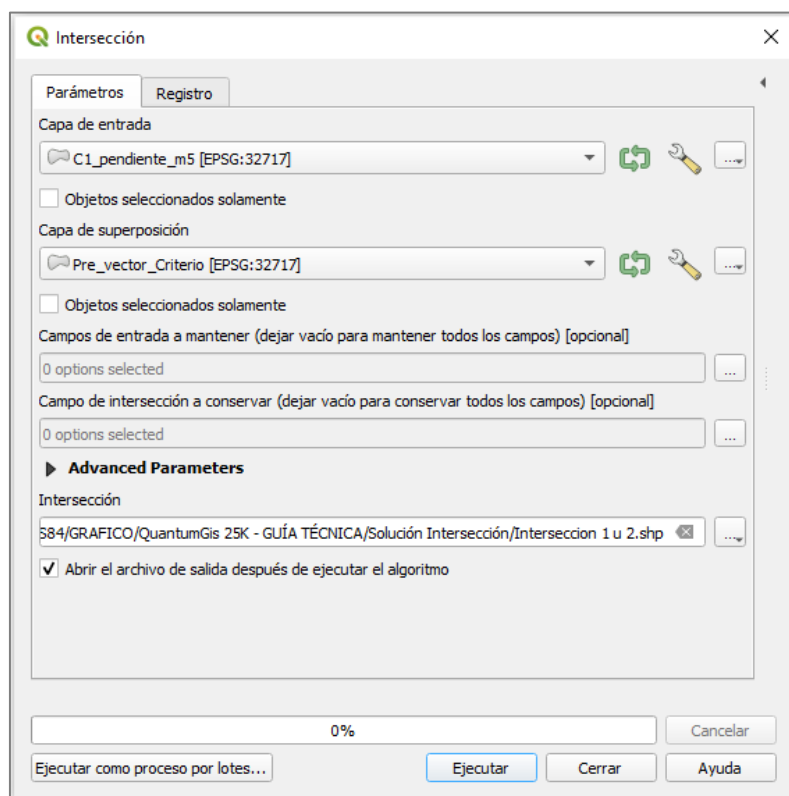


Figura A 36. Caja de diálogo Intersección, capa 1 unión capa 2

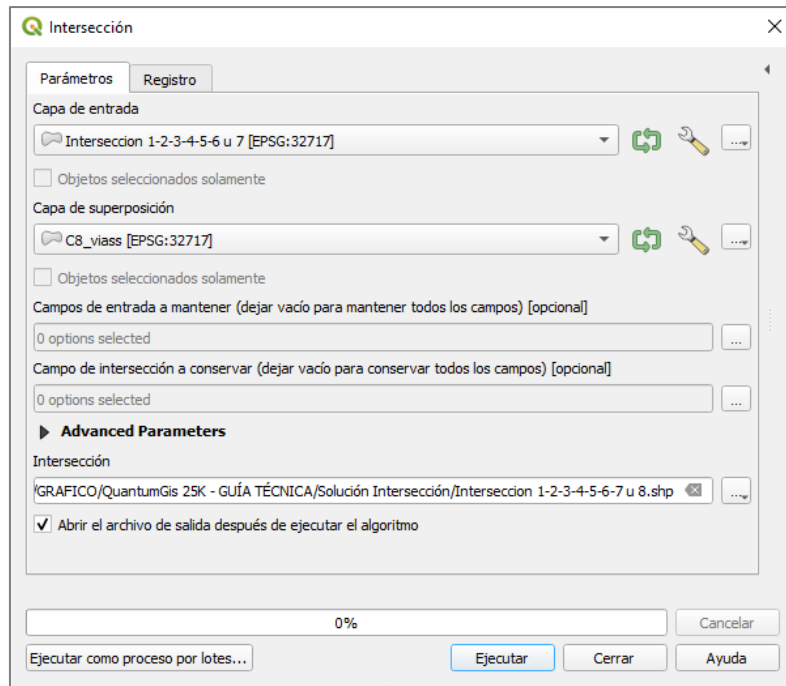


Figura A 37. Caja de diálogo Intersección, capa 1-7 unión capa final

En la Figura A 38. Se observa la solución final en QGis que indica los lugares en los que es posible la ubicación de un relleno sanitario.

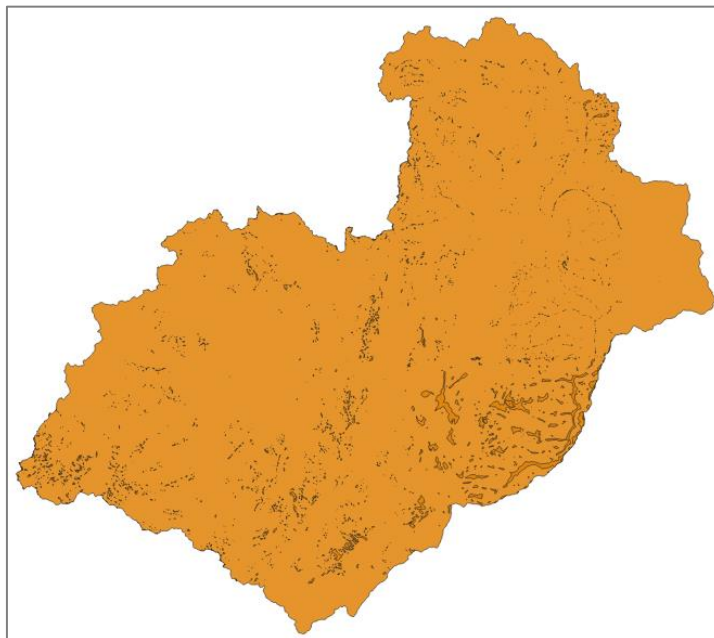


Figura A 38. Solución final QGis, escala 1:25 000 – Superficie