

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“Determinación de zonas óptimas para la disposición final de
residuos sólidos aplicando SIG y cumpliendo el Decreto
Legislativo N° 1278 en la Cuenca de la Quebrada Bocapán –
Tumbes 2024”**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola

Presentado por:

Br. Josemaria Huertas Coronado

Tumbes – Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“Determinación de zonas óptimas para la disposición final de
residuos sólidos aplicando SIG y cumpliendo el Decreto
Legislativo N° 1278 en la Cuenca de la Quebrada Bocapán –
Tumbes 2024”**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Presidente)

Código ORCID: 0000-0003-0841-3064

Mg. José Antonio Silva Chávez (Secretario)

Código ORCID: 0000-0001-5763-407X

Dr. Eber Gines Tafur (Vocal)

Código ORCID: 0000-0003-0366-4438

MG. Eder Esaud Hidalgo Sandoval (Accesitario)

Código ORCID: 0000-0002-8568-3255

Tumbes – Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“Determinación de zonas óptimas para la disposición final de
residuos sólidos aplicando SIG y cumpliendo el Decreto
Legislativo N° 1278 en la Cuenca de la Quebrada Bocapán –
Tumbes 2024”**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido
y forma:**

Br. Josemaria Huertas Coronado

Dr. Eber Gines Tafur

Código ORCID: 0000-0003-0366-4438

Tumbes – Perú

2025

COPIA DE ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
 SECRETARIA ACADÉMICA



ANEXO VIII

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los once días del mes de marzo de dos mil veinticinco, siendo las ONCE horas, con CINCO minutos, en el ambiente del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto en el Aula N°2 de forma presencial, se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución N°0104-2024/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D., **Dr. José Modesto Carrillo Sarango** (Presidente), **Mg. José Antonio Silva Chávez** (Secretario), **Dr. Eber Gines Tafur** (Vocal), **Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval** (Accesitario), reconociendo en la misma resolución además, al **Dr. Eber Gines Tafur**, como **Asesor**, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis: "**Determinación de zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos aplicando SIG y cumpliendo el Decreto Legislativo N° 1278 en la Cuenca de la Quebrada Bocapán – Tumbes 2024**", para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, presentado por el **Bach. Josémaría Huertas Coronado**; concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N°75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al: **Bach. JOSÉMARÍA HUERTAS CORONADO**, APROBADO, por UNANIMIDAD, con el calificativo BUENO.

Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda APTO para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Agrícola, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las DOCE horas y CERO minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 11 DE MARZO DE 2025

Dr. José Modesto Carrillo Sarango DNI N° 00223850 CODIGO ORCID 0000-0002-0841-3084 Presidente	Mg. José Antonio Silva Chávez DNI N° 41013171 CODIGO ORCID 0000-0001-5763-407X Secretario
Dr. Eber Gines Tafur DNI N° 17542075 CODIGO ORCID 0000-0003-0366-4438 Vocal	Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval DNI N° 42311217 CODIGO ORCID 0000-0002-8568-3255 Accesitario

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADO-ARCHIVO (Decanato)
 S.acad.

Determinación de zonas
óptimas para la disposición
final de residuos sólidos
aplicando SIG y cumpliendo el
Decreto Legislativo N° 1278 en
la Cuenca de la Quebrada
Bocapán – Tumbes 2024

por Eber GinesTafur

Fecha de entrega: 10-abr-2025 02:26a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2641208298

Nombre del archivo: TESIS_JOSEMARIA_HUERTAS_CORONADO_FINAL.pdf (19.2M)

Total de palabras: 16201

Total de caracteres: 97266




Determinación de zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos aplicando SIG y cumpliendo el Decreto Legislativo N° 1278 en la Cuenca de la Quebrada Bocapán – Tumbes 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	20%	7%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	11%
2	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	1library.co Fuente de Internet	<1%
7	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1%



9	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
10	CHUQUICHAICO SAMANIEGO ELIAS EDILBERTO. "EIA del Proyecto Planta de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos Añaspampa - Huancayo-IGA0003682", R.D. N° 0126-2010/DIGESA/SA, 2020 Publicación	<1 %
11	www.geogpsperu.com Fuente de Internet	<1 %
12	www.dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositoriodigital.academica.mx Fuente de Internet	<1 %
14	revistasdigitales.uniboyaca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Dominguez, Maria Cristina Marticorena. "Factores Clave Para Transitar Hacia Una Gestion Integral De Los Residuos Solidos: Analisis De La Gestion De Residuos En La	<1 %



Provincia De Lima (Peru), En La Region Flandes (Belgica) y En Los Casos Locales De exito De Miraflores y Amberes.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021

Publicación

18	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
19	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
20	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
21	HORIZONTE CONSULTORES S.R.L.. "EIA del Proyecto Relleno Sanitario y Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de la Ciudad de Arequipa-IGA0000029", R.D. N° 3704/2008/DIGESA/SA, 2020 Publicación	<1 %
22	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
23	Submitted to Universidad de Lima Trabajo del estudiante	<1 %
24	pdfs.semanticscholar.org Fuente de Internet	<1 %
25	www.snet.gob.sv Fuente de Internet	<1 %



26 CONSORCIO SAN PEDRO. "Programa de Reconversión y Manejo de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos del Distrito de Pichanaqui, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín-IGA0018156", R.A. N° 117-2021/MPCH, 2022

Publicación

<1 %

27 Leyva Rivera, Tania Maria. "Análisis del proceso de compatibilidad en un área natural protegida considerando el derecho humano al agua como criterio adicional: el caso de un proyecto de afianzamiento hídrico para autoconsumo de la Comunidad Campesina de Aquia en el Parque Nacional Huascarán.", Pontificia Universidad Católica del Perú - CENTRUM Católica (Perú), 2020

Publicación

<1 %

28 repositorio.ug.edu.ec
Fuente de Internet

<1 %

29 repositorio.utc.edu.ec
Fuente de Internet

<1 %



Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y guiarme en cada paso que doy.

A mi madre Flor de María Coronado Roque por inculcarme valores, humildad, respeto y perseverancia para alcanzar mis metas.

A mis tíos Esther Brucelas y Segundo Vicente por brindarme sus consejos para obtener una mayor perspectiva al tomar decisiones.

A mis docentes quienes me guiaron con sus conocimientos y contribuyeron a mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por cada una de sus bendiciones.

A mi madre Flor de María por inculcarme a ser una persona perseverante y siempre seguir el camino correcto a pesar de las adversidades.

A mis tíos Esther Brucelas y Segundo Vicente por su apoyo incondicional en mi etapa universitaria.

A mi asesor Dr. Eber Gines Tafur, por la asesoría en el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

COPIA DE ACTA DE SUSTENTACIÓN	IV
DEDICATORIA	X
AGRADECIMIENTO	XI
ÍNDICE GENERAL.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS	XXI
RESUMEN	XXII
ABSTRACT.....	XXIII
1 INTRODUCCIÓN	24
2 REVISIÓN DE LA LITERATURA	25
2.1 ANTECEDENTES:	25
2.2 MARCO TEÓRICO:	29
2.2.1 RELLENO SANITARIO:.....	29
2.2.2 RESIDUOS SÓLIDOS:	29
2.2.3 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS:	30
2.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA UBICACIÓN FINAL DEL RELLENO SANITARIO:.....	30
2.3.1 CENTROS POBLADOS:	30
2.3.2 CENTROS DE SALUD:	30
2.3.3 INSTITUCIONES EDUCATIVAS:	30
2.3.4 SITIOS ARQUEOLÓGICOS:	30
2.3.5 RED HÍDRICA:	31
2.3.6 FALLAS GEOLÓGICAS:	31
2.3.7 RED VÍAL:	31

2.3.8	USO DE SUELOS:	31
2.3.9	PENDIENTES:.....	31
2.3.10	TELEDETECCIÓN:	31
2.3.11	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG):.....	32
2.3.12	MODELO RASTER:	33
2.3.13	MODELO VECTORIAL:.....	33
2.3.14	DECRETO LEGISLATIVO N° 1278:	33
2.3.15	ANÁLISIS DE CRITERIO MÚLTIPLE:	35
3	MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1	UBICACIÓN:.....	36
3.1.1	UBICACIÓN GEOPOLÍTICA:.....	36
3.1.2	UBICACIÓN GEODÉSICA:.....	36
3.2	MATERIALES:	37
3.3	EQUIPOS:.....	39
3.4	SOFTWARE:.....	39
3.5	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO:.....	40
3.5.1	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA:.....	40
3.5.2	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:.....	40
3.5.3	CRÍTERIOS DEL DECRETO LEGISLATIVO N° 1278:	41
3.5.4	CONFORMACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS:.....	42
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	102
4.1	RESULTADOS:.....	102
4.1.1	MAPA DE ZONAS ÓPTIMAS DE RELLENO SANITARIO:.....	102
4.1.2	ZONAS ÓPTIMAS FUERA DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA Y ZONA DE AMORTIGUAMIENTO:.....	103
4.2	DISCUSIÓN:.....	106

5	CONCLUSIONES	108
6	RECOMENDACIONES	109
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
	ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación política de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.....	36
Tabla 2 Ubicación Geodésica de la Zona de Estudio.....	36
Tabla 3 Características Físicas Del Terreno.	41
Tabla 4 Características Biológicas Del Terreno.	41
Tabla 5 Características Socioeconómicas Del Terreno.....	42
Tabla 6 Primer Bloque de Criterios.	53
Tabla 7 Porcentaje de Criterios para la Creación del Mapa de Zonas Optimas de Relleno Sanitario.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ejemplo de SIG.	32
Figura 2 Tipos de Residuos Sólidos.	34
Figura 3 Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio.	37
Figura 4 Diagrama de Flujo del Desarrollo de la Investigación.	40
Figura 5 Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio en el Perú.	43
Figura 6 Mapa Altitudinal de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.	44
Figura 7 Mapa de Centros Poblados de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.	45
Figura 8 Mapa de Centros de Salud de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.	46
Figura 9 Mapa de Instituciones Educativas de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.	47
Figura 10 Mapa de Sitios Arqueológicos de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.	48
Figura 11 Mapa de Red Hídrica de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.	49
Figura 12 Mapa de Fallas Geológicas de la Cuenca de la Quebrada Bocapan. ..	50
Figura 13 Mapa de Red Vial de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.	51
Figura 14 Mapa de Uso de Suelo de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.	52
Figura 15 Procedimiento del Mapa de Pendientes.	54
Figura 16 Reclassify >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent..	55
Figura 17 Reclassify >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.	55
Figura 18 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values 10.	56
Figura 19 Reclassify >> Reclassification >> New Values.	56
Figura 20 Raster Reclasificado de Pendientes.	57
Figura 21 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.....	58
Figura 22 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.	58

Figura 23 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.	59
Figura 24 Euclidean Distance >> Resultados.	59
Figura 25 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.	60
Figura 26 Reclassify >> Reclassification >> New Values.	61
Figura 27 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Centros Poblados.	62
Figura 28 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.....	63
Figura 29 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.	63
Figura 30 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.	64
Figura 31 Euclidean Distance >> Resultados.	64
Figura 32 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.	65
Figura 33 Reclassify >> Reclassification >> New Values.	66
Figura 34 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Centros de Salud.	67
Figura 35 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.....	68
Figura 36 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.	68
Figura 37 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.	69
Figura 38 Euclidean Distance >> Resultados.	69
Figura 39 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.	70
Figura 40 Reclassify >> Reclassification >> New Values.	71
Figura 41 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Instituciones Educativas.	72
Figura 42 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.....	73

Figura 43 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.....	73
Figura 44 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.	74
Figura 45 Euclidean Distance >> Resultados.	74
Figura 46 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.	75
Figura 47 Reclassify >> Reclassification >> New Values.	76
Figura 48 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Sitios Arqueológicos.	77
Figura 49 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.....	78
Figura 50 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.	78
Figura 51 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.	79
Figura 52 Euclidean Distance >> Resultados.	79
Figura 53 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.	80
Figura 54 Reclassify >> Reclassification >> New Values.	81
Figura 55 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Red Vial.	81
Figura 56 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.....	83
Figura 57 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.	83
Figura 58 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.	84
Figura 59 Euclidean Distance >> Resultados.	84
Figura 60 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.	85
Figura 61 Reclassify >> Reclassification >> New Values.	86
Figura 62 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Red Hídrica.	87
Figura 63 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.....	88

Figura 64 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.....	88
Figura 65 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.	89
Figura 66 Euclidean Distance >> Resultados.	89
Figura 67 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.	90
Figura 68 Reclassify >> Reclassification >> New Values.	91
Figura 69 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Fallas Geológicas.	92
Figura 70 Feature to Raster >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.....	93
Figura 71 Feature to Raster >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.	93
Figura 72 Feature to Raster >> Output Cell Size >> 12.5 >> Field >> CVG_Und_Co.	94
Figura 73 Feature to Raster >> Resultados.....	94
Figura 74 Reclassify >> Reclassification >> New Values.	95
Figura 75 Raster Reclasificado de Uso de Suelo.	96
Figura 76 Spatial Analyst Tools >> Overlay >> Weighted Overlay >> Weighted Overlay Table.....	97
Figura 77 Weighted Overlay Resultados.	98
Figura 78 Conversion Tools >> From Raster >> Raster To Polygon.	99
Figura 79 Raster To Polygon Resultados.	100
Figura 80 Open Attribute Table >> Select By Attributes >> "Gridcode" = 4.	100
Figura 81 Open Attribute Table >> Show Selected Records.....	101
Figura 82 Mapa de Posibles Zonas Optimas de Relleno Sanitario de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.	103
Figura 83 Zonas Optimas Fuera del Área Natural Protegida y Zonas de Amortiguamiento.....	104

Figura 84 Zonas Posiblemente Aptas N° 01 Para la Disposición Final de Residuos Sólidos.....	105
Figura 85 Zonas Posiblemente Aptas N° 02 Para la Disposición Final de Residuos Sólidos.....	105
Figura 86 Zonas Posiblemente Aptas N° 03 Para la Disposición Final de Residuos Sólidos.....	106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Imagen de Comparación de Zona Natural Protegida y Zona de Amortiguamiento con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.</i>	113
Anexo 2 <i>Imagen de Comparación de Red Hidrográfica con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.</i>	113
Anexo 3 <i>Imagen de Comparación de Fallas Geológicas con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.</i>	114
Anexo 4 <i>Imagen de Comparación de Centros Poblados con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.</i>	114
Anexo 5 <i>Imagen de Comparación de Instituciones Educativas con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.</i>	115
Anexo 6 <i>Imagen de Comparación de Pendientes con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.</i>	115
Anexo 7 <i>Imagen de Red Vial con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.</i>	116
Anexo 8 <i>Imagen de Comparación de Centros de Salud con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.</i>	116
Anexo 9 <i>Imagen de Comparación de Sitios Arqueológicos con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.</i>	117
Anexo 10 <i>Matriz de Consistencia.</i>	118

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en la Cuenca de la Quebrada Bocapán que está ubicada en la provincia de Contralmirante Villar, Distritos de Zorritos y Casitas, región de Tumbes, tiene como objetivo principal el cumplimiento del Decreto Legislativo N° 1278 el cual aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, haciendo el uso de Sistema de Información Geográfica que será integrado mediante una metodología llamada Análisis de Criterio Múltiple, esta metodología se define como la evaluación de diversas posibles soluciones para un determinado problema, teniendo en cuenta un número variable de criterios y utilizándolos para la toma de decisiones final en la selección de la solución más idónea.

Para el desarrollo de esta investigación se procedió con la recopilación de 9 bases de datos de la Cuenca de la Quebrada Bocapán, estos se obtuvieron de portales web de entidades gubernamentales. Estos datos fueron analizados en el programa ArcGIS 10.5, en el cual se generaron 9 mapas, que a su vez fueron modelados siguiendo las condiciones establecidas y concordantes con los requisitos para la ubicación óptima de rellenos sanitarios, obteniendo un mapa final, que fue analizado con el programa Google Earth Pro para extrapolar las soluciones finales.

Al término del Análisis de Criterio Múltiple, se seleccionó las áreas potenciales para la ubicación de relleno sanitario. Finalmente, se determinó que en la Cuenca de la Quebrada Bocapán existen 489 posibles áreas para la ubicación de un relleno sanitario que están ubicados a lo largo del área de la Cuenca de la Quebrada Bocapán, de las 489 áreas resultantes de la investigación solo 2 áreas son idóneas para la ubicación de un relleno sanitario, las cuales cumplen con los criterios establecidos por el Decreto Legislativo N° 1278 y considerados por el tesista, dichos resultados tienen un área de 19.92 Ha y la otra de 6.79 Ha.

Teniendo todos los resultados correspondientes, se demuestra que, si se puede realizar un estudio para la disposición final de residuos sólidos en la Cuenca de la Quebrada Bocapán, pero también la Cuenca cumple con los criterios establecidos del Decreto Legislativo N° 1278. Por lo anteriormente mencionado la Cuenca de la Quebrada Bocapán cumple las condiciones para generar un relleno sanitario.

Palabras clave: Relleno sanitario, Residuos Sólidos, Mapas, Modelamiento, Sistema de Información Geográfica.

ABSTRACT

This research was conducted in the Bocapán Creek Basin, located in the province of Contralmirante Villar, in the districts of Zorritos and Casitas, Tumbes region. Its main objective is to comply with Legislative Decree No. 1278, which approves the Comprehensive Solid Waste Management Law. The research uses a Geographic Information System (GIS) integrated through a methodology called Multiple Criteria Analysis (MCA). This methodology is defined as the evaluation of various possible solutions to a given problem, taking into account a variable number of criteria and using them to make the final decision in selecting the most suitable solution.

For the development of this research, nine databases from the Bocapán Creek Basin were compiled, obtained from the websites of government entities. These data were analyzed using ArcGIS 10.5, which generated nine maps. These maps were then modeled according to established conditions and consistent with the requirements for optimal landfill location. A final map was obtained, which was analyzed using Google Earth Pro to extrapolate the final solutions.

After completing the Multiple Criteria Analysis, potential areas for landfill locations were selected. Finally, it was determined that there are 489 potential areas for a sanitary landfill in the Bocapán Ravine Basin. Of the 489 areas resulting from the research, only two areas are suitable for the location of a sanitary landfill. These areas meet the criteria established by Legislative Decree No. 1278 and considered by the thesis candidate. These results show an area of 19.92 hectares and the other area of 6.79 hectares.

Taking into account all the corresponding results, it is demonstrated that a study for the final disposal of solid waste can be conducted in the Bocapán Ravine Basin, and the Basin also meets the criteria established by Legislative Decree No. 1278. Based on the aforementioned, the Bocapán Ravine Basin meets the conditions for the creation of a sanitary landfill.

Keywords: Sanitary landfill, Solid waste, Maps, Modeling, Geographic Information System.

1 INTRODUCCIÓN

Los residuos orgánicos e inorgánicos producidos durante la producción, transformación o consumo de bienes y servicios se denominan residuos sólidos. Cuando estos residuos no se gestionan adecuadamente, contaminan el medio ambiente y ponen en peligro la salud pública.

Diariamente se producen 20,000 toneladas de basura sólida, según la evaluación (2010 – 2011) sobre el estado de la gestión de los residuos sólidos urbanos en el Perú. Las personas que más residuos generan son las que viven en la costa. Más de 8 millones de personas residen en Lima, la capital de del país, y ahí se producen una media de anual de 2,123,016 toneladas de basura. Los individuos producen 0,61 kg de media al día, lo que indica un notable aumento de residuos sólidos (MINAGRI 2013).

La Cuenca de la Quebrada Bocapán es consciente de este hecho preocupante. Es claro que la actividad humana está incrementando la cantidad de residuos sólidos producidos, y que esto aunado a la inadecuada gestión de las autoridades locales y provinciales sobre dónde debe ubicar la disposición final de residuos sólidos, hace necesaria la adopción de una metodología para determinar la mejor ubicación de un relleno sanitario. Esto permitirá una mejor gestión de la disposición final de residuos sólidos.

Para calcular la mejor ubicación para la Disposición Final de Residuos Sólidos, se utilizarán técnicas de teledetección y el software ArcGIS. Se tendrán en cuenta los siguientes factores: Climatología, topografía, geología, geomorfología, hidrogeología, riesgos sanitarios y medioambientales, patrimonio arqueológico, cultural y monumental de la zona de estudio, preservación de las zonas naturales protegidas por el estado y conservación de los recursos naturales renovables.

Determinado cada uno de los factores y aplicando las reglas que conllevan, podremos calcular la ubicación del área óptima para la disposición de final de residuos sólidos.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES:

Özkan, Özceylan, & Sariçiçek (2019) en su investigación “GIS-based MCDM modeling for landfill site suitability analysis: A comprehensive review of the literature”, Para abordar las cuestiones antes mencionadas asociadas con el estudio de la idoneidad de los vertederos, académicos y especialistas han estudiado y utilizado combinaciones de sistemas de información geográfica (SIG) y toma de decisiones con criterios múltiples (MCDM) a lo largo de los años. Esto es evidente a partir de la enorme cantidad de artículos académicos que se han anunciado en el futuro cercano. Una lista actualizada de estudios recientes es esencial para proporcionar un contexto para la literatura existente y orientar a los colegas. El propósito de este trabajo es realizar una revisión de todos los artículos académicos en revistas académicas sobre modelado MCDM basado en SIG para evaluaciones de idoneidad de vertederos. En total, se documentan y examinan 106 artículos publicados entre 2005 y 2019. Los estudios se evalúan y clasifican utilizando una taxonomía desarrollada, que incluye las siguientes categorías: software SIG, área de aplicación, incertidumbre, metodologías MCDM, tamaños de celdas SIG y criterios. Según los hallazgos de la investigación, los enfoques MCDM más utilizados para ponderar criterios y clasificar alternativas son el proceso de jerarquía analítica (AHP) y la combinación lineal ponderada (WLC). Si bien el componente ambiental es el criterio principal más utilizado, el agua superficial ocupa el primer lugar en el grupo de subcriterios. Las categorías de criterios más utilizadas, según el análisis de criterios, son las aguas superficiales y subterráneas, la geología, el uso del suelo, la distancia a la zona de falla, la distancia a las regiones metropolitanas y la distancia a la carretera y la pendiente. Estas clasificaciones y observaciones ayudan a identificar lagunas en el estudio de la literatura actual, así como a proporcionar sugerencias para futuros modelos e investigaciones sobre el tema.

Çeliker, Yildiz, & Nacar Koçer (2018) en su investigación “Evaluating solid waste landfill site selection using multi-criteria decision analysis and geographic information systems in the city of Elazığ, Turkey”, La selección de un vertedero de residuos sólidos es un procedimiento complejo que se basa en una serie de factores y leyes estatutarias. Este estudio utilizó el Análisis de Decisiones de Criterios

Múltiples (MCDA) y los Sistemas de Información Geográfica (GIS) para evaluar la viabilidad de seleccionar un vertedero de residuos sólidos en Elaziğ, Turquía. Para este propósito, se consideraron nueve criterios diferentes, a saber, distancia de las áreas residenciales, distancia de las carreteras, distancia de los ríos, distancia de los pozos de manantial, geología, pendiente, aspecto, clasificación de la capacidad del terreno y uso del terreno, y sus grados de importancia relativa se definieron utilizando MCDA, y se crearon mapas esquemáticos para cada criterio utilizando aplicaciones SIG. La herramienta de análisis de superposición de ArcGIS 9.3 generó el mapa final de idoneidad del vertedero para la región de investigación. Los resultados del estudio muestran que los valores del índice de idoneidad del vertedero para el lugar elegido varían de 2,64 a 6,10. La mayoría de los vertederos tienen valores de índice relativamente bajos, lo que indica que el lugar elegido es ideal para el vertido de residuos sólidos. Palabras clave: vertedero de residuos sólidos, decisión de múltiples criterios, índice de idoneidad del vertedero, sistemas de información geográfica, procedimiento de jerarquía analítica, Elaziğ.

En la tesis titulada "PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN NUEVO RELLENO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE AGUACHICA - CESAR". El relleno sanitario del Municipio de Aguachica se encuentra próximo al final de su vida útil, por lo que se propuso el diseño de un nuevo relleno y se realizó un análisis cuantitativo de los lixiviados para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Colombia. A partir de una proyección de población y cantidad de basura, el estudio planteó dos escenarios: todas las categorías de residuos y exclusivamente basura orgánica. A continuación, se determinó la ubicación del relleno sanitario, así como la topografía, la complejidad, la geología y otros detalles, antes de pasar al diseño, que incluía la determinación del tipo de relleno sanitario en función de las características del suelo y del emplazamiento, así como la definición de las obras de adaptación y las estrategias de control y seguimiento. Tras el diseño, se utilizó el modelo matemático CÓRENOSTOS para evaluar el proceso del relleno sanitario, incluida la generación de gases y lixiviados. Los resultados revelaron que una mala gestión de los residuos sólidos reduce la vida útil del vertedero.

El artículo "EL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA EN BOGOTÁ: LA PRODUCCIÓN POLÍTICA DE UN PAISAJE TÓXICO, 1988 - 2019". El objetivo de este estudio es describir la problemática socioambiental del área urbana del

vertedero de Doña Juana, en el barrio marginal de Bogotá. Para lograr este objetivo, se realizó una revisión histórica de una variedad de documentos, incluyendo expedientes técnicos, revistas, entrevistas y archivos sobre otros temas relacionados con el manejo de residuos sólidos en rellenos sanitarios. Otro objetivo es enfatizar la complejidad de la gestión de residuos, que abarca aspectos sociales, políticos y ambientales. En conclusión, el vertedero sanitario de Doña Juana ha pasado de ser una solución a los residuos a un conflicto social y medioambiental. Además, la construcción ha dado lugar a una lucha entre los residentes para defender su territorio.

La investigación titulada "DETERMINACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO PARA EL DISTRITO DE SICUANI, CUSCO 2016" buscó determinar las dimensiones del relleno sanitario del distrito de Sicuani, Cusco. Se estimó para 25 años, con una población de 59964 personas, que ascenderá a 62930 según datos del INEI (2007). Esta previsión debe servir para determinar el tamaño adecuado de la infraestructura. De igual forma, se realizó la propuesta y evaluación de rellenos sanitarios, resultando la opción ganadora con 4401 puntos (84.04%) y cumpliendo con los requisitos establecidos en la Guía para la Opinión Técnica Favorable del Estudio de Selección de Áreas de DIGESA.

Esquivel Zavala & Lezama Paredes (2019) en su tesis " Diseño de un relleno sanitario y planta segregadora de residuos sólidos urbanos para el distrito de Santiago de Chuco - La Libertad 2018" El presente proyecto tiene como objetivo la creación de un relleno sanitario y una instalación de segregación para la disposición segura de los residuos sólidos en el barrio Santiago de Chuco – La Libertad. Esta investigación es fundamental para mejorar la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y, sobre todo, para mantener la calidad ambiental, salvaguardar el valor de los residuos sólidos urbanos y extender la vida útil de los rellenos sanitarios. El estudio se inició con un análisis exhaustivo utilizando datos bibliográficos y fotos satelitales de la región de influencia del proyecto. Estas publicaciones se centraron en datos geográficos, hidrogeológicos, geológicos, poblacionales y demográficos. Por otra parte, se realizaron estudios básicos, incluida una evaluación de la gestión integrada de residuos sólidos urbanos, una investigación de caracterización, un estudio de referencia del sitio y una identificación, evaluación y mitigación de las posibles consecuencias ambientales del proyecto. Luego de concluidas las

investigaciones anteriores, se desarrolló el relleno sanitario y la planta de segregación, cuyo manejo se realizó de manera manual mediante la técnica de zanja o zanja, con un área total de relleno de 14,407 m², 1.5 hectáreas y 29 zanjas. La planta de segregación también contará con tres áreas: recepción y clasificación, almacenamiento de residuos orgánicos y almacenamiento de residuos inorgánicos, cada una de 68 m², 1,724 m² y 264 m².

El diseño de un relleno sanitario para la disposición de los residuos sólidos municipales producidos en el distrito de Paucarpata, provincia y departamento de Arequipa fue el objetivo de la tesis "DIMENSIONAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO PARA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO DE PAUCARPATA-PROVINCIA Y REGIÓN DE AREQUIPA". La vida útil se estimó utilizando la población prevista, la producción per cápita y la producción anual de basura para establecer el volumen total y la superficie del relleno sanitario. Se aplicó el enfoque del CEPIS. En consecuencia, se creó una proyección a 25 años, estimando una superficie de 54.396 m² o 54.396 acres de tierra y 98,64 toneladas de basura sólida producida cada día. Se opta por la técnica de área y zanja para la construcción de un relleno sanitario mecanizado.

Para 21 distritos de Chuquibamba, Región Arequipa, la tesis "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO INTEGRAL PARA UN RELLENO SANITARIO MUNICIPAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE CHUQUIBAMBA - CONDESUYOS, 2017" buscó construir un sistema de tratamiento de residuos sólidos en un relleno sanitario manual. Se recopiló información secundaria sobre el estado del manejo de residuos sólidos en el municipio de Chuquibamba, Posteriormente, se propuso un estudio con el fin de elegir la ubicación y el trazado del relleno sanitario para el tratamiento adecuado. Basándose en la topografía del terreno y en la profundidad del nivel freático, 1,16 hectáreas de relleno sanitario manual serían suficientes, utilizándose el material excavado como material de cobertura. También se llevó a cabo el control de los lixiviados utilizando la microalga *Chlorella Vulgaris*, que ha demostrado su eficacia para reducir la DBO₅ y la DQO. El vertedero dará servicio tanto a zonas rurales como urbanas, con una vida útil de 10 años y una población prevista de 3.380 habitantes en 2027. La producción de residuos sólidos por persona y día será de 2,46 toneladas y 0,73 kg/hab/día, respectivamente.

La Universidad Peruana los Andes requirió la tesis "PROPUESTA DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA SEGREGACIÓN Y RECOLECCIÓN SELECTIVA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE APATA - JAUJA - JUNÍN" para optar el título de la carrera de Ingeniería Civil. Su objetivo fue evaluar el proceso de recolección y separación de residuos sólidos urbanos, proyecto de diseño de planta de tratamiento y selección de sitio para el distrito de Apata, Jauja y Junín. Antes de comenzar la investigación, se pesó la basura sólida del distrito, se midió volumétricamente y se inspeccionó de cerca; se evaluó la producción de lixiviados, gas y compost; y, en segundo lugar, se llevó a cabo una evaluación de las posibles ubicaciones para la recogida y separación de residuos sólidos. Se propusieron y evaluaron muchos emplazamientos en función de factores como la facilidad de acceso, la proximidad a fuentes de agua, granjas, aeropuertos y la opinión pública, así como factores como las regiones arqueológicas, la susceptibilidad a catástrofes naturales y la dirección del viento predominante. A continuación, se clasificaron los emplazamientos de acuerdo con el Reglamento de la Ley N° 1278. La tercera etapa consistió en el diseño de los componentes de la planta de tratamiento, así como en la selección de las técnicas y los cálculos de ingeniería. El resultado final fue la selección de la primera alternativa a partir de una evaluación de los factores que indican que tiene las mejores cualidades para el establecimiento de un relleno sanitario, describiéndose detalladamente la aplicación del método para 22 zanjas. determinó que el establecimiento del relleno sanitario tendrá un impacto en las prácticas de recolección y segregación de residuos sólidos del distrito de Apata.

2.2 MARCO TEÓRICO:

2.2.1 RELLENO SANITARIO:

Los rellenos sanitarios son estructuras construidas y planificadas para manejar y almacenar de forma segura la basura municipal, ya sea bajo tierra o en la superficie, utilizando los conceptos de ingeniería sanitaria y ambiental.

2.2.2 RESIDUOS SÓLIDOS:

Son materiales, artículos, compuestos y/o componentes que el propietario de un producto deja después de que éste ha sido utilizado para terminar su ciclo de vida. Estos residuos se tratan priorizando su valorización y, eventualmente, su

eliminación. Los residuos sólidos pueden presentarse en forma líquida, sólida o semisólida.

2.2.3 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS:

De acuerdo con el Decreto Legislativo N° 1278, la categorización de los residuos sólidos se determina por:

- a) Gestión de residuos sólidos, incluida la separación de materiales peligrosos y no peligrosos.
- b) Los dos tipos de autoridades competentes son las municipales y las no municipales.

2.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA UBICACIÓN FINAL DEL RELLENO SANITARIO:

Los factores que intervienen en la ubicación del Relleno Sanitario son los siguientes:

2.3.1 CENTROS POBLADOS:

La ubicación del centro poblado para la ubicación óptima de Relleno Sanitario, debe de ser como mínimo 500 metros de distancia, según el Decreto Legislativo N° 1278, dado que tenerlo cerca podría generar enfermedades a la población como otras consecuencias.

2.3.2 CENTROS DE SALUD:

La ubicación de los centros de salud para la ubicación óptima de Relleno Sanitario, debe ser como mínimo 1000 metros de distancia, según el Decreto Legislativo N° 1278, dado que tenerlo cerca podría empeorar la situación actual de los pacientes.

2.3.3 INSTITUCIONES EDUCATIVAS:

La ubicación de las instituciones educativas para la ubicación óptima de Relleno Sanitario, debe ser como mínimo 500 metros de distancia, según el Decreto Legislativo N° 1278, dado que tenerlo cerca podría afectar la salud de los estudiantes.

2.3.4 SITIOS ARQUEOLÓGICOS:

La ubicación de los sitios arqueológicos para la ubicación óptima de Relleno Sanitario, debe ser como mínimo 1000 metros de distancia, según el Decreto

Legislativo N° 1278, dado que al excavar cerca de estos sitios podría arruinar posibles investigaciones dadas por estas entidades.

2.3.5 RED HÍDRICA:

La ubicación de la red hídrica para la ubicación óptima de Relleno Sanitario, debe ser como mínimo 1000 metros de distancia, según el Decreto Legislativo N° 1278, dado que tenerlo cerca podría contaminar los afluentes y ya no estaría apta para consumo como para irrigación entre otros factores.

2.3.6 FALLAS GEOLÓGICAS:

La ubicación de las fallas geológicas para la ubicación óptima de Relleno Sanitario, debe ser como mínimo 1000 metros de distancia, según el Decreto Legislativo N° 1278, dado que tenerlo cerca podría traer consecuencias en la estructura de esta, ya que el terreno puede colapsar.

2.3.7 RED VÍAL:

La ubicación de la red vial para la ubicación óptima de Relleno Sanitario, debe ser como máximo 1000 metros de distancia, según el Decreto Legislativo N° 1278, dado que tenerlo cerca las vías tendría un mejor acceso al relleno sanitario y ayudaría a mejorar la movilización de los residuos sólidos.

2.3.8 USO DE SUELOS:

El uso de suelo se divide en: Vivienda, agricultura, ganadería, bosque, zonas de amortiguamiento, zona protegida, entre otros factores, en este caso se analizará el sitio óptimo para localizar el relleno sanitario.

2.3.9 PENDIENTES:

La inclinación del suelo no debe ser mayor a 10° según la normativa vigente decreto legislativo N° 1278.

2.3.10 TELEDETECCIÓN:

La única conexión que tiene esta tecnología con el mundo visible es a través de plataformas y sensores colocados en tierra, mar o atmósfera, ya sea en satélites, aviones, ordenadores o cualquier otra cosa- que recopilan datos a distancia sin manipularlos. Según Alonso (2014).

2.3.11 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG):

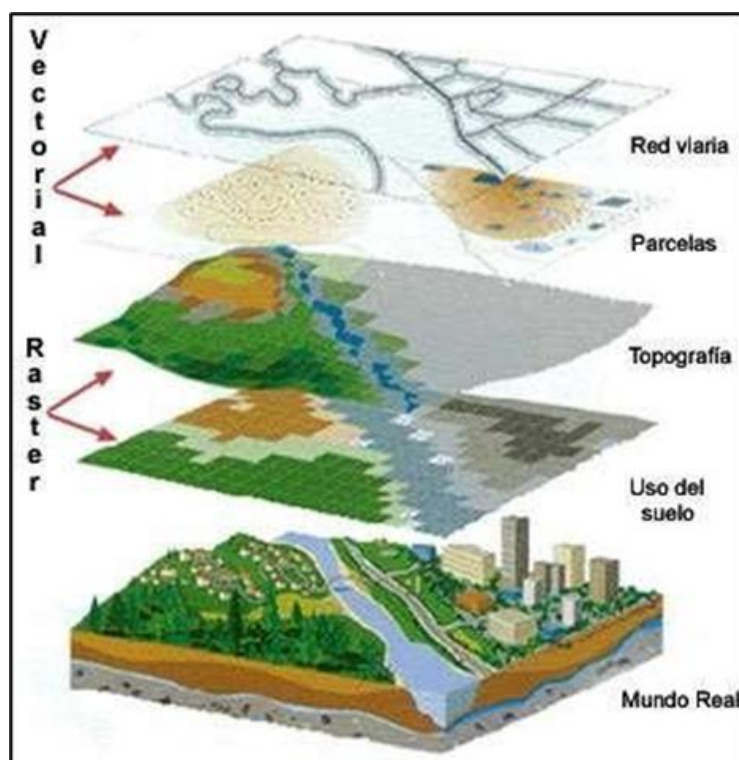
Este sistema permite la integración de numerosas bases de datos geográficas, así como la ejecución de diversas técnicas de tratamiento de datos relacionadas con las actividades espaciales y el trabajo con SIG (Alonso, 2014).

A la hora de determinar la mejor ubicación del relleno sanitario, los sistemas de información geográfica ofrecen una serie de beneficios, entre ellos:

- a) Procesar grandes cantidades de datos para calcular variables vinculadas en el modelo, obteniendo resultados en capas, factores o ecuaciones matemáticas.
- b) Ejecutar procesos, distribuir espacialmente los resultados, generar situaciones posibles y presentar los resultados de forma clara.

Para adoptar y mejorar estas técnicas SIG, es útil utilizar el software ArcGIS, ya sea a través de sus herramientas o de otras nuevas añadidas por el usuario (Zeiler, 1999), como señala Caycho (2020).

Figura 1 Ejemplo de SIG.



Fuente: Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado.

2.3.12 MODELO RASTER:

Mediante mallas divididas en filas y columnas (denominadas "píxeles"), representa imágenes digitales. Cada celda cuadrada o rectangular del sistema proyectado representa un valor. Según Alonso (2014), JPG, PNG y TIFF son los formatos más utilizados.

2.3.13 MODELO VECTORIAL:

Este modelo se representa mediante vectores que, al combinarse, constituyen un todo. Por ejemplo, los puntos se generan a partir de un par de coordenadas y su altura, que a su vez generan una línea, que al combinarse forman polígonos (Alonso, 2014).

2.3.14 DECRETO LEGISLATIVO N° 1278:

La ley también especifica los procedimientos que se deben seguir en un relleno sanitario, incluyendo recibir, pesar y registrar los residuos sólidos; nivelar y compactar los residuos sólidos todos los días; cubrir los residuos con material todos los días; monitorear los parámetros especificados de calidad del aire, suelo, ruido y agua superficial o subterránea; y mantener pozos de monitoreo, drenes de lixiviados y chimeneas para control y evacuación de gases.

Las reglas de la Ley establecen los siguientes criterios para la elección de la ubicación de los rellenos sanitarios: la compatibilidad del suelo con los planes de crecimiento urbano, así como la mitigación y evitación de consecuencias. También es necesario tomar en cuenta elementos físicos como la hidrografía, la geología y la geomorfología. Además, en el lugar elegido debe existir suficiente material para servir de cobertura, siendo los materiales arenosos y arcillosos los ideales. Asimismo, se debe procurar la conservación del patrimonio forestal y de la fauna silvestre del país, los sitios naturales bajo protección estatal y el legado cultural. Hay que tener en cuenta factores como la susceptibilidad de la región a catástrofes naturales, las distancias a fincas y pueblos, entre otros. Las distancias entre estos deben ser mayores a 500 metros. La integridad y estabilidad del futuro relleno sanitario debe estar asegurada por la ubicación ideal que surja de las evaluaciones adecuadas para cada opción.

Podemos empezar por definir los residuos sólidos para complementar las ideas de los vertederos higiénicos. Los residuos sólidos están definidos por el Decreto

Legislativo N° 1278 como un elemento que resulta del uso o consumo de un bien, proceso o servicio y que debe ser gestionado ambientalmente hasta su disposición final. En general, pueden dividirse en las siguientes categorías en función de su origen: basura de construcción, desechos hospitalarios o de centros de salud, desechos industriales, basura doméstica, etc. En segundo lugar, por su naturaleza, se engloban dentro de la categoría de residuos orgánicos, denominados así por su origen biológico. Pueden reciclarse en compost u otros fertilizantes y desprender gases durante su descomposición, entre ellos dióxido de carbono y metano. También tenemos la basura inorgánica, denominada así porque procede de la industria o de los minerales. El reciclaje permite la reutilización de esta basura. Por último, en función de su gestión, se clasifican como residuos sólidos urbanos, denominados así porque incluyen la basura procedente de los hogares, del barrido y limpieza de zonas públicas y otras actividades que producen residuos que pueden ser recogidos por los servicios públicos de limpieza de su competencia. Adicionalmente, existen los residuos sólidos no municipales, que reciben su nombre por las acciones de procesos y servicios. Existen dos tipos de residuos: peligrosos y no peligrosos. En la Figura 02, se muestra la categorización:

Figura 2 Tipos de Residuos Sólidos.



Fuente: Decreto Legislativo N° 1278.

2.3.15 ANÁLISIS DE CRITERIO MÚLTIPLE:

Es un método de modelización de procesos de decisión en el que intervienen los siguientes elementos: una decisión que debe tomarse, acontecimientos desconocidos que pueden afectar al resultado o resultados, posibles líneas de actuación y el resultado o resultados.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN:

El proyecto se realizará en la Cuenca de la Quebrada Bocapan.

3.1.1 UBICACIÓN GEOPOLÍTICA:

Comprende el siguiente ámbito político:

Tabla 1 Ubicación política de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.

REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITOS
TUMBES	CONTRALMIRANTE	ZORRITOS (35%)
	VILLAR	CASITAS (75%)

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2024)

3.1.2 UBICACIÓN GEODÉSICA:

Comprende el siguiente ámbito geodésico:

Tabla 2 Ubicación Geodésica de la Zona de Estudio.

ESTE (X)(M)	NORTE (Y)(M)	DATUM	PENDIENTE PROMEDIO
529343.00	9589858.00	WGS_1984_UTM_Zone_17S	10°
549565.00	9587331.00		
553694.00	9555233.00		
539791.00	9538013.00		

- Ministerio del Ambiente (MINAM). Los archivos están en formato shapefile (SHP).
- Fuente: <https://www.geogpsperu.com/2017/11/uso-actual-de-tierras-zee-minam.html>
- 5) Los datos de los límites regionales, departamentales, provinciales y distritales de la región Tumbes se obtuvieron a través del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Los archivos están en formato shapefile (SHP).
- Fuente: <https://www.geogpsperu.com/2014/03/base-de-datos-peru-shapefile-shp-minam.html>
- 6) Los datos de centros poblados de la región Tumbes, se obtuvieron a través del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Los archivos están en formato shapefile (SHP).
- Fuente: <https://www.geogpsperu.com/2017/08/descarga-gratis-centros-poblados-censo.html>
- 7) Los datos de instituciones educativas de la región Tumbes, se obtuvieron a través del Ministerio de Educación (MINEDU). Los archivos están en formato shapefile (SHP).
- Fuente: <https://www.geogpsperu.com/2018/02/instituciones-educativas-minedu.html>
- 8) Los datos de red vial de la región Tumbes, se obtuvieron a través del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), Los archivos están en formato shapefile (SHP).
- Fuente: <https://www.geogpsperu.com/2015/09/mtc-red-vial-departamental-descarga.html>
- 9) Los datos de los centros de salud de la región Tumbes, se obtuvieron a través del Ministerio de Salud del Perú (MINSA), Los archivos están en formato shapefile (SHP).
- Fuente: <https://www.geogpsperu.com/2017/09/establecimientos-de-salud-eess.html>
- 10) Los datos de los sitios arqueológicos de la región Tumbes, se obtuvieron a través del Ministerio de Cultura (MC), Los archivos están en formato shapefile (SHP).

- Fuente: <https://www.geogpsperu.com/2015/06/mapa-de-sitos-arqueologicos-de-peru.html>

11) Los datos de las cuencas hidrográficas de la región Tumbes, se obtuvieron a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Los archivos están en formato shapefile (SHP).

- Fuente: https://www.geogpsperu.com/2014/02/descargar-cuencas-hidrograficas-del.html#google_vignette

3.3 EQUIPOS:

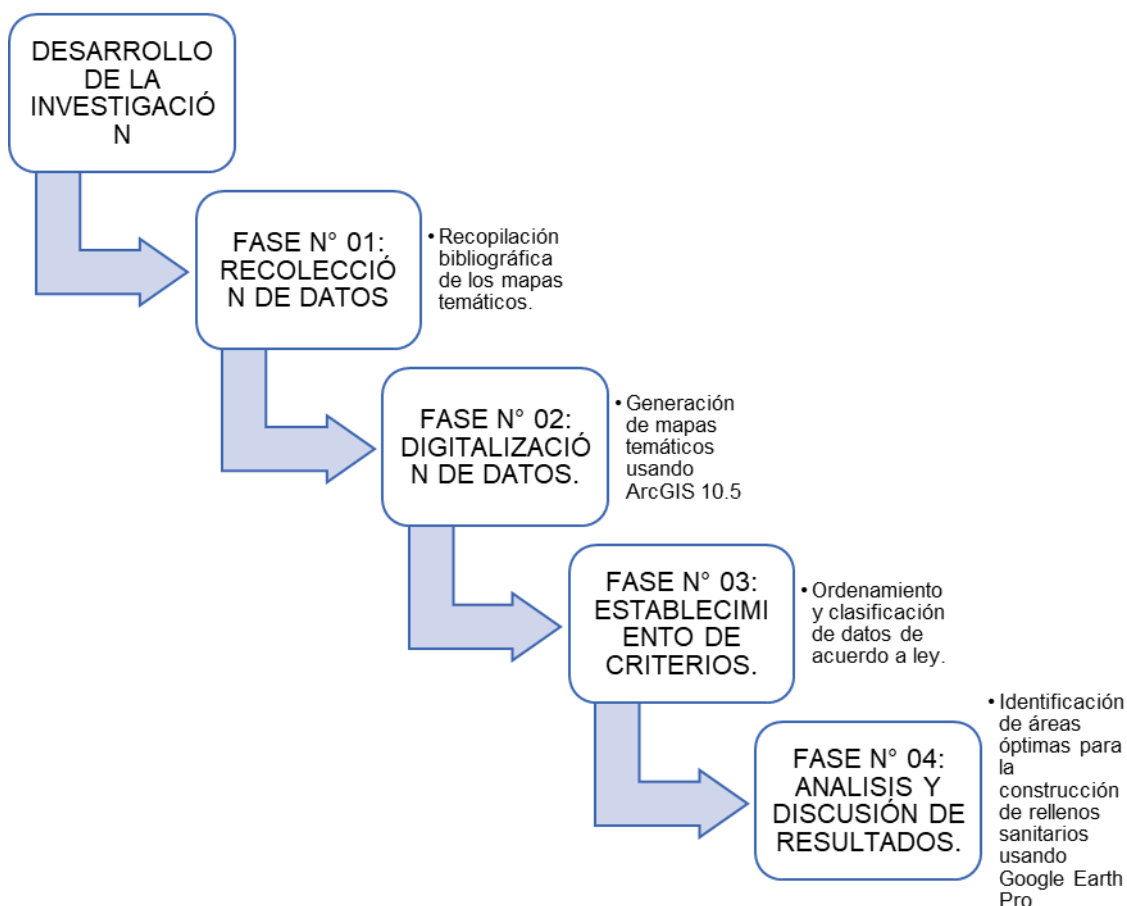
- 1) GPS Garmin E20.
- 2) Disco externo 2 TB.
- 3) Smartphone.
- 4) Laptop Lenovo Legión 5l.
- 5) Impresora.

3.4 SOFTWARE:

- 1) ArcGIS 10.5.
- 2) Google Earth Pro.
- 3) Paquete de Office.

3.5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO:

Figura 4 Diagrama de Flujo del Desarrollo de la Investigación.



3.5.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA:

Durante la etapa inicial, se llevó a cabo la recopilación de información en la zona de investigación, la cual es fundamental para la creación de los mapas necesarios para la obtención del mapa de zonas óptimas para relleno sanitario.

3.5.2 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:

De acuerdo con el instrumento presentado y según corresponda, se examinaron y evaluaron los resultados. También se aplicará la metodología de Análisis de Criterios Múltiples, que se define como la evaluación de múltiples soluciones potenciales para un problema dado teniendo en cuenta un número variable de criterios, en los programas ArcGIS 10.5 y Google Earth Pro. Estas herramientas se

utilizarán para la creación de mapas temáticos y su análisis, así como para la decisión final en la búsqueda de la mejor solución. Además, se considerará el uso de herramientas de evaluación en el lugar de trabajo y en el campo.

3.5.3 CRÍTERIOS DEL DECRETO LEGISLATIVO N° 1278:

Los factores enumerados en las Tablas 3, 4 y 5 fueron tomados en consideración durante la aplicación de los criterios de evaluación establecidos en la legislación peruana para la selección de sitios potenciales de rellenos sanitarios.

Tabla 3 Características Físicas Del Terreno.

CRÍTERIOS DEL TERRENO	
Fallas Geológicas	Distancia \geq 1000 m.
Geología	Estratos que contenga gravas, arenas y arcillas.
Hidrografía	Distancia \geq 1000 m.
Vulnerabilidad Física	Baja – Muy Baja.
Pendiente	Mayor a 3° y menor a 10°

Tabla 4 Características Biológicas Del Terreno.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL TERRENO	
Cobertura vegetal	Zonas con poca pendiente, con suelos no muy húmedos, no vulnerables y con poca vegetación.
Zona de vida	Áreas no muy húmedas tropicales.

Tabla 5 Características Socioeconómicas Del Terreno.

CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DEL TERRENO	
Uso del suelo	Áreas cuya clasificación sean a, c o p.
Áreas naturales protegidas	Distancia \geq 1000 m.
Centros poblados	Distancia \geq 500 m.
Vías de acceso	Distancia \leq 1000 m.
Instituciones educativas	Distancia \geq 500 m.
Centros de salud	Distancia \geq 1000 m.
Sitios arqueológicos	Distancia \geq 1000 m.

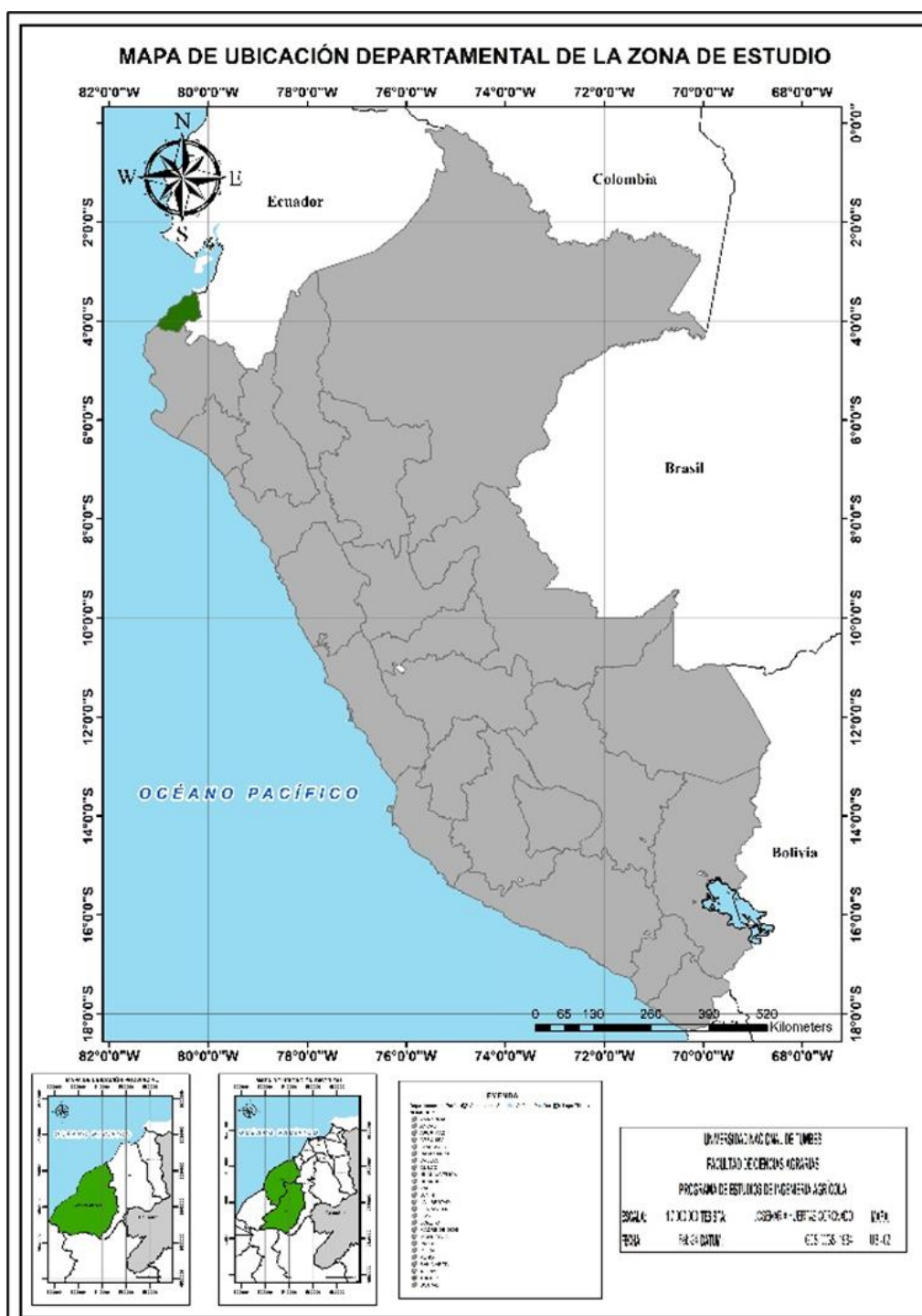
3.5.4 CONFORMACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS:

El diagrama de flujo indica que la primera fase del proyecto comenzó con la recopilación de datos:

3.5.4.1 MAPA DE UBICACIÓN:

En este mapa se muestra la ubicación de la Cuenca de la Quebrada Bocapan. Como lo muestra en la Figura 05.

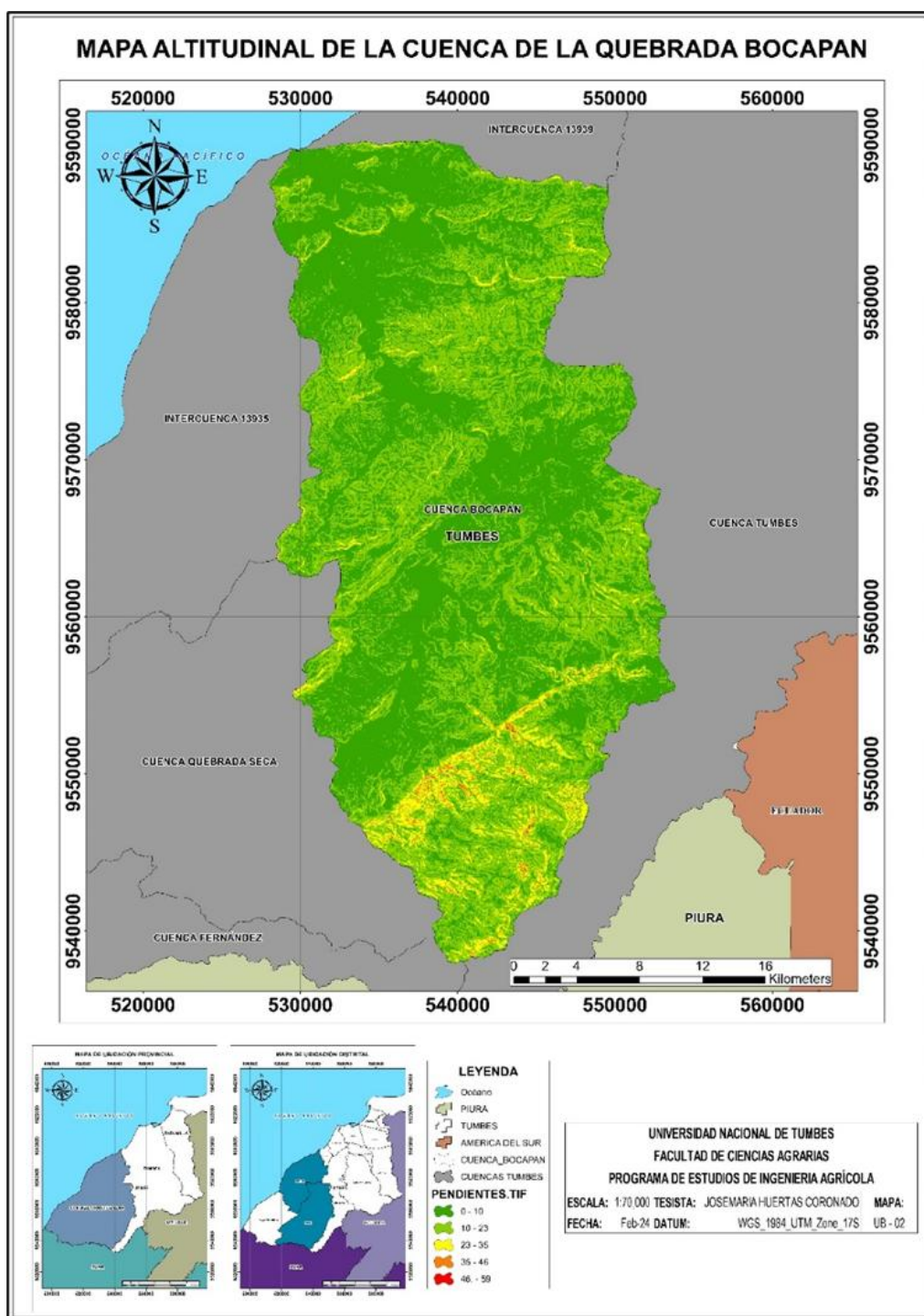
Figura 5 Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio en el Perú.



3.5.4.2 MAPA ALTITUDINAL:

Como se observa en la Figura 06, la altura de la Cuenca de la Quebrada de Bocapán se determinó mediante el análisis de fotografías satelitales RASTER DEM (DIGITAL ELEVATION MODEL), las cuales proporcionan una representación tridimensional de la topografía.

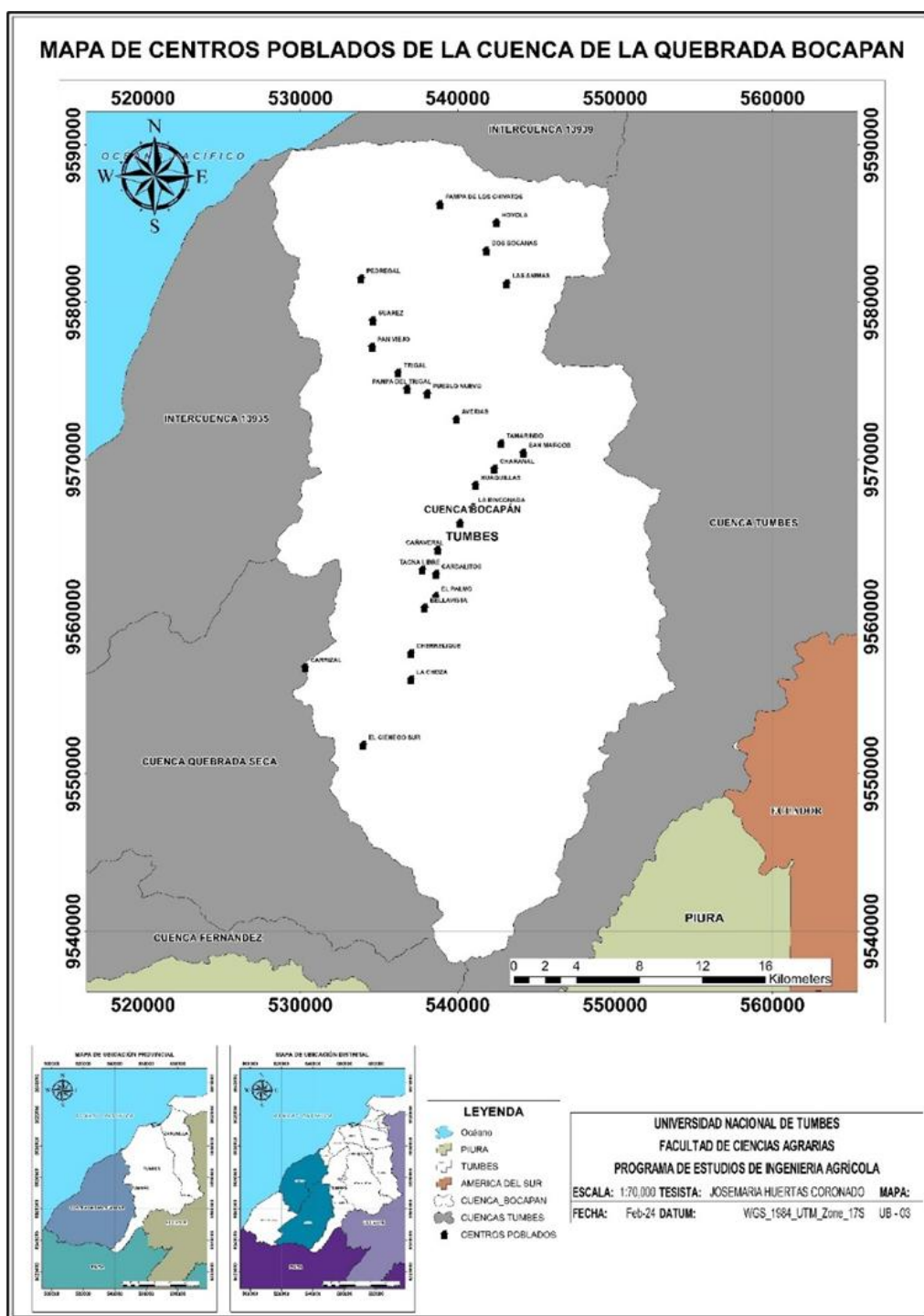
Figura 6 Mapa Altitudinal de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.



3.5.4.3 MAPA DE CENTROS POBLADOS:

Este mapa muestra los Centros Poblados de la Cuenca de la Quebrada Bocapan, ubicado en los distritos de Casitas y Zorritos, como indica la Figura 07.

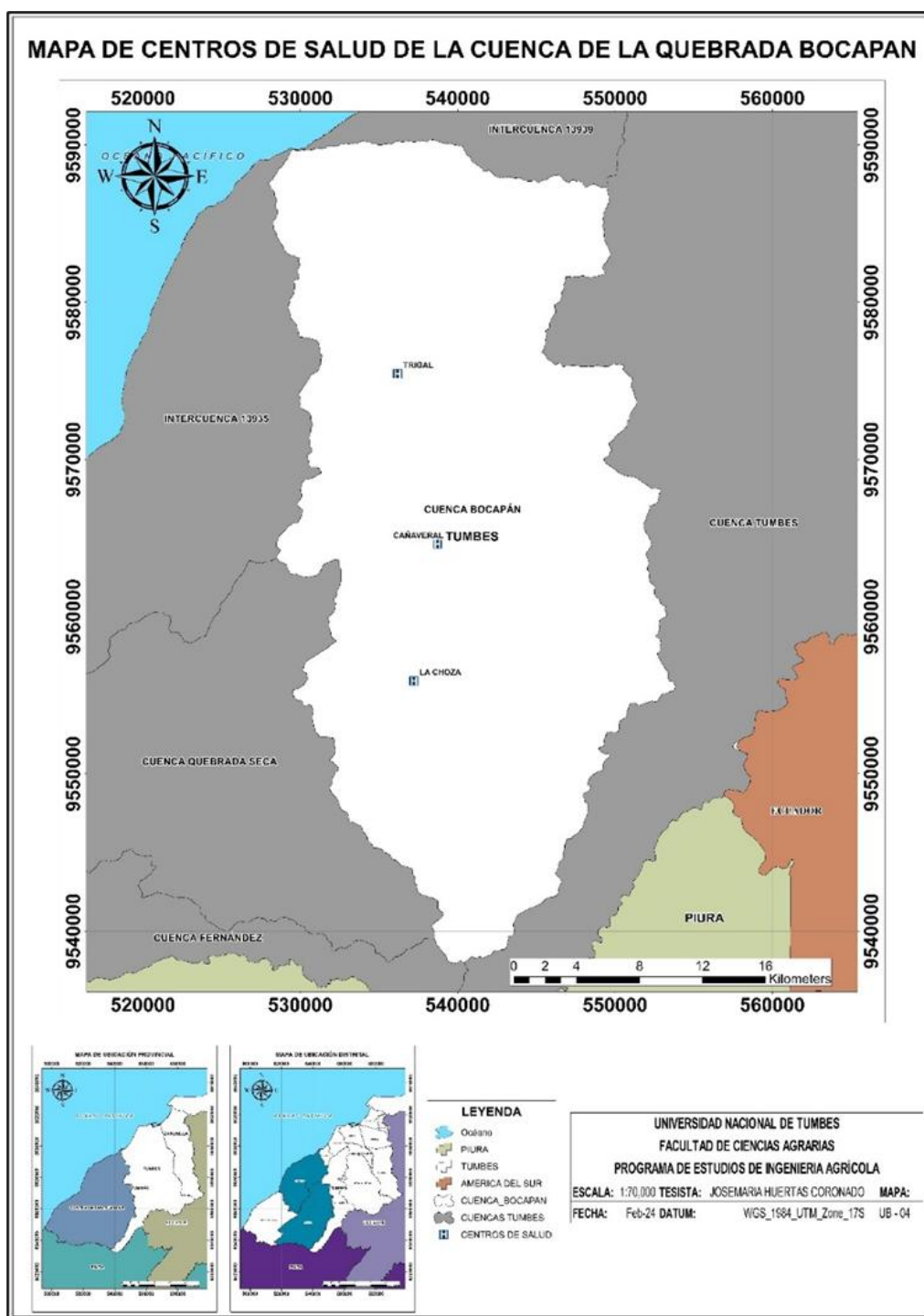
Figura 7 Mapa de Centros Poblados de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.



3.5.4.4 MAPA DE CENTROS DE SALUD:

Este mapa muestra los centros de salud de la Cuenca de la Quebrada Bocapan, ubicado en los distritos de Casitas y Zorritos, como indica la Figura 08.

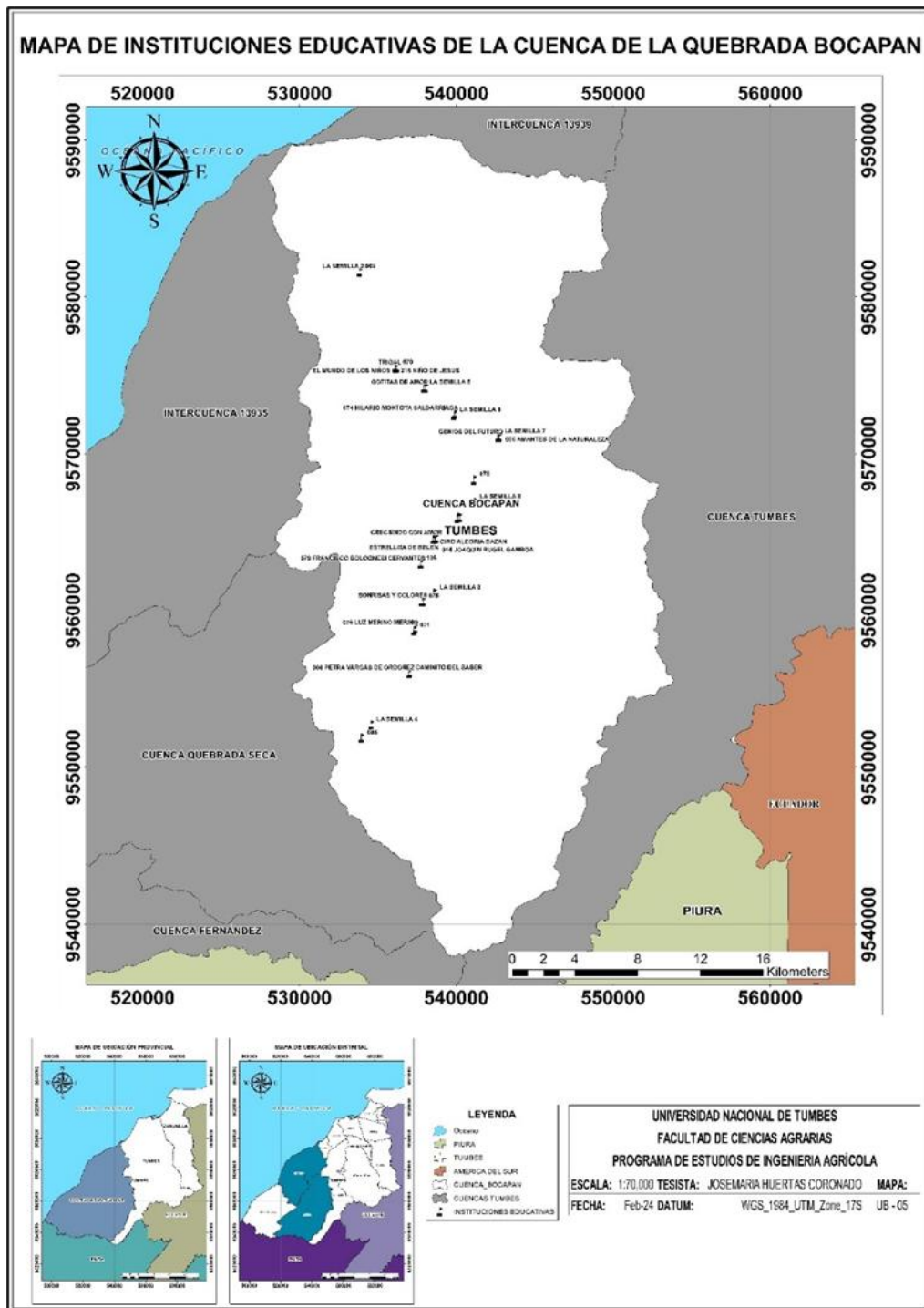
Figura 8 Mapa de Centros de Salud de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.



3.5.4.5 MAPA DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS:

Este mapa muestra las instituciones educativas de la Cuenca de la Quebrada Bocapan, ubicado en los distritos de Casitas y Zorritos, como indica la Figura 09.

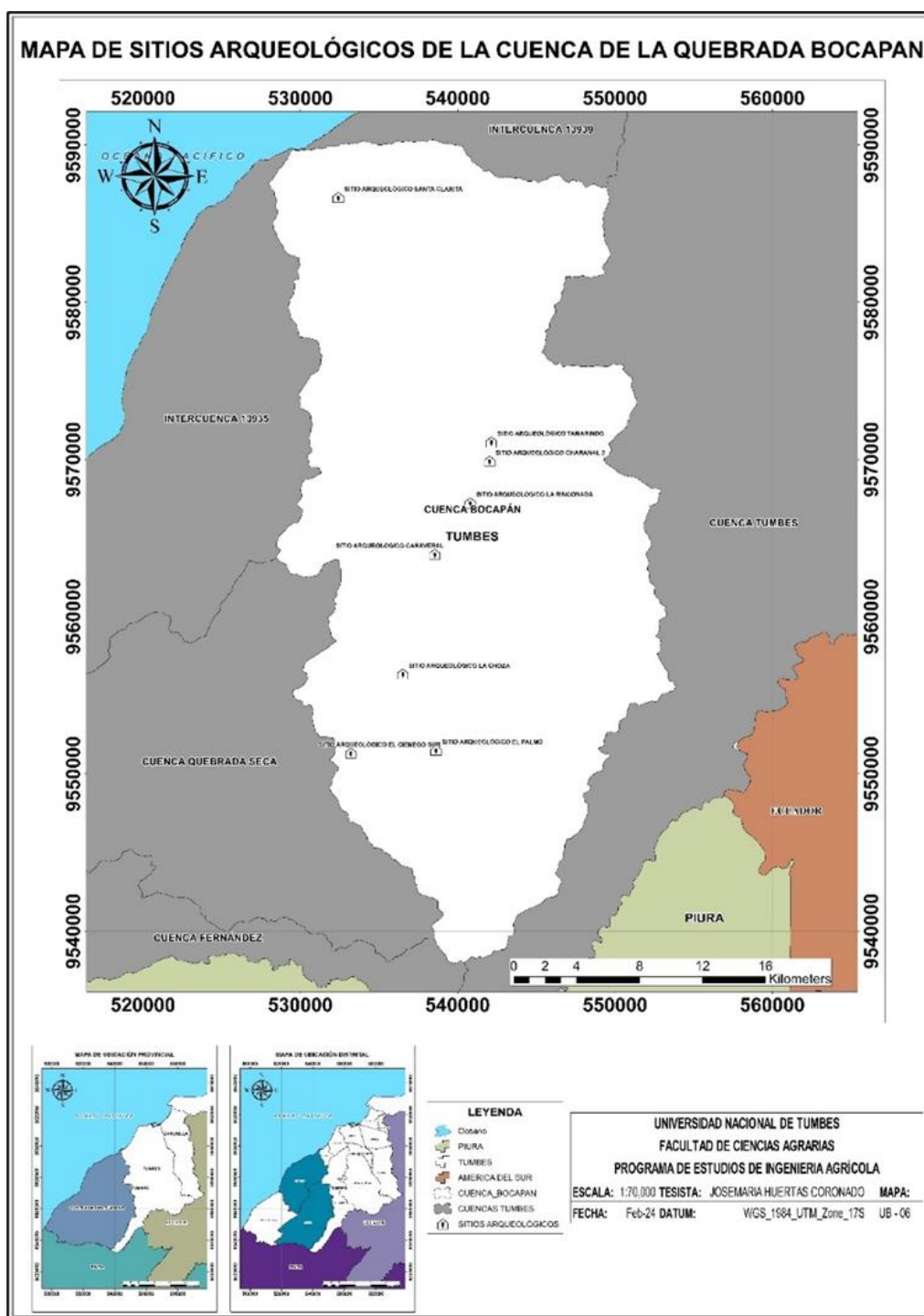
Figura 9 Mapa de Instituciones Educativas de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.



3.5.4.6 MAPA DE SITIOS ARQUEOLÓGICOS:

Este mapa muestra los sitios arqueológicos de la Cuenca de la Quebrada Bocapan, ubicado en los distritos de Casitas y Zorritos, como indica la Figura 10.

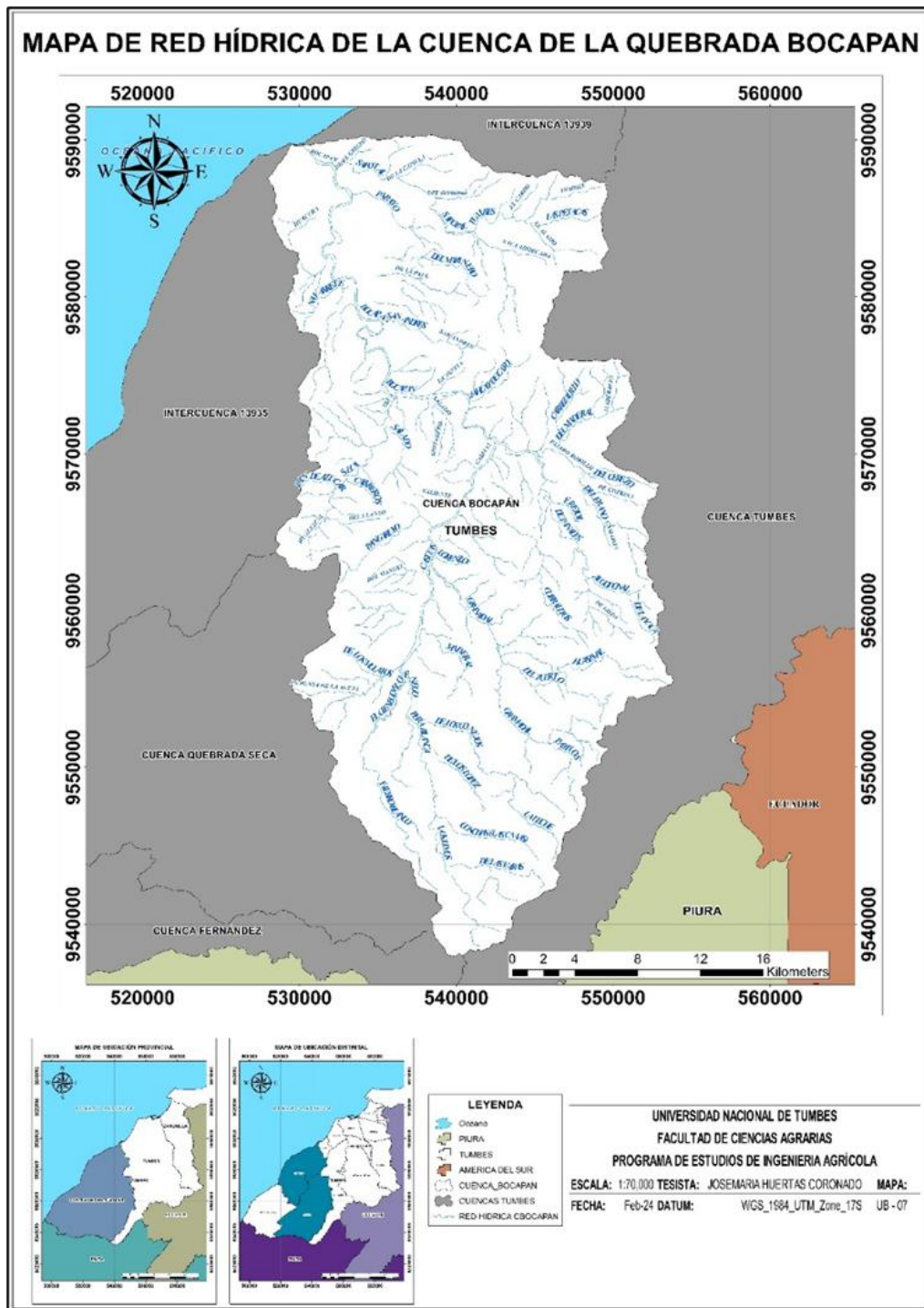
Figura 10 Mapa de Sitios Arqueológicos de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.



3.5.4.7 MAPA DE RED HÍDRICA:

Este mapa muestra la red hídrica de la Cuenca de la Quebrada Bocapan ubicado en los distritos de Casitas y Zorritos, como indica en la Figura 11.

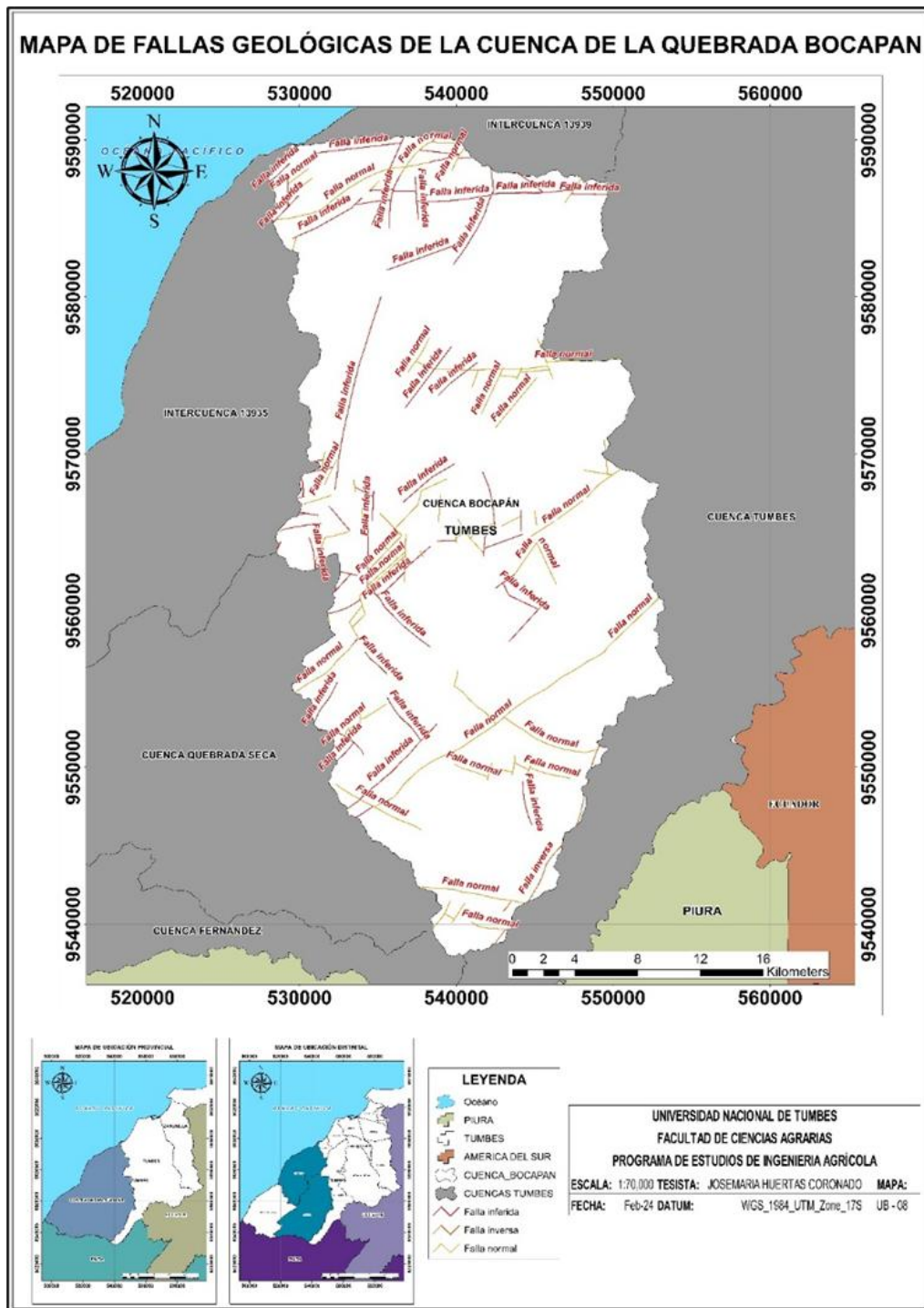
Figura 11 Mapa de Red Hídrica de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.



3.5.4.8 MAPA DE FALLAS GEOLÓGICAS:

Este mapa muestra las fallas geológicas de la Cuenca de la Quebrada Bocapan ubicado en los distritos de Casitas y Zorritos, como indica en la Figura 12.

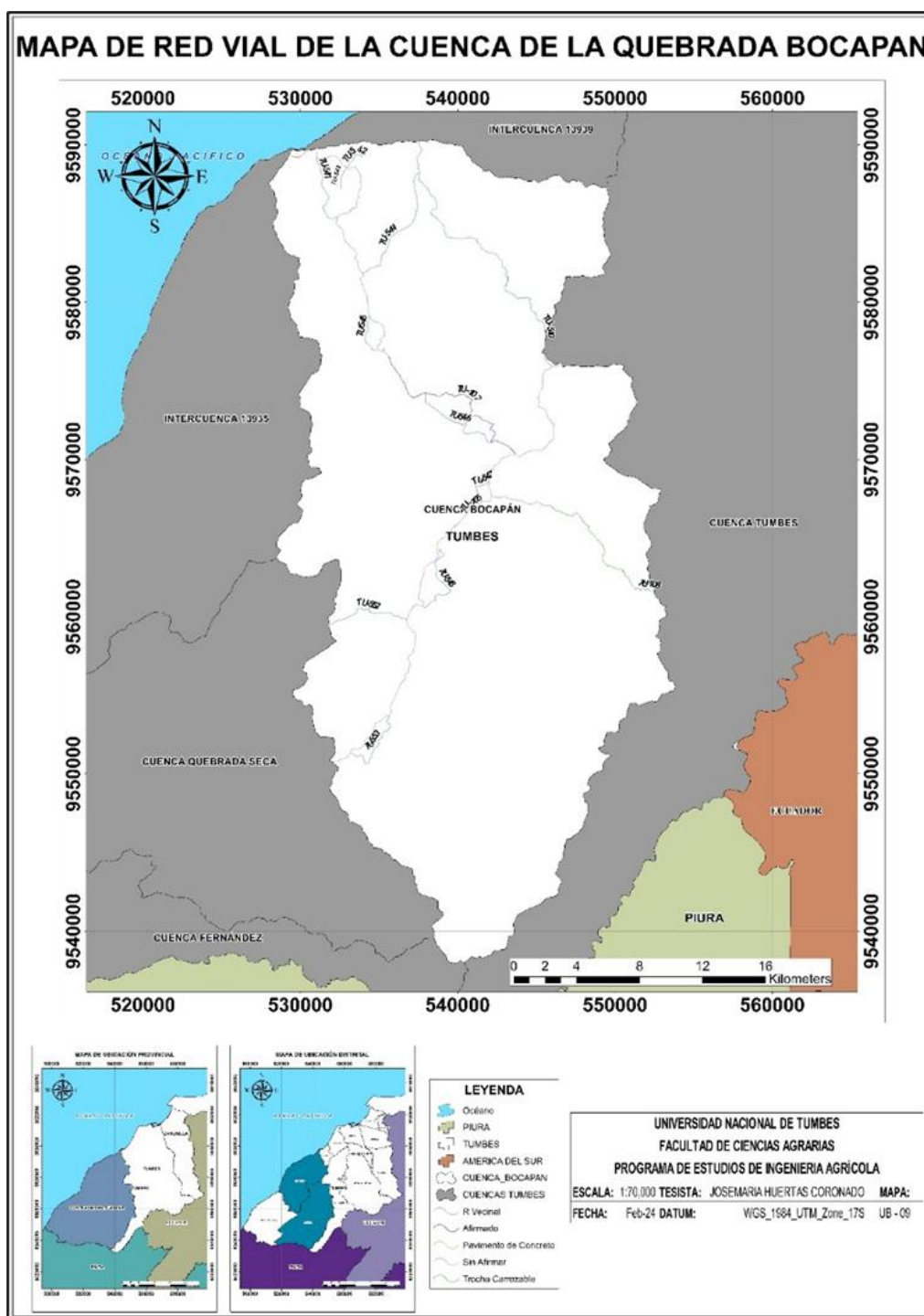
Figura 12 Mapa de Fallas Geológicas de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.



3.5.4.9 MAPA DE RED VIAL:

Este mapa muestra la red vial de la Cuenca de la Quebrada Bocapan ubicado en los distritos de Casitas y Zorritos, como indica en la Figura 13.

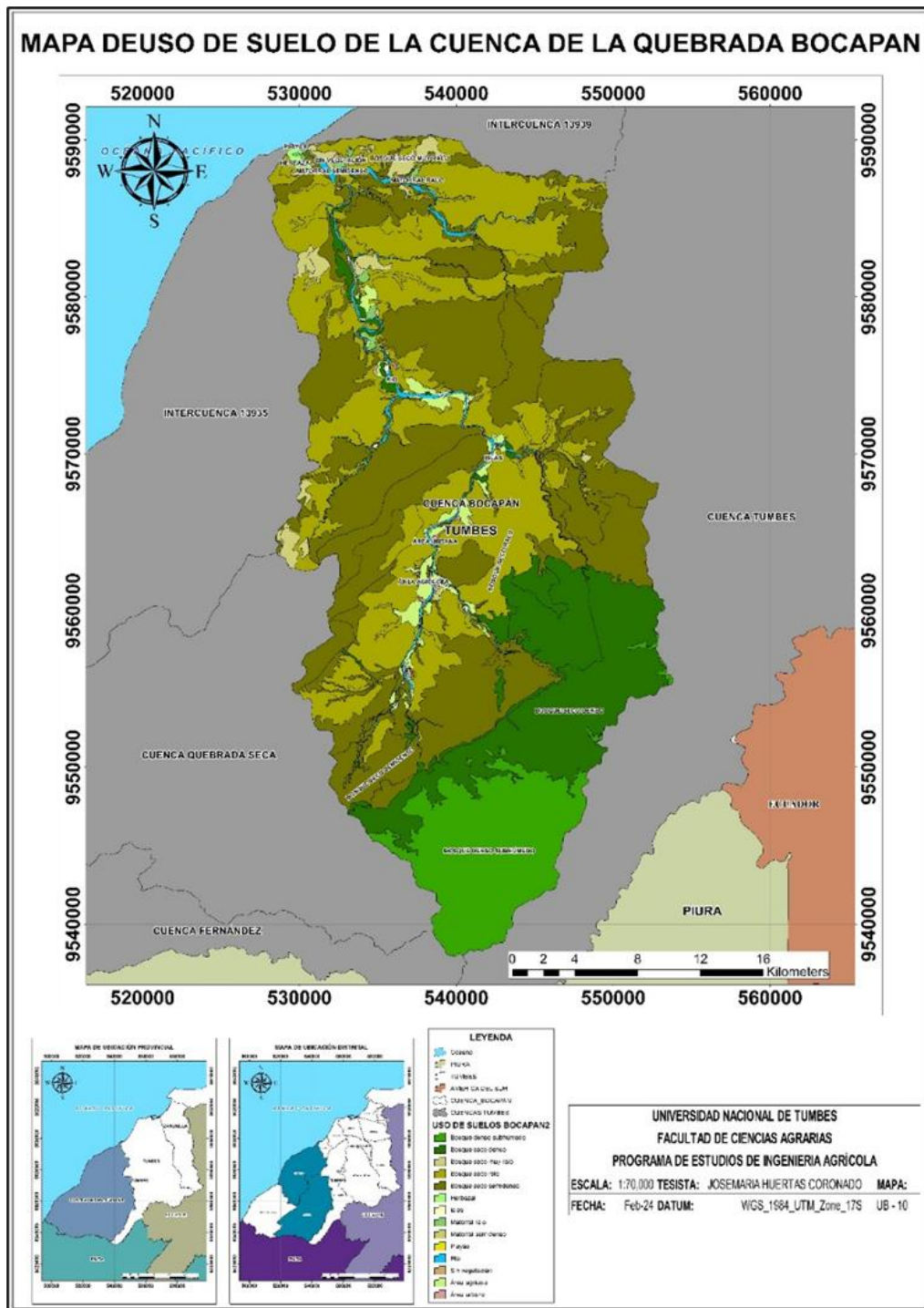
Figura 13 Mapa de Red Vial de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.



3.5.4.10 MAPA DE USO DE SUELO:

Este mapa muestra el uso de suelo de toda la Cuenca de la Quebrada Bocapan ubicado en los distritos de Casitas y Zorritos, como indica en la Figura 14.

Figura 14 Mapa de Uso de Suelo de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.



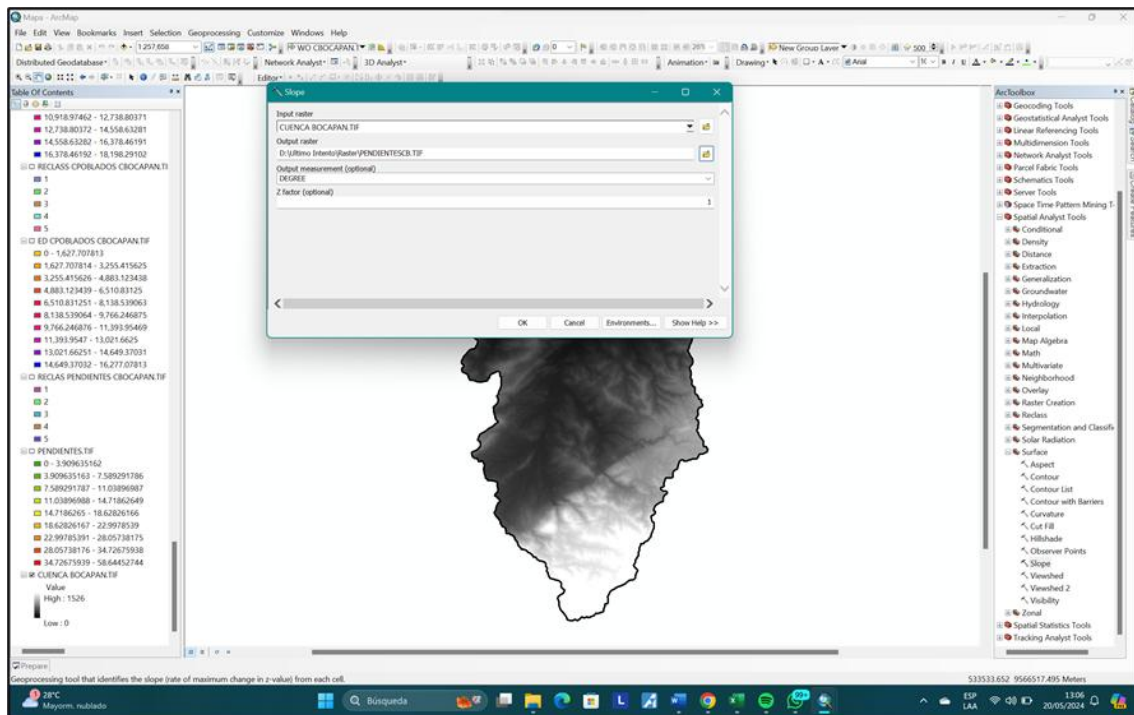
Una vez adquiridos los datos se inició la Fase N° 02, y se utilizó el software ArcGIS 10.5 para aplicar el Análisis de Criterios Múltiples. Se creó un mapa de las mejores zonas para la ubicación del relleno sanitario con base en los criterios predeterminados, estos desarrollos fueron categorizados por bloques. Para el primer bloque se consideraron los elementos que se listan en la Tabla 06.

Tabla 6 Primer Bloque de Criterios.

MAPAS GENERADOS	CRITERIOS
Mapa de pendientes	$3^\circ \geq \text{Pendiente} \leq 10^\circ$
Mapa de centros poblados	Distancia ≥ 500 m
Mapa de centros de salud	Distancia ≥ 1000 m
Mapa de instituciones educativas	Distancia ≥ 500 m
Mapa de sitios arqueológicos	Distancia ≥ 1000 m
Mapa de red hídrica	Distancia ≥ 1000 m
Mapa de fallas geológicas	Distancia ≥ 1000 m
Mapa de red vial	Distancia ≤ 1000 m
Mapa de uso de suelo	Bosque, bosque ribereño, herbazal, islas, matorral, playas, ríos, sin vegetación, área agrícola, área urbana

Dado que la necesidad inicial era convertir el mapa DEM, que nos proporciona una representación digital del paisaje junto con su altura, la conversión de ráster a pendiente se completó utilizando el siguiente comando de acuerdo con nuestros requisitos: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Surface >> Slope. Una vez ingresado este comando se insertó el mapa DEM y sus atributos fueron cambiados a DEGREE (Grados), tal como se muestra en la Figura 15.

Figura 15 Procedimiento del Mapa de Pendientes.



El resultado de este procedimiento fue de las pendientes en otra capa raster dividida en grados, para continuar con nuestros criterios, lo vamos a reclasificar, usando el comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Reclass >> Reclassify, una vez estando en el cuadro de Reclassify, colocamos la nueva imagen Raster de pendientes, a continuación, haremos dos comandos adicionales que dará mejor precisión al resultado:

- 1) Primer comando: Reclassify >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent (En Extent colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) como muestra la Figura 16.
- 2) Segundo comando: Reclassify >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask (En Mask colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) Como muestra la Figura 17.

Una vez colocado los comandos previos continuamos con la reclasificación, estando en el cuadro de Reclassify, nos dirigimos a la opción Classification >> Method (Seleccionamos la opción Defined Interval) >> Break Values (El primer valor lo reemplazamos por 10, porque es el valor óptimo de nuestro criterio) como muestra la Figura 18, una vez terminado este paso regresaremos al cuadro Reclassify y en la opción Reclassification >> New Values, están enumerados del 1

al 5, donde el valor 1 es el menos óptimo y valor 5 el más óptimo, por ende el valor de pendiente de 0° a 10° serán los más óptimos por ende el número que le corresponde es el 5, y los a enumerar descendiente, es decir de 5 a 1, como muestra la Figura 19.

Figura 16 Reclassify >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.

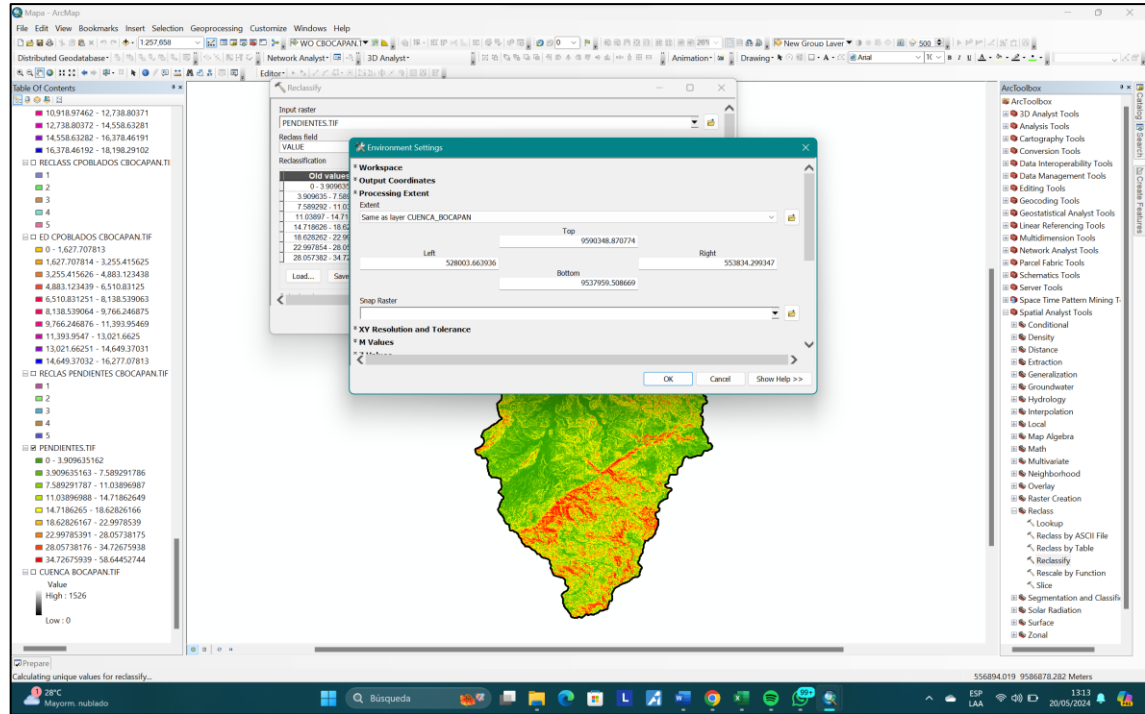


Figura 17 Reclassify >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.

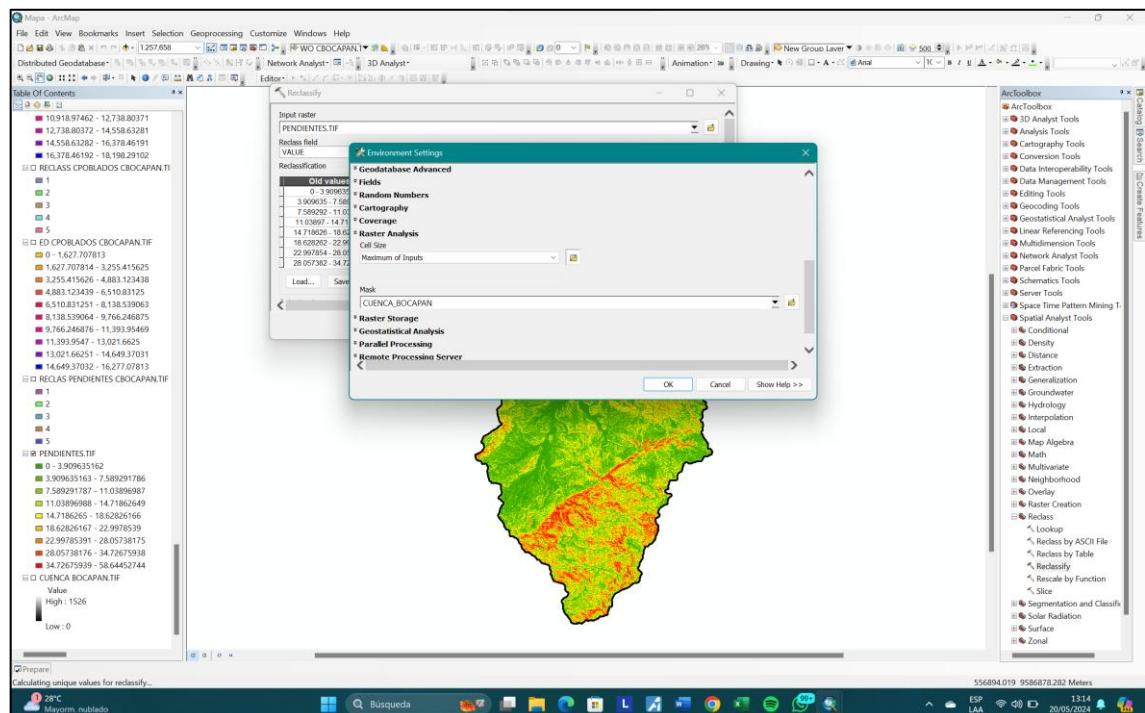


Figura 18 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values 10.

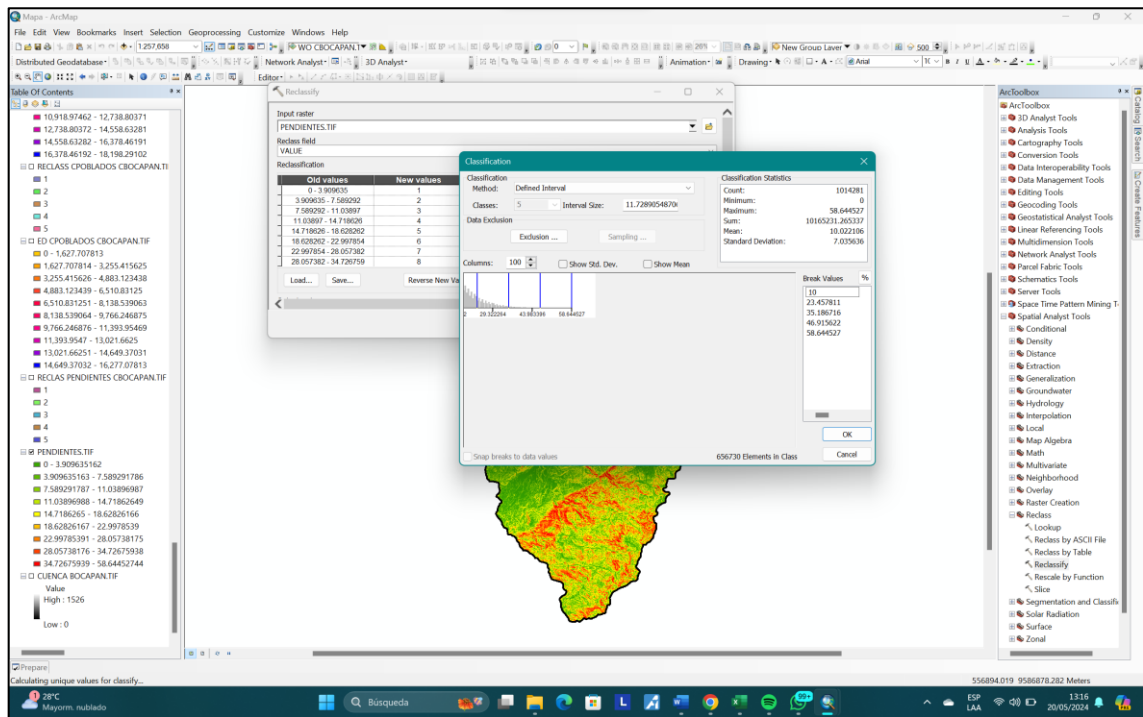
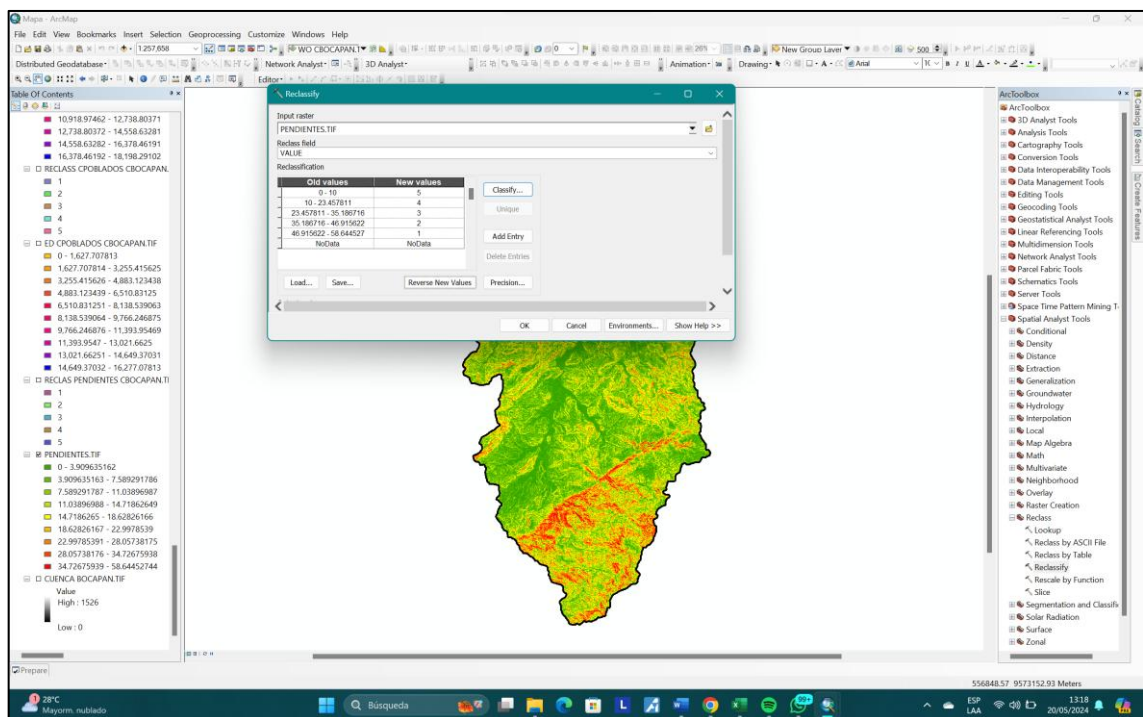
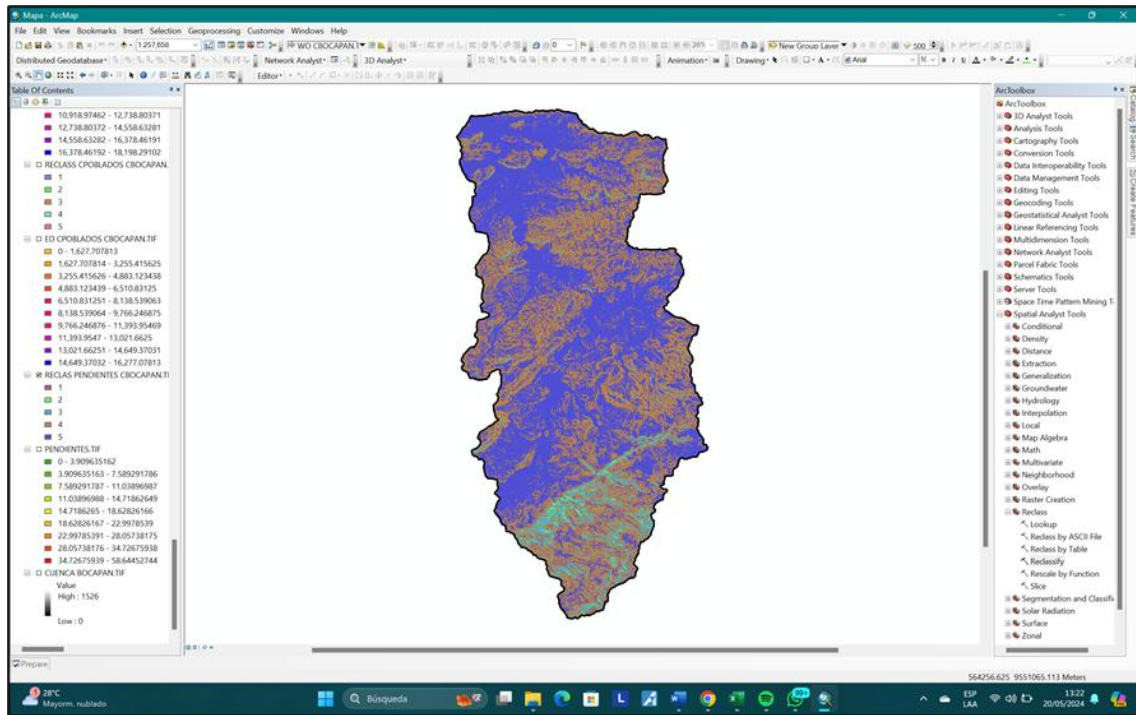


Figura 19 Reclassify >> Reclassification >> New Values.



Una vez concluido estos pasos, nos muestra los resultados de esta reclasificación, las áreas de color azul, son las indicadas para la construcción del relleno sanitario dado que son las pendientes que están entre 0° a 10° de inclinación, tal como muestra la Figura 20.

Figura 20 Raster Reclasificado de Pendientes.



El segundo criterio que se realizó esta en función de los Centros Poblados de la Cuenca de la Quebrada Bocapan, para continuar con este procedimiento debemos hallar el distanciamiento óptimo para la construcción de un relleno sanitario, para ello debemos continuar con el siguiente comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Distance >> Euclidean Distance, una vez en el cuadro de Euclidean Distance colocaremos el Shapefile de los Centros poblados, a continuación, haremos dos comandos adicionales que dará mejor precisión al resultado:

- 1) Primer comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent (En Extent colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) como muestra la Figura 21.
- 2) Segundo comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask (En Mask colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) Como muestra la Figura 22.

Una vez colocado los comandos previos continuamos con la reclasificación, estando en el cuadro de Euclidean Distance nos dirigimos a la opción Output Cell Size (Esta opción nos permite dar un tamaño a la celda), a la celda le damos un tamaño de 12.5 como muestra la Figura 23, esto permitirá una mejor resolución a los resultados, como lo muestra la Figura 24.

Figura 21 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.

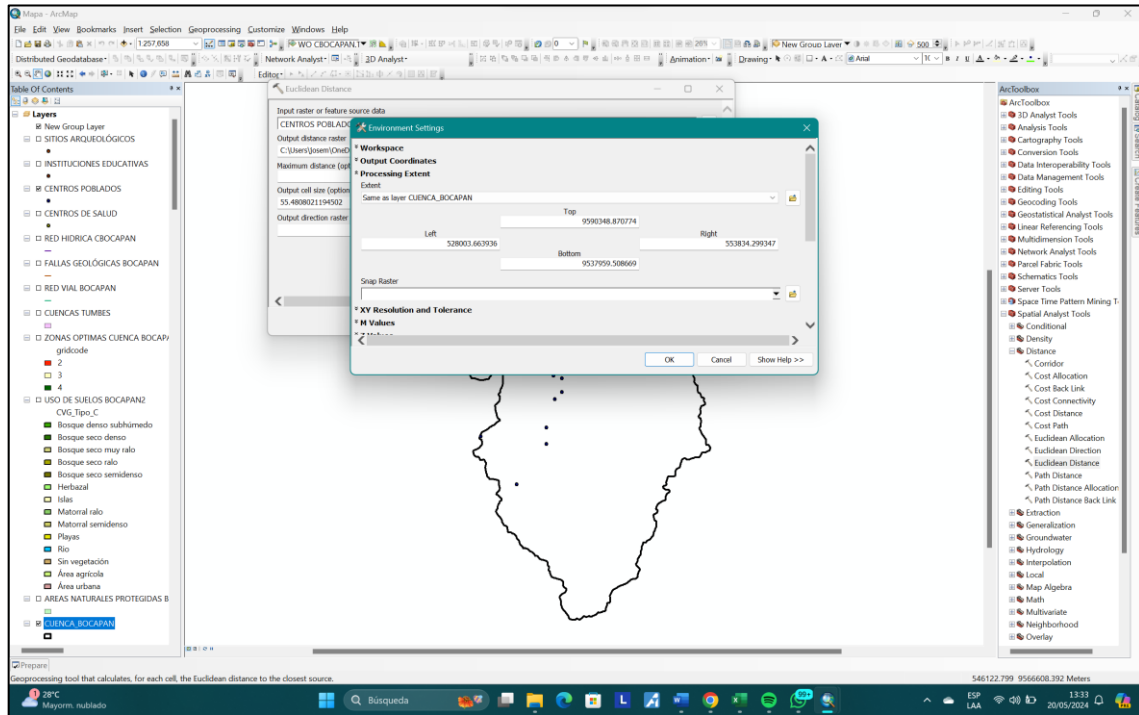


Figura 22 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.

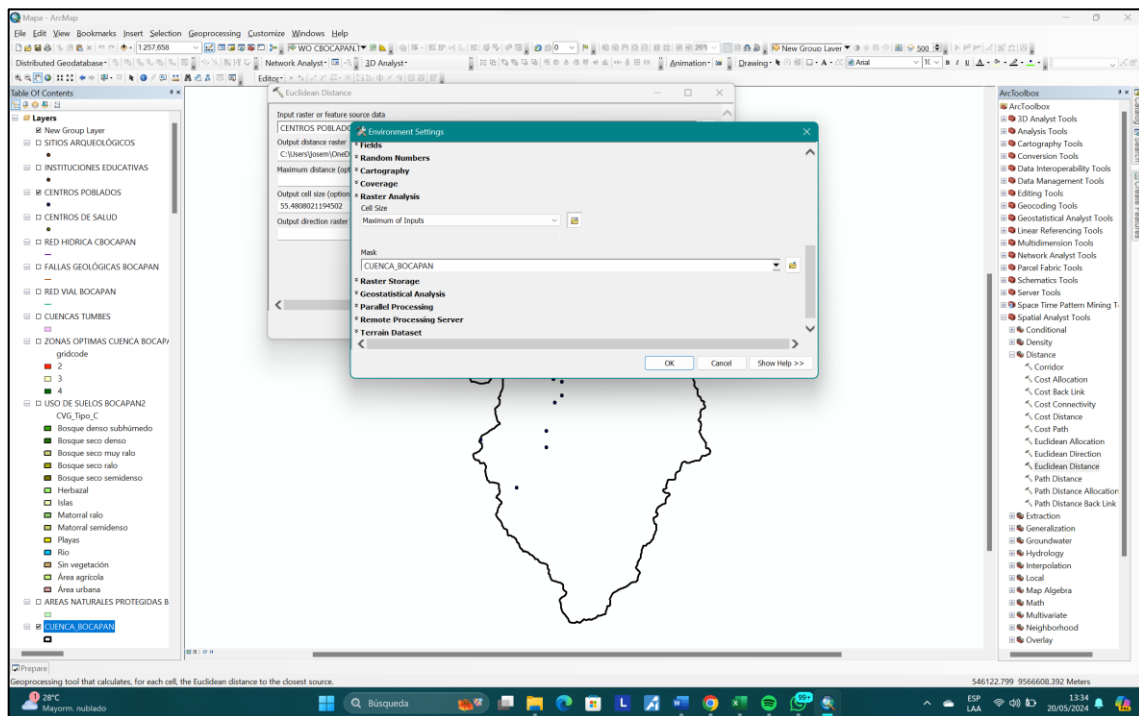


Figura 23 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.

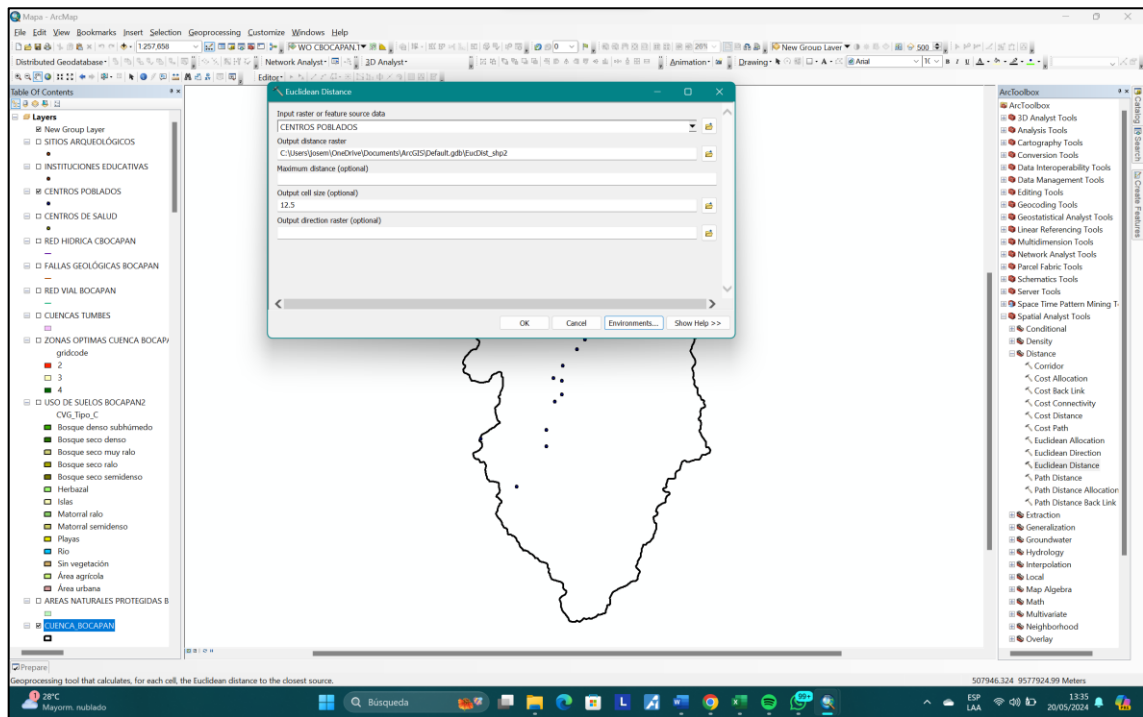
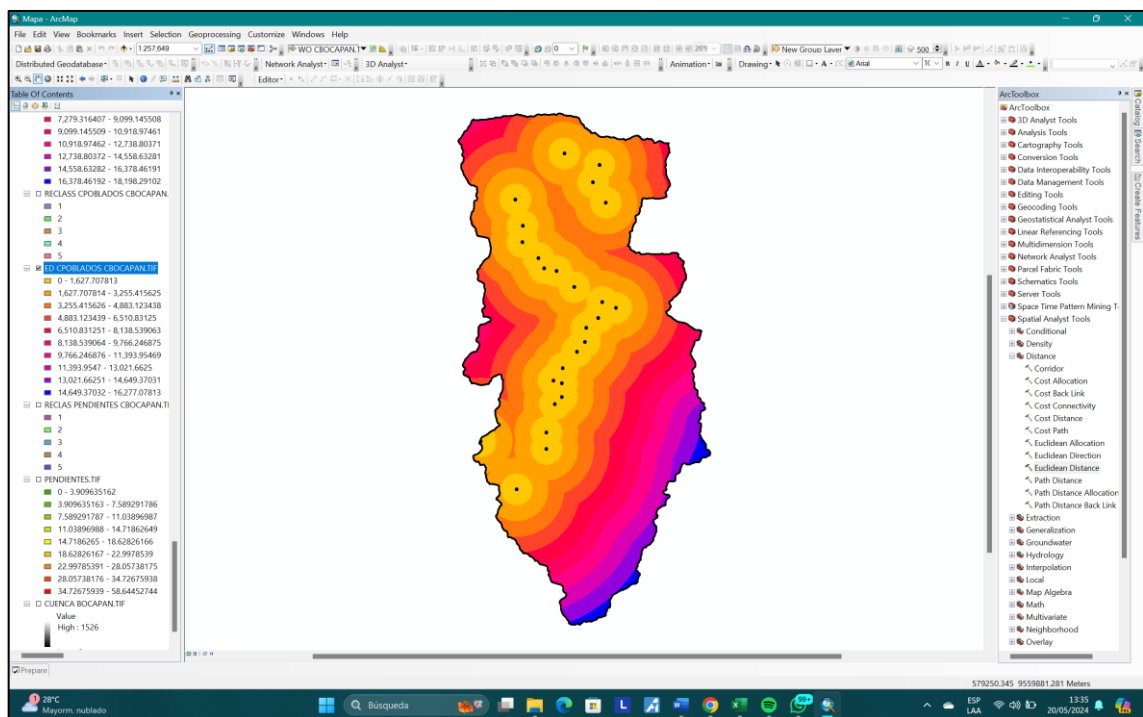


Figura 24 Euclidean Distance >> Resultados.



El resultado fue otra capa que muestra el distanciamiento que hay entre los centros poblados, que va desde los 1.6 km como se demuestra en el color amarillo, hasta los 16.27 km como se muestra en el color azul, para continuar con el criterio establecido debemos darle una reclasificación, para esto usaremos el siguiente

comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Reclass >> Reclassify, una vez estando en el cuadro de Reclassify, colocamos la nueva imagen Raster de Euclidean Distance, nos dirigimos a la opción Classification >> Method (Seleccionamos la opción Equal Interval) >> Break Values (El primer valor lo reemplazamos por 500, porque es el valor mínimo de distancia que debe estar la zona de relleno sanitario) y lo dividimos en 5 clases como muestra la Figura 25, una vez terminado este paso regresaremos al cuadro Reclassify y en la opción Reclassification >> New Values, están enumerados del 1 al 5, donde el valor 1 es el menos óptimo y valor 5 el más óptimo, por ende el valor de distancia de 0 a 500 será los menos óptimos por ende el número que le corresponde es el 1, y los vamos a enumerar de manera ascendente, es decir de 1 a 5, dado que las distancias mayores a 500 serán las más óptimas como muestra la Figura 26.

Figura 25 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.

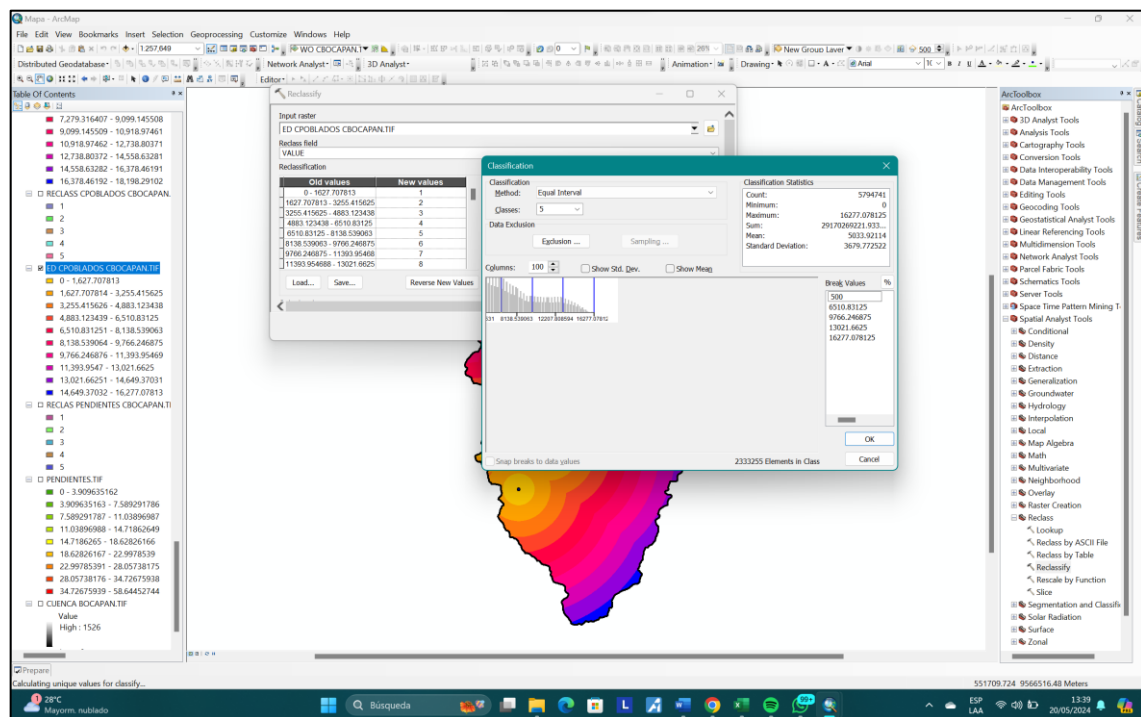
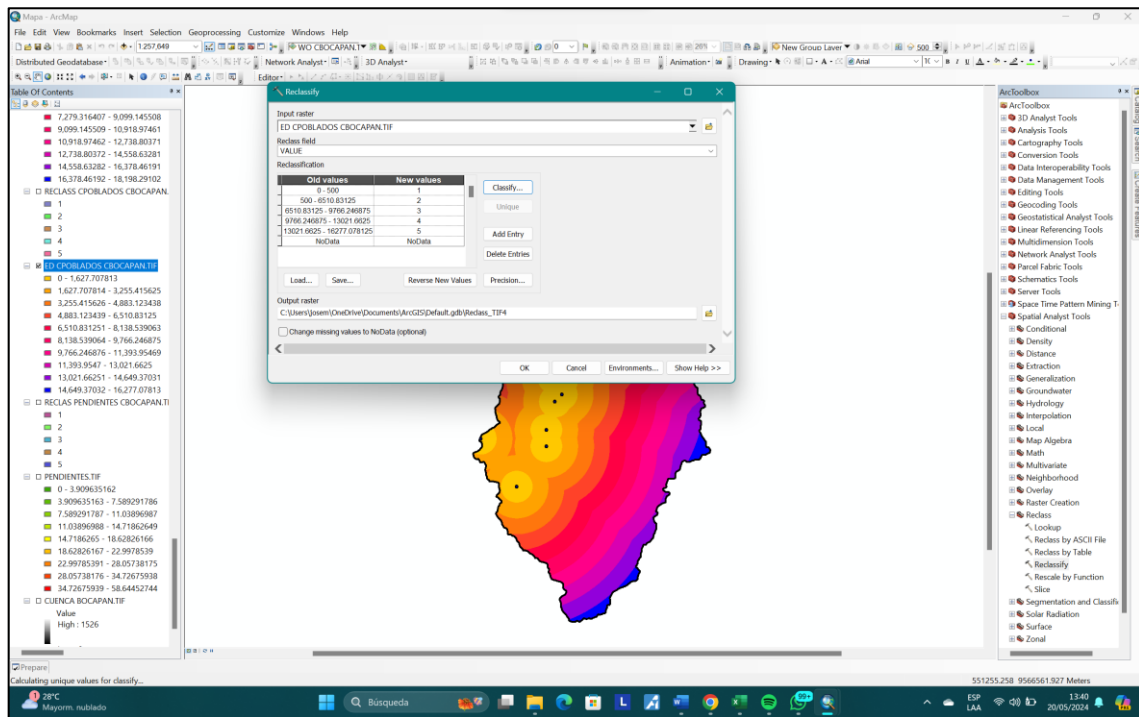
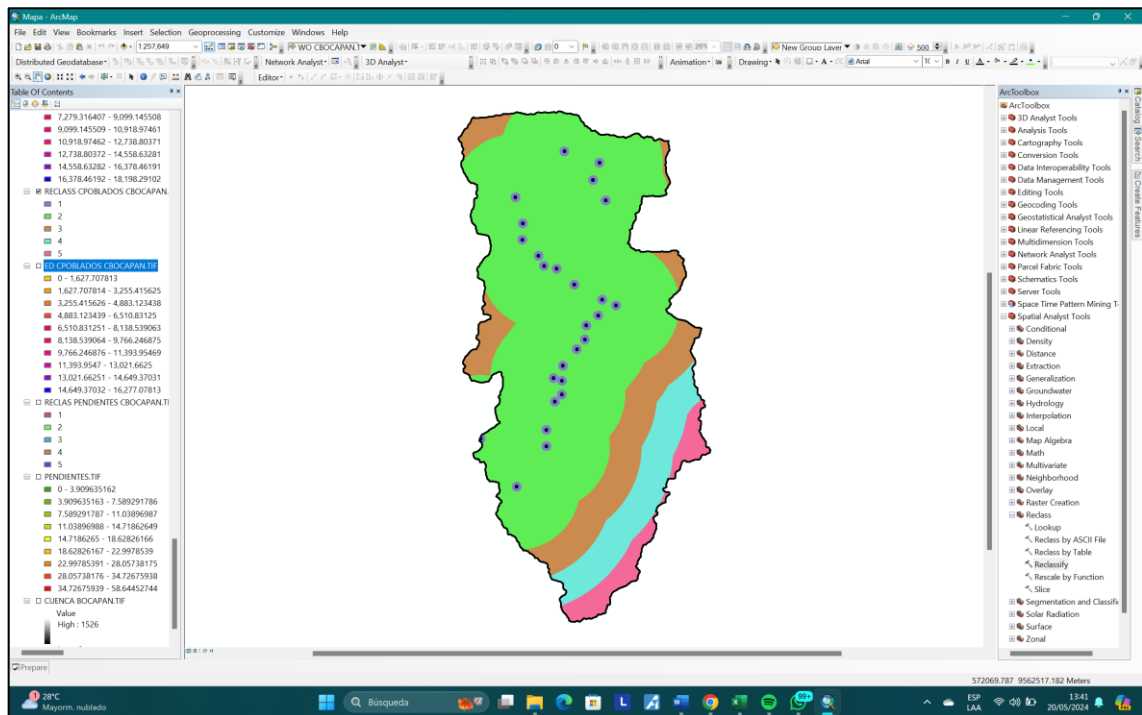


Figura 26 Reclassify >> Reclassification >> New Values.



El resultado de este paso se mostró el distanciamiento óptimo que debe estar el ubicado el relleno sanitario donde el color morado representado por el valor 1 es el menos óptimo, y los demás colores, tanto como el verde representado por el valor 2, el color marrón representado por el valor 3, el color celeste representado por el valor 4 y el color rosa representado por el valor 5 son los más óptimos, dado que están distanciados a más de 500 metros. Tal como se demuestra en la Figura 27.

Figura 27 Raster Reclasificado de Distanciamientos Óptimos de Centros Poblados.



El tercer criterio que se realizó esta en función de los Centros de Salud de la Cuenca de la Quebrada Bocapan, para continuar con este procedimiento debemos hallar el distanciamiento óptimo para la construcción de un relleno sanitario, para ello debemos continuar con el siguiente comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Distance >> Euclidean Distance, una vez en el cuadro de Euclidean Distance colocaremos el Shapefile de los Centros de Salud, a continuación, haremos dos comandos adicionales que dará mejor precisión al resultado:

- 1) Primer comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent (En Extent colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) como muestra la Figura 28.
- 2) Segundo comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask (En Mask colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) Como muestra la Figura 29.

Una vez colocado los comandos previos continuamos con la reclasificación, estando en el cuadro de Euclidean Distance dos dirigimos a la opción Output Cell Size (Esta opción nos permite dar un tamaño a la celda), a la celda le damos un tamaño de 12.5 como muestra la Figura 30, esto permitirá una mejor resolución a los resultados, como lo muestra la Figura 31.

Figura 28 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.

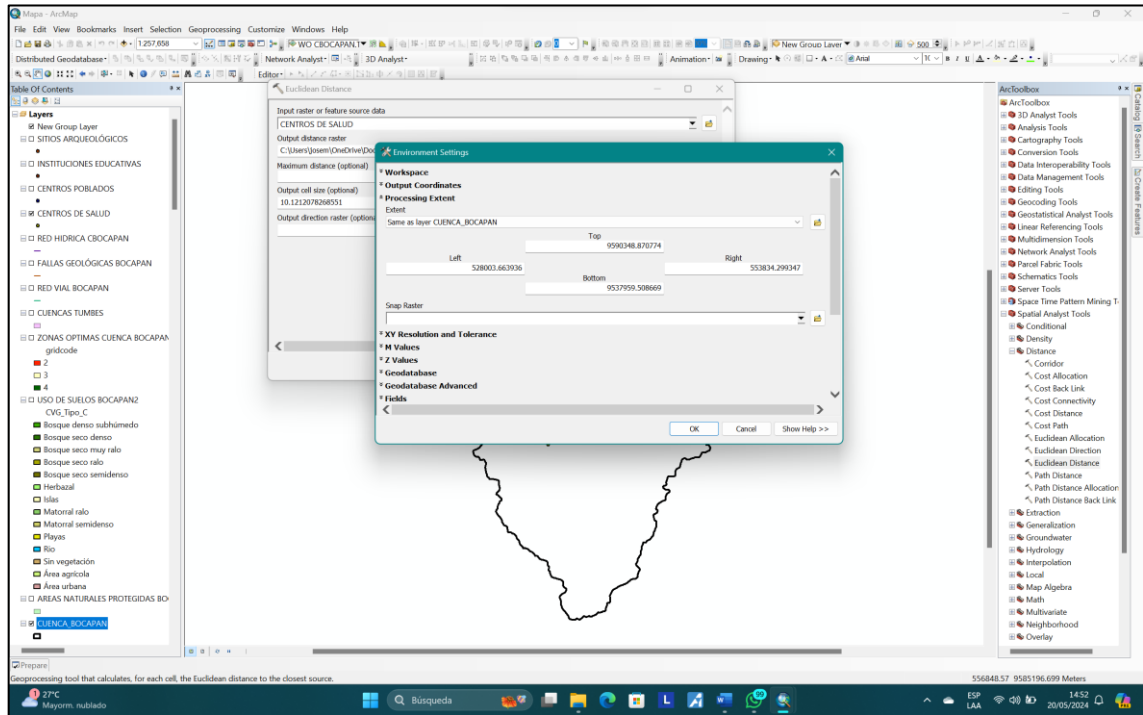


Figura 29 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.

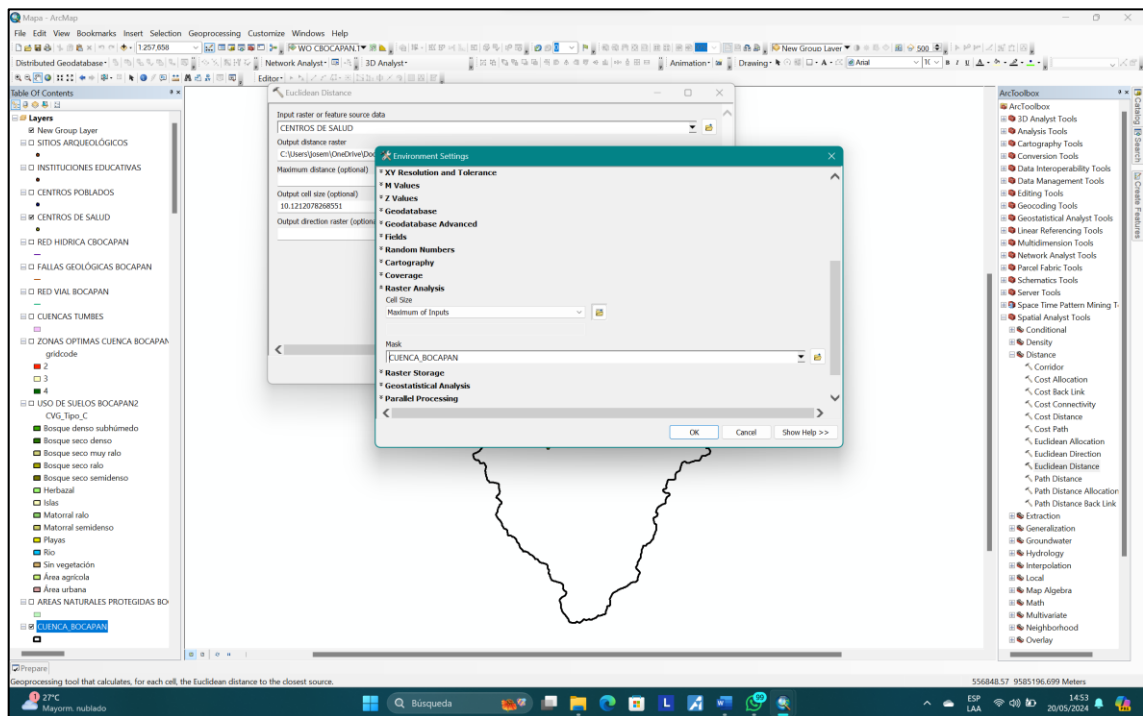


Figura 30 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.

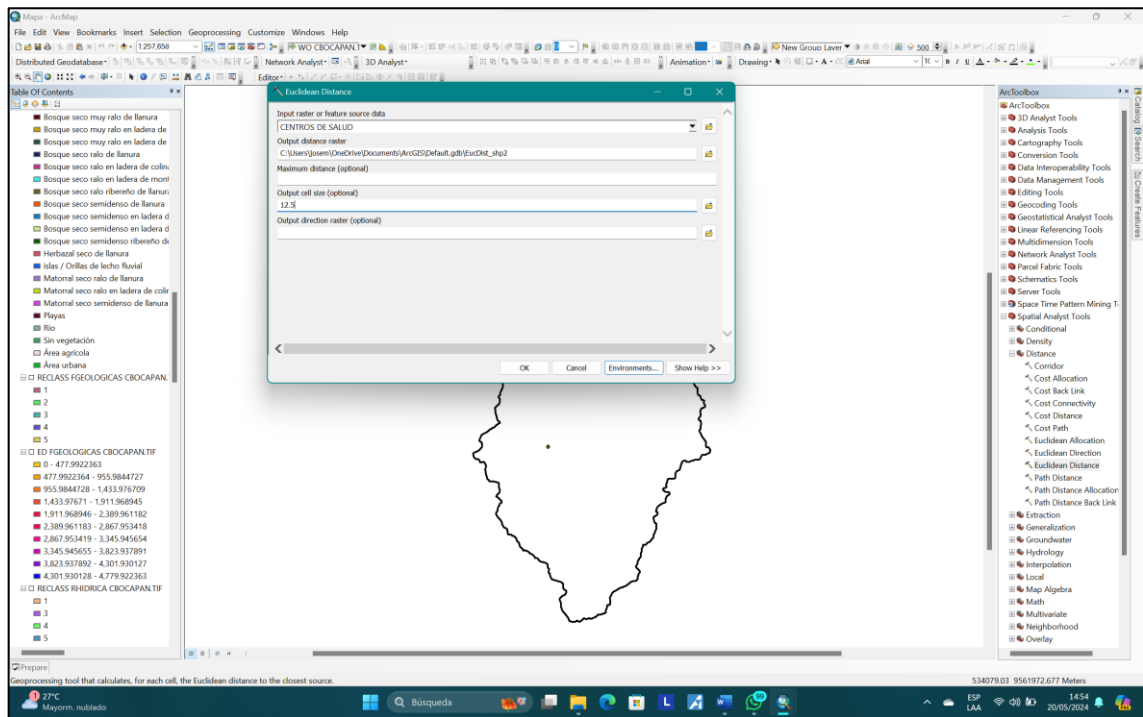
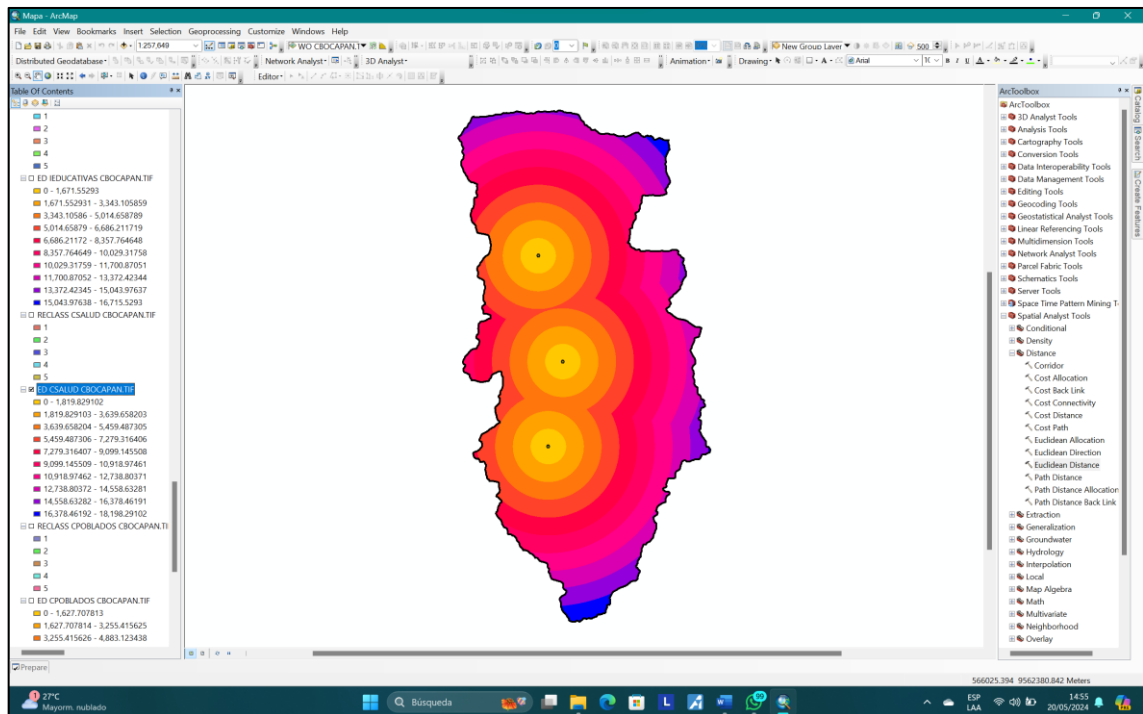


Figura 31 Euclidean Distance >> Resultados.



El resultado fue otra capa que muestra el distanciamiento que hay entre los Centros de Salud, que va desde los 1.8 km como se demuestra en el color amarillo, hasta los 18.19 km como se muestra en el color azul, para continuar con el criterio establecido debemos darle una reclasificación, para esto usaremos el siguiente

comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Reclass >> Reclassify, una vez estando en el cuadro de Reclassify, colocamos la nueva imagen Raster de Euclidean Distance, nos dirigimos a la opción Classification >> Method (Seleccionamos la opción Equal Interval) >> Break Values (El primer valor lo reemplazamos por 1000, porque es el valor mínimo de distancia que debe estar la zona de relleno sanitario) y lo dividimos en 5 clases como muestra la Figura 32, una vez terminado este paso regresaremos al cuadro Reclassify y en la opción Reclassification >> New Values, están enumerados del 1 al 5, donde el valor 1 es el menos óptimo y valor 5 el más óptimo, por ende el valor de distancia de 0 a 1000 será los menos óptimos por ende el número que le corresponde es el 1, y los vamos a enumerar de manera ascendente, es decir de 1 a 5, dado que las distancias mayores a 1000 serán las más óptimas como muestra la Figura 33.

Figura 32 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.

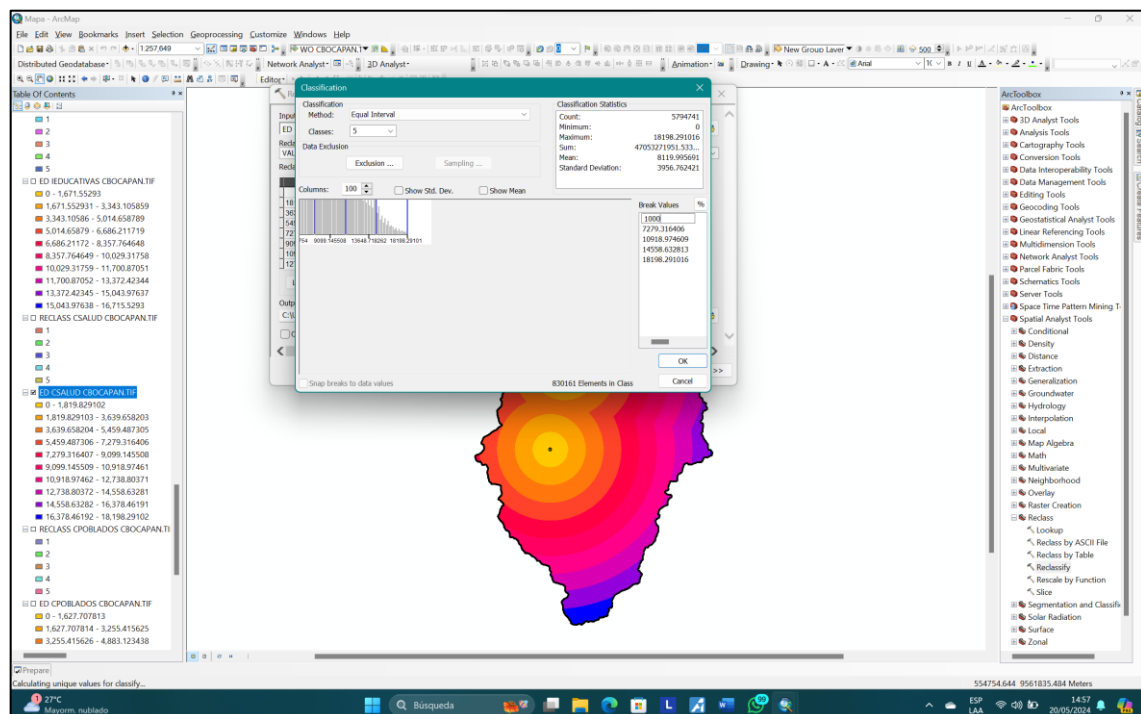
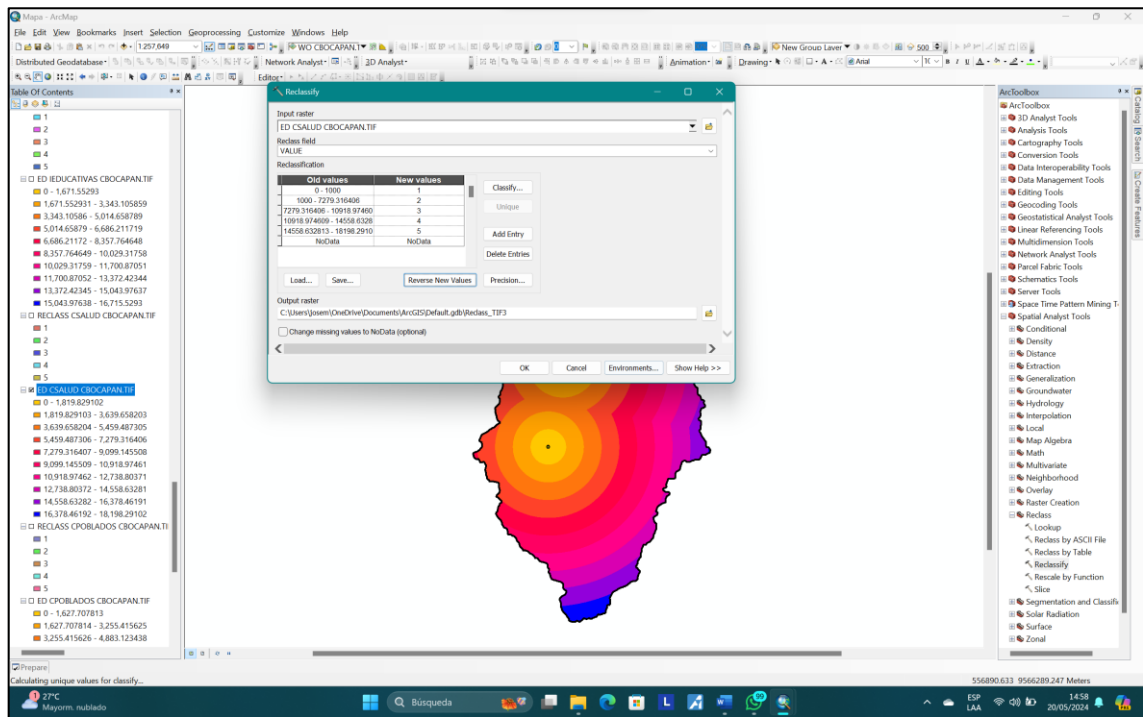
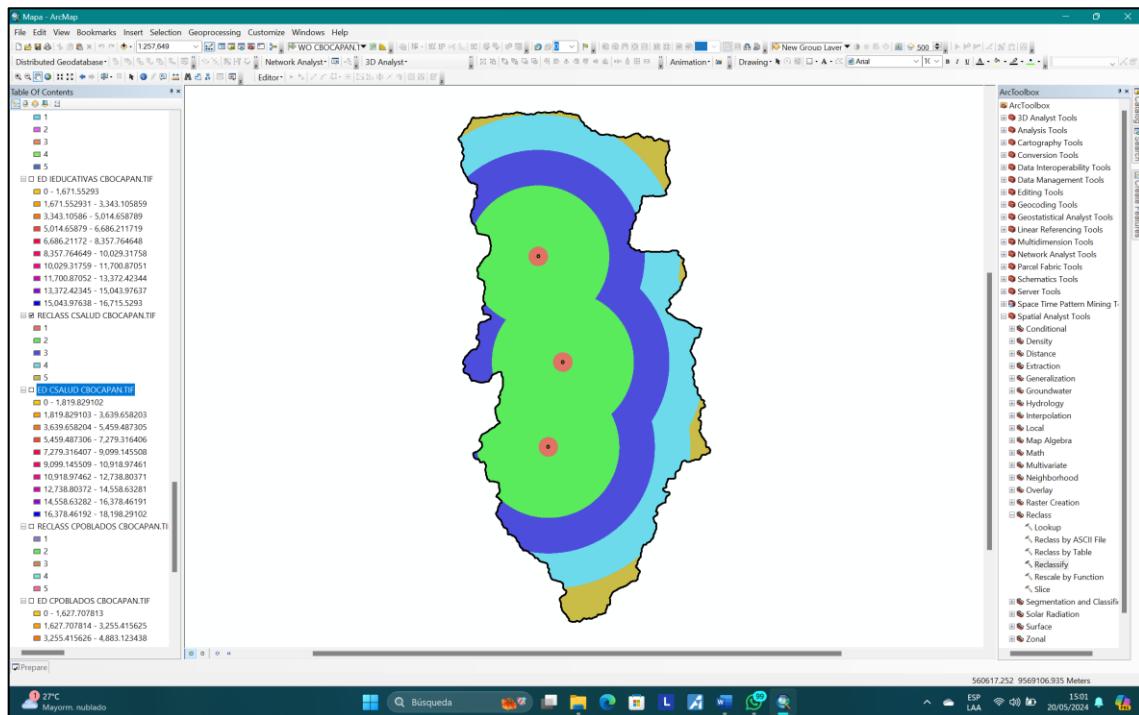


Figura 33 Reclassify >> Reclassification >> New Values.



El resultado de este paso se mostró el distanciamiento óptimo que debe estar el ubicado el relleno sanitario donde el color anaranjado representado por el valor 1 es el menos óptimo, y los demás colores, tanto como el verde representado por el valor 2, el color azul representado por el valor 3, el color celeste representado por el valor 4 y el color amarillo oscuro representado por el valor 5 son los más óptimos, dado que están distanciados a más de 1000 metros. Tal como se demuestra en la Figura 34.

Figura 34 Raster Reclasificado de Distanciamientos Óptimos de Centros de Salud.



El cuarto criterio que se realizó esta en función de las Instituciones Educativas de la Cuenca de la Quebrada Bocapan, para continuar con este procedimiento debemos hallar el distanciamiento óptimo para la construcción de un relleno sanitario, para ello debemos continuar con el siguiente comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Distance >> Euclidean Distance, una vez en el cuadro de Euclidean Distance colocaremos el Shapefile de los Instituciones Educativas, a continuación, haremos dos comandos adicionales que dará mejor precisión al resultado:

- 1) Primer comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent (En Extent colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) como muestra la Figura 35.
- 2) Segundo comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask (En Mask colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) Como muestra la Figura 36.

Una vez colocado los comandos previos continuamos con la reclasificación, estando en el cuadro de Euclidean Distance dos dirigimos a la opción Output Cell Size (Esta opción nos permite dar un tamaño a la celda), a la celda le damos un

tamaño de 12.5 como muestra la Figura 37, esto permitirá una mejor resolución a los resultados, como lo muestra la Figura 38.

Figura 35 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.

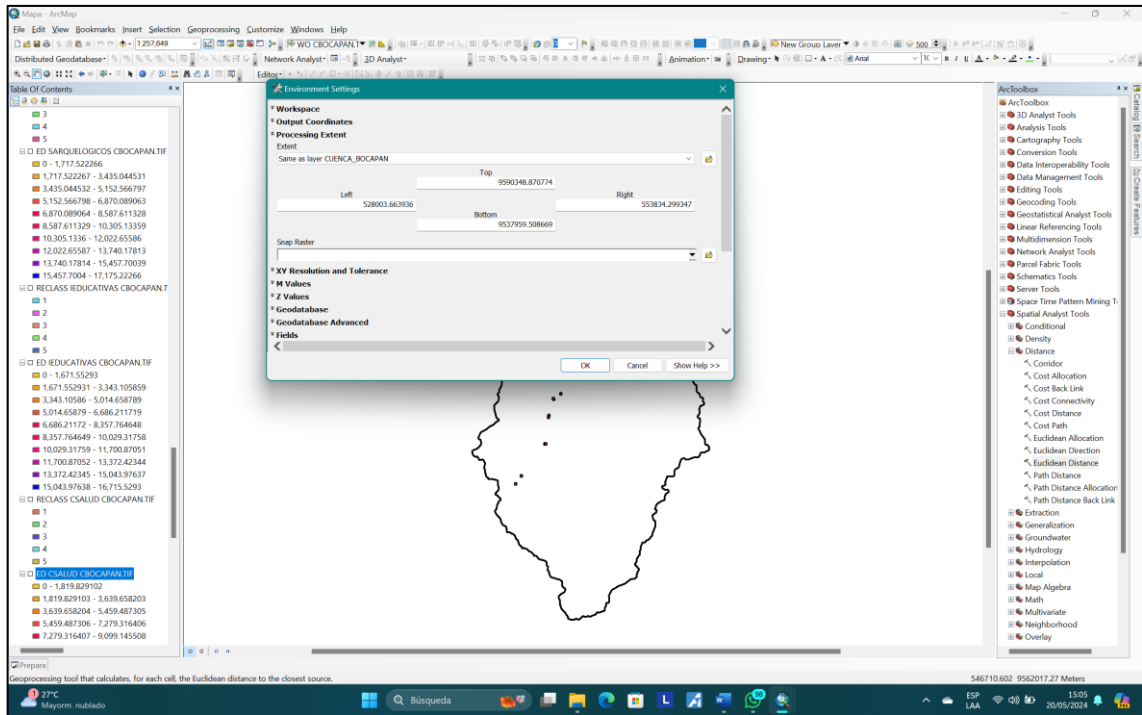


Figura 36 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.

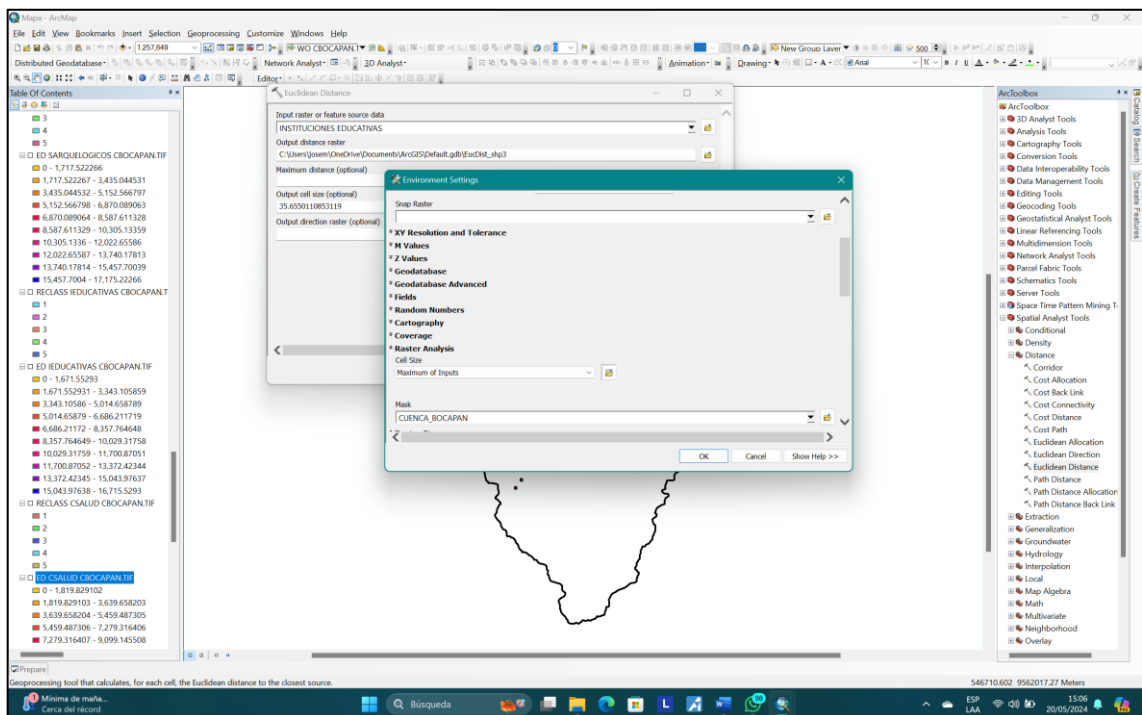


Figura 37 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.

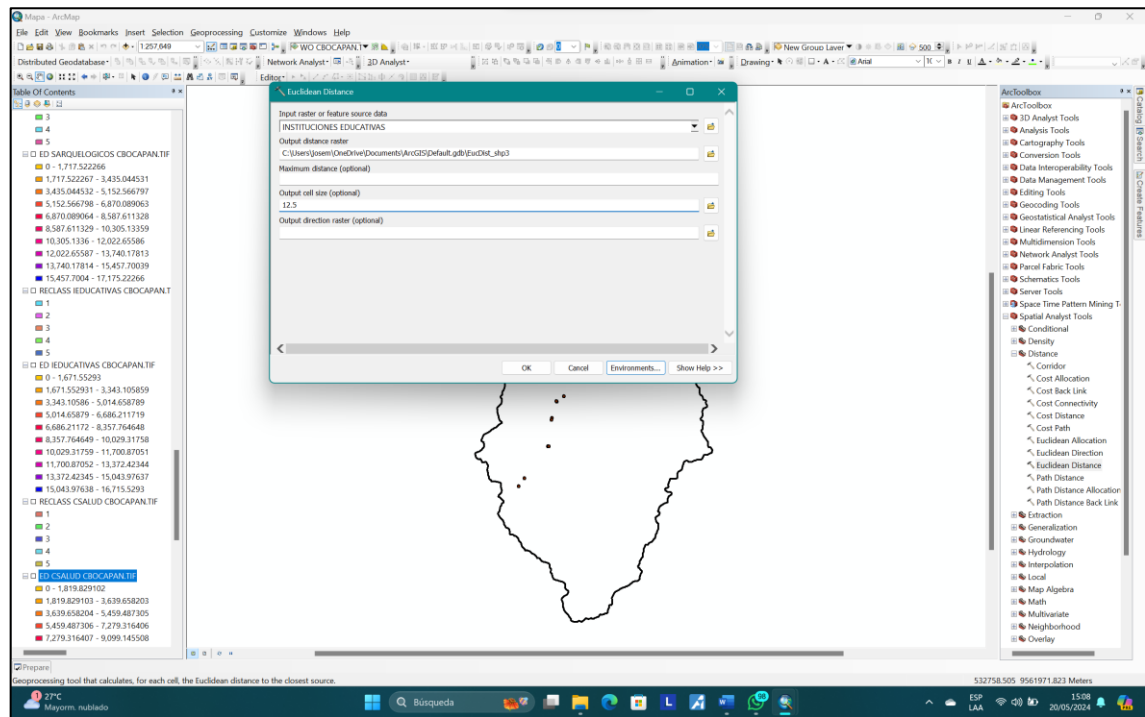
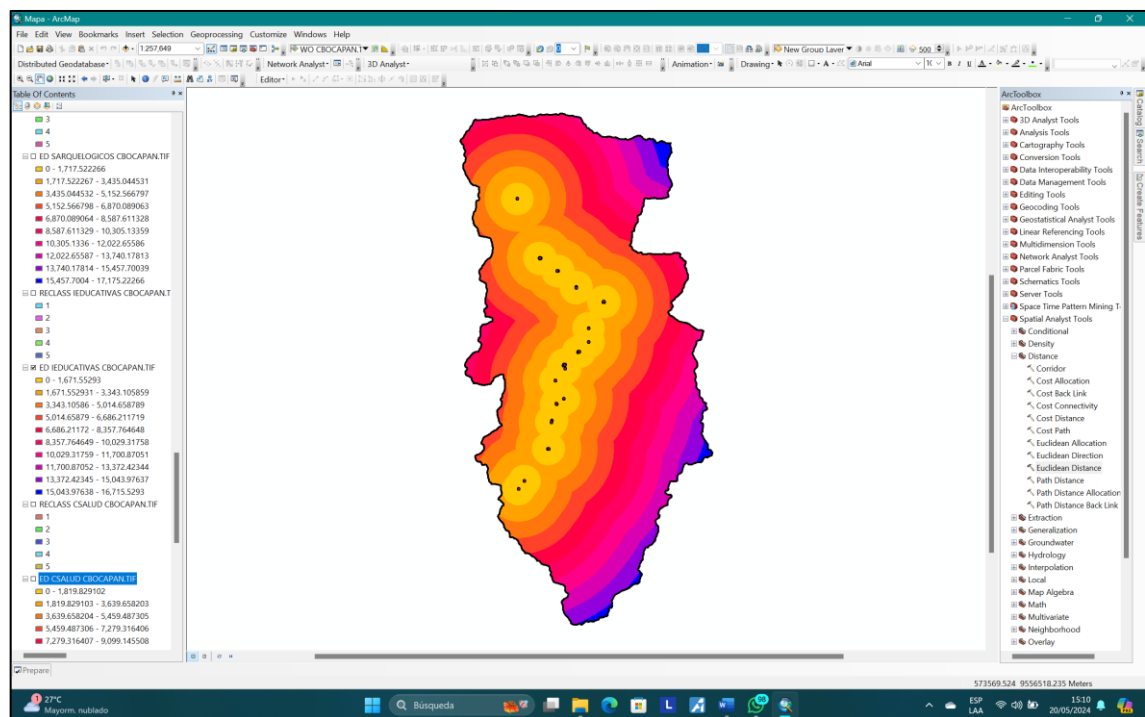


Figura 38 Euclidean Distance >> Resultados.



El resultado fue otra capa que muestra el distanciamiento que hay entre las Instituciones Educativas, que va desde los 1.6 km como se demuestra en el color amarillo, hasta los 16.72 km como se muestra en el color azul, para continuar con el criterio establecido debemos darle una reclasificación, para esto usaremos el

siguiente comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Reclass >> Reclassify, una vez estando en el cuadro de Reclassify, colocamos la nueva imagen Raster de Euclidean Distance, nos dirigimos a la opción Classification >> Method (Seleccionamos la opción Equal Interval) >> Break Values (El primer valor lo reemplazamos por 500, porque es el valor mínimo de distancia que debe estar la zona de relleno sanitario) y lo dividimos en 5 clases como muestra la Figura 39, una vez terminado este paso regresaremos al cuadro Reclassify y en la opción Reclassification >> New Values, están enumerados del 1 al 5, donde el valor 1 es el menos óptimo y valor 5 el más óptimo, por ende el valor de distancia de 0 a 500 será los menos óptimos por ende el número que le corresponde es el 1, y los vamos a enumerar de manera ascendente, es decir de 1 a 5, dado que las distancias mayores a 500 serán las más óptimas como muestra la Figura 40.

Figura 39 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.

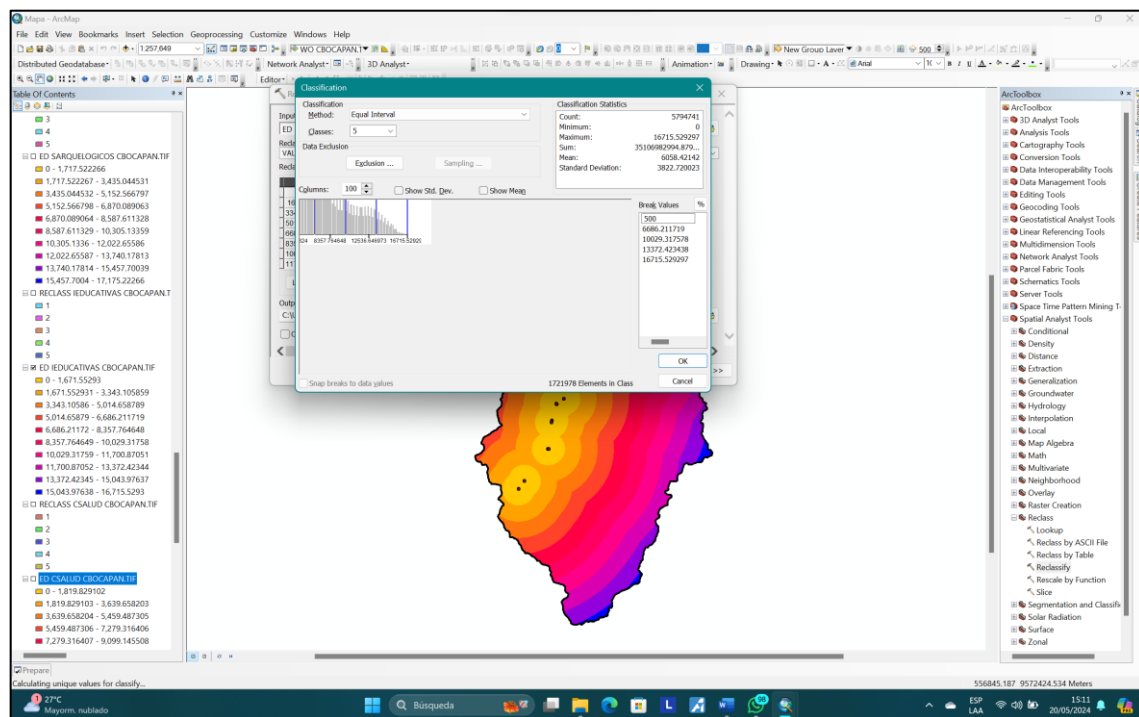
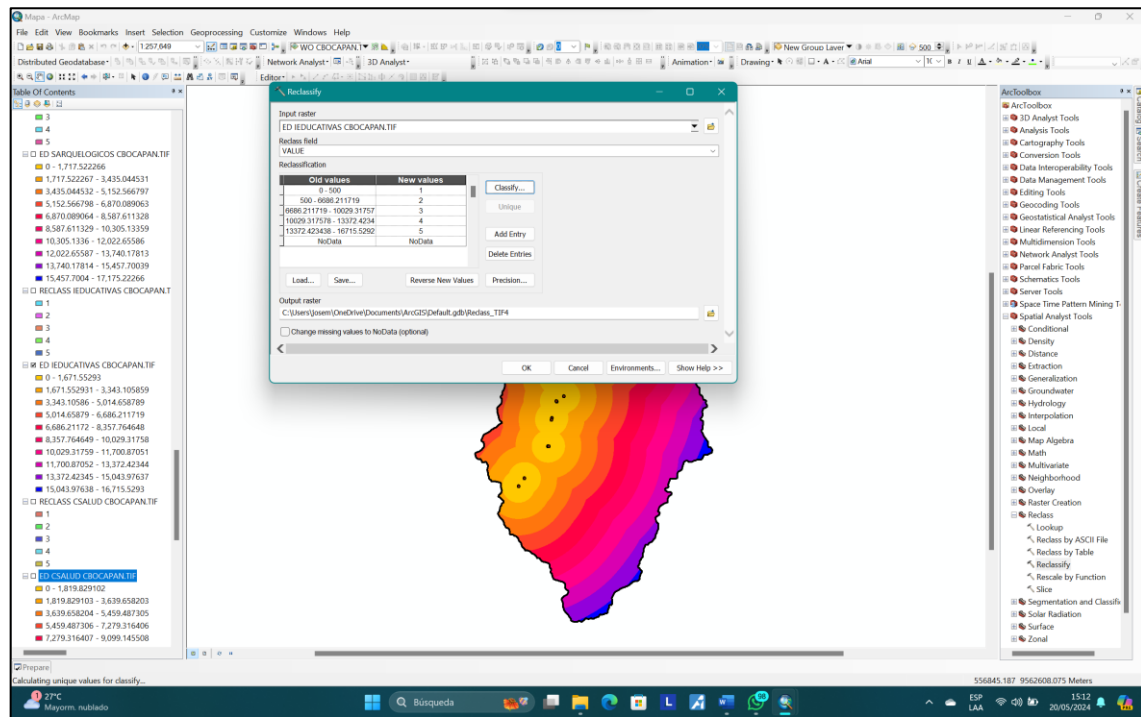
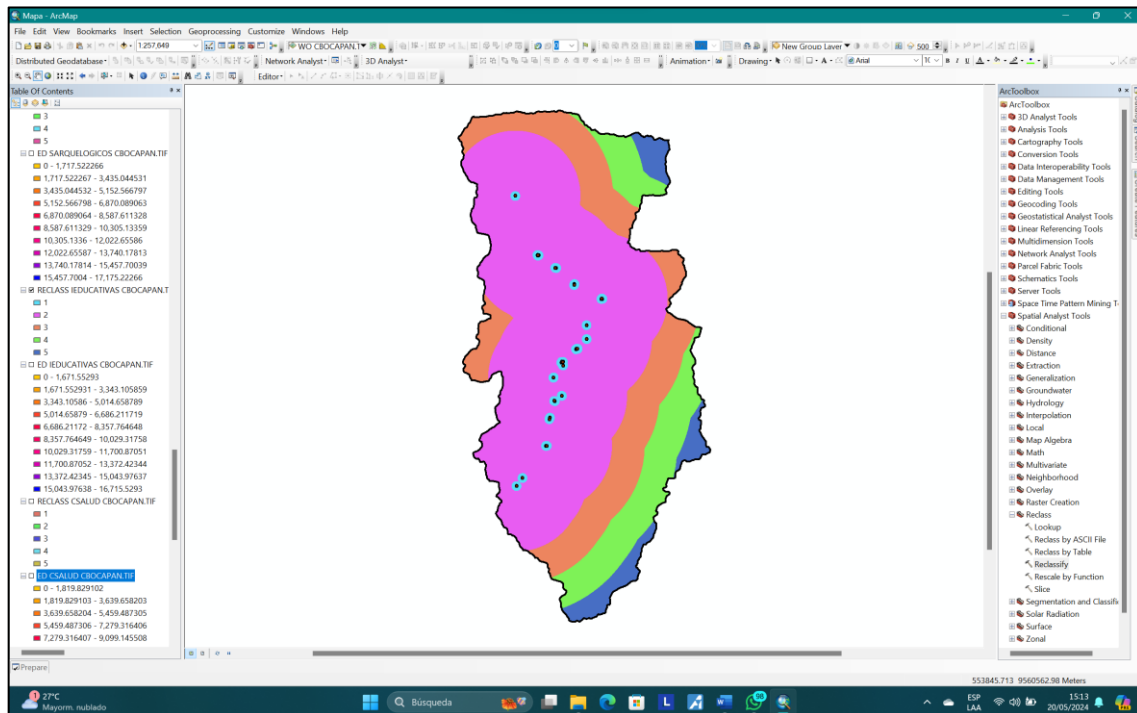


Figura 40 Reclassify >> Reclassification >> New Values.



El resultado de este paso se mostró el distanciamiento óptimo que debe estar el ubicado el relleno sanitario donde el color celeste representado por el valor 1 es el menos óptimo, y los demás colores, tanto como el purpura representado por el valor 2, el color anaranjado representado por el valor 3, el color verde agua representado por el valor 4 y el color azul marino representado por el valor 5 son los más óptimos, dado que están distanciados a más de 500 metros. Tal como se demuestra en la Figura 41.

Figura 41 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Instituciones Educativas.



El quinto criterio que se realizó esta en función de los Sitios Arqueológicos de la Cuenca de la Quebrada Bocapan, para continuar con este procedimiento debemos hallar el distanciamiento óptimo para la construcción de un relleno sanitario, para ello debemos continuar con el siguiente comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Distance >> Euclidean Distance, una vez en el cuadro de Euclidean Distance colocaremos el Shapefile de los Sitios Arqueológicos, a continuación, haremos dos comandos adicionales que dará mejor precisión al resultado:

- 1) Primer comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent (En Extent colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) como muestra la Figura 42.
- 2) Segundo comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask (En Mask colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) Como muestra la Figura 43.

Una vez colocado los comandos previos continuamos con la reclasificación, estando en el cuadro de Euclidean Distance dos dirigimos a la opción Output Cell Size (Esta opción nos permite dar un tamaño a la celda), a la celda le damos un

tamaño de 12.5 como muestra la Figura 44, esto permitirá una mejor resolución a los resultados, como lo muestra la Figura 45.

Figura 42 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.

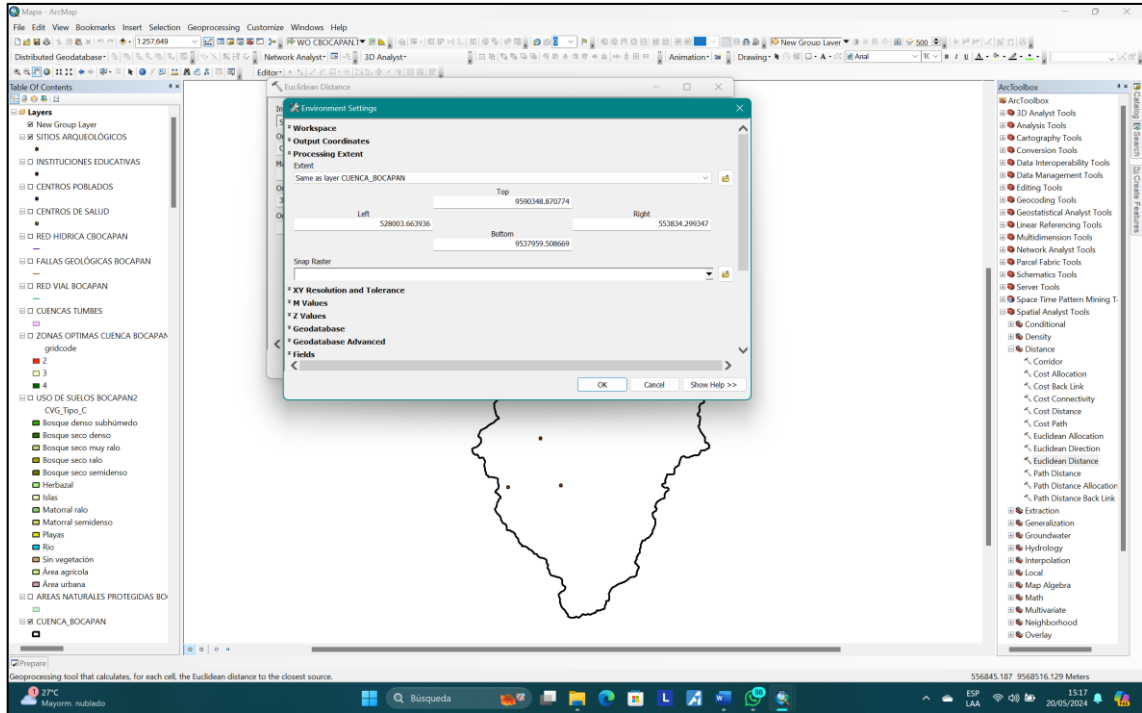


Figura 43 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.

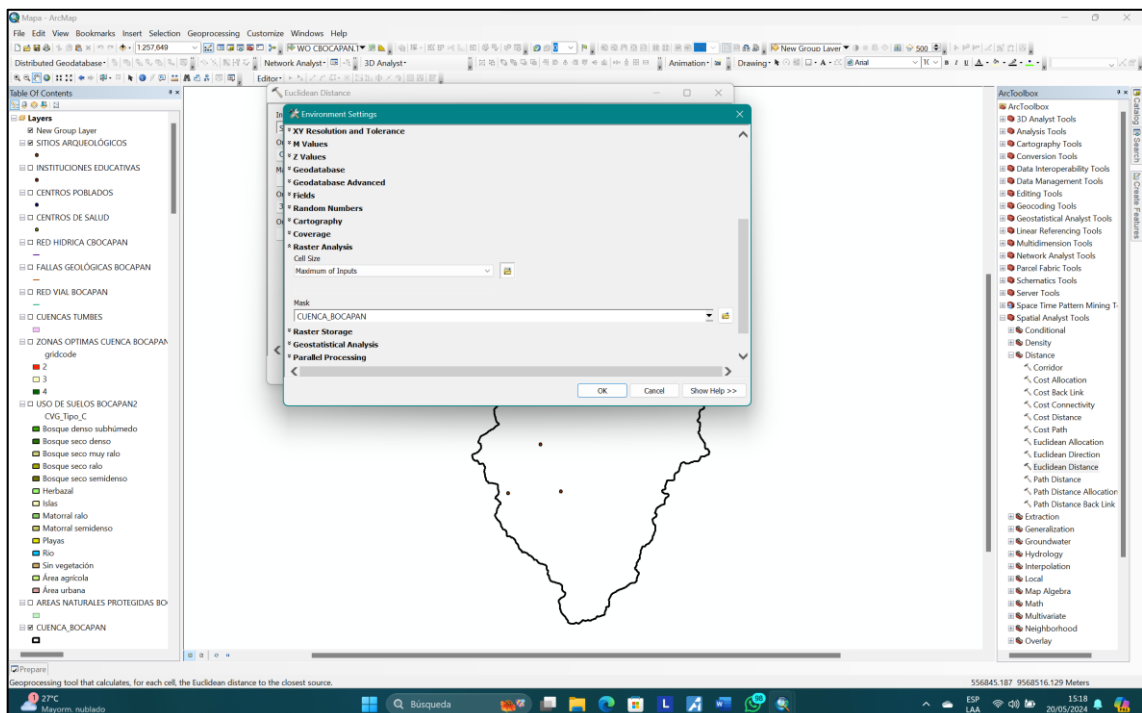


Figura 44 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.

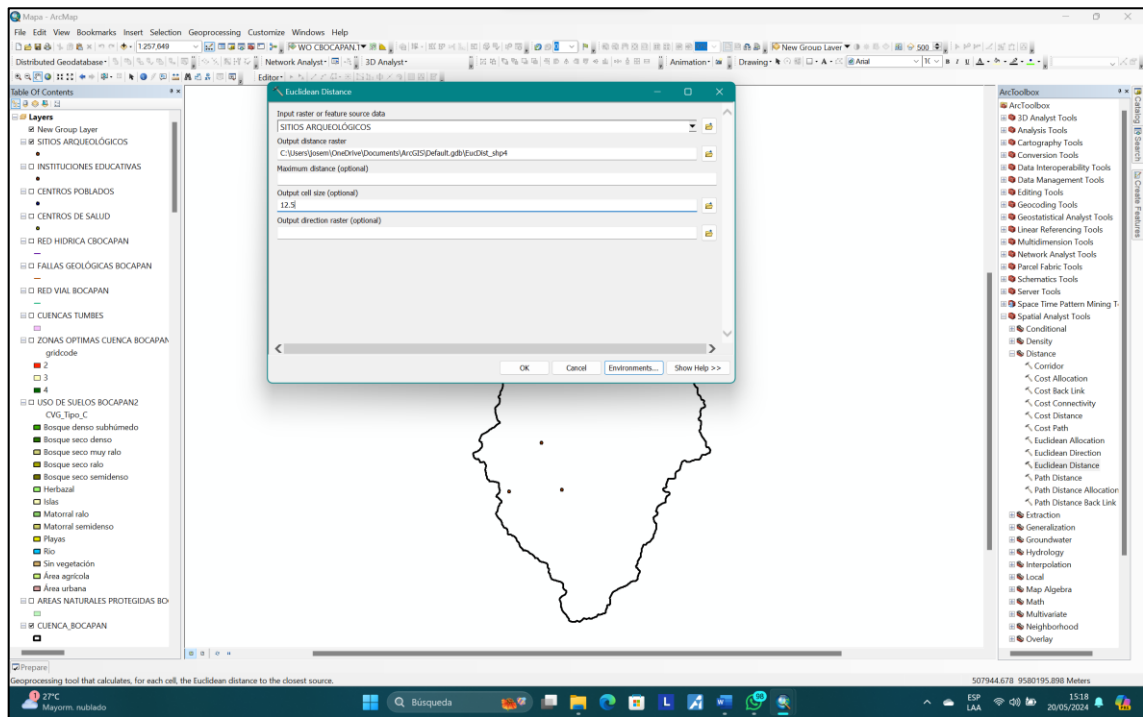
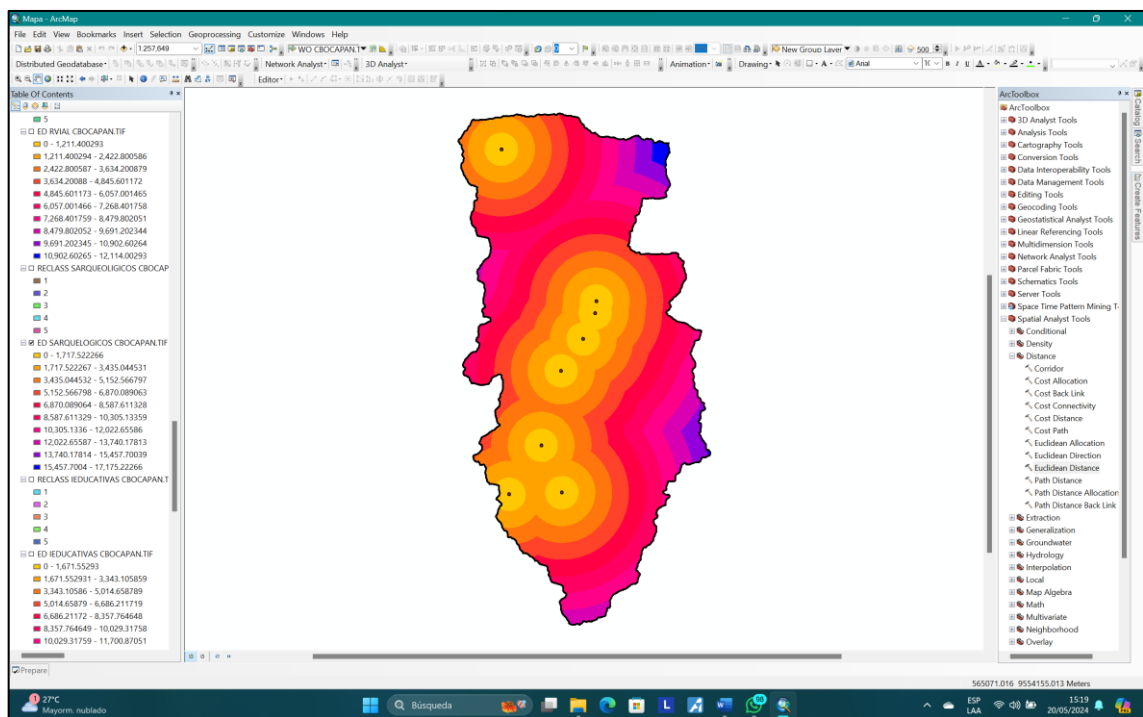


Figura 45 Euclidean Distance >> Resultados.



El resultado fue otra capa que muestra el distanciamiento que hay entre los Sitios Arqueológicos, que va desde los 1.7 km como se demuestra en el color amarillo, hasta los 17.20 km como se muestra en el color azul, para continuar con el criterio establecido debemos darle una reclasificación, para esto usaremos el siguiente

comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Reclass >> Reclassify, una vez estando en el cuadro de Reclassify, colocamos la nueva imagen Raster de Euclidean Distance, nos dirigimos a la opción Classification >> Method (Seleccionamos la opción Equal Interval) >> Break Values (El primer valor lo reemplazamos por 1000, porque es el valor mínimo de distancia que debe estar la zona de relleno sanitario) y lo dividimos en 5 clases como muestra la Figura 46, una vez terminado este paso regresaremos al cuadro Reclassify y en la opción Reclassification >> New Values, están enumerados del 1 al 5, donde el valor 1 es el menos óptimo y valor 5 el más óptimo, por ende el valor de distancia de 0 a 1000 será los menos óptimos por ende el número que le corresponde es el 1, y los vamos a enumerar de manera ascendente, es decir de 1 a 5, dado que las distancias mayores a 1000 serán las más óptimas como muestra la Figura 47.

Figura 46 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.

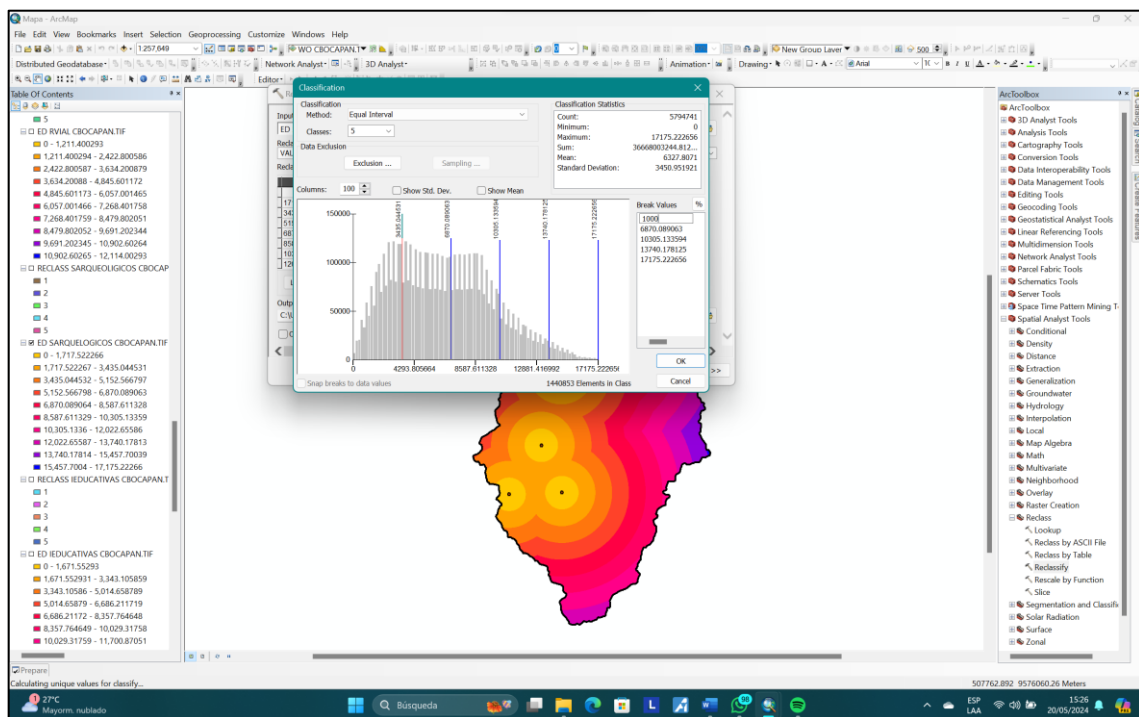
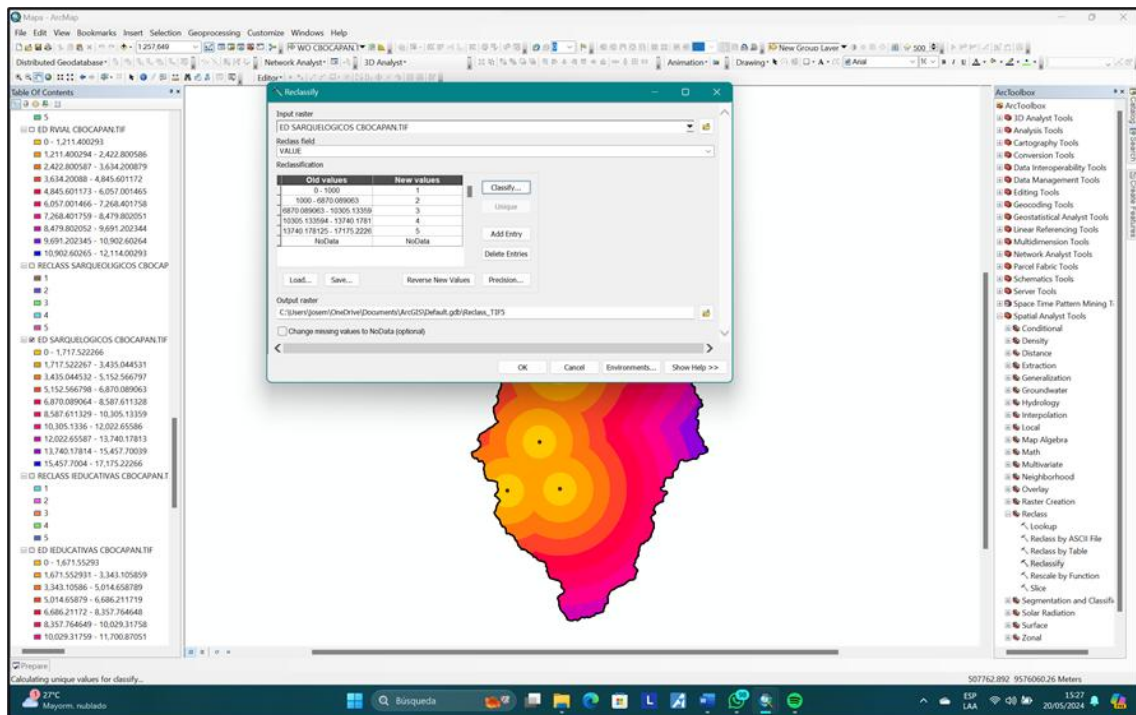
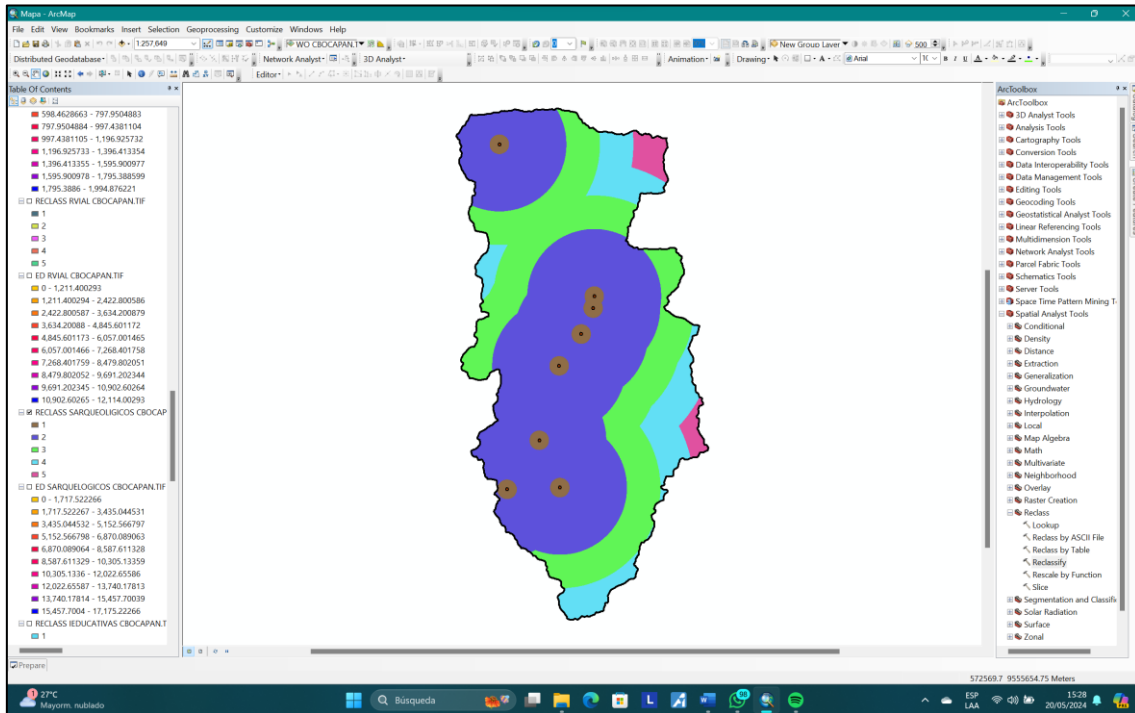


Figura 47 Reclassify >> Reclassification >> New Values.



El resultado de este paso se mostró el distanciamiento óptimo que debe estar el ubicado el relleno sanitario donde el color marrón representado por el valor 1 es el menos óptimo, y los demás colores, tanto como el purpura representado por el valor 2, el color verde claro representado por el valor 3, el color celeste representado por el valor 4 y el color rosado oscuro representado por el valor 5 son los más óptimos, dado que están distanciados a más de 1000 metros. Tal como se demuestra en la Figura 48.

Figura 48 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Sitios Arqueológicos.



El sexto criterio que se realizó esta en función de la Red Vial de la Cuenca de la Quebrada Bocapan, para continuar con este procedimiento debemos hallar el distanciamiento óptimo para la construcción de un relleno sanitario, para ello debemos continuar con el siguiente comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Distance >> Euclidean Distance, una vez en el cuadro de Euclidean Distance colocaremos el Shapefile de la Red Vial, a continuación, haremos dos comandos adicionales que dará mejor precisión al resultado:

- 1) Primer comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent (En Extent colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) como muestra la Figura 49.
- 2) Segundo comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask (En Mask colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) Como muestra la Figura 50.

Una vez colocado los comandos previos continuamos con la reclasificación, estando en el cuadro de Euclidean Distance dos dirigimos a la opción Output Cell Size (Esta opción nos permite dar un tamaño a la celda), a la celda le damos un

tamaño de 12.5 como muestra la Figura 51, esto permitirá una mejor resolución a los resultados, como lo muestra la Figura 52.

Figura 49 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.

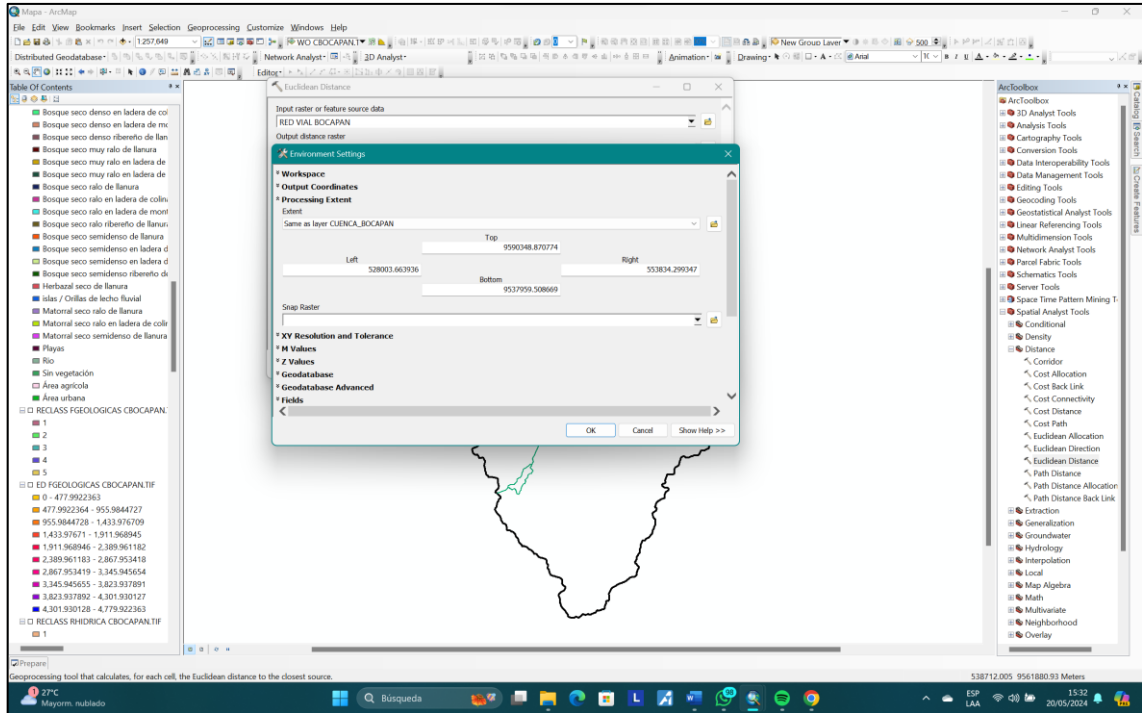


Figura 50 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.

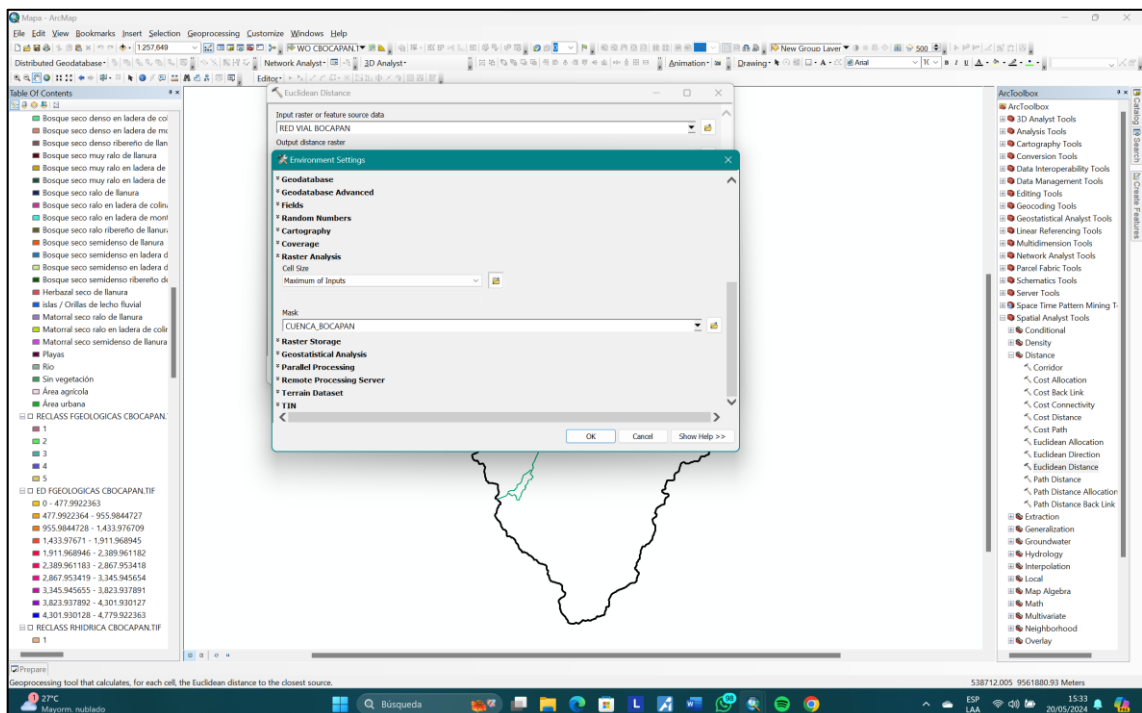


Figura 51 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.

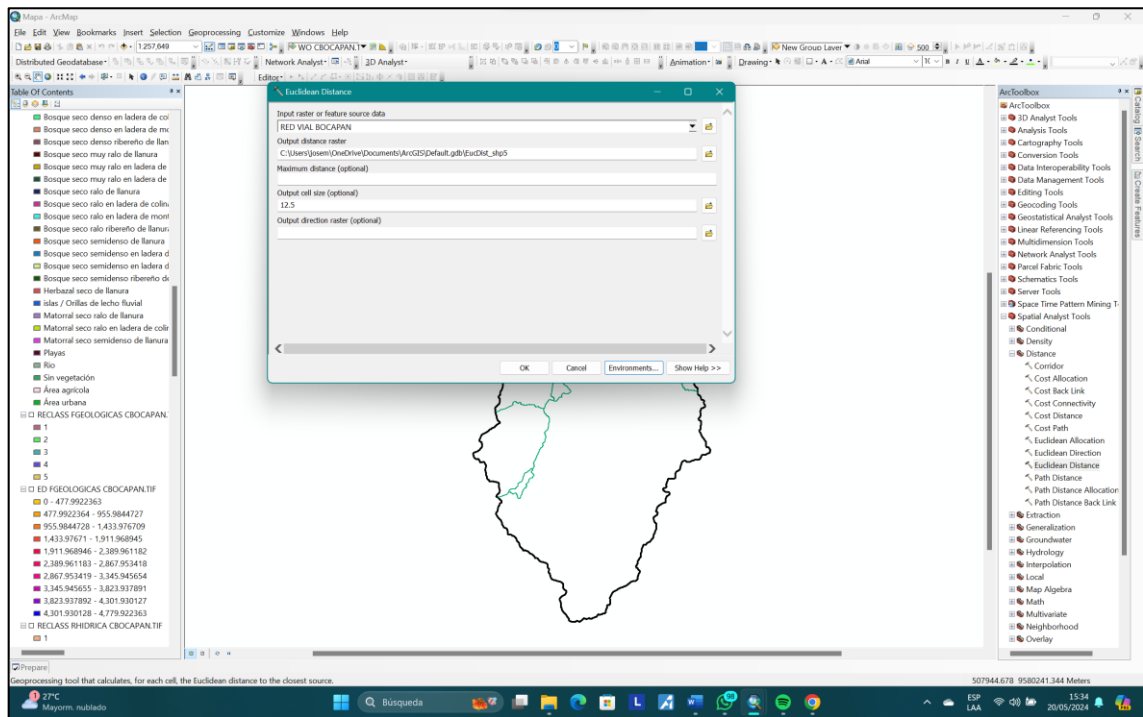
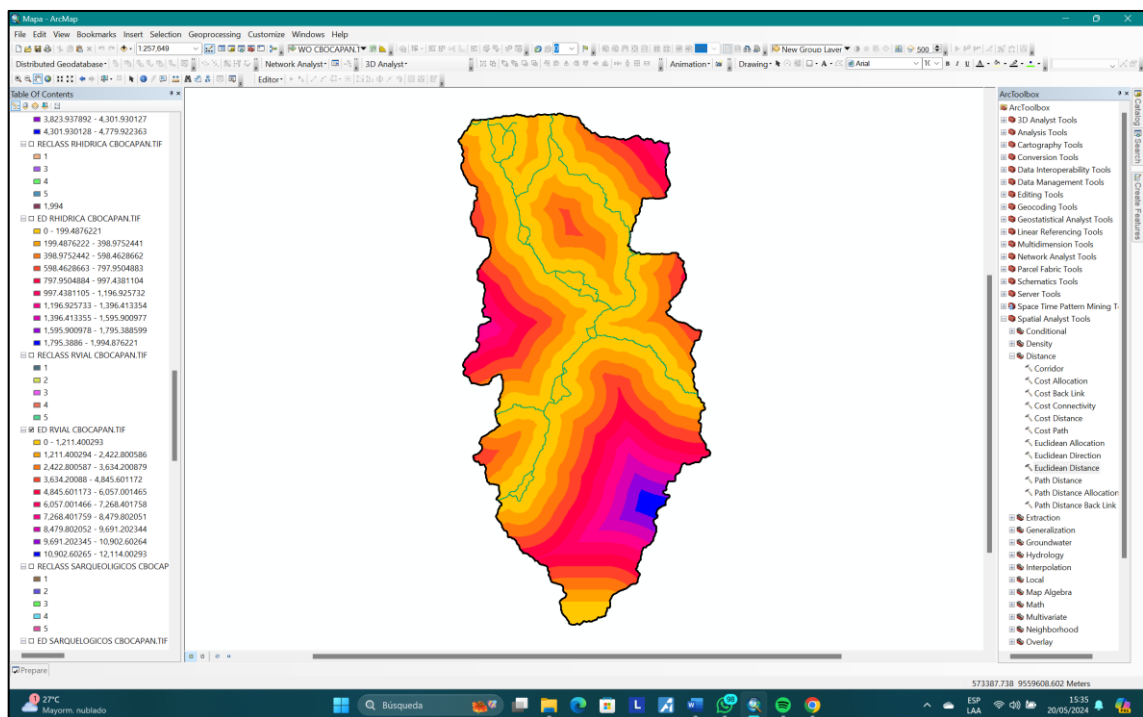


Figura 52 Euclidean Distance >> Resultados.



El resultado fue otra capa que muestra el distanciamiento que hay entre la Red Vial, que va desde los 1.2 km como se demuestra en el color amarillo, hasta los 12.11 km como se muestra en el color azul, para continuar con el criterio establecido debemos darle una reclasificación, para esto usaremos el siguiente comando:

ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Reclass >> Reclassify, una vez estando en el cuadro de Reclassify, colocamos la nueva imagen Raster de Euclidean Distance, nos dirigimos a la opción Classification >> Method (Seleccionamos la opción Equal Interval) >> Break Values (El primer valor lo reemplazamos por 1000, porque es el valor máximo de distancia que debe estar la zona de relleno sanitario) y lo dividimos en 5 clases como muestra la Figura 53, una vez terminado este paso regresaremos al cuadro Reclassify y en la opción Reclassification >> New Values, están enumerados del 1 al 5, donde el valor 1 es el menos óptimo y valor 5 el más óptimo, por ende el valor de distancia de 0 a 1000 será la más óptima por ende el número que le corresponde es el 5, y los vamos a enumerar de manera descendente, es decir de 5 a 1, dado que las distancias mayores a 1000 serán las menos óptimas como muestra la Figura 54.

Figura 53 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.

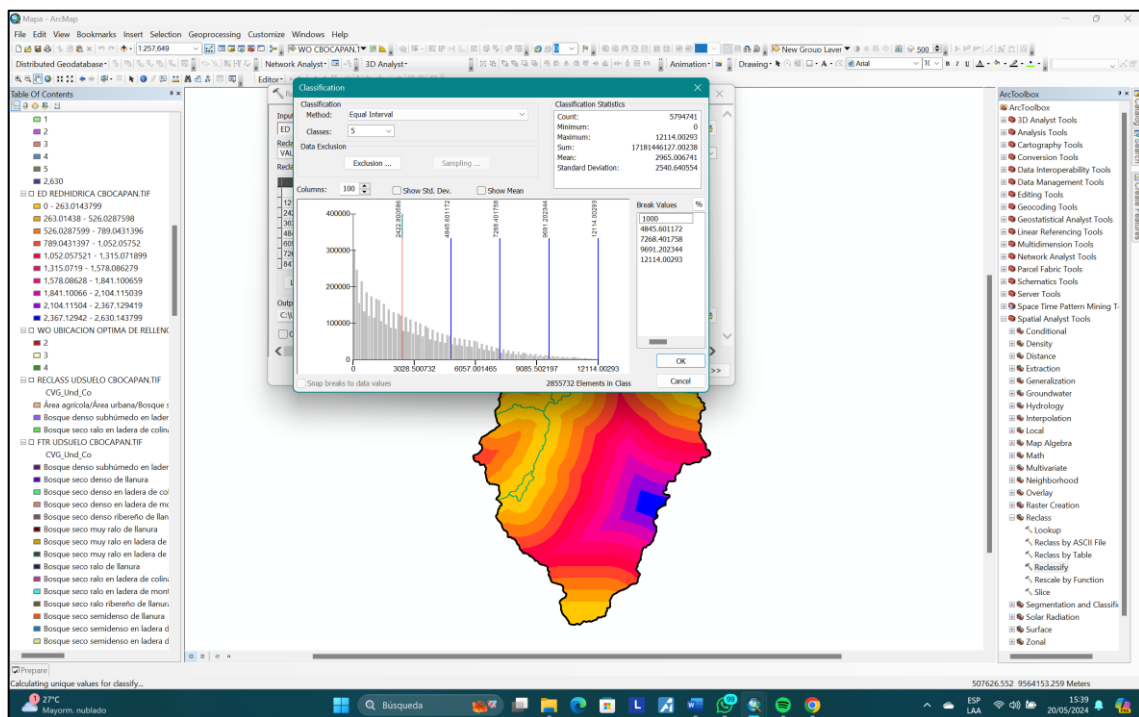
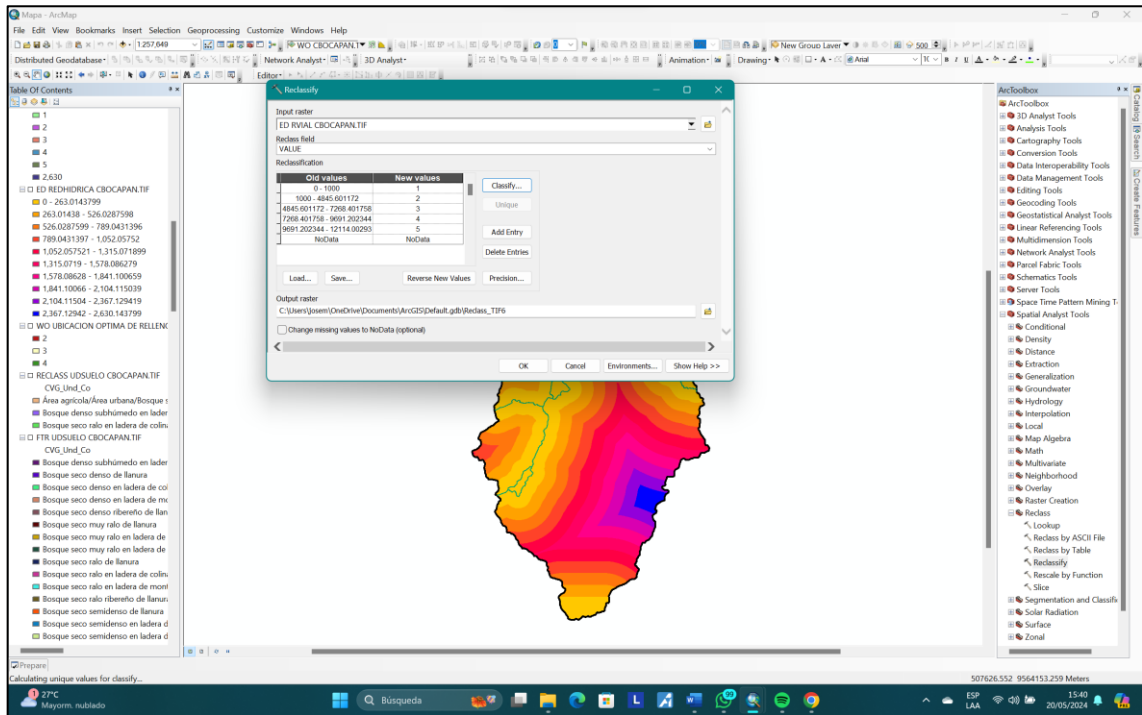
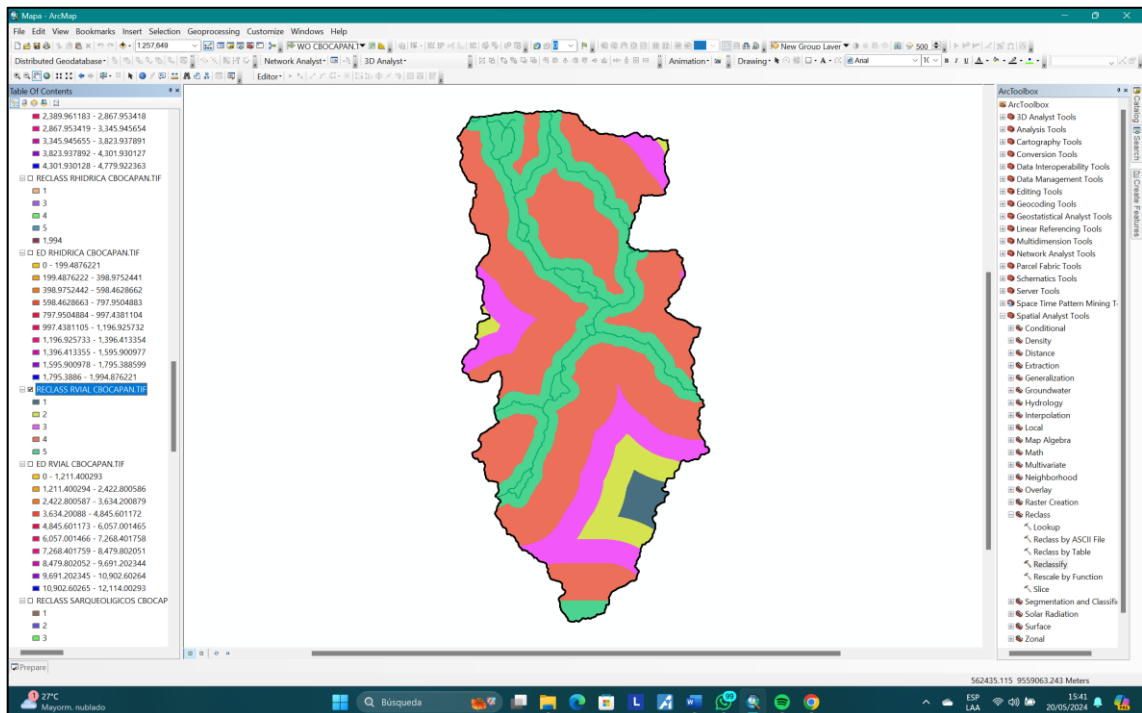


Figura 54 Reclassify >> Reclassification >> New Values.



El resultado de este paso se demostró el distanciamiento óptimo que debe estar el ubicado el relleno sanitario donde el color verde oscuro representado por el valor 5, es el más óptimo, dado que su distanciamiento es menor a 1000 metros. Tal como se demuestra en la Figura 55.

Figura 55 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Red Vial.



El séptimo criterio que se realizó esta en función de los Red Hídrica de la Cuenca de la Quebrada Bocapan, para continuar con este procedimiento debemos hallar el distanciamiento óptimo para la construcción de un relleno sanitario, para ello debemos continuar con el siguiente comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Distance >> Euclidean Distance, una vez en el cuadro de Euclidean Distance colocaremos el Shapefile de los Red Hídrica, a continuación, haremos dos comandos adicionales que dará mejor precisión al resultado:

- 1) Primer comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent (En Extent colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) como muestra la Figura 56.
- 2) Segundo comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask (En Mask colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) Como muestra la Figura 57.

Una vez colocado los comandos previos continuamos con la reclasificación, estando en el cuadro de Euclidean Distance nos dirigimos a la opción Output Cell Size (Esta opción nos permite dar un tamaño a la celda), a la celda le damos un tamaño de 12.5 como muestra la Figura 58, esto permitirá una mejor resolución a los resultados, como lo muestra la Figura 59.

Figura 56 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.

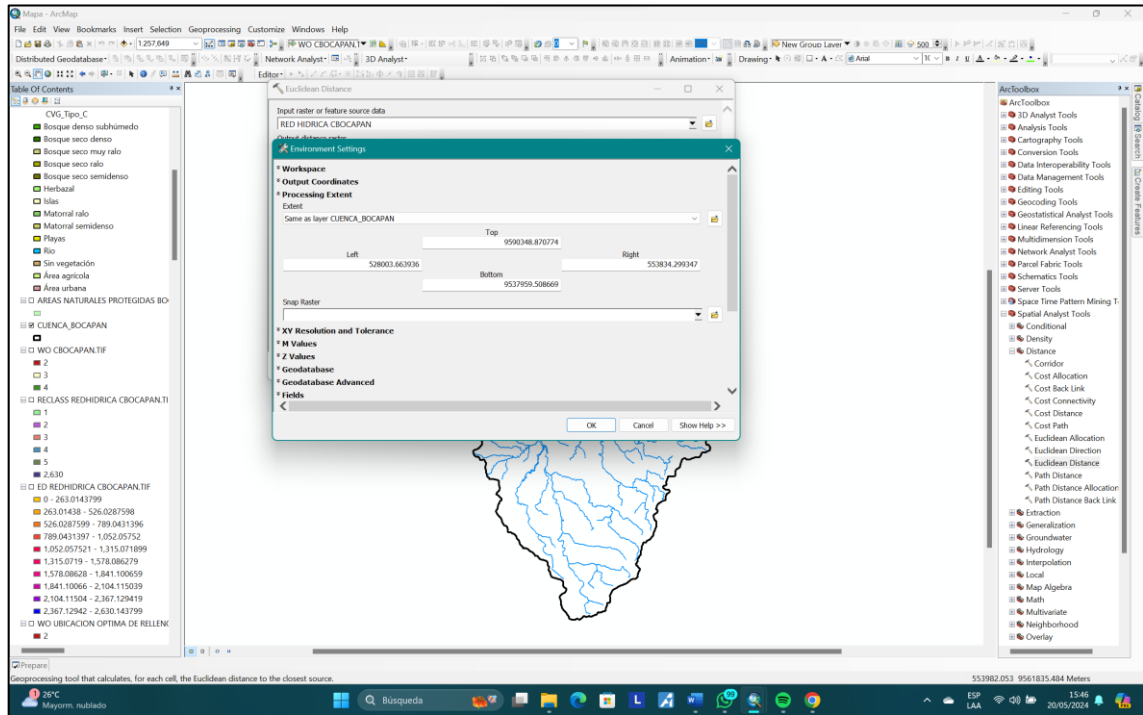


Figura 57 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.

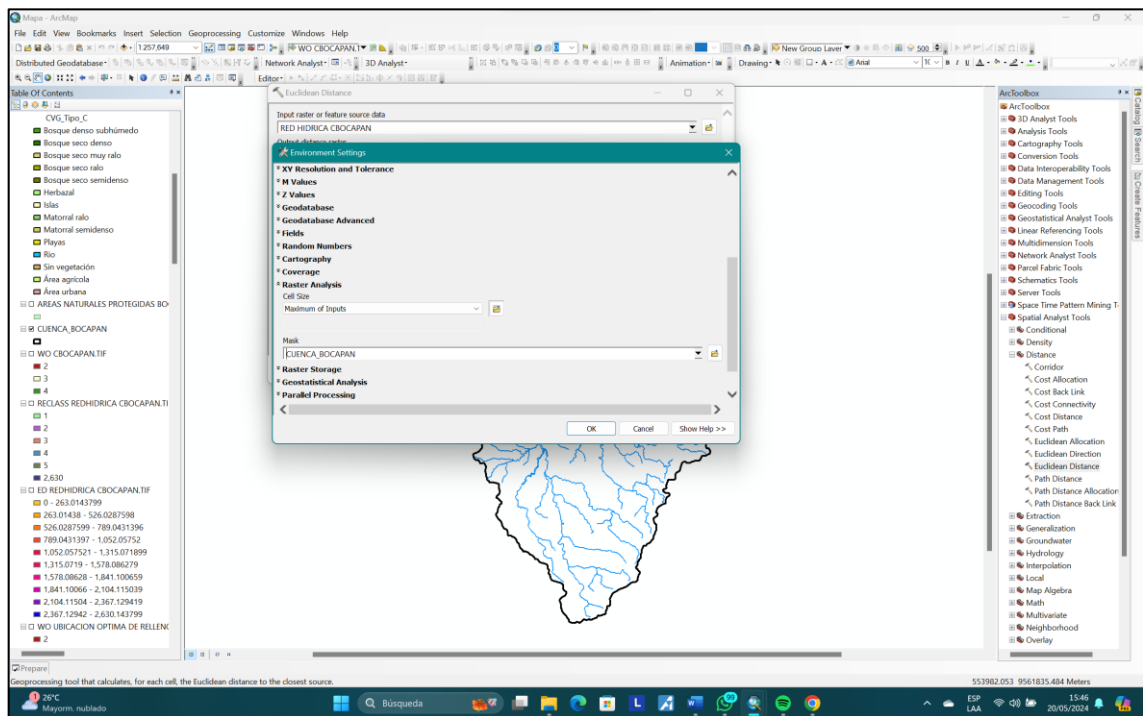


Figura 58 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.

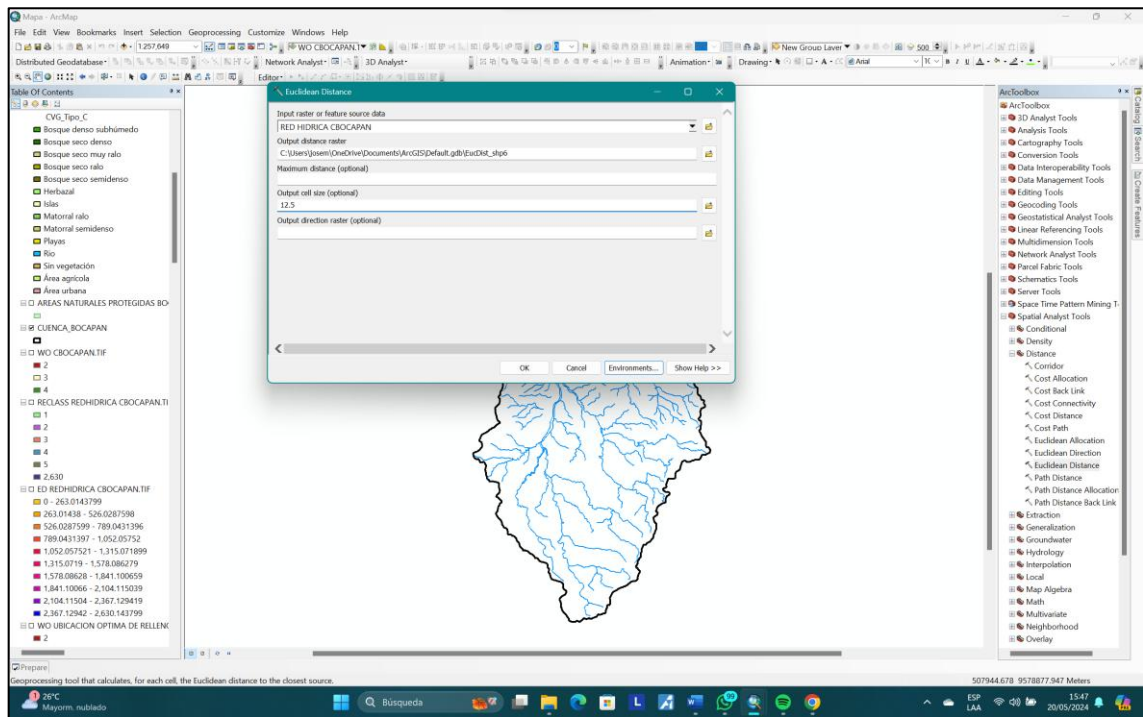
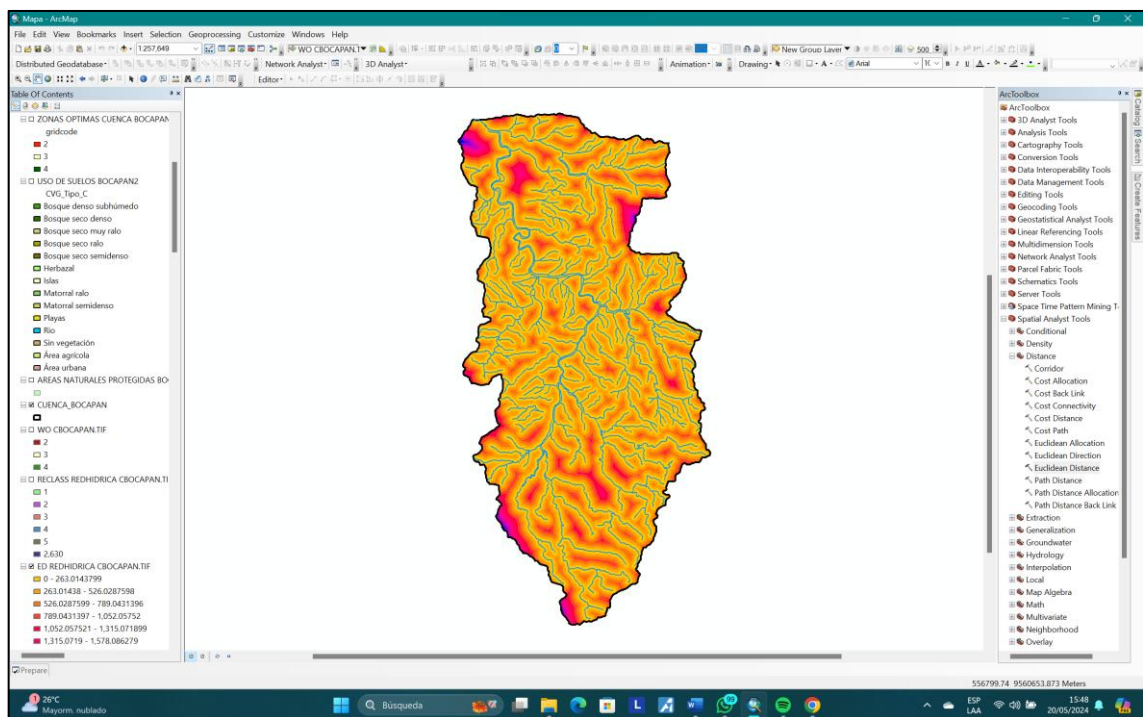


Figura 59 Euclidean Distance >> Resultados.



El resultado fue otra capa que muestra el distanciamiento que hay entre la Red Hídrica que va desde los 0.26 km como se demuestra en el color amarillo, hasta los 2.63 km como se muestra en el color azul, para continuar con el criterio establecido debemos darle una reclasificación, para esto usaremos el siguiente comando:

ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Reclass >> Reclassify, una vez estando en el cuadro de Reclassify, colocamos la nueva imagen Raster de Euclidean Distance, nos dirigimos a la opción Classification >> Method (Seleccionamos la opción Equal Interval) >> Break Values (El primer valor lo reemplazamos por 1000, porque es el valor mínimo de distancia que debe estar la zona de relleno sanitario) y lo dividimos en 5 clases como muestra la Figura 60, una vez terminado este paso regresaremos al cuadro Reclassify y en la opción Reclassification >> New Values, están enumerados del 1 al 5, donde el valor 1 es el menos óptimo y valor 5 el más óptimo, por ende el valor de distancia de 0 a 1000 será los menos óptimos por ende el número que le corresponde es el 1, y los vamos a enumerar de manera ascendente, es decir de 1 a 5, dado que las distancias mayores a 1000 serán las más óptimas como muestra la Figura 61.

Figura 60 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.

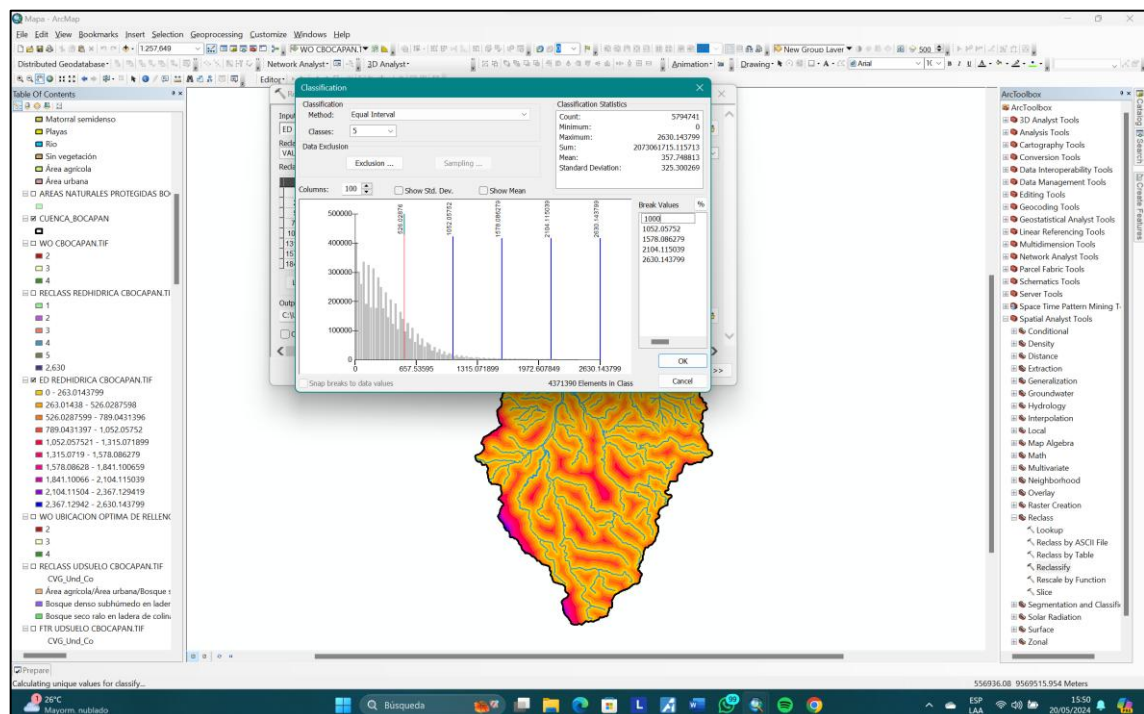
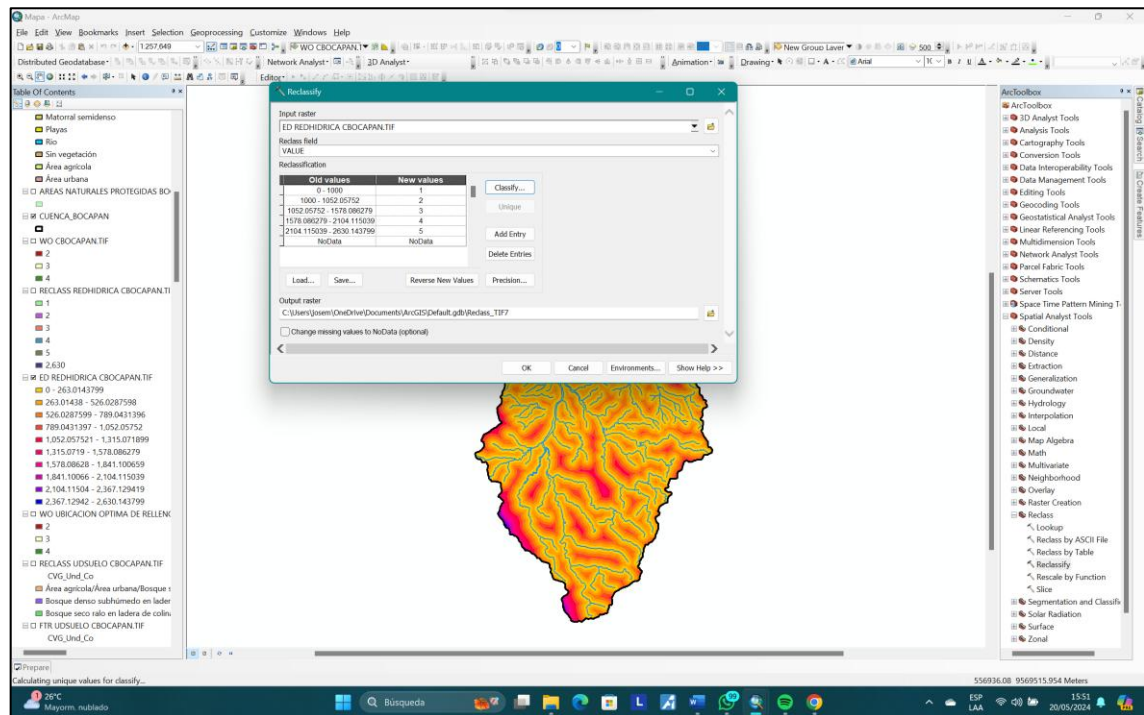
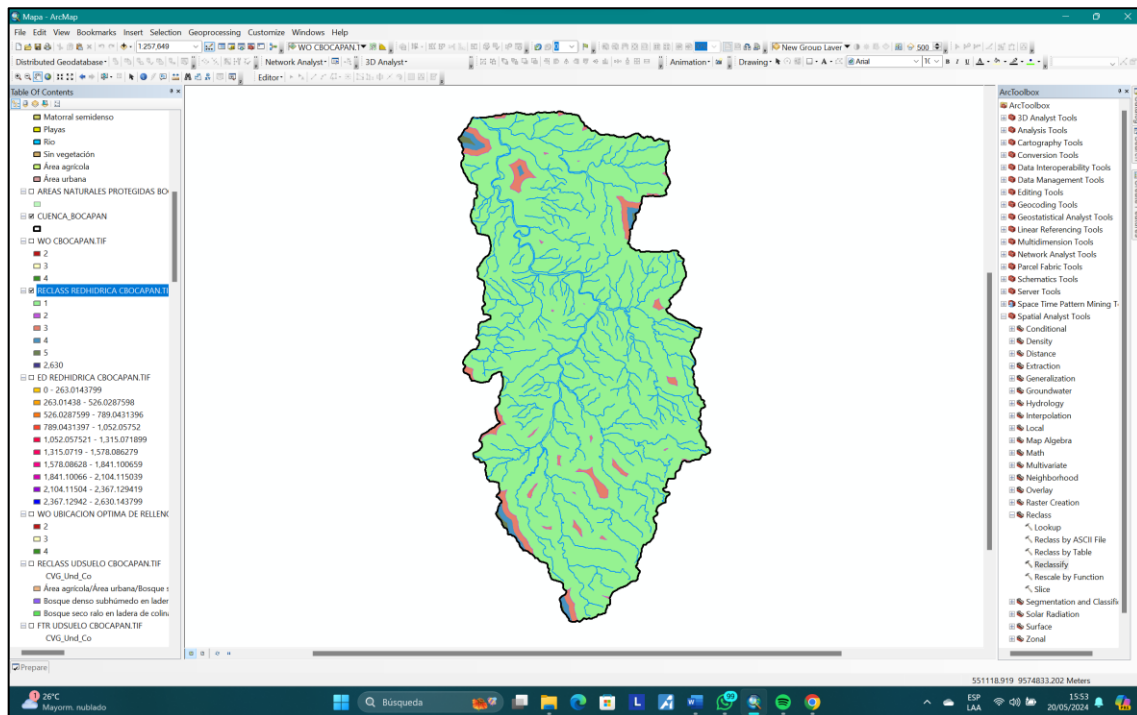


Figura 61 Reclassify >> Reclassification >> New Values.



El resultado de este paso se mostró el distanciamiento óptimo que debe estar el ubicado el relleno sanitario donde el color verde representado por el valor 1 es el menos óptimo y es el que mayor área abarca, y los demás colores, tanto como el purpura representado por el valor 2, el color anaranjado representado por el valor 3, el color azul marino representado por el valor 4 y el color verde militar representado por el valor 5 son los más óptimos, dado que están distanciados a más de 1000 metros. Tal como se demuestra en la Figura 62.

Figura 62 Raster Reclasificado de Distanciamiento Óptimos de Red Hídrica.



El octavo criterio que se realizó esta en función de las Fallas Geológicas de la Quebrada Bocapan, para continuar con este procedimiento debemos hallar el distanciamiento óptimo para la construcción de un relleno sanitario, para ello debemos continuar con el siguiente comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Distance >> Euclidean Distance, una vez en el cuadro de Euclidean Distance colocaremos el Shapefile de los Fallas Geológicas, a continuación, haremos dos comandos adicionales que dará mejor precisión al resultado:

- 1) Primer comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent (En Extent colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) como muestra la Figura 63.
- 2) Segundo comando: Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask (En Mask colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) Como muestra la Figura 64.

Una vez colocado los comandos previos continuamos con la reclasificación, estando en el cuadro de Euclidean Distance dos dirigimos a la opción Output Cell Size (Esta opción nos permite dar un tamaño a la celda), a la celda le damos un tamaño de 12.5 como muestra la Figura 65, esto permitirá una mejor resolución a los resultados, como lo muestra la Figura 66.

Figura 63 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.

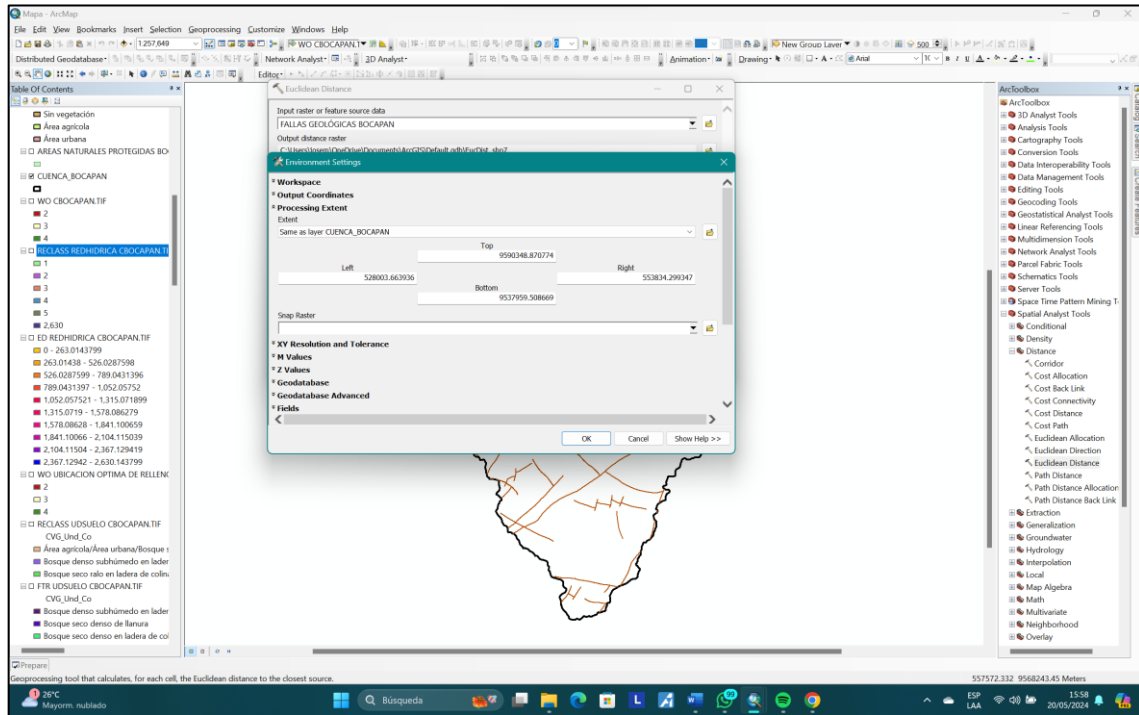


Figura 64 Euclidean Distance >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.

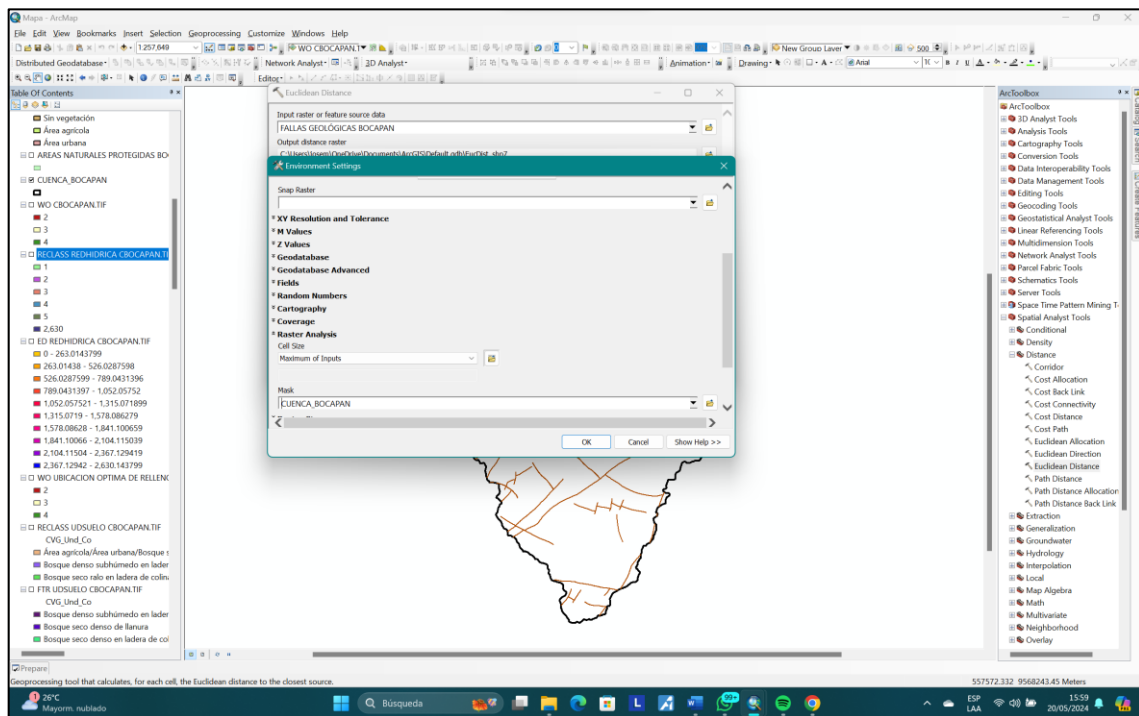


Figura 65 Euclidean Distance >> Output Cell Size >> 12.5.

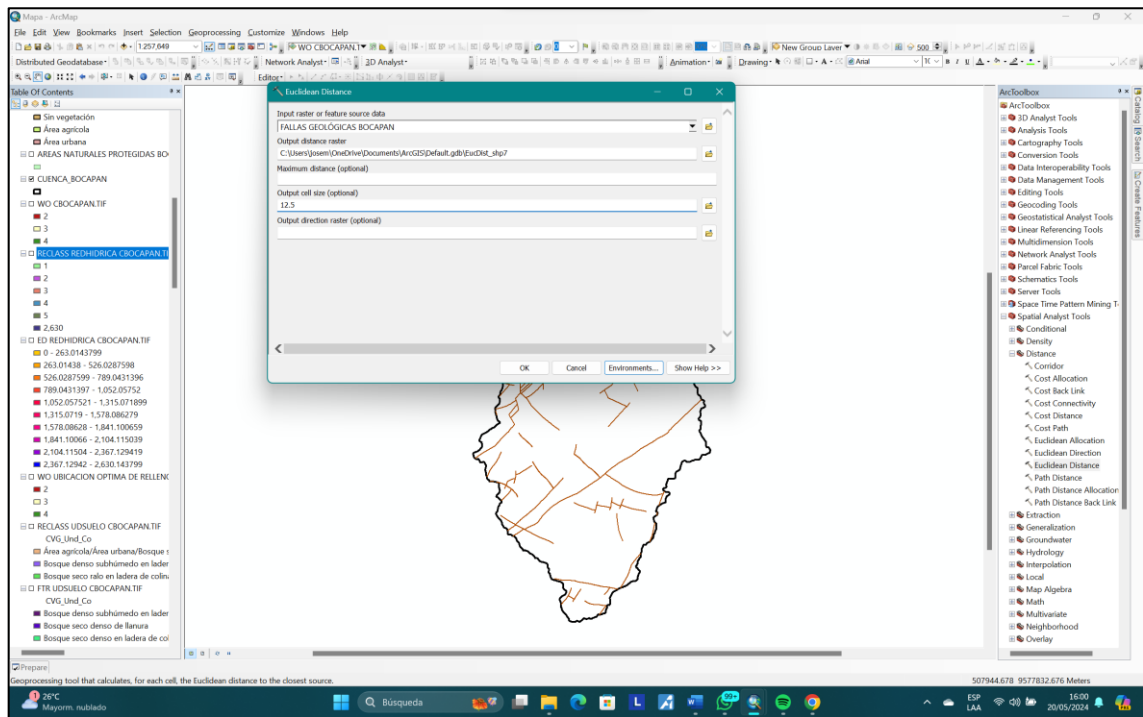
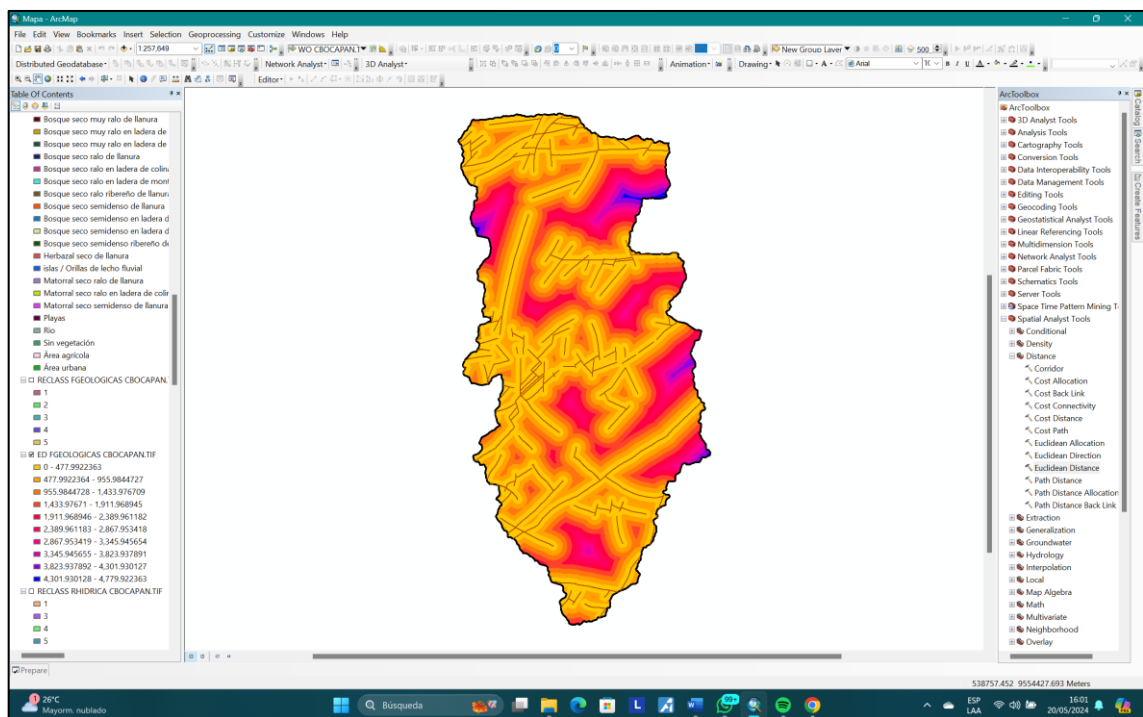


Figura 66 Euclidean Distance >> Resultados.



El resultado fue otra capa que muestra el distanciamiento que hay entre la Fallas Geológicas que va desde los 0.47 km como se demuestra en el color amarillo, hasta los 4.77 km como se muestra en el color azul, para continuar con el criterio establecido debemos darle una reclasificación, para esto usaremos el siguiente

comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Reclass >> Reclassify, una vez estando en el cuadro de Reclassify, colocamos la nueva imagen Raster de Euclidean Distance, nos dirigimos a la opción Classification >> Method (Seleccionamos la opción Equal Interval) >> Break Values (El primer valor lo reemplazamos por 1000, porque es el valor mínimo de distancia que debe estar la zona de relleno sanitario) y lo dividimos en 5 clases como muestra la Figura 67, una vez terminado este paso regresaremos al cuadro Reclassify y en la opción Reclassification >> New Values, están enumerados del 1 al 5, donde el valor 1 es el menos óptimo y valor 5 el más óptimo, por ende el valor de distancia de 0 a 1000 será los menos óptimos por ende el número que le corresponde es el 1, y los vamos a enumerar de manera ascendente, es decir de 1 a 5, dado que las distancias mayores a 1000 serán las más óptimas como muestra la Figura 68.

Figura 67 Classification >> Method >> Defined Interval >> Break Values.

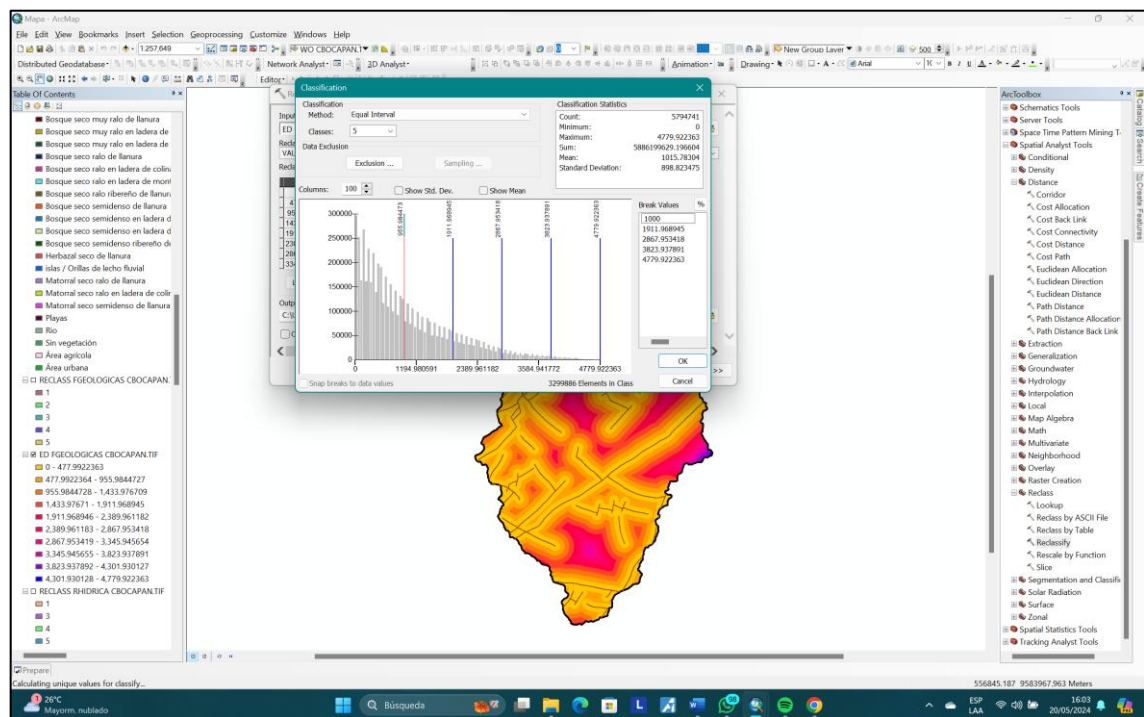
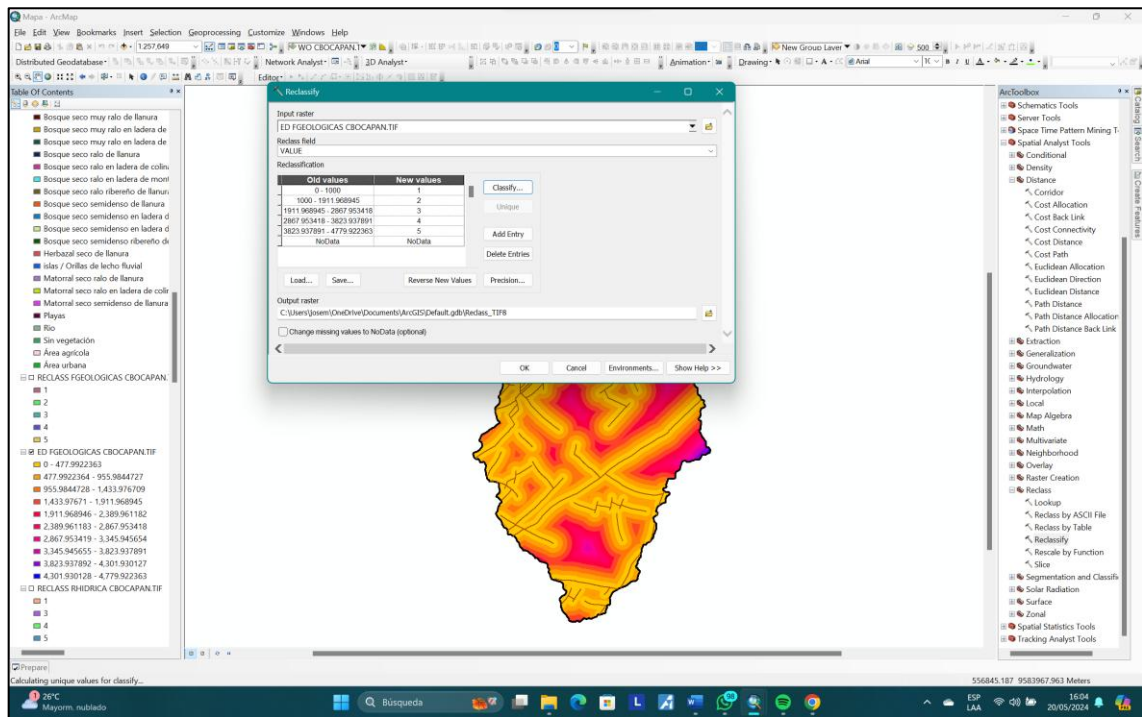
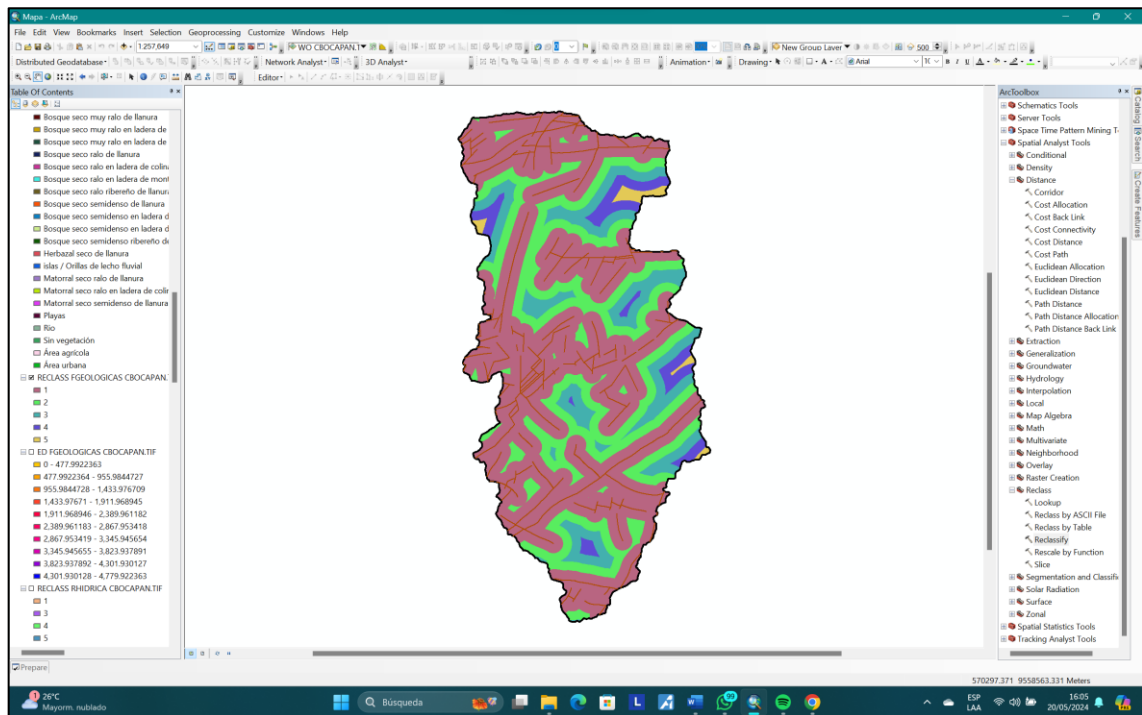


Figura 68 Reclassify >> Reclassification >> New Values.



El resultado de este paso se mostró el distanciamiento óptimo que debe estar el ubicado el relleno sanitario donde el color magenta representado por el valor 1 es el menos óptimo y es el que mayor área abarca, y los demás colores, tanto como el verde claro representado por el valor 2, el color verde marino representado por el valor 3, el color púrpura representado por el valor 4 y el color amarillo oscuro representado por el valor 5 son los más óptimos, dado que están distanciados a más de 1000 metros. Tal como se demuestra en la Figura 69.

Figura 69 Raster Reclasificado de Distanciamientos Óptimos de Fallas Geológicas.



El noveno criterio que se realizó esta en función del Uso de Suelo de la Quebrada Bocapan, para continuar con este procedimiento debemos hallar el suelo óptimo para la construcción de un relleno sanitario, para ello debemos continuar con el siguiente comando: ArcToolBox >> Conversion Tools >> To Raster >> Feature to Raster, una vez en el cuadro de Feature to Raster colocaremos el Shapefile de Uso de Suelo, a continuación, haremos dos comandos adicionales que dará mejor precisión al resultado:

- 1) Primer comando es: Feature to Raster >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent (En Extent colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) como muestra la Figura 70.
- 2) Segundo comando es: Feature to Raster >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask (En Mask colocamos el Shapefile de la Cuenca de la Quebrada Bocapan) Como muestra la Figura 71.

Una vez colocado los comandos previos continuamos con la conversión a raster, estando en el cuadro de Feature to Raster nos dirigimos a la opción Output Cell Size (Esta opción nos permite dar un tamaño a la celda), a la celda le damos un tamaño de 12.5 y a la opción Field donde vamos a elegir la celda CVG_Und_Co (Esta opción muestra los nombres del uso de suelo actual) como muestra la Figura

72, esto permitirá una mejor resolución a los resultados y una mejor distinción en el uso de suelo, como lo muestra la Figura 73.

Figura 70 Feature to Raster >> Environment Settings >> Processing Extent >> Extent.

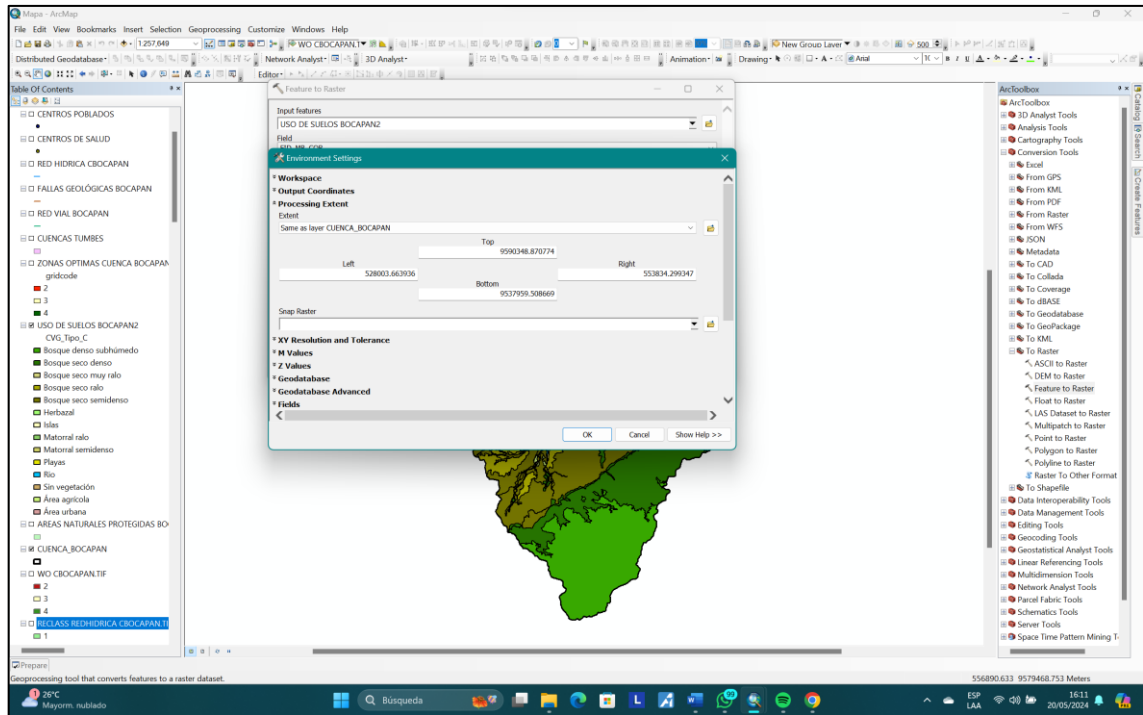


Figura 71 Feature to Raster >> Environment Settings >> Raster Analysis >> Mask.

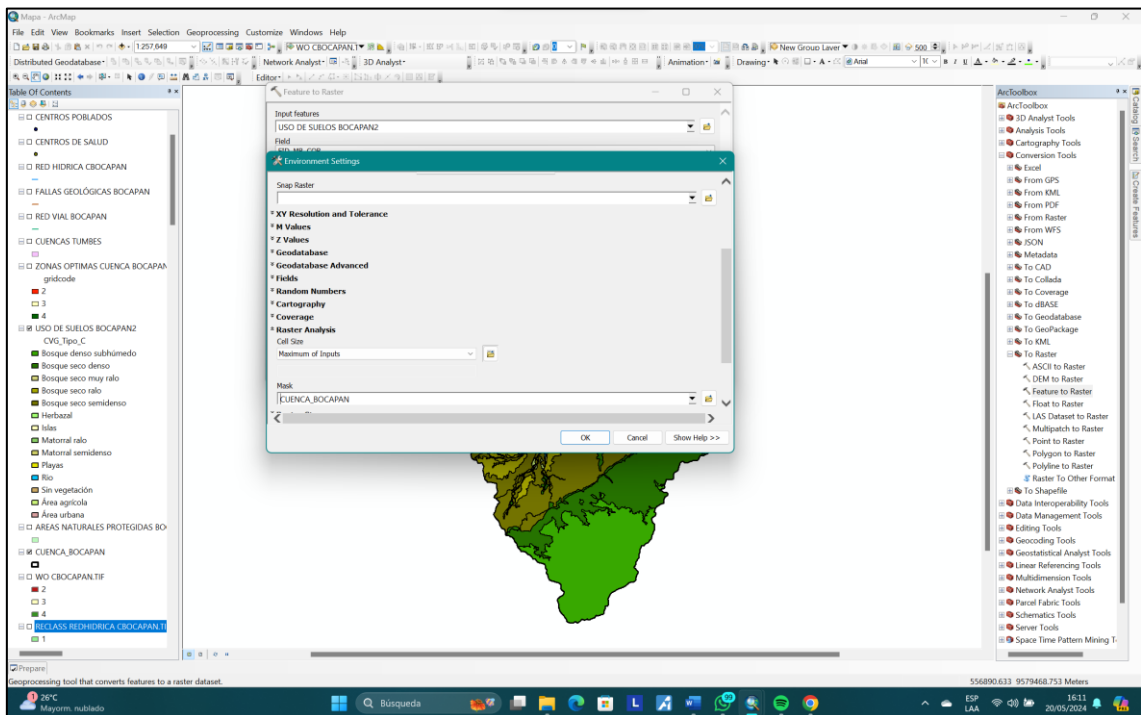


Figura 72 Feature to Raster >> Output Cell Size >> 12.5 >> Field >> CVG_Und_Co.

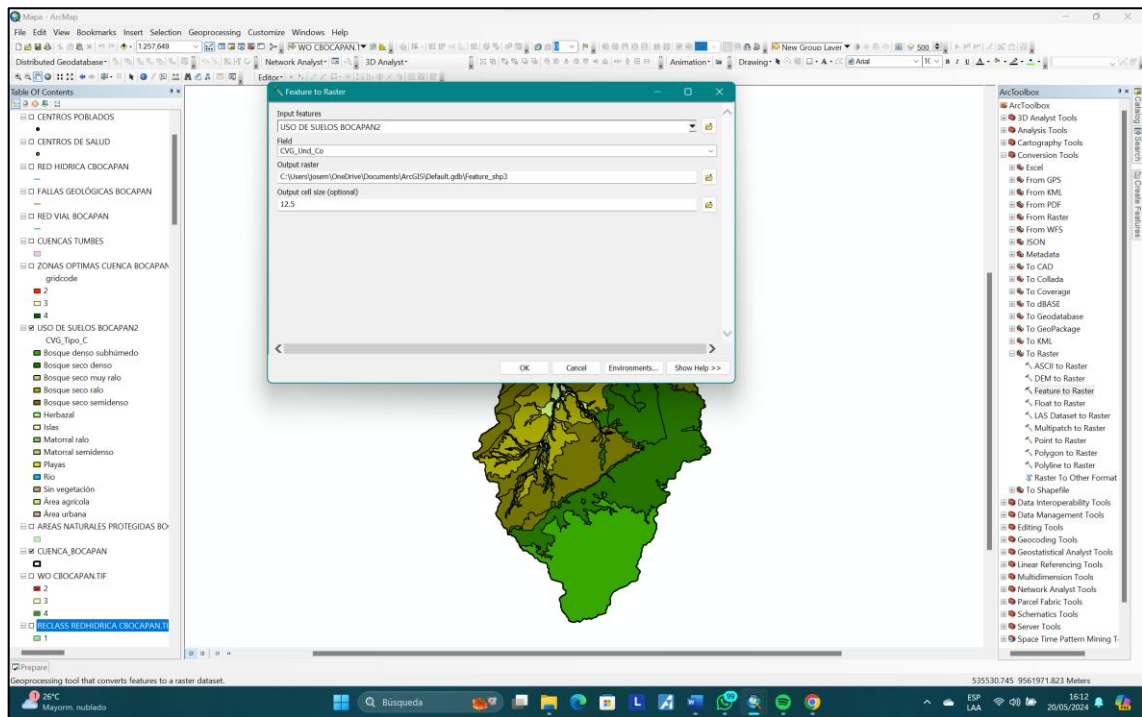
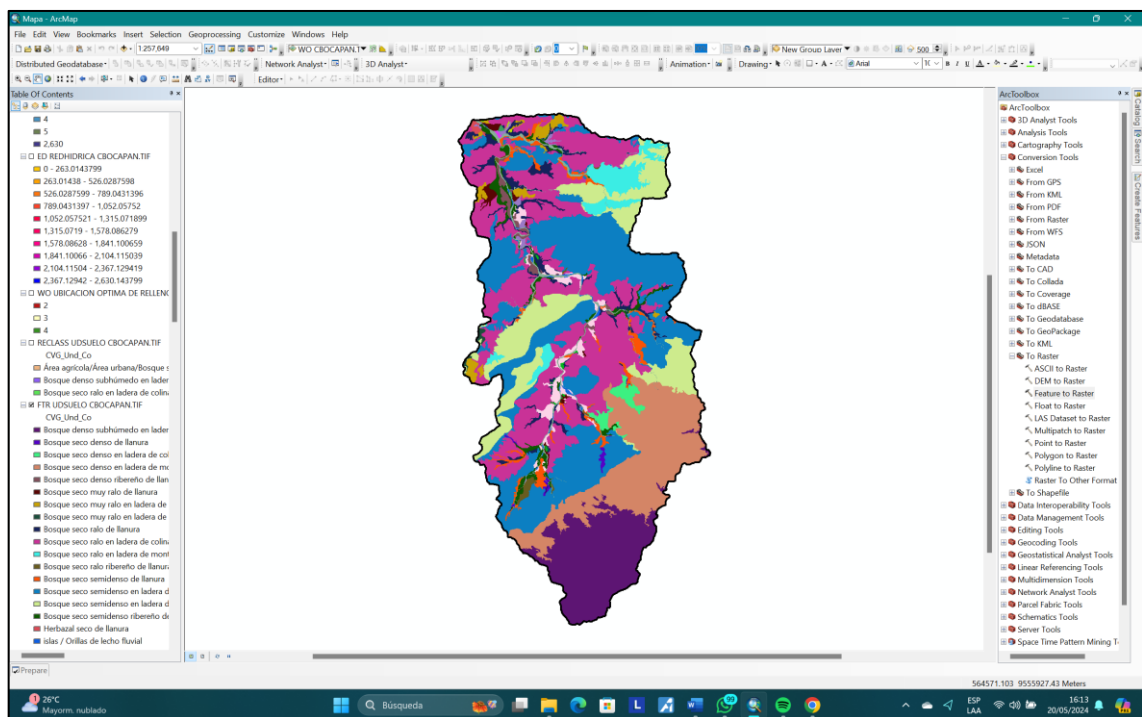


Figura 73 Feature to Raster >> Resultados.



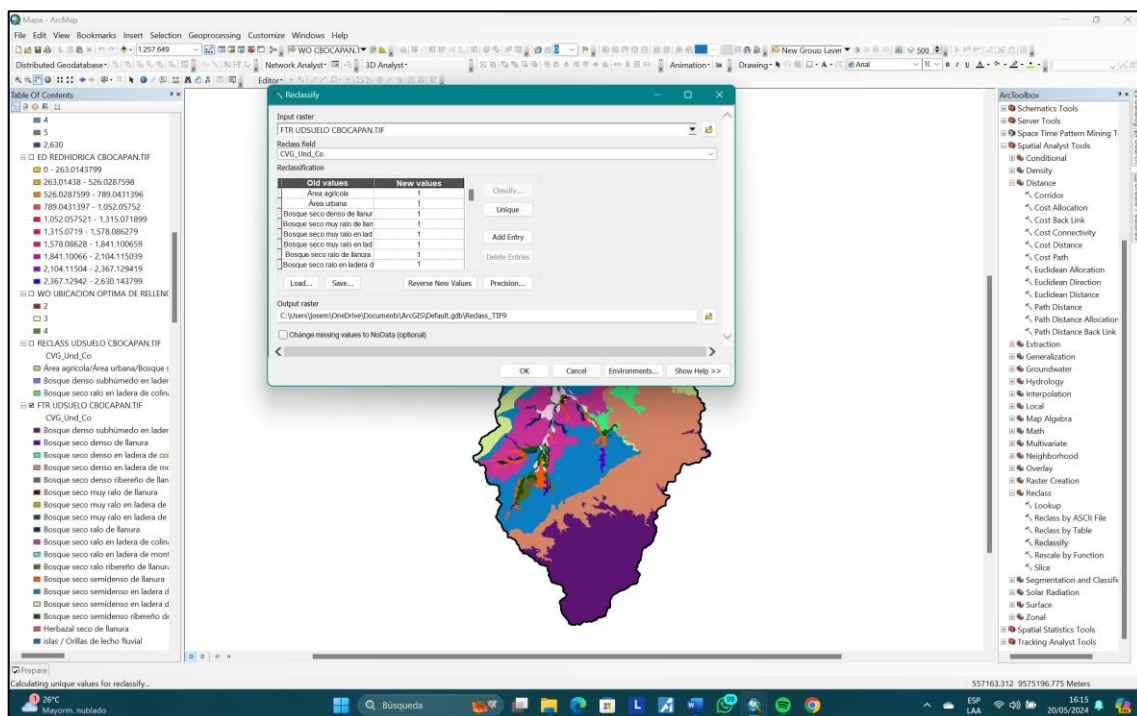
El resultado de este procedimiento demostró como está clasificado el uso de suelo en formato Raster, pero para continuar con nuestro criterio establecido debemos darle una reclasificación, para esto usaremos el siguiente comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Reclass >> Reclassify, una vez estando en el cuadro de

Reclassify, colocamos la nueva imagen Raster de Feature to Raster, nos dirigimos a la opción Reclass Field >> CVG_UND_CO >> Reclassification >> New Values (En esta opción clasificaremos las zonas óptimas para un relleno sanitario con el valor 5, y para las zonas no optimas con el valor 1, las posibles zonas obtendrán el valor 3) las cuales son:

- 1) El valor 1 lo obtendrán las siguientes áreas de uso de suelo: Área agrícola, Área urbana, Bosque seco denso de llanura, Bosque seco muy ralo de llanura, Bosque seco muy ralo en ladera de colina, Río, Playas.
- 2) El valor 3 lo obtendrán las siguientes áreas de uso de suelo: Matorral seco ralo en ladera de colina.
- 3) El valor 5 lo obtendrán las siguientes áreas de uso de suelo: Herbazal seco de llanura, Matorral seco ralo de llanura, Matorral seco semidenso de llanura, sin vegetación.

Estos criterios se han tomado para obtener la ubicación optima de relleno sanitario como muestra la Figura 74.

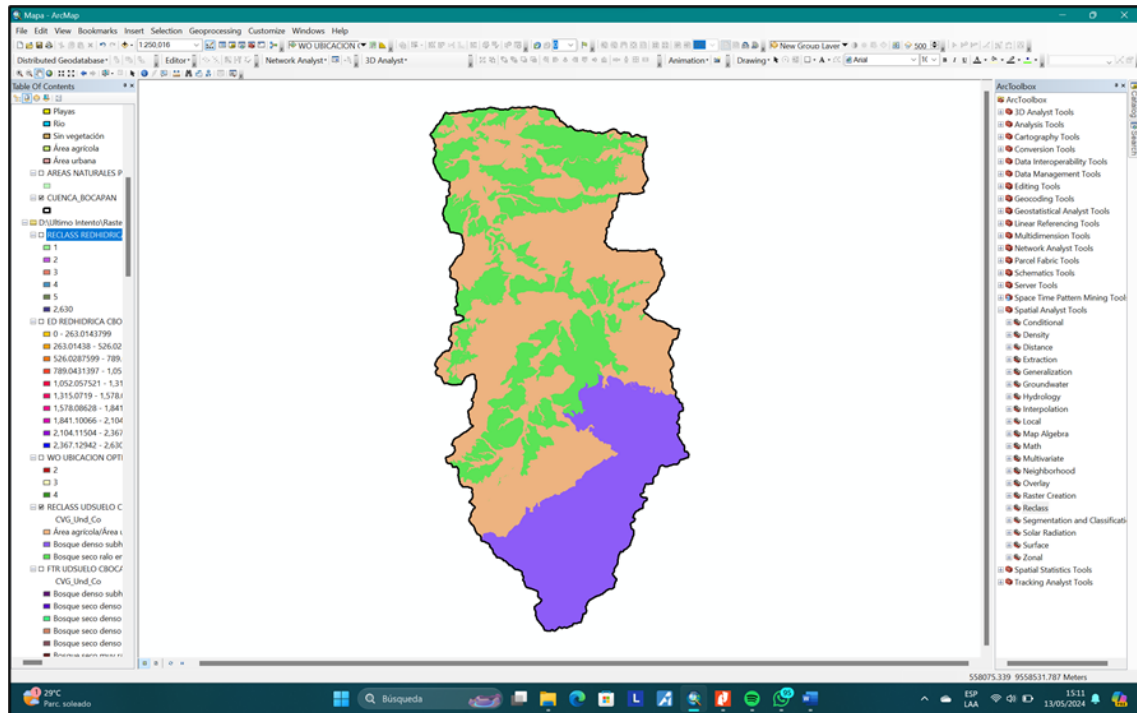
Figura 74 Reclassify >> Reclassification >> New Values.



El resultado de este paso se mostró el área optima que debe estar el ubicado el relleno sanitario donde el color verde claro representado por el valor 1 es el menos optimo y es el que mayor área abarca, y los demás colores, tanto como el morado

representado por el valor 3, el color marrón claro representado por el valor 5 son las áreas que pueden ser potenciales para la ubicación de un relleno sanitario, como muestra la Figura 75.

Figura 75 Raster Reclasificado de Uso de Suelo.



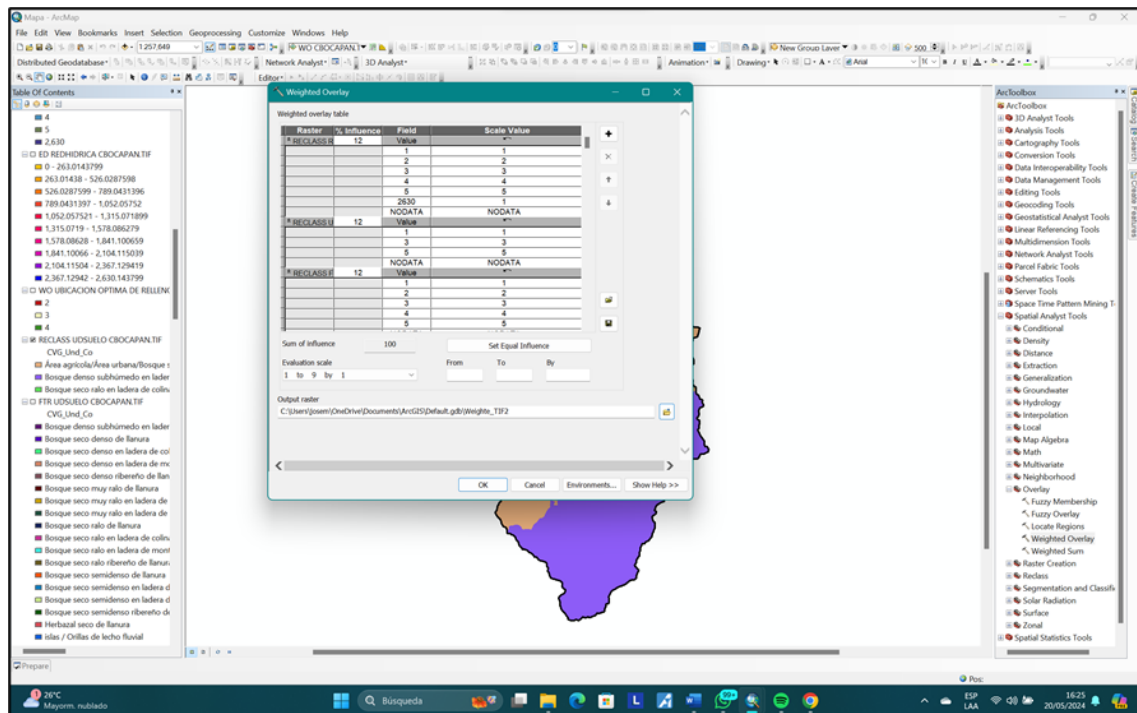
Una vez obtenido los 9 criterios que nosotros hemos establecido convenientes para la ubicación óptima de relleno sanitario, para ello tendremos que guiarnos de la Tabla 07: Porcentaje del criterio de influencia a utilizar para la elaboración de las zonas óptimas de relleno sanitario que va de la mano con el siguiente comando: ArcToolBox >> Spatial Analyst Tools >> Overlay >> Weighted Overlay >> Weighted Overlay Table (En esta opción colocaremos los 9 criterios establecidos, pero en porcentaje establecido por la tabla de influencia, la suma de los 9 criterios debe dar el 100%) como se muestra en la Figura 76. Este paso es denominado Análisis de Criterio Múltiple.

Tabla 7 Porcentaje de Criterios para la Creación del Mapa de Zonas Óptimas de Relleno Sanitario.

PORCENTAJE DE INFLUENCIA	
Reclass de pendiente	12%

Reclass de fallas geológicas	12%
Reclass de red hídrica	12%
Reclass de red vial	12%
Reclass de uso de suelo	12%
Reclass de centros poblados	10%
Reclass de centros de salud	10%
Reclass de instituciones educativas	10%
Reclass de sitios arqueológicos	10%
Total	100%

Figura 76 Spatial Analyst Tools >> Overlay >> Weighted Overlay >> Weighted Overlay Table.



El resultado de este comando son 3 tipos de áreas:

- 1) De color Rojo: Las áreas que no son óptimas para la ubicación de relleno sanitario.

- 2) De color Blanco: Las áreas que son medianamente óptimas para la ubicación de relleno sanitario.
- 3) De color Verde: Las áreas que son posiblemente óptimas para la ubicación de relleno sanitario.

Como muestra la Figura 77, ahora teniendo este resultado tendremos que convertirlo en formato shapefile con el siguiente comando: ArcToolBox >> Conversion Tools >> From Raster >> Raster To Polygon, Colocamos el Raster de Weighted Overlay, y lo convertimos a formato shapefile como muestra la Figura 78.

Figura 77 *Weighted Overlay Resultados.*

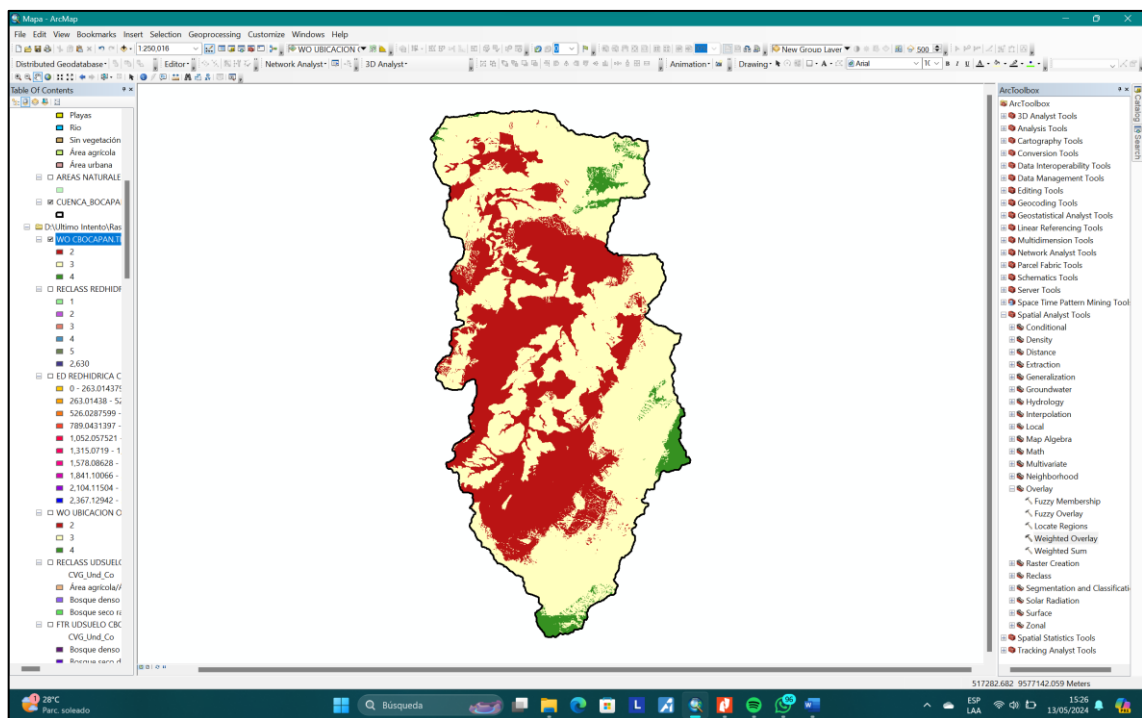
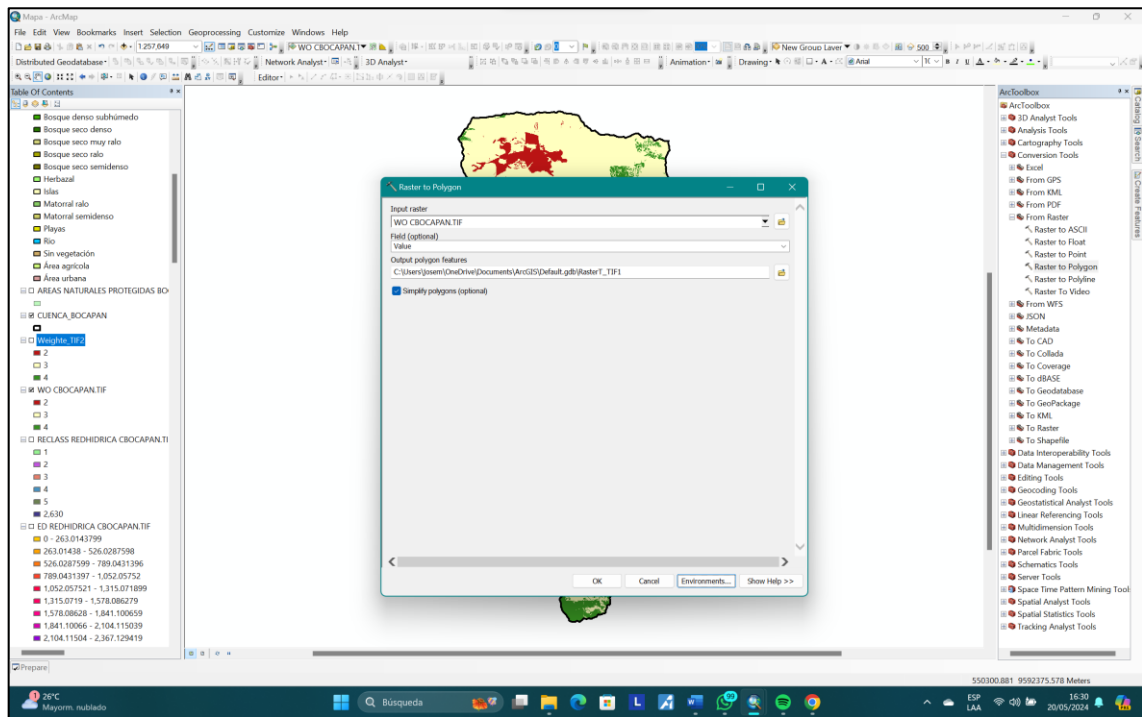


Figura 78 Conversion Tools >> From Raster >> Raster To Polygon.



El resultado de este comando es la conversión de formato raster a formato shapefile como muestra la Figura 79, pero también tiene otro propósito este comando, es la obtención del número de zonas óptimas que hay en la Cuenca de la Quebrada Bocapan, para saber el siguiente resultado debemos seguir el siguiente comando: Open Attribute Table >> Select By Attributes >> “Gridcode” = 4 (Este es el valor que tiene las áreas posiblemente óptimas para relleno sanitario) como muestra en la Figura 80, nos dirigimos a la opción Show Selected Records (Esta opción solo te muestra los valores seleccionados por el comando ya establecido) como muestra la Figura 81, como resultado de lo seleccionado, tenemos 489 áreas de zonas posiblemente óptimas para relleno sanitario, pero aún tenemos que identificar que cumpla con el criterio de distanciamiento mínimo establecido por el decreto legislativo N° 1278. Para esto vamos a utilizar el programa Google Earth Pro y los archivos Shapefile obtenidos los vamos a convertir a formato KML y con esto concluir si la disposición final de residuos sólidos en la Cuenca de la Quebrada Bocapan Cumple con la Normativa del Decreto Legislativo N° 1278. Esta información se mostrará en los Anexos.

Figura 79 Raster To Polygon Resultados.

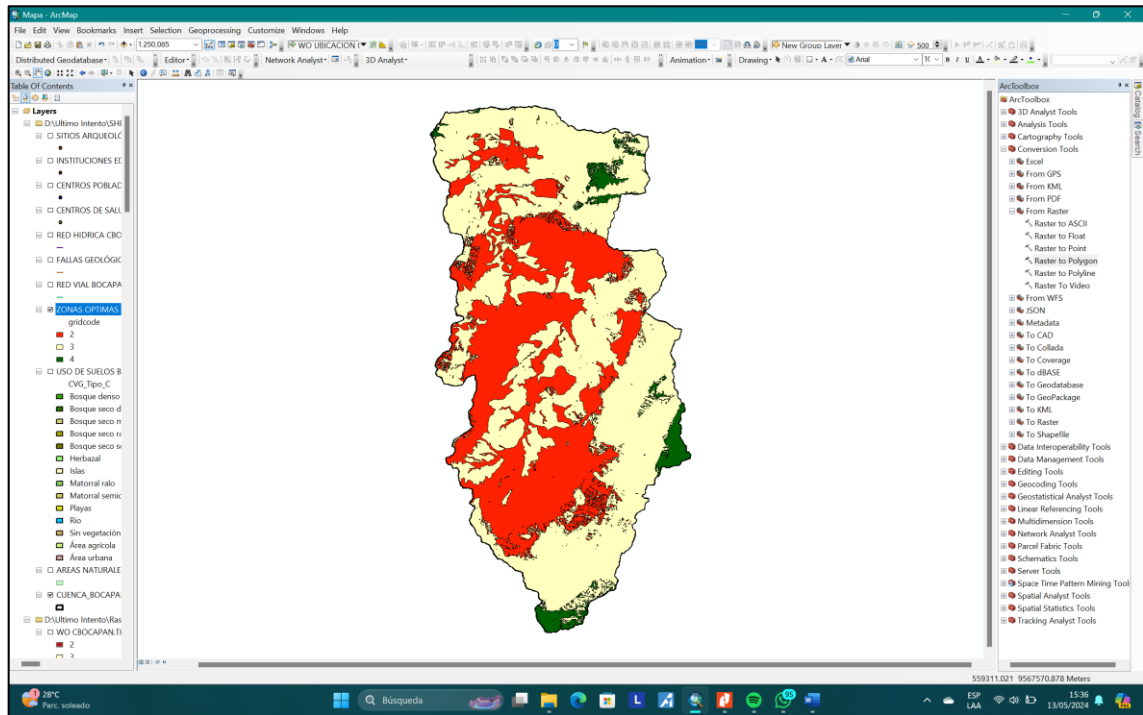


Figura 80 Open Attribute Table >> Select By Attributes >> "Gridcode" = 4.

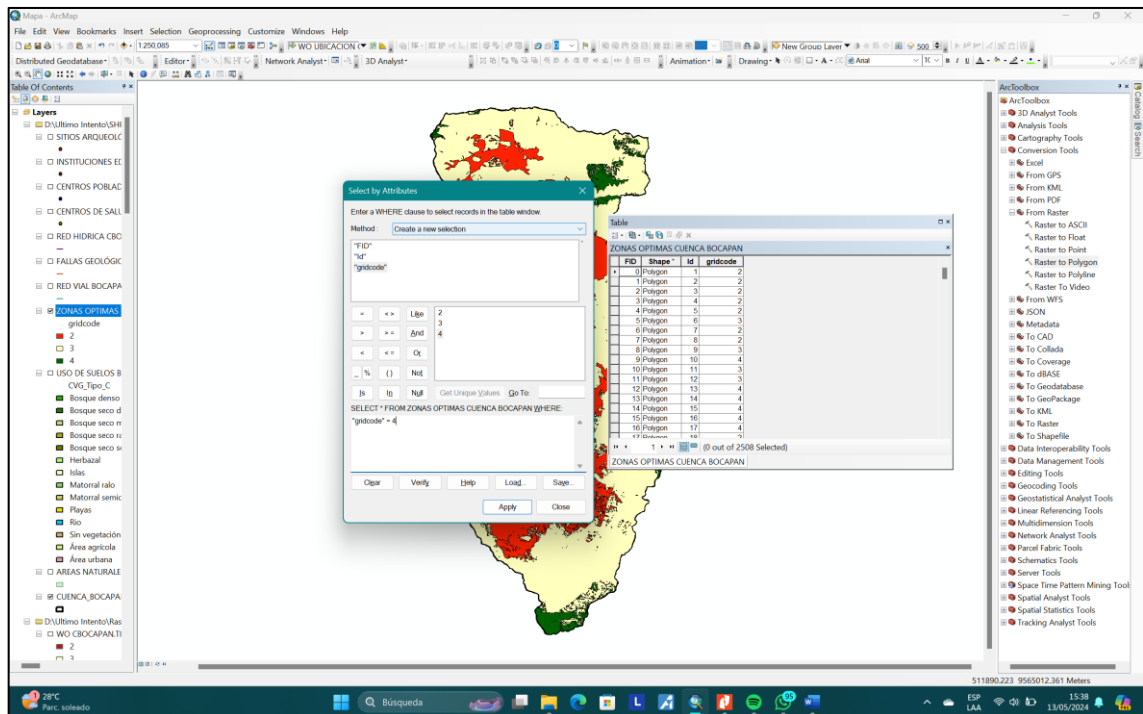
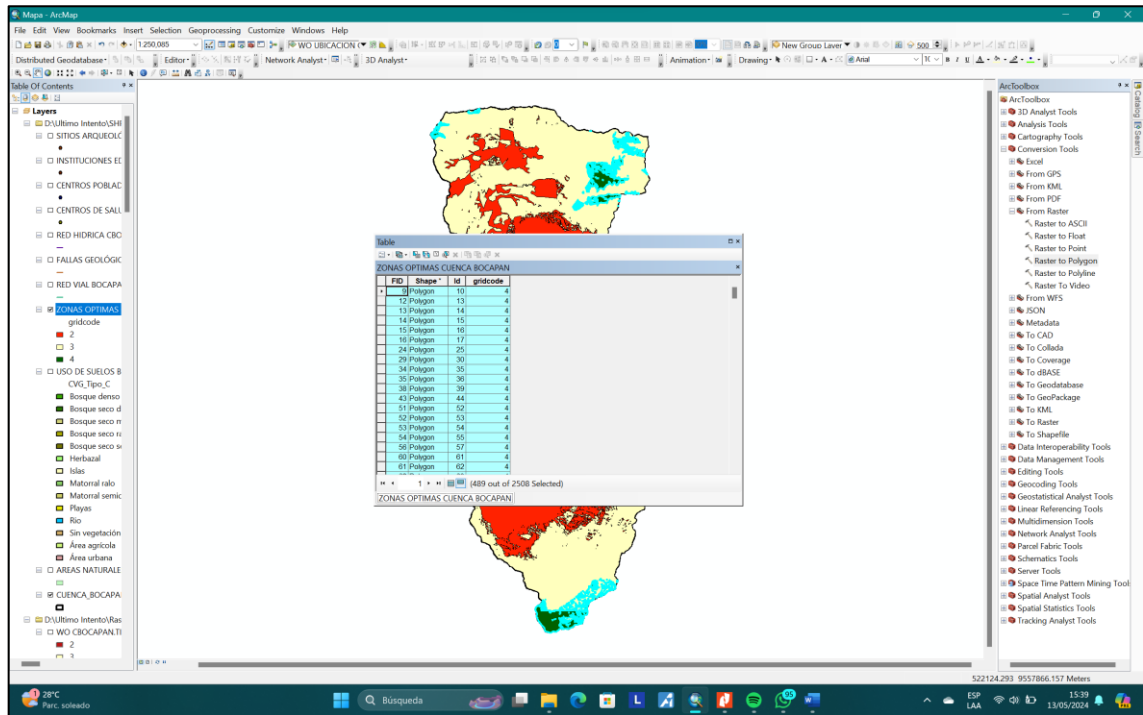


Figura 81 Open Attribute Table >> Show Selected Records.



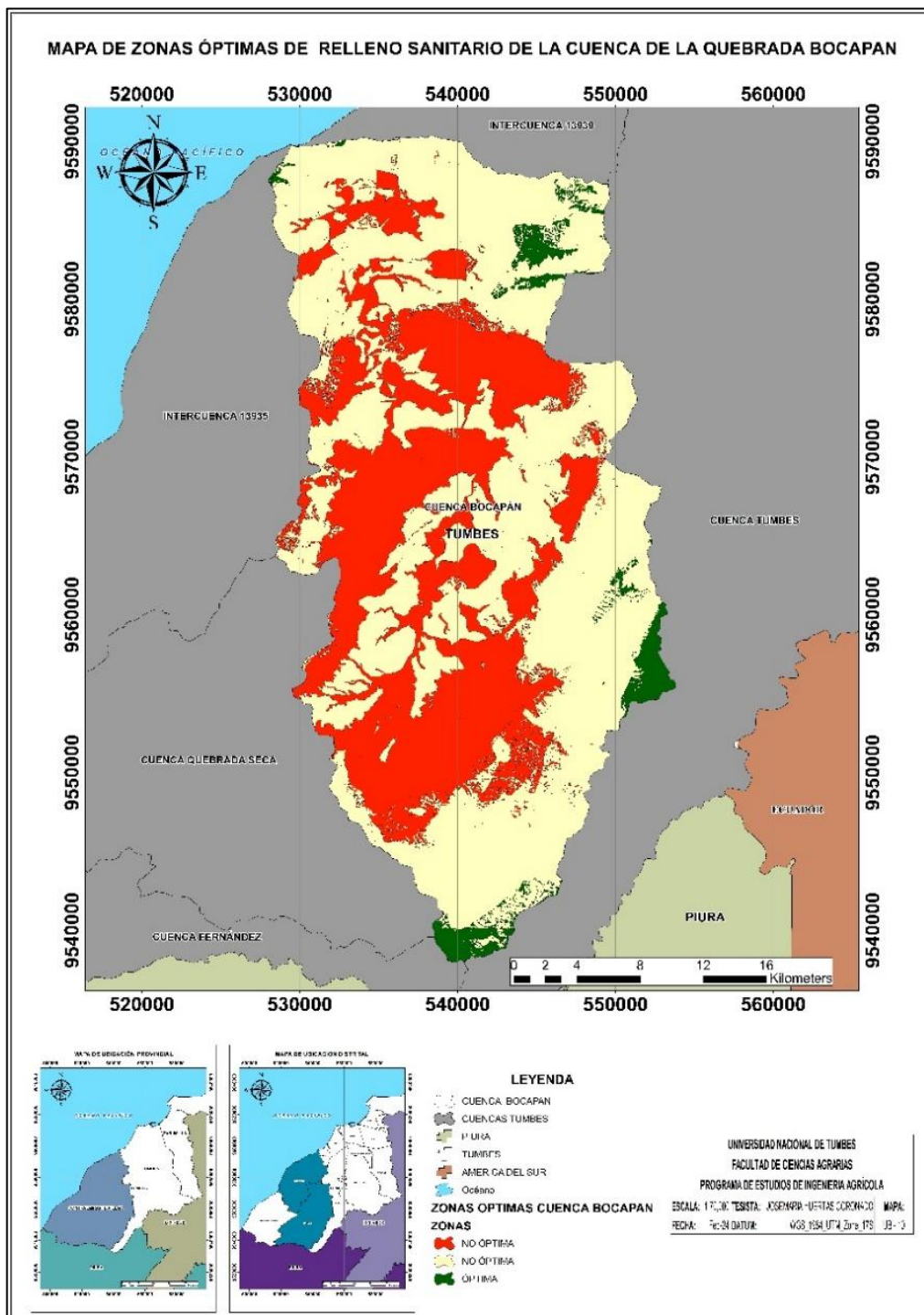
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS:

4.1.1 MAPA DE ZONAS ÓPTIMAS DE RELLENO SANITARIO:

El mapa de zonas óptimas para la disposición de Relleno Sanitario en la Cuenca de la Quebrada Bocapan, ubicado en los distritos de Casitas y Zorritos, dan como resultado 489 zonas posiblemente óptimas para la disposición final de los desechos sólidos, pero de todas las 489 zonas posiblemente óptimas, 142 están fuera del criterio de distanciamiento mínimo áreas de la zona natural protegida y zona de amortiguamiento. Entonces estas zonas posiblemente adecuadas, hay dos áreas idóneas, una de 19.92 Ha y la otra de 6.79 Ha que cumplen con el criterio de distanciamiento mínimo que nos impone el criterio legislativo N° 1278, como indica la Figura 82:

Figura 82 Mapa de Posibles Zonas Óptimas de Relleno Sanitario de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.

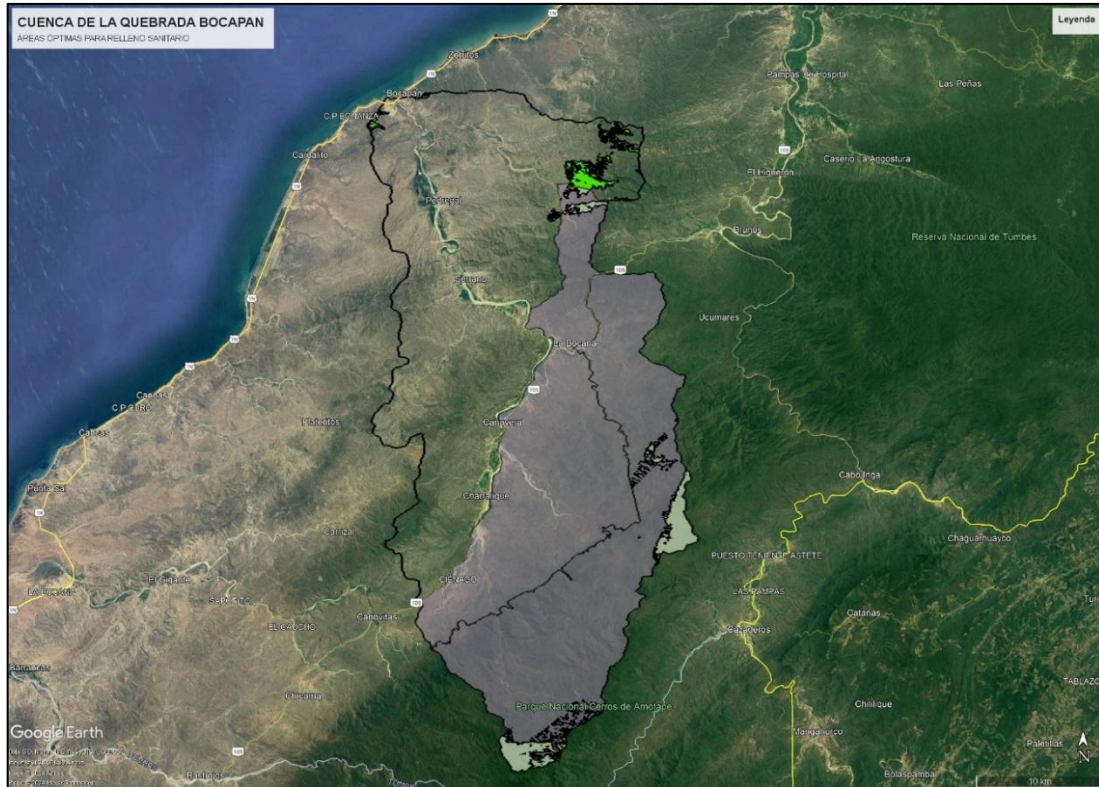


4.1.2 ZONAS ÓPTIMAS FUERA DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA Y ZONA DE AMORTIGUAMIENTO:

La Figura 83 muestra las áreas óptimas que están fuera del área natural protegida y del área de amortiguamiento, en total son 142 áreas que son posiblemente aptas

para la disposición final de residuos sólidos, de las cuales 2 son idóneas. Esto se analizó en el software Google Earth Pro.

Figura 83 Zonas Óptimas Fuera del Área Natural Protegida y Zonas de Amortiguamiento.



Como podemos observar del 100% del resultado de las áreas para la Disposición Final de Residuos Sólidos, solo el 29.04% de ellas son posiblemente aptas para la construcción de un Relleno Sanitario sin afectar las áreas protegidas de acuerdo al criterio de distanciamiento que otorga el Decreto Legislativo N° 1278. Como vamos a demostrar en las Figuras: 84, 85, y 86.

Figura 84 Zonas Posiblemente Aptas N° 01 Para la Disposición Final de Residuos Solidos.

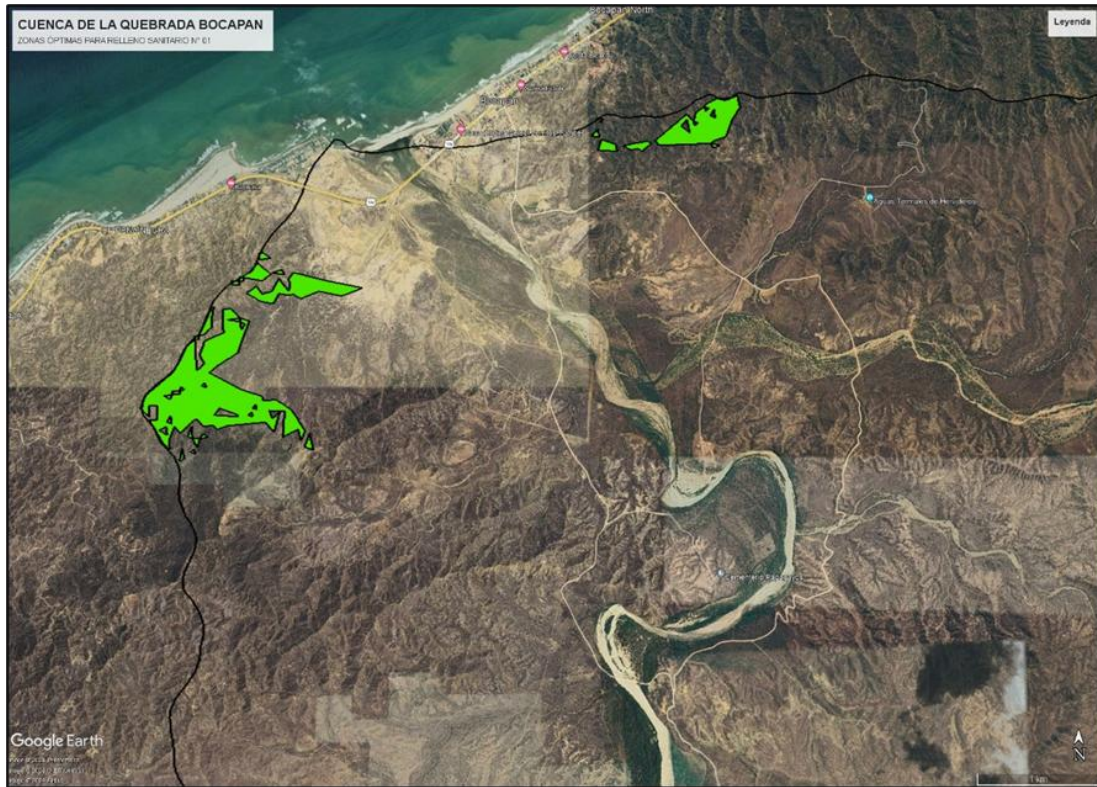


Figura 85 Zonas Posiblemente Aptas N° 02 Para la Disposición Final de Residuos Solidos.

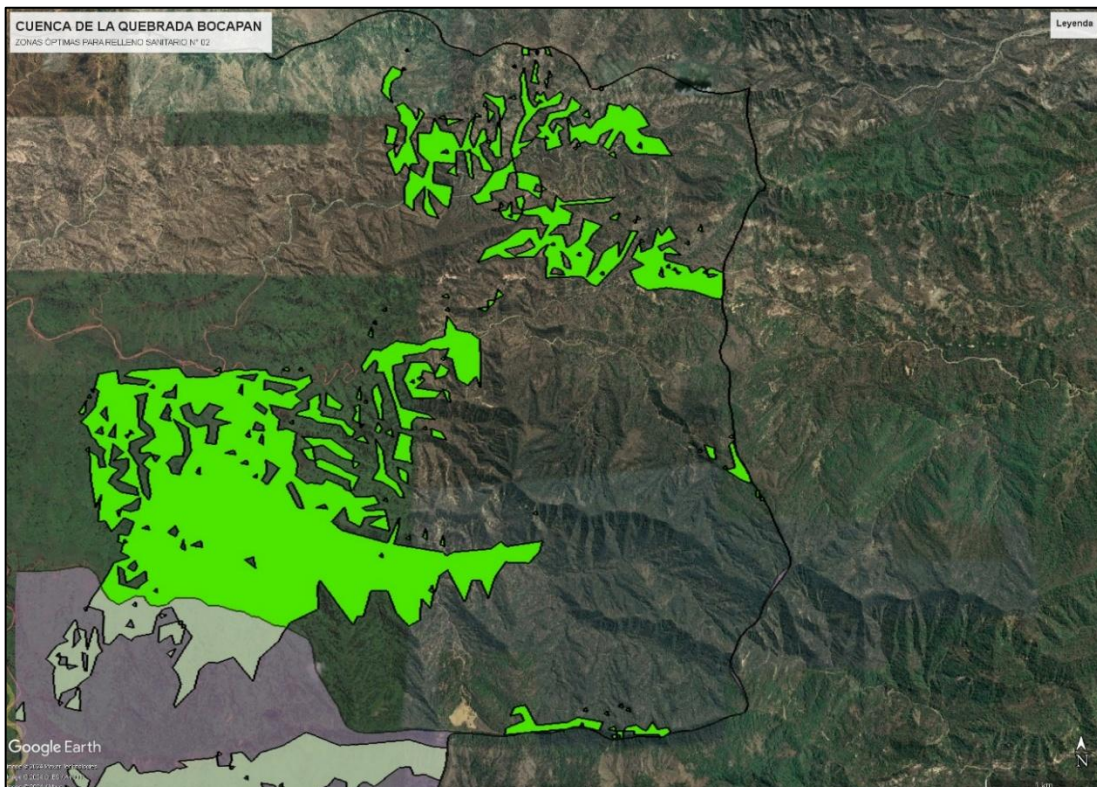
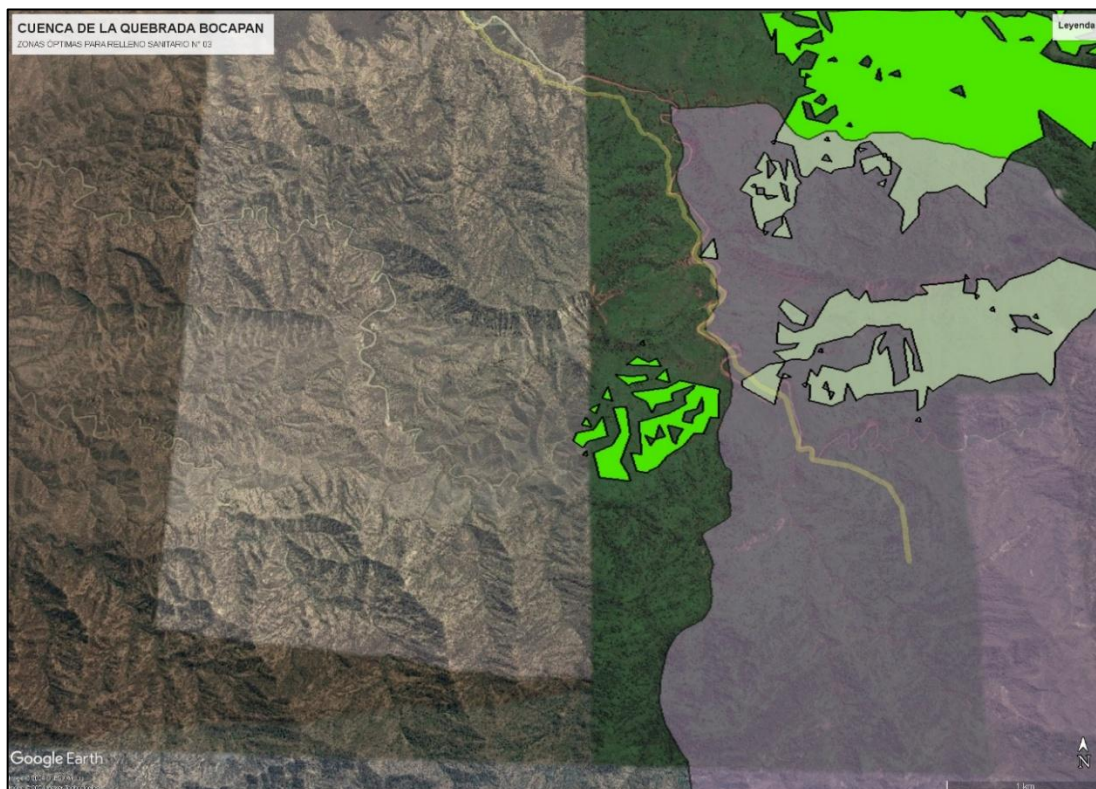


Figura 86 Zonas Posiblemente Aptas N° 03 Para la Disposición Final de Residuos Sólidos.



Teniendo estos resultados se concluye que la Cuenca de la Quebrada Bocapan si cumple con los requisitos para la construcción de un Relleno Sanitario, dado que su Geografía, Uso de suelo, Red Hidrométrica, Centros Poblados, Fallas Geológicas, Red Vial, Centros de Salud, Instituciones Educativas, y Sitios Arqueológicos cumplen con el criterio de distanciamiento óptimo del Decreto Legislativo N° 1278, dando como resultado dos áreas idóneas, una de ellas con un área de 19.92 Ha y otra de 6.79 Ha, para la disposición final de residuos sólidos.

4.2 DISCUSIÓN:

Se analizaron los criterios para la gestión de residuos sólidos en base a discernimiento propio teniendo como base la guía del MINAM en la cuenca de la quebrada Bocapán siendo las siguientes: Pendiente, fallas geológicas, red hídrica, red vial, uso de suelo, centros poblados, centros de salud, instituciones educativas, sitios arqueológicos, éstas variables tienen una influencia directa en la determinación de zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos dentro de nuestra investigación (Ver Figura 82). Esquivel & Lezama (2019) aplican la guía

del MINAM con diferente porcentaje de influencia dado a los criterios de su zona de estudio, teniendo un resultado similar.

Los criterios para la gestión de residuos sólidos en base a discernimiento propio en la cuenca de la quebrada Bocapán teniendo en cuenta la guía del MINAM, dieron como resultados 489 zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos, de las cuales 142 están fuera del área protegida, de estas 142 áreas posiblemente aptas, 2 áreas si cumplen con el distanciamiento mínimo de los criterios de la guía del MINAM escogidos para esta investigación. Velásquez Ancalla (2019), con la guía del MINAM escogió los criterios para su área de estudio, además del tonelaje anual de residuos sólidos del distrito de Apata encontrando 2 posibles alternativas para su debida disposición.

Analizando los criterios del MINAM en base de la información que se encuentra en la cuenca de la quebrada Bocapán se estimaron 489 zonas posiblemente óptimas para la disposición final de relleno sanitario y dentro de esos resultados 142 fuera del área protegida y la zona de amortiguamiento, dando como resultado 2 áreas idóneas, una de 19.92 Ha y la otra de 6.79 Ha, podemos concluir que los criterios de dicha guía pueden aplicarse a nivel nacional como a nivel mundial. Çeliker, Yildiz, & Nacar Koçer (2018) en su investigación “Evaluating solid waste landfill site selection using multi-criteria decision analysis and geographic information systems in the city of Elazığ, Turkey” aplicaron sus propios criterios dados por la guía de su país, encontraron dos áreas idóneas de 2.64 Ha y 6.10 Ha para la disposición final de residuos sólidos.

Los criterios más utilizados de la guía del MINAM eventualmente son: Pendientes, geología, red hídrica, centros poblados, centros de salud, instituciones educativas, red vial, uso de suelo, arqueología. Dado que es la información con mayor aproximación que tiene cualquier área de estudio y que arroja resultados con mayor exactitud. Özkan, Özceylan, & Sarıçiçek, en su investigación GIS-based MCDM modeling for landfill site suitability analysis: A comprehensive review of the literature, investiga la similitud de 106 estudios publicados en un rango de fecha entre 2005 – 2019, dando como resultado que los criterios más utilizados son: agua superficial y subterránea, la geología, el uso de la tierra, la distancia a la zona de falla, la distancia a las áreas urbanas y la distancia a la carretera y la pendiente. Teniendo una similitud con la guía del MINAM.

5 CONCLUSIONES

Respondiendo al objetivo general, si se puede determinar las zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos en la Cuenca de la Quebrada Bocapan – Tumbes 2024. Dado que los resultados obtenidos fueron correspondientes a lo que se buscó desde el inicio de la siguiente investigación.

Ahora respondiendo al objetivo específico N° 01, La Cuenca de la Quebrada Bocapan cumple con los criterios establecidos por el Decreto Legislativo N° 1278, la respuesta es positiva, por la siguiente razón:

- 1) Dado que la investigación de zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos Cuenca de la Quebrada Bocapán está sujeta al criterio de distanciamiento impuesto por el decreto legislativo N° 1278, se observó que 2 resultados de las 489 zonas posiblemente aptas son idóneos, contando una con un área de 19.92 Ha y otra de 6.79 Ha. Estas dos áreas cumplen con los 9 criterios establecidos por el presente investigador **(Ver Anexos del 1 hasta el 9)**.

Concluyendo el análisis realizado en la Cuenca de la Quebrada Bocapán, basado en los criterios establecidos en el Decreto Legislativo N° 1278, permitió evaluar su idoneidad para la ubicación de un relleno sanitario. Tras considerar pendientes, centros poblados, centros de salud, red hídrica, red vial, instituciones educativas, uso de suelo, fallas geológicas y sitios arqueológicos, solo dos áreas, una de 19.92 Ha y otra de 6.79 Ha, dentro de la cuenca cumplieron con las condiciones necesarias para garantizar la sostenibilidad y seguridad del proyecto.

Ahora respondiendo al objetivo específico N° 02, Luego de realizar un Análisis de Criterios Múltiples en la Cuenca de la Quebrada Bocapán, se identificaron 489 zonas posiblemente óptimas para la disposición final de residuos sólidos, de las cuales 2 son idóneas para la disposición final de residuos sólidos.

6 RECOMENDACIONES

Evaluación de Impacto Ambiental Detallada: Realizar estudios más profundos sobre los efectos que la instalación del relleno sanitario podría tener en los ecosistemas locales, especialmente en la red hídrica y la biodiversidad de la Cuenca de la Quebrada Bocapán. Esto permitiría establecer medidas de mitigación más efectivas.

Análisis Geotécnico y de Estabilidad del Terreno: Llevar a cabo estudios específicos sobre la estabilidad de las áreas seleccionadas, considerando la presencia de fallas geológicas y características del suelo. Un análisis detallado de las propiedades mecánicas del terreno ayudaría a garantizar la seguridad estructural y reducir riesgos futuros.

Estudio Socioeconómico y Participación Comunitaria: Investigar el impacto social y económico del proyecto en las comunidades cercanas, evaluando percepciones, posibles beneficios y preocupaciones de la población. Incluir estrategias de participación comunitaria permitiría mejorar la aceptación del proyecto y adaptarlo a las necesidades locales.

Evaluación de Tecnologías de Tratamiento de Residuos: Analizar alternativas tecnológicas para el manejo de residuos sólidos, incluyendo opciones que minimicen impactos ambientales y mejoren la eficiencia del relleno sanitario. Comparar métodos como la biorremediación, la captura de biogás y sistemas de reciclaje podría optimizar la gestión de los desechos.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUJAYYAB, S., MOHD SANUSI, S., AHMAD SHUKRI, Y., MOHAMMED J.K, B., & HAMIDI ABDUL, A. (2016). GIS modelling for new landfill sites: critical review of employed criteria and methods of selection criteria. *Earth and Environmental Science*. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/37/1/012053/pdf>
- AKINTORINWA, O., & OKORO, O. (2019). Combine electrical resistivity method and multi-criteria GIS-based modeling for landfill site selection in the Southwestern Nigeria. *Environmental Earth Sciences*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-019-8153-z>
- ALRUKAIBI, D., & ALSULAILI, A. (2017). GIS-Based Modeling for Appropriate Selection of Landfill Sites. *Journal of Engineering Research*. Obtenido de <https://kuwaitjournals.org/jer/index.php/JER/article/view/3401>
- Autoridad Nacional del Agua. (2024). *Ubicación política de las cuencas*. Obtenido de <https://snirh.ana.gob.pe/VisorPorCuenca/>
- BAHRANI, S. (12 de FEBRERO de 2016). Modeling landfill site selection by multi-criteria decision making and fuzzy functions in GIS, case study: Shabestar, Iran. *ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES*, 75(337). Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-015-5146-4>
- Çeliker, M., Yildiz, O., & Nacar Koçer, N. (13 de Setiembre de 2018). Evaluating solid waste landfill site selection using multi-criteria decision analysis and geographic information systems in the city of Elazığ, Turkey. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/337577478_Evaluating_solid_waste_landfill_site_selection_using_multi-criteria_decision_analysis_and_geographic_information_systems_in_the_city_of_Elazig_Turkey
- CHANDIO IMTIAZ, A., TALPUR MIR, M. A., & TALPUR MIR, A. N. (2016). Municipal Solid Waste (MSW) landfill Site Modeling Using Geographic Information System (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): Case study of Sukkur City, Pakistan. *4th International Conference on Energy, Environment*

and Sustainable Development 2016 (EESD 2016). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/309722055_Municipal_Solid_Waste_MSW_landfill_site_modeling_using_Geographic_Information_System_GIS_and_Multi-Criteria_Decision_Analysis_MCDA_Case_study_of_Sukkur_city_Pakistan

Esquivel Zavala, L. R., & Lezama Paredes, J. K. (2019). *Diseño de un relleno sanitario y planta segregadora de residuos sólidos urbanos para el distrito de Santiago de Chuco - La Libertad 2018*. Trujillo, La Libertad, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/items/127bc0f1-975c-47c2-8aa5-2725f7170be5>

MARWAH M, A., & HUSSEIN, J. (2018). OPTIMUM LOCATION FOR LANDFILLS SITES BASED ON GIS MODELING FOR AL-DIWANIYAH CITY, IRAQ. *Int J Civil Eng Technol*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/327437202_Optimum_location_for_landfills_sites_based_on_GIS_modeling_for_Al-Diwaniyah_City_Iraq

MINISTERIO DEL AMBIENTE, (. (2017). *DECRETO LEGISLATIVO N° 1278*. LIMA, PERÚ. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>

MURAT, C., OSMAN, Y., & NILUFER NACAR, K. (NOVIEMBRE de 2019). https://www.researchgate.net/publication/337577478_Evaluating_solid_waste_landfill_site_selection_using_multi-criteria_decision_analysis_and_geographic_information_systems_in_the_city_of_Elazig_Turkey. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/337577478_Evaluating_solid_waste_landfill_site_selection_using_multi-criteria_decision_analysis_and_geographic_information_systems_in_the_city_of_Elazig_Turkey

Özkan, B., Özceylan, E., & Sariçiçek, İ. (6 de Setiembre de 2019). GIS-based MCDM modeling for landfill site suitability analysis: A comprehensive review of the literature. *Environmental Science and Pollution Research, XXVI,*

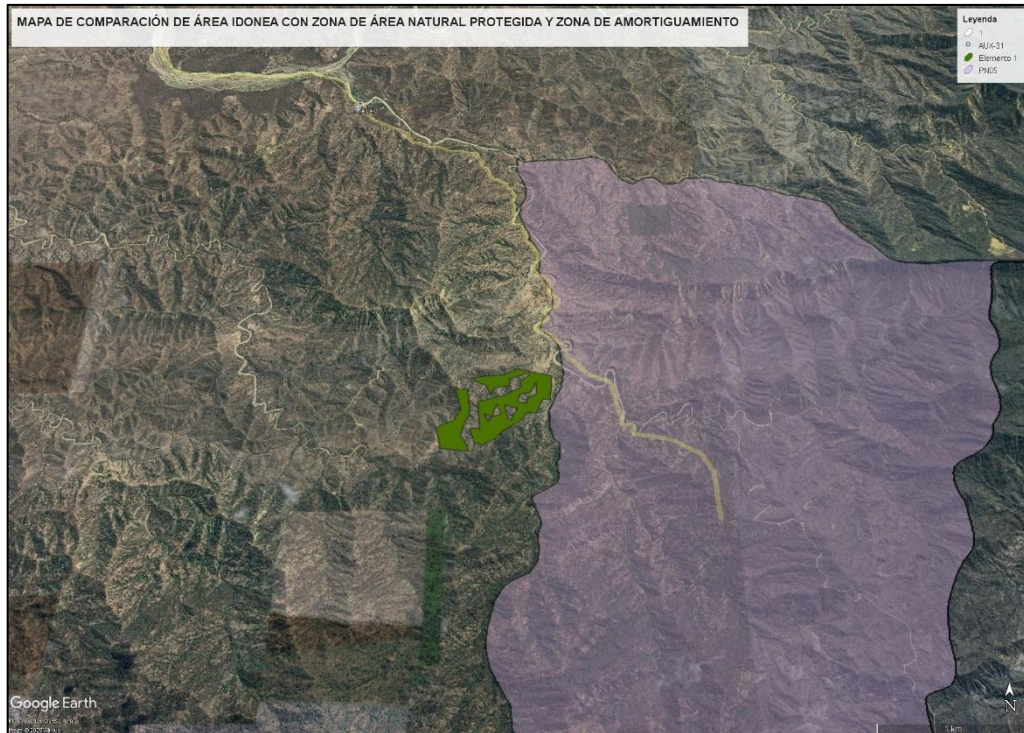
30711–30730. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-019-06298-1>

RICALDI ATAHUAMAN, J. A., HUAMAN ASTO, M. S., & CALLUPE CORDOVA, N. G. (2021). *Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito de El Tambo - Huancayo 2021*. HUANCAYO, JUNIN, PERÚ: UNIVERSIDAD CONTINENTAL. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10203/1/IV_FIN_107_TE_Ricaldi_Huaman_Callupe_2021.pdf

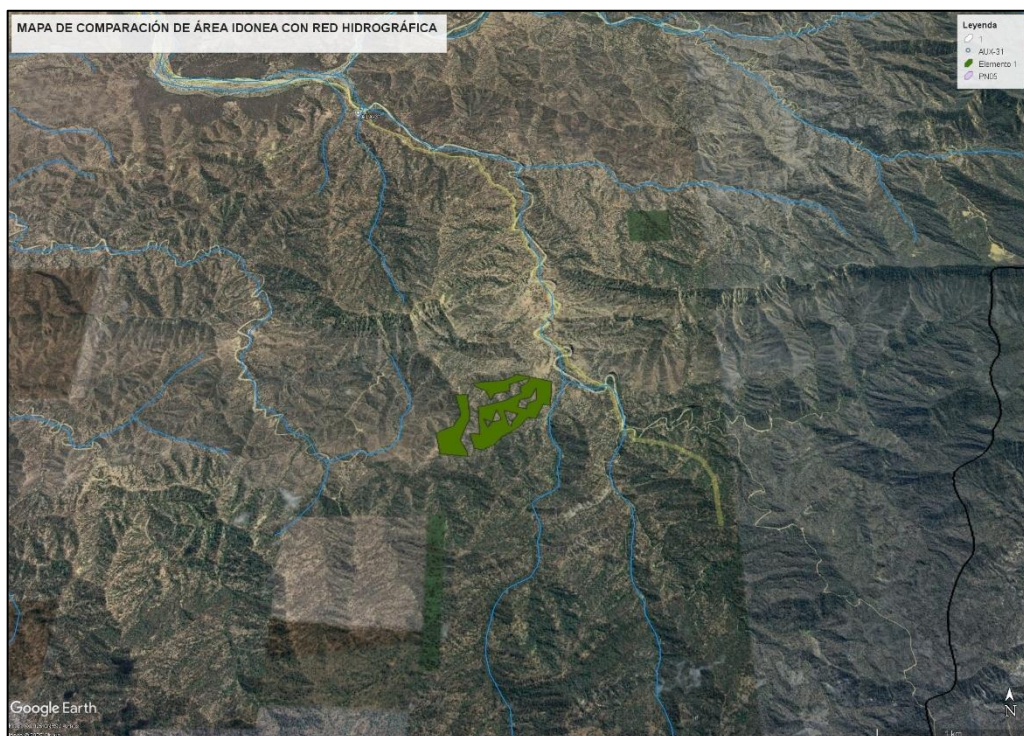
TRUJILLO GUAYARA, A. L. (2018). *Identificar, publicar y disponer información de áreas potenciales para la ubicación de rellenos sanitarios mediante herramientas SIG en el departamento de Boyacá*. CHAPINERO, BOGOTA, COLOMBIA: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de [https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14675/Rodr%
%adguezAngelaTrujilloAngie2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14675/Rodr%c3%adguezAngelaTrujilloAngie2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ANEXOS

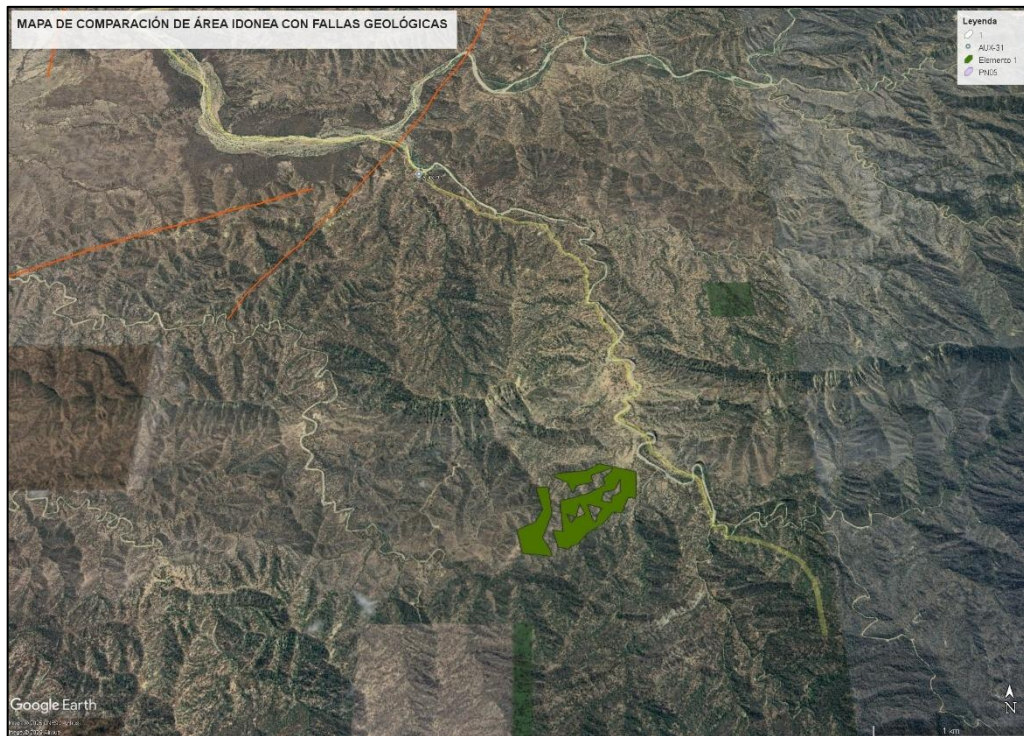
Anexo 1 Imagen de Comparación de Zona Natural Protegida y Zona de Amortiguamiento con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.



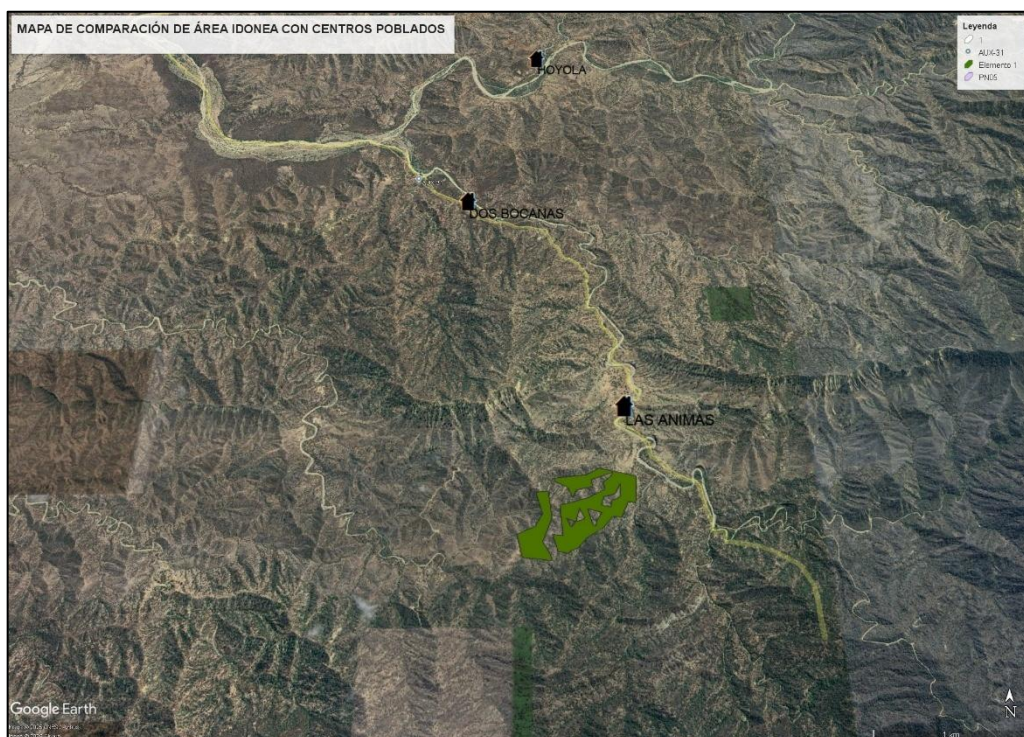
Anexo 2 Imagen de Comparación de Red Hidrográfica con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.



Anexo 3 Imagen de Comparación de Fallas Geológicas con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.



Anexo 4 Imagen de Comparación de Centros Poblados con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.



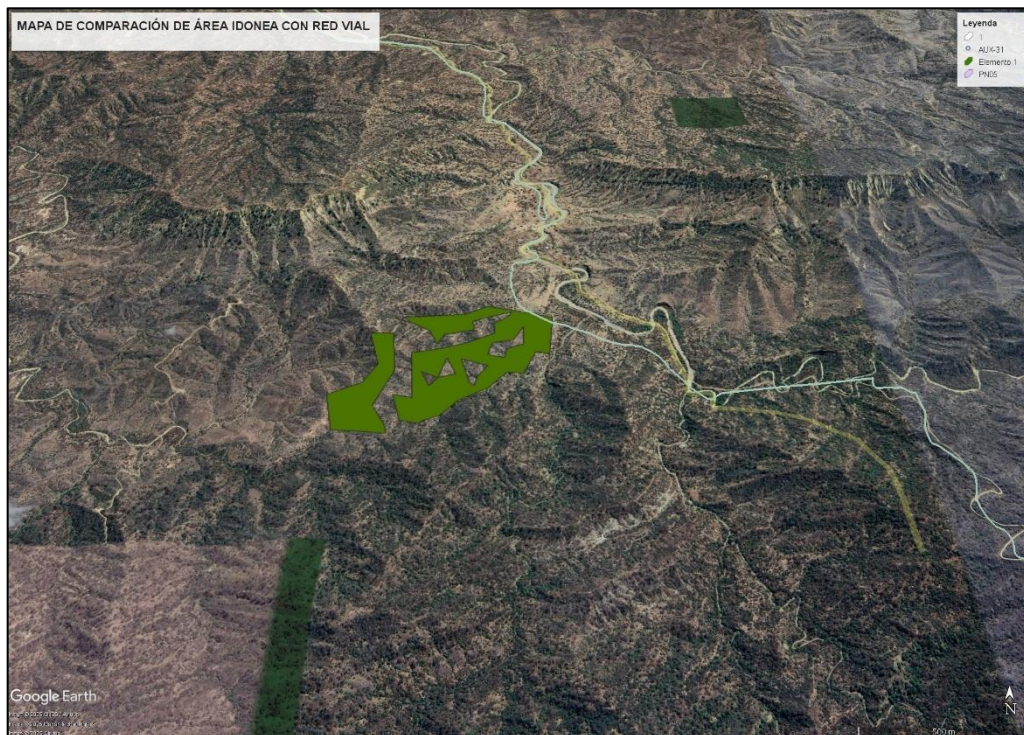
Anexo 5 Imagen de Comparación de Instituciones Educativas con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.



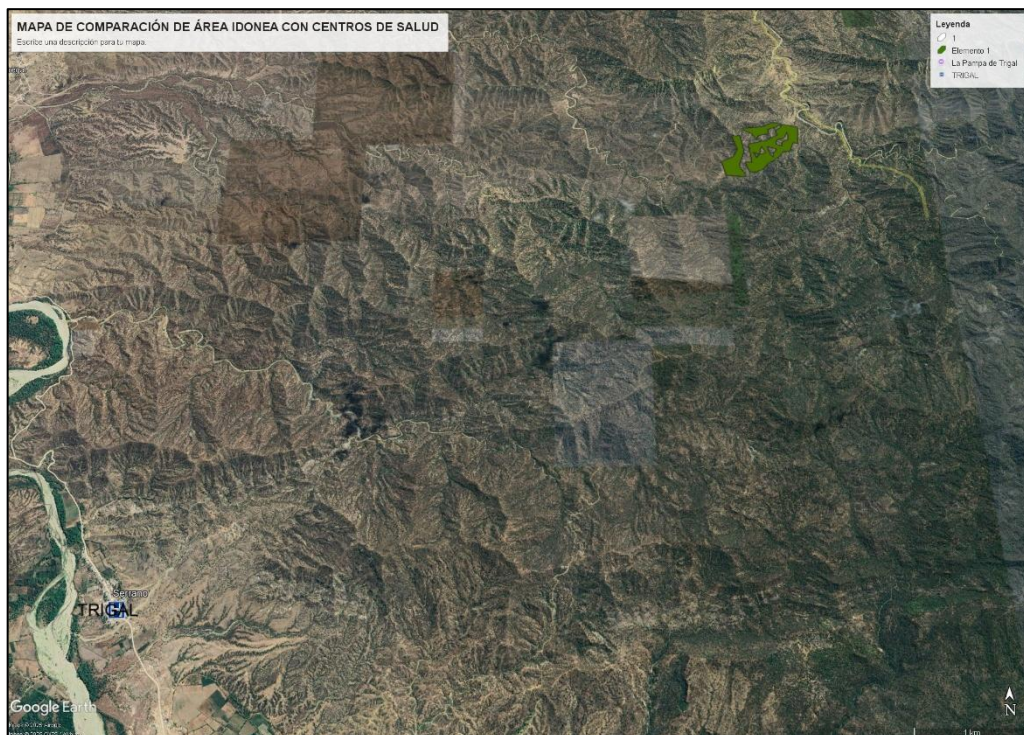
Anexo 6 Imagen de Comparación de Pendientes con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.



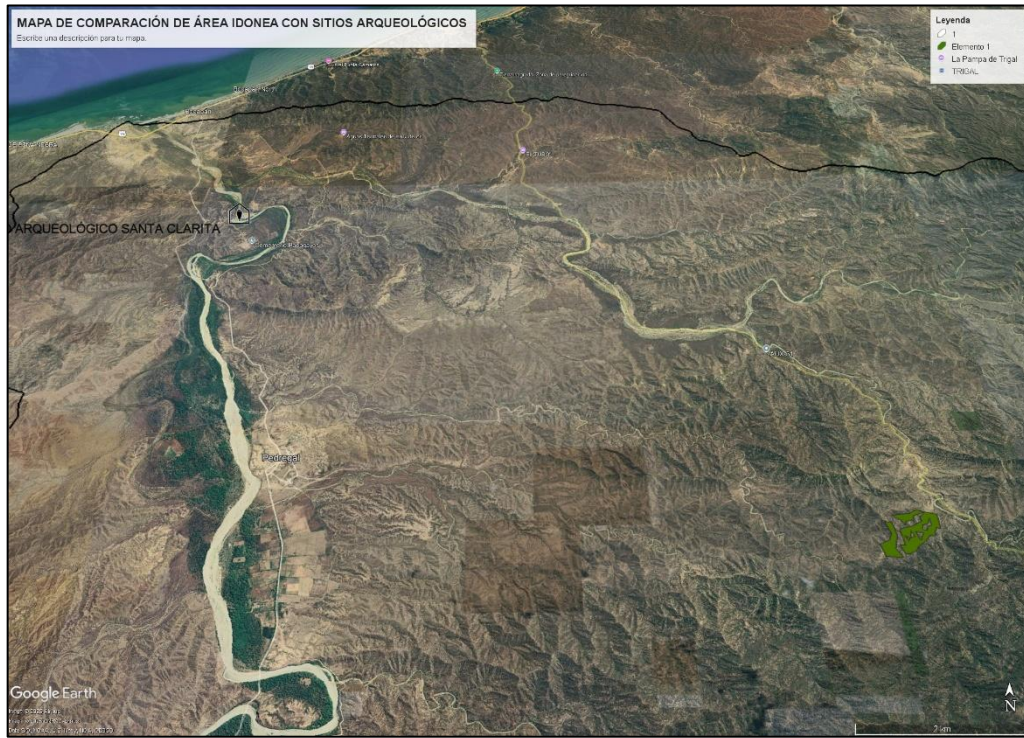
Anexo 7 Imagen de Red Vial con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.



Anexo 8 Imagen de Comparación de Centros de Salud con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.



Anexo 9 Imagen de Comparación de Sitios Arqueológicos con Zonas Idoneas para Relleno Sanitario.



Anexo 10 Matriz de Consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES			
<p>Problema General: ¿Cuáles son las zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos en la Cuenca de la Quebrada Bocapan, Tumbes, y cómo se puede garantizar que cumplan con los criterios del Decreto Legislativo N° 1278 utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG)?</p> <p>Problemas Específicos: P.E.1: ¿Cumple la Cuenca de la Quebrada Bocapan con los criterios establecidos en el Decreto Legislativo N° 1278 para la disposición final de residuos sólidos? P.E.2: ¿Cuáles son las zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos en la Cuenca de la Quebrada Bocapan aplicando Sistemas de</p>	<p>Objetivo General: Determinar las zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos en la Cuenca de la Quebrada Bocapan, Tumbes, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y garantizando el cumplimiento del Decreto Legislativo N.° 1278.</p> <p>Objetivos Específicos: O.E.1: Evaluar si la Cuenca de la Quebrada Bocapan cumple con los criterios establecidos en el Decreto Legislativo N° 1278 para la disposición final de residuos sólidos. O.E.2: Identificar las zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos en la Cuenca de la Quebrada Bocapan utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG).</p>	<p>Hipótesis General: La Cuenca de la Quebrada Bocapan contiene zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos que cumplen con los criterios establecidos en el Decreto Legislativo N° 1278, y estas zonas pueden ser identificadas eficazmente mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG).</p> <p>Hipótesis Específicas: H.E.1: La Cuenca de la Quebrada Bocapan cumple con los criterios del Decreto Legislativo N° 1278 en áreas específicas para la disposición final de residuos sólidos. H.E.2: Las zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos en la Cuenca de la Quebrada Bocapan pueden ser identificadas y delimitadas con precisión utilizando</p>	Variable Independiente 1 (VI1): Aplicación de SIG			
			Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de medición
Capacidades técnicas del SIG	Número de capas de información utilizadas	SIG (Software de Información Geográfica)	Cantidad numérica			
Integración de criterios geográficos y ambientales	Criterios geográficos y ambientales considerados	SIG, Guía Metodológica del MINAM	Cumple / No cumple			
Variable Independiente 2 (VI2): Cumplimiento del Decreto Legislativo N° 1278						
Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de medición			
Criterios legales	Conformidad con zonificación, distancias mínimas, y áreas protegidas	Revisión documental, Matriz de valoración	Cumple / No cumple			
Criterios ambientales establecidos	Impacto ambiental conforme a lo establecido por la normativa	Estudios ambientales, Matriz de valoración	Bajo / Medio / Alto			
Variable Dependiente (VD): Determinación de zonas óptimas						
Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de medición			
Zonas geográficamente aptas	Identificación de áreas óptimas	SIG, Análisis de datos geoespaciales	Área en m ² o km ²			
Cumplimiento normativo	Conformidad de las áreas identificadas con el Decreto Legislativo N° 1278	Revisión documental, Guía Metodológica del MINAM	Cumple / No cumple			

Información
Geográfica (SIG)?

Sistemas de Información
Geográfica (SIG).

MÉTODO Y DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTO	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS
<p>Tipo de estudio: La investigación es de tipo aplicada ya que busca utilizar herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para resolver un problema concreto: la identificación de zonas óptimas para la disposición final de residuos sólidos en la Cuenca de la Quebrada Bocapan, cumpliendo con los requisitos del Decreto Legislativo N°1278.</p> <p>Diseño de investigación: La investigación presenta un diseño descriptivo no experimental de corte transversal, ya que permitirá caracterizar y analizar el contexto geográfico, ambiental y normativo de la Cuenca de la Quebrada Bocapan.</p> <p>Método de investigación El enfoque cualitativo descriptivo se centrará en describir y analizar las características, criterios y condiciones que determinan las zonas óptimas para la disposición de residuos sólidos. Se utilizarán datos cualitativos para evaluar el cumplimiento de las normativas y para la interpretación de los resultados del análisis SIG.</p>	<p>Población: La población para esta investigación representa a todas las Cuencas Hidrográficas de la Región de Tumbes.</p> <p>Muestra: La muestra está constituida por la Cuenca de la Quebrada Bocapan área 900.62 Km² y un perímetro de 170.02 Km.</p>	<p>Para esta investigación se plantea como técnica: Revisión Documental: Para el análisis y cumplimiento del Decreto Legislativo N° 1278, se revisarán documentos legales, normativas, y guías metodológicas del MINAM. Esto incluye la incorporación de la guía metodológica del MINAM para procesos SIG en la selección de sitios y la matriz de valoración establecida.</p> <p>Análisis SIG: Se utilizará un software de Sistemas de Información Geográfica para identificar y analizar las zonas potenciales. Esto incluirá la integración de criterios legales y ambientales en la herramienta SIG para garantizar que las áreas propuestas cumplan con las regulaciones del Decreto Legislativo N° 1278.</p> <p>Como instrumentos de recolección en este estudio se usarán: SIG (Software de Información Geográfica): Para la identificación y análisis de las zonas geográficas potenciales. Guía Metodológica del MINAM: Para la integración y evaluación de criterios legales y ambientales dentro del SIG.</p>	<p>Análisis Cualitativo Se realizarán comparaciones y evaluaciones descriptivas de cómo las zonas identificadas mediante SIG cumplen con los criterios legales y ambientales establecidos en el Decreto Legislativo N° 1278.</p> <p>Análisis de Criterio Múltiple (MCA) El Análisis de Criterio Múltiple (MCA, por sus siglas en inglés) es una técnica utilizada en la toma de decisiones que implica la evaluación de múltiples criterios que son relevantes para el problema en cuestión. En el contexto de la selección de sitios para rellenos sanitarios, el MCA permite integrar y ponderar diferentes factores (como la proximidad a cuerpos de agua, la estabilidad del suelo, y la accesibilidad vial) para identificar la mejor opción posible.</p> <p>Validación de Cumplimiento Normativo Se verificará que las zonas propuestas cumplan con los requisitos legales establecidos mediante un análisis documental y comparativo con la normativa vigente.</p>

Matriz de Valoración: Herramienta para evaluar la viabilidad técnica y el cumplimiento normativo de las zonas identificadas