

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**Evaluación de riesgo por inundación en las áreas agrícolas,
sector Garbanzal, distrito de San Juan de la Virgen, Tumbes-2022**

TESIS

Para optar el título de Ingeniero Agrícola

AUTOR:

Bach. Jose Ivan Abarca Medina

TUMBES – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



Evaluación de riesgo por inundación en las áreas agrícolas, sector Garbanzal, distrito de San Juan de la Virgen, Tumbes-2022

Tesis Aprobada en forma y estilo por:

Dr. Napoleón Puño Lecarnaque (Presidente)

.....

Dr. Jose Modesto Carrillo Sarango (Secretario)

.....

Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini (Vocal)

.....

TUMBES – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



Evaluación de riesgo por inundación en las áreas agrícolas, sector Garbanzal, distrito de San Juan de la Virgen, Tumbes-2022

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

Bach. Abarca Medina Jose Ivan (Tesista)

EJECUTOR

Dr. Gines Tafur, Eber (Asesor)

ASESOR

TUMBES – PERÚ

2024

CERTIFICACIÓN

Dr. Ing. Gines Tafur, Eber

Docente principal de la Universidad Nacional de Tumbes, adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento Académico de Ingeniería Agrícola.

CERTIFICA:

La presente Tesis: “Evaluación de riesgo por inundación en las áreas agrícolas, sector Garbanzal, distrito de San Juan de la Virgen, Tumbes-2022”, elaborado por el bachiller en Ingeniería Agrícola, Jose Ivan Abarca Medina, ha sido asesorado y revisado por mi persona.



Dr. Ing. Gines Tafur, Eber
Asesor de Tesis



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



ANEXO VIII

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los cinco días del mes de febrero del dos mil veinticuatro, siendo las Diez y cinco horas con cerca minutos (15:0), en el ambiente del aula virtual 2, de la Facultad Ciencias Agrarias, se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución N° 086-2022/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, **Dr. Napoleón Puño Lecarnaque** (presidente), **Dr. José Modesto Carrillo Sarango**, (Secretario), **Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini** (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al Ing. Dr. Eber Gines Tafur (Asesor), como Asesor, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: **"Evaluación de riesgo por inundación fluvial en el Rio Tumbes, Sector Garbanzal, distrito San Juan de la Virgen, Tumbes-2022"**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, presentado por el **Bach. JOSÉ IVÁN ABARCA MEDINA**, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 65 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al: **Bach. JOSÉ IVÁN ABARCA MEDINA**, APROBADO por UNANIMIDAD, con el calificativo DE BUENO.

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

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

Tumbes, 05 FEBRERO 2024

DR. NAPOLEÓN PUÑO LECARNAQUE DNI N° <u>00225904</u> CODIGO ORCID <u>0000000250088085</u> Presidente	DR. JOSÉ CARRILLO SARANGO DNI N° <u>00223850</u> CODIGO ORCID <u>0000-0003-0841-3064</u> Secretario
DR. ENRIQUE ANTONIO MACEDA NICOLINI DNI N° <u>27750975</u> CODIGO ORCID <u>0000-0002-2275-9937</u> Vocal	

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

EVALUACION DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN LAS ÁREAS AGRÍCOLAS, SECTOR GARBANZAL, DISTRITO DE SAN JUAN DE LA VIRGEN, TUMBES- 2022

por JOSE IVAN ABARCA MEDINA

Fecha de entrega: 12-dic-2023 07:55a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2256751127

Nombre del archivo: Tesis_Final_IvanAbarca.pdf (10.95M)

Total de palabras: 13462

Total de caracteres: 77006



EVALUACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN LAS ÁREAS AGRÍCOLAS, SECTOR GARBANZAL, DISTRITO DE SAN JUAN DE LA VIRGEN, TUMBES-2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%



9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Científica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
11	HIDALGO SÁNCHEZ NICOLS VIVIANA. "DIA del Proyecto Instalación de Estación de Servicios con Gasocentro-IGA0018996", R.D.R. N° 088-2021-GRSM/DREM, 2022 Publicación	<1 %
12	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	ddd.uab.cat Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	orcid.org Fuente de Internet	<1 %
16	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
17	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
18	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	 <1 %
19	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego	<1 %

20	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to UNIBA Trabajo del estudiante	<1 %
24	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	ARTEAGA KOO GINO BRUNO. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto Construcción de Defensa Ribereña con Enrocado en el Río Ocoña Sector Huantay-IGA0015810", R.D.G. N° 196-2018-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2022 Publicación	<1 %
26	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.unemi.edu.ec Fuente de Internet	 <1 %

30	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
31	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
32	americanae.aecid.es Fuente de Internet	<1 %
33	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
34	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %



Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words

AGRADECIMIENTO

Agradecer a nuestro creador Dios por haberme dado la vida y la dicha de seguir en este viaje de aprendizaje.

Quiero agradecer a los colegas y colaboradores que de alguna manera u otra forma aportaron un granito de arena para poder desarrollar mi proyecto.

A mi asesor, el Dr. Eber Gines Tafur por dar las pautas para la elaboración de mi proyecto, así mismo a mis jurados por las correcciones dadas, que permitieron la mejoría de mi investigación.

Por ello, quisiera expresar mi gratitud a todas las personas que contribuyeron con el desarrollo de mi investigación, agradezco a todos los que me ayudaron a recopilar datos y aquellos que dedicaron su tiempo a revisar mi trabajo. Los comentarios de mejora, las sugerencias de bibliografía, las entrevistas y conversaciones para revisar conceptos, propuestas y análisis son la base de estas páginas. Esta tesis no sería la que es sin sus recomendaciones.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi madre, por el apoyo que siempre me ha dado durante mi formación estudiantil y profesional, también quiero dedicar este trabajo a una persona que es un Ángel para mí y me apoyo en mí formación profesional, Lucho.

De igual manera dedico este trabajo a mi señor Padre que me guía desde el cielo.

A mi abuela por sus consejos, apoyo y cariño brindado.

A mi madrina y padrino por ser unos segundos padres para mí y brindarme apoyo cuando más los necesito.

A mi tía Gaby y a los familiares que me apoyaron de alguna u otra manera.

INFORMACIÓN GENERAL

1. Título

Evaluación de riesgo por inundación en las áreas agrícolas, sector Garbanzal, distrito de San Juan de la Virgen, Tumbes-2022.

2. Autor

Bach. Abarca Medina, Jose Ivan

3. Asesor:

Dr. Gines Tafur, Eber

4. Tipo de investigación:

4.1. De acuerdo a la orientación o finalidad

La investigación de acuerdo a la finalidad es aplicada y de nivel descriptiva.

4.2. De acuerdo a la técnica de contrastación

La investigación de acuerdo a la técnica de contrastación es no experimental.

5. Unidad académica

Pregrado

6. Localidad donde se desarrollará el proyecto

Sector Garbanzal, del distrito de San Juan de la Virgen.

7. Duración total del proyecto

Fecha de Inicio: Marzo del 2023

Fecha de Término: Noviembre del 2023

ÍNDICE

RESUMEN	XXI
ABSTRACT	XXII
INTRODUCCIÓN	23
CAPITULO I	26
1. REVISIÓN LITERARIA (ESTADO DE ARTE)	26
1.1. Antecedentes.....	26
1.2. Conceptos teóricos.....	28
CAPITULO II	35
2. MATERIALES Y MÉTODOS	35
2.1. Materiales, equipos y programas.....	35
2.2. Ubicación de la zona del proyecto.....	35
2.3. Métodos y técnicas.....	37
2.4. Procesamiento y Análisis.....	38
CAPITULO III	43
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1. Resultados.....	43
3.1.1. Estimación del nivel de peligrosidad de inundaciones fluviales..	43
3.1.2. Estimación del nivel de peligrosidad de inundaciones fluviales..	60
3.1.3. Estimación del nivel de riesgo de inundaciones fluviales.....	62
3.2. Discusión de resultados.....	64
CAPITULO IV	65
4. CONCLUSIONES	65

4.1. Niveles de Peligrosidad de inundación	65
4.2. Niveles de Vulnerabilidad de Inundación	66
4.3. Niveles de Riesgo de Inundación.....	66
CAPITULO V	67
5. RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de peligros.....	29
Figura 2 Parámetros para caracterizar el peligro	31
Figura 3 Factores condicionantes del peligro	32
Figura 4 Factores desencadenantes del peligro	32
Figura 5 Ubicación geopolítica	36
Figura 6 Ubicación geodésica	37
Figura 7 Matriz para la estimación de riesgos.	41
Figura 8 Mapa de pendientes.....	43
Figura 9 Mapa de geomorfología.....	45
Figura 10 Mapa de geología.....	46
Figura 11 Mapa de factores condicionantes	47
Figura 12 Mapa de factores desencadenantes.....	48
Figura 13 Mapa de susceptibilidad	49
Figura 14 Modelado hidrológico con HEC-HMS	50
Figura 15 Precipitaciones máximas 24 horas	51
Figura 16 Distribución probabilística.....	51

Figura 17	Hietograma de diseño para cada estación.....	53
Figura 18	Valores máximos anuales de la estación hidrométrica El Tigre	55
Figura 19	Comparación de Caudales Simulados y Observados	56
Figura 20	Hidrograma de entrada para el modelo HEC-RAS	57
Figura 21	Distribución de velocidades del área de estudio	58
Figura 22	Distribución de tirantes del área de estudio	58
Figura 23	Mapa de nivel de peligrosidad de inundación	59
Figura 24	Mapa de nivel de vulnerabilidad de inundación	61
Figura 25	Mapa de nivel de riesgo de inundación	62
Figura 26	Mapa de ubicación	73
Figura 27	Mapa de predios.....	74
Figura 28	Plataforma para descargar modelos digitales de elevación	75
Figura 29	<i>Incorporación del DEM al entorno GIS</i>	75
Figura 30	Reclasificación de pendientes en el entorno GIS parte 1.....	76
Figura 31	Reclasificación de pendientes en el entorno GIS parte 2.....	76
Figura 32	Reclasificación de pendientes en el entorno GIS parte 3.....	77
Figura 33	Recorte del área de estudio	77
Figura 34	Ubicación geodésica	78
Figura 35	Creación de columna para ingreso de pesos.....	78
Figura 36	Se abre la calculadora para ingresar los intervalos de pendientes	79
Figura 37	Colocación de peso ponderados	79
Figura 38	Exportación de shaperfile	80
Figura 39	Propiedades de las pendientes	80
Figura 40	Abriendo la simbología para poder colorear el Shaperfile.....	81
Figura 41	Resultado de las pendientes y sus pesos.....	81

Figura 42 Abriendo el archivo de geomorfología de la región de Tumbes	82
Figura 43 Recorte del archivo de geomorfología en base al distrito de estudio ...	82
Figura 44 Disolvamos en base a la descripción para evitar aglomeraciones	83
Figura 45 Abriendo la tabla de atributos para añadir una columna para los pesos	83
Figura 46 Se ingresa los valores en base a la tabla de pesos en la geomorfología	84
Figura 47 Exportación del archivo de geomorfología con los pesos incluidos	84
Figura 48 Abriendo la simbología para poder colorear el Shaperfile.....	85
Figura 49 Resultado de la geomorfología y sus pesos	85
Figura 50 Abriendo el archivo de geología de la región de Tumbes	86
Figura 51 Recorte del archivo de geología en base al distrito de estudio	86
Figura 52 Disolvamos en base a la descripción para evitar aglomeraciones Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.....	87
Figura 53 Identificación de los diferentes tipos de suelo para el sector de geología	87
Figura 54 Abriendo la tabla de atributos para añadir una columna para los pesos	88
Figura 55 Se ingresa los valores en base a la tabla de pesos en la geología	88
Figura 56 Exportación del archivo de geología con los pesos incluidos	89
Figura 57 Abriendo la simbología para poder colorear el Shaperfile.....	89
Figura 58 Resultado de la geología y sus pesos	90
Figura 59 Intersección de los mapas de los factores condicionantes parte 1	90
Figura 60 Intersección de los mapas de los factores condicionantes parte 2	91

Figura 61 Creación de columna para colocar los pesos de los factores condicionantes	91
Figura 62 Estimación de la susceptibilidad	92
Figura 63 Resultados de los factores condicionantes	92
Figura 64 Exportación del factor de condicionante	93
Figura 65 Se crea una columna para la asignación para la intensidad de lluvia ..	93
Figura 66 Resultados del factor desencadenante.....	94
Figura 67 Intersección de factores condicionantes con el desencadenante	94
Figura 68 Georreferenciar el proyecto parte 3	95
Figura 69 Asignamos la ecuación en la calculadora de GIS	95
Figura 70 Estimación del mapa de susceptibilidad	96
Figura 71 Exportación del archivo de susceptibilidad	96
Figura 72 Creación del nuevo proyecto con HEC.RAS parte 1.....	97
Figura 73 Creación del nuevo proyecto con HEC.RAS parte 2.....	97
Figura 74 Georreferenciar el proyecto parte 1	98
Figura 75 Georreferenciar el proyecto parte 2	98
Figura 76 Georreferenciar el proyecto parte 3.....	99
Figura 77 Se importa la topografía como terreno el área de estudio parte 1	99
Figura 78 Se importa la topografía como terreno el área de estudio parte 2	100
Figura 79 Se importa la topografía como terreno el área de estudio parte 3	100
Figura 80 Simulación del modelo hidrodinámico	101
Figura 81 Exportación de los resultados del modelo al entorno GIS parte 1.....	101
Figura 82 Incorporación de la mancha de inundación al entorno GIS.....	102
Figura 83 Se crea una columna para ingresar la categoría	102
Figura 84 Se llega a dar descripciones según su categoría parte 1.....	103

Figura 85 Se llega a dar descripciones según su categoría parte 2.....	103
Figura 86 Se llega a dar descripciones según su categoría parte 3.....	104
Figura 87 Importación del eje del río y recortarlo según el área de interés parte 1	104
Figura 88 Importación del eje del río y recortarlo según el área de interés parte 2	105
Figura 89 Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 1	105
Figura 90 Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 2	106
Figura 91 Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 3	106
Figura 92 Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 4	107
Figura 93 Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 5	107
Figura 94 Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 6	108
Figura 95 Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 7	108
Figura 96 Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 8	109
Figura 97 Se le asigna un peso según la categoría correspondiente.....	109
Figura 98 Intercepción de predios agrícolas con los distanciamientos del río parte 1.....	110
Figura 99 Intercepción de predios agrícolas con los distanciamientos del río parte 2.....	110
Figura 100 Resultado de la vulnerabilidad.....	111
Figura 101 Resultado del nivel de riesgo de inundación.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de Intensidad media en una hora.....	38
Tabla 2 Rangos de pendientes	38
Tabla 3 Rangos de geomorfología.....	39

Tabla 4 Valoración de niveles de peligrosidad	40
Tabla 5 Localización de las parcelas agrícolas	40
Tabla 6 Valoración de niveles de vulnerabilidad	41
Tabla 7 Resumen para cálculo del nivel de peligrosidad	42
Tabla 8 Clasificación de áreas para pendientes (%)	44
Tabla 9 Clasificación de áreas para la geomorfología (%)	44
Tabla 10 Clasificación de áreas para la geología (%)	45
Tabla 11 P24 horas para diferentes periodos de retorno	52
Tabla 12 Descargas máximas instantáneas de la estación “El Tigre”	53
Tabla 13 Validación del modelo hidrológico	55
Tabla 14 Áreas de los niveles de peligrosidad de inundación	59
Tabla 15 Áreas de los niveles de vulnerabilidad de inundación	60
Tabla 16 Áreas de los niveles de peligrosidad de inundación	63
Tabla 17 Operacionalización de la variable dependiente	71
Tabla 18 Operacionalización de la variable dependiente	72

RESUMEN

El propósito principal de este estudio es evaluar el nivel de riesgo de inundación en el sector Garbanzal. Donde para lograrlo, se realiza una estimación inicial de la peligrosidad, considerando factores condicionantes, desencadenantes y la caracterización del fenómeno. La vulnerabilidad se evalúa a través del distanciamiento de las parcelas agrícolas con respecto al cauce. El nivel de riesgo de inundación resulta de la intersección de ambos mapas temáticos mencionados. En cuanto a la caracterización del fenómeno, se utiliza el modelo HEC-HMS para obtener un hidrograma con un periodo de retorno de 100 años, que se ingresa posteriormente al modelo hidrodinámico HEC-RAS para visualizar la extensión de la inundación. Las conclusiones destacan que un significativo 39.38% del área de estudio presenta niveles de vulnerabilidad alta y muy alta. La distribución desigual de la vulnerabilidad, con un 43.53% de áreas clasificadas como baja a muy baja, sugiere la existencia de zonas más resistentes. Las áreas de riesgo significativo abarcan 86.83 hectáreas en el nivel muy alto y 659.82 hectáreas en el nivel alto, identificando así zonas con amenazas considerables de inundación.

Palabras Clave: Inundación, Peligrosidad, Riesgo, Vulnerabilidad.

ABSTRACT

The main purpose of this study is to assess the flood risk level in the Garbanzal region. To achieve this, an initial estimation of hazard is conducted, considering conditioning factors, triggers, and the characterization of the phenomenon. Vulnerability is assessed by examining the distance of agricultural plots from the riverbed. The flood risk level results from the intersection of the mentioned thematic maps. Regarding the characterization of the phenomenon, the HEC-HMS model is employed to obtain a hydrograph with a 100-year return period, which is then input into the HEC-RAS hydrodynamic model to visualize the extent of flooding. The conclusions highlight that a significant 39.38% of the study area exhibits high and very high vulnerability levels. The uneven distribution of vulnerability, with 43.53% of areas classified as low to very low, suggests the existence of more resilient zones. Areas of significant risk cover 86.83 hectares in the very high-risk level and 659.82 hectares in the high-risk level, thus identifying zones with considerable flood threats.

Key words: Flood, Hazard, Risk, Vulnerability.

INTRODUCCIÓN

En nuestro planeta, las inundaciones llegan a tener en cuenta como el desastre natural más peligroso y dañino (Douben, 2006). Donde conforme la (UNESCO, 2002), los desastres que están presentes en el orbe vinculados con el agua, el 50% pertenece a inundaciones, además de hambrunas, epidemias y sequías. Cabe mencionar, que el número de eventos en los últimos años, han crecido con una velocidad vertiginosa, particularmente en áreas urbanas, con un impacto negativo en el funcionamiento normal de los sectores social, económico y financiero, mientras en la población afectada llegan a tener menos recursos y pérdidas en sus infraestructuras y/o parcelas (Benjamin, 2008).

Debido a su geomorfología y climas diversos, el Perú se encuentra entre los países más vulnerables a las inundaciones. Como resultado, el riesgo de inundaciones es común en todo el país, durante todo el año, en distintos departamentos. Las inundaciones se producen principalmente en las zonas bajas debido a las fuertes precipitaciones, mientras que en las zonas altas los caudales aumentan debido a las grandes descargas. Además, la falta de planes de contingencia en las orillas de los ríos y la falta de información a los residentes han sido problemas recurrentes que han impedido una respuesta responsable a este riesgo natural. (Chanca & Inga, 2018).

Esto sucede en la Región de Tumbes, donde en la estación El Tigre, que monitorea al río Tumbes, llegó con unos 1082,96 metros cúbicos por segundo. Provocando 1170 hectáreas de predios agrícolas que se encuentran afectadas en los siguientes distritos: Canoas de Punta Sal, San Juan de la Virgen y Corrales. Una situación similar se registra en los dos distritos como lo son Pampas de Hospital y Corrales donde se reportó unas 700 hectáreas agrícolas perjudicadas. (REPUBLICA, 2017). Y la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios, estimó los sectores más perjudicados en Tumbes, fueron el agrícola y comercial. Existiendo un incremento de eventos extraordinarios que llegan a desbordar en los diferentes distritos en la Región de Tumbes (El Heraldo, 2017).

Esta misma anomalía sucedió el 17 de marzo del presente año (2022), donde la estación hidrológica Puente Tumbes, se ha registrado un caudal instantáneo de 827.98 m³/s, el cual se encuentra ubicado en el umbral hidrológico naranja, próximo a umbral hidrológico amarillo. Teniendo como probables zonas que son afectadas, como son las zonas agrícolas bajas de **Garbanzal, San Juan de La Virgen**, Cercado de Tumbes y Corrales. (SENAMHI, 2022). Donde el sector Garbanzal pertenece al distrito de San Juan de la Virgen, y cuenta con una población de 873 personas. Aproximadamente se estimará un área significativa de cultivos que se ven afectados por las inundaciones en dicha zona.

Teniendo como plantación del problema de la investigación, lo siguiente: ¿Cuál es el riesgo por inundación en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito de San Juan de La Virgen - Tumbes?, teniendo problemas específicos descritos: ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad por inundaciones de las áreas agrícolas del sector Garbanzal?, ¿Cuál es el nivel de la peligrosidad por inundaciones de las áreas agrícolas del sector Garbanzal? y ¿Cuál es el nivel de riesgo por inundaciones que se tiene al Intersectar los mapas de nivel de vulnerabilidad y peligrosidad, de las áreas agrícolas, del sector Garbanzal, distrito San Juan de La Virgen, Tumbes - 2022?

Cumpliendo con una justificación teórica, por lo que la investigación despierta un interés y genera una reflexión acerca de las pérdidas agrícolas y daños de infraestructuras, debido a las inundaciones, es por ello que los resultados obtenidos de la investigación lograrán contribuir con el desarrollo de mapas de riesgo de inundación, para que los interesados puedan proponer diversas estructuras, en zonas que tengan niveles de riesgos altos ante un evento extraordinario. Igual manera se justifica técnicamente, debido que la investigación usará diversos procesos que se encuentran fundamentados en diversos libros de hidráulica, como también normativas y manuales, que han sido elaborados por parte de las instituciones nacionales e internacionales, y es por ello que nuestra tesis será como una guía para calcular el riesgo de inundación del río Tumbes, y con ello los interesados puedan replicarlo en otros ríos.

De manera social, la investigación tendrá como aporte el mapa de nivel de riesgo de inundaciones, para que las comunidades cercanas al río, puedan tener conocimiento de dicho problema, además que, con estos resultados, las autoridades pueden implementar programas de intervención a las áreas más vulnerables. Y económicamente, la investigación va a realizar una evaluación a los grandes impactos de las inundaciones que se producen en las parcelas agrícolas, debido que no existe un análisis de riesgos en las zonas más vulnerables, lo que trae serios problemas al productor agrario como la pérdida de cultivos, de tierras agrícolas o ambas a la vez; afectando en la economía de los agricultores.

La finalidad de la investigación, es la de determinar el riesgo por inundación en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito de San Juan de La Virgen, Tumbes – 2022. Teniendo como objetivos específicos, la de determinar la peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo por inundación en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, vulnerabilidad por inundación en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito de San Juan de La Virgen, la región de Tumbes – para el periodo 2022. Y su hipótesis formulada, es que el nivel de riesgo por inundación es alto, en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito San Juan de La Virgen, Tumbes – 2022. Y sus específicos detallan que los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad tienen categoría de alta a muy alta.

CAPITULO I

1. REVISIÓN LITERARIA (ESTADO DE ARTE)

1.1. Antecedentes

Tigreros (2020). En su investigación llamada “Determinación de zonas inundables mediante SIG y elaboración de propuestas de mitigación en la cabecera Cantonal Daule”, donde concluye que la idea planteada inicialmente se ha confirmado, demostrando que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son eficaces en la generación de información valiosa para la elaboración de propuestas de mitigación, tanto de medidas estructurales como no estructurales aplicables en zonas que son afectadas. Esto a su vez, permite conservar preparada y informada a la población. Si bien, es importante destacar que el éxito de estas medidas depende en gran medida de la gestión adecuada de las mismas.

Cruz & Jarvil (2021). En su tesis concluyó que la zona en estudio se muestra un peligro de inundación de muy alto grado, al estimar el nivel de vulnerabilidad a través de la recopilación de información de 33 viviendas por medio de un formulario tipo encuesta, se logró concluir que el área de estudio tiene un nivel de vulnerabilidad muy alta, y por último el grado de riesgo de inundación aquellas viviendas que han sido construidas en el cauce de la quebrada Zeta ante una máxima avenida y tomando en cuenta la vulnerabilidad y el peligro muy elevado.

Tiber (2019). Donde se concluyó que existen 85 sitios decisivos con una evaluación de riesgo medio a alto, lo que indica que el área presenta condiciones críticas y muy riesgosas. Esta evaluación se realizó a través de la simulación de un desastre con el software HEC RAS, lo que permitió visualizar la extensión de inundación y estimar los niveles de inundación en base a las velocidades y profundidades del flujo de agua en las riberas. Se considera que estas herramientas son confiables y pueden ser útiles para la gestión de recursos.

León (2018). Donde concluyó que las zonas agrícolas que se encuentran ubicadas en zonas ribereñas (cerca al río), evidentemente se ven afectadas ante la ocurrencia de un evento como lo es el fenómeno de El Niño extremo, por lo que arroja un gran caudal que escurre por la cuenca Puyango-Tumbes, llegando a provocar que el cauce del río a estudiar, llegue a ensancharse e inundar las zonas aledañas. Donde la metodología que ha utilizado para la generación de mapas de riesgos por inundación, el “Manual de buenas prácticas para la cartografía de inundaciones” en Europa, donde se calcula mediante la multiplicación directa de la consecuencia potencial adversa, con la probabilidad de inundación.

Guamushig (2018). En su investigación llamada “Percepción social del riesgo frente a inundaciones en el Cantón Santa Cruz, Provincia de Galápagos, Ecuador”, donde concluye que la percepción social del riesgo ante inundaciones, de los habitantes involucrados, tiene una designación moderada debido a la insuficiente percepción de vulnerabilidad que se encuentran ausentes, además que existe una disconformidad entre las entidades públicas que contribuyen al incremento de la exposición de estas viviendas con alto riesgo de inundación.

Díaz & Alina (2017). Donde se decretaron tres áreas con diversos grados de riesgo y se identificó que el área más vulnerable se encuentra en el extremo noroeste de la población, en el cual la probabilidad de ocurrencia de inundaciones es alta debido a factores como las condiciones hidrológicas, las características del suelo, la pendiente del terreno, la erosión, el socavamiento, que son agravados por la falta de ordenamiento.

Mendoza (2017). Donde se concluye que el nivel de peligrosidad de la quebrada Romero es alto debido a la intensidad y las anomalías favorables de lluvias en un tiempo de 6 años, lo que aumenta el riesgo de inundación en la zona, especialmente en las áreas donde se encuentran casas construidas a los dos márgenes de la quebrada, donde incluso ha sido invadido su cauce natural. Actualmente, no se ha propuesto ninguna

medida de mitigación para reducir los impactos de los riesgos de inundación pluvial en la quebrada Romero.

García & Zapata (2017). Donde se concluyó que los mayores riesgos en la zona están relacionados con las inundaciones y la colmatación de las quebradas que interactúan con la infraestructura, así como con los deslizamientos en un tramo específico de 1 km. Se reconoció que el 81% de las quebradas muestran un riesgo de vulnerabilidad elevado, medio o muy alto para el canal. En este sentido, se sugieren dos tipos de medidas para reducir el riesgo: medidas no estructurales y medidas estructurales.

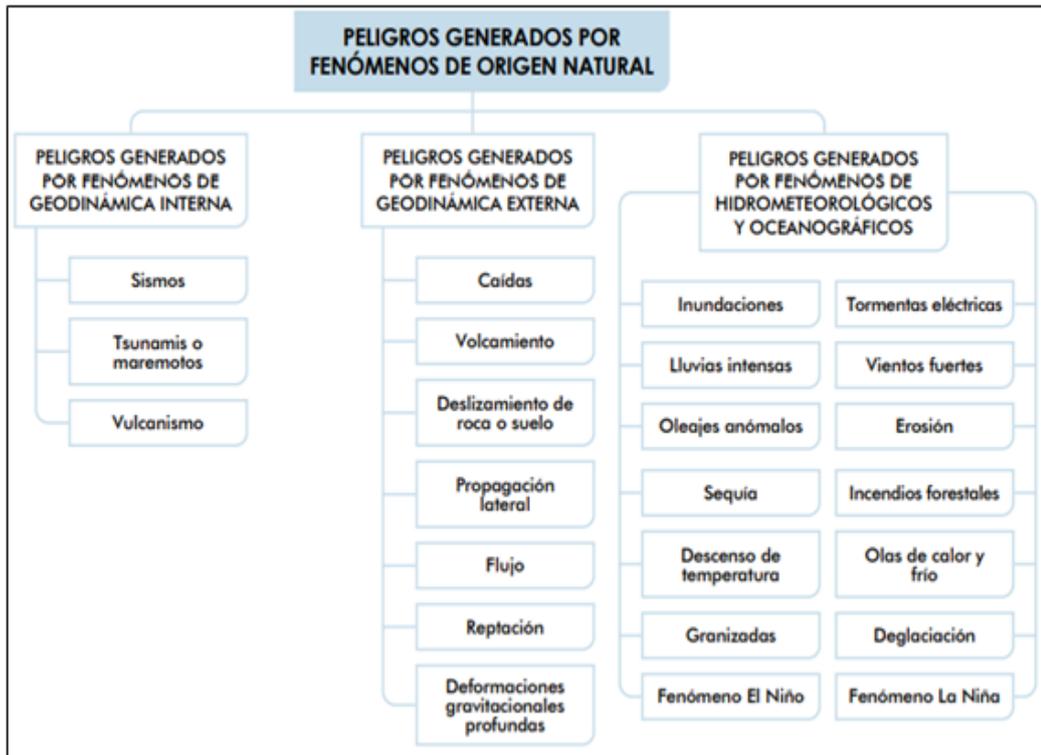
CENEPRED (2017). Donde concluyó que las zonas urbanas más afectadas del distrito de Tumbes, se encuentran designados como un riesgo muy alto ante inundaciones por lluvias intensas, donde los efectos planteándose diversas dimensiones de reducción de riesgo, como el tamaño no estructural (gestión de los servicios urbanos, en función del riesgo hídricos), y medidas estructurales (Sistema de drenaje, en base a la normativa de OS - 060).

1.2. Conceptos teóricos

a) Clasificación de peligros

Conforme su origen, el peligro puede clasificarse en dos categorías: aquellos que son generados por fenómenos naturales y aquellos que son provocados por la acción del ser humano.

Figura 1
Clasificación de peligros.



Nota. Se describe los peligros originados. CENEPRED (2017).

b) Análisis de Evaluación de Peligrosidad

Este manual, publicado por el CENEPRED, establece que las evaluaciones de peligros son estimaciones, donde su valor se refiere al estudio de los mecanismos de ocurrencia, monitoreo de sistemas perturbadores y/o el riesgo de eventos (relacionados con el fenómeno mismo en términos de sus dimensiones) en una época y escala geográficamente determinados, así como que también nos ayuda en toma de decisiones, en base a las áreas identificadas con muy alta peligrosidad. (CENEPRED, 2017). La recopilación está dada por:

- De carácter geográfico

Todos los insumos han sido extraídos en campo y se encuentran registrados en formatos de entorno GIS (vectorial, raster y/o satelital), que han sido elaborados por instituciones técnicas y científicas (CENEPRED, 2015). El propósito de esta información es poder reproducir las

características hidrológicas, meteorológicas, costeras, geográficas y geofísicas del territorio que se encuentra en estudio.

- **De carácter Urbanístico**

Solicitar toda la información de naturaleza urbana que las entidades públicas llegan a proporcionar a través de las oficinas de desarrollo urbano y catastral, trabajando con la Oficina de Formalización de la Propiedad informal y los Registros de Inspección Nacional de la Propiedad. Debe proporcionar. El Portal SIGRID mantiene mapas digitales actualizados en su base de datos (CENEPRED, 2015).

- **De carácter Infraestructura básica y servicios esenciales:**

Recopilación de datos sobre infraestructura básica y servicios esenciales en zonas afectadas por desastres, de las instituciones que realizan los servicios públicos de agua, alcantarillado y electricidad (CENEPRED, 2015).

- **Identificación de probable área de influencia del fenómeno**

Determinar el área de ocurrencia de un fenómeno natural se basa en el conocimiento de los impactos que han ocurrido previamente en el área geográfica expuesta, que es esencialmente toda la información detallada recopilada geográfica, urbano, infraestructura básica (CENEPRED, 2015).

- **Peligros generados por fenómenos naturales**

Se identifica en intervalos los rangos de impacto de los fenómenos naturales, para poder estimar los parámetros que participan en el desarrollo (mecanismos de desarrollo) (CENEPRED, 2015).

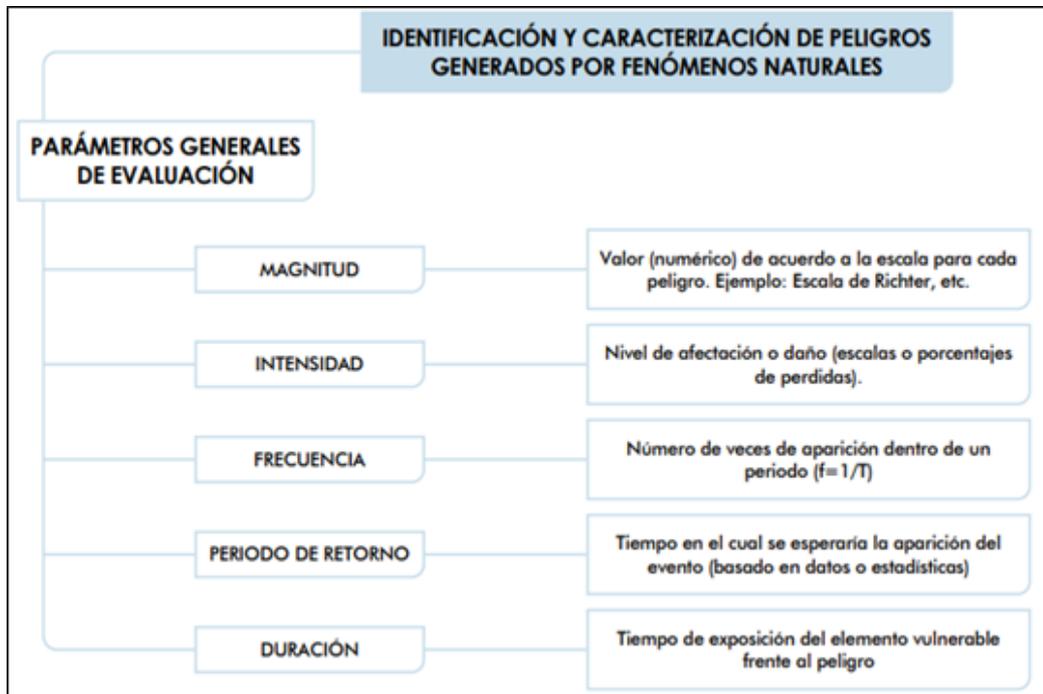
- **Parámetros de evaluación del fenómeno**

Se sugiere incorporar cinco descriptores para cada parámetro, aunque la cantidad podría ser inferior. El peso ponderado de estos cinco descriptores equivale al valor calculado a través del análisis jerárquico. Donde para obtener el acumulado de los pesos ponderados, debe ser igual

a la unidad. Donde se asigna el peso más elevado al parámetro considerado más relevante por el evaluador (Zambrano & Santuyo, 2019).

Figura 2

Parámetros para caracterizar el peligro



Nota. Se describe los parámetros de identificación. CENEPRED (2017).

- **Análisis de la Susceptibilidad**

La Susceptibilidad alude a la predisposición, ya sea mayor o menor, a la ocurrencia de un evento en una región geográfica particular (CENEPRED, 2017).

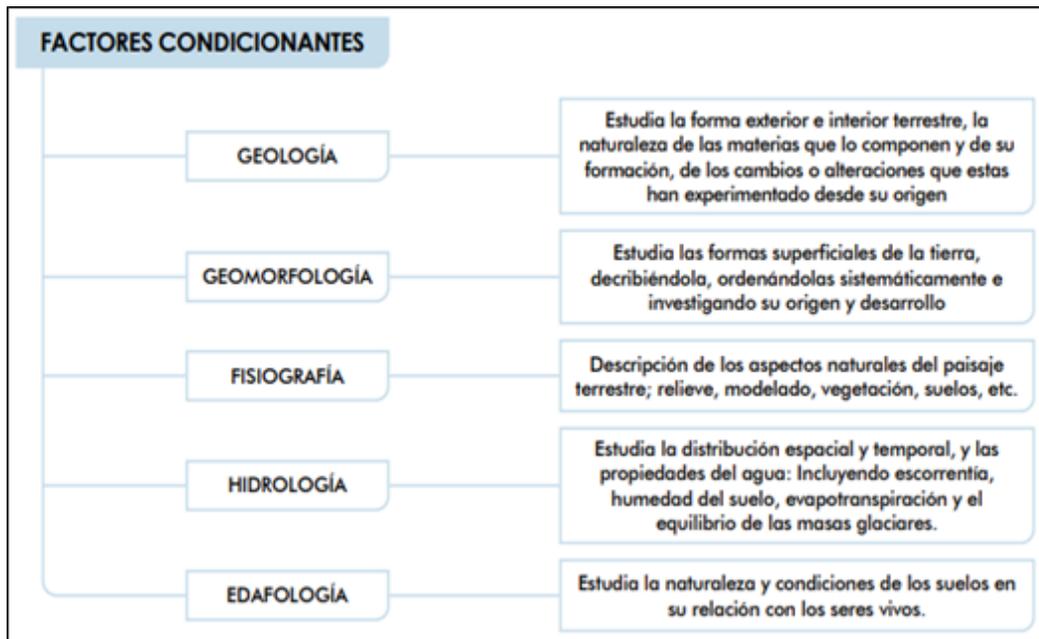
- Factores condicionantes (*Figura 3*)
- Factores desencadenantes (*Figura 4*)

- **Caracterización del nivel de peligrosidad**

Luego de obtener los parámetros para cada descriptor, aplicamos el método de análisis multicriterio para establecer un nivel de peligrosidad en cada valor. (Zambrano & Santuyo, 2019)

Figura 3

Factores condicionantes del peligro



Nota. Se describe los parámetros de identificación. CENEPRED (2017).

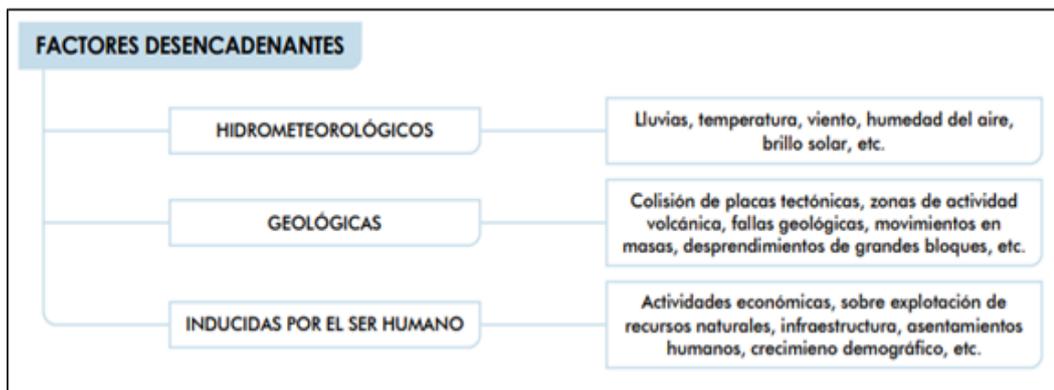
- **Los mapas de peligro**

Estos mapas permiten identificar zonas de impacto potencial de peligros. Donde se deben identificar los factores de exposición afectados en los dominios social y económico (Zambrano & Santuyo, 2019).

c) Análisis de la Vulnerabilidad

Figura 4

Factores desencadenantes del peligro



Nota. Se describe los parámetros de identificación. CENEPRED (2017).

- **Vulnerabilidad social**

Según CENEPRED (2014), se realiza un análisis de dimensiones sociales, para definir el nivel de vulnerabilidad y exposición social en zonas afectadas por eventos naturales. La cual se debe identificar poblaciones en riesgo, para incluir estudios de vulnerabilidad social y resiliencia social de viviendas vulnerables.

- **Vulnerabilidad económica**

El nivel de vulnerabilidad económica se determina en el marco del estudio de los fenómenos naturales, con actividad económica e infraestructura expuesta, con factores que se encuentran vulnerables y no vulnerables, para después ser incluido en el análisis económico. y resiliencia económica. (CENEPRED, 2015).

- **Análisis de los factores de la vulnerabilidad**

(Zambrano y Santuyo, 2019) categoriza las dimensiones de la vulnerabilidad en dimensiones físicas, sociales y ambientales. Aspectos físicos: Se refiere a ubicaciones geográficas deficientes de infraestructura, población y exposición a peligros que causan daños y víctimas.

Dimensión social: se refiere a las actitudes, creencias, organización y comportamiento de las comunidades que pueden encontrarse afectadas por la exposición a peligros.

Aspecto económico: se refiere a la escasa disponibilidad de recursos económicos de la comunidad cercana.

Aspectos ambientales: se refiere a cómo las poblaciones interactúan con los factores ambientales, socavando la facultad de los ecosistemas, provocando los desastres naturales.

- **Mapa de vulnerabilidad**

Para la creación de un mapa de vulnerabilidad, el mapa debe considerar los siguientes factores, mapa de ubicación y niveles de matriz de vulnerabilidad. (Zambrano y Santuyo, 2019).

d) Cálculos del riesgo

Carreño et al. A. (2005), menciona que se utilizaron los resultados de la relación entre peligrosidad y vulnerabilidad aquellos factores que son expuestos para definir los impactos potenciales y los impactos económicos, sociales y ambientales asociados con uno o más fenómenos peligrosos. Dando expresiones de los conceptos de peligro, vulnerabilidad y riesgo que son largamente aceptados en el campo de la ciencia y la ingeniería.

CAPITULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales, equipos y programas

- a. Modelo de digital de elevación (USGS, 2011).

<https://earthexplorer.usgs.gov/>.

- b. Mapa temático de intensidades de precipitación (ANA, 2021).

<https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

- c. Mapa temático de pendientes. Procesada en entorno GIS.

- d. Mapa temático de geomorfología (INGEMMET, 2019).

<https://portal.ingemmet.gob.pe/web/guest/mapa-geomorfologico>

- e. Mapa temático de cobertura vegetal (MINAM, 2015).

<https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/cobertura-vegetal-ministerio-del-ambiente>

- f. Predios Agrícolas del año 2020 (Será actualizado manualmente con Google Earth y exportarlo al entorno GIS y utilizar la superposición).

- g. Software ArcGIS V.10.5.

- h. Software Google Earth Pro

- i. Software HEC-HMS

- j. Software HEC-RAS

2.2. Ubicación de la zona del proyecto

El área de estudio abarca el sector de Garbanzal del distrito de San Juan de La Virgen, Región Tumbes.

Ubicación geopolítica

Región: Tumbes

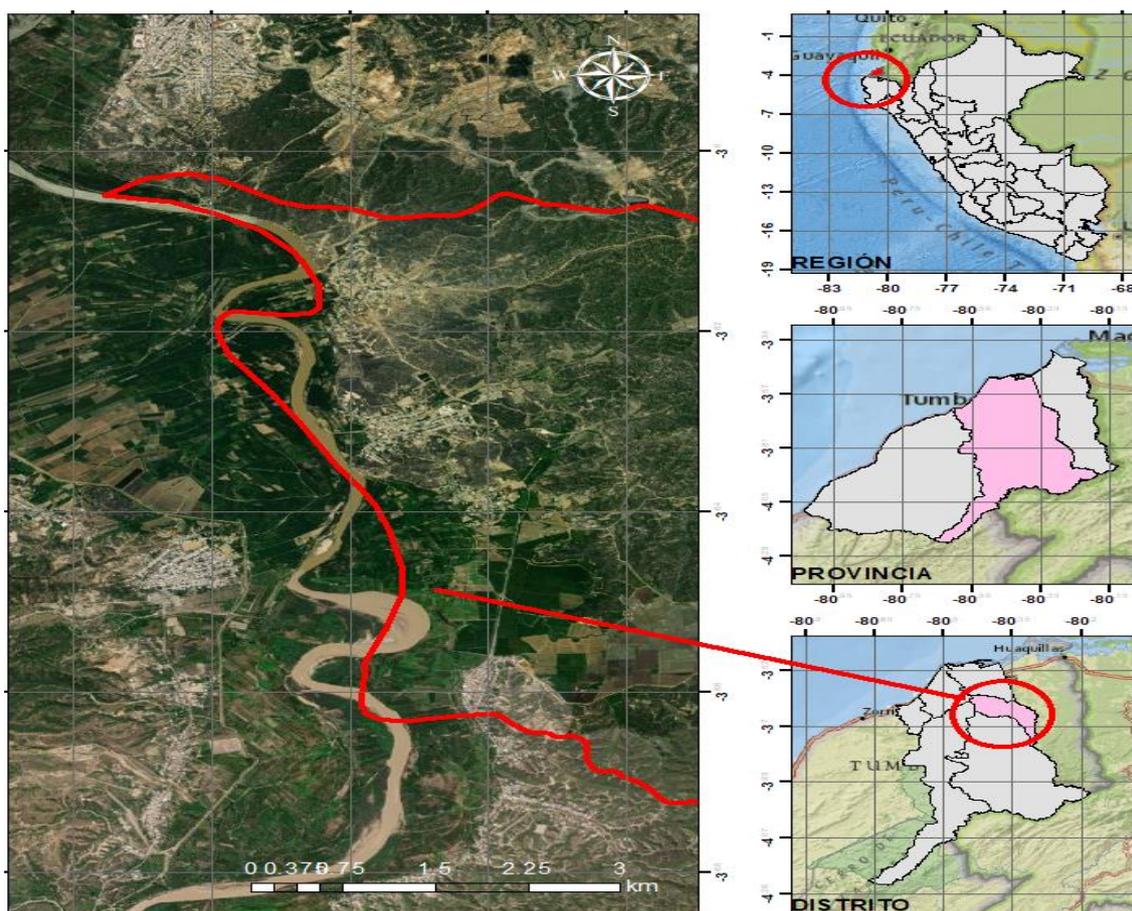
Provincia: Tumbes

Distrito: San Juan de la Virgen

Localidad: Garbanzal

Figura 5

Ubicación geopolítica



Nota. Elaboración propia (2023).

Ubicación geodésica

Limite	Norte (m)	Este (m)
Aguas Arriba	9595570.00	562845.00
Aguas Abajo	9601895.00	560630.00

Figura 6
Ubicación geodésica



Nota. Elaboración propia (2023).

2.3. Métodos y técnicas

El enfoque de la investigación es cuantitativo, debido que, para contrastar la hipótesis, se usará herramientas de recolección y análisis de datos, expresados en cantidad.

Y el alcance y/o nivel de investigación es descriptiva, por lo que, se describirá el proceso para estimar el nivel de riesgo por inundación en el sector Garbanzal del distrito San Juan de La Virgen, de la región de Tumbes.

Se considera de tipo no experimental, debido que no se manipularán directamente las variables.

2.4. Procesamiento y Análisis

Se delimita el área de estudio con Google Earth Engine, para posterior importarlo al software ArcGIS. Se realizarán diversos mapas temáticos como:

- Mapa temático de intensidades, donde se descargará la información de precipitación de las estaciones convencionales que se encuentran cerca al área de estudio.

Tabla 1

Rangos de Intensidad media en una hora

Rango	Grado de incidencia
< 2	Muy bajo
02 – 15 mm	Bajo
15 – 30 mm	Medio
30 – 60 mm	Alto
>60 mm	Muy alto

Nota. extraída y adecuada de Ochoa, 2014.

- Mapa temático fisiográfico será el de pendientes, donde se procesará el modelo digital de elevación, con la herramienta “Slope” y se recortará con la herramienta “Clip” de ArcToolbox del entorno GIS y con ello se podrá clasificar toda el área involucrada en base a la tabla 2.

Tabla 2

Rangos de pendientes

Descripción	Rango	Grado de incidencia
Plano a ligeramente inclinado	0 – 5%	Muy Bajo
Moderadamente a fuertemente inclinado	5 – 15%	Bajo
Ligeramente empinado	15 – 30%	Medio
Moderadamente empinado	30 – 50%	
Fuertemente empinado	50 – 70%	Alto
Extremadamente empinado	> 70%	Muy alto

Nota. extraída y adecuada de Ochoa, 2014.

- Mapa temático de geomorfología (G), se descargará la información de INGEMMET, y se recortará con la herramienta Clip de ArcToolbox del entorno GIS y con ello se podrá clasificar toda el área involucrada en base a la siguiente tabla.

Tabla 3
Rangos de geomorfología

Descripción	Grado de incidencia
Relieve colinoso y Abanico Piedemonte	Bajo
Terraza Fluvial	Medio
Llanura Aluvial	
Cauce Inundable	Alto
Cuerpos de agua	Muy alto

Nota. extraída y adecuada de Ochoa, 2014.

- Mapa temático de geología se descargará la información del MINAM, y se recortará con la herramienta Clip de ArcToolbox del entorno GIS y con ello se podrá reclasificar toda el área involucrada en base a tablas de diversos estudios.

Con esos mapas temáticos que se considera como factores condicionantes, surge a utilizar la metodología de CENEPRED, el cual

podrá calcular el grado de peligrosidad ante inundaciones. Y caracterización del fenómeno, se utilizará la extensión de inundaciones históricas. Donde se representa la mancha de inundación para un periodo de retorno de 100 años; y se estima la zona más crítica, mediante el producto de velocidad y tirante, y con ello poder trabajar con los mapas de susceptibilidad, y obtener el nivel de peligrosidad. Y finalmente se reclasifica los niveles de peligrosidad, en base en la tabla.

Tabla 4
Valoración de niveles de peligrosidad

Valoración	
Grado	Nivel
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

Nota. extraída y adecuada de Ochoa, 2014.

Para el caso del análisis de vulnerabilidad para la exposición en las parcelas agrícolas, basándose en las distancias de dichas parcelas con el cauce del río, donde las más cercanas tiene mayor vulnerabilidad.

Tabla 5
Localización de las parcelas agrícolas

Valoración	
Grado	Nivel
0 a 0.2 Kilómetros	Muy alto
0.2 a 1 Kilómetros	Alto
1 a 3 Kilómetros	Medio
3 a 5 Kilómetros	Bajo
> 5 Kilómetros	Muy bajo

Nota. extraída y adecuada de Ochoa, 2014.

Dándoles diversos pesos a cada parámetro y con ello cuantificar el nivel de vulnerabilidad en las parcelas agrícolas del Sector Garbanzal.

Tabla 6
Valoración de niveles de vulnerabilidad

Valoración	
Grado	Nivel
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

Nota. extraída y adecuada de Ochoa, 2014.

Para el caso de nivel de riesgo de inundación, se procede con la intersección de ambos mapas temáticos, y se sigue la matriz para poder designar el tipo de riesgo de inundación.

Figura 7
Matriz para la estimación de riesgos.

PMA	0.503	0.034	0.067	0.131	0.253
PA	0.260	0.018	0.035	0.068	0.131
PM	0.134	0.009	0.018	0.035	0.067
PB	0.068	0.005	0.009	0.018	0.034
		0.068	0.134	0.260	0.503
		VB	VM	VA	VMA

Leyenda:

Riesgo Muy Alto	$0.068 \leq R < 0.253$
Riesgo Alto	$0.018 \leq R < 0.068$
Riesgo Medio	$0.005 \leq R < 0.018$
Riesgo Bajo	$0.001 \leq R < 0.005$

Nota.

CENEPRED

2022.

Tabla 7
Resumen para cálculo del nivel de peligrosidad

	Nombre	Peso	Nombre	Peso	Nombre	Peso	Clasificación	Peso
Peligrosidad	Susceptibilidad	20%	Condicionante	90%	Geomorfología	0.539	Cuerpos de agua	0.487
							Cauce Inundable	0.272
							Terraza fluvial	0.137
							Relieve Colinoso	0.066
					Pendiente	0.297	0 - 5%	0.468
							5 - 10%	0.268
	Geología	0.164	10 - 20%	0.144				
			20 - 50%	0.076				
			> 50%	0.044				
			Casco Urbano	0.503				
	Desencadenante	10%	Intensidad media en una hora (mm/h)	1.000	Torrencial: mayor a 60 mm	0.503		
					Muy fuerte: 30 - 60 mm	0.260		
Fuerte: 15 - 30 mm					0.134			
Moderado: 2 - 15mm					0.068			
Débil: menor a 2 mm					0.035			
Caracterización	80%	Fenómeno natural (inundación)	100%	Área de Inundación	1.000	H*V > 1.5 m	0.503	
						0.5 m < H*V < 1.5 m	0.260	
						0.25 m < H*V < 0.5 m	0.134	
						H*V < 0.25 m	0.068	

Nota. extraída y adecuada de Ochoa, 2014.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

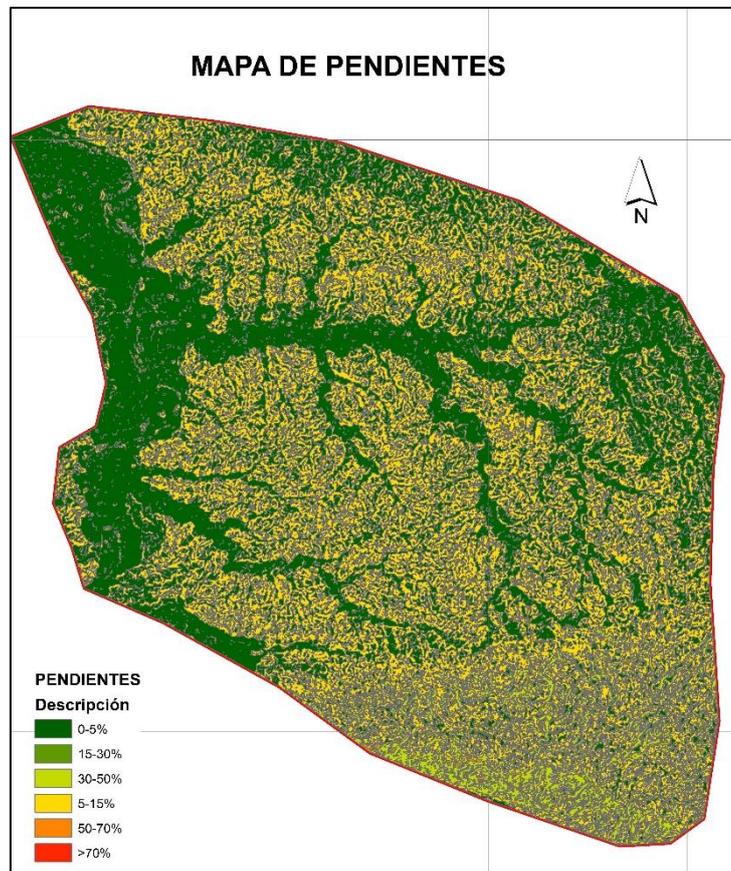
3.1.1. Estimación del nivel de peligrosidad de inundaciones fluviales

- Factores condicionantes

Para la estimación del nivel de peligrosidad, se procedió a obtener el mapa de susceptibilidad que depende de los factores condicionantes y desencadenantes. Teniendo un mapa temático de pendientes, obtenida por las diversas herramientas del entorno GIS, donde se visualiza el mapa y sus áreas de porcentaje en base a su descripción (figura 8),

Figura 8

Mapa de pendientes



Nota. Se visualiza espacialmente las diversas descripciones de pendientes en la zona de estudio. Elaboración propia.

Según el análisis de las tablas de áreas, se puede inferir que la descripción que muestra la predominancia, con porcentajes superiores al 45%, corresponde a la franja de 0 a 5%. Esto sugiere que la región se distingue por su topografía mayormente plana, lo que otorga un peso significativo en la categorización de pendientes.

Tabla 8
Clasificación de áreas para pendientes (%)

ID	Descripción	Peso	Área (Km2)	Área (%)
1	0-5%	0.468	134.70	48%
2	5-15%	0.268	123.06	43%
3	15-30%	0.144	9.68	3%
4	30-50%	0.076	15.58	5%
5	50-70%	0.076	0.43	0%
6	>70%	0.044	0.00	0%

Nota. Se visualiza los porcentajes de áreas según la clasificación de pendientes en la zona de estudio. Elaboración propia.

Según el análisis de las tablas de áreas para el caso de geomorfología, tiene predominancia en el tipo de relieve de colinas en rocas sedimentarias. Mientras para el caso de geología se tiene un mayor porcentaje en casco urbano (un total del 66% del área total, que representa las diversas familias situadas). Por ello dichas zonas tienen mayor peso que influenciaría en un impacto mayor por la inundación. Ver la tabla y figura 9.

Tabla 9
Clasificación de áreas para la geomorfología (%)

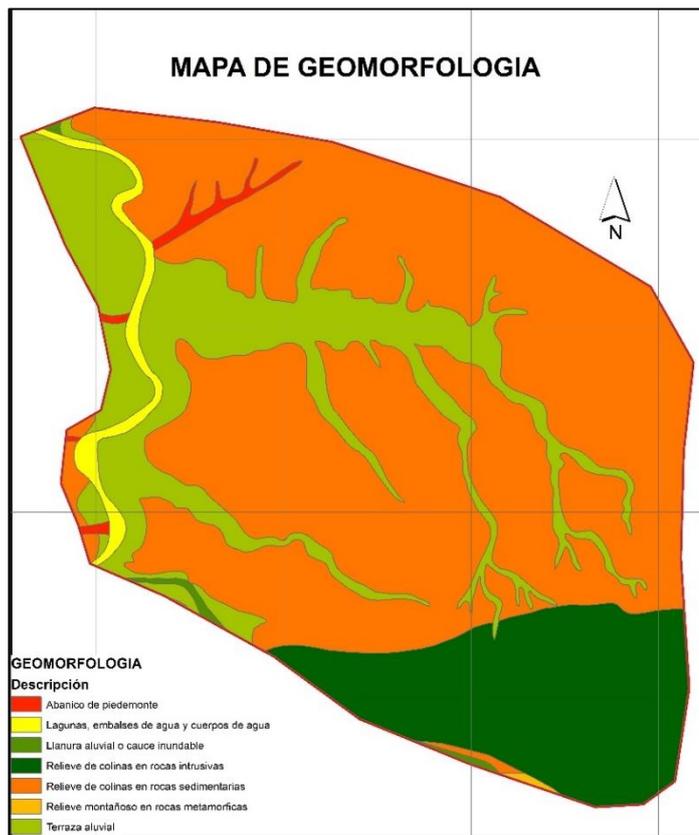
N	Descripción	Peso	Área (Km2)	Área (%)
1	Relieve de colinas en rocas sedimentarias	0.066	174.77	62%
2	Terraza aluvial	0.137	56.18	20%
3	Relieve de colinas en rocas intrusivas	0.066	44.35	16%
4	Lagunas y cuerpos de agua	0.487	5.05	2%
5	Abanico de piedemonte	0.066	2.03	1%

6	Llanura aluvial o cauce inundable	0.272	1.01	0%
7	Relieve montañoso en rocas metamórficas	0.066	0.27	0%

Nota. Se visualiza los porcentajes de áreas según la clasificación de pendientes en la zona de estudio. Elaboración propia.

Figura 9

Mapa de geomorfología



Nota. Se visualiza espacialmente las diversas descripciones de pendientes en la zona de estudio. Elaboración propia.

Tabla 10

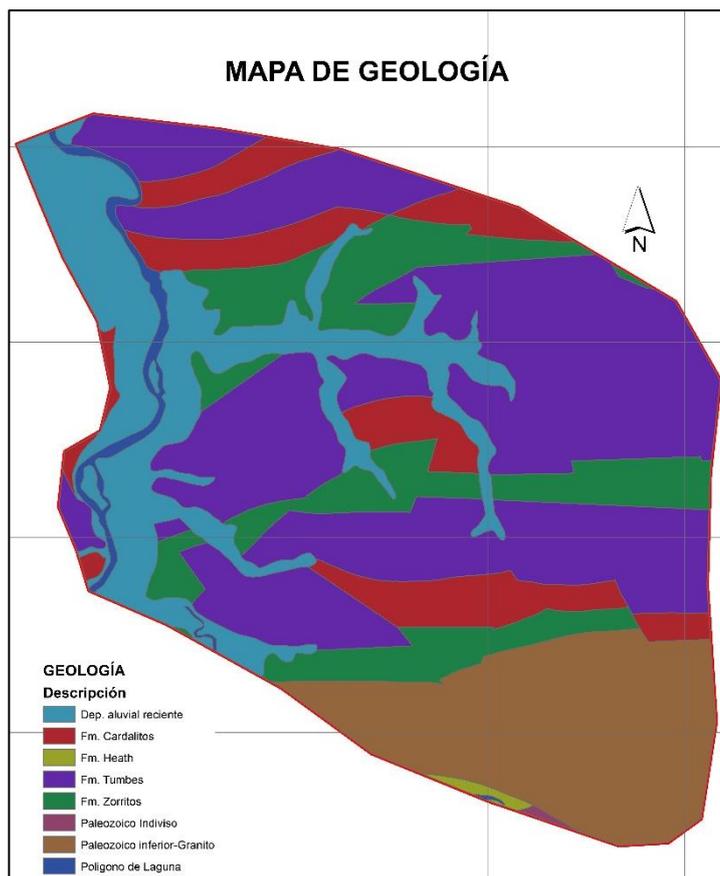
Clasificación de áreas para la geología (%)

N	Descripción	Peso	Área (Km2)	Área (%)
1	Dep. aluvial reciente	0.068	47.21	17%
2	Fm. Cardalitos (Casco Urbano)	0.503	30.16	11%
3	Fm. Heath (Casco Urbano)	0.503	0.78	0%

4	Fm. Tumbes (Casco Urbano)	0.503	113.60	40%
5	Fm. Zorritos (Casco Urbano)	0.503	42.42	15%
6	Paleozoico Indiviso	0.035	0.28	0%
7	Paleozoico inferior-Granito	0.035	44.91	16%
8	Polígono de Laguna	0.503	4.31	2%

Nota. Se visualiza los porcentajes de áreas según la clasificación de pendientes en la zona de estudio. Elaboración propia.

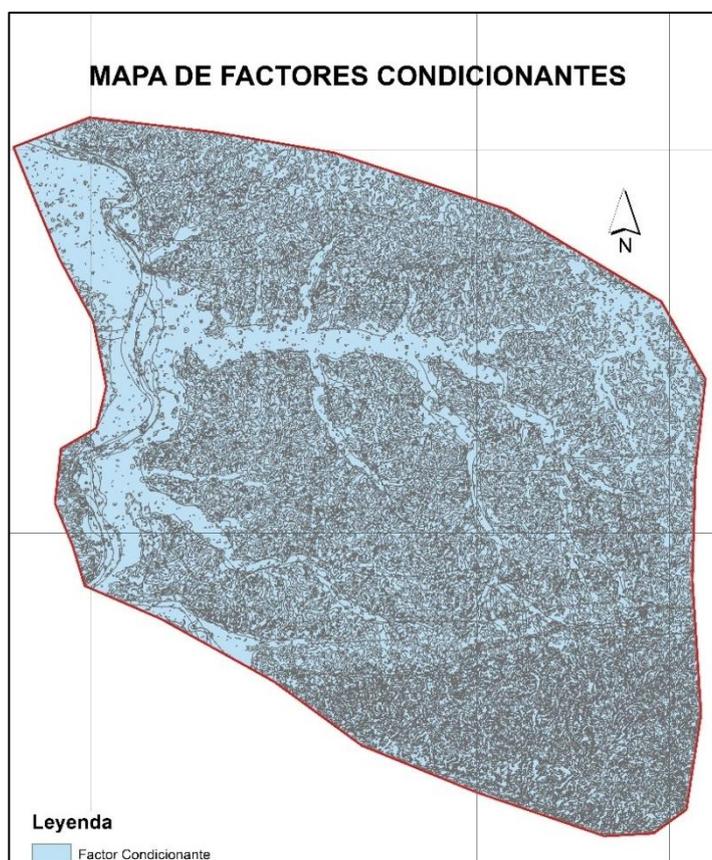
Figura 10
Mapa de geología



Nota. Se visualiza espacialmente las diversas descripciones de pendientes en la zona de estudio. Elaboración propia.

Para generar el mapa condicionante, se empleó un sistema de información geográfica (SIG) que incorporó datos de geomorfología con un peso del 53.9%, pendientes con un peso del 29.7%, y geología con un peso del 16.4%. Y el resultado se visualiza en la figura 10.

Figura 11
Mapa de factores condicionantes

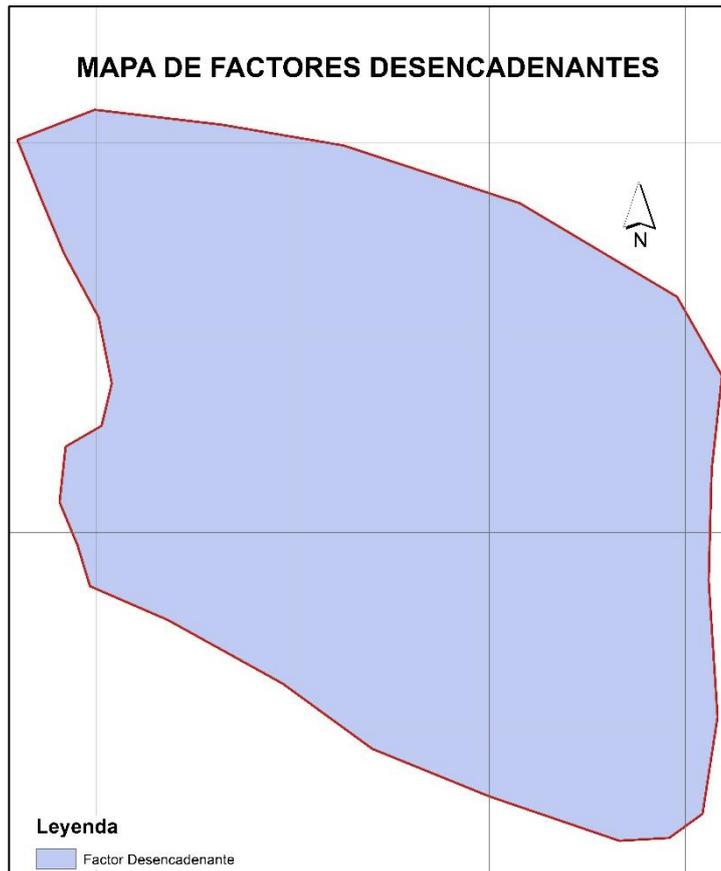


Nota. Se visualiza espacialmente las diversas descripciones de pendientes en la zona de estudio. Elaboración propia.

- Factores desencadenantes

En lo que respecta al factor desencadenante, se procedió a analizar la intensidad de la lluvia, teniendo límites en los valores comprendidos entre 30 mm/hora y 60 mm/hora en todas las estaciones de monitoreo dentro de la región de estudio. Esto resultó en una asignación constante de un valor, que representa una intensidad muy fuerte con un peso del 0.26 en toda la extensión de la zona (Ver figura 12).

Figura 12
Mapa de factores desencadenantes



Nota. Se visualiza espacialmente las diversas descripciones de pendientes en la zona de estudio. Elaboración propia.

- **Susceptibilidad**

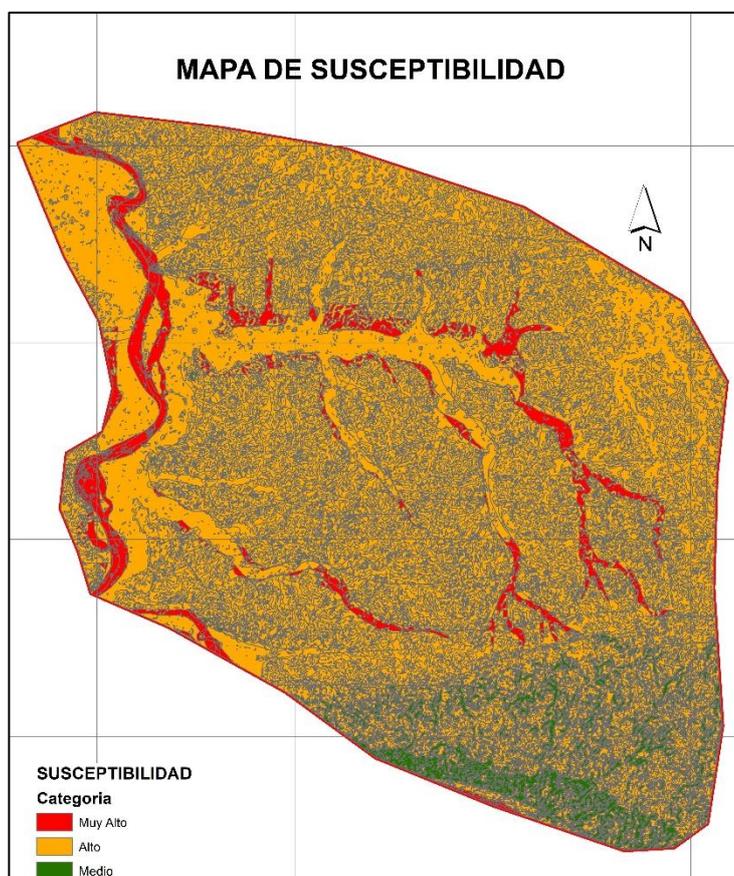
En caso de la obtención de Susceptibilidad, se le da mayor peso al factor desencadenante con un 90%, mientras los factores condicionantes solamente tendrían el 10%, dando como resultado (ver figura 13), las zonas con mayor susceptibilidad las zonas con bajas pendientes, las zonas aledañas al cauce.

- **Caracterización del fenómeno**

En la caracterización del fenómeno, se adoptó un periodo de retorno de 100 años para determinar la extensión de inundación en las áreas de interés. Donde no se incorporaron imágenes satelitales de años previos, por lo que tiene ausencia de registros visuales de eventos pasados.

Además, la presencia de nubosidad que no fue considerada de manera exhaustiva, lo que genera cierta ambigüedad al distinguir entre la mancha de inundación y otros elementos, disminuyendo la representatividad de los resultados.

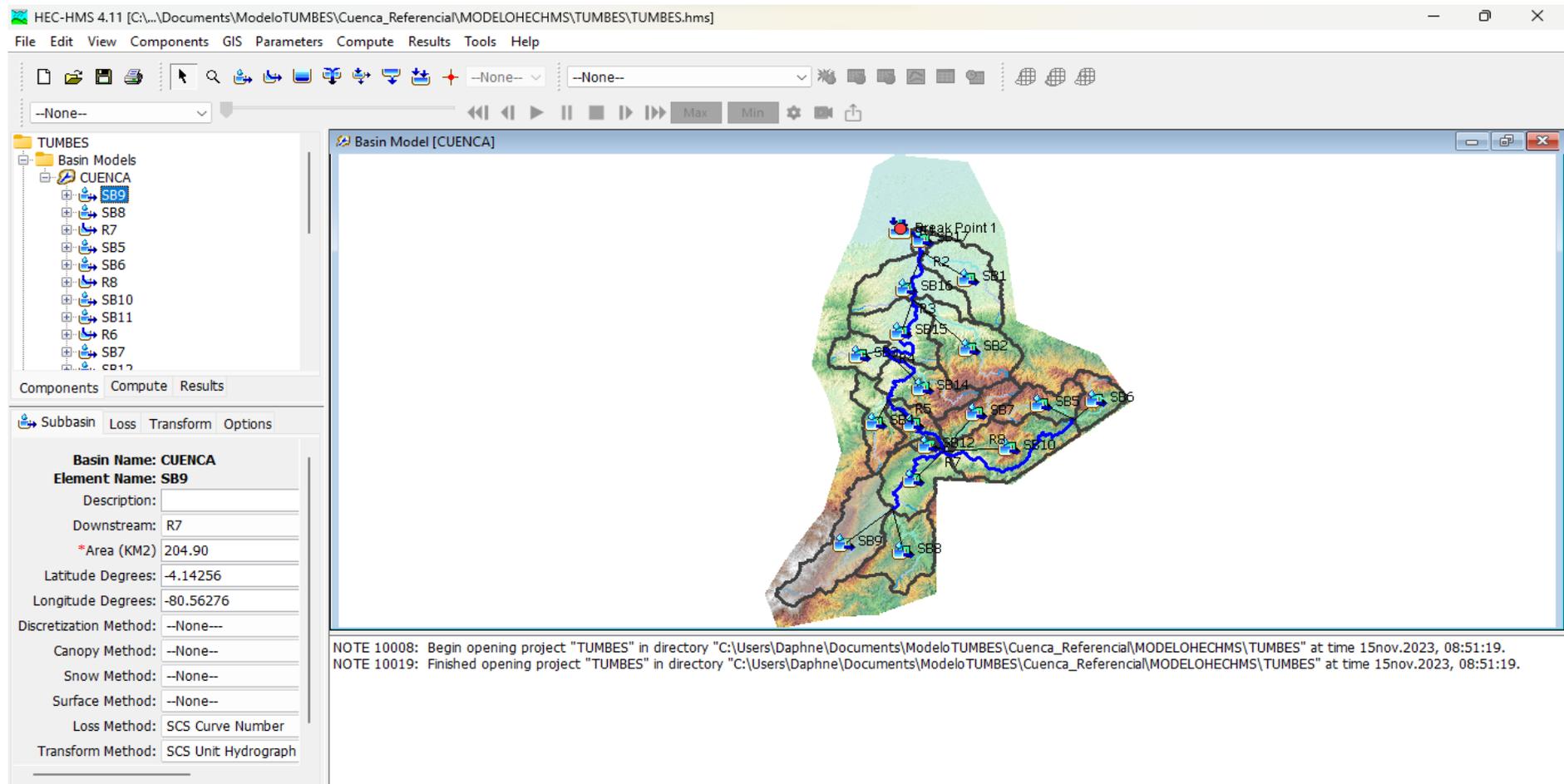
Figura 13
Mapa de susceptibilidad



Nota. Se visualiza espacialmente las diversas descripciones de pendientes en la zona de estudio. Elaboración propia

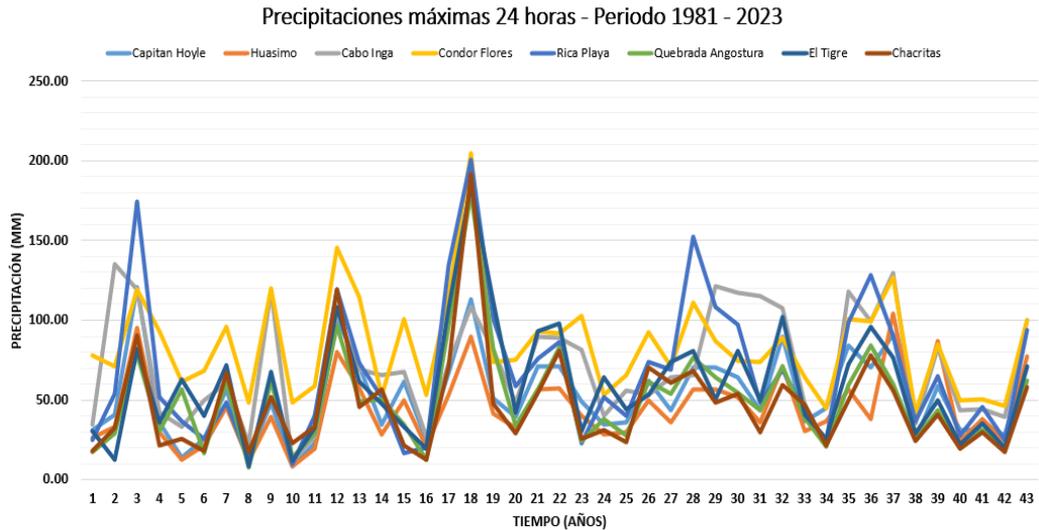
Se desarrollo un modelo hidrológico con el software HEC-HMS, donde se delimitó la cuenca considerando como punto de aforo una estación hidrométrica para las comparaciones respectivas (ver figura 14). Y con dicha delimitación se pudo identificar las estaciones que influyen dentro la cuenca delimitada. Donde las series máximas anuales se reflejan en la figura 15, donde dicha información fue obtenida de la plataforma gratuita de la Autoridad Nacional del Agua (Observatorio del ANA).

Figura 14
Modelado hidrológico con HEC-HMS



Nota. Se visualiza el modelo HEC-HMS. Elaboración propia.

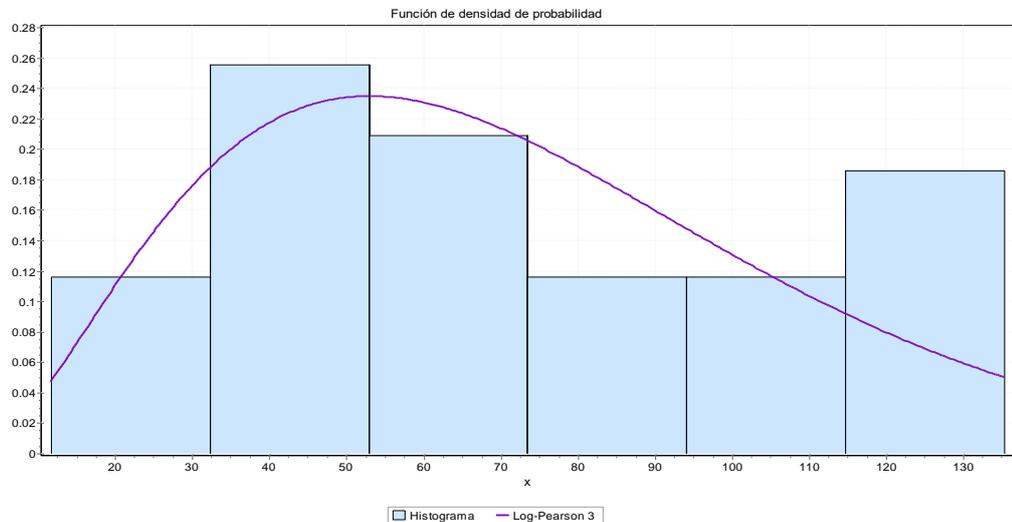
Figura 15
Precipitaciones máximas 24 horas



Nota. Se visualiza las precipitaciones máximas de 24 horas. Elaboración propia

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de frecuencia con el objetivo de determinar el valor máximo para un periodo de retorno de 24 horas. Este análisis se realizó utilizando el software Easyfit, que emplea un conjunto de distribuciones probabilísticas. A través de la prueba de bondad de ajuste, se seleccionó el log Pearson tipo III como la distribución más adecuada debido a su mejor ajuste. La figura 16 presenta la representación gráfica de este análisis.

Figura 16
Distribución probabilística



Nota. Se visualiza la distribución probabilística Log Pearson III. EasyFit.

Con la distribución que tiene mayor ajuste, se procede a obtener dichos valores para diferentes periodos de retorno, pero el de 100 años sería para la evaluación del estudio.

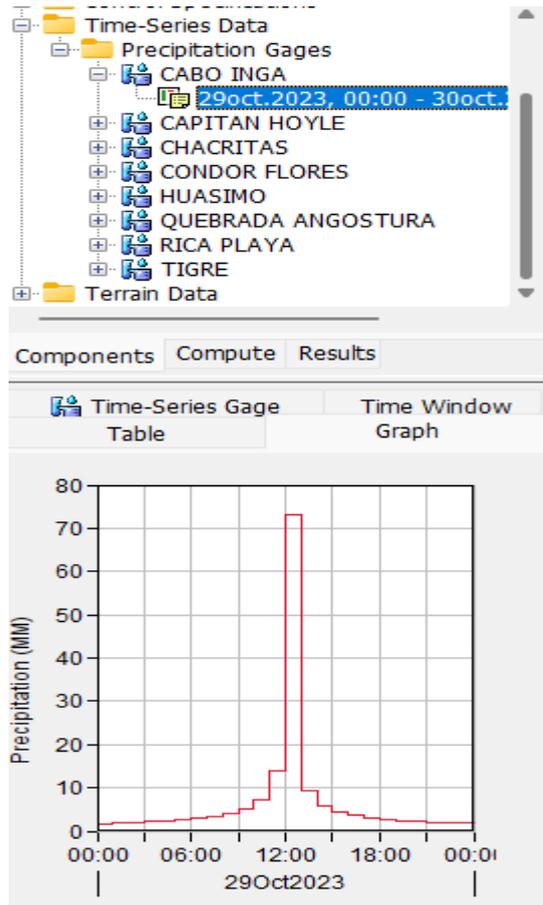
Tabla 11
P24 horas para diferentes periodos de retorno

Estación	Periodo de retorno (años)				
	5	10	25	50	100
Capitán Hoyle	72.62	87.88	106.61	120.23	133.62
Huasimo	61.63	78.54	101.70	120.18	139.66
Cabo Inga	101.27	121.89	144.77	159.65	172.88
Condor Flores	106.95	125.57	149.10	166.56	183.89
Rica Playa	98.55	128.82	168.33	198.15	227.99
Quebrada Angostura	72.58	90.85	113.93	131.06	148.05
El Tigre	86.14	107.77	133.30	150.83	167.06
Chacritas	64.77	86.23	118.38	146.21	177.58

Nota. Se detalla los valores de p24 horas para diferentes periodos de retorno. Elaboración propia.

En el cálculo de la tormenta de diseño, se empleó la metodología de Disk Peschke, la cual facilita la obtención de hidrogramas de diseño para cada estación considerada (ver figura 17). Para llevar a cabo simulaciones, es esencial contar con los datos de la estación hidrométrica. Se realizó un análisis de frecuencia utilizando estos valores, y para un periodo de retorno de 100 años, se obtuvo un caudal de 3251.40 m³/s. Posteriormente, se comparó este resultado con los caudales pico obtenidos mediante simulaciones, ajustando el número de curva (Potencial de escorrentía) hasta lograr una concordancia con el caudal pico derivado del análisis de frecuencia de la estación correspondiente.

Figura 17
Hietograma de diseño para cada estación



Nota. Se detalla los valores de p24 horas para diferentes periodos de retorno.
 Elaboración propia.

Tabla 12
Descargas máximas instantáneas de la estación “El Tigre”

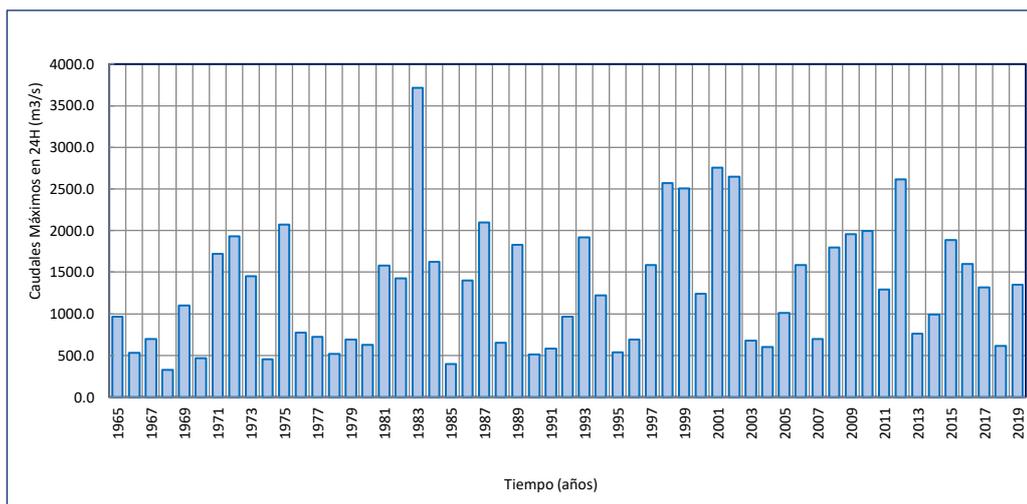
Año	Q.Max (m³/s)	Fecha	Año	Q. Max (m³/s)	Fecha
1965	965	12-Abr	1993	1918.2	marzo
1966	534	05-Feb	1994	1222.9	abril
1967	695	27-Feb	1995	534.4	enero
1968	325	15-Mar	1996	690.3	febrero
1969	1100	05-Abr	1997	1583.3	marzo
1970	469	24-Ene	1998	2569.9	diciemb
1971	1722	21-Feb	1999	2506.2	febrero

1972	1929	30-Mar	2000	1238.1	marzo
1973	1449	10-Mar	2001	2756.2	marzo
1974	455	02-Mar	2002	2646.6	marzo
1975	2074	15-Mar	2003	681.4	marzo
1976	772	26-Mar	2004	602	febrero
1977	723	15-Mar	2005	1012.8	marzo
1978	519	02-Mar	2006	1583.3	febrero
1979	689.7	13-Mar	2007	696.6	marzo
1980	628.3	08-Abr	2008	1800	febrero
1981	1578.6	13-Mar	2009	1957.2	febrero
1982	1429	24-Dic	2010	1995	marzo
1983	3712.5	05-Feb	2011	1292.4	abril
1984	1627.5	17-Mar	2012	2616.7	marzo
1985	397.8	13-Abr	2013	759.9	marzo
1986	1397.4	19-Mar	2014	989.6	mayo
1987	2098.5	14-Feb	2015	1887.7	marzo
1988	651.9	febrero	2016	1598.7	marzo
1989	1828.8	febrero	2017	1317.7	marzo
1990	513.4	febrero	2018	613.3	febrero
1991	584.5	marzo	2019	1347.10	marzo
1992	965	12-Abr			

Nota. Se detalla los valores de p24 horas para diferentes periodos de retorno.
Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes(PEBPT)

Figura 18

Valores máximos anuales de la estación hidrométrica El Tigre



Nota. Se detalla los valores de p24 horas para diferentes periodos de retorno. Elaboración propia.

Tabla 13

Validación del modelo hidrológico

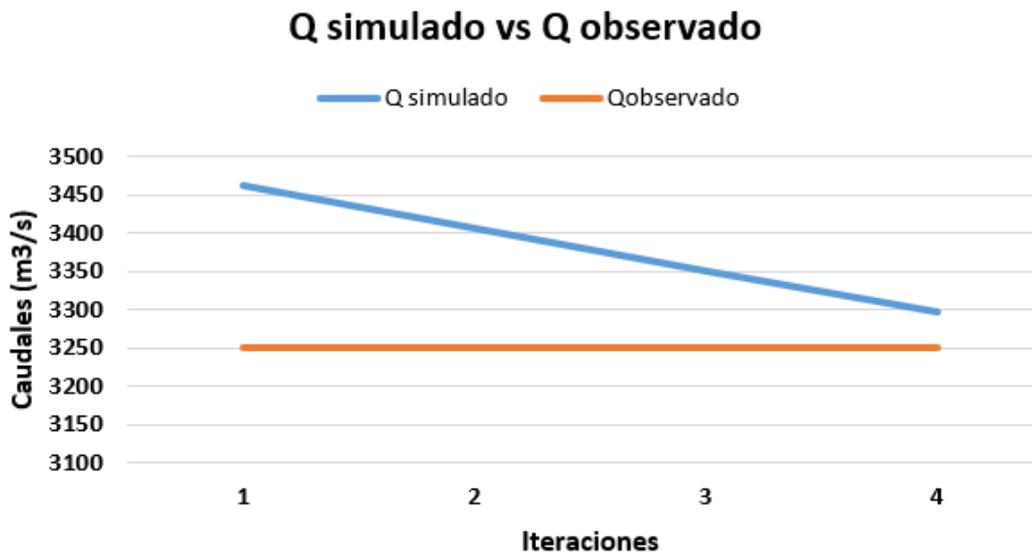
SUBCUENCA	CN	-1%	-1%	-1%	-0.01%
SB1	70.88	70.17	69.47	68.77	68.22
SB10	73.37	72.64	71.91	71.19	70.62
SB11	70.03	69.33	68.64	67.95	67.41
SB12	70.78	70.07	69.37	68.68	68.13
SB13	70.00	69.30	68.61	67.92	67.38
SB14	70.00	69.30	68.61	67.92	67.38
SB15	66.80	66.13	65.47	64.82	64.30
SB16	58.02	57.44	56.87	56.30	55.85
SB17	64.77	64.12	63.48	62.85	62.34
SB2	70.21	69.51	68.81	68.12	67.58
SB3	50.75	50.24	49.74	49.24	48.85
SB4	65.40	64.75	64.10	63.46	62.95
SB5	70.33	69.63	68.93	68.24	67.70
SB6	72.79	72.06	71.34	70.63	70.06
SB7	70.19	69.49	68.79	68.11	67.56
SB8	70.00	69.30	68.61	67.92	67.38
SB9	70.00	69.30	68.61	67.92	67.38

Q simulado	3462.00	3405.70	3350.60	3296.60	3254.40
Q observado	3251.40	3251.40	3251.40	3251.40	3251.40
error (%)	6.48%	4.75%	3.05%	1.39%	0.09%

Nota. Se detalla los cambios de CN para adecuación del pico de caudal.

Figura 19

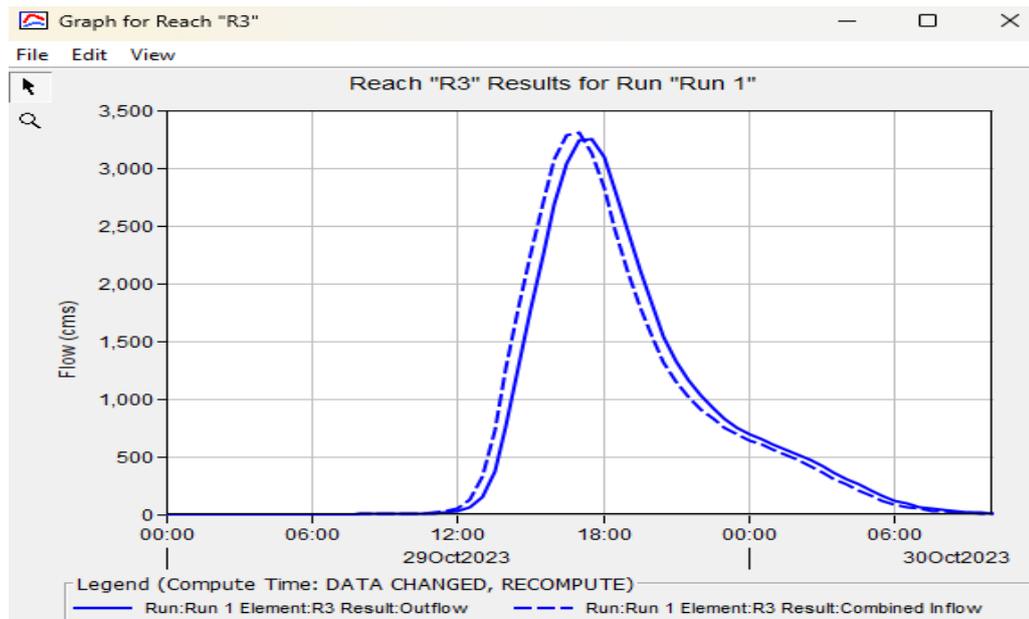
Comparación de Caudales Simulados y Observados



Nota. Se detalla las comparaciones de caudales simulados y observados para cada iteración. Elaboración Propia.

Luego de haber validado el modelo donde se llegó a tener un error de 0.09% entre simulado y observado en caudal pico (figura 19). Se ingresa tal hidrograma al modelo hidráulico. Y se llega a visualizar la distribución de velocidades (figura 21) y (figura 22).

Figura 20
Hidrograma de entrada para el modelo HEC-RAS



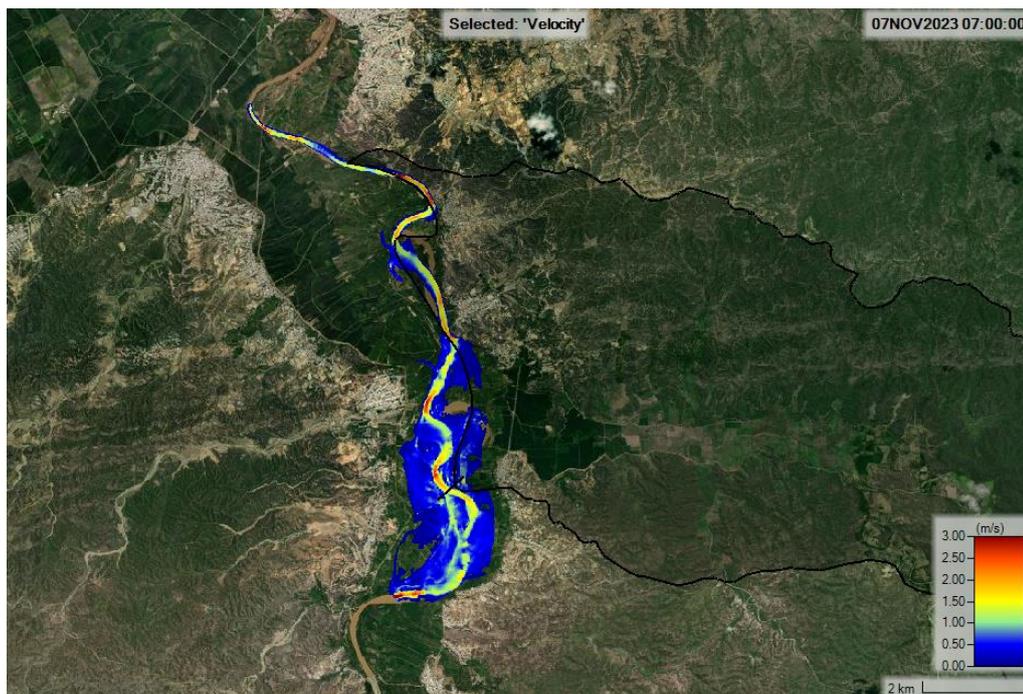
Nota. Se visualiza el hidrograma de entrada. Elaboración en HEC-HMS.

Donde las velocidades se dan en rangos de 0 a 3 m/s, en la cual las mayores velocidades se ven obtenido en el cauce del rio y el desbordamiento en la planicie, da velocidades pequeñas y tirantes inferiores a 50 cm.

- Nivel de peligrosidad

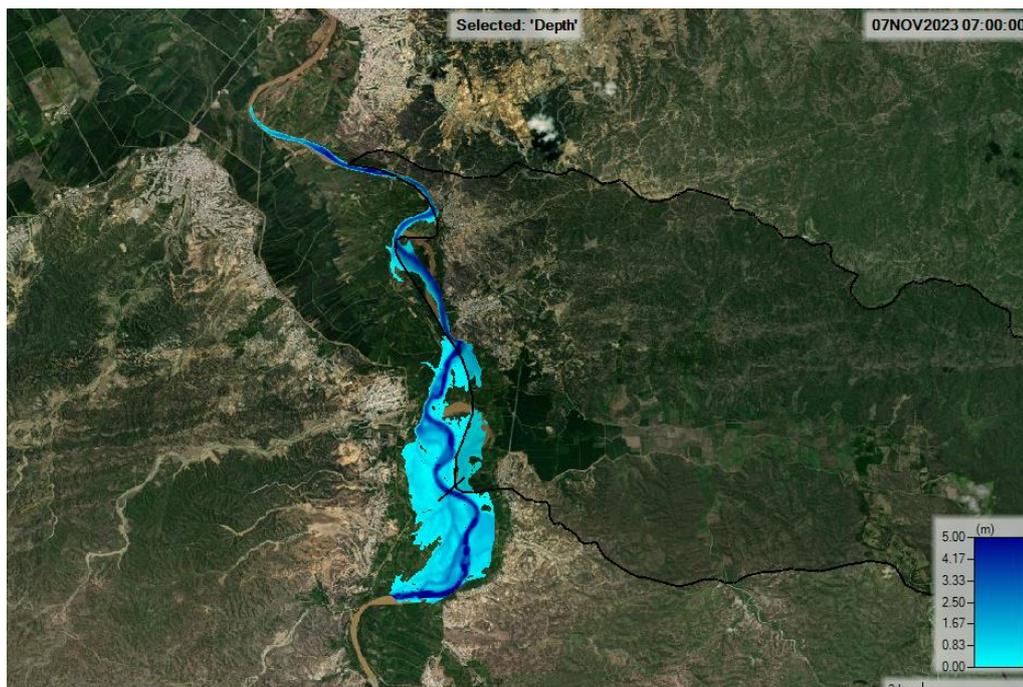
Dado que se cuenta con la información sobre la mancha de inundación, se procede a realizar la multiplicación de la capa de velocidad y la capa de tirantes. La descripción detallada de estas capas se encuentra en la tabla general. Es importante destacar que esta mancha de inundación se considera en un 80% para la evaluación del nivel de peligrosidad, mientras que la susceptibilidad contribuye con un 20% en dicha estimación.

Figura 21
Distribución de velocidades del área de estudio



Nota. Se visualiza la distribución de velocidades. Elaboración en HEC-RAS.

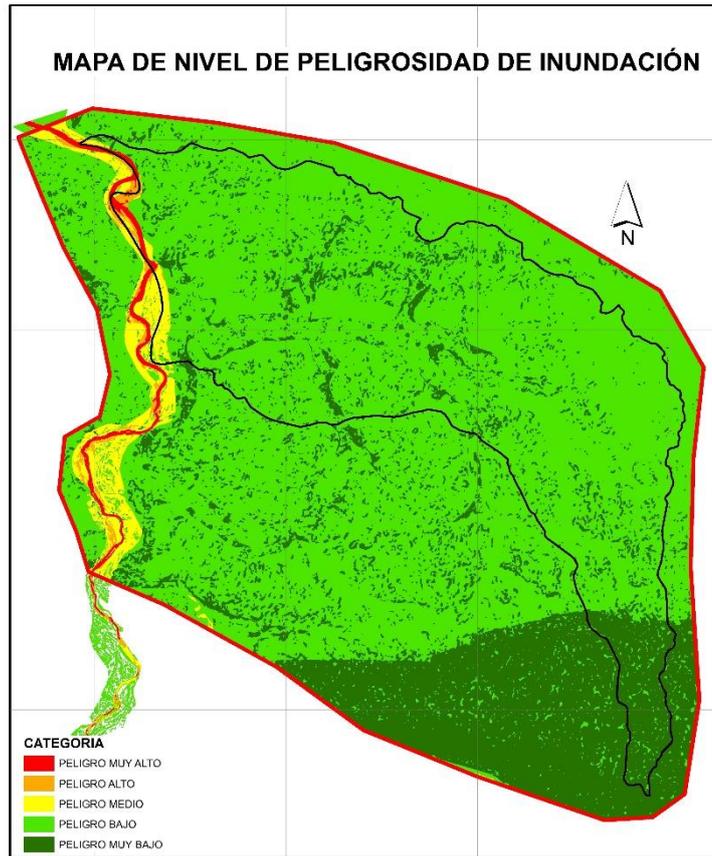
Figura 22
Distribución de tirantes del área de estudio



Nota. Se visualiza la distribución de tirantes. Elaboración en HEC-RAS.

Figura 23

Mapa de nivel de peligrosidad de inundación



Nota. Procesamiento en el entorno GIS. Elaboración propia.

Tabla 14

Áreas de los niveles de peligrosidad de inundación

Rango	Áreas (Km ²)	Áreas (Ha)	Áreas (%)
Nivel de Peligrosidad Muy Alta	1.85	185.03	0.65%
Nivel de Peligrosidad Alta	1.63	162.87	0.57%
Nivel de Peligrosidad Media	7.32	731.91	2.56%
Nivel de Peligrosidad Baja	222.17	22,217.34	77.78%
Nivel de Peligrosidad Muy Baja	52.66	5,265.59	18.44%

Nota. Procesamiento en el entorno GIS. Elaboración propia.

La tabla proporciona una descripción detallada de las áreas de estudio clasificadas según diferentes niveles de peligrosidad frente a inundaciones, expresadas en diversas unidades (Km², Ha y %).

- En el caso de la categoría de peligrosidad muy alta, engloba 185

hectáreas, equivalente al 0.65 % de los terrenos que inciden en la zona de estudio. Por otro lado, la peligrosidad alta, que representa el 0.57 %, abarca 162.87 hectáreas. La suma de ambas asciende a 1,655 hectáreas, constituyendo el 1.22% del total.

- En cuanto a la peligrosidad media, comprende el 2.56% del área total con 731.91 hectáreas.
- Por último, la categoría de peligrosidad baja a muy baja abarca una extensión de 27,482.93 hectáreas, representando el 96.22% del área total de influencia en el estudio.

3.1.2. Estimación del nivel de vulnerabilidad de inundaciones fluviales

Se llevó a cabo la evaluación del nivel de vulnerabilidad al centrarse en las distancias entre los predios agrícolas y el río Tumbes. En el contexto de este estudio, que se centra en inundaciones, se reconoce que dicho fenómeno afecta de manera más significativa a las áreas que están más próximas al río.

En la mencionada figura, se ilustran las áreas que experimentan un impacto más significativo debido a las inundaciones, identificadas como aquellas con niveles de vulnerabilidad alta y muy alta. Al contar con una representación gráfica de los niveles de vulnerabilidad en el área de estudio, se procede a calcular las dimensiones de cada área, las cuales se resumen en la siguiente tabla.

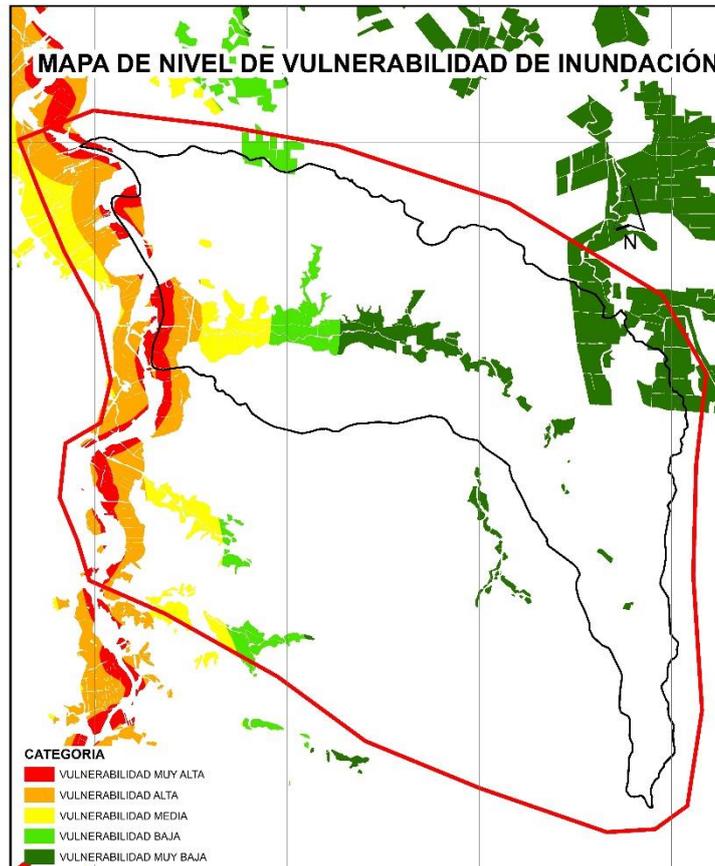
Tabla 15
Áreas de los niveles de vulnerabilidad de inundación

Descripción	Áreas (Km²)	Áreas (Ha)	Áreas (%)
Nivel de Vulnerabilidad Muy Alta	4.91	491.00	11.68%
Nivel de Vulnerabilidad Alta	11.64	1,164.00	27.70%
Nivel de Vulnerabilidad Media	7.18	718.00	17.09%
Nivel de Vulnerabilidad Baja	4.98	498.00	11.85%
Nivel de Vulnerabilidad Muy Baja	13.31	1,331.00	31.68%

Nota. Se describe las diversas áreas de los niveles de vulnerabilidad

Figura 24

Mapa de nivel de vulnerabilidad de inundación



Nota. Procesamiento en el entorno GIS.

La tabla proporciona una descripción detallada de las áreas de estudio clasificadas según diferentes niveles de vulnerabilidad frente a inundaciones, expresadas en diversas unidades (Km², Ha y %). Donde se presenta los siguientes resultados.

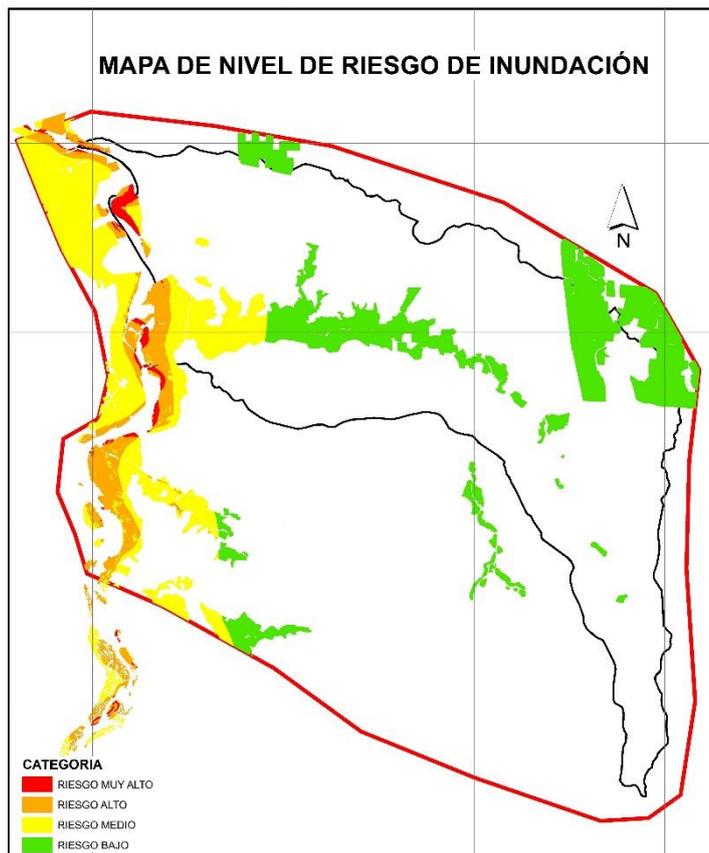
- En el caso de la categoría de vulnerabilidad muy alta, engloba 491 hectáreas, equivalente al 11.68% de los terrenos que inciden en la zona de estudio. Por otro lado, la vulnerabilidad alta, que representa el 27.70%, abarca 1,164 hectáreas. La suma de ambas asciende a 1,655 hectáreas, constituyendo el 39.38% del total.
- En cuanto a la vulnerabilidad media, comprende el 17.09% del área total con 718 hectáreas.
- Por último, la categoría de vulnerabilidad baja a muy baja abarca

una extensión de 1,829 hectáreas, representando el 43.53% del área total de influencia en el estudio.

3.1.3. Estimación del nivel de riesgo de inundaciones fluviales

En caso del nivel de riesgo de inundación, se desarrolló en un entorno GIS, con herramientas de intersección de ambos mapas de niveles de riesgo de peligrosidad y vulnerabilidad. Donde se basa de la matriz que se encuentra en detalle en la figura. Dando como resultado la siguiente representación espacial de los diversos niveles de riesgo.

Figura 25
Mapa de nivel de riesgo de inundación



Nota. Procesamiento en el entorno GIS.

En la mencionada figura, se ilustran las áreas que los diversos niveles de riesgos de inundaciones, donde se tiene 86.83 y 659.82 hectáreas para los niveles de riesgo muy alto y alto respectivamente.

Tabla 16
Áreas de los niveles de peligrosidad de inundación

Rango	Áreas (Km2)	Áreas (Ha)	Áreas (%)
Riesgo Muy Alto	0.87	86.83	0.65%
Riesgo Alto	6.60	659.82	0.57%
Riesgo Medio	17.50	1,750.05	2.56%
Riesgo Bajo	18.29	1.828.58	18.44%

Nota. Procesamiento en el entorno GIS.

3.2. Discusión de resultados

La categoría de peligrosidad muy alta y alta abarca un porcentaje relativamente bajo del área total, representando el 1.22%. Esto indica que las áreas con los niveles de peligrosidad más altos son limitadas en extensión, pero poseen un impacto crítico. La peligrosidad media ocupa una proporción considerable, con el 2.56% del área total. Esto sugiere una extensión más amplia de riesgos moderados en la región. La categoría de peligrosidad baja a muy baja es la más extensa, cubriendo el 96.22% del área total. Aunque estas áreas poseen un menor riesgo, su extensión resalta la importancia de abordar de manera integral la gestión del riesgo en toda la región.

Las categorías de vulnerabilidad alta y muy alta, combinadas, representan el 39.38% del área total. Esto indica que hay áreas específicas con una susceptibilidad significativa frente a eventos de inundación. La vulnerabilidad media ocupa un 17.09% del área total, indicando la presencia de zonas con un riesgo moderado. La categoría de vulnerabilidad baja a muy baja es extensa, cubriendo el 43.53% del área total. Aunque estas áreas son menos susceptibles, su amplitud resalta la necesidad de una gestión eficiente y personalizada del riesgo.

Las áreas identificadas con riesgo muy alto y alto abarcan 86.83 y 659.82 hectáreas, respectivamente. Estas áreas específicas deben ser prioritarias en términos de planificación y medidas de mitigación, ya que representan una amenaza significativa de inundación.

Los resultados proporcionan una visión detallada de la distribución espacial de los riesgos de inundación, lo que puede orientar estrategias y acciones específicas para la gestión efectiva del riesgo en la zona de estudio. La combinación de datos de peligrosidad y vulnerabilidad permite una comprensión más completa de la exposición de la región a eventos de inundación, facilitando la toma de decisiones informadas para reducir el impacto

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES

4.1. Niveles de Peligrosidad de inundación

En la evaluación del nivel de peligrosidad asociado a inundaciones, se tienen en cuenta factores condicionantes como la geología, geomorfología y pendientes, los cuales influyen en el desarrollo del fenómeno. En este contexto, la intensidad de lluvia actúa como el factor desencadenante que activa el evento de inundación. Es importante señalar que estos factores de la susceptibilidad contribuyen hasta un 20% a la estimación del nivel de peligrosidad, ya que la predominancia del 80% se atribuye a la caracterización del fenómeno, particularmente representada por un hidrograma con un periodo de retorno de 100 años, que delinea la extensión de la inundación.

En caso de las avenidas máximas, los valores máximos para las p24horas para un periodo de retorno de 100 años, se adecuan a la distribución Log Pearson tipo III, donde dicha distribución de mejor ajuste se identificó con la prueba bondad de ajuste. Y ello se ingresó como hietogramas al modelo HEC-HMS, donde la delimitación se basó como punto de aforo, una estación hidrométrica. Igual manera se obtuvo el valor pico para el mismo periodo de retorno de las lluvias, para poder comparar, dando consigo un caudal pico simulado de 3254.40 m³/s y lo que arrojaba la estación hidrométrica El Tigre para dicho periodo de retorno es de 3251.40 m³/s, dando así un error porcentual de 0.09%, con un numero de curva promedio de 65.36.

La distribución de peligrosidad en la zona de estudio revela que la gran mayoría de esta área, equivalentemente al 96.22%, se clasifica como de peligrosidad baja a muy baja, subrayando la relativa seguridad de la región. Aunque las categorías de peligrosidad muy alta y alta abarcan solo un 1.22% del total, su presencia destaca la necesidad de gestionar riesgos significativos. Por otro lado, la peligrosidad media ocupa un 2.56% del territorio, indicando áreas que requieren atención específica.

4.2. Niveles de Vulnerabilidad de Inundación

Al evaluar el nivel de vulnerabilidad, se toman en cuenta las distancias entre las zonas agrícolas y el lecho del río, siendo este parámetro esencial para la estimación del riesgo de inundación. En consecuencia, el enfoque principal del estudio se centra exclusivamente en las áreas agrícolas, considerándose únicamente este factor para la mencionada estimación.

Una parte considerable del área de estudio, específicamente el 39.38%, exhibe niveles de vulnerabilidad alta y muy alta. La distribución desigual de la vulnerabilidad, con un 43.53% de las áreas clasificadas como baja a muy baja, sugiere que, aunque hay zonas de alto riesgo, también existen áreas más resistentes.

4.3. Niveles de Riesgo de Inundación

Cuando se realiza la evaluación del riesgo, se sigue la metodología recomendada por instituciones nacionales como el CENEPRED. Esta metodología sugiere que, para obtener el nivel de riesgo, es necesario cruzar las evaluaciones de los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad.

Las áreas de riesgo significativo tienen un área de 86.83 hectáreas en el nivel de riesgo muy alto y 659.82 hectáreas en el nivel alto, se identifican zonas específicas con una amenaza significativa de inundación.

CAPITULO V

5. RECOMENDACIONES

Desarrollar un sistema de alerta temprana basado en datos meteorológicos y niveles de ríos, permitiendo una respuesta rápida y eficaz ante condiciones climáticas que puedan generar inundaciones.

Realizar evaluaciones periódicas de riesgos de inundación para actualizar modelos, adaptando las estrategias de gestión del riesgo a posibles cambios en el entorno.

Realizar evaluaciones periódicas de riesgos de inundación para actualizar modelos, adaptando las estrategias de gestión del riesgo a posibles cambios en el entorno.

Organizar programas de capacitación y simulacros regulares para la población local, las autoridades y los equipos de respuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, B. (2007). *Hidrología Básica y Aplicada*.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. (2009). *rimd.org*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Acciones de Prevención ante Inundaciones*. Lima, Perú.
- Benjamin, M. (2008). *Investigating physical and social dimensions*. University of Cape Town.
- Catie, T. (1994). *Imágenes de Radar: Conceptos Generales*. La Paz, Bolivia.
- CENEPRED. (2017). *Evaluación del riesgo de inundación pluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Tumbes*. Lima.
- CENEPRED. (2017). *Manual de evaluación de riesgos para fenómenos naturales*.
- Chanca, K., & Inga, Y. (2018). *Influencia de la inundación en el riesgo de desastres del distrito de Moya de la provincia y departamento de Huancavelica*. Huancavelica.
- Cruz, G., & Jarvil, S. (2021). *Evaluación del nivel de riesgo de las viviendas construidas en el cauce de la quebrada Zeta ante una máxima avenida en Chachapoyas, Amazonas*. Chachapoyas.
- Díaz, L., & Alina, R. (2016). *Evaluación del riesgo por inundación en la comunidad Pradera Alta, municipio Maracaibo, Venezuela*. Maracaibo.
- Diez, A., Llorente, M., Ballesteros, J., & Ruiz, V. (2009). Riesgos por avenidas e inundaciones fluviales. *Enseñanzas de la Ciencias de la Tierra*.
- Domingo, E. (1988). *Hidráulica Para Ingenieros*.
- Douben, N. (2006). *Characteristics of river floods and flooding: A global overview, 1985-2003*. Irrigation and Drainage.
- Echarri, L. (1998). *CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE*.
- Efrain, G. (2017). *Hidrología Superficial*.
- El Heraldo. (17 de octubre de 2017). Reconstrucción es muy lenta falta agua potable hospitales y apoyo a los agricultores TUMBES AÚN NO SE LEVANTA DEL DESASTRE DEL NIÑO COSTERO. *El Heraldo*, pág. 1.

- Garcia, E., & Zapata, S. (2017). *Evaluación de riesgos y desastres para la infraestructura hidráulica mayor de riego - Canal troncal de irrigación margén izquierda Rio Tumbes 2017*. Tumbes, Perú.
- Geographic National. (6 de Enero de 2010). *nationalgeographic.es*.
- Gérard , C. (2006). *Riesgo de inundaciones en el Mediterráneo* .
- Gomez, D. (2017). *Peligros geológicos y geo-hidrológicos detonados por el niño costero 2017 en la región tumbes: análisis geológico, geomorfológico y de peligros en la cuenca baja del rio tumbes*.
- Guamushig. (2018). *Percepción social del riesgo frente a inundaciones en el Cantón Santa Cruz, Provincia de Galápagos, Ecuador*. Ecuador.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). *Manual Basico para la estimacion del Riesgo*. Lima.
- JCPA. (03 de 12 de 2020). *Inundaciones en la Costa*.
- León, K. (2018). *Análisis de riesgo en la cuenca baja puyango Tumbes, Perú, durante eventos máximos del niño extremo*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.
- Loyola, J. (2019). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad*. Huamachuco.
- Mendoza, M. (2017). *"Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada romero, del distrito de cajamarca, Periodo 2011- 2016"*. Cajamarca.
- Nalvarte, R. (2014). Morfología de un Rio. En A. N. RICARDO, *Hidraulica Fluvial*. Lima, La Molina, Peru: Fondo Editorial -UNALM.2014. Recuperado el 17 de 12 de 2020
- Núñez, J. (2001). *Manejo y conservación de suelos*. (C. F. Murillo, Ed.) San José, Costa Rica, COSTA RICA: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Ochoa, J. (2014). *Modelamiento geoespacial para la determinación del grado de vulnerabilidad - cuenca hidrográfica Jequetepeque*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ollero, A. (2014). *Guía metodológica sobre las buenas prácticas en gestión de inundaciones*. México. Recuperado el 15 de marzo de 2022, de

- REPUBLICA. (6 de MARZO de 2017). En Tumbes se pierden 1170 ha de cultivos de plátano y arroz por desborde de río. *LA REPUBLICA*.
- REPUBLICA. (8 de MARZO de 2017). Río se desborda e inunda calles y viviendas de Tumbes.
- Richard, F. (1985). *Hidráulica de canales abierto*.
- Romero, I. (22 de JULIO de 2021). Recuperado el 24 de 01 de 2021, de SENAMHI. (17 de FEBRERO de 2022). *Senamhi*.
- Sergi, A. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología Fluvial*. Bilbao: Sergi Sabater, Arturo Eslosegi.
- Tiber, C. (2019). *Estimación del riesgo de desastres en la subcuenca baja del río Shullcas Zona Urbana de la ciudad de Huancayo*. Huancayo.
- Tigeros, J. (2020). *Determinación de zonas inundables mediante SIG y elaboración de propuestas de mitigación en la cabecera Cantonal Daule*. Universidad Agraria de Ecuador.
- UNESCO. (2002). *Gestionar los riesgos*.
- Ven Te, C. (1958). *Hidráulica de los canales abiertos*. USA.
- Vide, J. (2002). *Ingeniería de ríos*. (2. EDICIONES UPC, Ed.) Barcelona , España.
- Zafra, J. (2015). *Nivel de riesgo por inundación en la zona de Calispuquio - Sector V, Cajamarca 2015*. Cajamarca.
- Zegarra, R. (2020). *Estudio de la gestión del riesgo de desastres vinculados a inundaciones en la trifrontera entre Perú, Brasil y Bolivia y sus impactos en el desarrollo*.

ANEXOS

Anexo 1

Formulación del Problema	Hipótesis	Objetivos	Variables y Dimensiones
<p>Problema General: ¿Cuál es el riesgo por inundación en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito de San Juan de La Virgen - Tumbes?</p> <p>Problemas específicos: ¿Cuál es el nivel de la peligrosidad por inundaciones de las áreas agrícolas, sector Garbanzal, distrito San Juan de La Virgen, Tumbes - 2023?</p> <p>¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de inundaciones de las áreas agrícolas, sector Garbanzal, distrito San Juan de La Virgen, Tumbes - 2023?</p> <p>¿Cuál es el nivel de riesgo por inundaciones que se tiene al Intersectar los mapas de nivel de vulnerabilidad y peligrosidad, de las áreas agrícolas, sector Garbanzal, distrito San Juan de La Virgen, Tumbes - 2023?</p>	<p>Hipótesis: El nivel de riesgo por inundación es alto, en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito San Juan de La Virgen, Tumbes – 2023.</p> <p>Hipótesis específicas El nivel de peligrosidad por inundación es alto, en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito San Juan de La Virgen, Tumbes – 2023.</p> <p>El nivel de vulnerabilidad por inundación es alto, en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito San Juan de La Virgen, Tumbes – 2023.</p> <p>La intersección de ambos mapas de nivel de vulnerabilidad y peligrosidad, nos estima un nivel alto en riesgo por inundación áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito de San Juan de La Virgen, Tumbes – 2023.</p>	<p>Objetivo general: Determinar el riesgo por inundación en áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito de San Juan de La Virgen, Tumbes – 2023.</p> <p>Objetivos específicos: Determinar la peligrosidad en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito de San Juan de La Virgen, Tumbes – 2023.</p> <p>Determinar la vulnerabilidad en las áreas agrícolas del sector Garbanzal, distrito de San Juan de La Virgen, Tumbes – 2023.</p> <p>Cuantificar los niveles de riesgo por inundación en las áreas agrícolas, sector Garbanzal, distrito de San Juan de La Virgen, Tumbes – 2023.</p>	<p>Riesgo por inundación</p> <p>Peligrosidad Vulnerabilidad</p> <p>Áreas agrícolas</p> <p>Parcelas agrícolas</p>

Tabla 17 Operacionalización de la variable dependiente

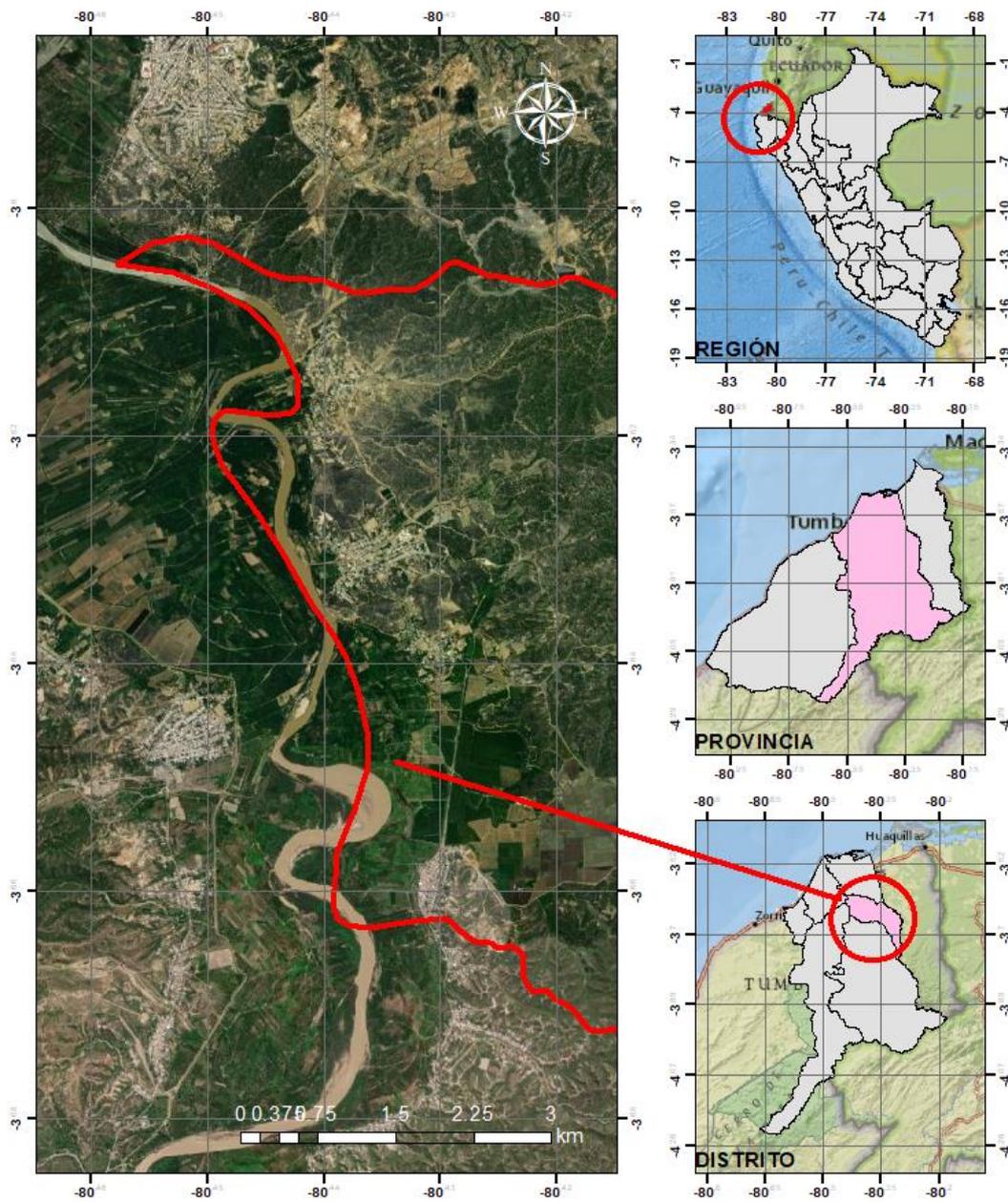
Nota. Elaboración propia

Tabla 18 Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA E INSTRUMENTO
<p>Variable Independiente: Riesgo por inundación</p>	<p>Según [CENEPRED] (2021), lo define como: “el grado de probabilidad donde la población puedan sufrir daños y pérdidas debido a su condición de vulnerabilidad e impacto de un peligro”</p>	<p>Peligrosidad</p> <p>Vulnerabilidad</p> <p>Riesgo</p>	<p>Precipitación, pendientes, geomorfología y cobertura de suelo.</p> <p>Distanciamiento de parcelas agrícolas en relación al río Tumbes.</p> <p>Mapa de peligrosidad y de vulnerabilidad.</p>	<p>Entorno GIS</p>
<p>Variable Dependiente: Áreas agrícolas</p>	<p>Este concepto se refiere a un elemento que tiene la capacidad de movilizar una determinada cantidad de agua.</p>	<p>Parcelas agrícolas afectadas</p>	<p>Parcelas agrícolas afectadas por inundación</p>	<p>Entorno GIS</p>
Fuente:	Elaboración		propia	(2023)

Anexo 2 Ubicación y predios agrícolas

Figura 26
Mapa de ubicación



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES	REGIÓN TUMBES
	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	PROVINCIA: TUMBES
	EVALUACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN LAS ÁREAS AGRÍCOLAS, SECTOR GARBANZAL, DISTRITO DE SAN JUAN DE LA VIRGEN, TUMBES-2022	DISTRITO: SAN JUAN DE LA VIRGEN

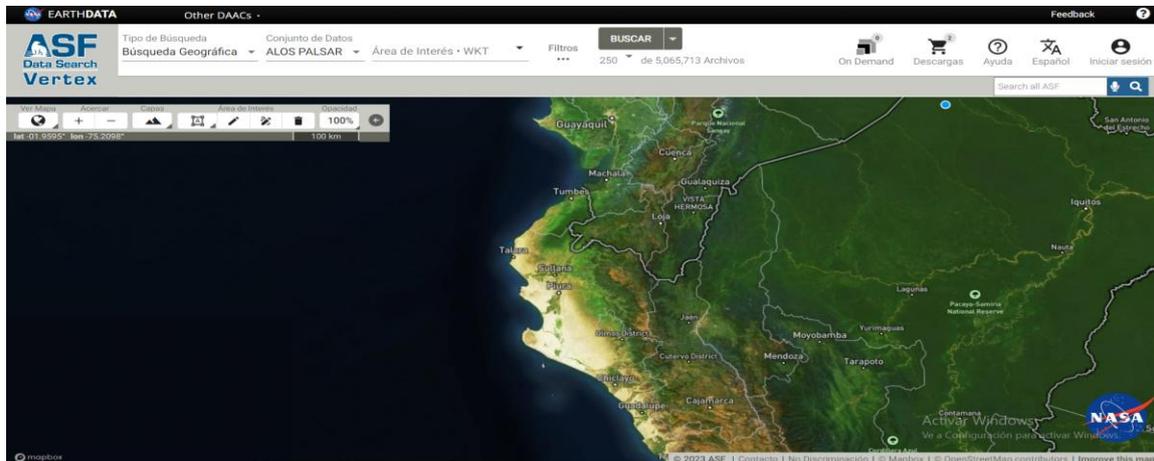
Nota. Elaboración propia

Anexo 3 Procedimiento de la tesis

Para el caso del mapa temático de pendientes, se procesará el modelo digital de elevación, descargado de la plataforma de ASF Vertex, con una resolución de 12.50 metros.

Figura 28

Plataforma para descargar modelos digitales de elevación

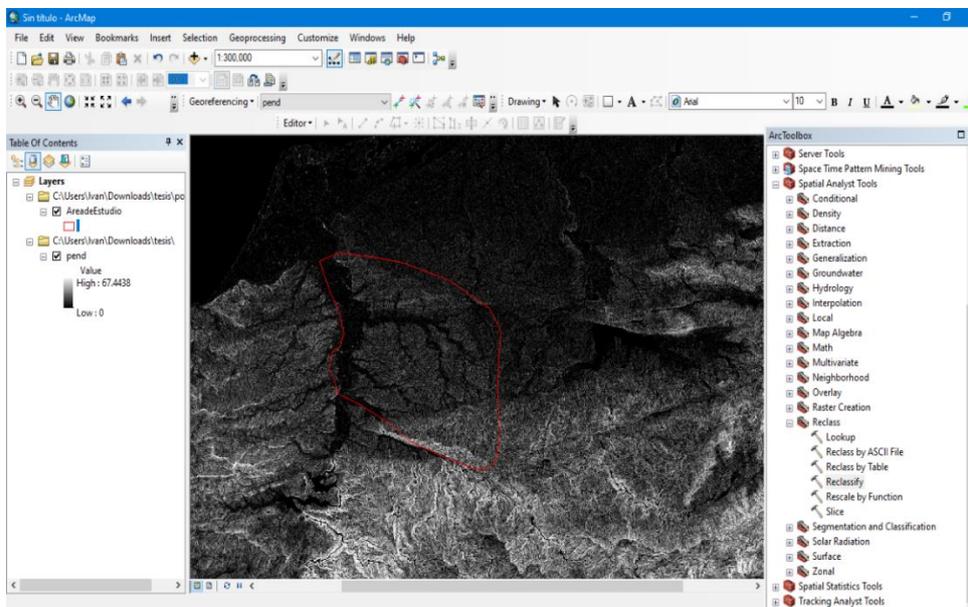


Nota. Plataforma de ASF Vertex, para la descarga de modelos digitales de elevación con diversas resoluciones.

Luego se ingresa lo descargado al entorno GIS, ver la siguiente figura.

Figura 29

Incorporación del DEM al entorno GIS

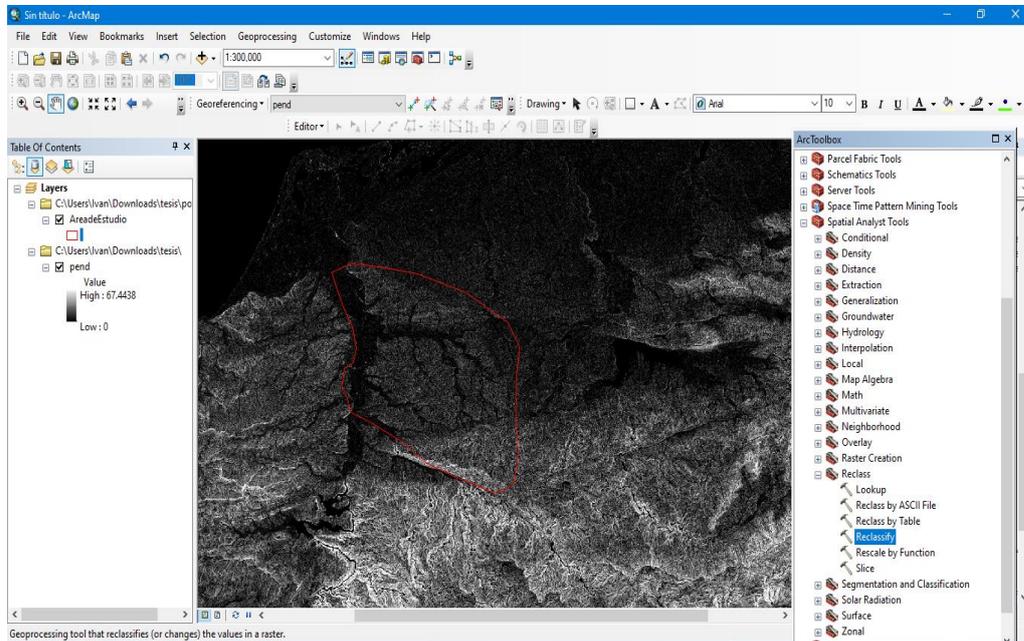


Nota. Se visualiza el entorno GIS con el Modelo Digital de Elevación.

Con ello, se procede a reclasificar las pendientes en 6 grupos de rangos de pendientes (tabla 3), la cual se sigue el proceso en las herramientas Arctoolbox - Spatial -> Analyst Tools ->Reclass-Reclassify.

Figura 30

Reclasificación de pendientes en el entorno GIS parte 1

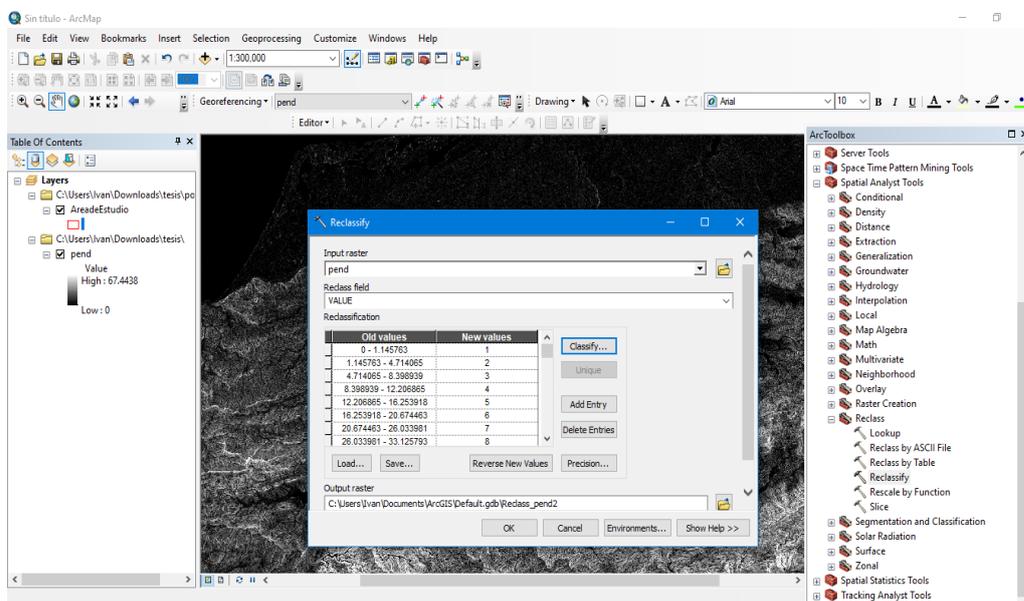


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Colocamos pendiente y seguidamente seleccionamos “Reclasificar”.

Figura 31

Reclasificación de pendientes en el entorno GIS parte 2

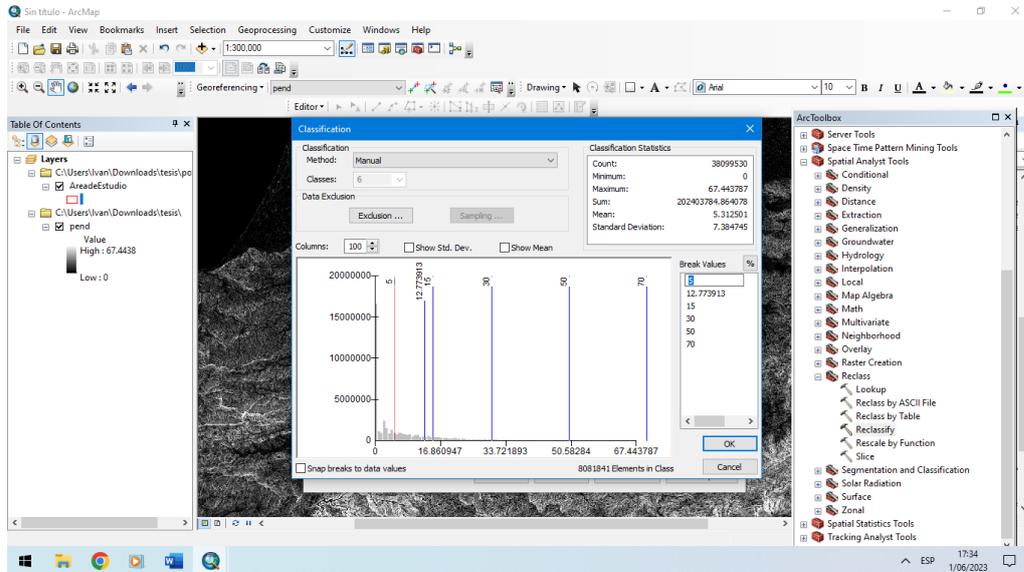


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Colocamos el número de clases y su respectivo porcentaje.

Figura 32

Reclasificación de pendientes en el entorno GIS parte 3

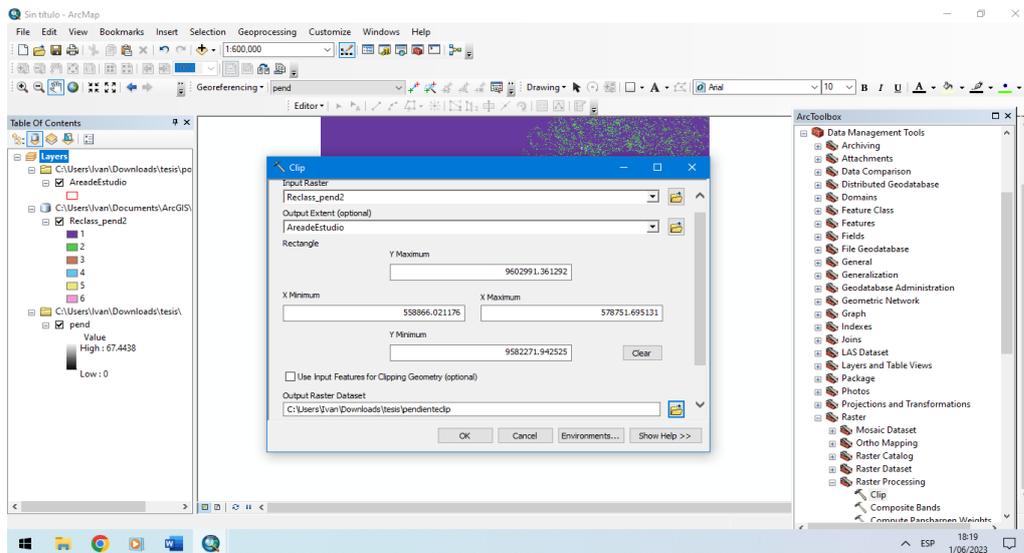


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se hace un recorte del área de estudio y de la imagen ráster, con la herramienta Clip

Figura 33

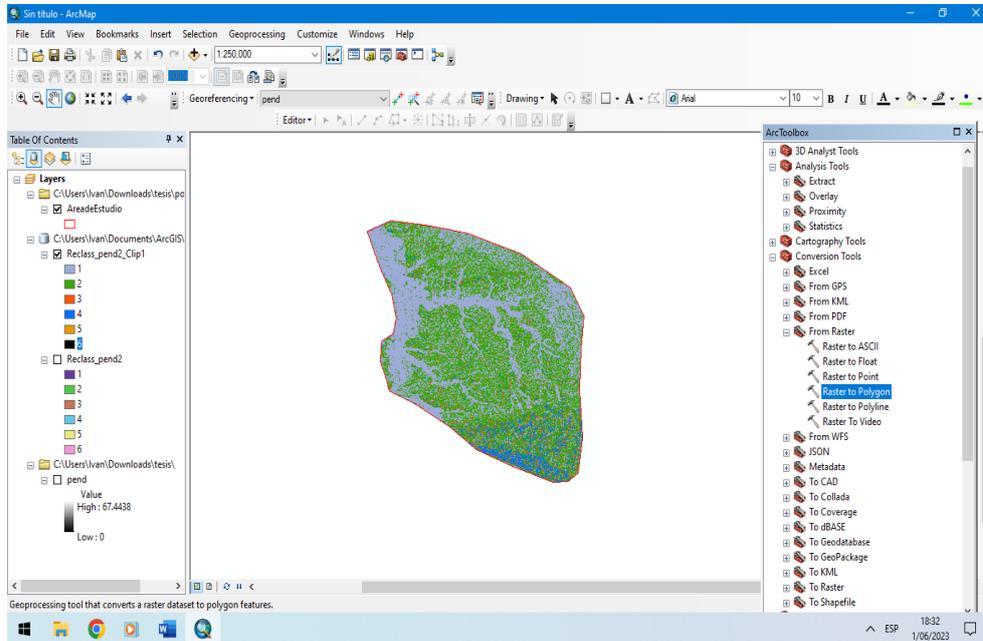
Recorte del área de estudio



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se hace una conversión de Ráster a Polígono con ayuda de la herramienta Arctoolbox

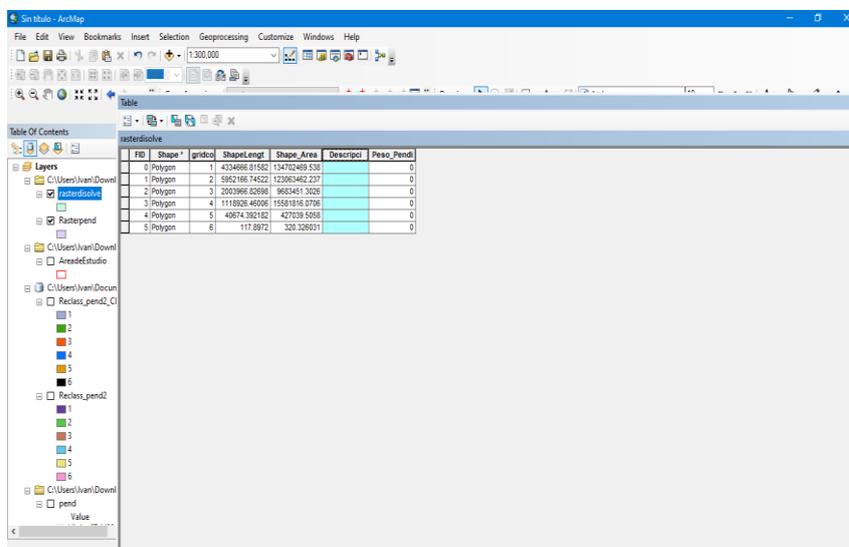
Figura 34
Ubicación geodésica



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Nos dirigimos a tabla de atributo, luego Creamos columnas de nombre área, longitud peso pendiente y descripción.

Figura 35
Creación de columna para ingreso de pesos

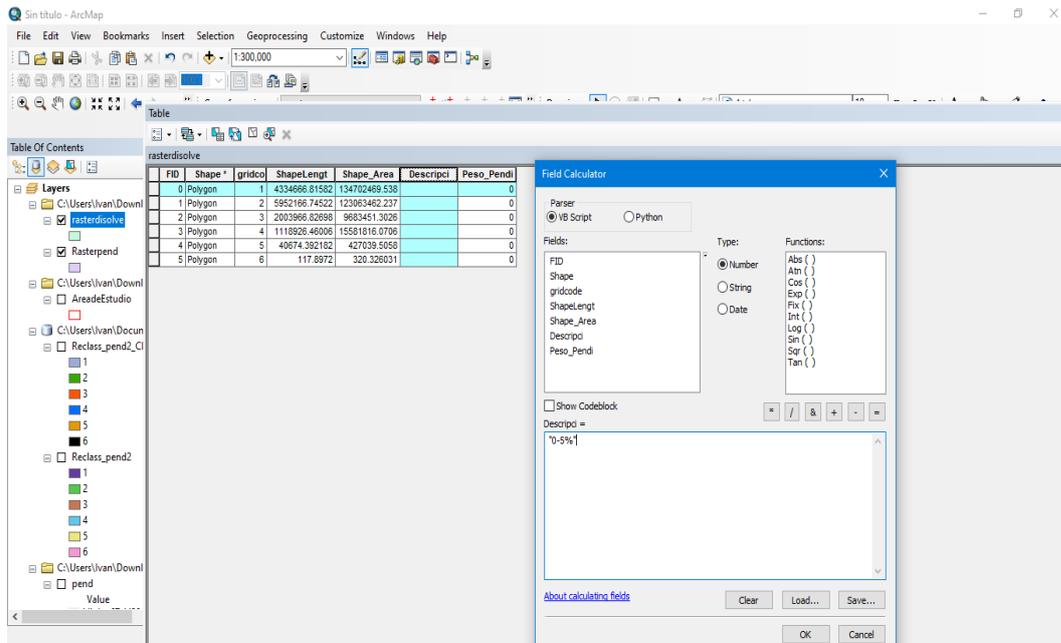


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Colocamos los porcentajes según la clasificación de pendientes

Figura 36

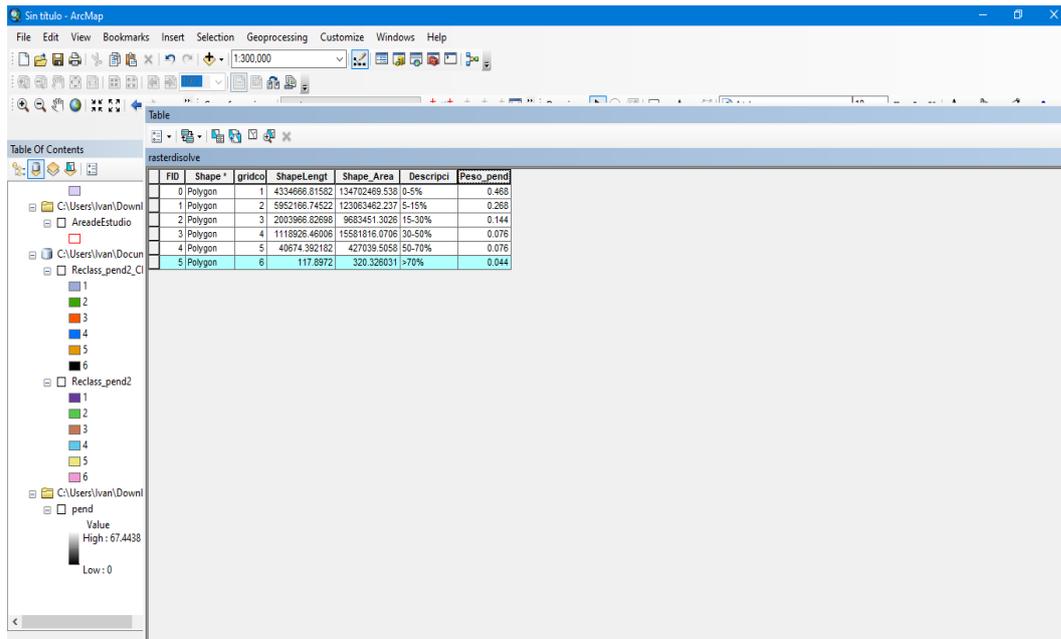
Se abre la calculadora para ingresar los intervalos de pendientes



Nota. Solocamos el peso según la clasificación de la tabla.

Figura 37

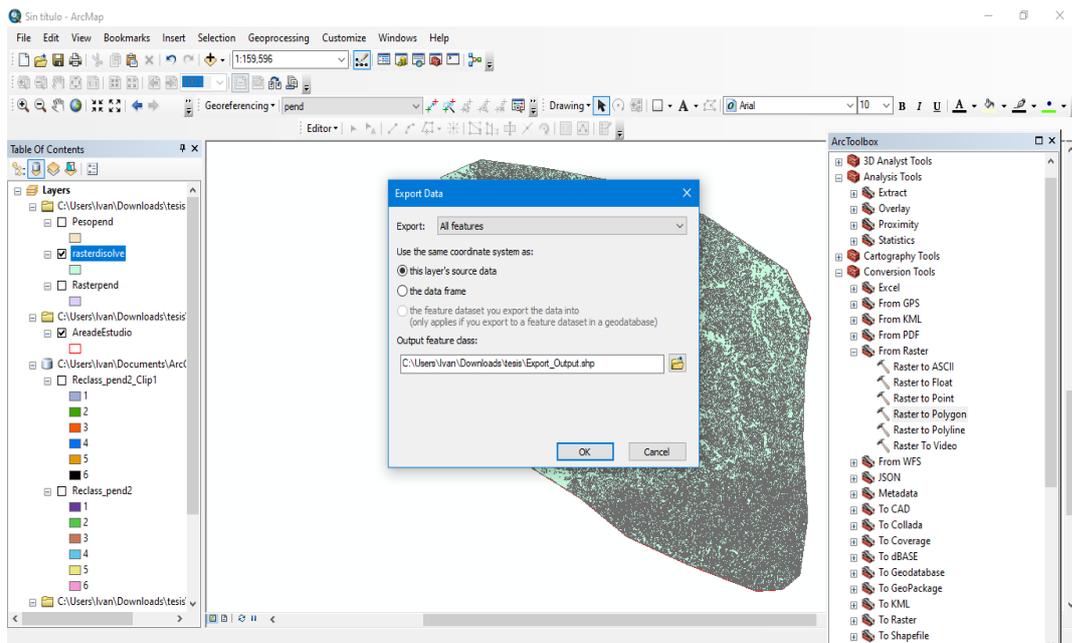
Colocación de peso ponderados



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Exportamos el archivo haciendo clic derecho Data -> Export Data

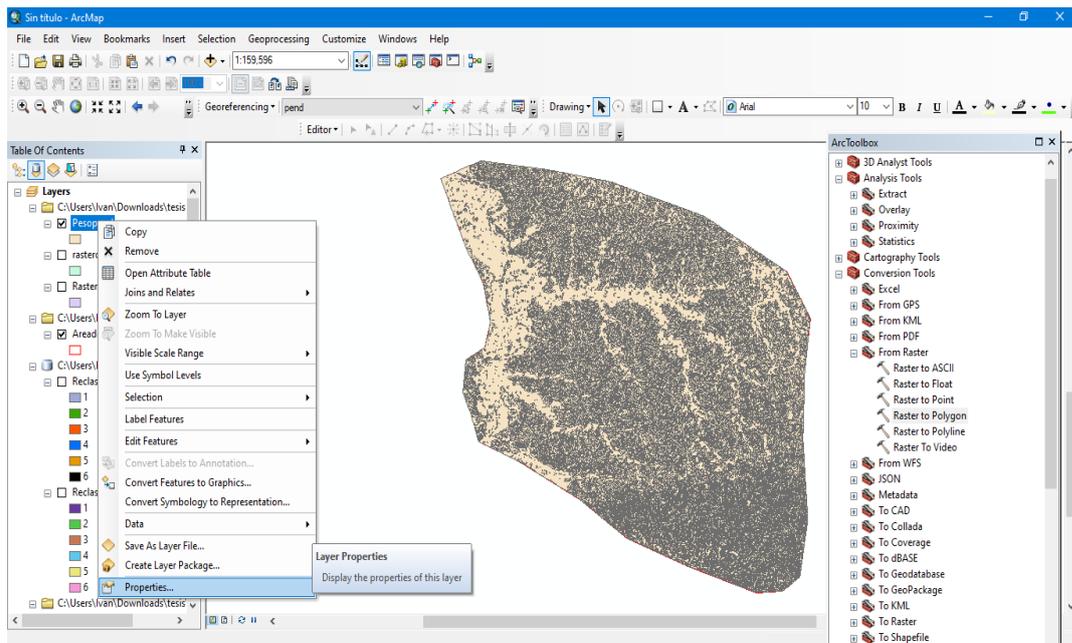
Figura 38
Exportación de shaperfile



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Abrimos propiedades de Peso pendiente

Figura 39
Propiedades de las pendientes

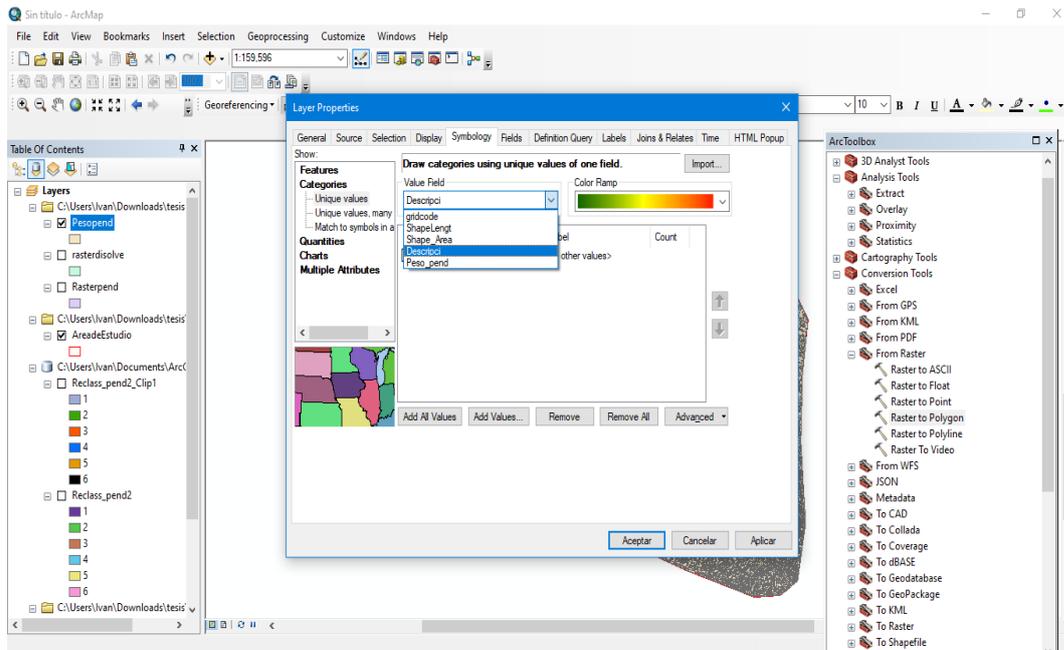


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Nos dirigimos a Simbología -> Descripción

Figura 40

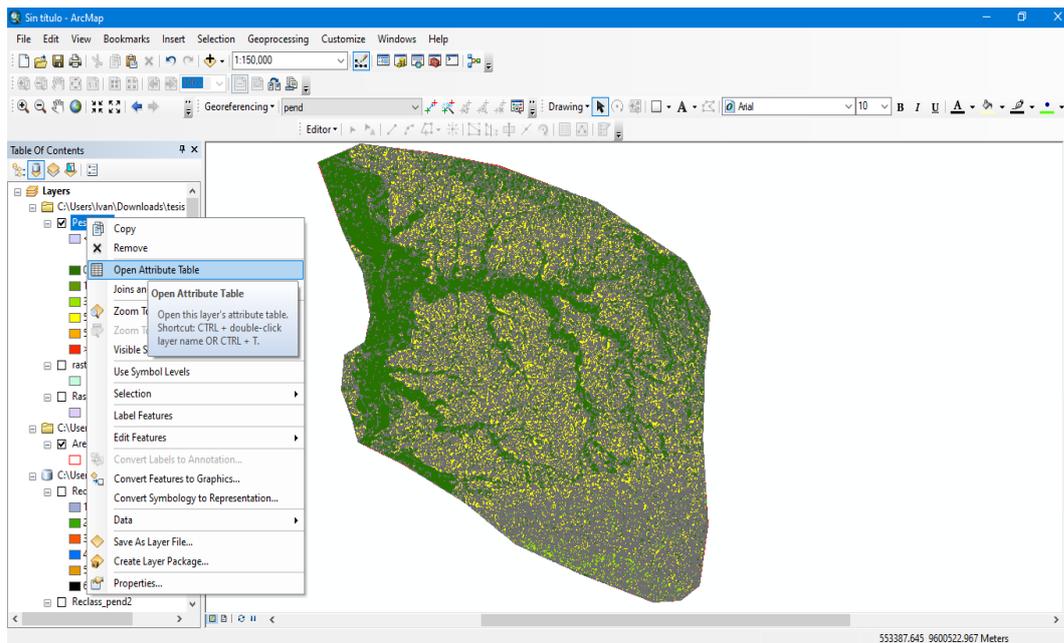
Abriendo la simbología para poder colorear el Shapefile



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Figura 41

Resultado de las pendientes y sus pesos

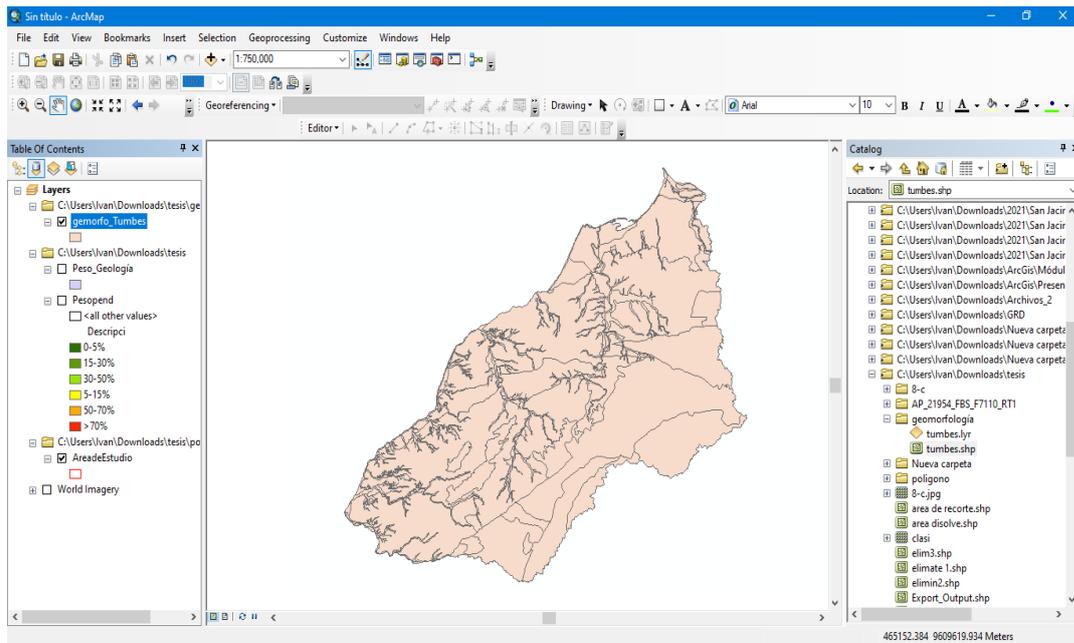


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Como también el mapa temático de geomorfología (G). Partimos con abrir el archivo de geomorfología de Tumbes.

Figura 42

Abriendo el archivo de geomorfología de la región de Tumbes

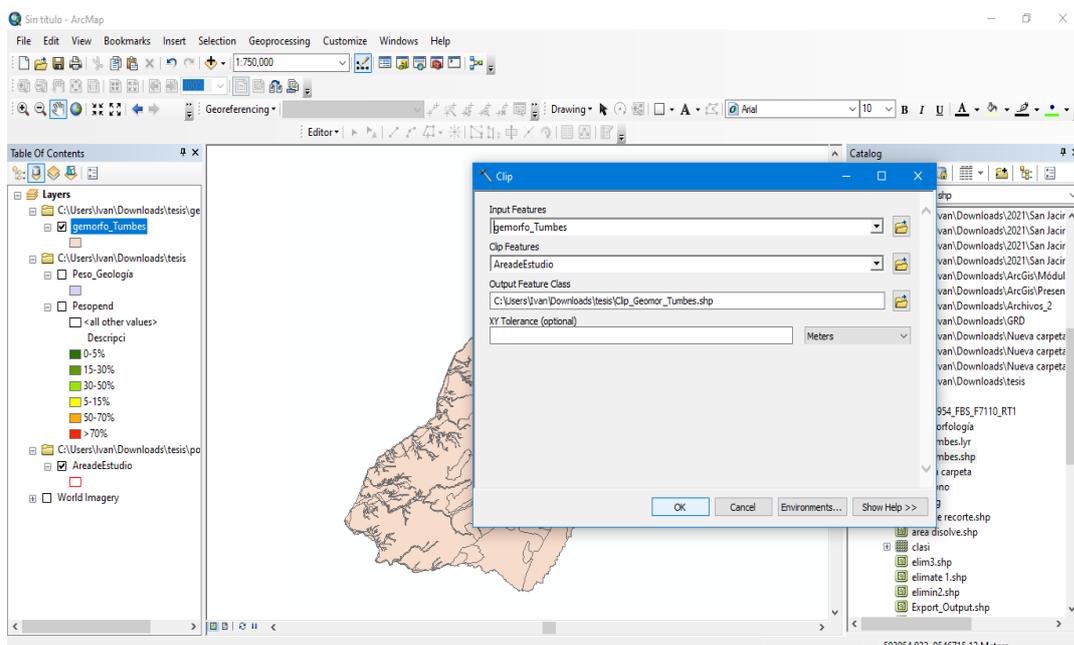


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Hacemos un recorte de la Geomorfología de Tumbes en base al área de estudio

Figura 43

Recorte del archivo de geomorfología en base al distrito de estudio

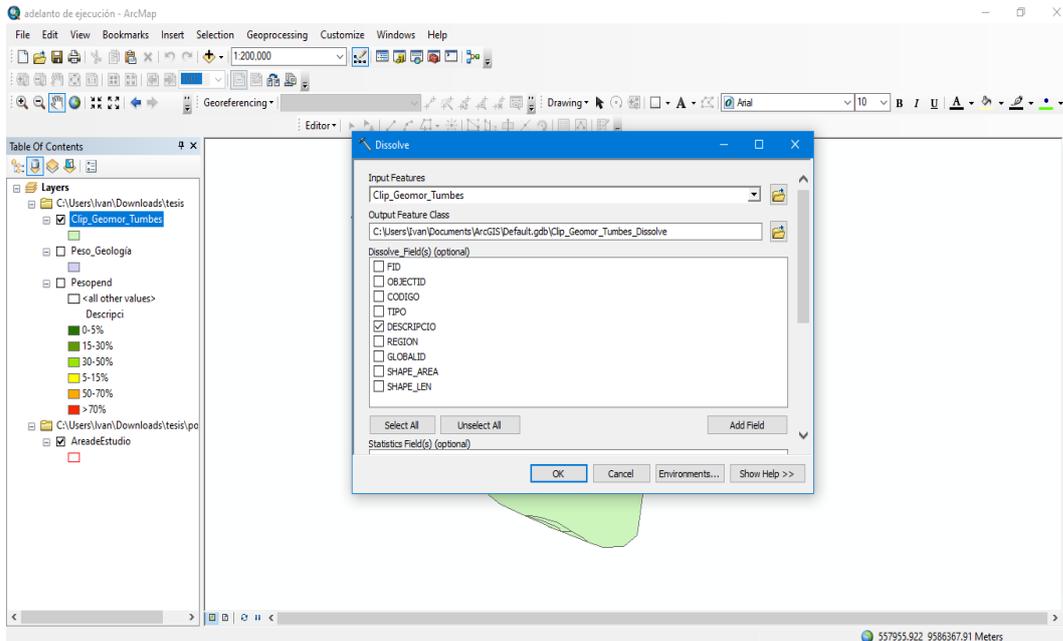


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Filtramos los elementos que se repiten con la herramienta Dissolve

Figura 44

Disolvamos en base a la descripción para evitar aglomeraciones

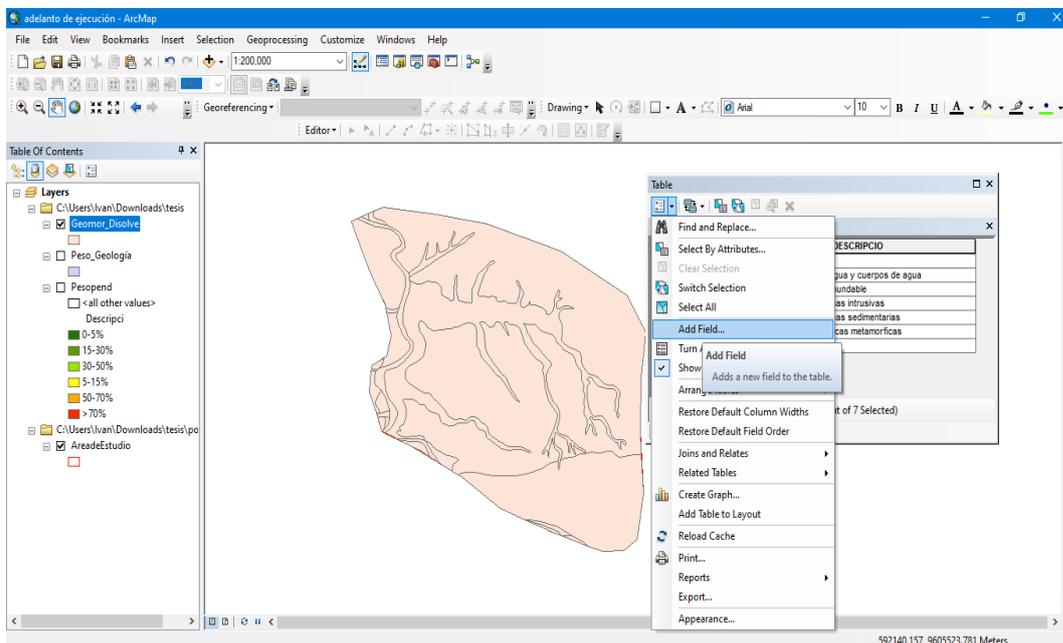


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Abrimos tabla de atributos, luego creamos una columna.

Figura 45

Abriendo la tabla de atributos para añadir una columna para los pesos

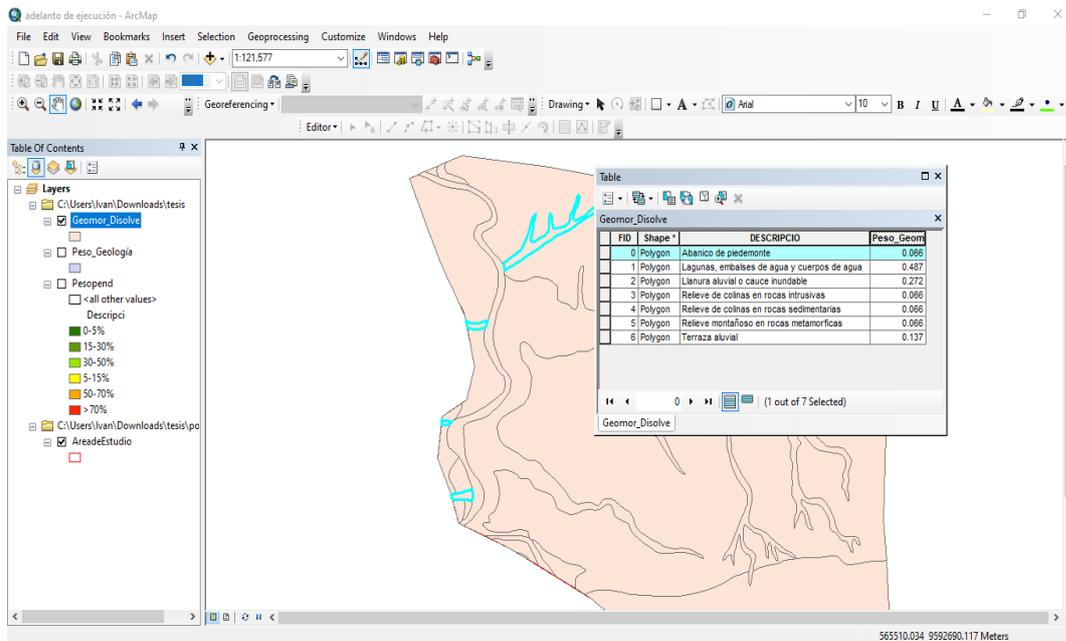


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Colocamos los valores según corresponda basándonos en la tabla

Figura 46

Se ingresa los valores en base a la tabla de pesos en la geomorfología

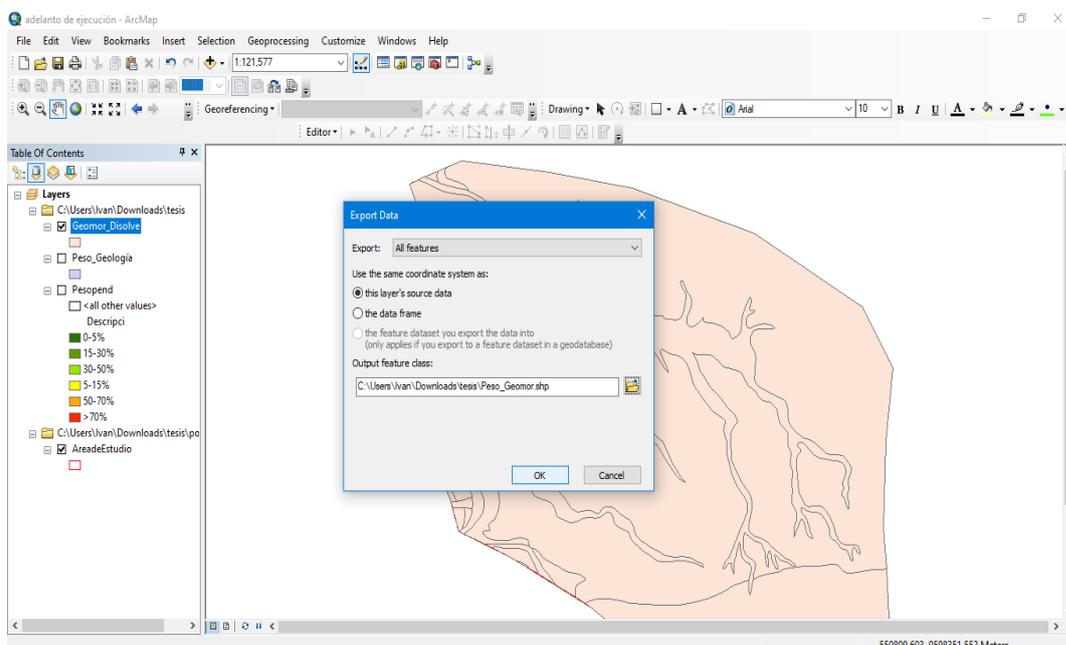


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Exportamos el archivo con los pesos

Figura 47

Exportación del archivo de geomorfología con los pesos incluidos

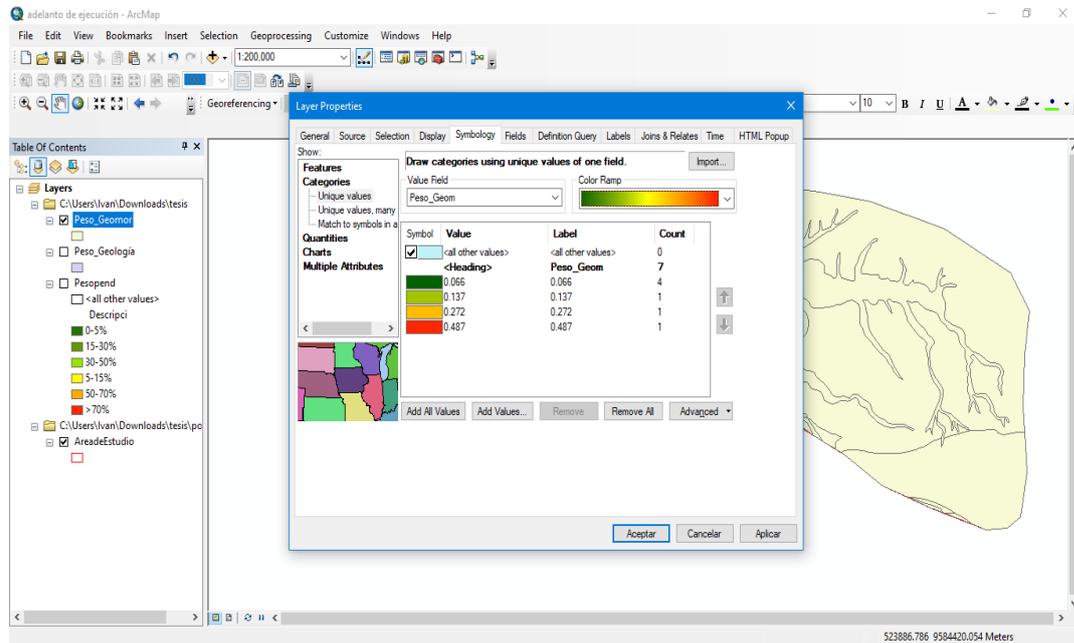


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Seleccionamos propiedades-simbología, luego desplegamos en value Field y ponemos Peso_Geom

Figura 48

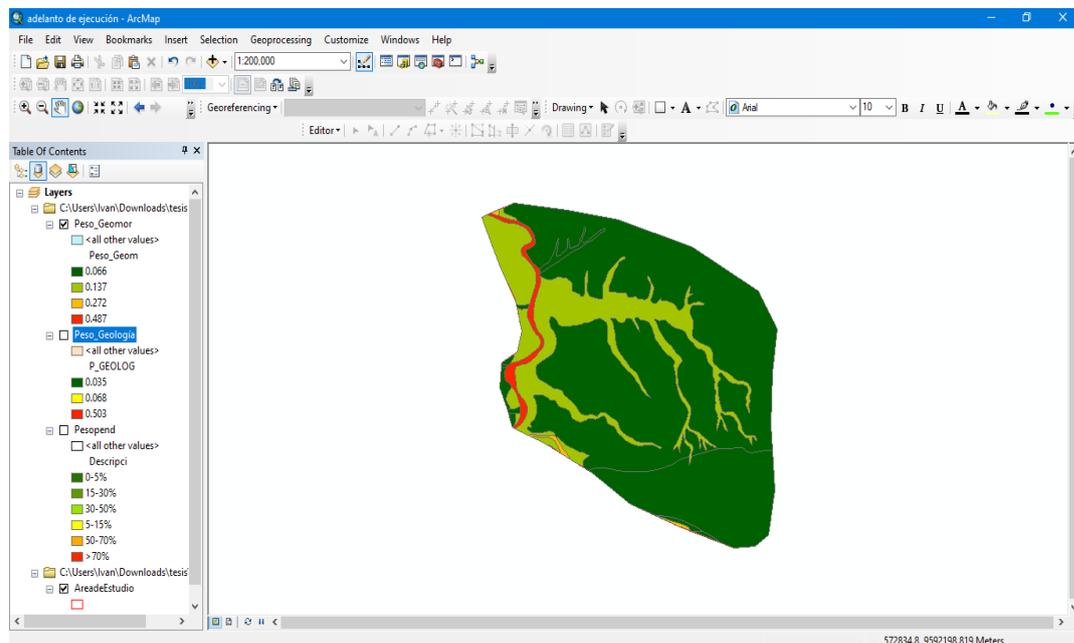
Abriendo la simbología para poder colorear el Shaperfile



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Figura 49

Resultado de la geomorfología y sus pesos

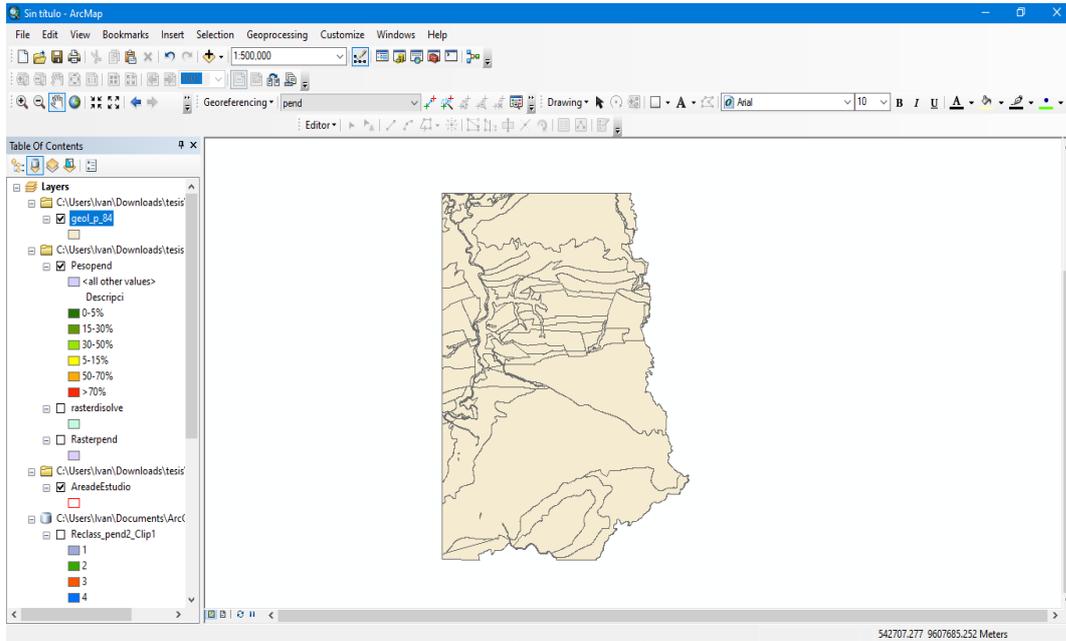


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se procede a abrir el archivo de geología de la región de Tumbes

Figura 50

Abriendo el archivo de geología de la región de Tumbes

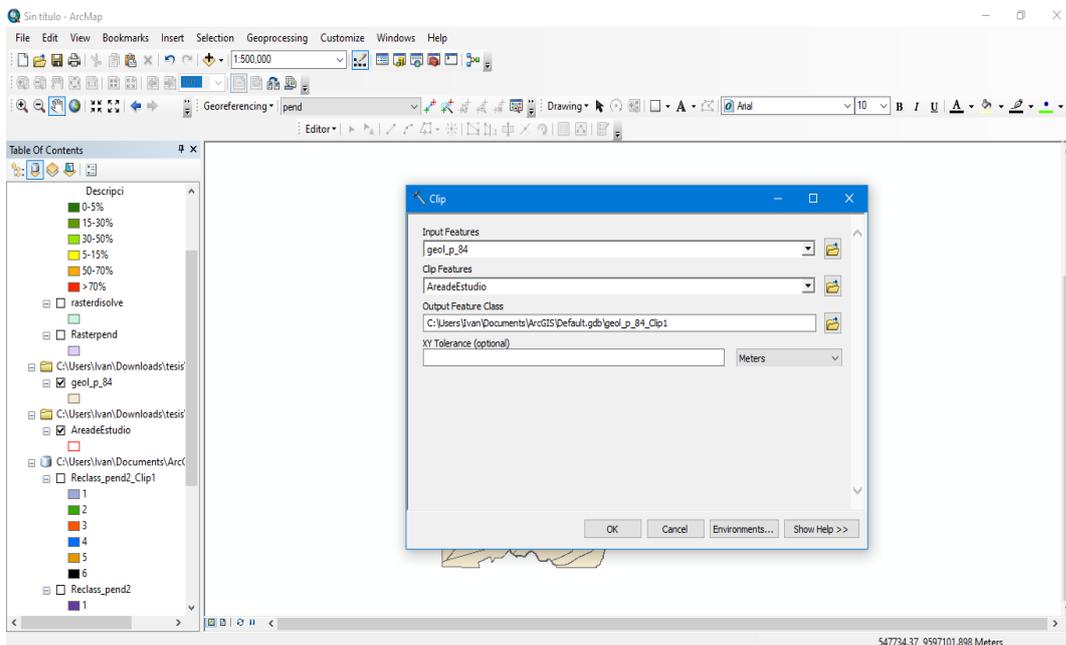


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Hacemos un recorte en base al área de estudio con la herramienta Clip

Figura 51

Recorte del archivo de geología en base al distrito de estudio

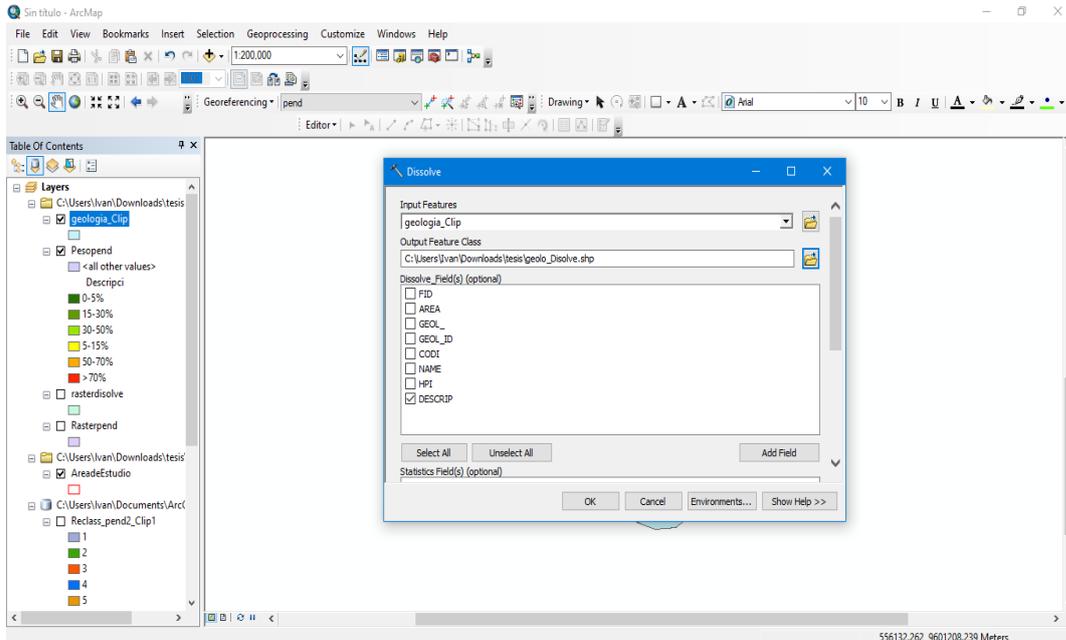


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Filtramos los elementos que se repiten con la herramienta Dissolve

Figura 52

Disolvamos en base a la descripción para evitar aglomeraciones

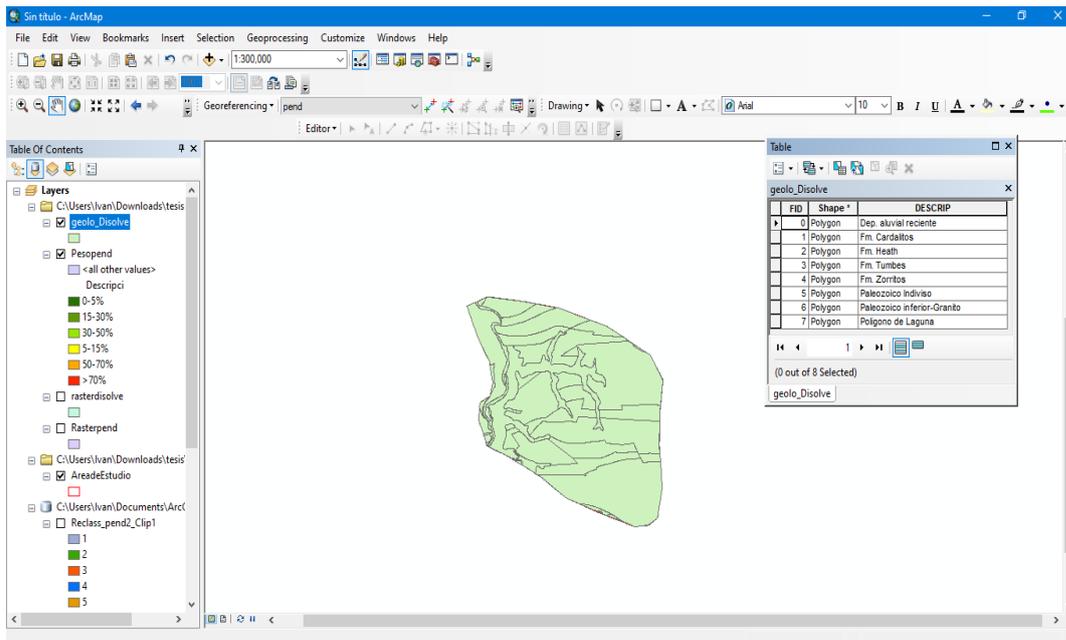


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se observa en la tabla, que 8 elementos que pertenecen a nuestra área

Figura 53

Identificación de los diferentes tipos de suelo para el sector de geología

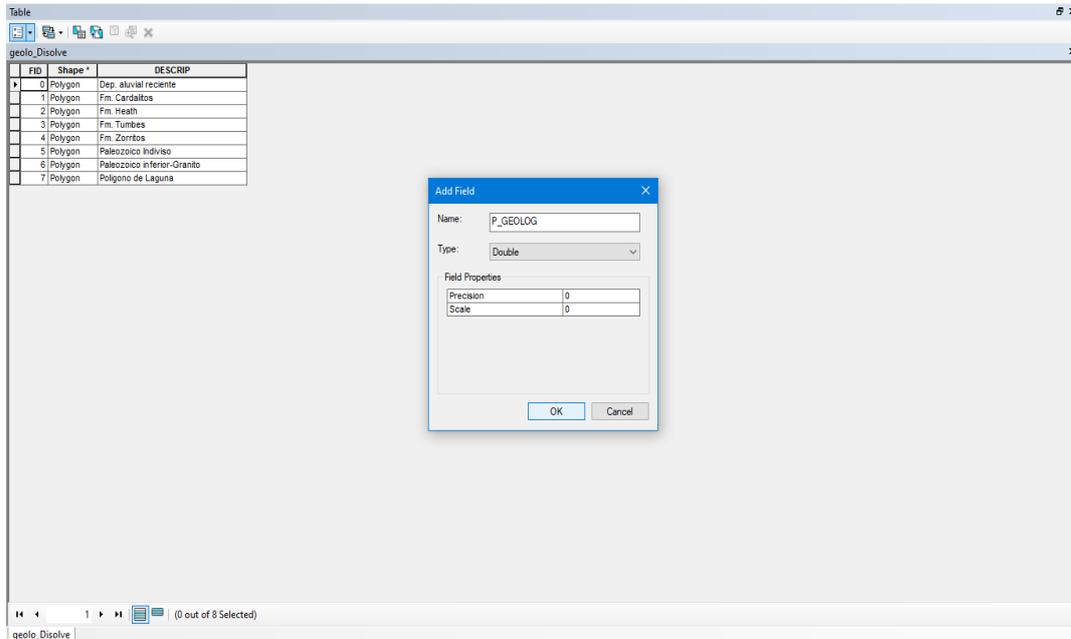


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se crea una columna denominada P_GEOLOG

Figura 54

Abriendo la tabla de atributos para añadir una columna para los pesos

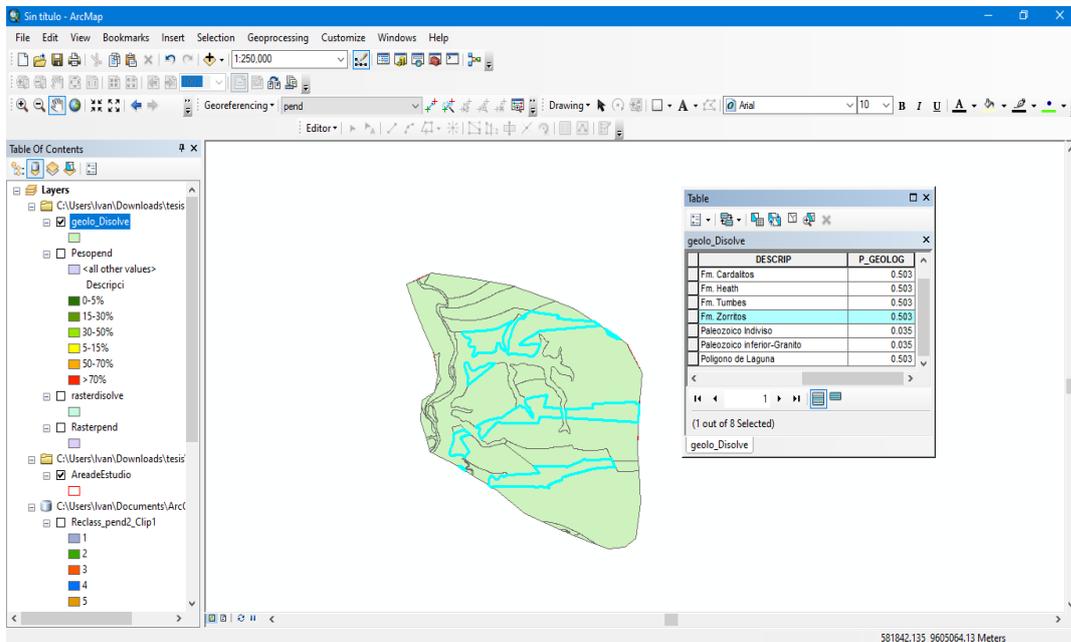


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Colocamos los pesos de geología

Figura 55

Se ingresa los valores en base a la tabla de pesos en la geología

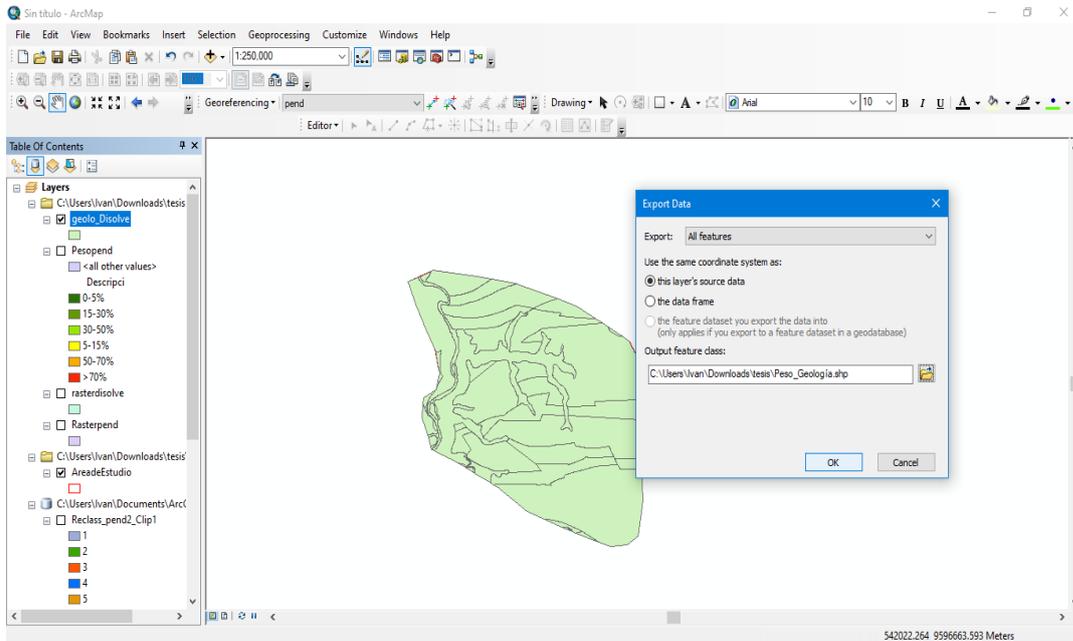


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Exportamos el archivo con los pesos

Figura 56

Exportación del archivo de geología con los pesos incluidos

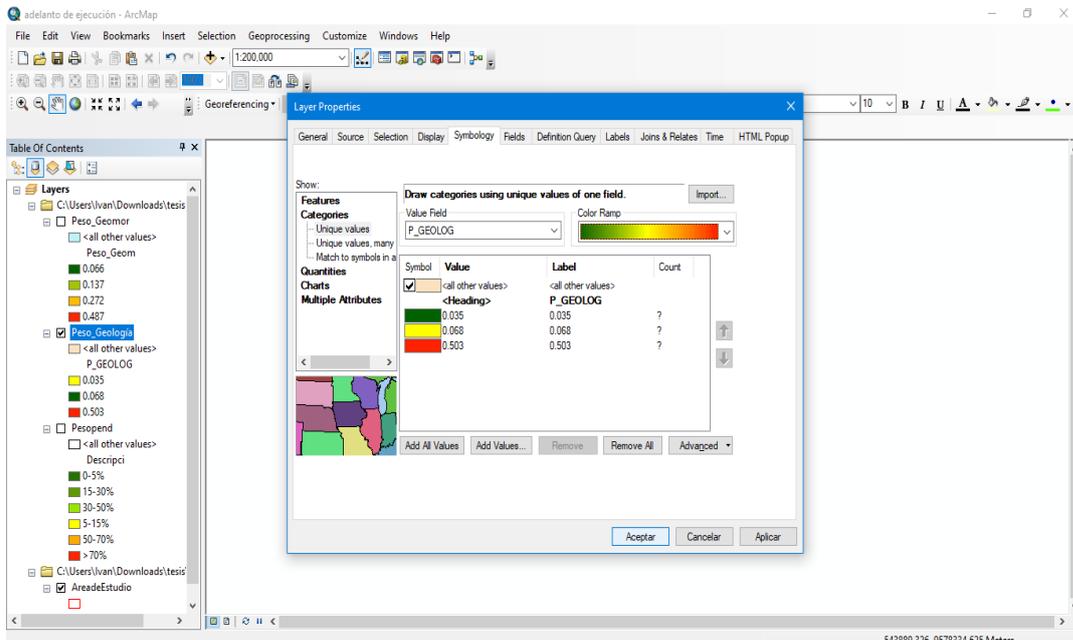


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Seleccionamos propiedades-simbología, para colorear el shaperfile

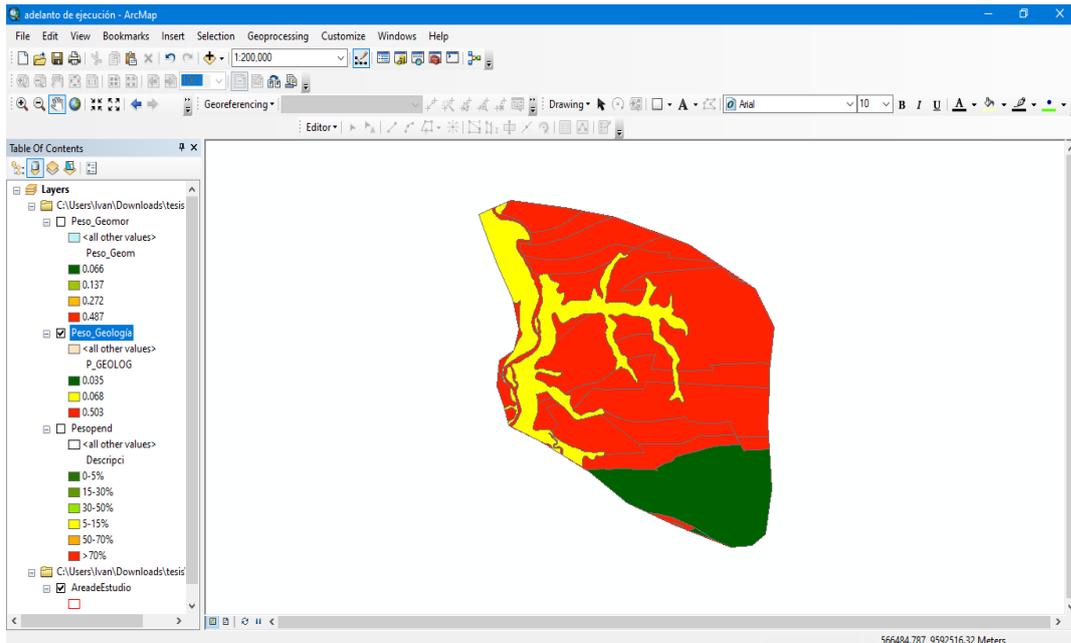
Figura 57

Abriendo la simbología para poder colorear el Shaperfile



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

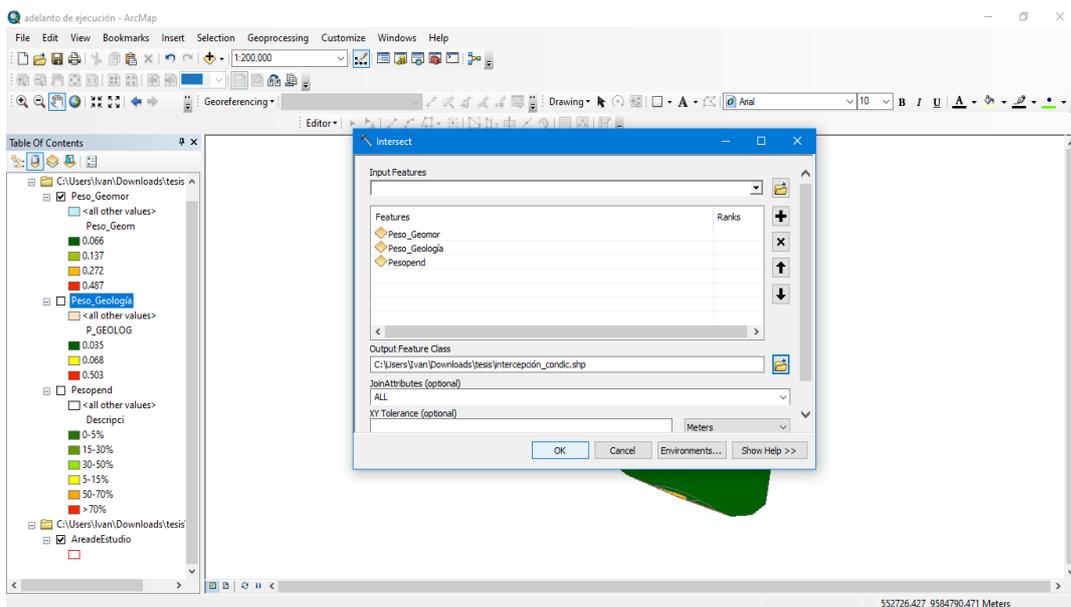
Figura 58
Resultado de la geología y sus pesos



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Interceptamos los mapas temáticos de la Geomorfología, Geología y pendientes

Figura 59
Intersección de los mapas de los factores condicionantes parte 1

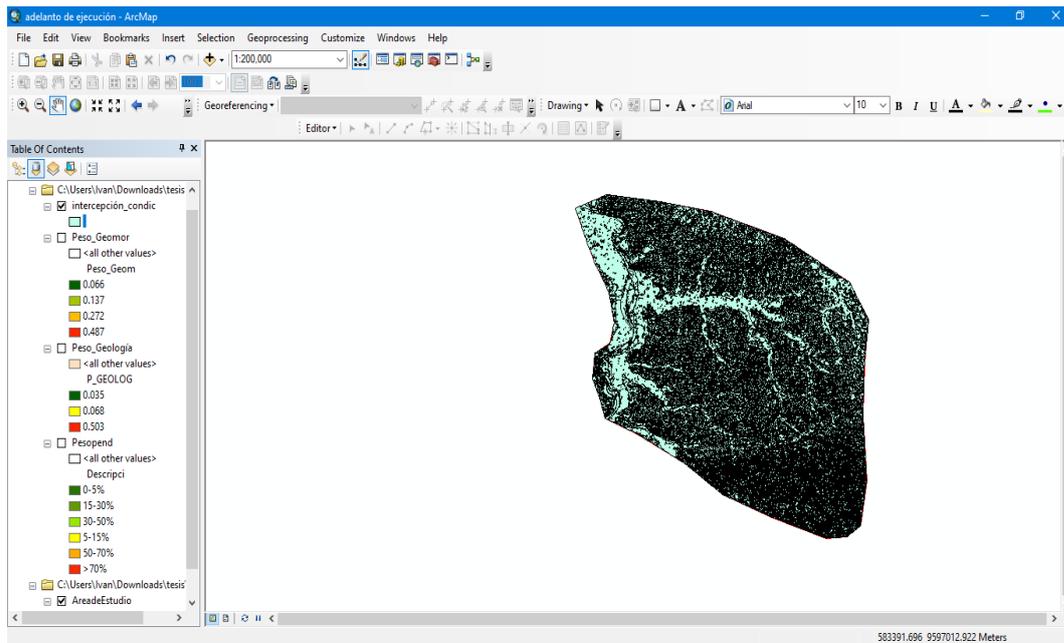


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Dando como resultado lo siguiente:

Figura 60

Intersección de los mapas de los factores condicionantes parte 2

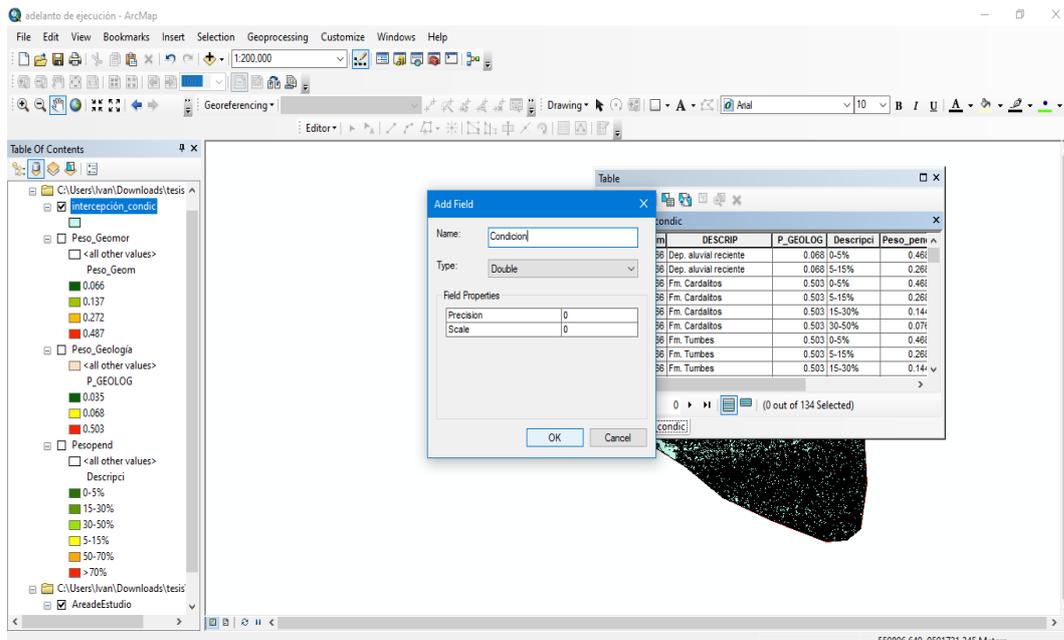


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Abrimos Tabla de Atributos y creamos una columna denominada Condicionante

Figura 61

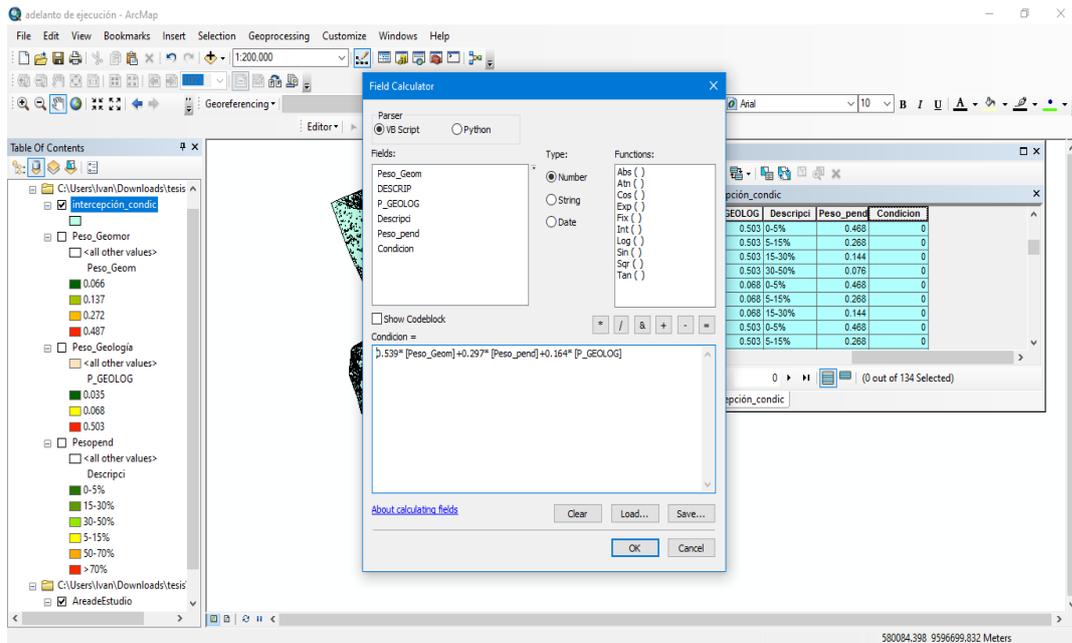
Creación de columna para colocar los pesos de los factores condicionantes



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Seleccionamos la tabla y colocamos formula(imagen) correspondiente a los pesos correspondientes de cada mapa temático (Susceptibilidad).

Figura 62
Estimación de la susceptibilidad



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Obtenemos estos nuevos valores producto del procesamiento en el entorno GIS.

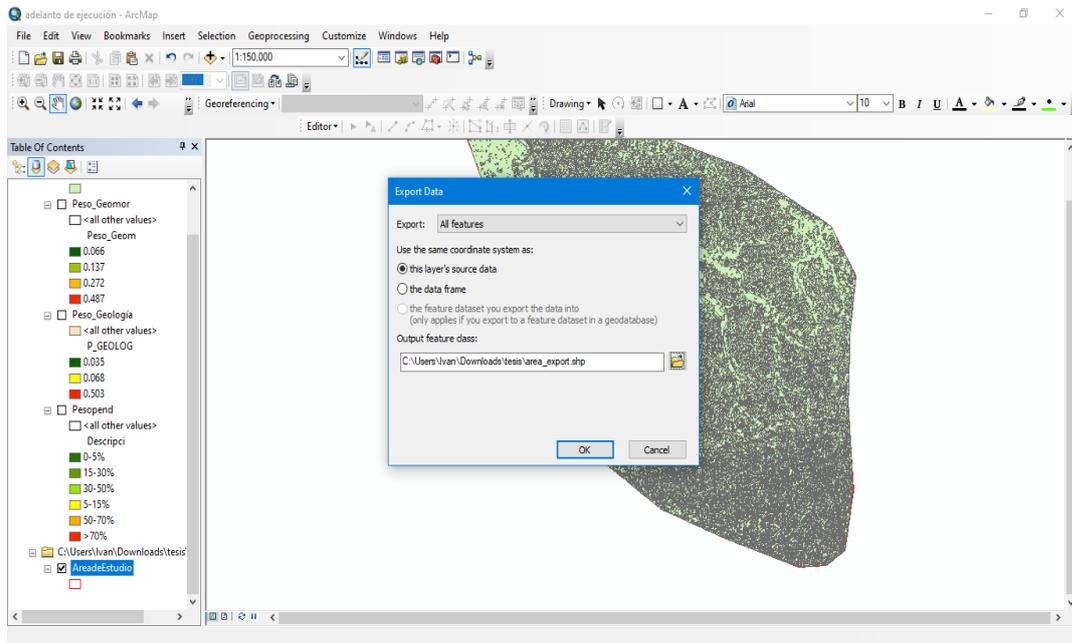
Figura 63
Resultados de los factores condicionantes

Peso_Geom	DESCRIP	P_GEOLOG	Descripci	Peso_pend	Condicion
0.487	Fm. Cardalitos	0.503	0-5%	0.468	0.483981
0.487	Fm. Tumbes	0.503	0-5%	0.468	0.483981
0.487	Poligono de Laguna	0.503	0-5%	0.468	0.483981
0.487	Fm. Cardalitos	0.503	5-15%	0.268	0.424581
0.487	Fm. Tumbes	0.503	5-15%	0.268	0.424581
0.487	Poligono de Laguna	0.503	5-15%	0.268	0.424581
0.487	Dep. aluvial reciente	0.068	0-5%	0.468	0.412641
0.487	Fm. Cardalitos	0.503	15-30%	0.144	0.387753
0.487	Fm. Tumbes	0.503	15-30%	0.144	0.387753
0.487	Poligono de Laguna	0.503	15-30%	0.144	0.387753
0.272	Fm. Heath	0.503	0-5%	0.468	0.368096
0.272	Poligono de Laguna	0.503	0-5%	0.468	0.368096
0.487	Fm. Cardalitos	0.503	30-50%	0.076	0.367557
0.487	Fm. Tumbes	0.503	30-50%	0.076	0.367557
0.487	Poligono de Laguna	0.503	30-50%	0.076	0.367557
0.487	Dep. aluvial reciente	0.068	5-15%	0.268	0.353241
0.487	Dep. aluvial reciente	0.068	15-30%	0.144	0.318413
0.272	Fm. Heath	0.503	5-15%	0.268	0.308696
0.272	Poligono de Laguna	0.503	5-15%	0.268	0.308696
0.272	Dep. aluvial reciente	0.068	0-5%	0.468	0.296756
0.487	Dep. aluvial reciente	0.068	30-50%	0.076	0.296217
0.137	Fm. Cardalitos	0.503	0-5%	0.468	0.295331
0.137	Fm. Tumbes	0.503	0-5%	0.468	0.295331
0.137	Fm. Zorritos	0.503	0-5%	0.468	0.295331
0.137	Poligono de Laguna	0.503	0-5%	0.468	0.295331
0.272	Fm. Heath	0.503	15-30%	0.144	0.271868
0.272	Poligono de Laguna	0.503	15-30%	0.144	0.271868
0.066	Fm. Cardalitos	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.066	Fm. Tumbes	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.066	Poligono de Laguna	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.066	Fm. Cardalitos	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.066	Fm. Heath	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.066	Fm. Zorritos	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.066	Fm. Cardalitos	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.066	Fm. Heath	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.066	Fm. Tumbes	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.066	Fm. Zorritos	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.066	Poligono de Laguna	0.503	0-5%	0.468	0.257062
0.272	Fm. Heath	0.503	30-50%	0.076	0.251672

Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Exportamos Intersección_Condic para obtener factor Condicionante

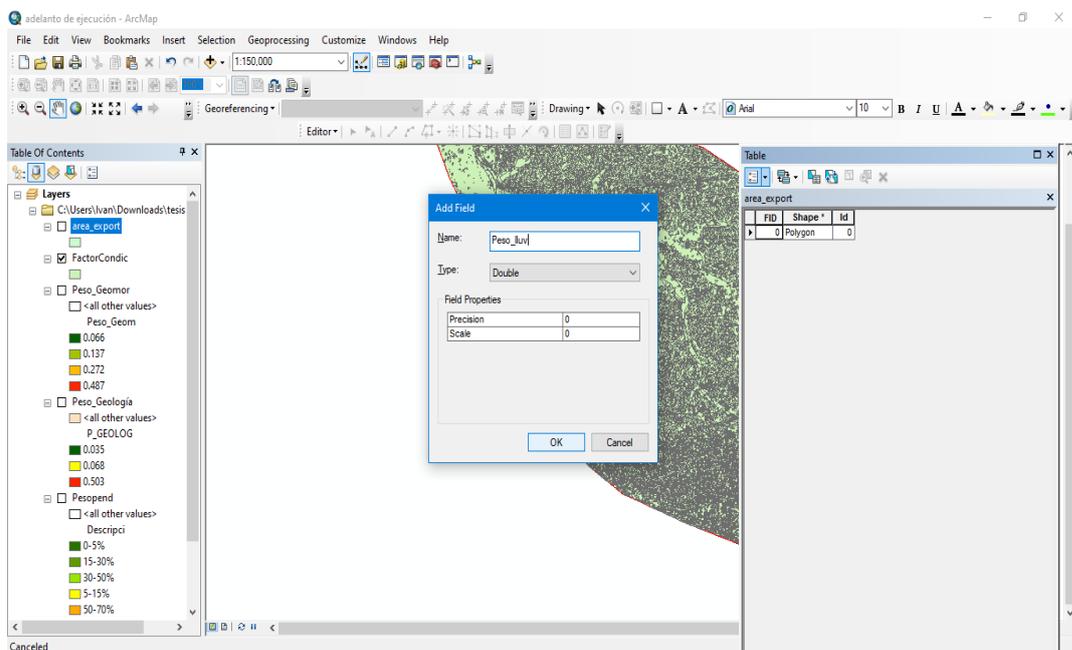
Figura 64
Exportación del factor de condicionante



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Abrimos tabla de Atributos y creamos una columna llamada *Peso_Lluv*, para el caso del factor desencadenante

Figura 65
Se crea una columna para la asignación para la intensidad de lluvia

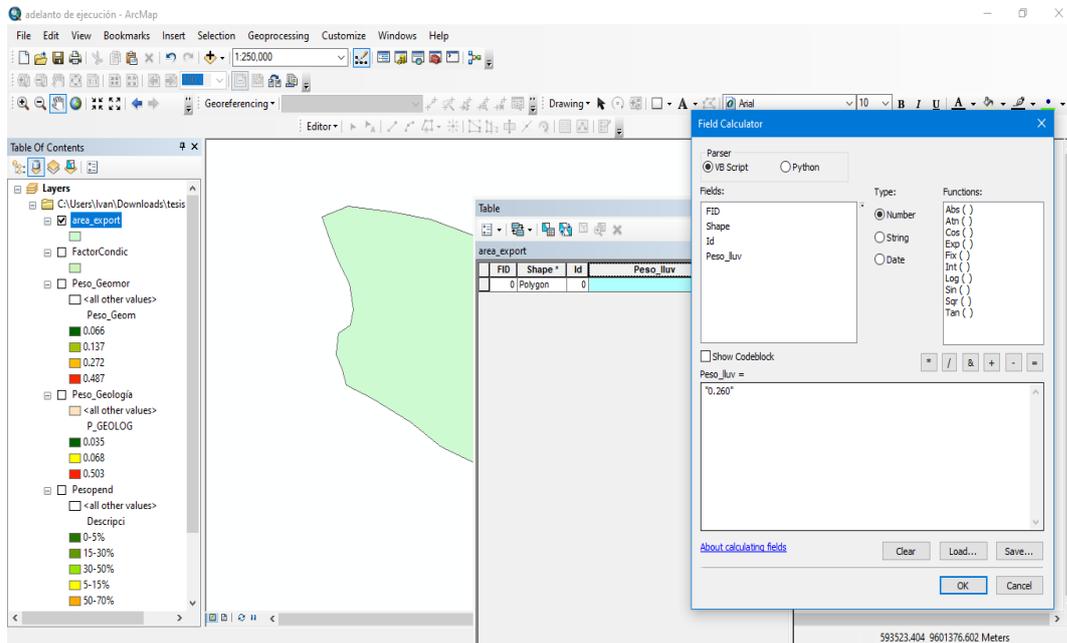


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Clic derecho Field Calculator y colocamos el valor, según la tabla de Rangos de Precipitación, luego exportamos para generar un nuevo archivo

Figura 66

Resultados del factor desencadenante

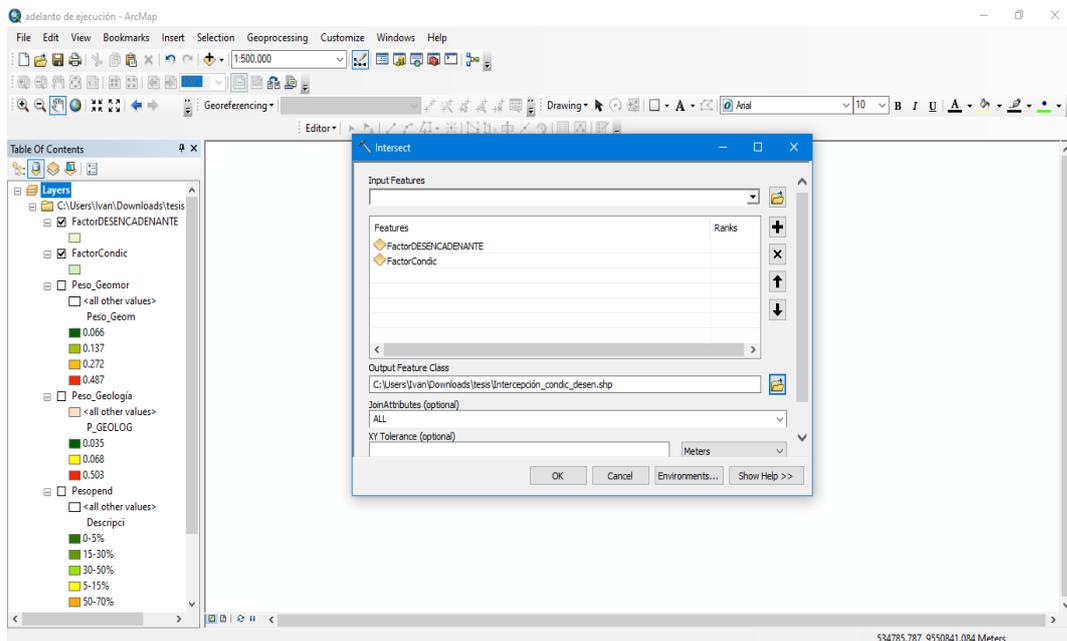


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Intersección de Factor Desencadenante y Factor Condicionante

Figura 67

Intersección de factores condicionantes con el desencadenante



Nota.

Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Abrimos Tabla de Atributos y creamos una columna llamada Susceptibilidad para asignarle pesos.

Figura 68
Georreferenciar el proyecto parte 3

FID	Shape	FID_Factor	Id	Peso_Inv	FID_Fact_1	Peso_Geom	DESCRIP	P_GEOLOG	Descripci	Peso_pend	Condicion
0	Polygon	0	0	0.26	0	0.066	Dep. aluvial reciente	0.068	0-5%	0.468	0.185722
1	Polygon	0	0	0.26	1	0.066	Dep. aluvial reciente	0.068	5-15%	0.268	0.126322
2	Polygon	0	0	0.26	2	0.066	Fm. Cardaitos	0.503	0-5%	0.468	0.257062
3	Polygon	0	0	0.26	3	0.066	Fm. Cardaitos	0.503	5-15%	0.268	0.197862
4	Polygon	0	0	0.26	4	0.066	Fm. Cardaitos	0.503	15-30%	0.144	0.160834
5	Polygon	0	0	0.26	5	0.066	Fm. Cardaitos	0.503	30-50%	0.076	0.140638
6	Polygon	0	0	0.26	6	0.066	Fm. Tumbes	0.503	0-5%	0.468	0.257062
7	Polygon	0	0	0.26	7	0.066	Fm. Tumbes	0.503	5-15%	0.268	0.197862
8	Polygon	0	0	0.26	8	0.066	Fm. Tumbes	0.503	15-30%	0.144	0.160834
9	Polygon	0	0	0.26	9	0.066	Fm. Tumbes	0.503	30-50%	0.076	0.140638
10	Polygon	0	0	0.26	10	0.066	Poligono de L			0.468	0.257062
11	Polygon	0	0	0.26	11	0.487	Dep. aluvial re			0.468	0.412841
12	Polygon	0	0	0.26	12	0.487	Dep. aluvial re			0.268	0.353241
13	Polygon	0	0	0.26	13	0.487	Dep. aluvial re			0.144	0.316413
14	Polygon	0	0	0.26	14	0.487	Dep. aluvial re			0.076	0.296217
15	Polygon	0	0	0.26	15	0.487	Fm. Cardaitos			0.468	0.483981
16	Polygon	0	0	0.26	16	0.487	Fm. Cardaitos			0.268	0.424581
17	Polygon	0	0	0.26	17	0.487	Fm. Cardaitos			0.144	0.387753
18	Polygon	0	0	0.26	18	0.487	Fm. Cardaitos			0.076	0.367557
19	Polygon	0	0	0.26	19	0.487	Fm. Tumbes			0.468	0.483981
20	Polygon	0	0	0.26	20	0.487	Fm. Tumbes			0.268	0.424581
21	Polygon	0	0	0.26	21	0.487	Fm. Tumbes			0.144	0.387753
22	Polygon	0	0	0.26	22	0.487	Fm. Tumbes			0.076	0.367557
23	Polygon	0	0	0.26	23	0.487	Poligono de L			0.468	0.483981
24	Polygon	0	0	0.26	24	0.487	Poligono de L			0.268	0.424581
25	Polygon	0	0	0.26	25	0.487	Poligono de L			0.144	0.387753
26	Polygon	0	0	0.26	26	0.487	Poligono de Laguna		0.068	0.076	0.367557
27	Polygon	0	0	0.26	27	0.272	Dep. aluvial reciente	0.068	0-5%	0.468	0.296756
28	Polygon	0	0	0.26	28	0.272	Dep. aluvial reciente	0.068	5-15%	0.268	0.237356
29	Polygon	0	0	0.26	29	0.272	Dep. aluvial reciente	0.068	15-30%	0.144	0.200528
30	Polygon	0	0	0.26	30	0.272	Fm. Heath	0.503	0-5%	0.468	0.368096
31	Polygon	0	0	0.26	31	0.272	Fm. Heath	0.503	5-15%	0.268	0.308696
32	Polygon	0	0	0.26	32	0.272	Fm. Heath	0.503	15-30%	0.144	0.271868
33	Polygon	0	0	0.26	33	0.272	Fm. Heath	0.503	30-50%	0.076	0.251672
34	Polygon	0	0	0.26	34	0.272	Fm. Heath	0.503	50-70%	0.076	0.251672
35	Polygon	0	0	0.26	35	0.272	Paleozoico Indiviso	0.035	5-15%	0.268	0.231944
36	Polygon	0	0	0.26	36	0.272	Poligono de Laguna	0.503	0-5%	0.468	0.368096
37	Polygon	0	0	0.26	37	0.272	Poligono de Laguna	0.503	5-15%	0.268	0.308696
38	Polygon	0	0	0.26	38	0.272	Poligono de Laguna	0.503	15-30%	0.144	0.271868

Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Figura 69
Asignamos la ecuación en la calculadora de GIS

FID	Shape	FID_Factor	Id	Peso_Inv	FID_Fact_1	Peso_Geom	DESCRIP	P_GEOLOG	Descripci	Peso_pend	Condicion	Suscep
0	Polygon	0	0	0.26	0	0.066	Dep. aluvial reciente	0.068	0-5%	0.468	0.185722	
1	Polygon	0	0	0.26	1	0.066	Dep. aluvial reciente	0.068	5-15%	0.268	0.126322	
2	Polygon	0	0	0.26	2	0.066	Fm. Cardaitos	0.503	0-5%	0.468	0.257062	
3	Polygon	0	0	0.26	3	0.066	Fm. Cardaitos	0.503	5-15%	0.268	0.197862	
4	Polygon	0	0	0.26	4	0.066	Fm. Cardaitos	0.503	15-30%	0.144	0.160834	
5	Polygon	0	0	0.26	5	0.066	Fm. Cardaitos	0.503	30-50%	0.076	0.140638	
6	Polygon	0	0	0.26	6	0.066	Fm. Tumbes	0.503	0-5%	0.468	0.257062	
7	Polygon	0	0	0.26	7	0.066	Fm. Tumbes	0.503	5-15%	0.268	0.197862	
8	Polygon	0	0	0.26	8	0.066	Fm. Tumbes	0.503	15-30%	0.144	0.160834	
9	Polygon	0	0	0.26	9	0.066	Fm. Tumbes	0.503	30-50%	0.076	0.140638	
10	Polygon	0	0	0.26	10	0.066	Poligono de L			0.468	0.257062	
11	Polygon	0	0	0.26	11	0.487	Dep. aluvial re			0.468	0.412841	
12	Polygon	0	0	0.26	12	0.487	Dep. aluvial re			0.268	0.353241	
13	Polygon	0	0	0.26	13	0.487	Dep. aluvial re			0.144	0.316413	
14	Polygon	0	0	0.26	14	0.487	Dep. aluvial re			0.076	0.296217	
15	Polygon	0	0	0.26	15	0.487	Fm. Cardaitos			0.468	0.483981	
16	Polygon	0	0	0.26	16	0.487	Fm. Cardaitos			0.268	0.424581	
17	Polygon	0	0	0.26	17	0.487	Fm. Cardaitos			0.144	0.387753	
18	Polygon	0	0	0.26	18	0.487	Fm. Cardaitos			0.076	0.367557	
19	Polygon	0	0	0.26	19	0.487	Fm. Tumbes			0.468	0.483981	
20	Polygon	0	0	0.26	20	0.487	Fm. Tumbes			0.268	0.424581	
21	Polygon	0	0	0.26	21	0.487	Fm. Tumbes			0.144	0.387753	
22	Polygon	0	0	0.26	22	0.487	Fm. Tumbes			0.076	0.367557	
23	Polygon	0	0	0.26	23	0.487	Poligono de L			0.468	0.483981	
24	Polygon	0	0	0.26	24	0.487	Poligono de L			0.268	0.424581	
25	Polygon	0	0	0.26	25	0.487	Poligono de L			0.144	0.387753	
26	Polygon	0	0	0.26	26	0.487	Poligono de Laguna		0.068	0.076	0.367557	
27	Polygon	0	0	0.26	27	0.272	Dep. aluvial reciente	0.068	0-5%	0.468	0.296756	
28	Polygon	0	0	0.26	28	0.272	Dep. aluvial reciente	0.068	5-15%	0.268	0.237356	
29	Polygon	0	0	0.26	29	0.272	Dep. aluvial reciente	0.068	15-30%	0.144	0.200528	
30	Polygon	0	0	0.26	30	0.272	Fm. Heath	0.503	0-5%	0.468	0.368096	
31	Polygon	0	0	0.26	31	0.272	Fm. Heath	0.503	5-15%	0.268	0.308696	
32	Polygon	0	0	0.26	32	0.272	Fm. Heath	0.503	15-30%	0.144	0.271868	
33	Polygon	0	0	0.26	33	0.272	Fm. Heath	0.503	30-50%	0.076	0.251672	
34	Polygon	0	0	0.26	34	0.272	Fm. Heath	0.503	50-70%	0.076	0.251672	
35	Polygon	0	0	0.26	35	0.272	Paleozoico Indiviso	0.035	5-15%	0.268	0.231944	
36	Polygon	0	0	0.26	36	0.272	Poligono de Laguna	0.503	0-5%	0.468	0.368096	
37	Polygon	0	0	0.26	37	0.272	Poligono de Laguna	0.503	5-15%	0.268	0.308696	
38	Polygon	0	0	0.26	38	0.272	Poligono de Laguna	0.503	15-30%	0.144	0.271868	

Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Luego se utiliza los pesos para estimar la susceptibilidad, en base a los factores condicionantes (Pendientes, Geomorfología y Geología) con el factor desencadenantes (Intensidad de lluvia), con la caracterización del fenómeno.

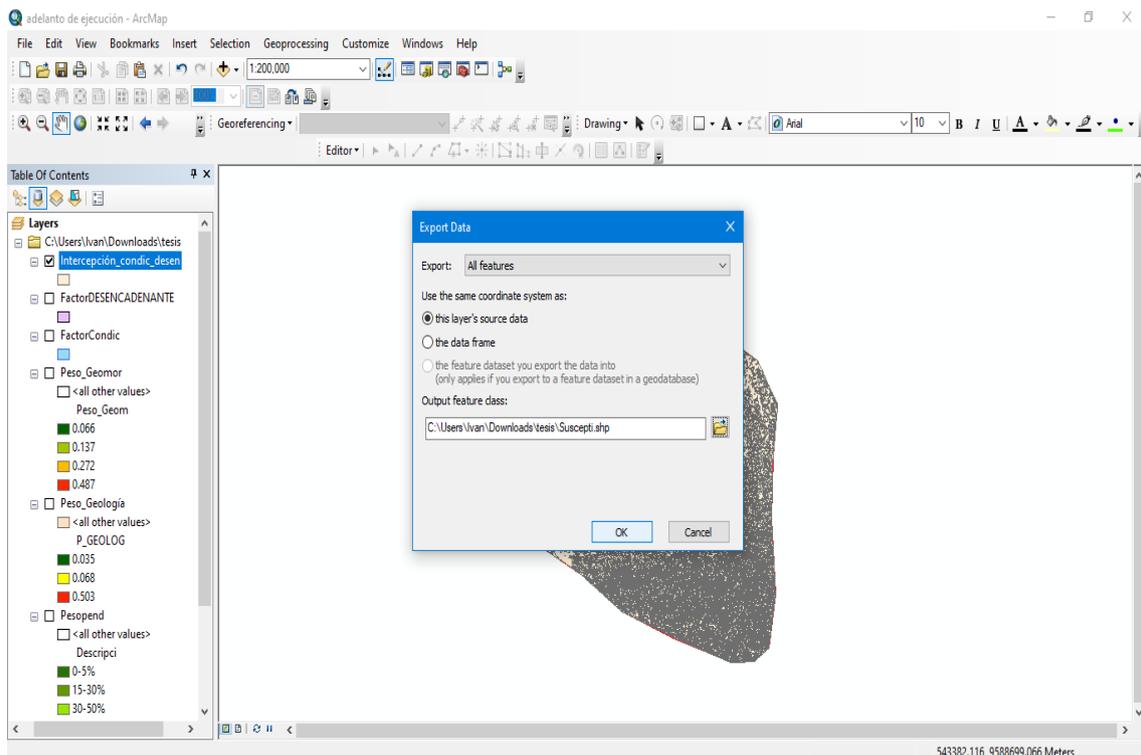
Figura 70
Estimación del mapa de susceptibilidad

FID	Shape	FID_Factor	Id	Peso_Hor	FID_Fact_1	Peso_Geom	DESCRIP	P_GEOLOG	Descripci	Peso_pend	Condition	Suscep
0	Polygon	0	0	0.26	1	0.066	Dep. aluvial reciente	0.066	0-5%	0.468	0.185722	0.19315
1	Polygon	0	0	0.26	1	0.066	Dep. aluvial reciente	0.066	5-15%	0.268	0.126322	0.13669
2	Polygon	0	0	0.26	2	0.066	Fm. Cardallos	0.503	0-5%	0.468	0.257062	0.257356
3	Polygon	0	0	0.26	3	0.066	Fm. Cardallos	0.503	5-15%	0.268	0.197662	0.203896
4	Polygon	0	0	0.26	4	0.066	Fm. Cardallos	0.503	15-30%	0.144	0.166634	0.170751
5	Polygon	0	0	0.26	5	0.066	Fm. Cardallos	0.503	30-50%	0.076	0.140638	0.152574
6	Polygon	0	0	0.26	6	0.066	Fm. Tumbes	0.503	0-5%	0.468	0.257062	0.257356
7	Polygon	0	0	0.26	7	0.066	Fm. Tumbes	0.503	5-15%	0.268	0.197662	0.203896
8	Polygon	0	0	0.26	8	0.066	Fm. Tumbes	0.503	15-30%	0.144	0.166634	0.170751
9	Polygon	0	0	0.26	9	0.066	Fm. Tumbes	0.503	30-50%	0.076	0.140638	0.152574
10	Polygon	0	0	0.26	10	0.066	Poligono de Laguna	0.503	0-5%	0.468	0.257062	0.257356
11	Polygon	0	0	0.26	11	0.487	Dep. aluvial reciente	0.066	0-5%	0.468	0.412641	0.387377
12	Polygon	0	0	0.26	12	0.487	Dep. aluvial reciente	0.066	5-15%	0.268	0.353241	0.343917
13	Polygon	0	0	0.26	13	0.487	Dep. aluvial reciente	0.066	15-30%	0.144	0.316413	0.310772
14	Polygon	0	0	0.26	14	0.487	Dep. aluvial reciente	0.066	30-50%	0.076	0.296217	0.292556
15	Polygon	0	0	0.26	15	0.487	Fm. Cardallos	0.503	0-5%	0.468	0.483981	0.461583
16	Polygon	0	0	0.26	16	0.487	Fm. Cardallos	0.503	5-15%	0.268	0.424581	0.408123
17	Polygon	0	0	0.26	17	0.487	Fm. Cardallos	0.503	15-30%	0.144	0.387753	0.374978
18	Polygon	0	0	0.26	18	0.487	Fm. Cardallos	0.503	30-50%	0.076	0.367557	0.356691
19	Polygon	0	0	0.26	19	0.487	Fm. Tumbes	0.503	0-5%	0.468	0.483981	0.461583
20	Polygon	0	0	0.26	20	0.487	Fm. Tumbes	0.503	5-15%	0.268	0.424581	0.408123
21	Polygon	0	0	0.26	21	0.487	Fm. Tumbes	0.503	15-30%	0.144	0.387753	0.374978
22	Polygon	0	0	0.26	22	0.487	Fm. Tumbes	0.503	30-50%	0.076	0.367557	0.356691
23	Polygon	0	0	0.26	23	0.487	Poligono de Laguna	0.503	0-5%	0.468	0.483981	0.461583
24	Polygon	0	0	0.26	24	0.487	Poligono de Laguna	0.503	5-15%	0.268	0.424581	0.408123
25	Polygon	0	0	0.26	25	0.487	Poligono de Laguna	0.503	15-30%	0.144	0.387753	0.374978
26	Polygon	0	0	0.26	26	0.487	Poligono de Laguna	0.503	30-50%	0.076	0.367557	0.356691
27	Polygon	0	0	0.26	27	0.272	Dep. aluvial reciente	0.066	0-5%	0.468	0.296756	0.293398
28	Polygon	0	0	0.26	28	0.272	Dep. aluvial reciente	0.066	5-15%	0.268	0.237356	0.236662
29	Polygon	0	0	0.26	29	0.272	Dep. aluvial reciente	0.066	15-30%	0.144	0.200528	0.206475
30	Polygon	0	0	0.26	30	0.272	Fm. Heath	0.503	0-5%	0.468	0.368096	0.357298
31	Polygon	0	0	0.26	31	0.272	Fm. Heath	0.503	5-15%	0.268	0.308996	0.303398
32	Polygon	0	0	0.26	32	0.272	Fm. Heath	0.503	15-30%	0.144	0.271868	0.270691
33	Polygon	0	0	0.26	33	0.272	Fm. Heath	0.503	30-50%	0.076	0.251672	0.252595
34	Polygon	0	0	0.26	34	0.272	Fm. Heath	0.503	50-70%	0.076	0.251672	0.252595
35	Polygon	0	0	0.26	35	0.272	Paleozoico Indiviso	0.035	5-15%	0.268	0.231944	0.23475
36	Polygon	0	0	0.26	36	0.272	Poligono de Laguna	0.503	0-5%	0.468	0.388996	0.372998
37	Polygon	0	0	0.26	37	0.272	Poligono de Laguna	0.503	5-15%	0.268	0.308996	0.303398
38	Polygon	0	0	0.26	38	0.272	Poligono de Laguna	0.503	15-30%	0.144	0.271868	0.270691

Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Exportamos Intecepcioón_Condic_Desenc para tener un nuevo archivo

Figura 71
Exportación del archivo de susceptibilidad

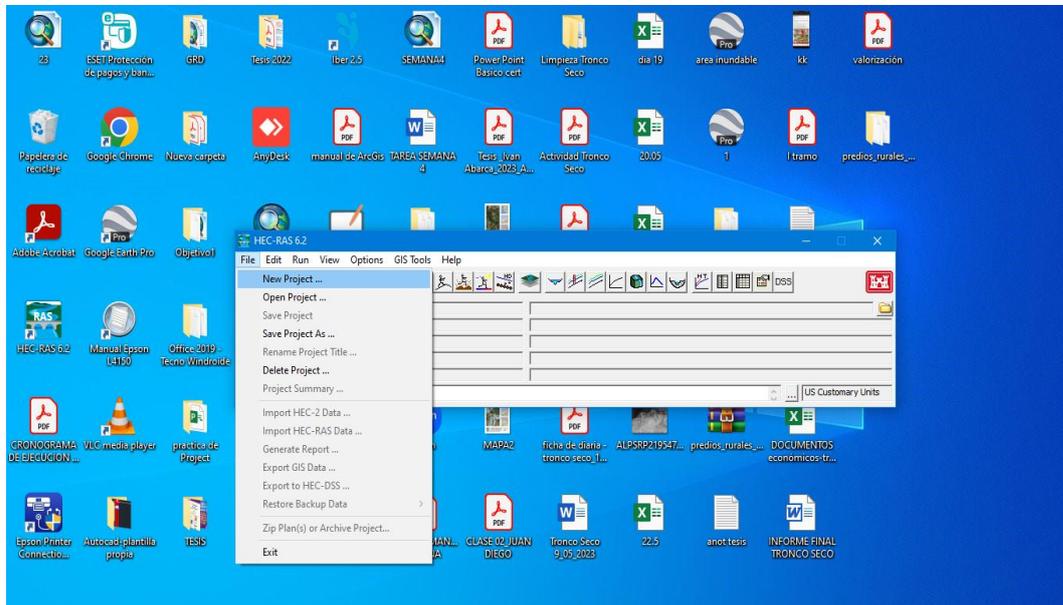


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Abrimos el Software HEC-RAS 6.2, para poder representar las inundaciones que puedan darse para diferentes periodos de retorno, donde empezamos con la creación de un nuevo proyecto.

Figura 72

Creación del nuevo proyecto con HEC.RAS parte 1

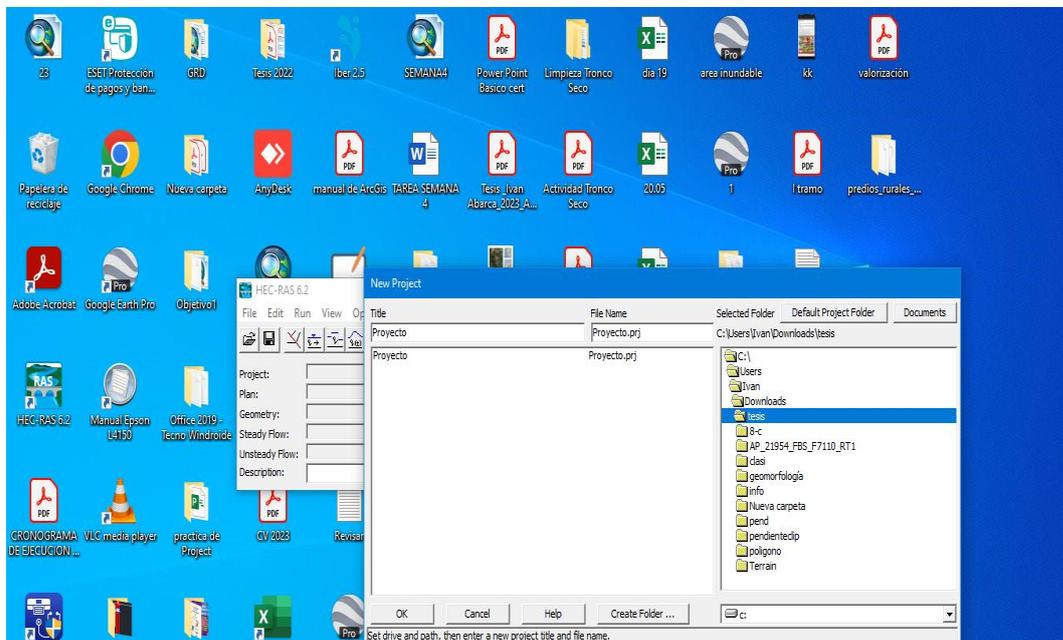


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Colocamos el título de Proyecto y ubicamos la carpeta de trabajo

Figura 73

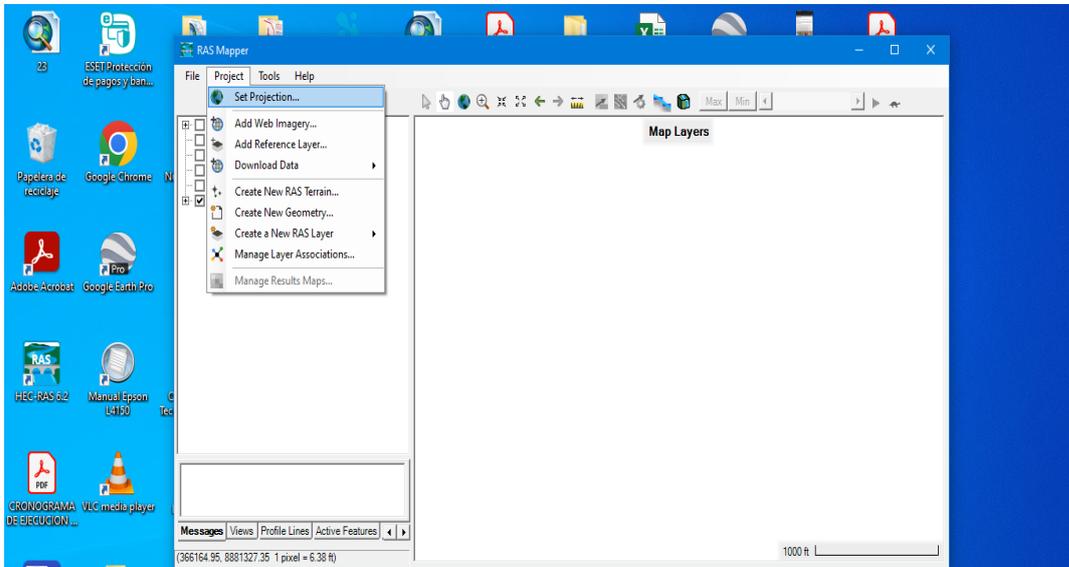
Creación del nuevo proyecto con HEC.RAS parte 2



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Luego empezamos abrir el Project-Set Projection, para georreferenciar el Proyecto que sea desea desarrollar.

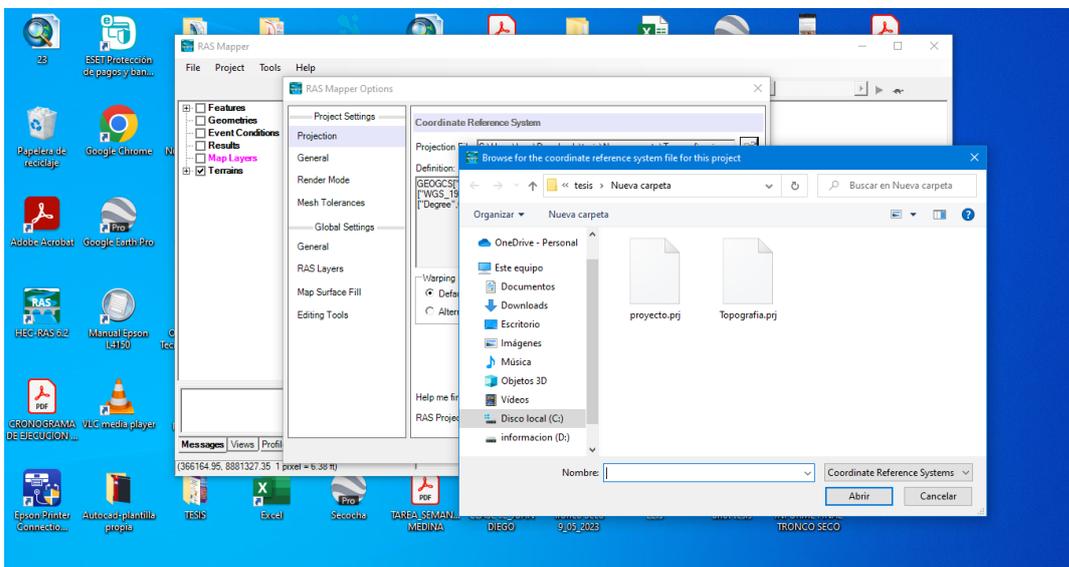
Figura 74
Georreferenciar el proyecto parte 1



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

En la siguiente ventana coloco el archivo “Prj” proyección.

Figura 75
Georreferenciar el proyecto parte 2

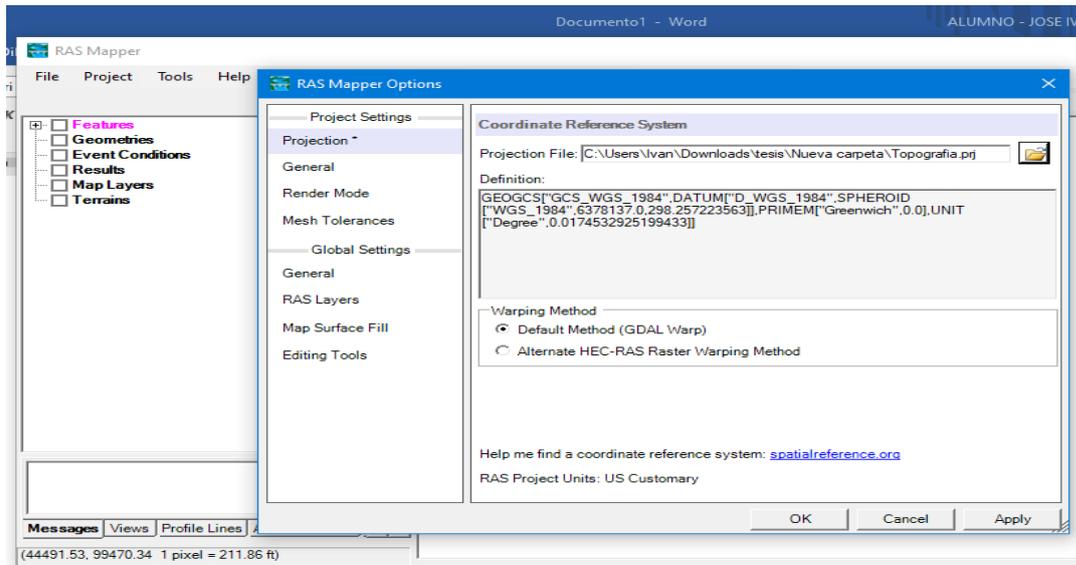


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se importa la proyección para que pueda georreferenciarse

Figura 76

Georreferenciar el proyecto parte 3

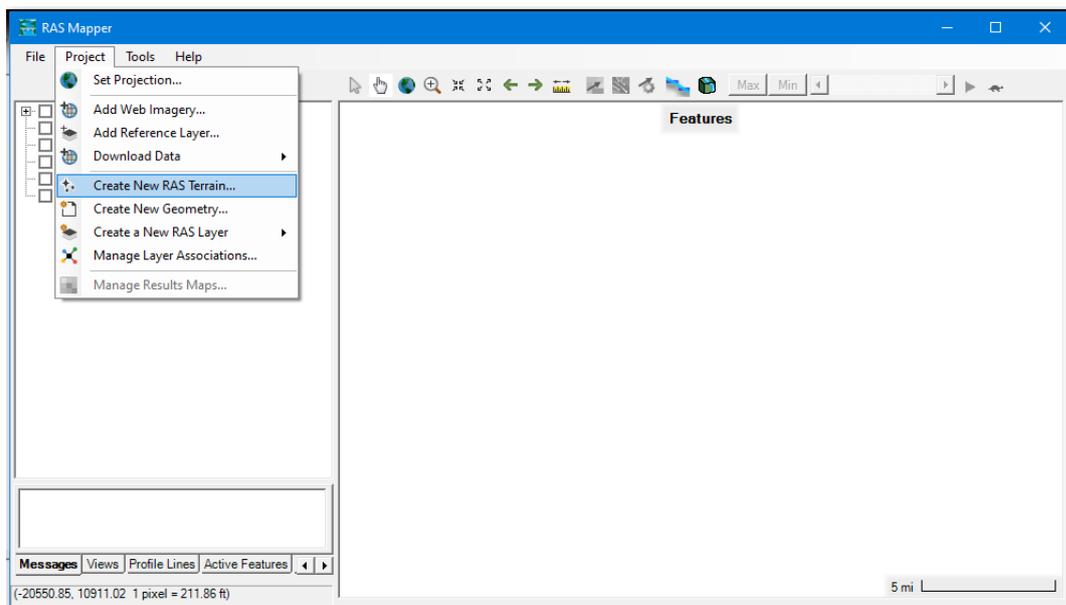


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Luego que se haya proyectado el área de topografía, se procede a importar la topografía del río Tumbes.

Figura 77

Se importa la topografía como terreno el área de estudio parte 1

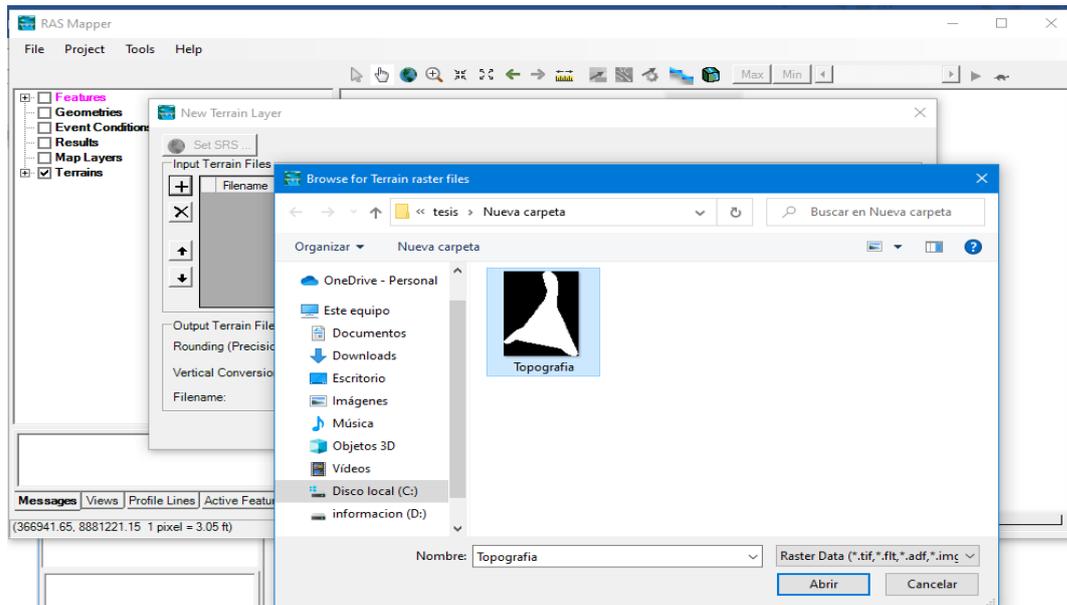


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Abrimos el archivo de Topografía

Figura 78

Se importa la topografía como terreno el área de estudio parte 2

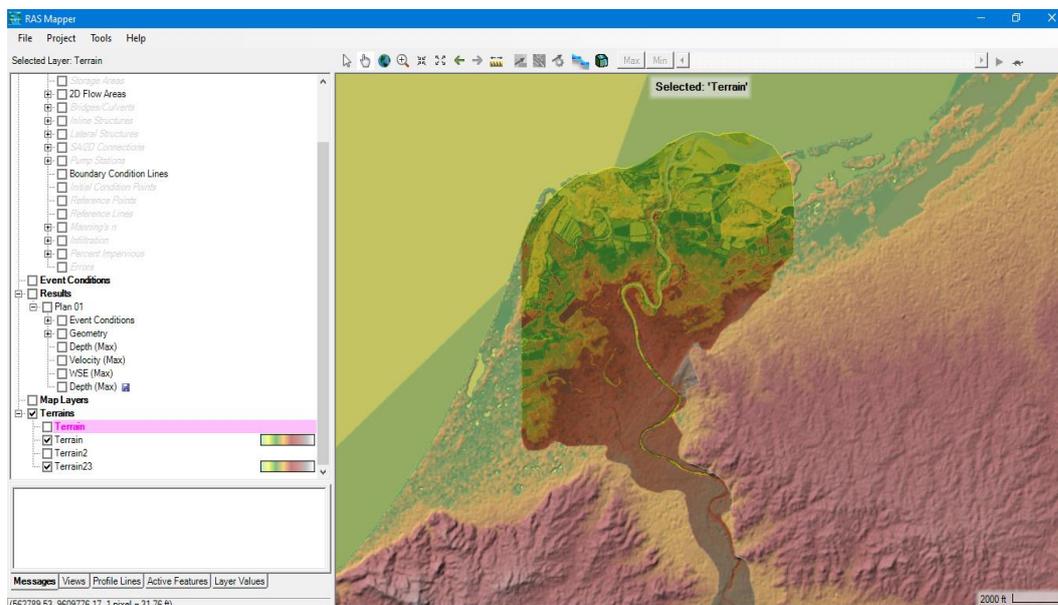


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Aquí podemos apreciar el archivo de topografía.

Figura 79

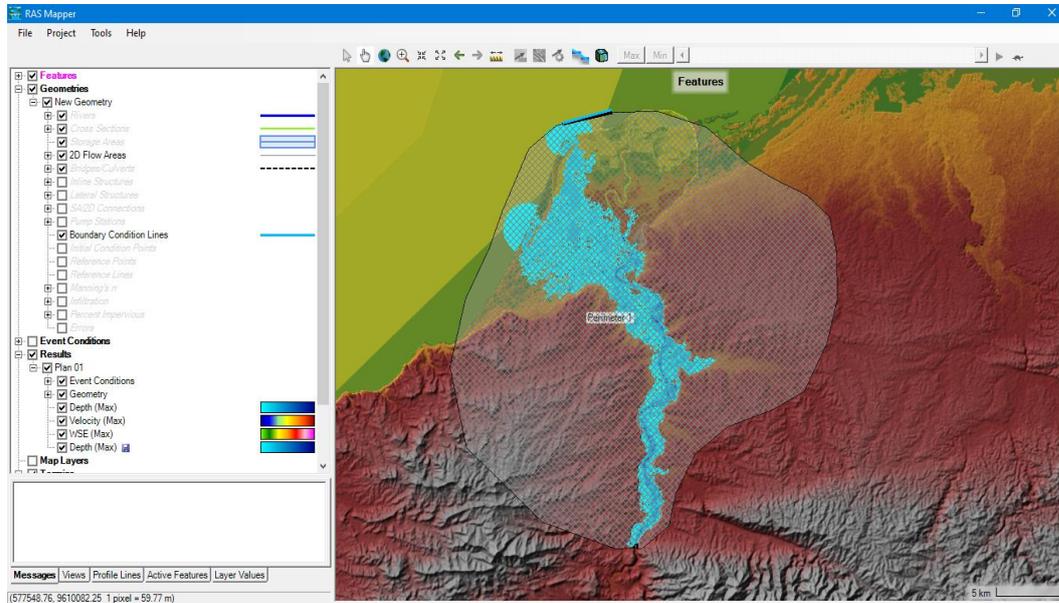
Se importa la topografía como terreno el área de estudio parte 3



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Luego generamos la malla la zona de simulación y se ingresa el hidrograma generado por el estudio hidrológico.

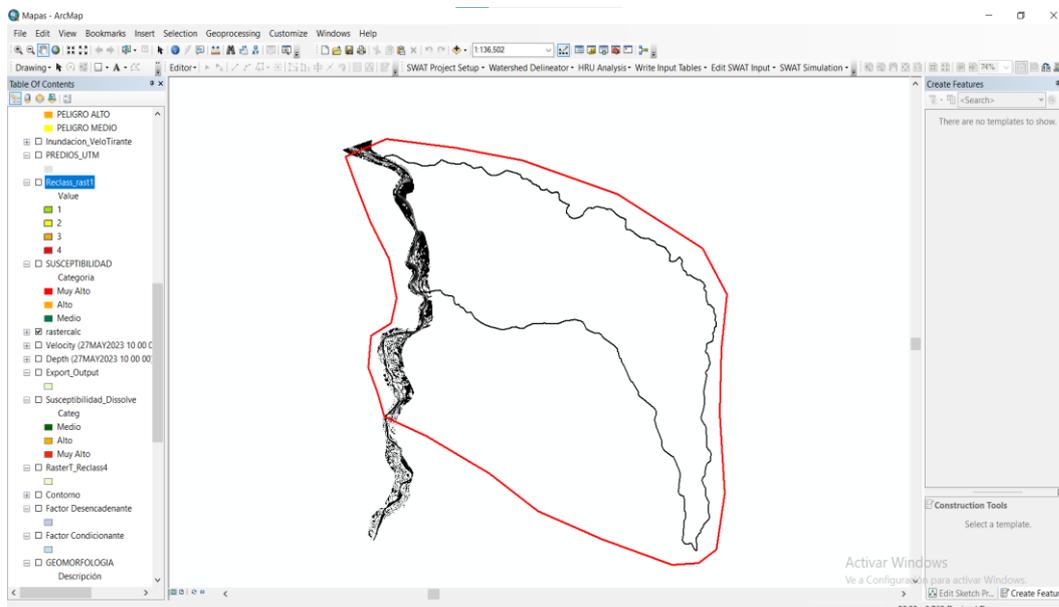
Figura 80
Simulación del modelo hidrodinámico



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Exportamos el archivo de HECRAS luego lo abrimos en ArcGis, despues hacemos un recorte respecto al area de estudio

Figura 81
Exportación de los resultados del modelo al entorno GIS parte 1

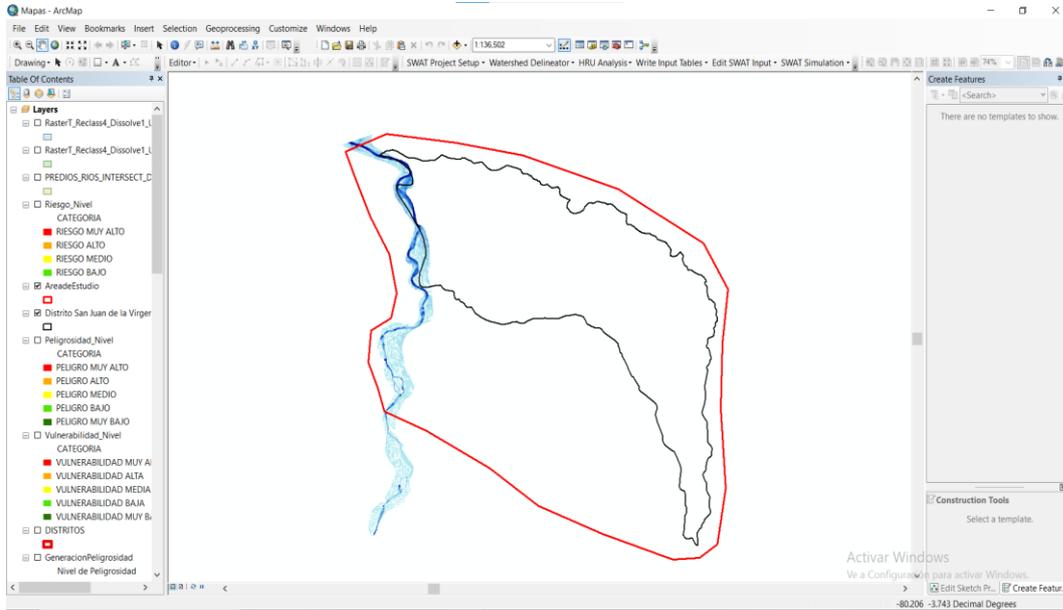


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se observa donde se inunda el área de estudio, en el entorno GIS, y con ello estimar velocidades y tirantes para el periodo de retorno de 100 años

Figura 82

Incorporación de la mancha de inundación al entorno GIS

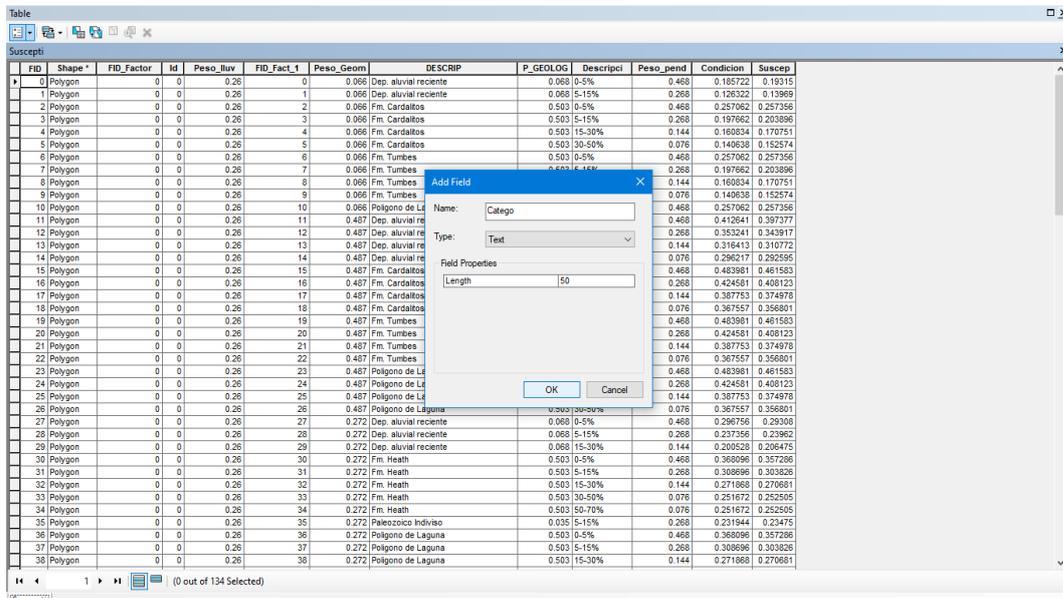


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Abrimos Tabla de Atributos y creamos una columna denominada Categoría, y le asignamos

Figura 83

Se crea una columna para ingresar la categoría

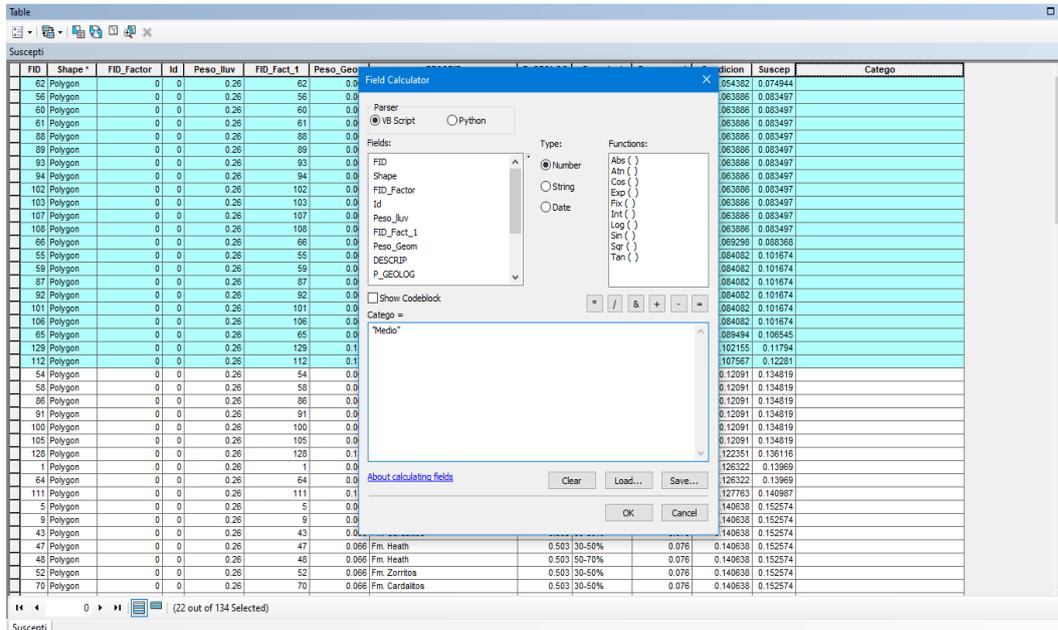


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Clasificamos la categoría basándonos en la tabla general

Figura 84

Se llega a dar descripciones según su categoría parte 1

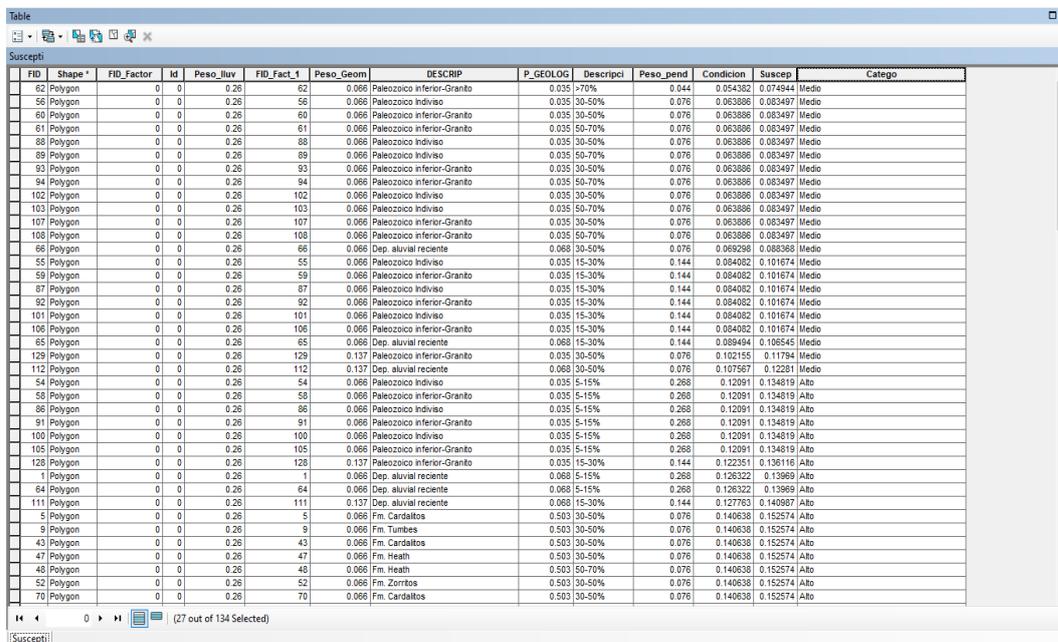


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Ubico la categoría según los valores

Figura 85

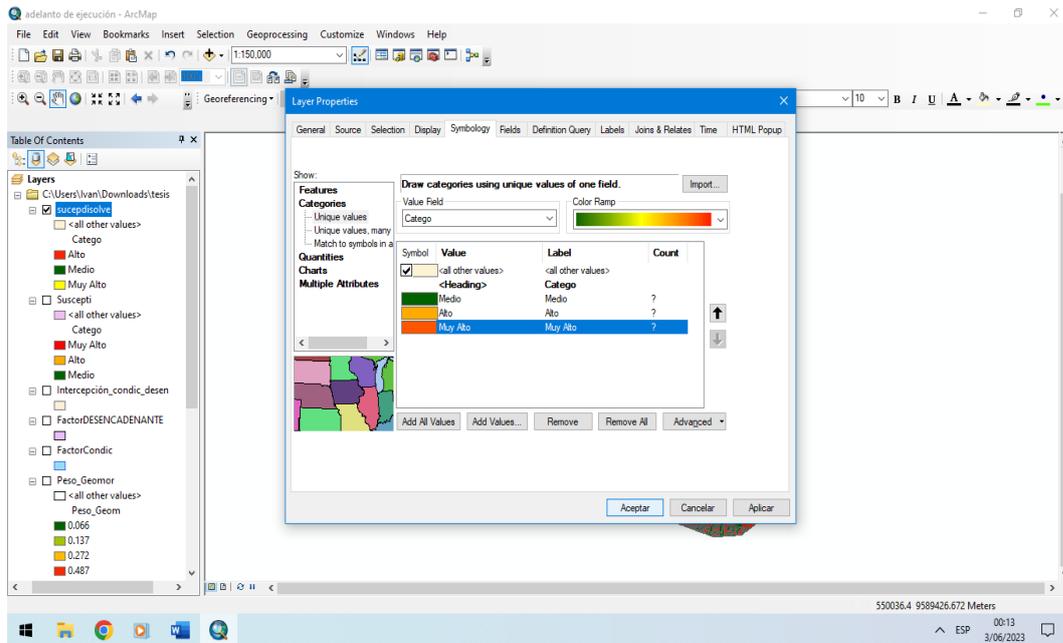
Se llega a dar descripciones según su categoría parte 2



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Figura 86

Se llega a dar descripciones según su categoría parte 3

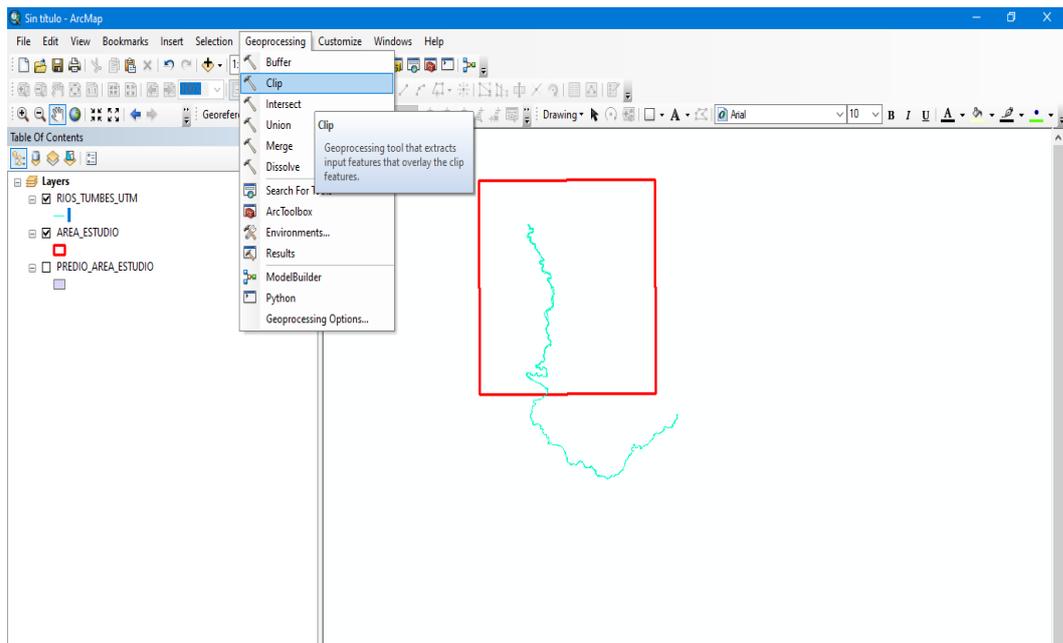


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Para el caso de vulnerabilidad, se procede importar el eje del río tumbes

Figura 87

Importación del eje del río y recortarlo según el área de interés parte 1

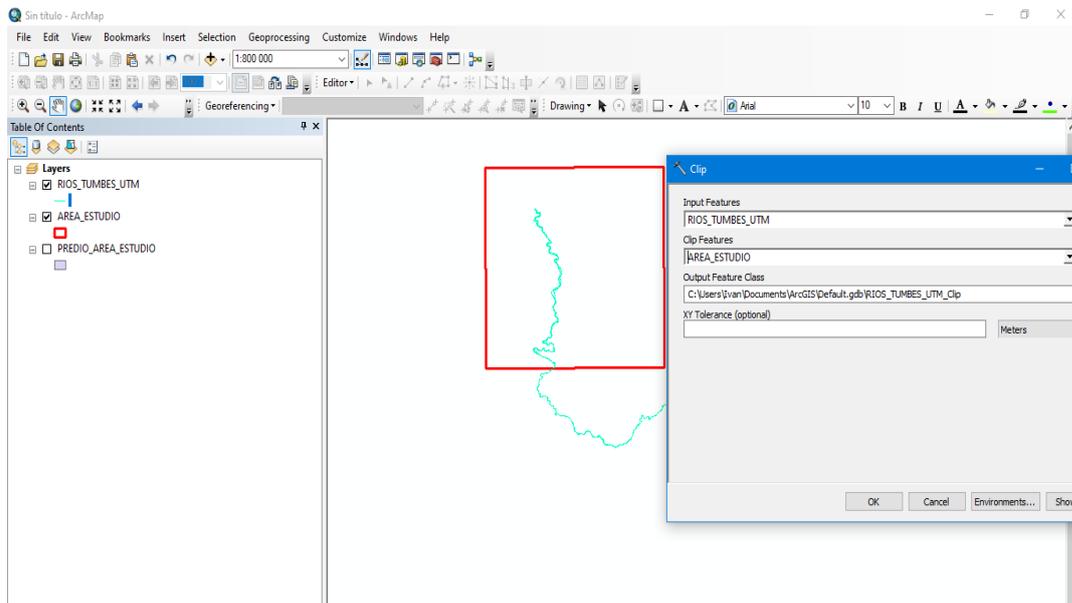


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se hizo un recorte de las capas a trabajar con respecto al área de estudio.

Figura 88

Importación del eje del río y recortarlo según el área de interés parte 2

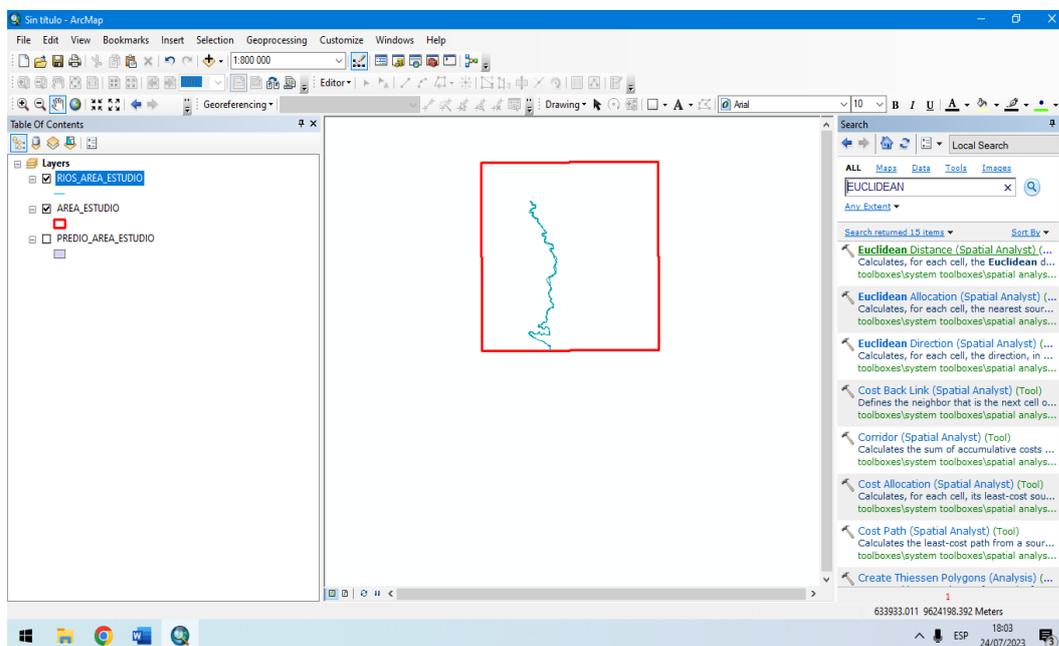


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Buscamos la herramienta distancia euclidiana y realizamos el procesamiento

Figura 89

Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 1

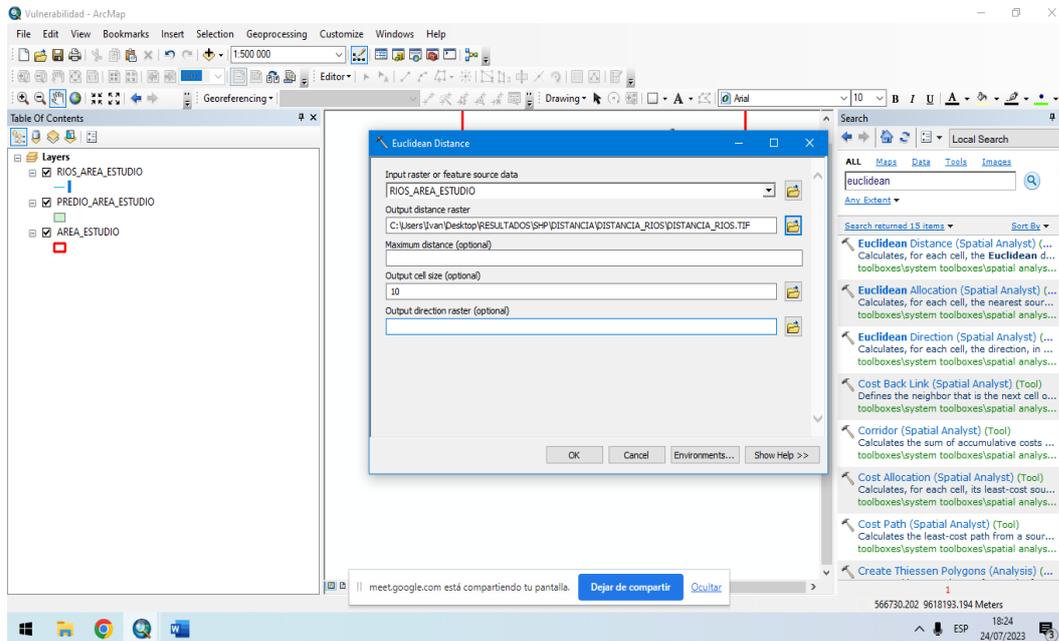


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se procede a colocar un tamaño de celda de 10 metros

Figura 90

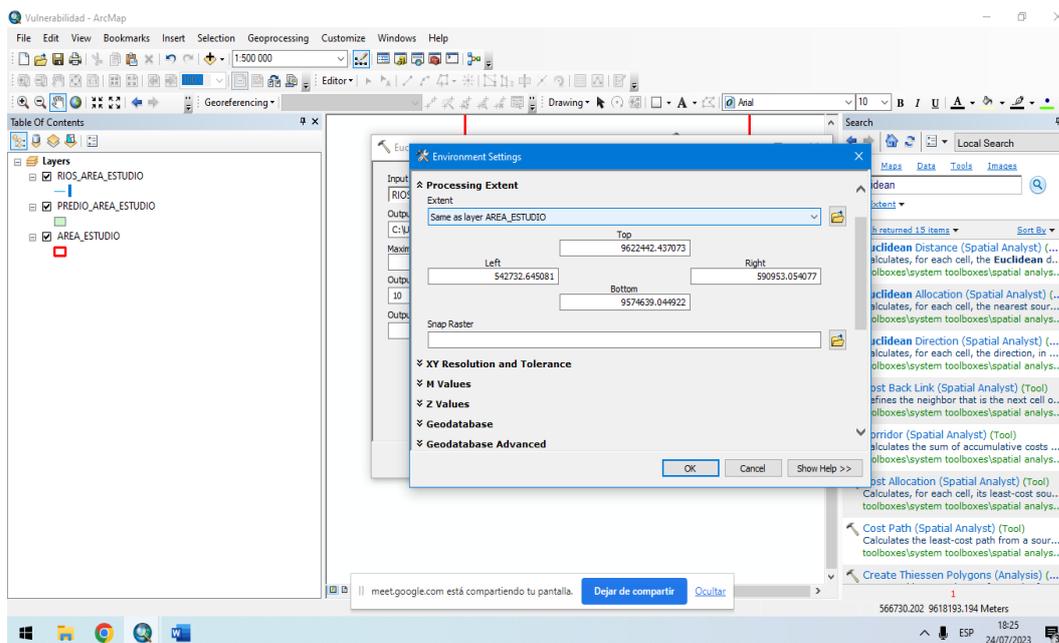
Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 2



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Figura 91

Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 3

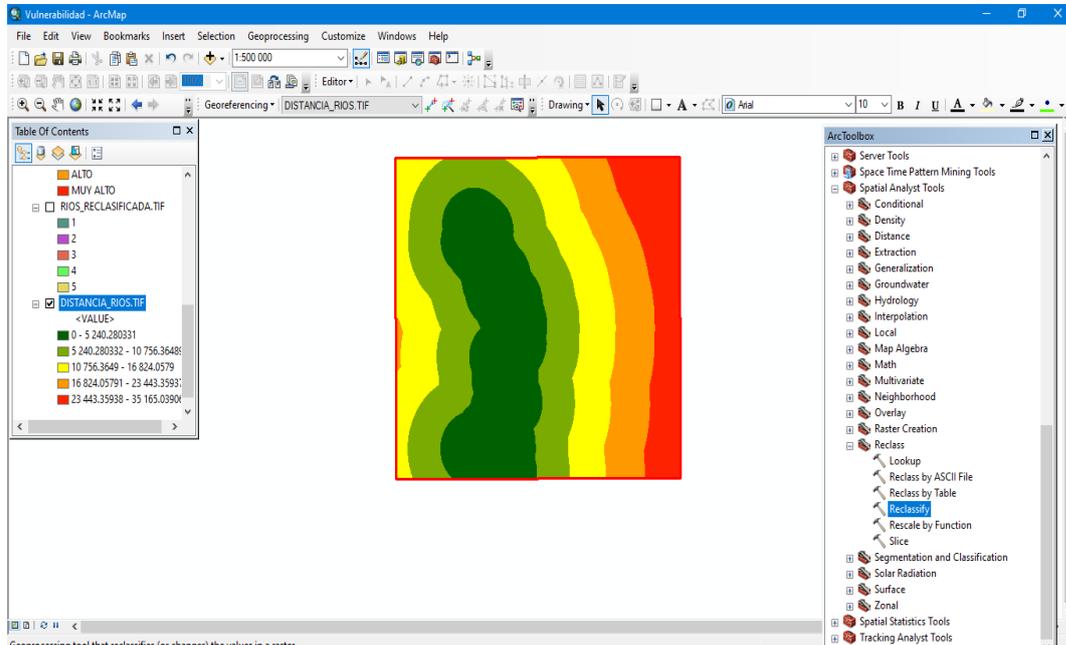


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se procede a obtener diversos rangos de distanciamentos

Figura 92

Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 4

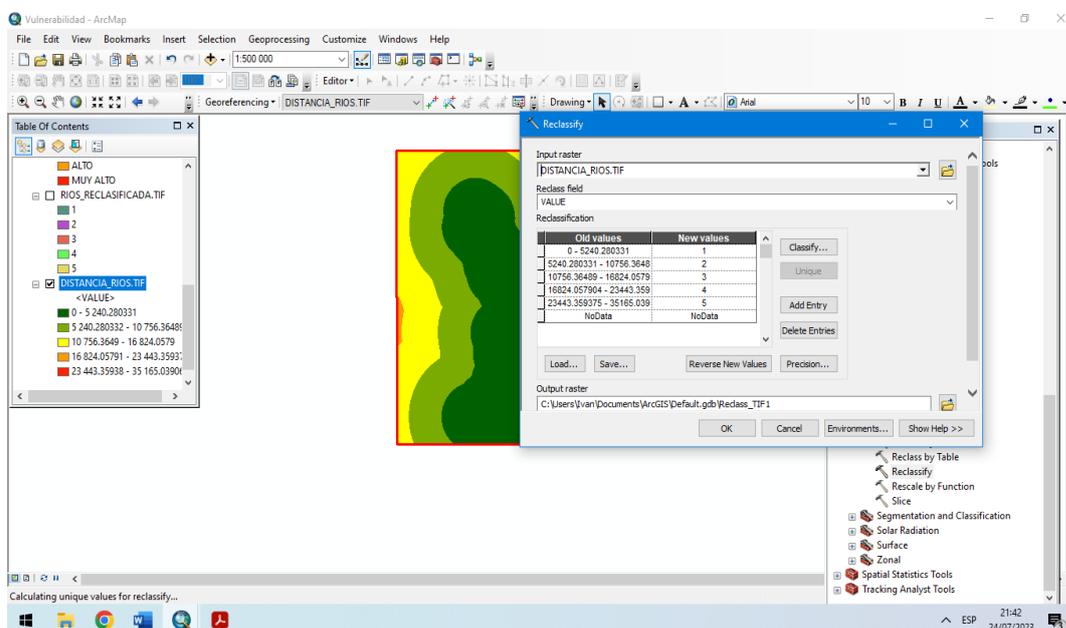


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se procede a reclasificar en base a la tabla de rangos de distanciamentos para evaluar la vulnerabilidad.

Figura 93

Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 5

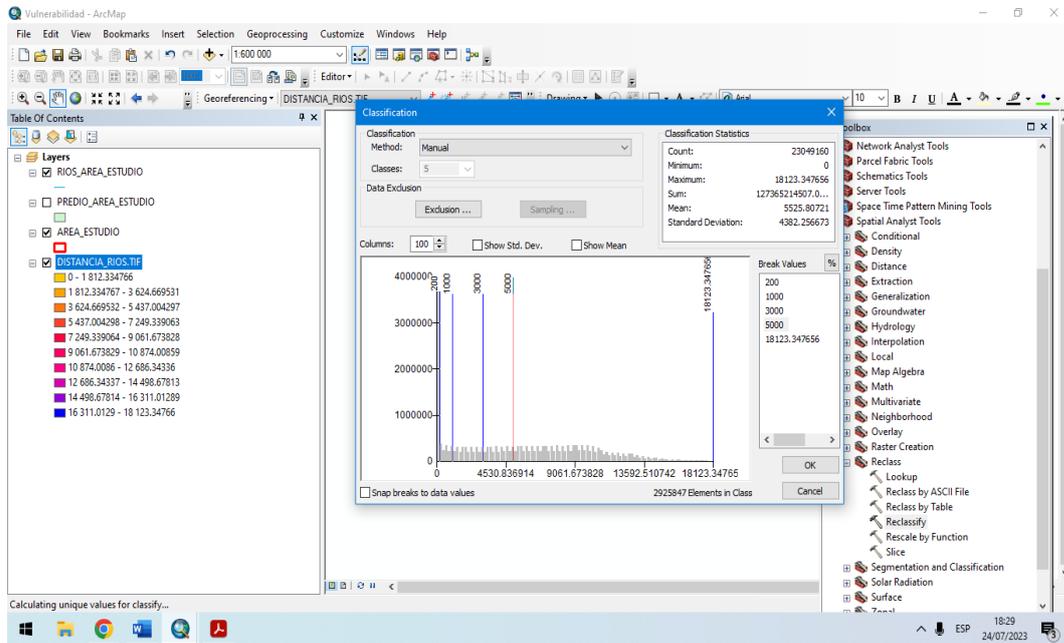


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Colocamos 5 clasificaciones de distancias de 200, 1000, 3000 y 5000 metros.

Figura 94

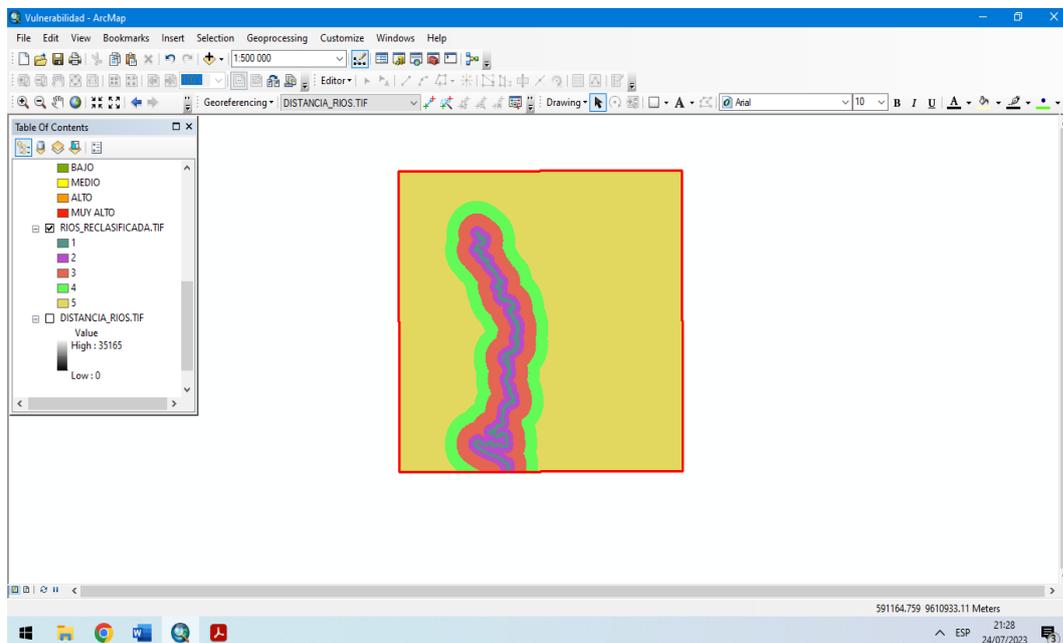
Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 6



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Figura 95

Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 7

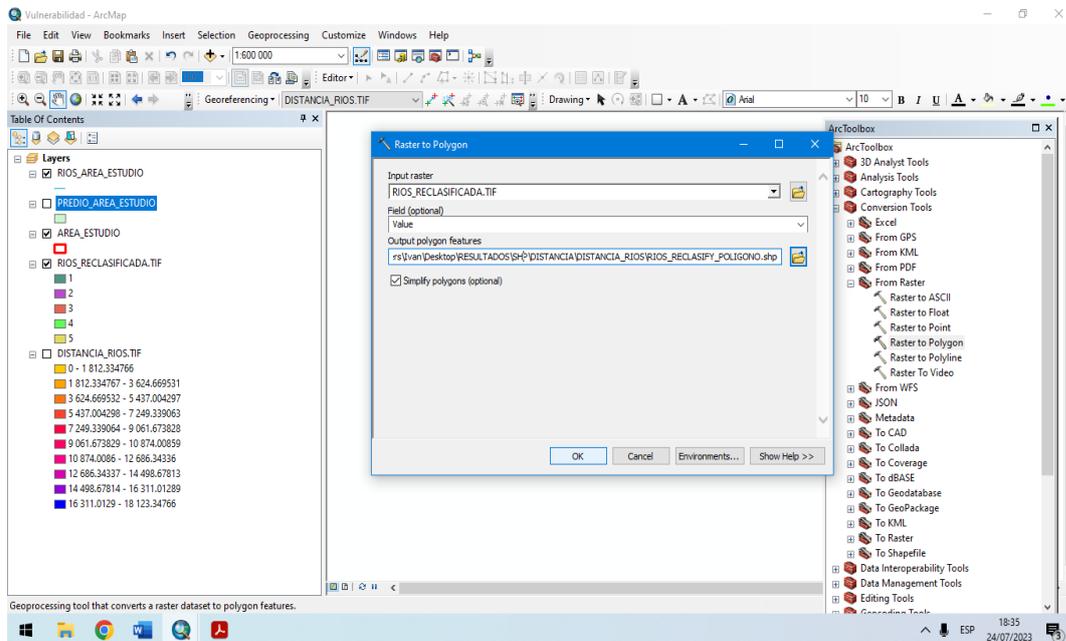


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Convertimos el ráster a polígono mediante la herramienta de GIS.

Figura 96

Se aplica la herramienta de distancia euclidiana parte 8

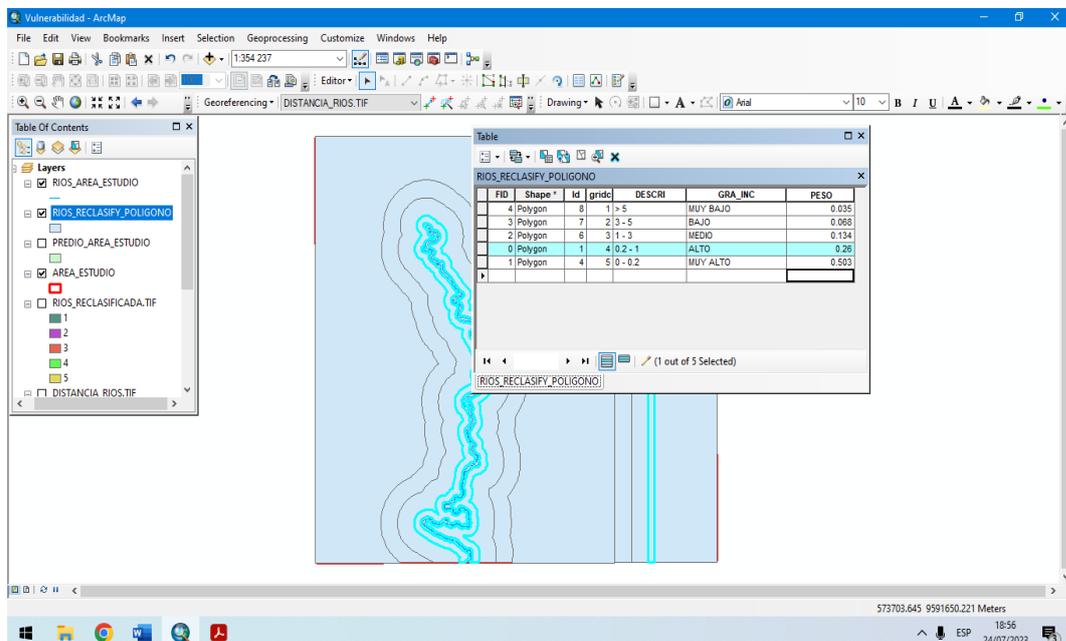


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Se le asigna pesos en base a la categoría correspondiente.

Figura 97

Se le asigna un peso según la categoría correspondiente

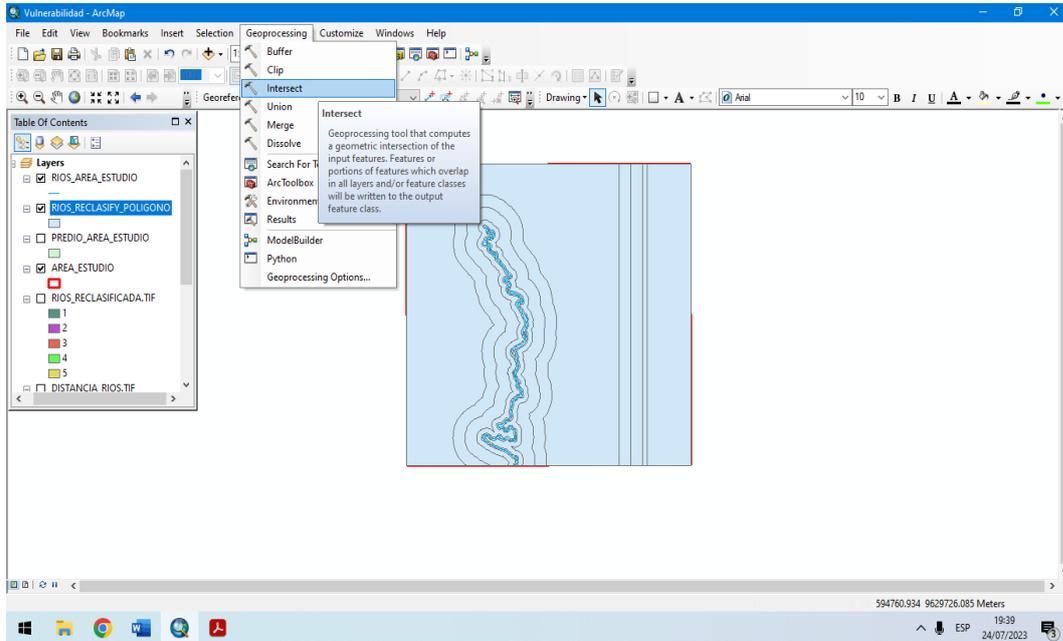


Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Interceptamos 2 capas: predio_area_agrícola y rios_reclassify_poligono

Figura 98

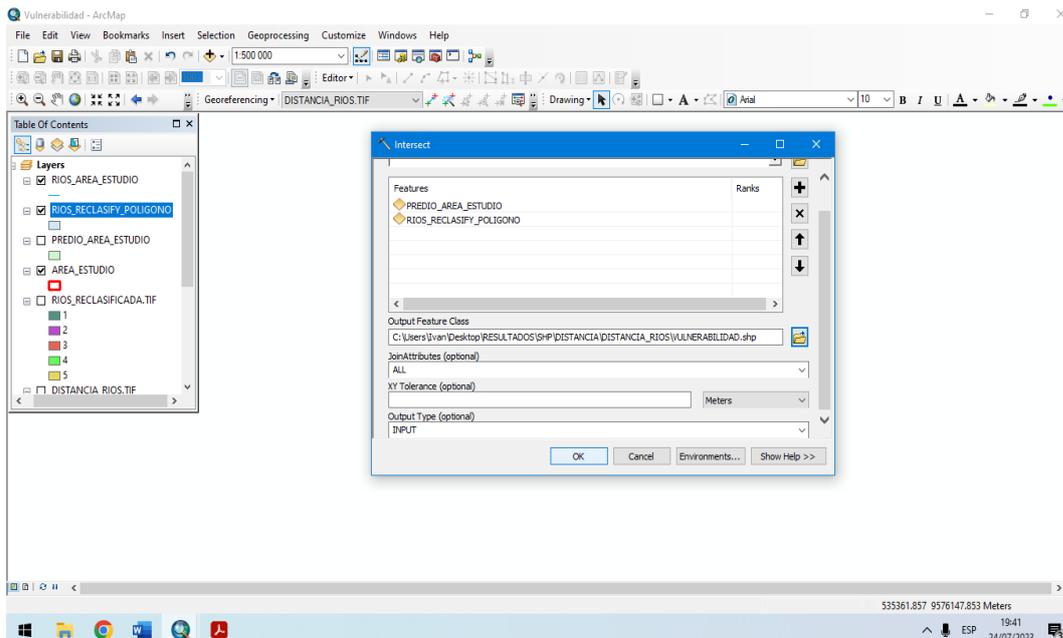
Intersección de predios agrícolas con los distanciamientos del río parte 1



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

Figura 99

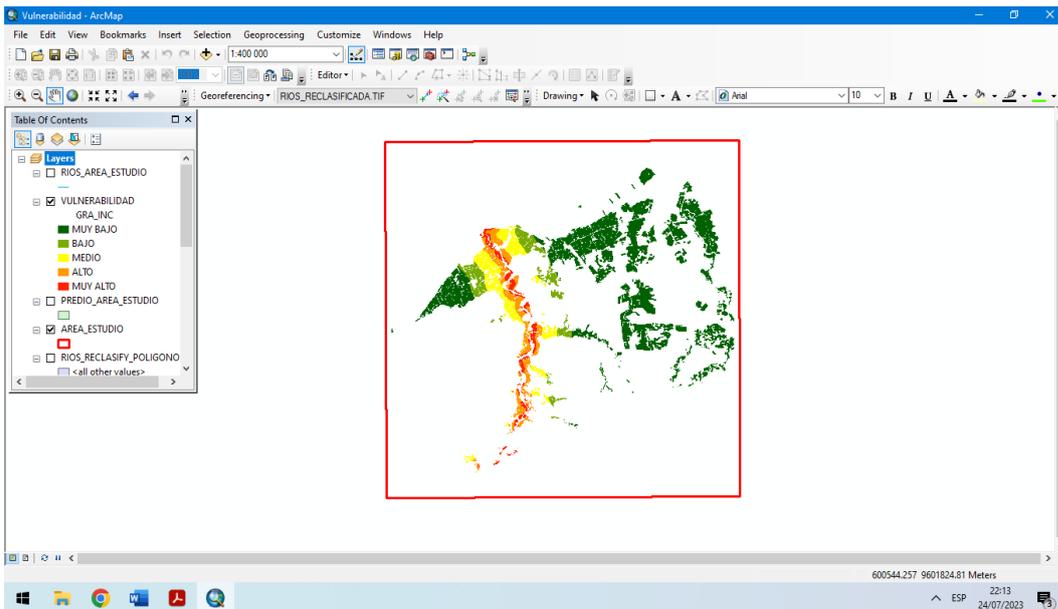
Intersección de predios agrícolas con los distanciamientos del río parte 2



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

una vez creada la capa vulnerabilidad nos dirigimos a propiedades-symbology-value field donde asignamos colores en base a sus categorías

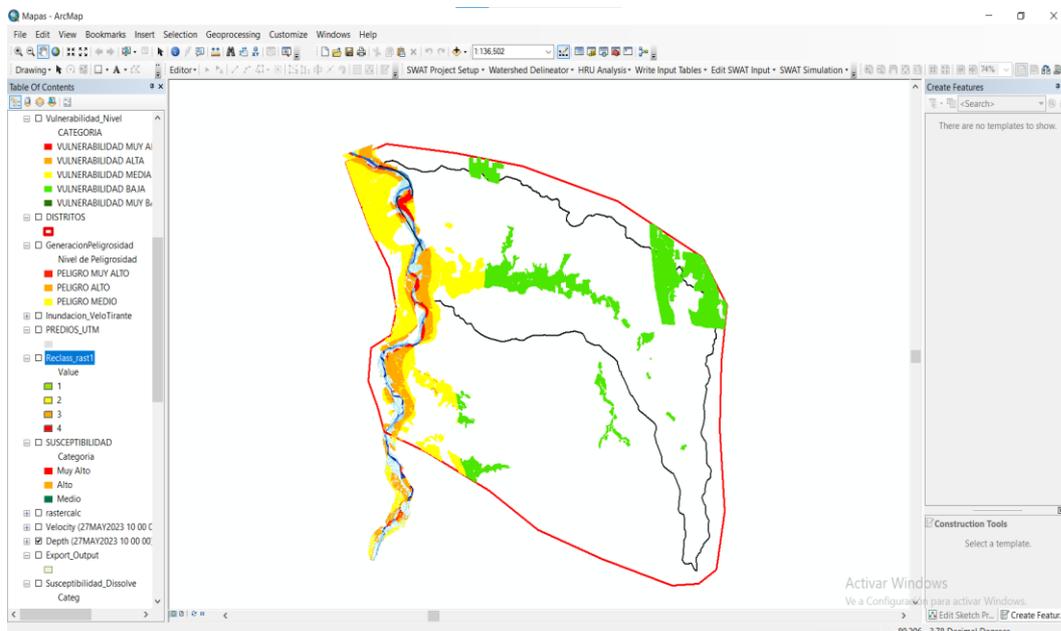
Figura 100
Resultado de la vulnerabilidad



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.

finalmente obtenemos el producto donde se aprecia la vulnerabilidad según la cercanía del río y se interseca con la peligrosidad y se obtiene lo siguiente:

Figura 101
 Resultado del nivel de riesgo de inundación



Nota. Se visualiza el procesamiento en el entorno GIS.