



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN HIDROLÓGICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA
QUEBRADA BALSAS EN EL CANTÓN BALSAS PARA LA
DETERMINACIÓN DE FACTORES Y MAPAS DE RIESGO DE
INUNDACIÓN**

**ASANZA SUAREZ JEAN PAULO
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN HIDROLÓGICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA
DE LA QUEBRADA BALSAS EN EL CANTÓN BALSAS PARA LA
DETERMINACIÓN DE FACTORES Y MAPAS DE RIESGO DE
INUNDACIÓN**

**ASANZA SUAREZ JEAN PAULO
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**EVALUACIÓN HIDROLÓGICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA
DE LA QUEBRADA BALSAS EN EL CANTÓN BALSAS PARA
LA DETERMINACIÓN DE FACTORES Y MAPAS DE RIESGO
DE INUNDACIÓN**

**ASANZA SUAREZ JEAN PAULO
INGENIERO CIVIL**

ESPINOZA CORREA JESUS ENRIQUE

**MACHALA
2022**

TITULACION 2022-2 ASANZA

por Jean Paulo Asanza Suarez

Fecha de entrega: 13-mar-2023 11:46a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2036280432

Nombre del archivo: TRABAJO_DE_TITULACION_-JEAN_PAULO_ASANZA.pdf (87.94M)

Total de palabras: 11160

Total de caracteres: 60513

TITULACION 2022-2 ASANZA

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.scielo.org.mx

Fuente de Internet

1%

2

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 39 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ASANZA SUAREZ JEAN PAULO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN HIDROLÓGICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA BALSAS EN EL CANTÓN BALSAS PARA LA DETERMINACIÓN DE FACTORES Y MAPAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



ASANZA SUAREZ JEAN PAULO

0706111929

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación va dedicado a mi familia, a mi padres, Padi y Sergio; a mis abuelos, Irma y Diman; a mi hermanas, Alisohn y Eugeny y a mis familiares más cercanos por siempre estar junto a mi cuando lo he necesitado y siempre brindarme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

Y por último se lo dedico a todas las personas de alguna y otra manera me han sabido brindar su apoyo a lo largo de esta carrera

Jean Paulo Asanza Suarez

Agradecimientos

En primer lugar le quiero dar gracias a Dios por ser mi guía en este camino y siempre acompañarme a lo largo de mi vida, a mis padres y abuelos que me han brindado su apoyo incondicional para lograr cumplir todos mis objetivos personales y académicos.

Le agradezco muy profundamente a mi tutor Jesús Enrique Espinoza Correa por su dedicación y paciencia, ayudandome a llegar a esta instancia tan anhelada.

Jean Paulo Asanza Suarez

Resumen

El fin de este trabajo de investigación es la determinación de los mapas de peligro y riesgo a inundaciones, además de los factores de riesgo a inundaciones para zona de influencia de la quebrada Balsas en el cantón Balsas. Se obtuvo los caudales máximos para cada periodo de retorno (T= 5, 10, 25, 50, 100 años) mediante el método racional y la caracterización de la cuenca a través del ArcGis para obtener el coeficiente ponderado de escorrentía y las intensidades por medio de las IDF, teniendo como resultado caudales de 169.76, 195.45, 241.24, 281,48 y 333.25 m³/s respecto a los periodos de retorno. Para el modelado del canal se empleó el software de RAS Mapper y para la simulación el software de HEC-RAS, obteniendo valores de niveles de inundación de 4.14, 4.20, 4.27, 4.33 y 4.42 m respecto a los periodos de retorno.

Palabras clave: Quebrada Balsas, peligro, riesgo, inundación, factores de riesgo

Abstract

The purpose of this research work is the determination of flood hazard and risk maps, in addition to flood risk factors for the area of influence of the Balsas stream in the Balsas canton. The maximum flows for each return period (T= 5, 10, 25, 50, 100 years) were obtained through the rational method and the characterization of the basin through ArcGis to obtain the weighted coefficient of runoff and the intensities through of the IDF, resulting in flows of 169.76, 195.45, 241.24, 281.48 and 333.25 m³/s with respect to the return periods. For the modeling of the channel, the RAS Mapper software was used and for the simulation the HEC-RAS software, obtaining values of flood levels of 4.14, 4.20, 4.27, 4.33 and 4.42 m with respect to the return periods.

Keywords: Quebrada Balsas, danger, risk, flood, risk factors

Contenido

Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Resumen.....	V
Abstract.....	V
Introducción.....	10
1. Capítulo I: Planteamiento del problema.....	11
1.1 Línea base del proyecto.....	11
1.1.1 Clima.....	11
1.1.2 Precipitación.....	12
1.1.3 Geología.....	13
1.1.4 Geomorfología.....	13
1.1.5 Suelos.....	14
1.1.6 Cuencas hidrográficas.....	17
1.1.7 Amenazas sísmicas.....	20
1.1.8 Amenazas por inundaciones.....	21
1.2 Descripción de la situación problemática.....	23
1.3 Formulación del problema.....	24
1.4 Delimitación del objeto de estudio.....	24
1.5 Justificación.....	25
1.6 Objetivos.....	26
1.6.1 Objetivo general.....	26
1.6.2 Objetivos específicos.....	26
2. Capítulo II: Marco teórico.....	26
2.1 Antecedentes contextuales.....	26
2.2 Antecedentes conceptuales y referenciales.....	27
2.2.1 Inundación.....	28
2.2.2 Riesgo a inundación.....	28
2.2.3 Vulnerabilidad.....	29
2.2.4 Aspectos hidrológicos.....	29
2.2.5 Aspectos hidráulicos.....	32
3. Capítulo III: Metodología.....	32
3.1 Modalidad básica de la investigación.....	32
3.2 Tipo de investigación.....	32
3.3 Objeto de estudio.....	33

4.	Descripción de la población y muestra	33
4.1	Métodos con los materiales utilizados	35
4.1.1	Recopilación de información.....	35
4.1.2	Procesamiento de la información	35
4.1.3	Mapas de riesgo de inundación	40
5.	Capítulo IV: Análisis e interpretación de resultados.....	40
5.1	Análisis de resultados	40
5.1.1	Estimación de caudales.....	40
5.2	Interpretación de datos	45
5.2.1	Caudales de diseño obtenidos.....	45
5.2.2	Modelado de inundaciones	45
6.	Conclusiones	46
7.	Recomendaciones.....	47
8.	Referencias bibliográficas	48
9.	Anexos.....	51

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Mapa tipo de Clima	11
Ilustración 2. Precipitación media mensual (mm) cantón Balsas	12
Ilustración 3. Formaciones geológicas del cantón Balsas	13
Ilustración 4. Geomorfología del cantón Balsas.....	14
Ilustración 5. Taxonomía del suelo cantón Balsas	15
Ilustración 6. Cuencas hidrográficas del cantón Balsas	18
Ilustración 7. Microcuencas hidrográficas del cantón Balsas.....	20
Ilustración 8. Intensidad sísmica en el cantón Balsas.....	21
Ilustración 9. Amenaza a inundaciones	22
Ilustración 10. Árbol de problemas	24
Ilustración 11. Zona de influencia de la Quebrada Balsas	25
Ilustración 12. Colapso de vivienda por fuerza del agua.....	27
Ilustración 13. Etapas de la investigación	32
Ilustración 14. Proceso de caracterización de una cuenca hidrográfica en ArcGis	36
Ilustración 15. Proceso para el modelado del cauce y simulación de inundación (RAS Mapper y HEC-RAS)	38
Ilustración 16. Geometría del canal modelado	39
Ilustración 17. Curvas IDF de la zona de estudio.....	42
Ilustración 18. Cuenca urbana	43
Ilustración 19. Simulación de inundación para un periodo de retorno de 25 años.....	44

Índice de tablas

Tabla 1. Precipitación media mensual (mm) cantón Balsas	12
Tabla 2. Taxonomía de suelos del cantón Balsas	15
Tabla 3. Uso actual del suelo	16
Tabla 4. Cuencas hidrográficas del cantón Balsas	17
Tabla 5. Cuencas y subcuencas hidrográficas del cantón Balsas	18
Tabla 6. Microcuencas hidrográficas del cantón Balsas.....	19
Tabla 7. Intensidad sísmica en el cantón Balsas.....	21
Tabla 8. Riesgo de amenaza de inundación.....	22
Tabla 9. Población del cantón Balsas, según zona y sexo, 2001 y 2010.....	33
Tabla 10. Valores de Z en función del nivel de confianza	34
Tabla 11. Nivel de peligro a inundaciones	40
Tabla 12. Ocupación del suelo	41
Tabla 13. Coeficiente de escorrentía para cada periodo de retorno.....	41
Tabla 14. Intensidades para cada periodo de retorno	42
Tabla 15. Parámetros físicos de la cuenca	43
Tabla 16. Caudales de diseño en función de los periodos de retorno.....	44

Introducción

En los últimos tiempos se ha generado grandes saltos en avances tecnológicos, desarrollando mejores y más precisas herramientas por medio de softwares que permiten un mejor estudio del agua y su comportamiento. Alrededor del mundo las inundaciones en zonas urbanas debido al incremento en la precipitaciones, recurrentemente provocan pérdidas materiales y en el peor de los casos humanas. Por eso es de gran importancia tener realizados estudios hidrológicos e hidráulicos en zonas cercanas al cauce del río, permitiendo de esta manera identificar el número de zonas que se encuentren expuestas en una situación de peligro por inundación, pues de tal manera se lograría o por lo menos se intentaría mitigar el problema en cuestión.

Chaparro “et al” menciona que históricamente las ciudades se han desarrollado dentro de una cuenca hidrográfica, las mismas que reciben el agua de sus afluentes ubicados en puntos más altos, y que éstas al mismo tiempo poseen su área de captación que actúa con su microcuenca (Mora Chaparro et al., 2023). El cantón Balsas ha sido protagonista de varias inundaciones pluviales, generadas por las altas precipitaciones que se dan en el lugar y por la disminución de su área de drenaje debido a la viviendas que se encuentran ubicadas a un costado de la quebrada que atraviesa el cantón, provocando que el agua supere los límites de la quebrada, logrando alcanzar el agua niveles superiores al de la altura de los puentes que la contienen, y tomando lugar por las principales calles del cantón, generando daños a su paso y poniendo en peligro a sus habitantes.

El presente trabajo se encuentra vinculado con el estudio de la quebrada del cantón Balsas debido a la fuertes lluvias que han tenido lugar en la zona, específicamente en la zona de influencia del cantón, es decir, la zona donde se ha producido desbordamientos con anterioridad. Por tal motivo se ha planteado el realizarse un estudio hidrológico en la zona de influencia de la quebrada Balsas en el cantón Balsas, donde para ello es necesario revisar suficiente bibliografía acorde al tema, para seleccionar la metodología adecuada a seguir en este trabajo de investigación y teniendo como finalidad de investigación la generación de mapas de peligro y riesgo a inundaciones mediante la precipitaciones que se dan en la zona de estudio con la ayuda de diferentes softwares y la información de algunos satélites, que permitirán identificar los lugares propensos a peligro de inundación y el nivel de riesgo al que están expuesto.

1. Capítulo I: Planteamiento del problema

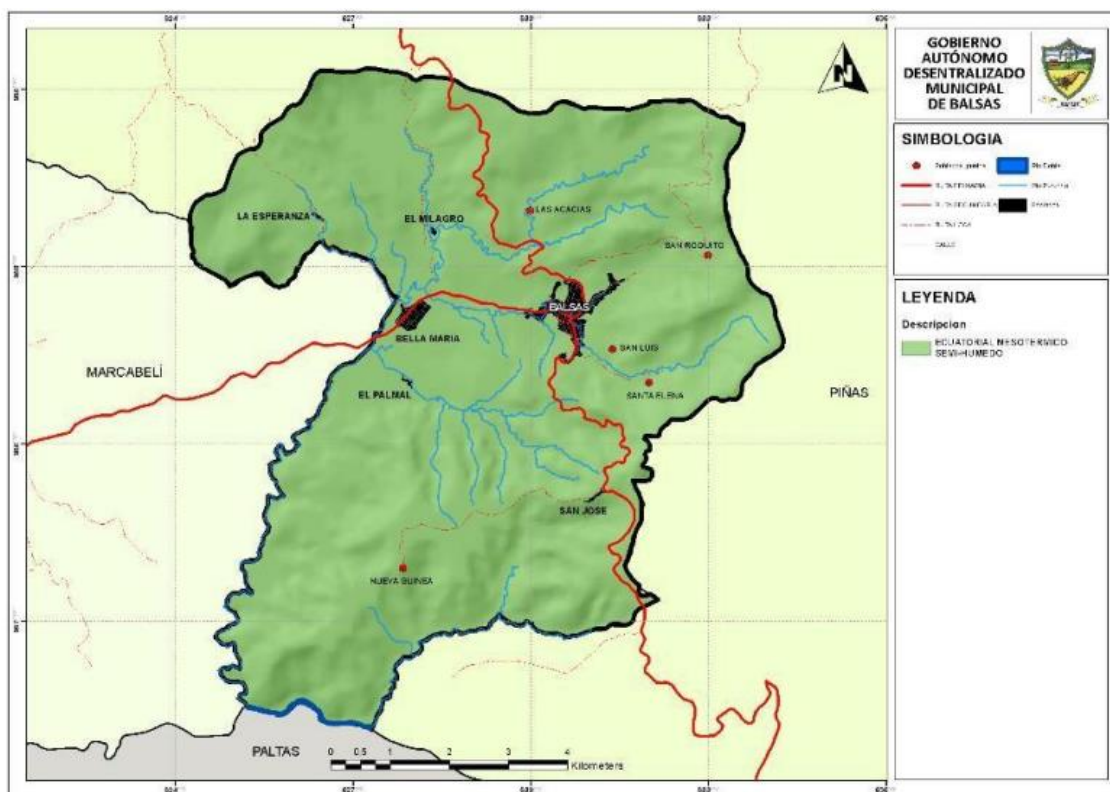
1.1 Línea base del proyecto

1.1.1 Clima

Las características climáticas del Ecuador, al igual que el resto del planeta corresponden a varios factores que alteran las condiciones naturales, tales como: latitud geográfica, altura del terreno, dirección de las cordilleras, vegetación, corrientes marinas y los vientos.

El cantón Balsas se encuentra ubicado en un tipo de clima Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo, de acuerdo a los datos del Mapa Nacional de Tipo de clima del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca MAGAP tal como se visualiza en la ilustración 1. Este tipo de clima es más común en la zona andina excepto en algunas cuencas por encima de los 3200 metros sobre el nivel del mar y en climas secos. Caracterizado por tener un patrón de precipitaciones de dos estaciones lluviosas y una seca por año. La temperatura media del lugar oscila entre 10-20 °C y la humedad relativa tiene un intervalo del 70-85%.

Ilustración 1. Mapa tipo de Clima



Fuente: Instituto Ecuatoriano Espacial IEE 2013 (Equipo de consultores, 2015)

1.1.2 Precipitación

De acuerdo con el INAMHI, la idea de precipitación es cualquier forma de agua, en estado líquido o sólido, proveniente desde las nubes hasta llegar al suelo. La precipitación generalmente se expresa en milímetros, al medir la profundidad de agua líquida en la sustancia que ha caído en un punto particular en un tiempo determinado.

En base al Ministerio del Ambiente MAE en la región analizado se tiene un régimen bioclimática pluviestacional, debido a que las masas de aire húmedo provenientes del Océano Pacífico invaden el curso medio y alto del río Puyango y fuerzan el régimen oceánico de la región, el mismo que determina las dos estaciones. En la zona la precipitación acumulada anual durante los seis meses de invierno de noviembre a abril es de aproximadamente 1062 mm, y la precipitación acumulada anual durante los seis meses de verano es de aproximadamente 89 mm.

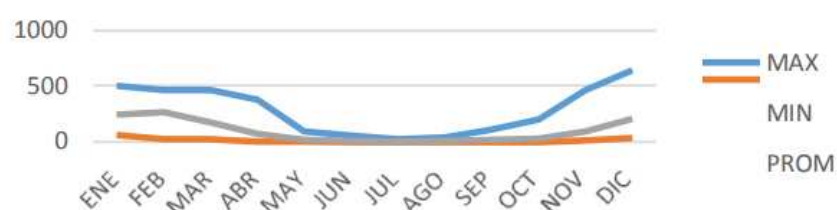
Se produce un cambio dramático en el paisaje debido a la concentración de lluvia en los últimos meses, la cual es una de las características más destacadas de la región. La información comentada se resume en la tabla 1 presentada a continuación y se puede corroborar en la ilustración 2 de precipitación media mensual del Cantón Balsas.

Tabla 1. Precipitación media mensual (mm) cantón Balsas

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Max	499	459	459	373	96	59	26	39.7	113	203	458	634	2287
Min	62.4	26	26.7	6.2	2.1	0	0	0	0	0.5	15.1	35.3	519.9
Prom	245	267	176	73	19	7.9	4.2	10.4	17.9	29.7	94.7	207	1146

Fuente: Instituto Nacional de Hidrología (INAMHI) 2012 (Equipo de consultores, 2015)

Ilustración 2. Precipitación media mensual (mm) cantón Balsas



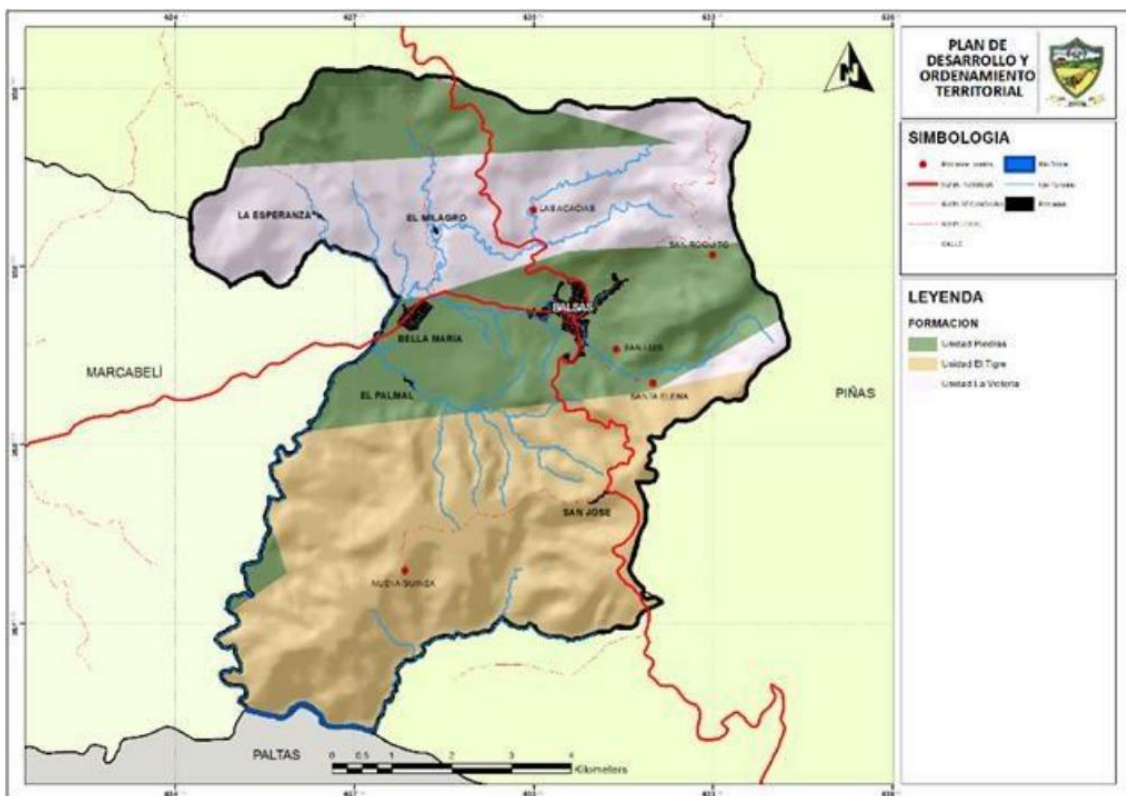
Fuente: Instituto Nacional de Hidrología (INAMHI) 2012 (Equipo de consultores, 2015)

1.1.3 Geología

El lugar en su mayoría es irregular y montañoso, debido a los accidentes geográficos, depresiones y cerros prominentes. El terreno presenta una rango de pendientes de 20-50%, teniendo algunas zonas con pendiente superior al 100%. En una zona montañosa de baja elevación se encuentra la cabecera cantonal y en la zona de pendientes suaves o onduladas, mayoritariamente cercana a terrenos montañosos se ubicada la parroquia de Bellamaría.

En base a la información otorgada por el Mapa de formaciones geológicas del cantón Balsas representado en la ilustración 3, se conoce que en el cantón Balsas predomina tres tipos de formaciones, las cuales son: Unidad El Tigre, Unidad Piedras y la Unidad La Victoria.

Ilustración 3. Formaciones geológicas del cantón Balsas



Fuente: Instituto Ecuatoriano Espacial IEE 2014 (Equipo de consultores, 2015)

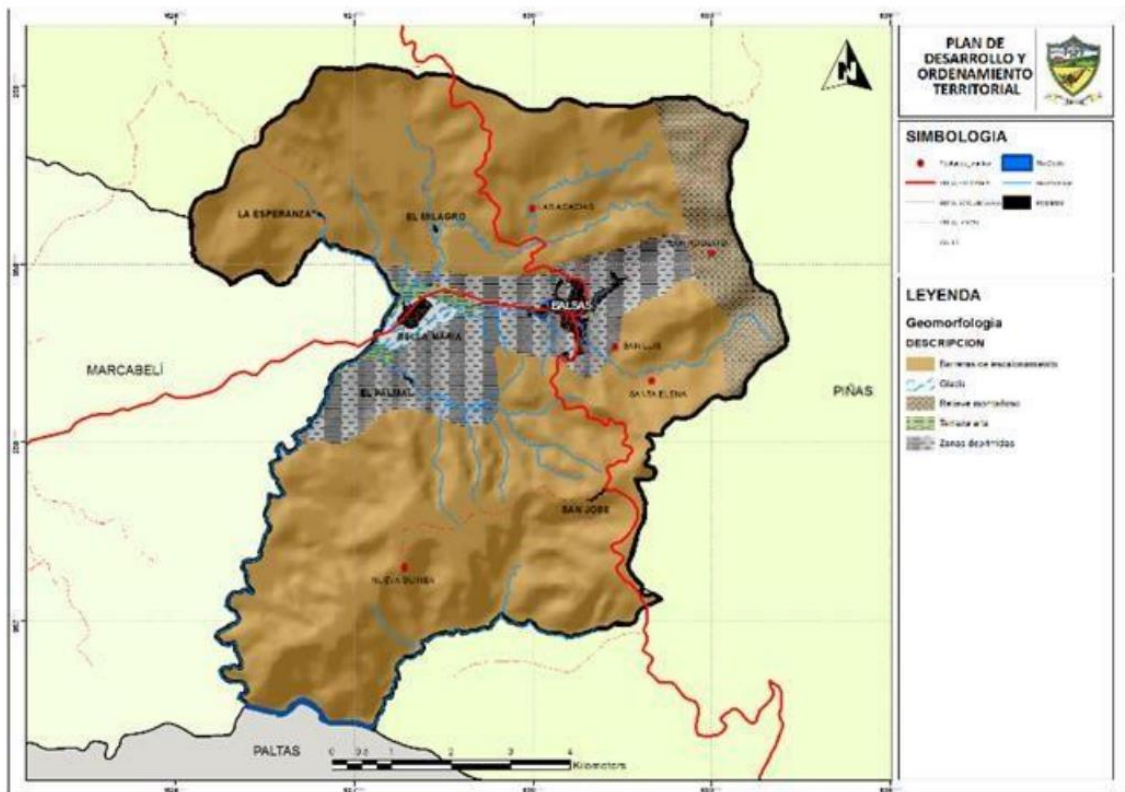
1.1.4 Geomorfología

La costa del país se encuentra compuesta por sedimentos marinos del cretácico consistentes en calizas y esquistos. Durante este periodo de tiempo, también se formaron rocas ígneas en el área. Estas capas luego se elevaron para formar la

actual Cordillera Costera. Al pie de las montañas occidentales hasta los 800-900 m de altitud, hay influencias de lava andesítica incrustadas en sedimentos volcanoclásticos y marinos. Sobre estos sustratos se generaron suelos de origen aluvial y también de origen volcánico.

En la ilustración 4 se puede apreciar a través de mapas digitales los procesos de formación del suelo como los son las barreras de escalonamiento, zonas deprimidas, relieve montañoso, terrazas altas y glasis.

Ilustración 4. Geomorfología del cantón Balsas



Fuente: Instituto Ecuatoriano Espacial IEE 2014 (Equipo de consultores, 2015)

1.1.5 Suelos

1.1.5.1 Taxonomía

A continuación se presenta una descripción de los tipos de órdenes existentes en el lugar, en base a la clasificación aplicada por el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

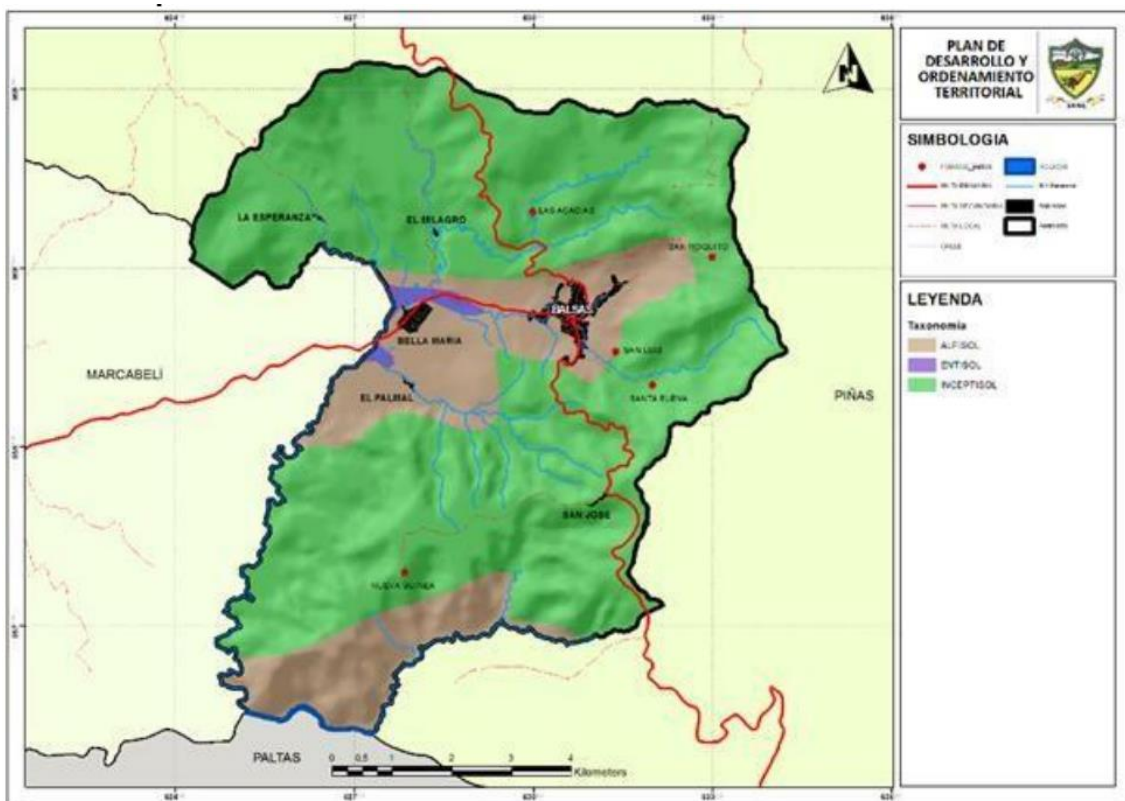
Tabla 2. Taxonomía de suelos del cantón Balsas

Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Área (ha)	%
ALFISOL	UDALF	TROPUD ALF	1552.07761	23%
ENTISOL	FLUVENT	TROPOFLUVENT	59.3875328	1%
INCEPTISOL	TROPERT	DYSTROPEPT (HAPLORTHOX)	5271.79165	77%
Total			6883.25679	100%

Fuente: Asociación de municipalidades del Ecuador (Equipo de consultores, 2015)

Se aprecia en la tabla 2 que la orden que ocupa un área mayor es la inceptisol con un 77% del área total y que la menos frecuente en la zona es la orden entisol con solamente 1% del área total, para tener referencia más clara de la ubicación espacial de estos tipo de ordenes se puede observar en el mapa de taxonomía de suelos que se presenta en la ilustración 5.

Ilustración 5. Taxonomía del suelo cantón Balsas



Fuente: Asociación de municipalidades del Ecuador (Equipo de consultores, 2015)

1.1.5.2 Uso del suelo

El cantón Balsas posee una superficie de 6883.26 hectáreas, del cual la cobertura vegetal y el pasto cultivado conforman la mayor parte del terreno. También existen otros sembríos como: café, maíz, caña de azúcar y plantaciones de tipo forestal como la teca y el pachaco. El terreno restante del cantón incluye ríos, infraestructura, áreas densamente pobladas y áreas no productivas, tal como se muestra en la tabla 3 presentada a continuación.

Tabla 3. Uso actual del suelo

Cobertura	Área (ha)	%
Área en proceso de erosión	4.56	0.066
Arroz	1.88	0.027
Bosque húmedo medianamente alterado	1213.61	17.631
Bosque húmedo muy alterado	962.78	13.987
Bosque húmedo poco alterado	206.15	2.995
Cacao	9.25	0.134
Café	583.47	8.477
Campamento empresarial	1.27	0.018
Caña de azúcar artesanal	11.11	0.161
Centro poblado	25.67	0.373
Granja avícola	111.47	1.619
Granja porcina	16.58	0.241
Maíz	90.56	1.316
Maní	1.67	0.024
Matorral húmedo medianamente alterado	143.33	2.082
Matorral húmedo muy alterado	196.99	2.862
Matorral húmedo poco alterado	35.01	0.509
Pachaco	2.67	0.039
Pasto cultivado	2616.94	38.019
Pasto cultivado con presencia de árboles	82.49	1.198
Pasto cultivado con presencia de maíz	23.19	0.337
Piscina de oxidación	1.33	0.019
Río doble	4.17	0.061
Teca	4.5	0.065
Urbano	66.46	0.965
Vegetación herbácea húmeda medianamente alterada	192.66	2.799
Vegetación herbácea húmeda muy alterada	216.73	3.149
Vegetación herbácea húmeda poco alterada	56.77	0.825
Total	6883.26	100

Fuente: Instituto Ecuatoriano Espacial IEE 2013 (Equipo de consultores, 2015)

1.1.6 Cuencas hidrográficas

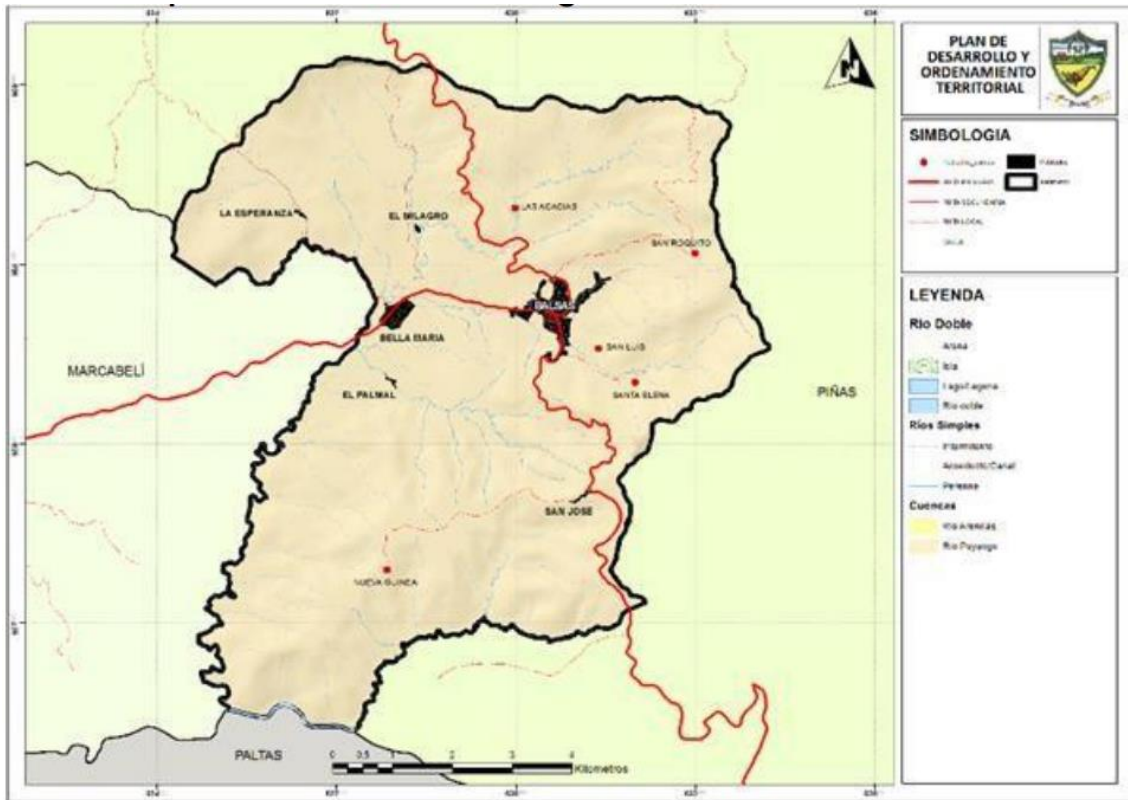
1.1.6.1 Cuenca del río Puyango

El cantón Balsas está ubicado en la parte centro-norte de esta cuenca y cubre un área de 6882.32 hectáreas como se presenta en la tabla 4 y en la ilustración 6. El río es conocido aguas arriba como río Pindo o Grande y recibe su nombre de su confluencia con el río Yaguachi. Tiene cuatro afluentes principales: río Amarillo, río Calera, Río Ambocas y el Río Luis, formando el río Pindo. El río Luis, afluente del río Puyango, presenta un caudal de estiaje medio de 4.02 m³/s de junio a noviembre y un caudal de estiaje medio en el invierno de 13.44 m³/s de diciembre hasta mayo. También, la cuenca posee una descarga promedio de 90 m³/s en su desembocadura.

Tabla 4. Cuencas hidrográficas del cantón Balsas

Nro.	Cuencas	Área (ha)	%	Contexto	Vertiente
1	Río Puyango	6882.32	99.99	Tranfronteizo	Pacífico
2	Río Arenillas	0.94	0.01	Nacional	Pacífico
Total		6883.26	100.00		
Fuente: Instituto Ecuatoriano Espacial IEE 2013 (Equipo de consultores, 2015)					

Ilustración 6. Cuencas hidrográficas del cantón Balsas



Fuente: Instituto Ecuatoriano Espacial IEE 2013 (Equipo de consultores, 2015)

1.1.6.2 Subcuencas hidrográficas

Debido a que el cantón Balsas presenta solo el río Balsas como su principal afluente y ocho ríos quebradas distintas dentro del cantón, la subcuenca se considera un drenaje menor al considerar la expansión territorial. A continuación en la tabla 5 se presentan las cuencas, subcuencas y sus respectivas áreas.

Tabla 5. Cuencas y subcuencas hidrográficas del cantón Balsas

Nro.	Cuencas	Subcuencas	Área (ha)	%
1	Río Puyango	Drenajes menores	6878.28	99.93
		Río Moromorro	4.04	0.06
2	Río Arenillas	Río Arenillas	0.94	0.01
Total			6883.26	100.00
Fuente: Instituto Ecuatoriano Espacial IEE 2013 (Equipo de consultores, 2015)				

1.1.6.3 Microcuencas hidrográficas

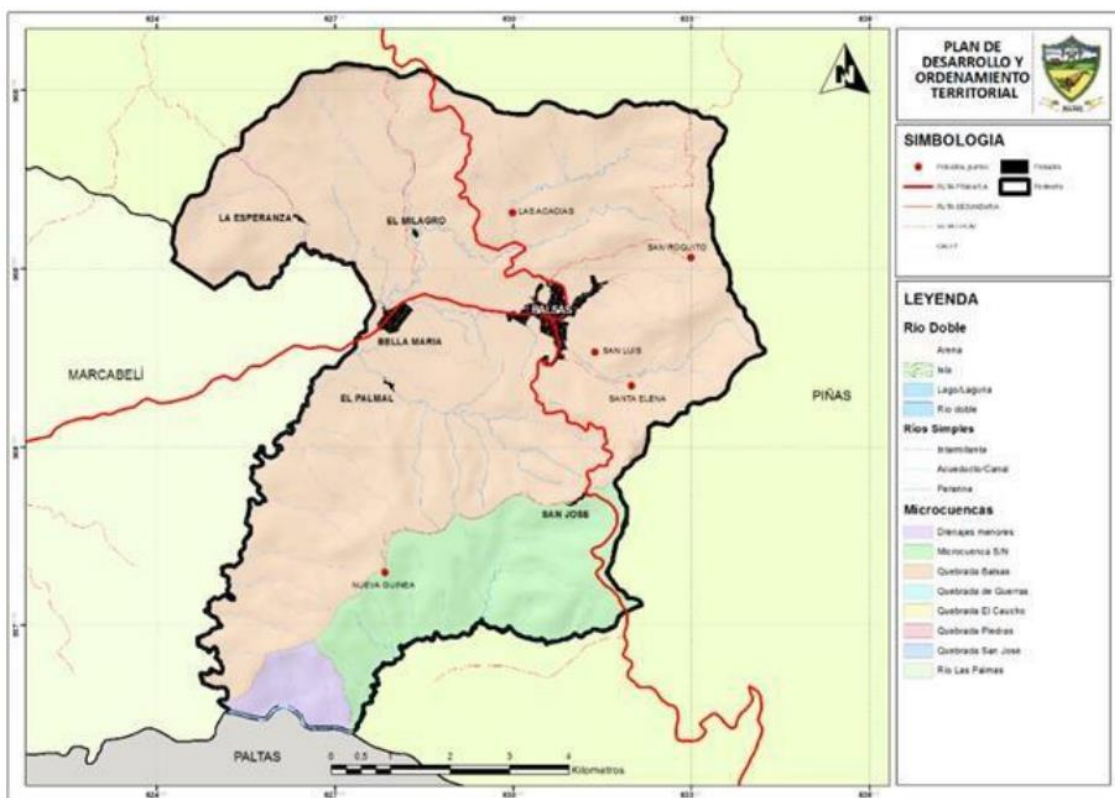
Tomando en cuenta la información otorgada por el IEE, hay 8 microcuencas donde se ubican quebradas, ríos y pequeños drenajes, teniendo un 82.47% por parte de la Quebrada Balsas, un 14.66% para la microcuenca S/N y el 2.71% para los drenajes menores pertenecientes a la cuenca del río Puyango y se presentan en la tabla 6 y en el mapa de la ilustración 7.

Tabla 6. Microcuencas hidrográficas del cantón Balsas

Cuencas	Sub cuencas	Microcuencas	Índice de compac.	Forma de la cuenca	Tendencia a crecidas	Rango de crecidas	Área (ha)	%
Río Puyango	Drenajes menores	Drenajes menores	7.13	Rectangular a oblonga	Nula	> 1.75	186.31	2.71
		Microcuenca S/N	1.32	Oval redonda a Oval oblonga	Media	1.25-1.50	1009.16	14.66
		Quebrada Balsas	1.30	Oval redonda a Oval oblonga	Media	1.25-1.50	5676.28	82.47
		Quebrada de Guerras	1.40	Oval redonda a Oval oblonga	Media	1.25-1.50	6.54	0.09
		Río las Palmas	1.35	Oval redonda a Oval oblonga	Media	1.25-1.50	0.00	0.00
	Río Moromorro	Quebrada El Caucho	1.29	Oval redonda a Oval oblonga	Media	1.25-1.50	4.04	0.06
Río Arenillas	Río Arenillas	Quebrada Piedras	1.40	Oval redonda a Oval oblonga	Media	1.25-1.50	0.41	0.01
		Quebrada San José	1.40	Oval redonda a Oval oblonga	Media	1.25-1.50	0.52	0.01

Fuente: Instituto Ecuatoriano Espacial IEE 2013 (Equipo de consultores, 2015)

Ilustración 7. Microcuencas hidrográficas del cantón Balsas



Fuente: Instituto Ecuatoriano Espacial IEE 2013 (Equipo de consultores, 2015)

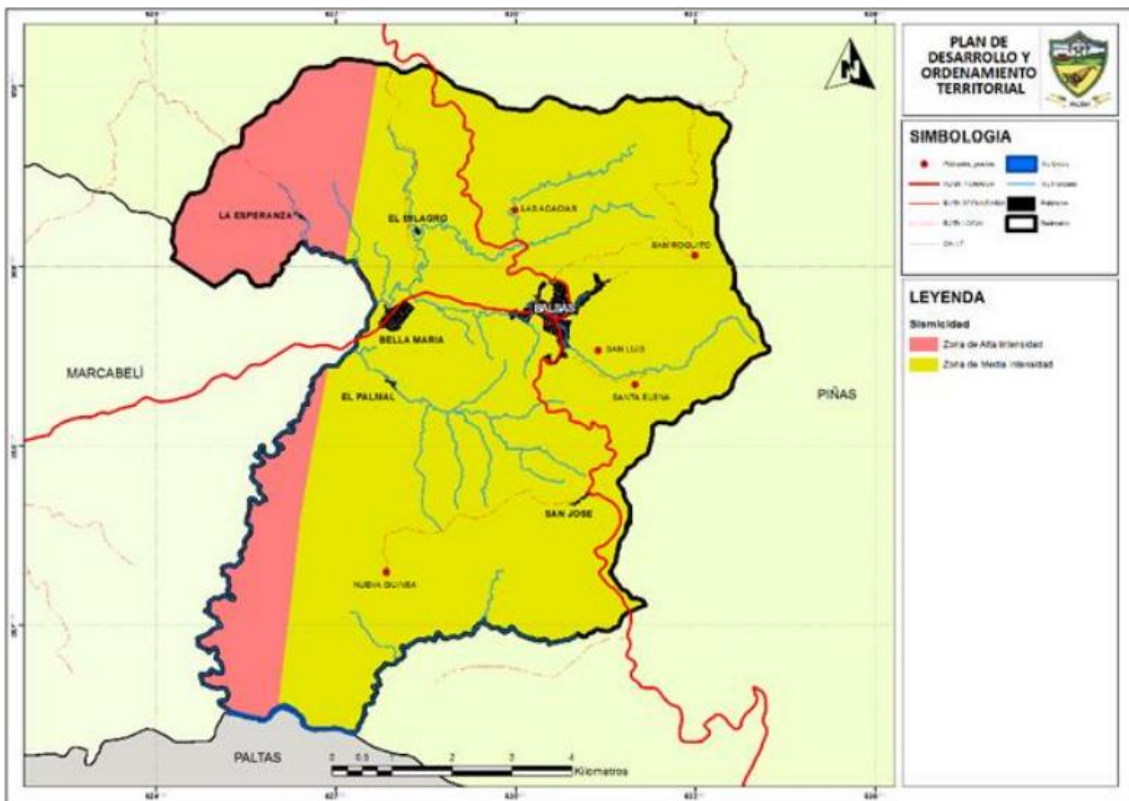
1.1.7 Amenazas sísmicas

Ecuador está ubicado en la zona de subducción de las placas continentales Nazca y Sudamérica, y eso uno de los países con más alto riesgo sísmico debido a su estructura geológica como la presencia de fallas geológicas regionales y locales. Más del 80% de toda la energía producida por la Tierra se libera en el cinturón del fuego y es donde se producen los terremotos de grandes magnitudes, ocasionando la pérdida de vidas humanas y económicas. El cantón Balsas tiene un nivel sísmico alto con un factor de aceleración sísmica de 0.35, el mismo que se tiene que incorporar en la construcción de viviendas sismorresistentes y se detalla en la tabla 7 e ilustración 8 mostradas a continuación.

Tabla 7. Intensidad sísmica en el cantón Balsas

Código	Descripción (Sísmica)	Área (ha)	%
III	Zona de alta intensidad	1281.34	18.62
II	Zona de media intensidad	5601.92	81.38
Total		6883.26	100.00
Fuente: SEMPLADES 2015 (Equipo de consultores, 2015)			

Ilustración 8. Intensidad sísmica en el cantón Balsas



Fuente: SEMPLADES 2015 (Equipo de consultores, 2015)

1.1.8 Amenazas por inundaciones

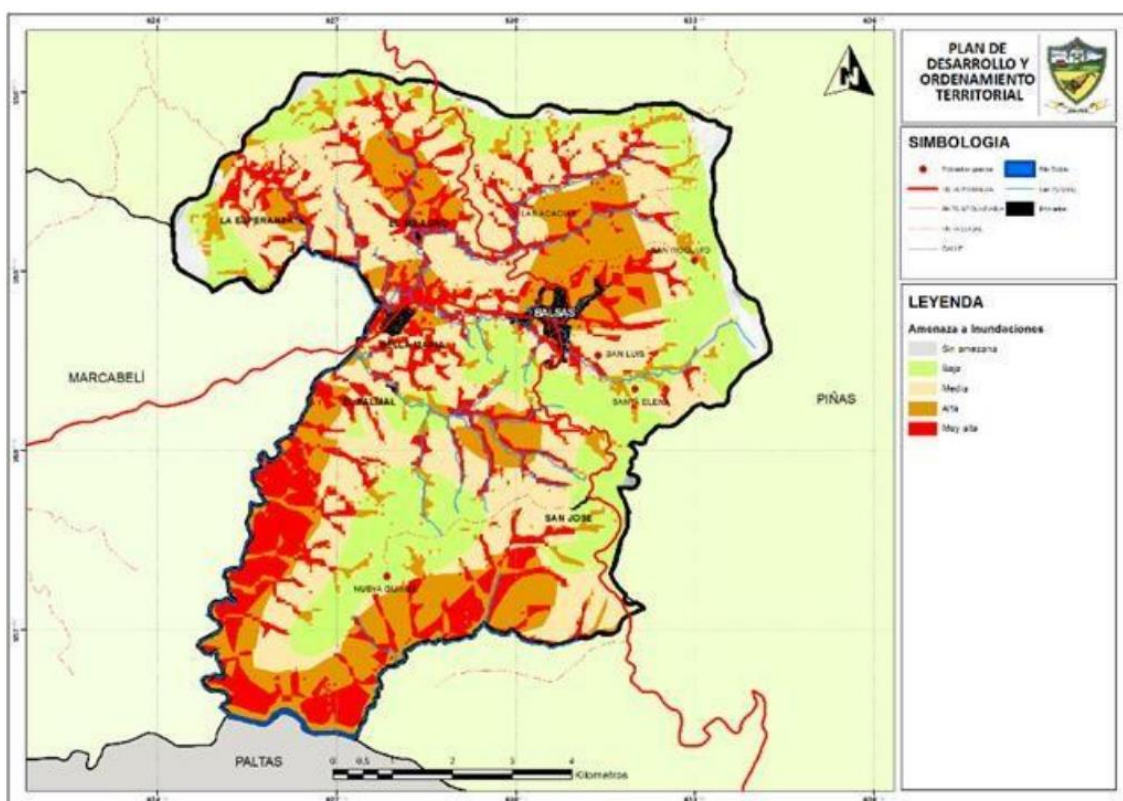
En el cantón Balsas, los efectos de las fuertes lluvias vinculadas al fenómeno “El Niño” han tenido una variedad de impactos territoriales, como lo son las inundaciones, que depende del uso del suelo en la inmediaciones a los cauces del río. Las amenazas por inundación que consideró la Secretaría de Riesgos en el cantón Balsas se muestran en la tabla 8 y en el mapa de la ilustración 9.

Tabla 8. Riesgo de amenaza de inundación

Categoría	Área (ha)	%
Sin amenaza	230.02	3.32
Baja	1537.64	22.17
Media	2210.99	31.87
Alta	1580.65	22.79
Muy alta	1377.22	19.85
Total	3936.52	100.00

Fuente: Secretaria de riesgos (Equipo de consultores, 2015)

Ilustración 9. Amenaza a inundaciones



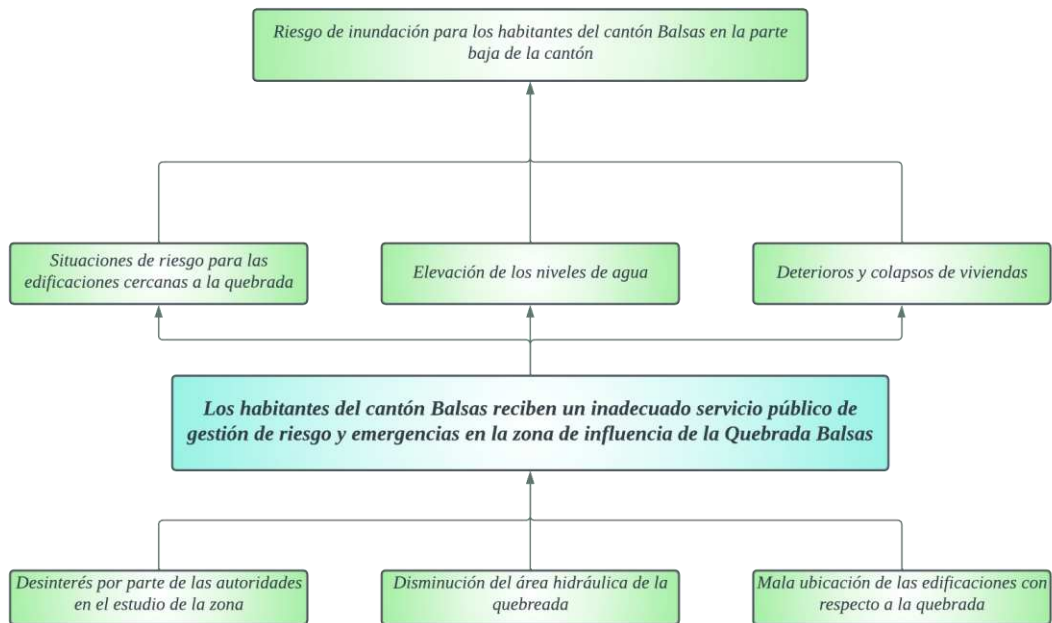
Fuente: Unidad Provincial de Gestión de Riesgos (Equipo de consultores, 2015)

1.2 Descripción de la situación problemática

Unos de los problemas más importantes que existen en el cantón Balsas y que es recurrente año tras año, es la manera en cómo se afronta la temporada invernal, dado que cada invierno el nivel de agua que circula por la quebrada sobrepasa el límite, lo que genera el desbordamiento de la misma. A continuación se detallan algunas de las causas y consecuencias de este problema mencionando en la ilustración 9:

- Para el problema aún no se tiene propuestas debido a la falta de información que se tiene de la zona de influencia de la quebrada Balsas, lo que implica un problema de desinterés por parte de las autoridades lo que provoca que se desconozca los futuros escenarios de inundación y estén en situaciones de riesgo las edificaciones cercanas a la quebrada.
- Como se mencionó en el párrafo anterior, existen viviendas aledañas a la quebrada, lo que hoy en día no sería permitido por las regulaciones de ordenamiento urbano, pues esto conlleva un gran riesgo para las personas que habiten dichas viviendas, lo cual es el caso del cantón Balsas, cada año con las torrenciales lluvias y el incremento del agua en la quebrada, las viviendas cercanas sufren deterioros y hasta colapsos.
- Otro problema con que existan viviendas en la zona periférica de la quebrada es la reducción del área hidráulica, que es la sección que tiene el agua para circular, al existir dicha reducción el agua busca ocupar otros espacios, por tal motivo su nivel sube y en algunos casos su nivel aumenta hasta provocar el desbordamiento.

Ilustración 10. Árbol de problemas



Elaboración: El autor

1.3 Formulación del problema

¿Reciben los habitantes del cantón Balsas un inadecuado servicio público de gestión de riesgo y emergencias en la zona de influencia de la Quebrada Balsas en el cantón Balsas?

1.4 Delimitación del objeto de estudio

En el presente trabajo se tiene como foco de estudio la zona de influencia de la Quebrada Balsas en el cantón Balsas, debido a que el lugar es el más afectado cuando se presentan crecimiento de avenidas repentinamente. Entonces, el estudio se realizará a lo largo de la Quebrada, iniciando donde concurren dos ramales que conforman la quebrada Balsas y terminando a la salida del cantón

A continuación se presenta la zona de influencia de la Quebrada Balsas en el cantón Balsas detallando las coordenadas de inicio y fin de la zona de estudio.

Ilustración 11. Zona de influencia de la Quebrada Balsas



Fuente: Google Earth

1.5 Justificación

A raíz de las torrenciales lluvias que tienen lugar año tras año en la temporada invernal es algo normal que los ríos y quebradas aumenten su caudal considerablemente, lo cual no debería ser un problema siempre que dichos cuerpos de agua tengan suficiente espacio para crecer, lo cual no sucede en la Quebrada Balsas ubicada en el cantón Balsas, que debido a varios factores, es muy común que cuando llegue la temporada invernal exista un alto riesgo de inundación por el desbordamiento de la misma, generando consigo preocupación en la mayoría de los habitantes más expuestos debido a la cercanía de sus viviendas a la Quebrada en cuestión. Por tal motivo es de interés común analizar los factores de riesgo de inundación involucrados más importantes, además de conocer mediante una modelación en SIG los mapas de inundación en la zona de estudio.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Evaluar la zona de influencia de la Quebrada Balsas en el cantón Balsas mediante un análisis hidrológico y modelación de SIG que permita la identificación de los factores de riesgo de inundación y la elaboración de mapas de riesgo de inundación.

1.6.2 Objetivos específicos

- Fundamentar acerca de los factores a considerar en la zona de influencia de la Quebrada Balsas por medio de una investigación de información bibliográfica y referencial que ayuden a un correcto estudio de la problemática del cantón Balsas.
- Recopilar información través de un estudio hidrológico y la aplicación de los sistemas de información geográfica que permitan un adecuado análisis de la zona de influencia de la Quebrada Balsas en el cantón Balsas.
- Desarrollar un análisis e interpretación de los datos obtenidos para la identificación de los factores y la generación de mapas de riesgo de inundación.

2. Capítulo II: Marco teórico

2.1 Antecedentes contextuales

El cantón Balsas ha sido escenario de varias inundaciones provocadas por el desbordamiento de la Quebrada Balsas, la cual atraviesa por el centro del cantón por lo que al desbordarse genera daños en viviendas, vehículos entre otras cosas.

Ilustración 12. Colapso de vivienda por fuerza del agua



Fuente: *El Universo*

A continuación se presentan los eventos más relevantes a los largo de estos años, la información compartida fue tomada de el periódico El Universo:

- El 4 de mayo del año 2009 se produjo una fuerte tormenta que generó el desbordamiento de la Quebrada del cantón, la misma que arrasó con cuatro viviendas, varios vehículos y dejó un saldo de 120 familias damnificadas.
- El 25 de marzo del años 2015 se produjo una lluvia que duró varias horas, lo que ocasionó que la Quebrada del cantón se desborde, provocando que al menos siete barrios del cantón quedaran inundados. El paso del agua generó daños en viviendas y negocios.
- El 4 de marzo de 2021 en el cantón Balsas tuvo lugar una torrencial lluvia, provocando el desbordamiento de Quebrada, lo que en consecuencia ocasiona inundaciones en varias calles del cantón, además se registró el colapso de una vivienda cerca a la Quebrada.

2.2 Antecedentes conceptuales y referenciales

Como parte principal de este proyecto es el estudio hidrológico de una microcuenca debido a las inundaciones que se dan en el lugar de estudio, por lo tanto, la siguiente sección se enfocará en las definiciones y conceptos que se vinculan con el tema en cuestión.

2.2.1 Inundación

Se entiende por inundación como el desborde de los límites normales de confinamiento de un volumen de agua o el exceso de agua acumulada en zonas donde no es común que se encuentren sumergidas, tal definición fue proporcionada por El Panel Intergubernamental de Cambio climático (IPCC) tal como señala (Arreguín F & López M, 2016).

Cenapred sostiene que “las inundaciones pueden ser provocadas por el exceso de precipitación , ciclones tropicales, falla de obras hidráulicas y por las actividades humanas”(Cenapred, 2001 citado en Roblero-Hidalgo et al., 2022, p.88).

“En la inundaciones, los daños provocados por causas predominantes naturales conviven con otros de origen múltiple y complejo, parcial o totalmente inducidos por la actividad del hombre”(Simón Ruiz, 2023, p.45).

En muchos es casos es posible que la definición de inundación pueda ser confundida con anegamiento, por lo que (Da Silva et al., 2022) nos presenta una comparación de conceptos de varios autores para dejar todo claro. Además de mostrar otra definición para inundación, la cual se considera un desequilibrio dado en un momento, lugar y situación, entre la cantidad de agua en un tiempo determinado, y la capacidad para evacuar que poseen los sistemas de drenaje y los cauces. En cambio por anegamiento se puede entender como la temporal acumulación de las aguas provenientes de lluvias de un determinado territorio.

2.2.1.1 Crecidas fluviales

Según Ollero “et al” “las crecidas fluviales son procesos naturales necesarios para el correcto funcionamiento de los ríos y de sus ecosistemas”(Ollero et al ., 2021 citado en Hoffrén Mansoa, 2022, p.2).

2.2.2 Riesgo a inundación

European Environmental Agency (EEA) concibe el riesgo a inundación como el posible caso en el que se generen daños personas, propiedades, servicios o ecosistemas como resultado de inundación, se puede conceptualizar con la ecuación de riesgo que se encuentra conforma por: peligrosidad, exposición y vulnerabilidad, tal como lo indica (European Environmental Agency, 2016 citado en Molina & Cánovas-García, 2022).

2.2.3 Vulnerabilidad

Se define al factor de vulnerabilidad como: “La propensión o predisposición a verse afectado negativamente. La vulnerabilidad abarca una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse”(Intergovernment Panel on Climate Change, 2014 citado en Morales et al., 2021, p.4).

2.2.4 Aspectos hidrológicos

2.2.4.1 Cuenca hidrográfica

“Es una unidad territorial formada por un río con sus afluentes, y por un área colectora de las aguas. En la cuenca están contenidos los recursos básicos para múltiples actividades humanas, como: agua, suelo, vegetación y fauna.”(FAO, 2007 citado en Estrada E, 2020, p.10). Gaspari “et al” mencionan que la cuenca en el momento que llueve es similar a un colector, pues convierte la lluvia en escurrimiento, pero esto dependerá de los parámetros físicos de la cuenca y de la condición del clima. (Gaspari et al., 2013 citado en Caicedo et al., 2021)

Las cuencas hidrográficas proporcionan algunos servicios al ecosistema tanto como para el bienestar humano, su alimentación, el abastecimiento de agua, calidad del agua, la regulación del clima y también para la protección costera. Cada vez se reconoce más el valor de sus funciones para su conservación y otros servicios que proporcionan al ecosistema. Todos se basan en el manejo de los recursos hídricos y por ellos considerarse componentes esenciales para la infraestructura en general; sin embargo, en años anteriores, no siempre se daba importancia y eso se reflejaba en la poca planificación y manejo de los recursos hídricos (Rodríguez C & Ramón J, 2021, p.2).

Otra definición en otro contexto de las cuencas hidrográficas sería que “como territorios naturales son consideradas unidades apropiadas para conducir procesos de planificación estratégica, manejo, aprovechamiento, planeación y administración del agua, en su sentido amplio son consideradas territorios idóneos para llevar a cabo la gestión integral de recursos hídricos”(CNA, 2009 citado en Guevara Gutiérrez et al., 2019, p.142).

Para referirse a las propiedades morfométricas de las cuencas, Gaspari indica que “las propiedades morfométricas de una cuenca hidrográfica proporcionan conclusiones preliminares sobre las características ambientales del territorio a partir de la descripción precisa de la geometría de las formas superficiales” (Gaspari, 2002 citado en Díaz Gómez et al., 2017, p.4).

Actualmente para el estudio de la caracterización espacio temporal de las propiedades morfométricas de las cuencas hidrológicas se hace empleo de algunas herramientas metodológicas como lo son los Sistemas de Información Geográfica o también conocidos como SIG y la interpretación de las imágenes satelitales.

2.2.4.2 Ciclo hidrológico

“Los procesos que componen el ciclo hidrológico, desde la infiltración hasta la evapotranspiración y la escorrentía superficial, dependen del medio físico en el que se encuentren” (Tucci, 2007 citado en Maroneze et al., 2019, p.2)

2.2.4.3 Tiempo de concentración

Es aquel tiempo que ocupa una gota de agua proveniente de la lluvia desde donde nace la cuenca, hasta su desembocadura (Chow et al., 1988 citado en Castillo García et al., 2021). Para la estimación del tiempo de concentración existen diversos métodos y fórmulas empíricas. Para este estudio se consideró la ecuación de Kirpich ec. (1).

$$t_c = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385} \quad (1)$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración expresado en horas (h).

L = Longitud del cauce principal expresada en metros (m).

S = Pendiente media del cauce principal (adimensional).

2.2.4.4 Método racional

Este método tuvo su origen con Mulvaney en el año 1850, el cual se basa en que: “dada una cuenca de área A con un tiempo de concentración T_c , si se produce una lluvia P con duración $D=T_c$, el caudal generado en el punto de salida será el máximo, ya que estará aportando toda la cuenca”(Chiarito et al., 2018, p.26)

Para la obtención del caudal se emplea la siguiente fórmula ec. (2):

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (2)$$

Donde:

Q= Caudal de diseño expresado en (m³/s).

C= Coeficiente de escorrentía (adimensional).

i= Intensidad de precipitación expresada en (mm/h).

A= Área de drenaje de la cuenca expresado en (m²).

De la ecuación anteriormente presentada ec. (2), el término que llama la atención es el coeficiente de escorrentía debido a lo complicado que podría llegar a ser la estimación del caudal, dicho valor estará en función características físicas y meteorológicas de la superficie de captación (Darji et al., 2019 citado en Mozo J et al., 2020).

2.2.4.5 Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Conocer la relación entre las intensidades de precipitación, con su duración y la frecuencia (IDF) que genera es de suma importancia para lograr una correcta planificación de obras viales e hidráulicas, además que ayudan con la prevención de avenidas repentinas (Casas Castillo, 2005 citado en Margasin et al., 2020). Suárez “et al” indican que el proceso para la predicción de futuras crecientes tiene su inicio con la elaboración de las curvas IDF, dado que estas representan las característica importantes de las tormentas (Rodríguez, 2018 citado en Suárez-Aguilar et al., 2020).

“Las relaciones entre intensidad-duración-recurrencia (curvas IDF) de las precipitaciones intensas deben ser deducidas a partir de observaciones de precipitaciones ocurridas durante un período largo de tiempo suficientemente representativo de los eventos extremos del lugar” (Ramiro et al., 2019, p.42).

Gutiérrez & Barragán señalan que actualmente es poca la atención dada a lo que realmente significan los parámetros que se encuentra vinculados con duración de tormentas en las curvas IDF, logrando que los investigadores no brindan una explicación física de los resultados obtenidos y solo se remitan a calibrar parámetros sin más (Gutiérrez-López & Barragán-Regalado, 2019).

2.2.5 Aspectos hidráulicos

2.2.5.1 Coeficiente de rugosidad

“El coeficiente de rugosidad se considera el parámetro más sensible en el desarrollo de modelos hidráulicos para pronóstico de inundaciones y mapeo de inundaciones” (Kumar, 2019 citado en Vásquez-Ramírez & Burgos-Flores, 2021, p.266). En este trabajo se obtendrá el coeficiente de rugosidad empleando el método de Cowan, el cual se calcula considerando varios del cauce, a continuación se detalla la fórmula ec. (3):

$$m = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5 \quad (3)$$

En el anexo 1.4 se detalla cada uno de los elementos de la fórmula anterior ec. (3).

3. Capítulo III: Metodología

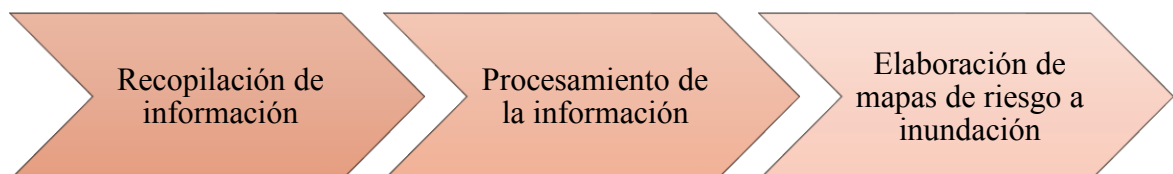
3.1 Modalidad básica de la investigación

En este trabajo se aplicará una modalidad investigativa y experimental, dado que el proyecto se enfocará en evaluar un escenario ya planteado (Ramón, 2019).

3.2 Tipo de investigación

La investigación a desarrollarse será de tipo bibliográfico y experimental, en donde a lo que respecta a lo bibliográfico se enfocará en la recolección de información y en cuanto a lo experimental se refiere a procesamiento de la información que nos llevará a la obtención de los mapas y factores de riesgo de inundación (Ramón, 2019).

Ilustración 13. Etapas de la investigación



Elaboración: El autor

3.3 Objeto de estudio

El objeto de estudio será la zona de influencia que tiene la Quebrada Balsas en el cantón Balsas así como lo muestra la ilustración 10, dado que en la zona es donde más riesgo existe debido a lo cercanas que se encuentran las viviendas de la Quebrada en cuestión.

4. Descripción de la población y muestra

Tamaño de muestra

Para la determinación del tamaño de la muestra que será parte del objeto de estudio de este proyecto de investigación, se considera una población o universo de aproximadamente 4032 habitantes, aun sabiendo que la población total del cantón es de 6861 habitantes tal como lo indica la tabla 9, debido a que la población que realmente será de nuestro interés será la localizada en la cabecera cantonal, dado que son los principales afectados por las inundaciones a raíz de la quebrada a estudiar. La información fue obtenida del plan de ordenamiento territorial del cantón del censo INEC del 2010.

Tabla 9. Población del cantón Balsas, según zona y sexo, 2001 y 2010

Área	Año 2001			Año 2010		
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Urbano	1548	1562	3110	2081	1951	4032
Rural	1185	1053	2238	1477	1352	2829
Total	2733	2615	5348	3558	3303	6861
Fuente: INEC, CVPV 2001 y 2010 (Equipo de consultores, 2015)						

Para la obtención de la muestra “n”, se empleará la ec. (4) en donde se indica los parámetros que se debe considerar detallados a continuación.

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \quad (4)$$

Tabla 10. Valores de Z en función del nivel de confianza

Nivel de confianza	Z alfa
99.70%	3
99.00%	2.58
98.00%	2.33
96.00%	2.05
95.00%	1.96
90.00%	1.645
80.00%	1.28
50.00%	0.674
Fuente: (Spiegel & Stephens, 2009)	

- Para “N” que es el universo, se toma el valor mencionado anteriormente de 4032 habitantes por la razón ya antes mencionada.
- Para “Za”, que es un valor que se encuentra en función al nivel de confianza se tomará 1.96, dado que nuestro nivel de confianza es del 95% tal como lo muestra en la tabla 10.
- Para “e”, que es el error asumido, se tendrá en cuenta un 5%.
- Para “p”, que es la probabilidad de que ocurra el evento, como no se tiene información exacta, se asume un valor del 50%.
- Para “q”, que es (1-p) al ser la probabilidad de que no ocurra dicho evento, se tiene un 50% también.

Si reemplazamos todos esos valores en la *ecuación 1* obtenemos lo siguiente:

$$n = \frac{4032 \cdot 1.96^2 \cdot 50 \cdot 50}{5^2 \cdot (4032 - 1) + 1.96^2 \cdot 50 \cdot 50}$$

$$n = 350.82 \text{ habitantes}$$

Donde el cálculo nos dice que nuestra muestra a considerar es de 350.82 habitantes que se traducen a 351 habitantes como parte del objeto de estudio, la misma que nos permitirá realizar un sondeo más preciso acerca de la percepción acerca de la situación de los habitantes del cantón Balsas con respecto a la Quebrada Balsas.

4.1 Métodos con los materiales utilizados

La metodología a emplearse en esta investigación se basa en tres etapas tal como se describió en la ilustración 11, las mismas que son: recopilación de información, procesamiento de información y mapas de riesgo de inundación.

4.1.1 Recopilación de información

Se comenzará indagando y recolectando información bibliográfica de numerosos artículos científicos y trabajos de investigación adherentes al tema en cuestión, para ello se empleó bases datos de confianza. Además de información bibliográfica, se debe recopilar información para el análisis hidrológico e hidráulico.

Dado que en este trabajo no se realizó trabajo de levantamiento de información en campo, el modelo digital de elevaciones (DEM) se obtuvo mediante el satélite Alos Palsar, el cual nos brinda una resolución de celda de 12.5 m.

4.1.2 Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información recopilada se irá por procesos, empezando con la caracterización de la cuenca hasta a los mapas de inundación.

4.1.2.1 Caracterización de la cuenca

Para llevar este proceso se hace empleo de los sistemas de información geográfica (SIG) los cuales nos ayudarán en el procesamiento de la información obtenida por los satélites, como es el caso del modelo digital de elevaciones o por sus siglas en inglés “DEM”. Haciendo uso de este DEM es posible mediante ciertos procesos obtener parámetros muy importantes para la caracterización de la cuenca como lo son:

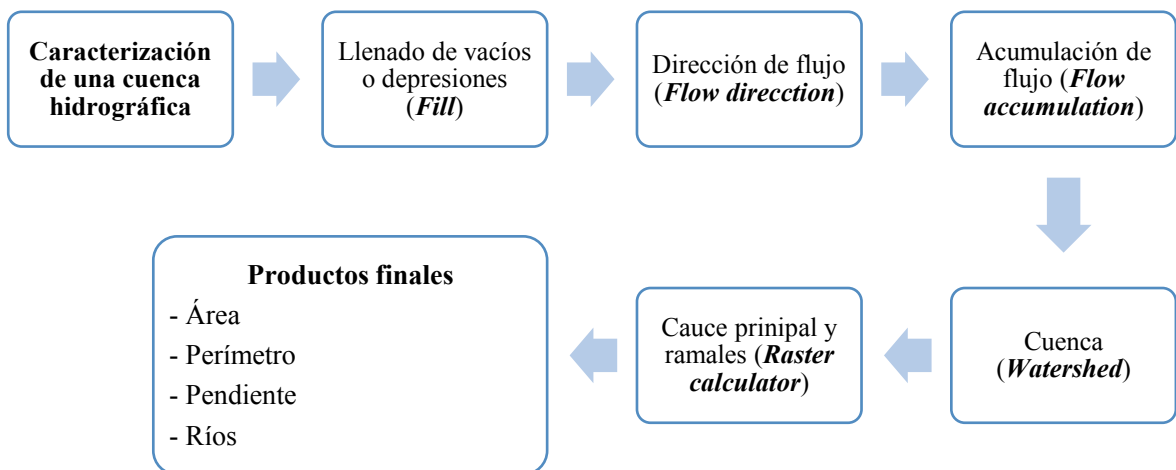
- Área de la cuenca
- Perímetro de la cuenca
- Pendiente
- Cauces principales

Llamas sostiene que “esta caracterización es muy importante porque tiene que ver con la forma de las mismas, se trata de la configuración geométrica tal y como está proyectada sobre el plano horizontal” (Llamas, 1993 citado en Mariscal-Romero et al., 2019, p.39).

Mediante el software es posible encontrar más características de la cuenca, pero para el estudio nos basta con lo anteriormente mencionado. El software a emplearse para la caracterización será el ArcGis 10.5.

A continuación se presenta la secuencia de procesos a realizarse para la caracterización de la cuenca, especificando las herramientas utilizadas en el software. Es importante aclarar que no se empleó la superficie de la cuenca generada por la quebrada Balsas, se delimitó la cuenca hasta punto donde el cauce de la quebrada sale del cantón. El proceso inicia entendiendo que ya se obtuvo un modelo digital de elevaciones y que el primer paso es cargar el DEM en el programa.

Ilustración 14. Proceso de caracterización de una cuenca hidrográfica en ArcGis



Fuente: El autor

4.1.2.2 Estimación de caudales de diseño

Debido a la falta de información existente en la zona de interés otorgada por el INAMHI, los datos de precipitaciones máximas de las zona se obtuvieron mediante el satélite de Nasa “Giovanni”, el cual permite obtener información útil para diversos estudios. Se emplearon datos de 16 años de lluvias considerando el periodo comprendido entre 1998 y 2013.

A raíz de estos valores se elaborarán las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) que nos permiten estimar los valores de caudal de diseño en función a un tiempo de concentración. Además, según Burn “ su objetivo es caracterizar la intensidad de la lluvia en función de su duración y periodo de retorno” (Burn, 2014 citado en Gutiérrez-López & Barragán-Regalado, 2019, p.3).

4.1.2.3 Tiempo de concentración

Término importante para la estimación del caudal de diseño, su forma de obtención se realizará mediante el método de Kirpich, a través de la ecuación ec. (1), tal como se indicó en el capítulo II de este documento.

4.1.2.4 Coeficiente de escorrentía

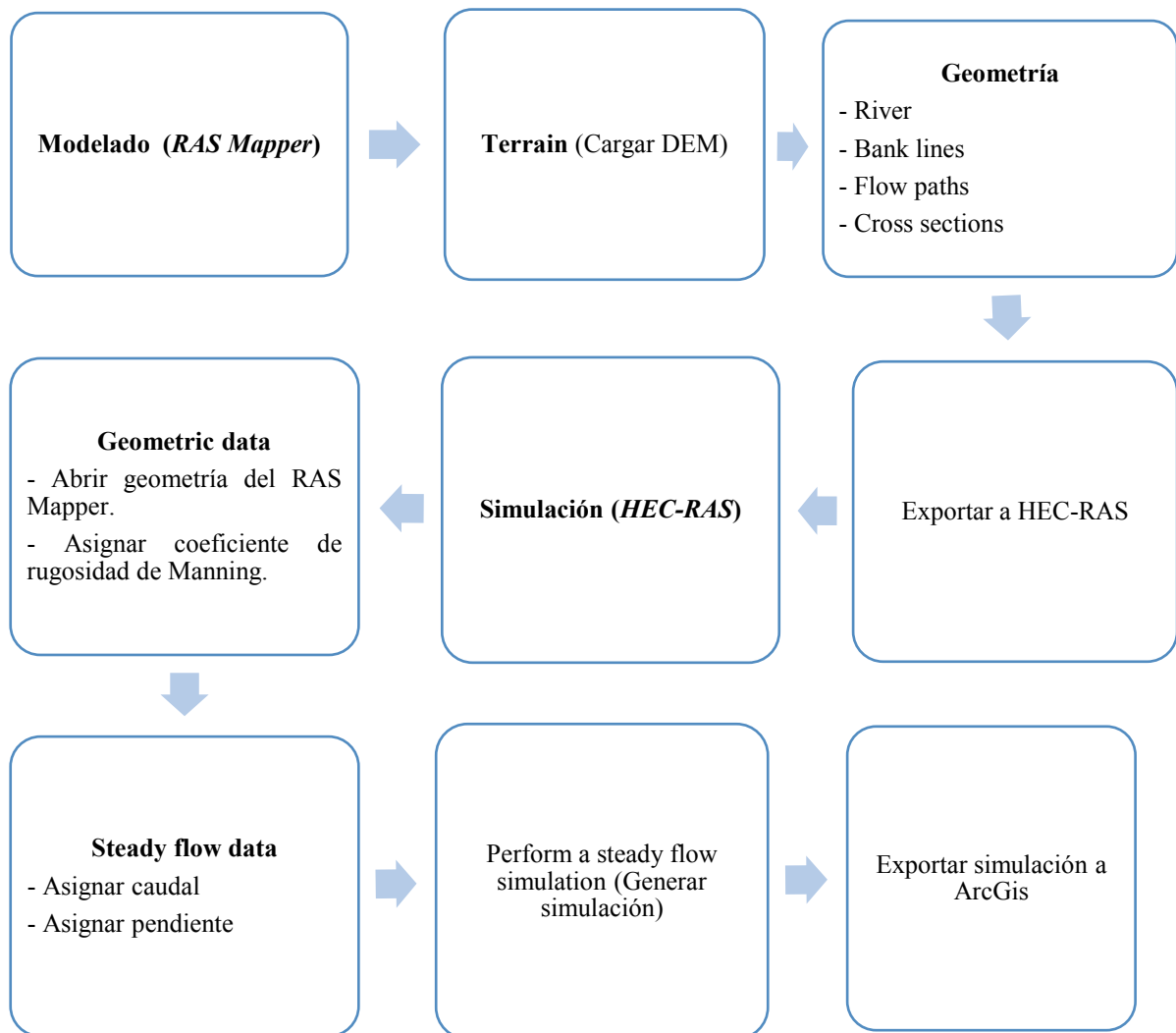
Para su cálculo, previamente se tiene que conocer los usos del suelo que existen a lo largo de la superficie de la cuenca, dado que el cálculo se lo hace manera ponderada y haciendo uso de los valores del anexo 1.1.

4.1.2.5 Análisis hidráulico

Para este análisis se debe emplear los resultados obtenidos en los anteriores procesos, pues lo que procede es la modelación del cauce, para llevar a cabo este proceso se hará uso del software libre HEC-RAS, que es un programa de computador desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos bastante utilizado para los análisis de inundaciones (Turégano, 2012 citado en Alcántara Boza & Castro Tenorio, 2021).

A continuación se describe la secuencia de procesos el modelado de inundación empleando RAS Mapper para el trazado de la geometría y el HEC-RAS para la simulación de la inundación.

Ilustración 15. Proceso para el modelado del cauce y simulación de inundación (RAS Mapper y HEC-RAS)



Fuente: El autor

4.1.2.6 Geometría del canal

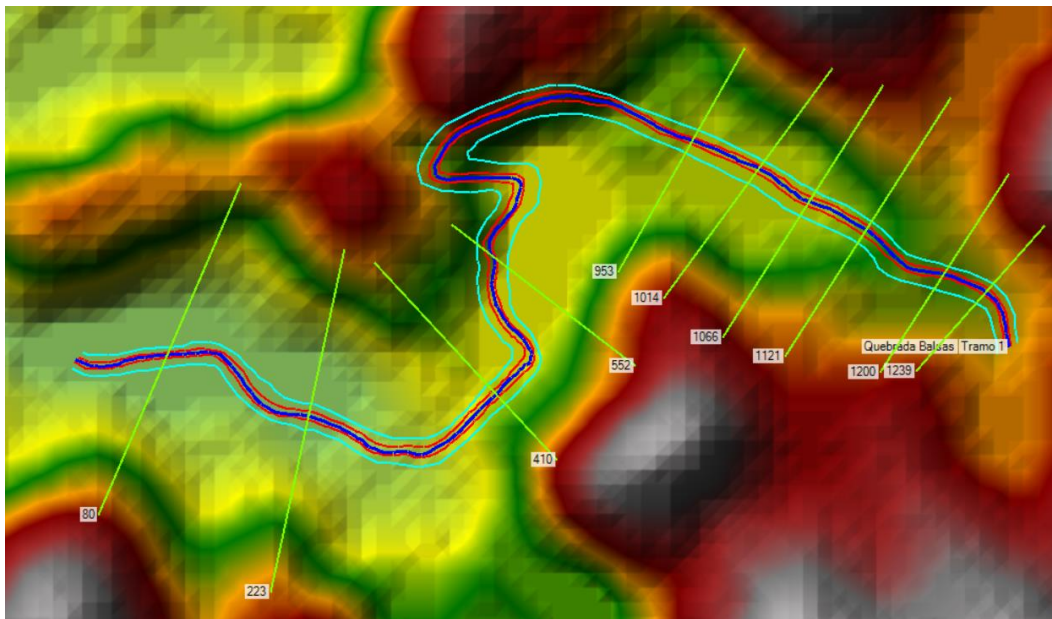
Detallando de mejor la ilustración 14, la geometría del canal va a estar en función del DEM con el que se trabaje, pues este delimitará la llanura de inundación. Los elementos que intervienen en la geometría del canal son:

- Línea de cauce, que indica la trayectoria del cauce principal.
- Líneas de banco o límites de inundación, que marcan el ancho del cauce del río.

- Línea de centro sobre flujo o llanuras de inundación, que señalan los límites de inundación del río.
- Líneas de corte de las secciones transversales, para este trabajo se emplearon 10 cortes transversales ubicados en la cercanía de los puentes existentes en el cantón.

Estos son los mínimos elementos que se deben considerar para exportar y realizar la simulación de inundación tal como se muestra en la ilustración 15.

Ilustración 16. Geometría del canal modelado



Fuente: El autor

4.1.2.7 Coeficiente de rugosidad

Para la estimación del coeficiente de Manning se hará uso del método de Cowman ec. (3) y aplicando las condiciones establecidas en el anexo 1.3, se tiene:

Coeficiente de rugosidad	Borde derecho	Fondo del canal	Borde izquierdo
η	0.016	0.1	0.016

Fuente: El autor

4.1.2.8 Mapa de peligro a inundaciones

Para la generación de los mapas de peligro a inundaciones se hace uso del ArcGis a raíz de los resultados de la simulación exportados por el HEC-RAS, lo que permitirá identificar las zonas de inundación.

“El peligro de inundación se puede definir con base en ciertos criterios, que pueden ser tirante velocidad del agua alcanzada en las calles, ríos o arroyos” (Alcocer-Yamanaka et al., 2016, p.34).

Tabla 11. Nivel de peligro a inundaciones

Nivel de peligro	Altura (m)
Nulo	$h < 0.3$
Bajo	$0.3 \geq h < 0.5$
Medio	$0.5 \geq h > 1.5$
Alto	$h \geq 1.5$
Fuente: (Alcocer-Yamanaka et al., 2016)	

4.1.3 Mapas de riesgo de inundación

Para la generación de los mapas de riesgo de inundación se emplearán los criterios de peligro enunciados por Alcocer-Yamanaka “et al” en la tabla 11.

5. Capítulo IV: Análisis e interpretación de resultados

5.1 Análisis de resultados

A raíz de la investigación y de la metodología aplicada se va obteniendo una serie de productos que posibilitan llegar al resultado final, los cuales se detallan en esta sección.

5.1.1 Estimación de caudales

En el presente trabajo el cálculo de caudales para los 5 diferentes periodos de retorno se lo hará mediante el método racional, puesto que la superficie que disponemos no es de gran magnitud. Tal fórmula cuenta con 3 elementos ec. (2), por lo que a continuación se detallará la forma de obtención de cada uno de ellos.

5.1.1.1 Coeficiente de escorrentía

Estos valores se obtuvieron mediante un cálculo ponderado debido a los diferentes usos del suelo dentro del área de la cuenca, donde las áreas de describen en la tabla 12, y obteniendo como resultado los valores de la tabla 13.

Tabla 12. Ocupación del suelo

Tipo de ocupación	Área (km²)
Zonas con bosques y vegetación	8.08
Zona urbana y viviendas	1.45
Fuente: El autor	

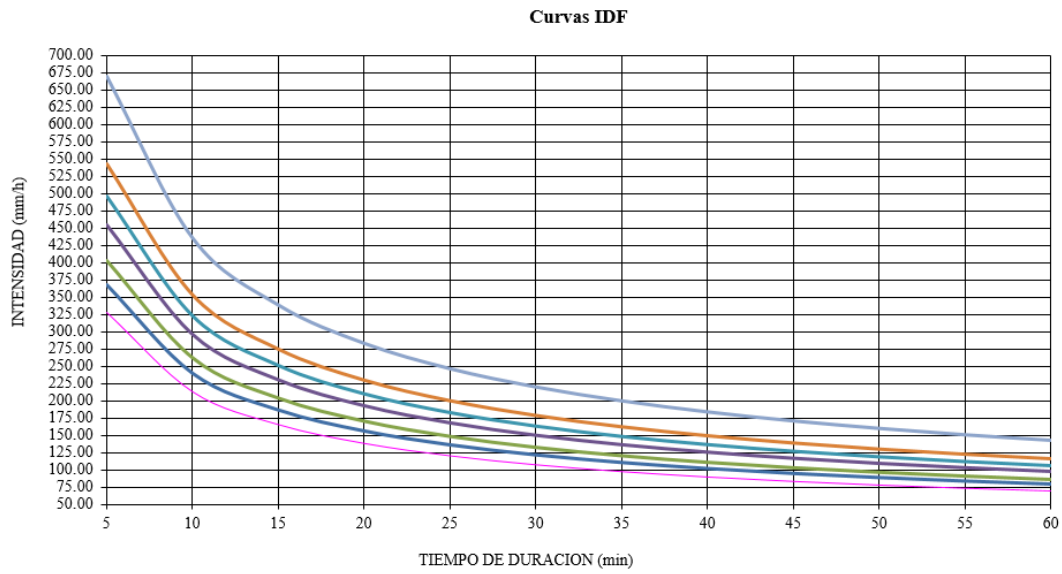
Tabla 13. Coeficiente de escorrentía para cada periodo de retorno

Periodo de retorno	Coeficiente de escorrentía
5 Años	0.41
10 Años	0.43
25 Años	0.47
50 Años	0.50
100 Años	0.55
Fuente: El autor	

5.1.1.2 Intensidad de precipitación

Para llevar a cabo este cálculo fue necesario la elaboración de las curvas IDF mediante los datos de precipitaciones Anexo 1.5 obtenidos del satélite de Nasa “Giovanni”.

Ilustración 17. Curvas IDF de la zona de estudio



Fuente: El autor

Para completar el cálculo además de las curvas IDF, se necesita estimar el tiempo de concentración de la cuenca, empleada la ecuación ec. (1) se obtuvo un valor de $t_c = 0.3$ horas equivalentes a 18 minutos. Para fines prácticos y mayor claridad en el proceso $t_c = 20$ minutos.

Tabla 14. Intensidades para cada periodo de retorno

Periodo de retorno	Intensidades (mm/h)
5 años	156.53
10 Años	171.23
25 Años	192.79
50 Años	210.89
100 Años	230.69
Fuente: El autor	

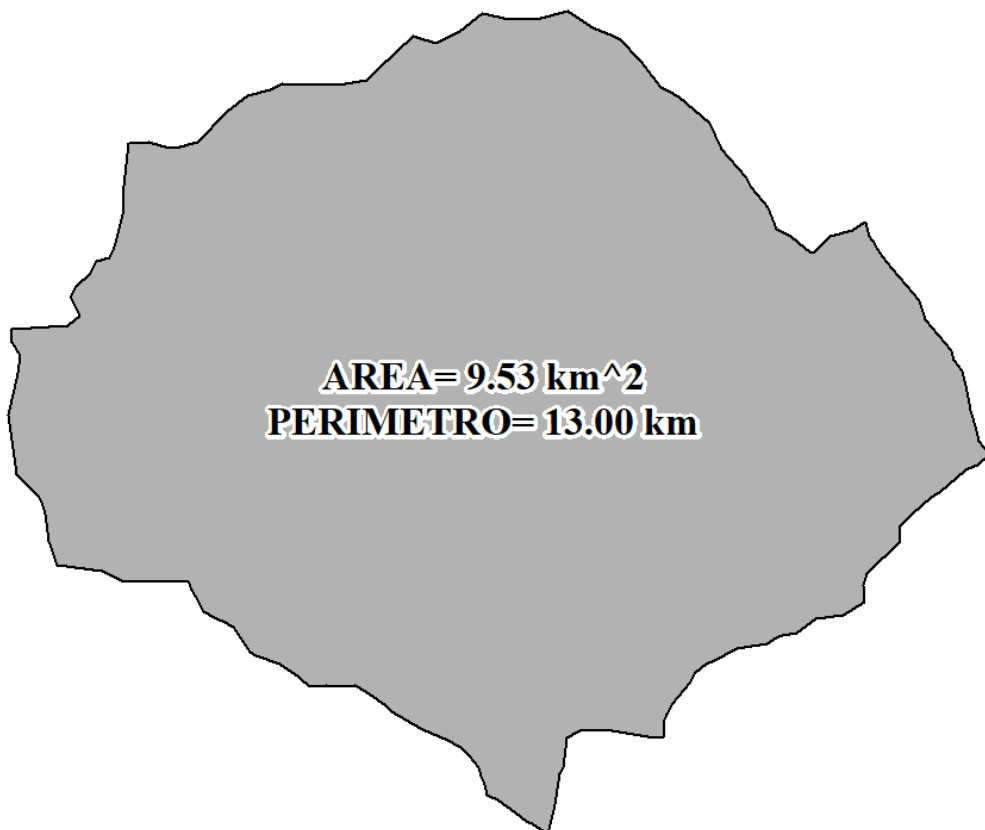
5.1.1.3 Área de la cuenca

La caracterización de la cuenca mediante el DEM anexo 2 y la correcta aplica de los procesos en ArcGis mencionados en la ilustración 13, permiten conocer los parámetros físicos necesarios para la estimación de caudales, se resumen los parámetros físicos en la tabla 18 y para un mejor detalle se presentan en el anexo 2.

Tabla 15. Parámetros físicos de la cuenca

Parámetros físicos	
Área (A):	9.53 km ²
Perímetro (P):	13 km
Longitud de cauce principal (L):	3.34 km
Pendiente (S):	0.227 m/m
Fuente: El autor	

Ilustración 18. Cuenca urbana



Fuente: El autor

5.1.1.4 Resumen de caudales de diseño obtenidos

Ya obtenidos todos los elementos, se debe aplicar el método racional y se obtiene lo mostrado en tabla 16.

Tabla 16. Caudales de diseño en función de los periodos de retorno

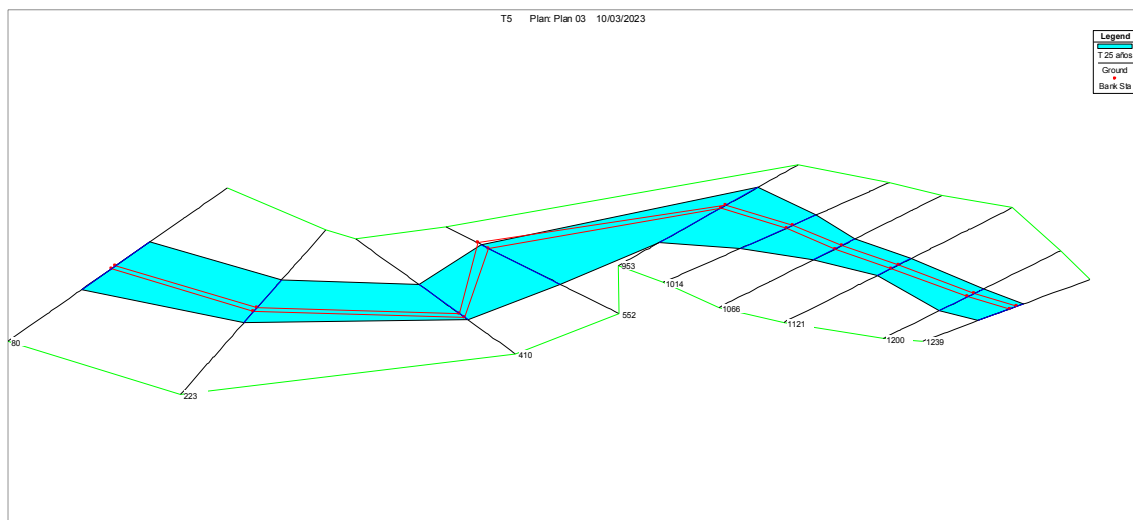
T (Años)	I (mm/h)	C	A (km ²)	Q (m ³ /s)
5	156.53	0.41	9.53	169.76
10	171.23	0.43	9.53	195.45
25	192.79	0.47	9.53	241.24
50	210.89	0.50	9.53	281.48
100	230.69	0.55	9.53	333.25

Fuente: El autor

5.1.1.5 Modelado de inundación

Los insumos requeridos por el HEC-RAS para la modelación son el modelo digital de elevaciones (DEM), lo que permite obtener su geometría, tal como se presentó en la ilustración 15 y los caudales de diseño presentados en la tabla 16, lo que permiten obtener el comportamiento del canal en función a los datos de cada periodo de retorno tal como se aprecia en la ilustración 18.

Ilustración 19. Simulación de inundación para un periodo de retorno de 25 años



Fuente: HEC-RAS

5.2 Interpretación de datos

5.2.1 Caudales de diseño obtenidos

Para los valores de los 5 caudales calculados para cada diferente periodo de retorno se tuvo que realizar una correcta caracterización de la microcuenca los que nos permite conocer el área de drenaje de la cuenca.

Aplicando las curvas IDF con datos de precipitaciones de 16 años, abarcando el periodo de 1998 – 2013, dado que esos años se tienen los registros más altos en precipitaciones, se obtuvo intensidades máximas de 156.53 mm/h para un periodo de retorno de 5 años y 230.69 mm/h para un periodo de retorno de 100 años tal como se observa en la tabla 14 .

La magnitud de los caudales al igual que la intensidades son directamente proporcional al periodo de retorno, por lo que a mayor sea el periodo de retorno, mayor será el caudal, entonces, la tabla 16 indica que para un periodo de retorno de 5 años se tiene un caudal de 169.76 m³/s, mientras que se tiene un caudal de 333.25 m³/s para un periodo de retorno de 100 años.

5.2.2 Modelado de inundaciones

Para la generación de los modelos de inundación se toma de punto de partido los diferentes escenarios de peligro a considerarse, en este trabajo se tomarán los escenarios en función a los periodos de retorno analizados.

Con respecto al área de inundación, esta no se ve muy cambiante en función de los periodos de retorno, es decir, no presenta aumentos muy significativos, debido a la topografía del terreno y al mal ordenamiento urbano que posee el cantón siendo este un factor importante para las inundaciones, lo que genera que en lugar de aumentar el área de inundación, aumente la altura del nivel del agua, teniendo como resultado una altura máxima de 4.14 m para un periodo de retorno de 5 años y 4.42 m para un periodo de retorno de 100 años, en el anexo 3 se detalla con mayor claridad estos escenarios.

6. Conclusiones

- Se recopiló una gran base de artículos científicos y trabajos de investigación afines a la temática de investigación que permitieron encontrar la metodología más adecuada para llevar a cabo el estudio de la problemática del cantón Balsas, que se basa en la obtención de información mediante satélites de uso libre y el modelado tanto de la cuenca como la quebrada mediante sistemas de información geográfica (GIS)..
- Se realizó un estudio hidrológico para la obtención de los caudales de diseño empleando las curvas IDF elaboradas a partir de los datos de 16 años de precipitaciones obtenidos mediante el satélite de Nasa “Giovanni” para la obtención de las intensidades máximas con un tiempo de concentración $t_c = 20$ minutos, se utilizó el método Racional para el cálculo de los 5 caudales considerados, los caudales están en función a los periodos de retorno seleccionados ($T= 5, 10, 25, 50, 100$), teniendo como resultado caudales de 169.76, 195.45, 241.24, 281,48 y 333.25 m³/s.
- Se obtuvo el modelo digital de elevaciones (DEM) por medio del satélite “Alos Palsar”, el cual cuenta con una resolución de 12.5 m de celda. Empleando el software ArcGis se realizó la caracterización de la cuenca, teniendo como resultados un área de drenaje de 9.53 km² y un perímetro de 13 km.
- Se llevó a cabo la modelación de inundación haciendo uso del software HEC-RAS junto con RAS Mapper, que mediante la geometría asignada permitió generar la simulación de los 5 escenarios de inundación planteados, indicando gráficamente las zonas propensas a inundarse ante la posible llegada de una avenida repentina.
- Se generaron mapas de peligro y riesgo a inundación empleando todo lo anteriormente mencionado, los mapas se desarrollaron para todos los escenarios considerados en los periodos de retorno, teniendo como resultado de inundación valores niveles de agua directamente proporcional al periodo de retorno, siendo estos valores 4.14, 4.20, 4.27, 4.33 y 4.42 m respectivamente, estos valores se encuentran sujetos a la distribución urbana existente en la cercanías de la quebrada, generando un incremento en los niveles de inundación.

- El mal ordenamiento territorial y las altas precipitaciones existentes que posee el cantón se consideran los principales factores de riesgo a inundación debido a que ambos factores conforman los principales problemas del cantón ante una lluvia de gran intensidad.

7. Recomendaciones

- Para tener una mejor visión del problema y la temática a desarrollar es importante haber realizado una gran investigación bibliográfica, lo que permitirá tener la suficiente destreza para seleccionar la metodología idónea para realizar el estudio.
- Para la obtención de los caudales se recomienda tener una amplia base de datos de registro de precipitaciones por lo mínimo 15 años, y que estos estén comprendidos en los periodos de más lluvia, pues esto ayudará que el análisis se encuentre mas ajustado a la realidad.
- Es imprescindible para este tipo de trabajos disponer de un correcto modelo digital de elevaciones con buena resolución, esta no deberá ser mayor a 15 m de celda, dado que todo el trabajo en los software parte del DEM.
- Para el trazado geométrico del canal en el RAS Mapper es importante que se lo realice detenidamente e intentando otorgarle todo el detalle posible a diferentes elementos que componen tal geometría.

8. Referencias bibliográficas

- Alcántara Boza, A., & Castro Tenorio, A. (2021). Determinación de zonas inundables con HEC-RAS en zonas de la Cordillera Central de los Andes. Microcuenca del río Saraus-río La Llanga. Celendín. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 24(48), 181–187. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.19852>
- Alcocer-Yamanaka, V., Rodríguez-Varela, J., Bourguett-Ortiz, V., Llaguno-Guilberto, O., & Albornoz-Góngora, P. (2016). Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 7(5), 33–55. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n5/2007-2422-tca-7-05-00033.pdf>
- Arreguín F, & López M. (2016). Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 7, 5–13. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n5/2007-2422-tca-7-05-00005.pdf>
- Caicedo, M., Cabrera, E., Zambrano, X., Rodríguez, M., & Intriago, P. (2021). Estudio de características morfológicas de la cuenca “Cañitas” y su relación con el riesgo de inundaciones repentinas. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://doi.org/https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2605>
- Castillo García, C. L., Abreu Franco, D. E., & Alvarez González, M. (2021). Evaluación de distintas fórmulas empíricas para el cálculo del tiempo de concentración en la cuenca urbana del río Bélico y Cubanicay, ciudad de Santa Clara. *Enfoque UTE*, 12(3), 51–64. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.729>
- Chiarito, E., Zimmermann, E., & Zacarías, S. M. (2018). METODOLOGÍAS PARA LA ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA EN ÁREAS URBANIZADAS MEDIANTE TELEDETECCIÓN. *Cuadernos Del CURIHAM*, 24, 25–36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7260049>
- Chow, V. Te. (1994). *Hidráulica de canales abiertos* (M. Suarez, Ed.).
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Da Silva, C. J., López, P. E., Federico, Y., & Arias, C. (2022). Las inundaciones en las áreas urbanas: el caso del Área Metropolitana del Gran Resistencia 1 Floods in urban Areas: case study of Gran Resistencia Metropolitan Area. *Revista de Geografía Norte Grande*. <https://www.scielo.cl/pdf/rgeong/n82/0718-3402-rgeong-82-333.pdf>
- Díaz Gómez, R., Gaspari, F. J., & Georgieff, S. M. (2017). Aspectos morfométricos de cuencas subtropicales del Noroeste de Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 29(1), 3–19.
- Equipo de consultores. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Del GAD de Balsas*.
- Estrada E. (2020). *EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO ESMERALDAS*. [UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE].

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10942/2/Pg%2011%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

- Guevara Gutiérrez, R. D., Olguín López, J. L., Mancilla Villa, Ó. R., & Barreto García, Ó. A. (2019). ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AYUQUILA, JALISCO-MÉXICO. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 24, 141–158. <https://doi.org/10.21138/gf.622>
- Gutiérrez-López, A., & Barragán-Regalado, R. (2019a). Ajuste de curvas IDF a partir de tormentas de corta duración. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 10(6), 1–24. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-06-01>
- Gutiérrez-López, A., & Barragán-Regalado, R. (2019b). Intensity-Duration-Frequency curves on short duration storms. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 10(6), 1–24. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-06-01>
- Hoffrén Mansoa, R. (2022). Análisis de la peligrosidad y del riesgo de inundación del tramo medio del río Ega en Navarra. *Geographicalia*, 74, 1–34. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2022746765
- Margasin, A., Bruno, S., Gimenez, V., Mastaglia, M., & Sato, R. (2020). Estimación de curvas IDF para tormentas de larga duración en la cuenca del río Gualeguay en la provincia de Entre Ríos. *Revista de Geología Aplicada a La Ingeniería y al Ambiente*, 15–29. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8794717>
- Mariscal-Romero, J., Chávez-González, R., & Arciniega-Flores, J. (2019). Caracterización hidrográfica de las cuencas de la Bahía de Navidad, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia*, 27, 38–46. <http://orcid.org/0000-0003-2435-2695>;
- Maroneze, M. M., Zepka, L. Q., Vieira, J. G., Queiroz, M. I., & Jacob-Lopes, E. (2019). A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Revista Ambiente e Agua*, 9(3), 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Molina, J. V., & Cánovas-García, F. (2022). Flood risk characterization in spatial planning: Progress and challenges for the incorporation of vulnerability. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 92. <https://doi.org/10.21138/bage.3200>
- Mora Chaparro, J. C., Hernández Borges, E. E., & Mora Mora, L. L. (2023). MAPA DE RIESGOS DE INUNDACIÓN EN LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA 24 DE JUNIO, TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MÉXICO. *Revista de Estudios Latinoamericanos Sobre Reducción Del Riesgo de Desastres*, 7(1), 116–130. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i1.111>
- Morales, A. P., Guirado, S. G., & García, A. Q. (2021). Do we all stand equally towards the flood? Analysis of social vulnerability in the Spanish Mediterranean coast. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 88. <https://doi.org/10.21138/BAGE.2970>
- Mozo J, Varni M, Ares M, & Chagas C. (2020). MODELADO HIDROLÓGICO DE LA PRECIPITACIÓN-ESCORRENTÍA EN UNA MICROCUENCA AGRÍCOLA

- DEL PARTIDO DE AZUL, BUENOS AIRES. *Ciencia Del Suelo*, 121–132. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7505850>
- Ramiro, M., Morresi, M., Elizalde, E., Macor, J., & Ignacio, C. (2019). Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la estación meteorológica del CIM–FICH. Serie 1986–2016. *CUADERNOS DEL CURIHAM*, 25, 41–57. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7260055>
- Ramón, C. (2019). *GENERACION DE MAPAS DE RIESGO A INUNDACIONES EN LA ZONA URBANA DEL CANAL EL MACHO DE LA CIUDAD DE MACHALA*. Universidad Técnica de Machala.
- Roblero-Hidalgo, R., Chávez-Morales, J., Ibáñez-Castillo, L. A., & Palacios-Vélez, O. L. (2022). Peligro por inundación durante el huracán Stan en la cuenca del río Vicente Guerrero, Siltepec, Chiapas, México. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 13(2). <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2022-02-02>
- Rodríguez C, & Ramón J. (2021). Estudio hidromorfológico de la cuenca La Mona, El Cady y el riesgo de inundaciones imprevistas. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, VIII. <https://www.scielo.org.mx/pdf/dilemas/v8nspe2/2007-7890-dilemas-8-spe2-00015.pdf>
- Simón Ruiz, I. (2023). Desbordamientos del río Copiapó, Chile, e inundaciones urbanas: 1833-1929. *Agua y Territorio / Water and Landscape*, 22, e7172. <https://doi.org/10.17561/at.22.7132>
- Spiegel, M., & Stephens, L. (2009). *Estadística: Vol. IV* (R. Del Bosque, Ed.; Cuarta).
- Suárez-Aguilar, Z. E., Sepúlveda-Delgado, O., Patarroyo-Mesa, M., & Canaria-Camargo, L. C. (2020). Modelo matemático para estimar curvas de intensidad, duración y frecuencia de lluvias extremas en Tunja, Colombia. *Informacion Tecnologica*, 31(1), 193–206. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000100193>
- Vásquez-Ramírez, L., & Burgos-Flores, N. (2021). Correlación entre el coeficiente de rugosidad de Manning y el diámetro representativo del material de arrastre en lechos de ríos de alta montaña, Cajamarca - Perú. *Revista Ingeniería UC*, 28(2), 265–273. <https://doi.org/10.54139/revinguc.v28i2.25>

Anexos

Anexo 1. Elementos del modelado de la Cuenca

Anexo 1.1. Coeficientes de escorrentía de diferentes superficies

Tipos de superficie	Periodos de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas urbanas							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.9	0.95	1
Cemento, tejados	0.75	0.8	0.83	0.88	0.92	0.97	1
Zonas verdes (césped, parques, etc.)							
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.32	0.34	0.37	0.4	0.44	0.4	0.6
Pendiente media (2 - 7%)	0.37	0.4	0.43	0.46	0.49	0.53	0.6
Pendiente alta (> 7%)	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.6
<i>Condición media (cobertura vegetal al 50% y al 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.5
Pendiente media (2 - 7%)	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.6
Pendiente alta (> 7%)	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
<i>Condición alta (cobertura vegetal superior al 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.5
Pendiente media (2 - 7%)	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.6
Pendiente alta (> 7%)	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.51	0.6
Zonas rurales							
<i>Campos de cultivo</i>							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.6
Pendiente media (2 - 7%)	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.6
Pendiente alta (> 7%)	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.6
<i>Pastizales</i>							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.5
Pendiente media (2 - 7%)	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.6
Pendiente alta (> 7%)	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
<i>Bosques</i>							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.5
Pendiente media (2 - 7%)	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.6
Pendiente alta (> 7%)	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.6
Fuente: (Chow et al., 1988)							

Anexo 1.2. Cálculo de los coeficientes de escorrentía

Áreas de ocupación de suelo	
Zonas de bosques y cultivos	8.07 km ²
Zonas urbanas y viviendas	1.44 km ²
Fuente: El autor	

Periodo de retorno		5 años		10 años		25 años		50 años		100 años	
Tipo de ocupación	A	C	C x A	C	C x A	C	C x A	C	C x A	C	C x A
Zonas de bosques y cultivos	8.07	0.34	2.75	0.36	2.91	0.4	3.23	0.43	3.47	0.47	3.80
Zonas urbanas y viviendas	1.44	0.8	1.16	0.83	1.20	0.88	1.27	0.92	1.33	0.97	1.40
Total	9.53		3.90		4.11		4.50		4.80		5.20
Coeficiente de escorrentía		0.41		0.43		0.47		0.50		0.55	
Fuente: El autor											

Anexo 1.3. Coeficientes de rugosidad

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n1	0.000
	Menos		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300
Fuente: (Chow, 1994)			

Anexo 1.4. Coeficientes de rugosidad

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
A-1. Metal			
a. Latón, liso	0.009	0.01	0.013
b. Acero			
1. Estriado y soldado	0.01	0.012	0.014
2. Riveteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c. Hierro fundido			
1. Recubierto	0.01	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
d. Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e. Metal corrugado			
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	0.024	0.03
A-2. No metal			
a. Lucita	0.008	0.009	0.01
b. Vidrio	0.009	0.01	0.013
c. Cemento			
1. Superficie pulida	0.01	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
d. Concreto			
1. Alcantarilla recta y libre de basuras	0.1	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	0.013	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa	0.012	0.014	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.02
e. Madera			
1. Machiembrada	0.01	0.012	0.014
2. Lámina tratada	0.015	0.017	0.02
Fuente: (Chow, 1994)			

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
f. Arcilla			
1. Canaleta común de baldosas	0.011	0.013	0.017
2. Alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozo de inspección, entradas, etc	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
g. Mampostería en ladrillo			
1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.013	0.016
h. Alcantarillados sanitarios			
1. Recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.012	0.013	0.16
i. Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.02
j. Mampostería de piedra cementada	0.018	0.025	0.03
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1. Metal			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado			
B-2. No metal			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.01	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.01	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.01	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.02
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.02
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.02	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
Fuente: (Chow, 1994)			

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de:			
1. Piedra labrada en mortero	0.015	0.017	0.02
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.02	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.02	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.02	0.025	0.03
5. Piedra suelta o rip rap	0.02	0.03	0.036
e. Fondo de gravas con lados de:			
1. Concreto encofrado	0.017	0.02	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.02	0.023	0.026
3. Piedra suelta o rip rap	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.03
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.017
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.03		0.05
C. Excavado o dragado			
a. En tierra, recta y uniforme			
1. Limpio, recipiente terminado	0.016	0.018	0.02
2. Limpio, después de exposición a la interperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.03
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.03
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.03	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.03	0.035	0.04
4. Fondo de tierra con lados en piedra	0.028	0.03	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.04
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.03	0.04	0.05
c. Excavaciones con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.05	0.06
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.04
2. Afilados e irregulares	0.035	0.04	0.05
Fuente: (Chow, 1994)			

Anexo 1.4. Cálculo de coeficiente de rigosidad

	Coeficiente de rigosidad	Detalle
n0	0.02	Canal de tierra
n1	0.01	Iregularidad moderada
n2	0.015	F. Alternante
n3	0.03	Apreciable
n4	0.025	Media
m5	1	Menor
C rigosidad	0.1	
Fuente: El autor		

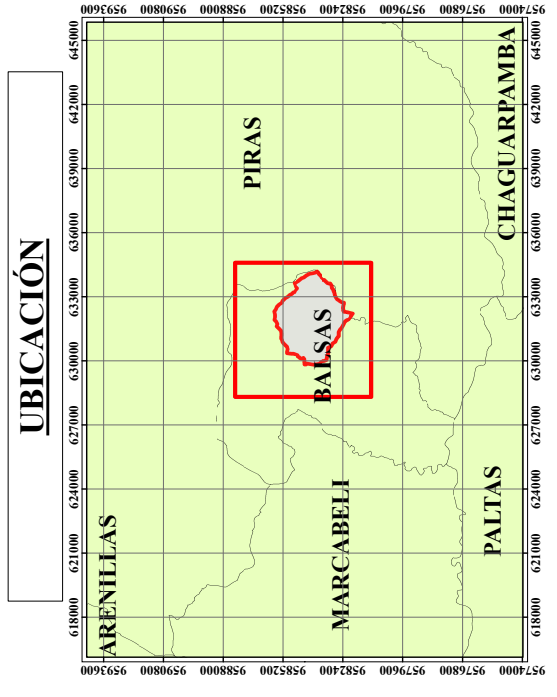
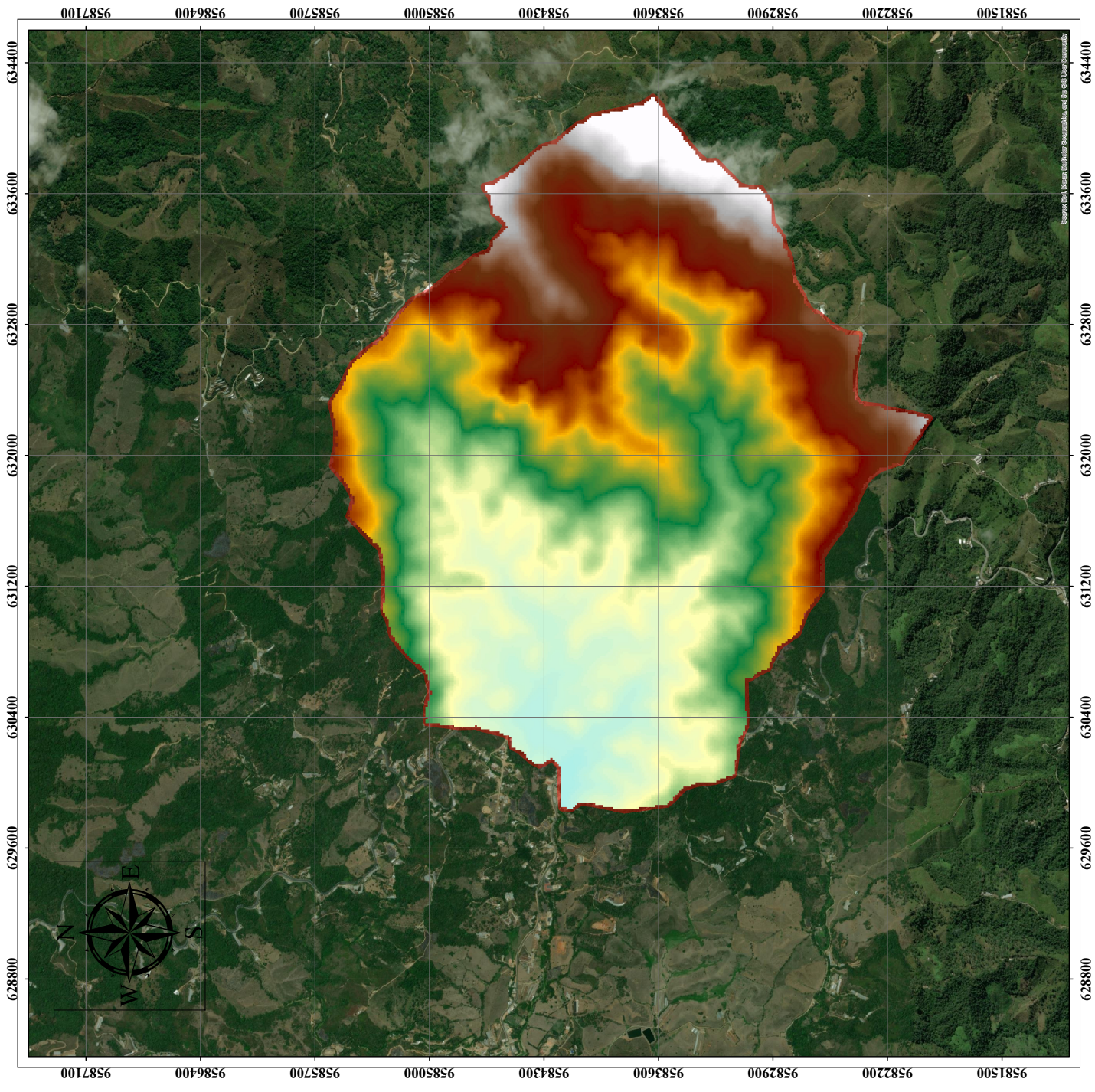
Anexo 1.5. Datos de precipitación

Datos de precipitaciones													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1998	159.9	248.8	236.8	224.6	159.2	66.6	47.4	21.1	24.9	55.9	34.8	26.4	248.8
1999	106.5	240.2	224.9	86.9	97.1	50.2	25.6	25.6	56.0	20.0	33.5	155.4	240.2
2000	99.1	192.7	201.6	137.7	96.8	53.1	17.4	22.0	51.7	8.2	14.6	51.7	201.6
2001	142.0	104.2	231.0	72.2	64.1	32.7	17.1	17.5	20.8	17.3	69.0	51.4	231.0
2002	47.3	120.8	255.4	143.9	64.7	30.6	8.1	15.2	8.2	41.9	63.4	82.8	255.4
2003	48.1	81.3	146.0	103.8	33.7	30.9	21.1	14.3	39.1	34.2	72.5	72.0	146.0
2004	71.0	103.2	104.0	145.5	53.1	17.1	22.5	14.2	41.5	40.3	60.3	55.3	145.5
2005	72.4	132.4	233.8	119.2	44.2	18.5	11.8	8.9	26.0	40.7	17.7	108.6	233.8
2006	98.4	173.8	191.2	95.8	12.4	44.6	18.7	19.5	20.0	24.0	82.5	76.4	191.2
2007	112.3	59.9	145.3	148.0	60.9	35.5	8.3	45.4	25.7	36.4	89.4	50.3	148.0
2008	99.2	270.5	245.6	165.6	65.1	44.5	19.0	29.1	18.3	78.8	57.3	69.1	270.5
2009	165.1	139.6	146.4	102.3	42.8	27.9	16.7	17.9	6.0	24.9	19.4	67.8	165.1
2010	77.7	159.9	128.2	105.2	72.7	63.8	56.7	14.7	24.4	18.2	46.0	54.1	159.9
2011	88.0	194.3	121.1	188.9	33.5	33.0	39.5	2.1	34.0	35.5	62.3	83.2	194.3
2012	205.3	242.1	147.9	182.4	58.0	34.0	9.8	10.6	17.6	39.5	70.0	56.5	242.1
2013	124.1	139.5	124.1	51.0	91.9	51.9	32.6	22.9	21.7	68.6	12.3	42.8	139.5
MAX	205.30	270.47	255.41	224.56	159.22	66.63	56.68	45.40	56.00	78.84	89.39	155.38	270.47
Fuente: El autor													

Anexo 2.

Delimitación de la microcuencia

MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES DE LA MICROCUENCA HASTA EL CANTÓN BALSAS



Balsas, El Oro, Ecuador

Escala: 1:125,000



Contenidos

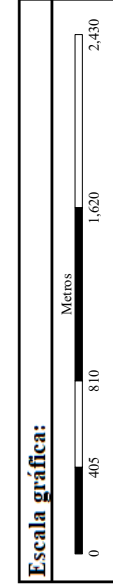
DEM de Cuenca
 Max : 1456 m
 Min : 653 m

Cuenca

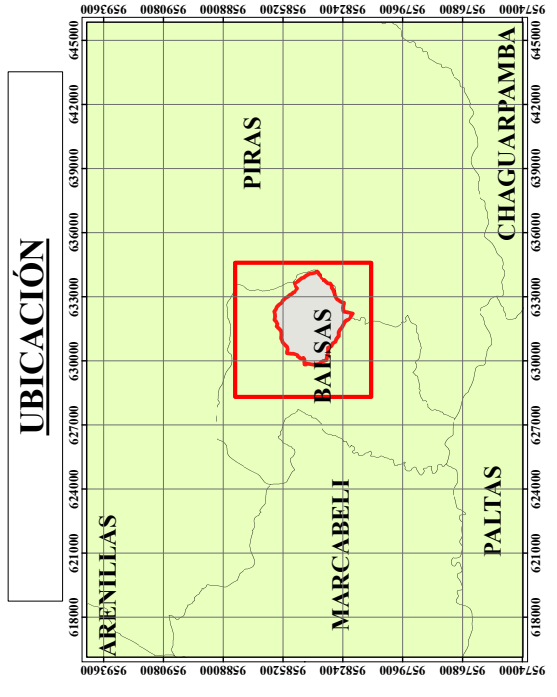
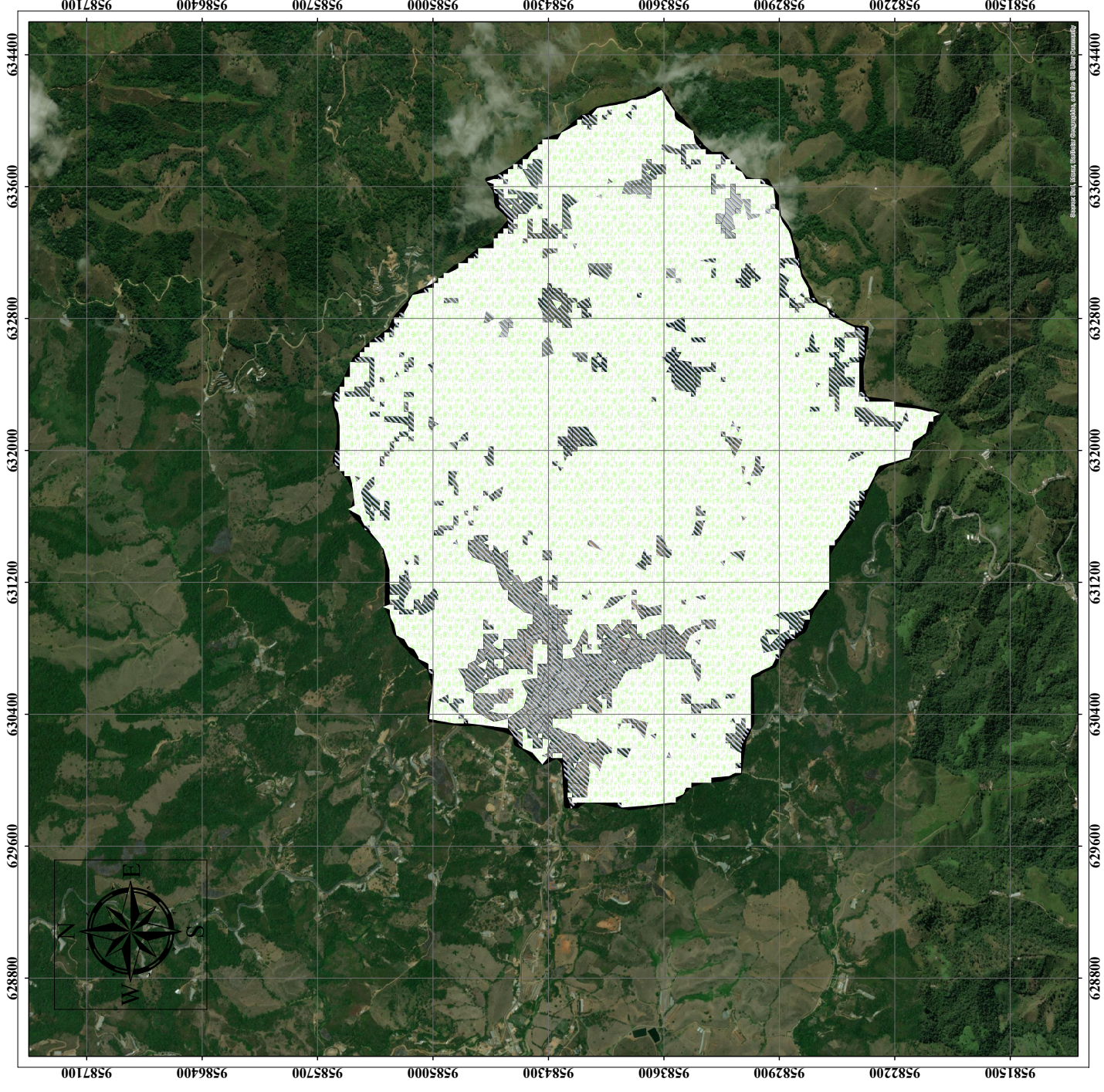
Elaborador por:
 Jean Paulo Asanza Suarez

**Levantamiento realizado con Sistemas de
 Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona 17S**

Escala:
 1:12,500



USO DEL SUELO DENTRO DE LA MICROCUENCA HASTA EL CANTÓN BALSAS



UBICACIÓN

Balsas, El Oro, Ecuador
Escala: 1:125,000



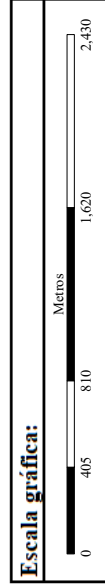
Contenidos

- Zonas con bosques y vegetación
- Zona urbana y viviendas
- Cuenca

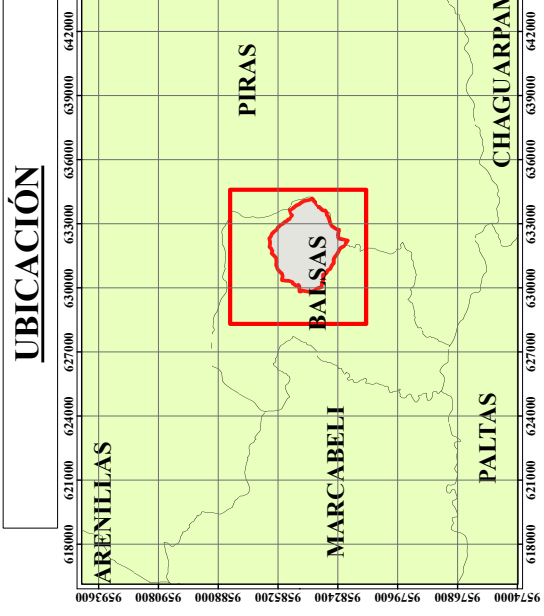
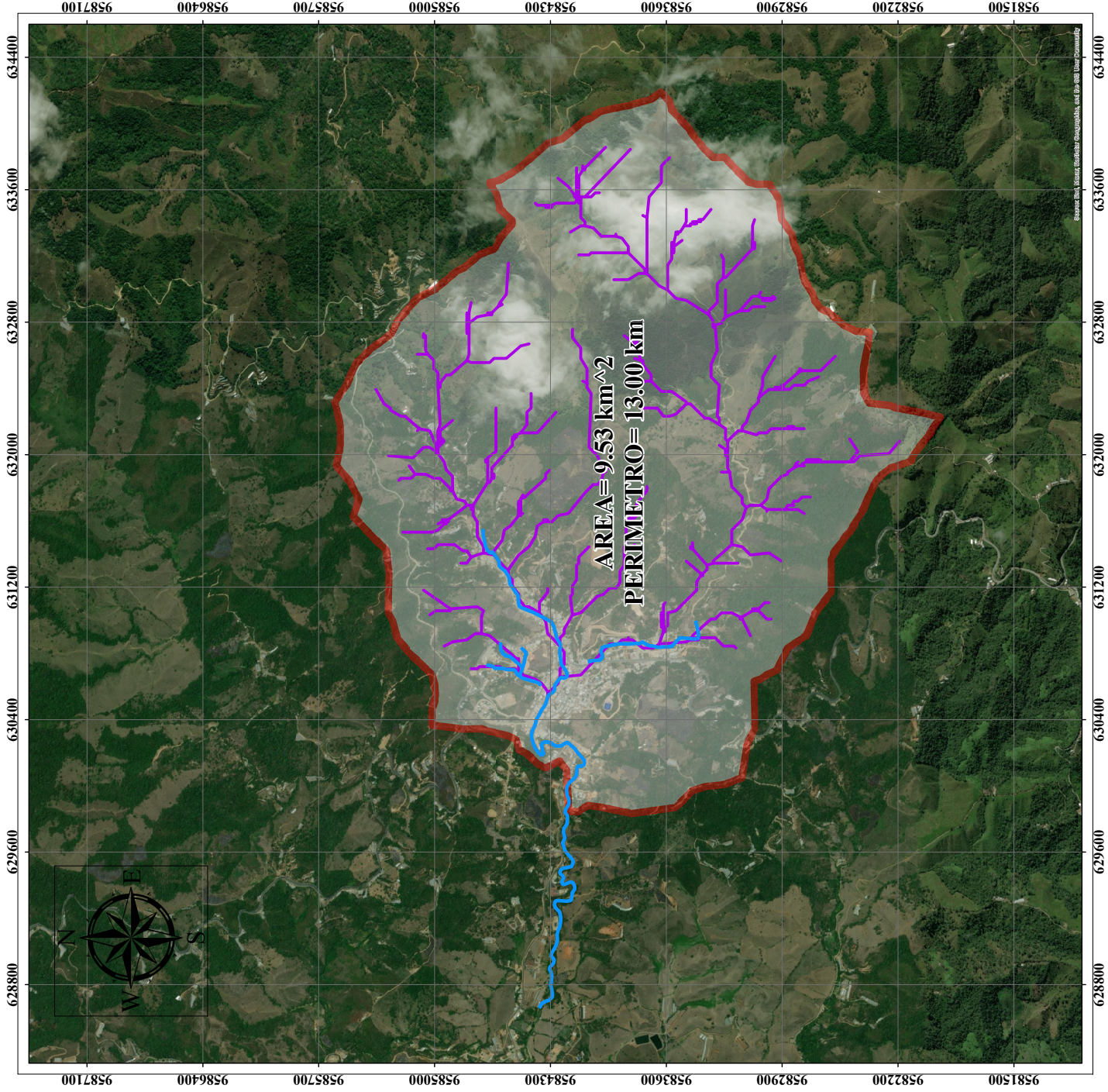
Elaborador por:
Jean Paulo Asanza Suarez

Levantamiento realizado con Sistemas de
Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona 17S

Escala:
1:12,500



SUPERFICIE DE LA MICROCUENCA HASTA EL CANTÓN BALSAS



Balsas, El Oro, Ecuador

Escala: 1:125,000



Contenidos

- Red principal
- Ramales
- Cuenca

Elaborador por:

Jean Paulo Asanza Suarez

Levantamiento realizado con Sistemas de
Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona 17S

Escala:

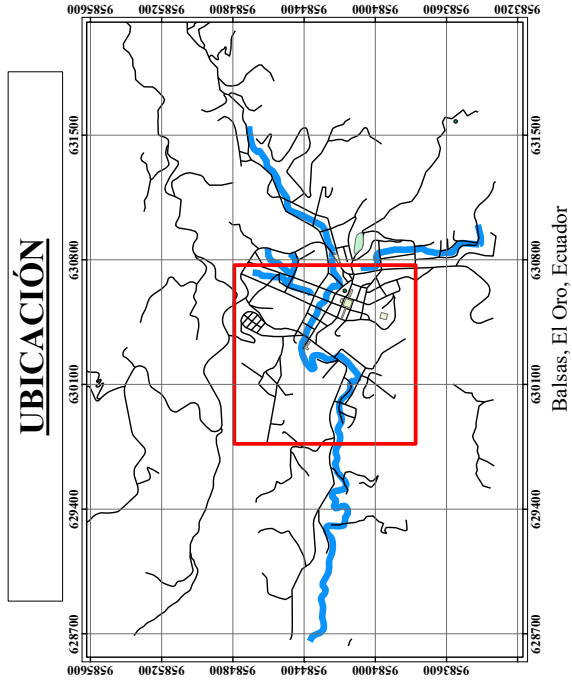
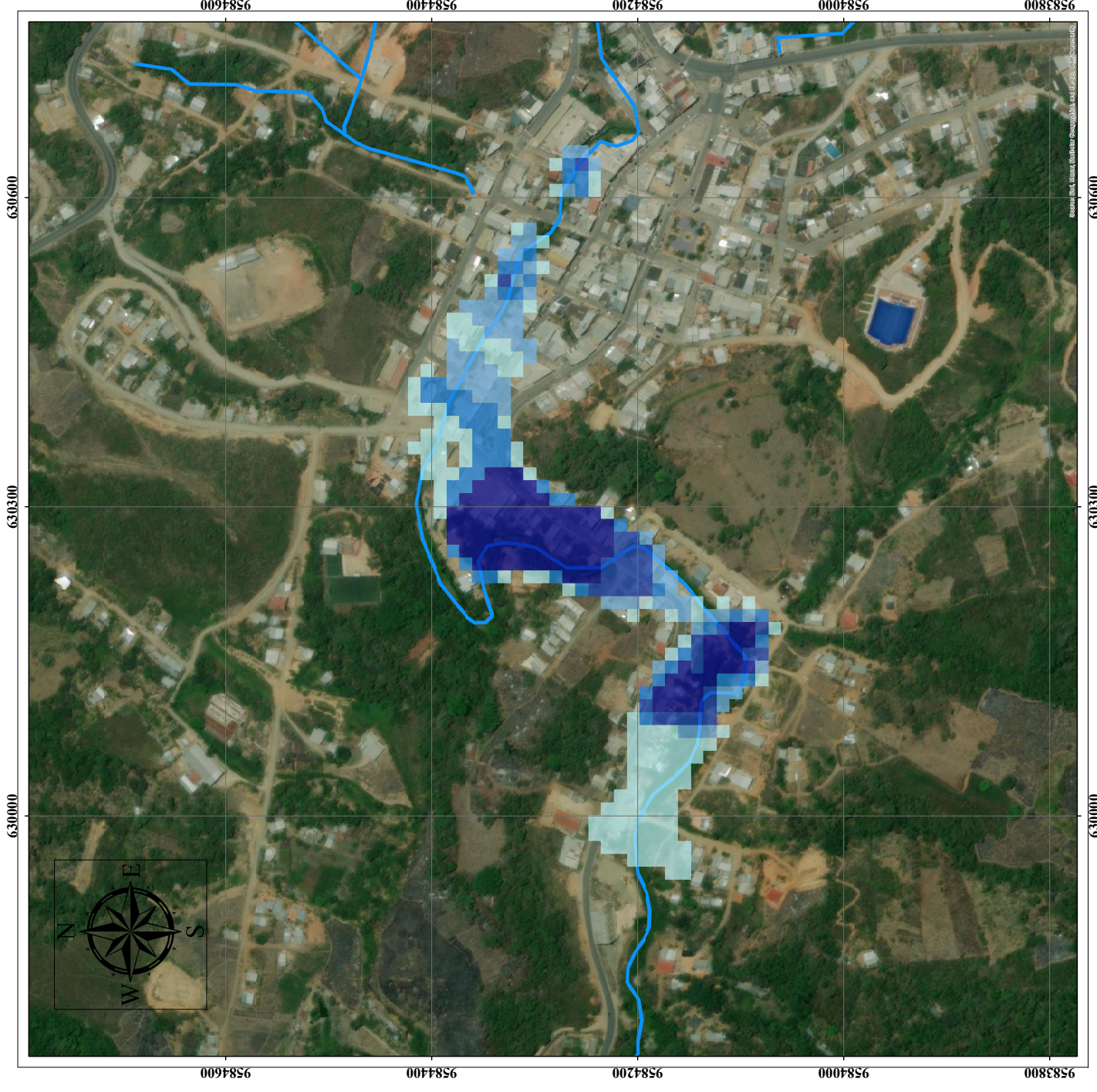
1:12,500

Escala gráfica:



Anexo 3. Mapas de inundación

MAPA DE INUNDACIÓN PLUVIAL PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS



Nivel de inundación

Inundación T= 5 años

- 0 m - 0.5 m
- 0.5 m - 1 m
- 1 m - 1.5 m
- 1 m - 2 m
- 2 m - 4.14 m
- Quebrada Balsas



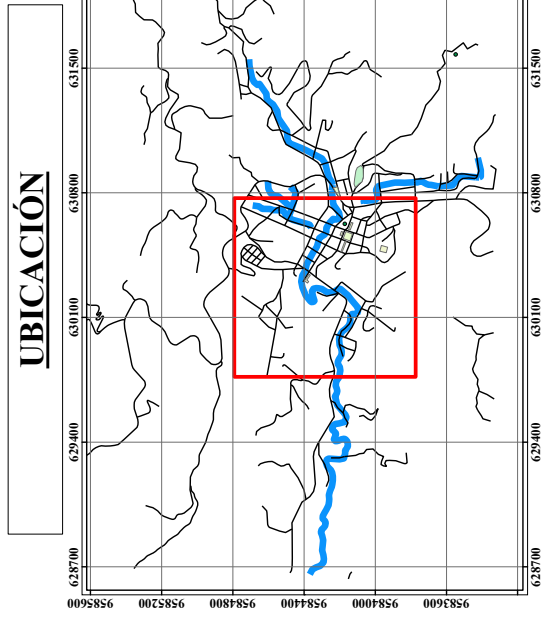
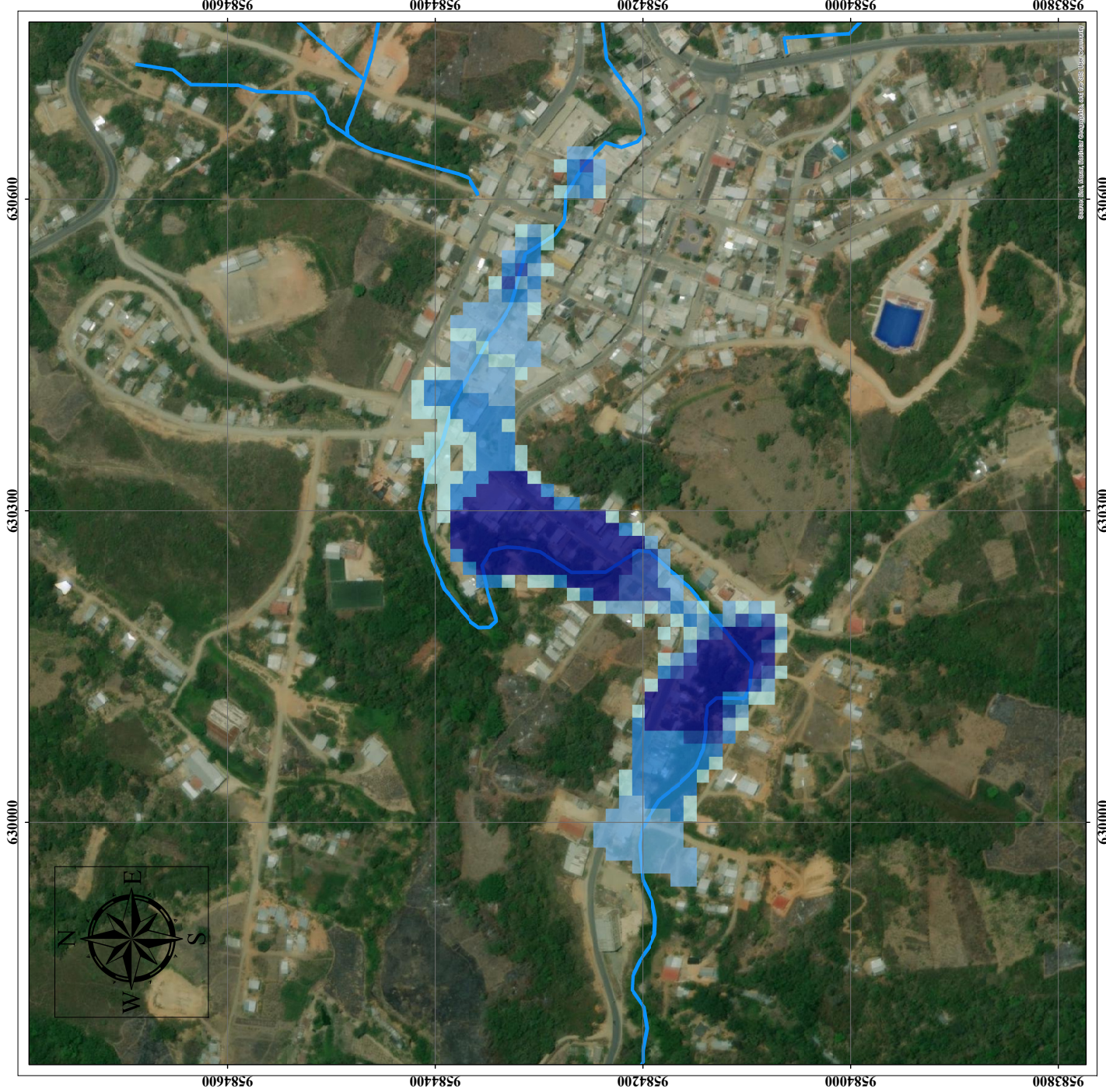
Elaborador por:
Jean Paulo Asanza Suarez

**Levantamiento realizado con Sistemas de
Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona**

Escala:
1:2,000



MAPA DE INUNDACIÓN PLUVIAL PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



Balsas, El Oro, Ecuador
Escala: 1:15,000

Nivel de inundación

Inundación T= 10 años

- 0 m - 0.5 m
- 0.5 m - 1 m
- 1 m - 1.5 m
- 1.5 m - 2 m
- 2 m - 4.20 m
- Quebrada Balsas



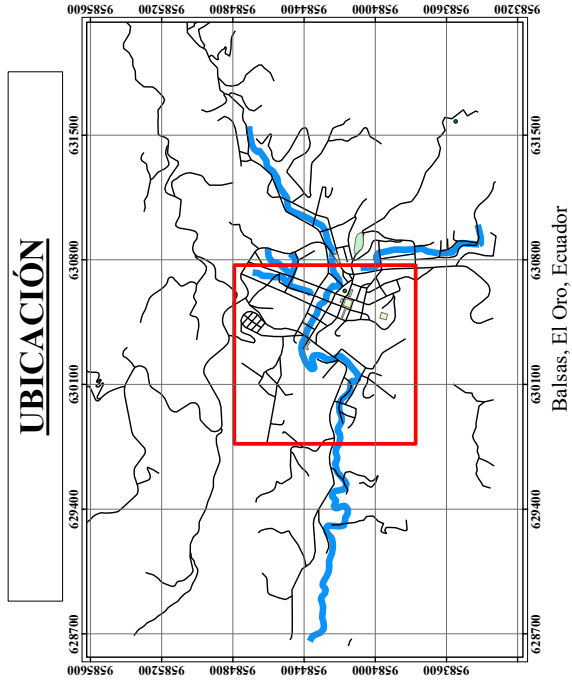
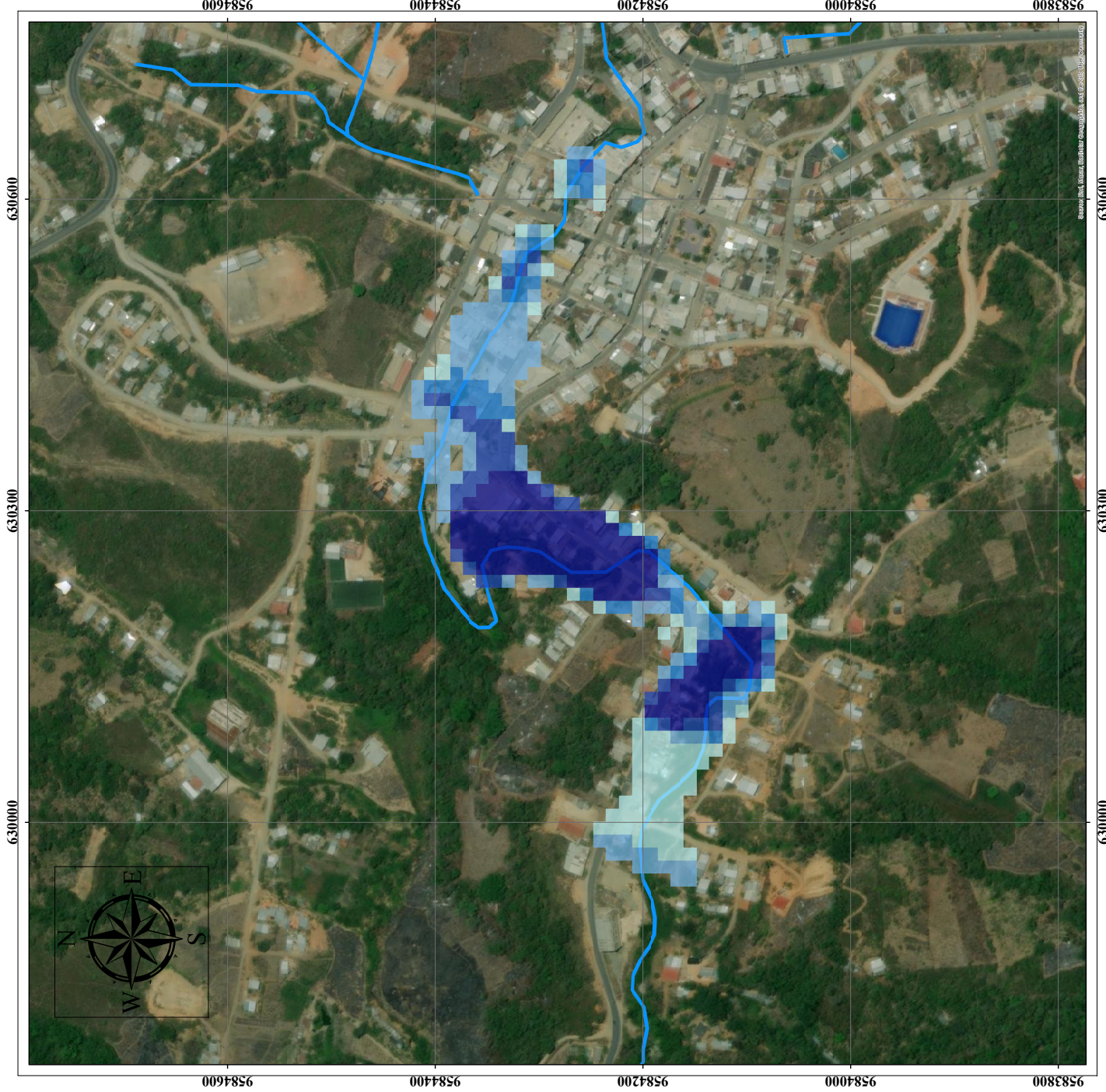
Elaborador por:
Jean Paulo Asanza Suarez

Levantamiento realizado con Sistemas de Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona

Escala:
1:2,000



MAPA DE INUNDACIÓN PLUVIAL PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS



Escala: 1:15,000

Nivel de inundación

Inundación T=25 años

- 0 m - 0.5 m
- 0.5 m - 1 m
- 1 m - 1.5 m
- 1.5 m - 2 m
- 2 m - 4.27 m
- Quebrada Balsas



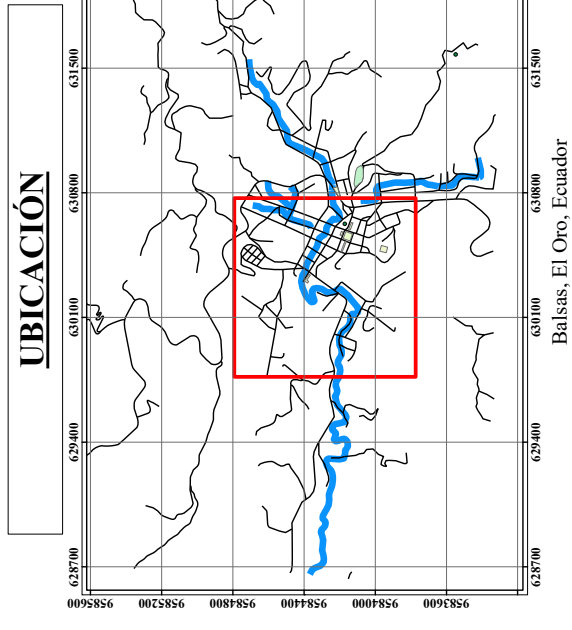
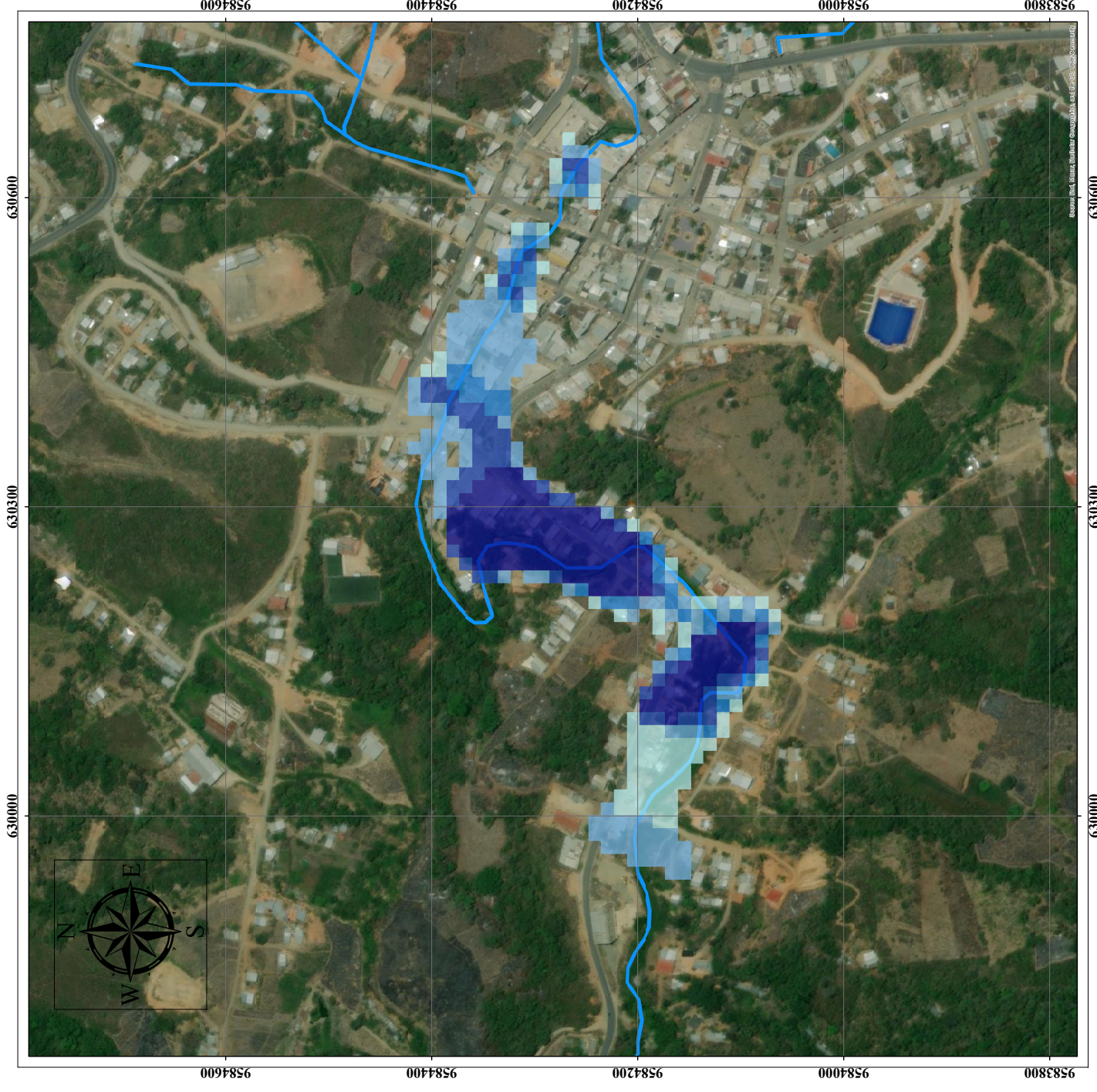
Elaborador por:
Jean Paulo Asanza Suarez

Levantamiento realizado con Sistemas de
Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona

Escala:
1:2,000



MAPA DE INUNDACIÓN PLUVIAL PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



Escala: 1:15,000

Nivel de inundación

Inundación T= 50 años

0 m - 0.5 m
0.5 m - 1 m
1 m - 1.5 m
1.5 m - 2 m
2 m - 4.33 m
Quebrada Balsas



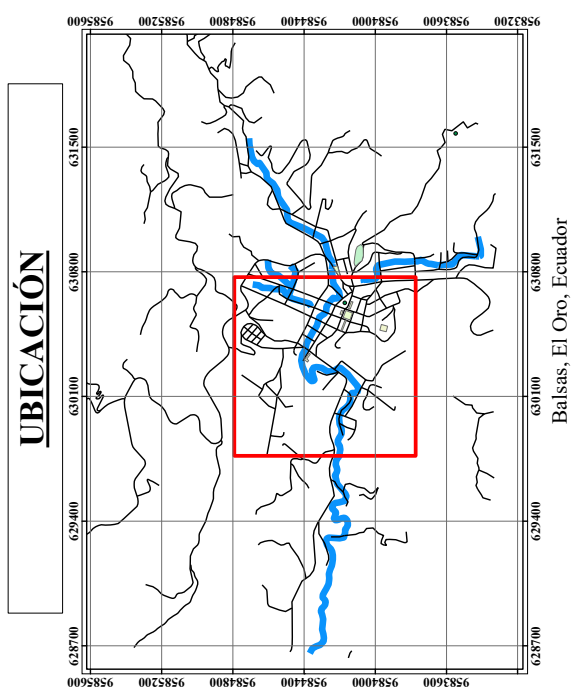
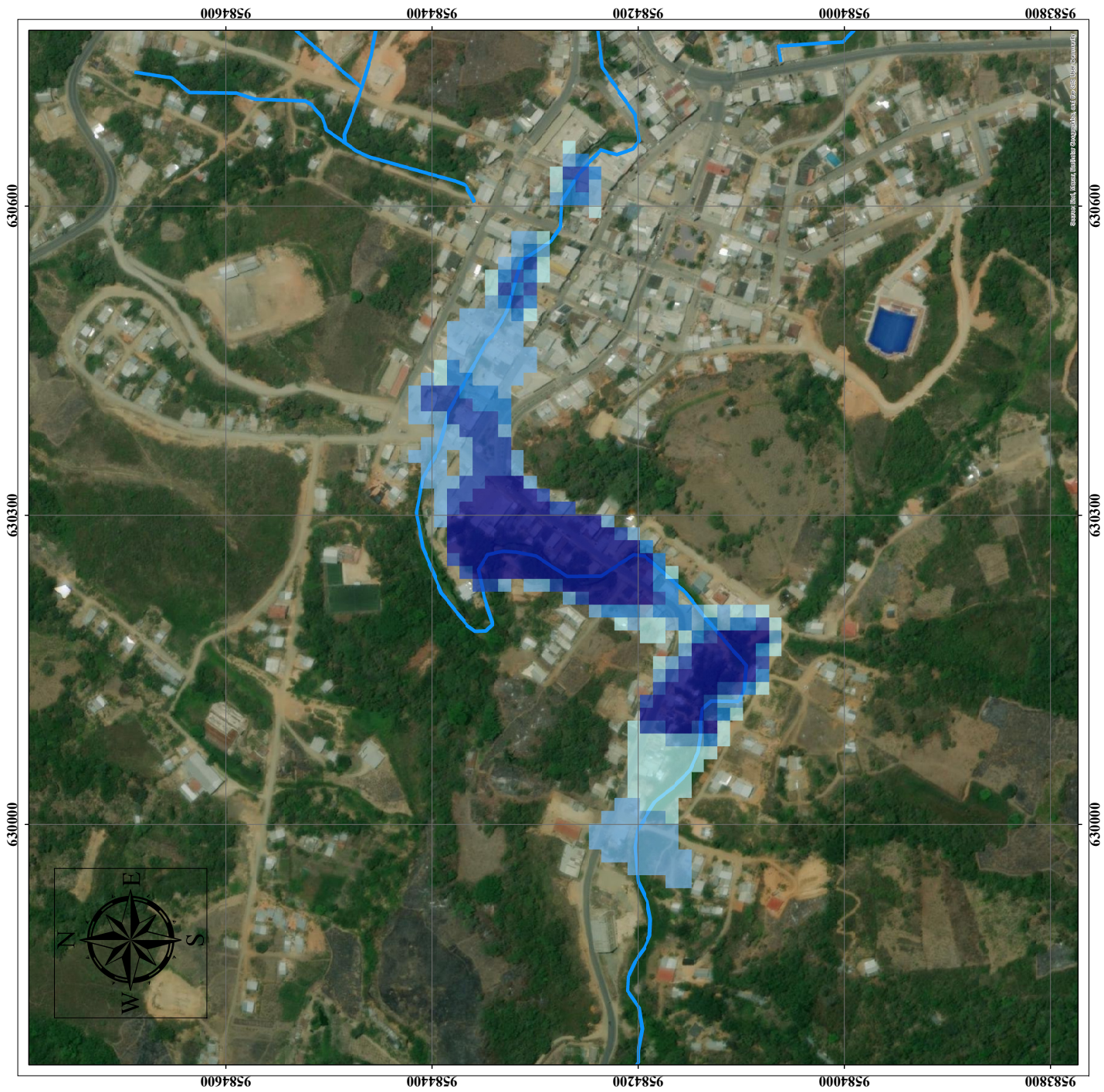
Elaborador por:
Jean Paulo Asanza Suarez

Levantamiento realizado con Sistemas de Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona

Escala:
1:2,000



MAPA DE INUNDACIÓN PLUVIAL PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100



Nivel de inundación

Inundación T= 100 años

- 0 m - 0.5 m
- 0.5 m - 1 m
- 1 m - 1.5 m
- 1 m - 2 m
- 2m - 4.42 m
- Quebrada Balsas

Escala: 1:15,000



Elaborador por:
Jean Paulo Asanza Suarez

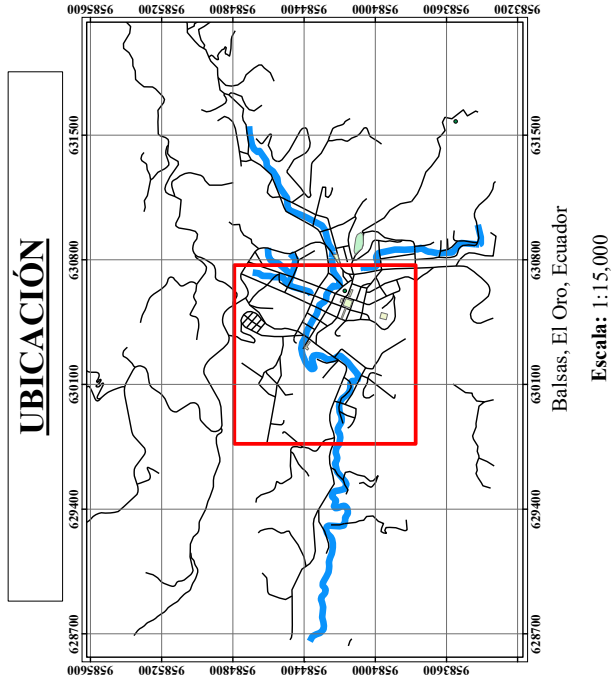
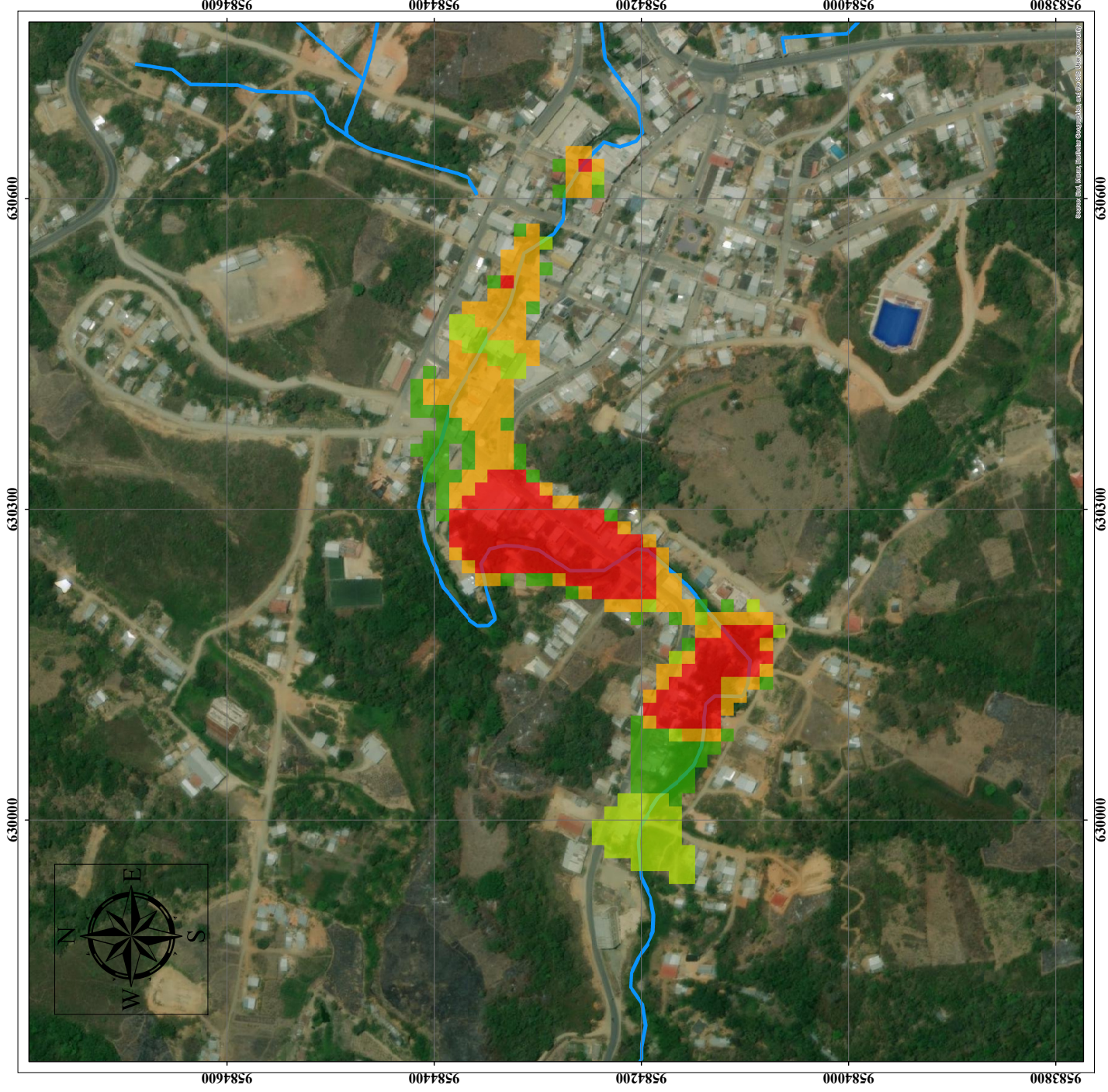
Levantamiento realizado con Sistemas de Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona

Escala:
1:2,000



Anexo 4. Mapas de riesgo a inundación

MAPA DE RIESGO A INUNDACIONES PLUVIALES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS



Nivel de riesgo a inundación

0 m - 0.3 m (Nulo)
0.3 m - 0.5 m (Bajo)
0.5 m - 1.5 m (Medio)
> 1.5 m (Alto)
Quebrada Balsas



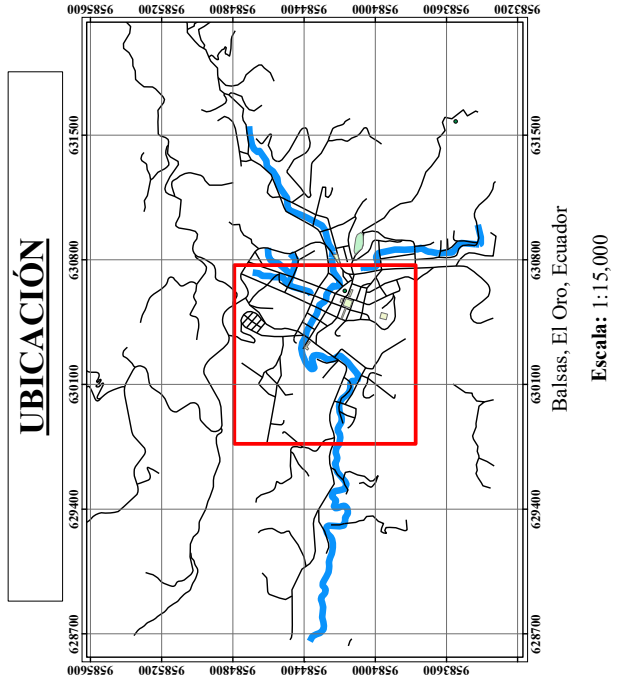
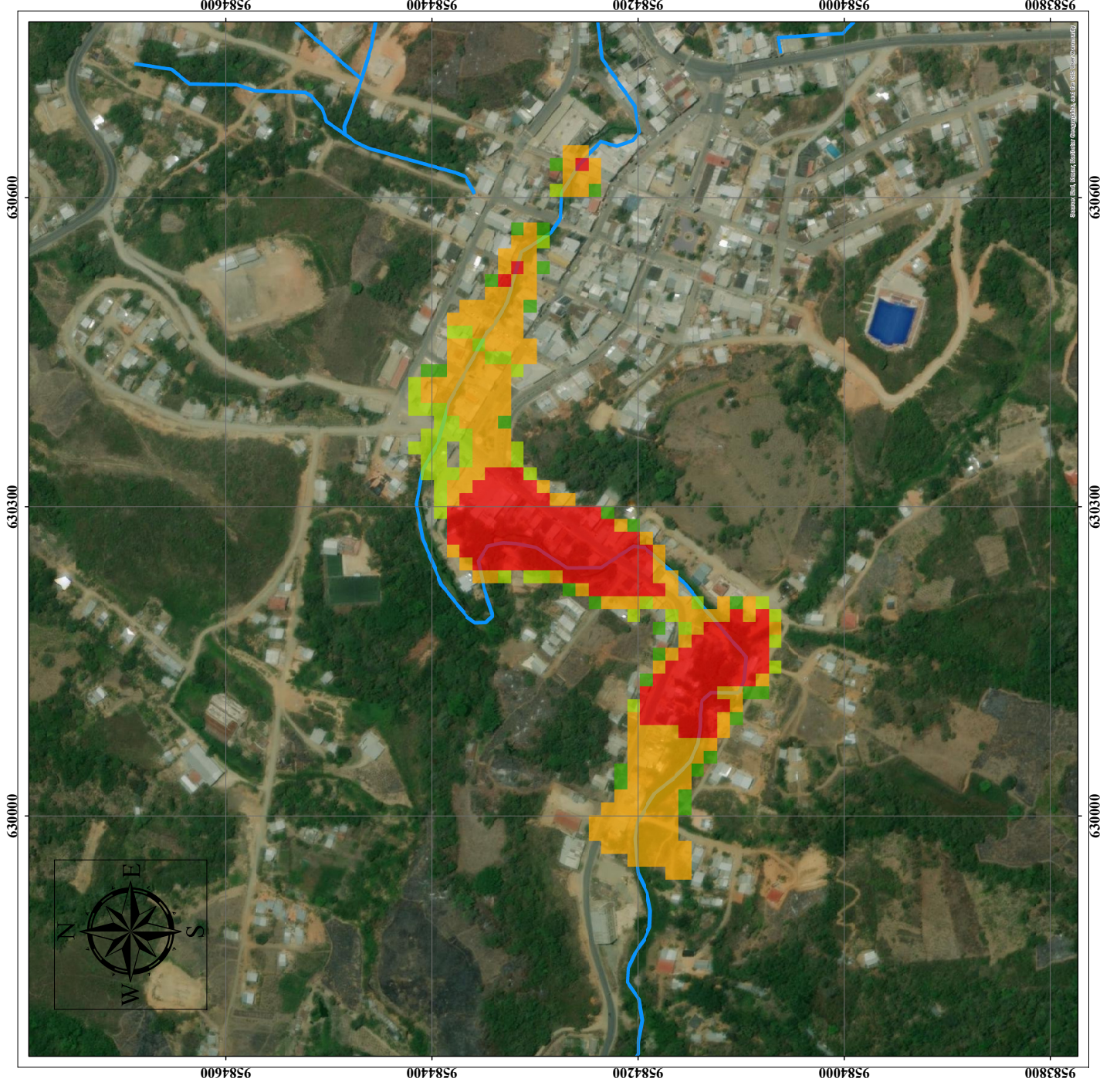
Elaborador por: Jean Paulo Asanza Suarez

Levantamiento realizado con Sistemas de Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona

Escala: 1:2,000

Escala gráfica: 0 65 130 260 390 Metros

MAPA DE RIESGO A INUNDACIONES PLUVIALES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



Nivel de riesgo a inundación

- 0 m - 0.3 m (Nulo)
- 0.3 m - 0.5 m (Bajo)
- 0.5 m - 1.5 m (Medio)
- > 1.5 m (Alto)
- Quebrada Balsas



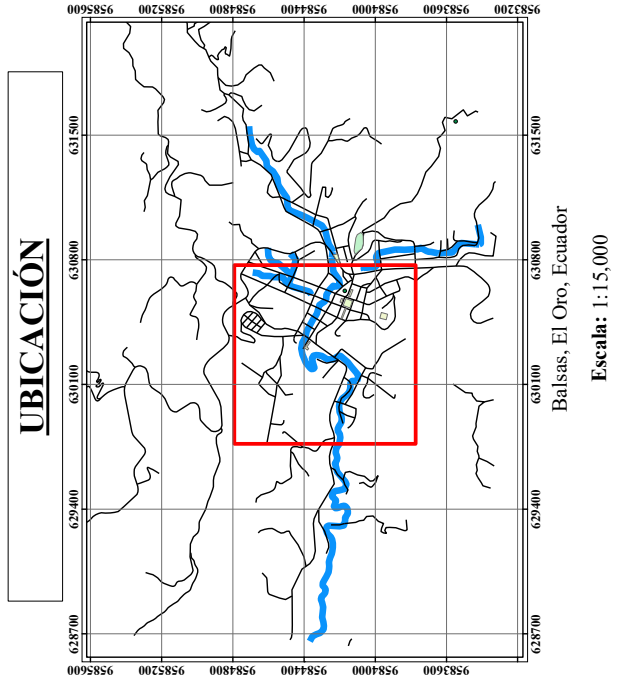
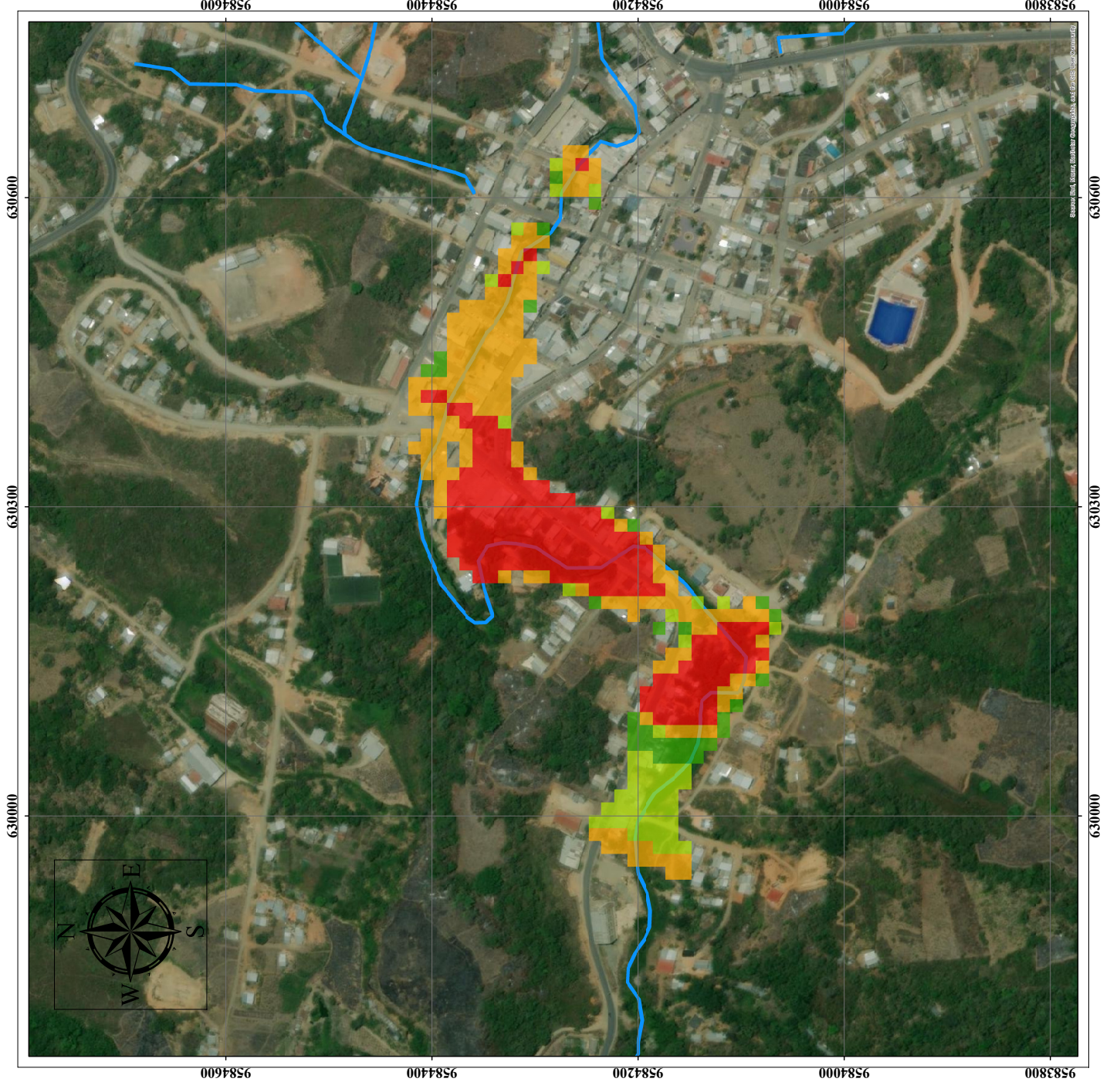
Elaborador por:
Jean Paulo Asanza Suarez

Levantamiento realizado con Sistemas de Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona

Escala:
1:2,000



MAPA DE RIESGO A INUNDACIONES PLUVIALES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS



Nivel de riesgo a inundación

- 0 m - 0.3 m (Nulo)
- 0.3 m - 0.5 m (Bajo)
- 0.5 m - 1.5 m (Medio)
- > 1.5 m (Alto)
- Quebrada Balsas



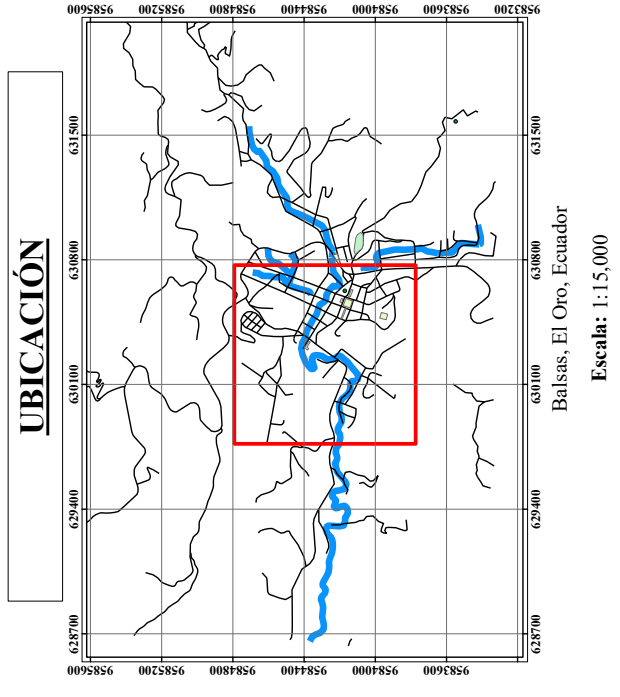
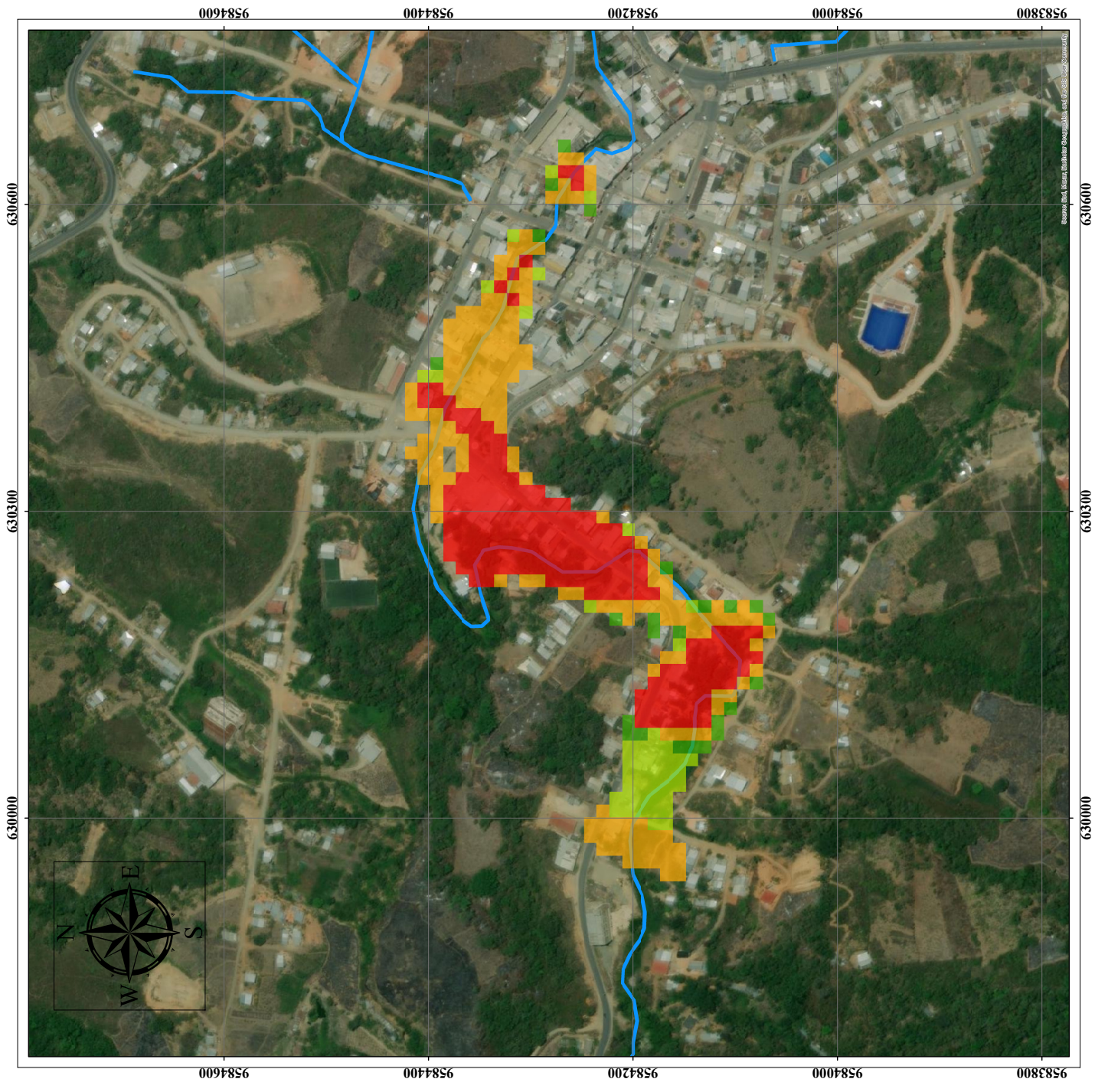
Elaborador por:
Jean Paulo Asanza Suarez

Levantamiento realizado con Sistemas de Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona

Escala:
1:2,000



MAPA DE RIESGO A INUNDACIONES PLUVIALES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS



Nivel de riesgo a inundación

- 0 m - 0.3 m (Nulo)
- 0.3 m - 0.5 m (Bajo)
- 0.5 m - 1.5 m (Medio)
- > 1.5 m (Alto)
- Quebrada Balsas



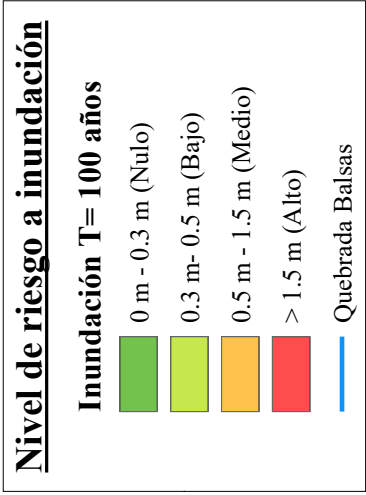
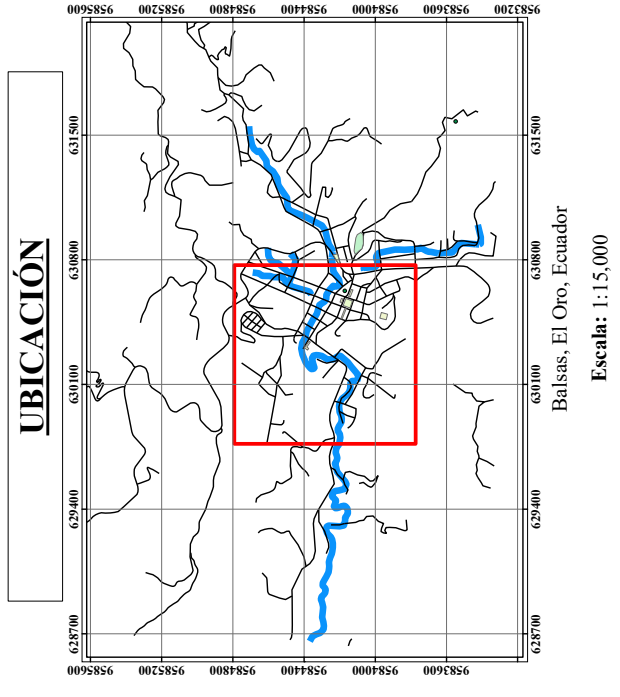
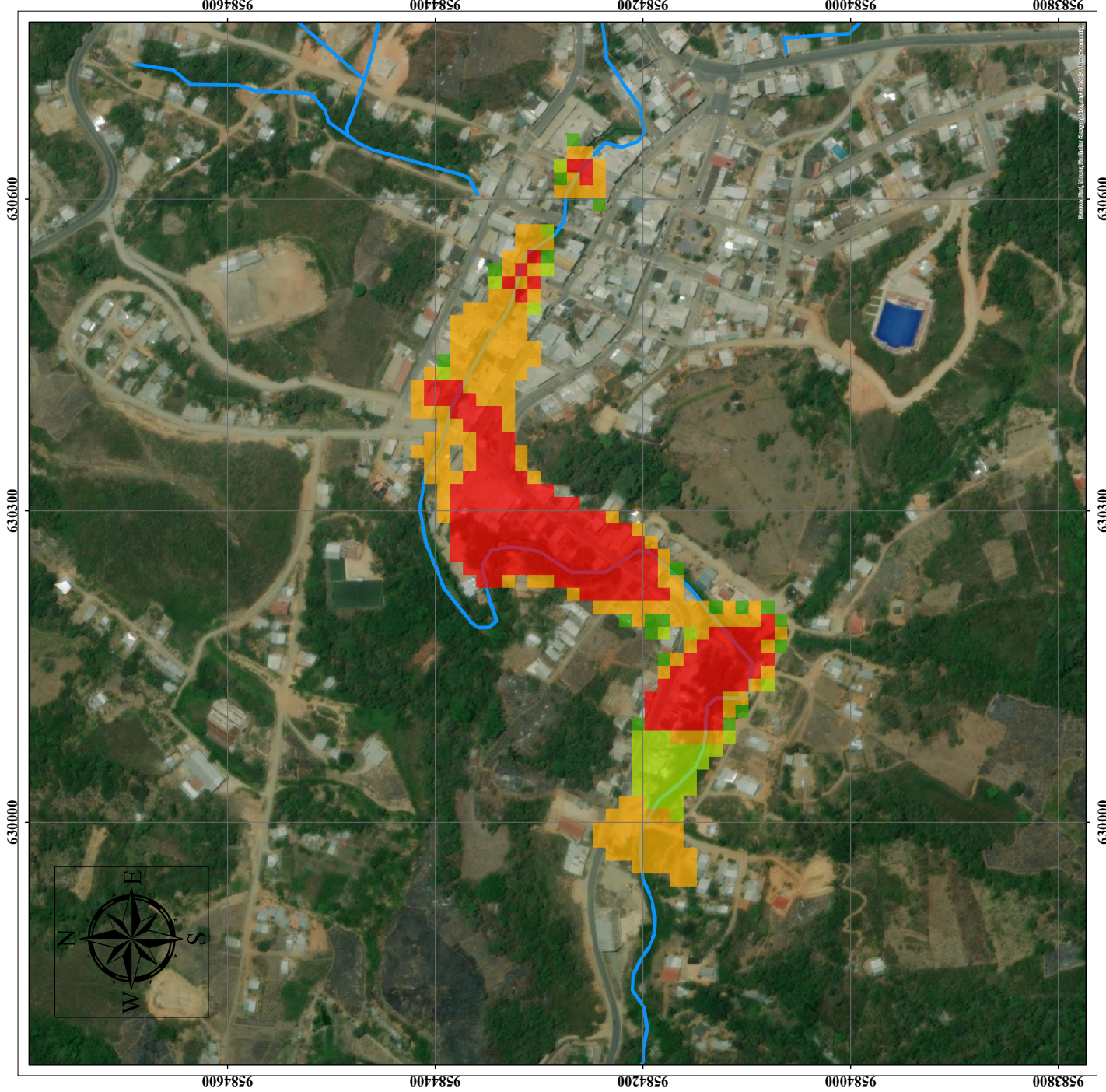
Elaborador por:
Jean Paulo Asanza Suarez

Levantamiento realizado con Sistemas de Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona

Escala:
1:2,000



MAPA DE RIESGO A INUNDACIONES PLUVIALES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS



Elaborador por:
Jean Paulo Asanza Suarez

Levantamiento realizado con Sistemas de Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona

Escala:
1:2,000

