



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA GEÓGRAFA Y DEL MEDIO AMBIENTE

“ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LAS ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHICO, UTILIZANDO HERRAMIENTAS GEOESPACIALES”

AUTORA: GUEVARA GUSQUI ODALIS DOMÉNICA

Director del Proyecto:

Ing. Rodolfo Jaime Salazar
Martínez, PhD.

Director de Carrera:

Ing. Alexander Robayo, Mst.

Docente Evaluador:

PhD. Fabián Francisco
Rodríguez Espinosa

Secretario Académico:

Abg. Carlos Calahorrano

Agosto, 2023



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



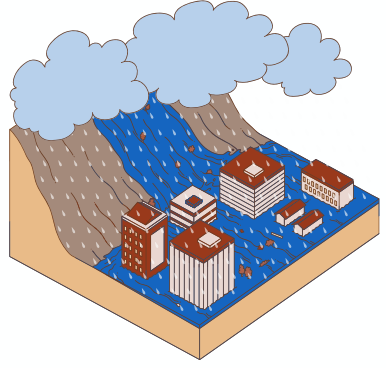
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Inundaciones

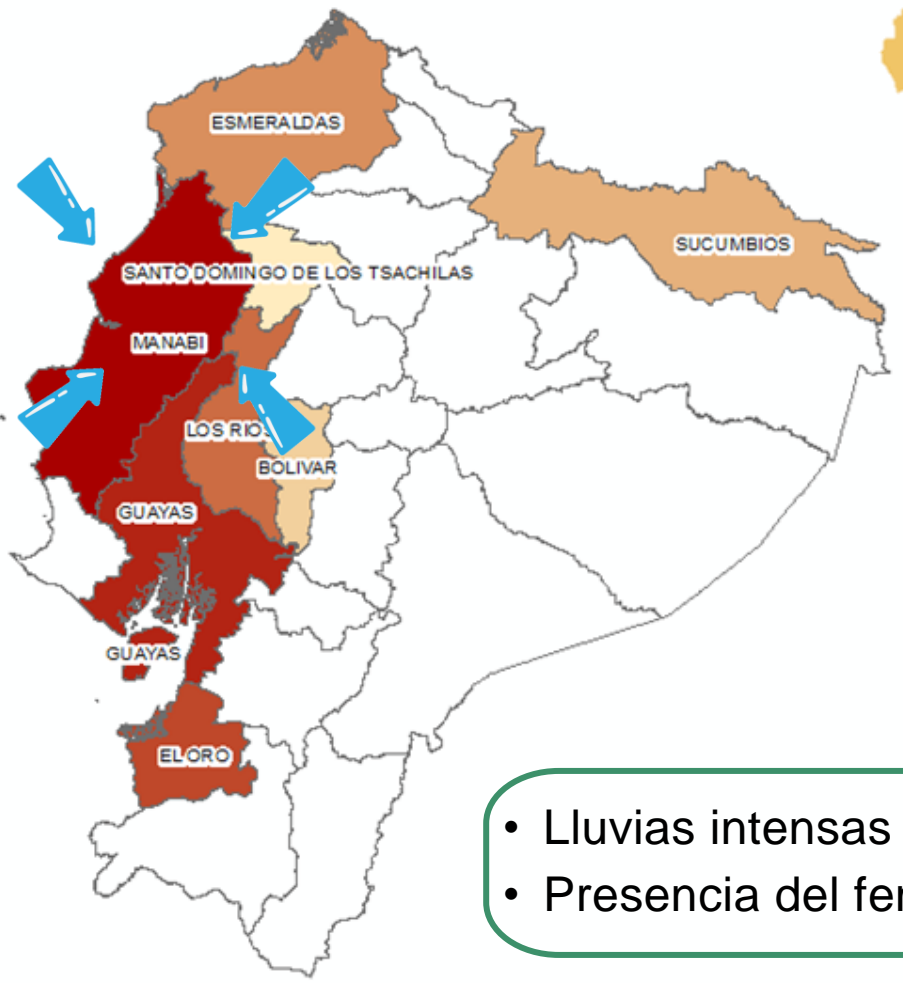
44%



Manejo deficiente de sus ríos y riberas.

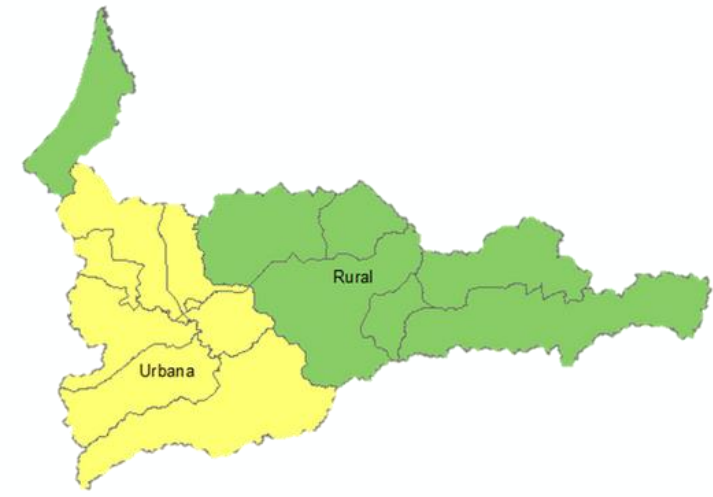


187,63 ha en Abdón Calderón presenta un alto riesgo a inundaciones.



- Lluvias intensas en períodos cortos.
- Presencia del fenómeno de El Niño.

1997 - Actualidad



Desbordamiento del río Portoviejo y Chico.

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



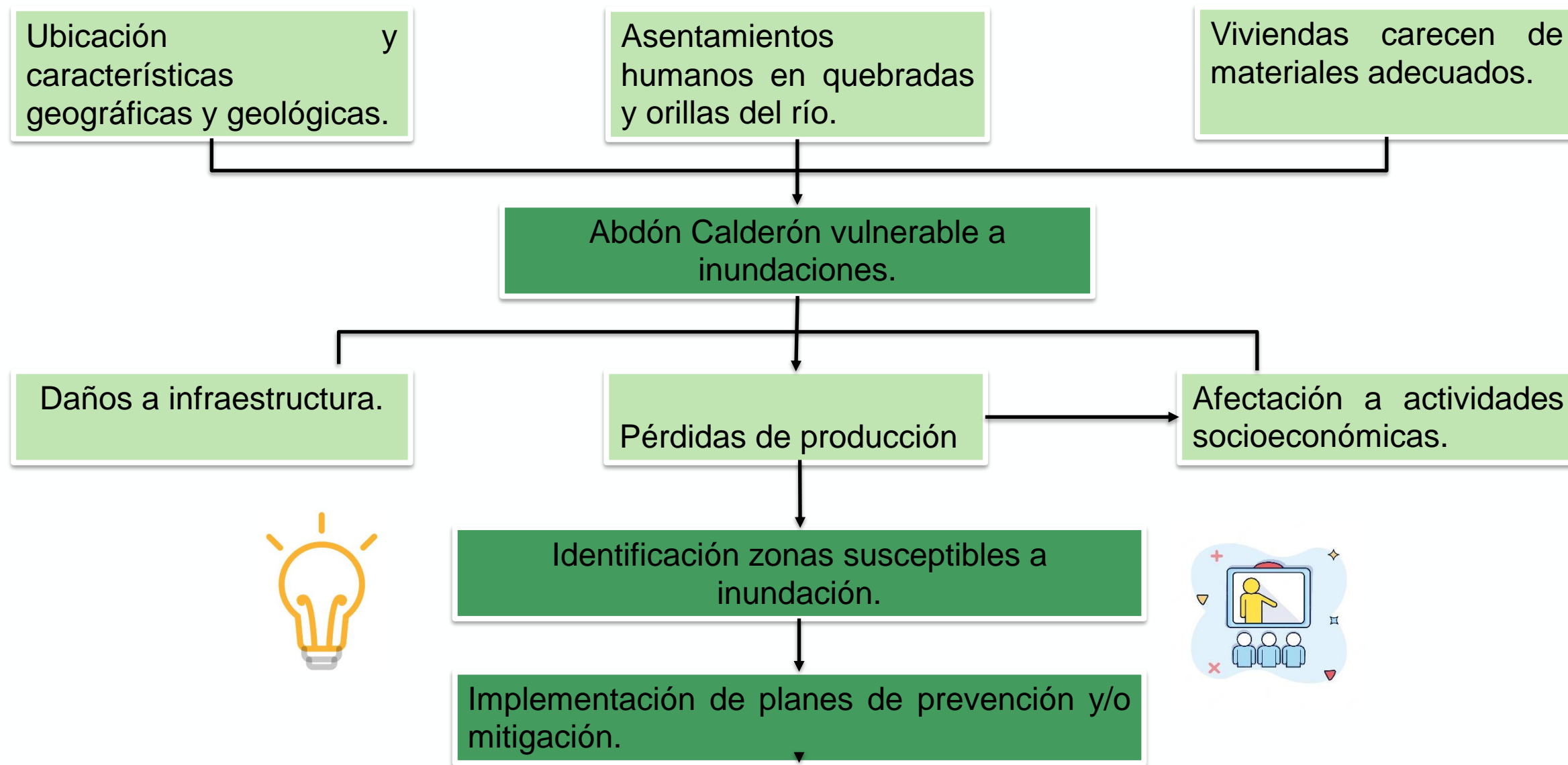
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE



OBJETIVOS



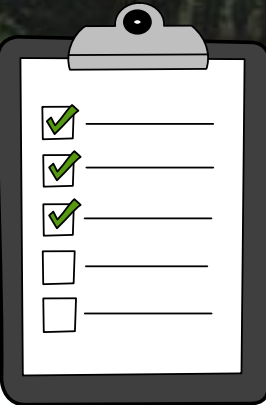
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE



Objetivo General

Realizar el análisis costo-beneficio de las zonas susceptibles a inundaciones en la subcuenca del río Chico, utilizando herramientas geoespaciales, para determinar el impacto económico con el fin de establecer alternativas que mitiguen los efectos de las inundaciones en la Parroquia Abdón Calderón, en apoyo en la gestión de riesgos.

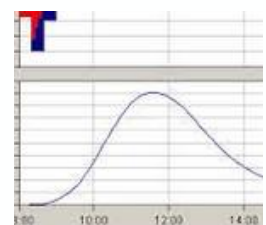
Objetivos Específicos



Recopilar e interpretar información para elaborar un modelo hidráulico.



Analizar e interpretar imágenes radar SENTINEL-1 GRD de época seca y lluviosa.



Determinar hidrogramas de modelación con caudales de diseño para períodos de retorno de 2, 5, 10 y 25 años.



Simular las crecidas de inundación en HEC-RAS.



Realizar la valoración económica mediante análisis costo beneficio.



Comparación de resultados.



Desarrollar las bases para una propuesta de estrategia de prevención y mitigación.



ÁREA DE ESTUDIO



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

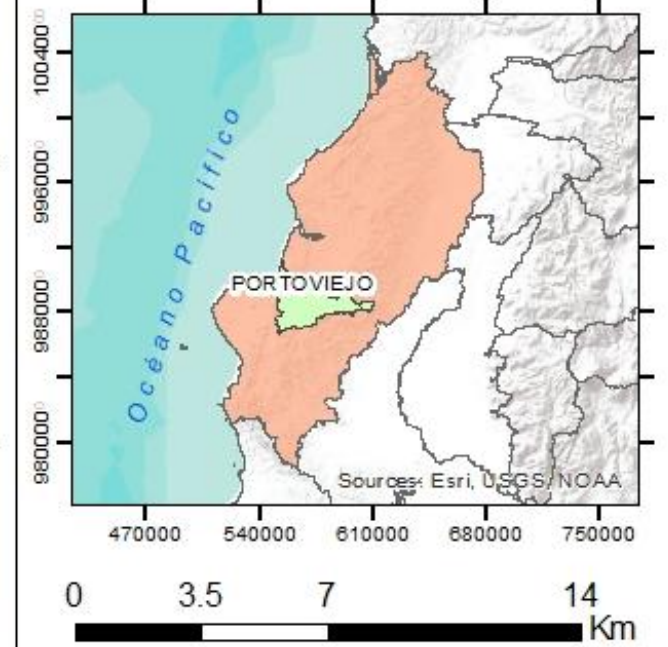
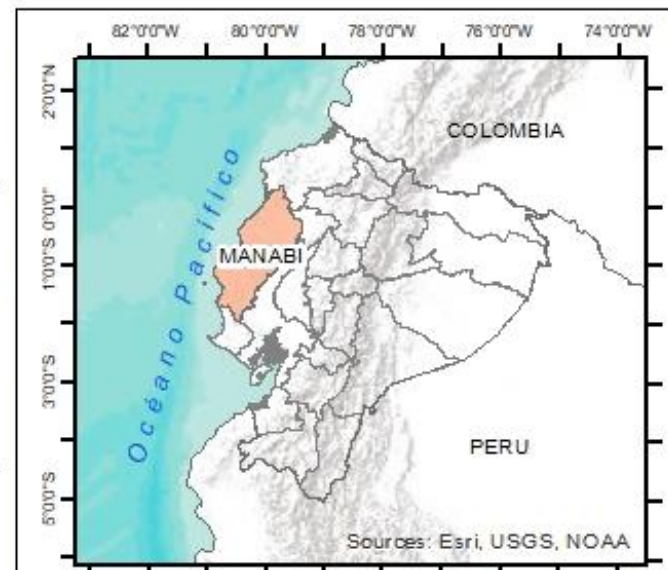
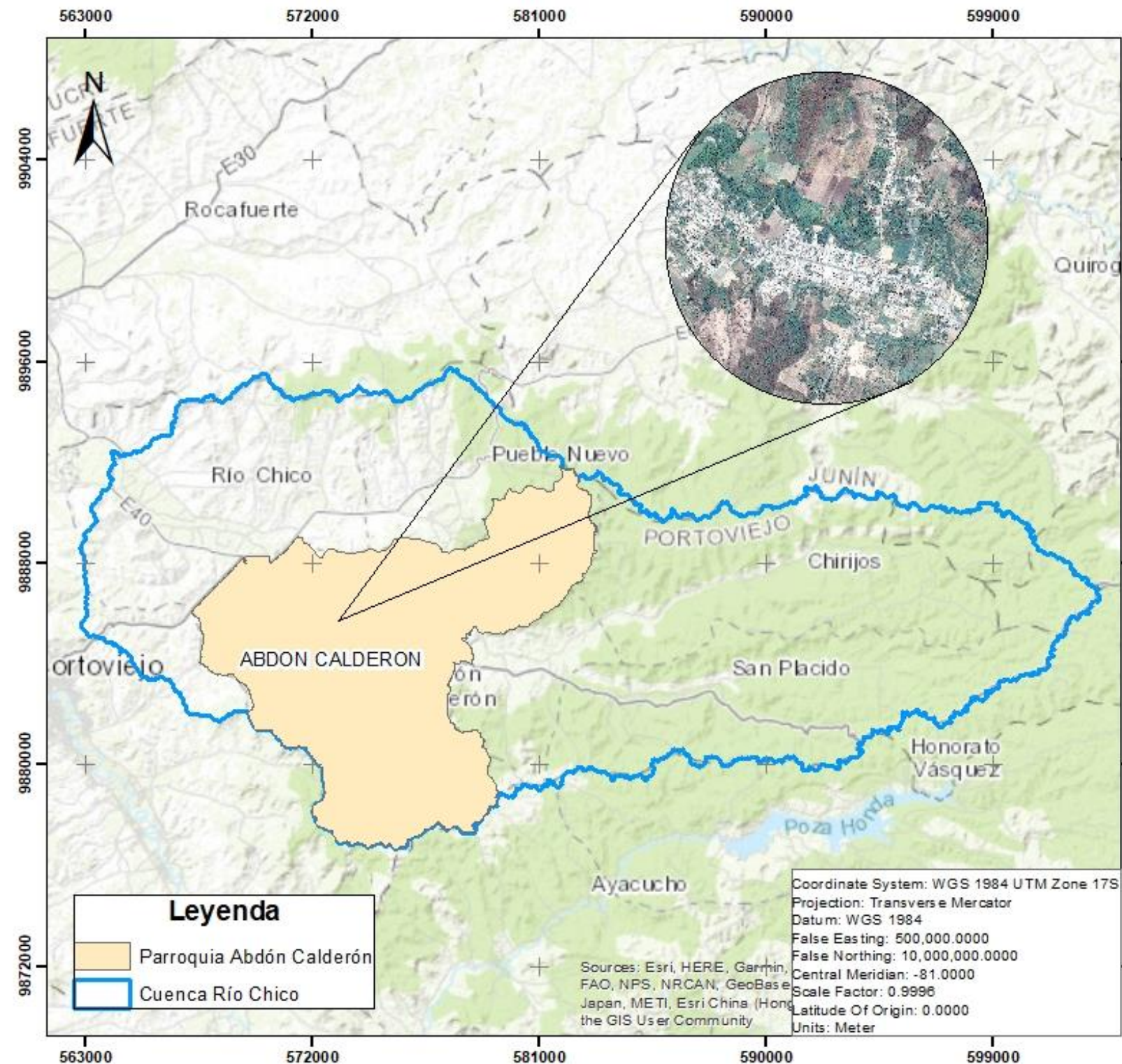


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

ÁREA DE ESTUDIO



	Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"	
	Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción	
	Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente	
Proyecto: Análisis costo-beneficio de las zonas susceptibles a inundaciones en la subcuenca del río Chico utilizando herramientas geoespaciales		
Tema: Área de estudio Subcuenca Río Chico - Parroquia Abdón Calderón		
Fecha: 31/03/2023		
Elaborado por: Odalis Guerra		Revisado por: Ph.D. Roberto Salazar

- Ubicación: Provincia de Manabí, Cantón Portoviejo, Parroquia Abdón Calderón.
- Sistema hidrográfico de la Subcuenca del río Chico.
- Extensión territorial de 122.44 km²
- Alberga 27 comunidades.

METODOLOGÍA



METODOLOGÍA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

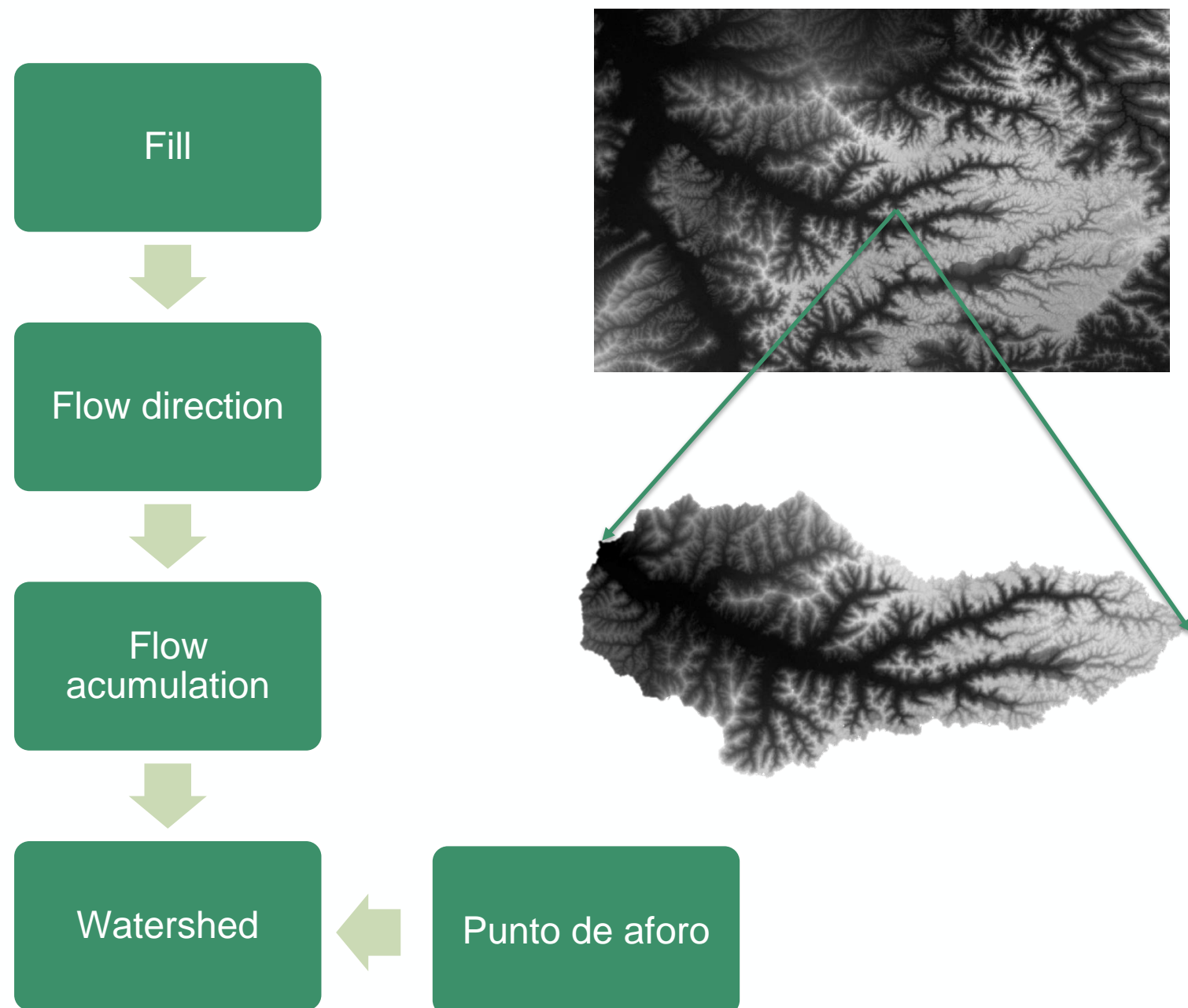


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

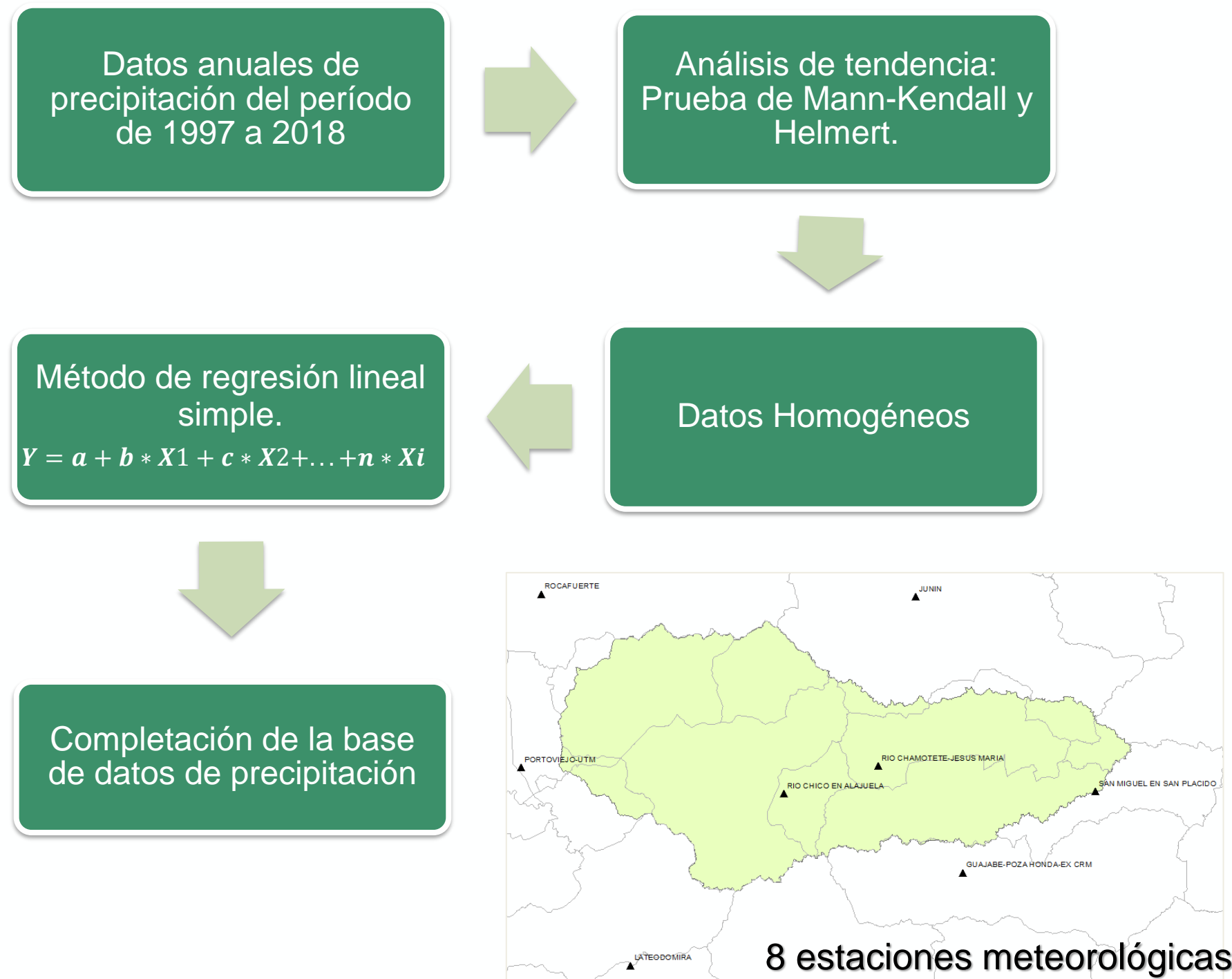


CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Delimitación Hidrográfica de la cuenca



Modelamiento Hidrológico



8 estaciones meteorológicas

METODOLOGÍA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

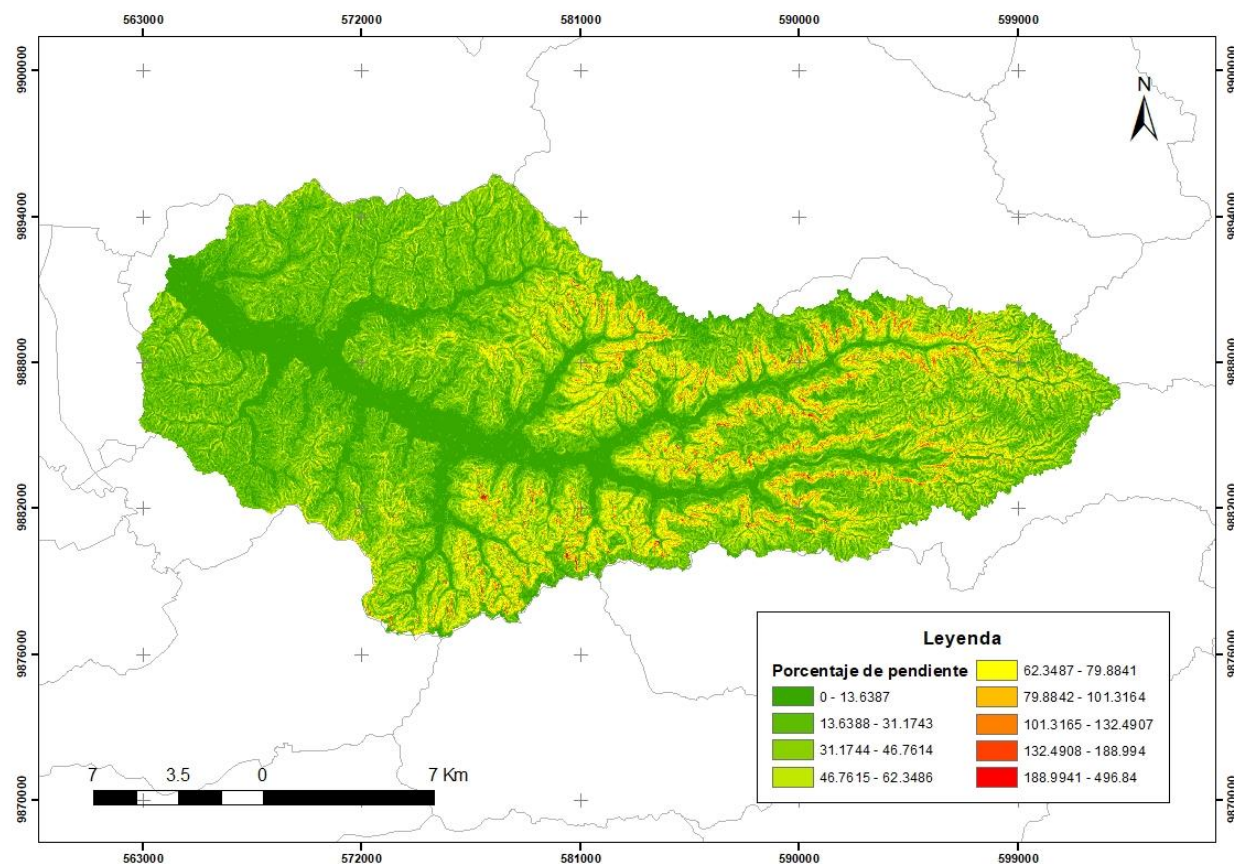


CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Modelamiento Hidrológico

Parámetros Geomorfológicos de la Subcuenca

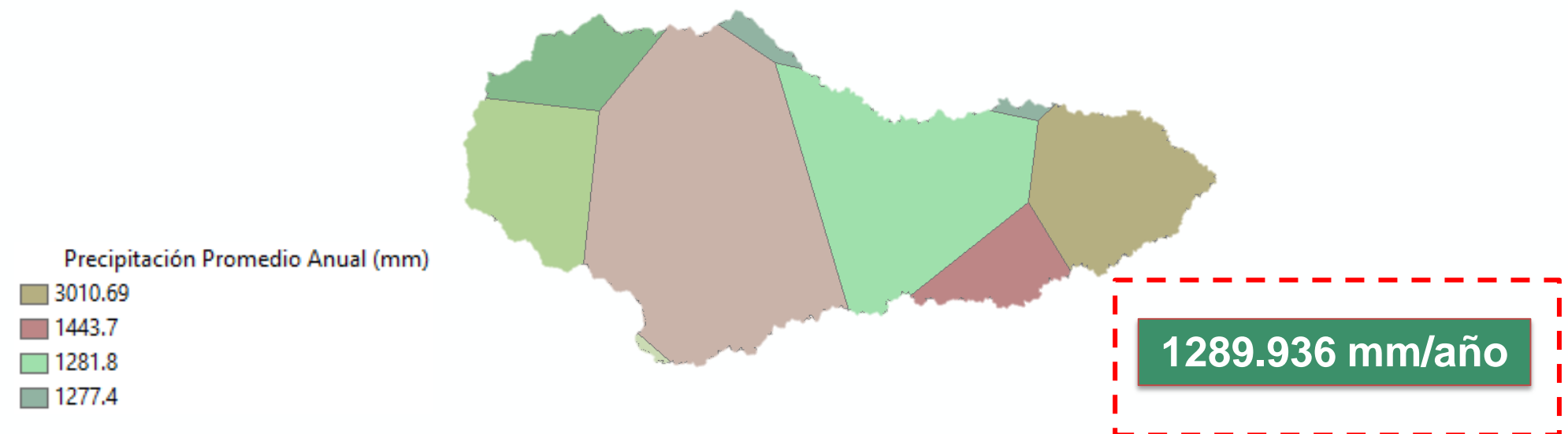
Área	451.21 km ²
Longitud del cauce principal	40.29 km
Pendiente media	37.03%



Precipitación Media de la Subcuenca

Nombre	Código	Elevación	Precipitación Promedio Anual (mm)
RIO CHICO EN ALAJUELA	M0454	118	989.06
RIO CHAMOTETE-JESUS MARIA	M0464	128	1281.80
ROCAFUERTE	M0165	200	537.10
PORTOVIEJO-UTM	M0005	46	625.40
JUNIN	M0462	20	1277.40
GUAJABE-POZA HONDA-EX CRM	M1076	0	1443.70
LA TEODOMIRA	M1208	60	921.30
SAN MIGUEL EN SAN PLACIDO	M1090	439	3010.69

Polígonos de Thiessen



1289.936 mm/año

METODOLOGÍA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



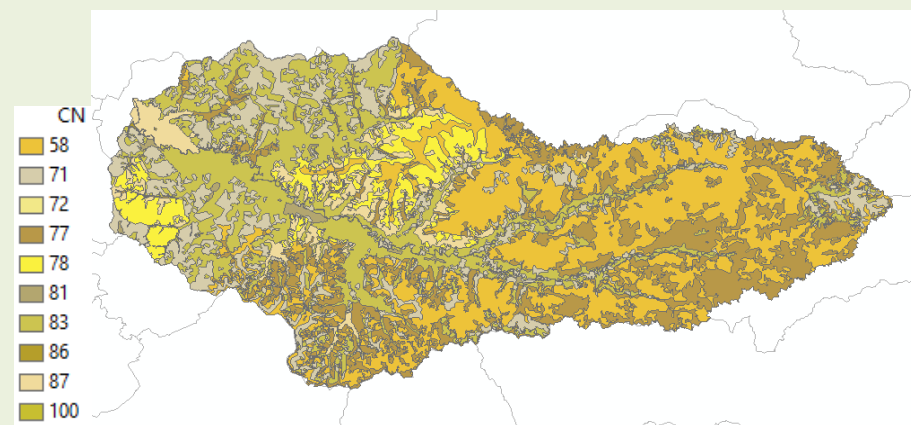
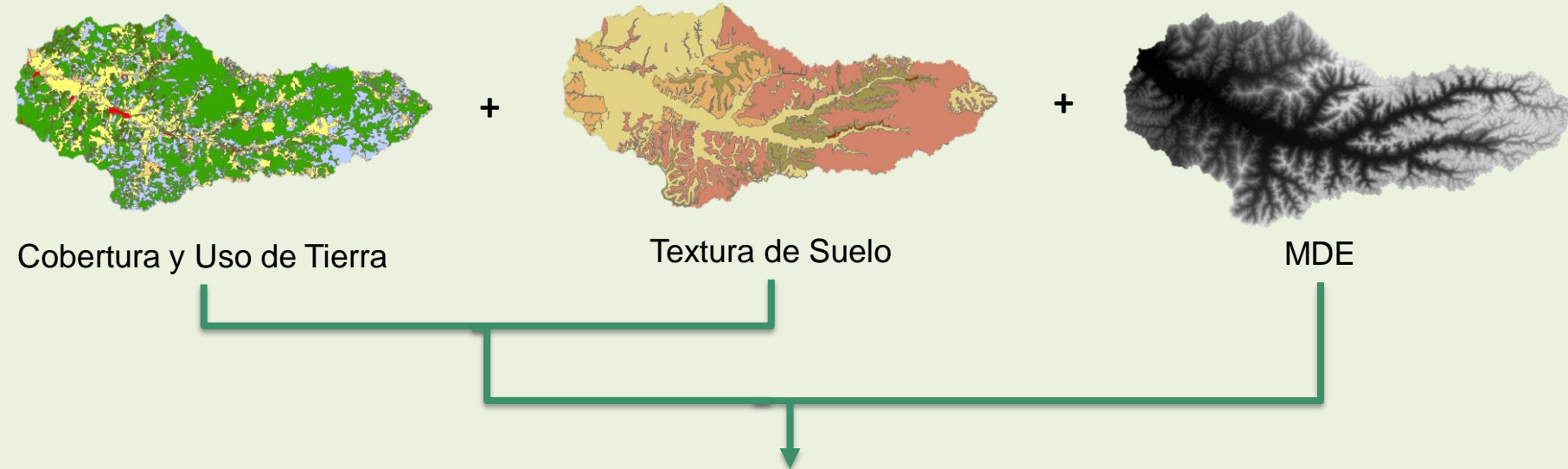
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Modelamiento Hidrológico

Número de Curva



0: capacidad máx de infiltración
100: capacidad min de infiltración,
> escorrentía

CN para la Subcuenca del río Chico

Gridcode	CN	Área km2	CN*Área
1	100	1.412	141.226
2	87	25.060	2180.237
3	86	0.088	7.542
4	83	97.588	8099.806
5	81	2.692	218.041
6	78	28.081	2190.291
7	77	89.668	6904.398
8	72	0.119	8.566
9	71	69.131	4908.282
10	58	137.358	7966.735
Sumatoria		451.195	32625.125
CN			72.308

Clasificación original		Reclasificación	
Número	Descripción	Número	Descripción
11	Agua a cielo abierto	1	Agua
90	Humedales leñosos		
95	Humedales herbáceos emergentes		
21	Poblados en espacios abiertos	2	Residencial media
22	Poblados de baja intensidad		
23	Poblados de mediana intensidad		
24	Poblados de alta intensidad	3	Bosque
41	Bosques secos		
42	Bosques verdes		
43	Bosques mixtos	4	Agricultura
31	Tierra fértil		
52	Arbustos/matorrales		
71	Pastizales/herbáceas		
81	Pasto/heno		
82	Cultivos		

Grupo hidrológico del suelo	Infiltración cuando están muy húmedos	Características	Textura
A	Rápida	Alta capacidad de Infiltración > 76 mm/h	Arenosa
			Arenosa-limosa
B	Moderada	Capacidad de infiltración 76-38 mm/h	Franca
			Franco-arcillosa-arenosa
			Franco-limosa
C	Lenta	Capacidad de infiltración 36-13 mm/h	Franco-arcillosa
			Franco-arcillo-limosa
			Arcillo-arenosa
D	Muy Lenta	Capacidad de infiltración < 13 mm/h	Arcillosa

METODOLOGÍA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Modelamiento Hidrológico

Tiempo de concentración

$$tc = \frac{100 * L^{0.8} [(100/CN) - 9]^{0.7}}{1900 * S^{0.5}}$$

$$tc = 5.343 \text{ h} = 320.6 \text{ min}$$

Donde:

tc: tiempo de concentración en min

L: longitud hidráulica de la cuenca en ft

CN: número de curva SCS (adimensional)

S: pendiente promedio de la cuenca en %

Coeficiente de escorrentía

S (Retención potencial máxima)	97.274	mm
Ia (Inicial de abstracción)	19.455	mm
P (Precipitación total)	1289.936	mm/año
Pe (Escorrentía directa)	1180.125	mm/año
C (Coeficiente de escorrentía)	0.915	adimensional

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

$$I_a = 0.2 * S$$

$$C = \frac{(P - I_a)^2}{P^2 + 4 * P * I_a}$$

Donde:

P: Precipitación total o profundidad de precipitación

P_e: Exceso de precipitación o escorrentía directa

I_a: Profundidad adicional retenida o abstracción continuada

S: Retención potencial máxima

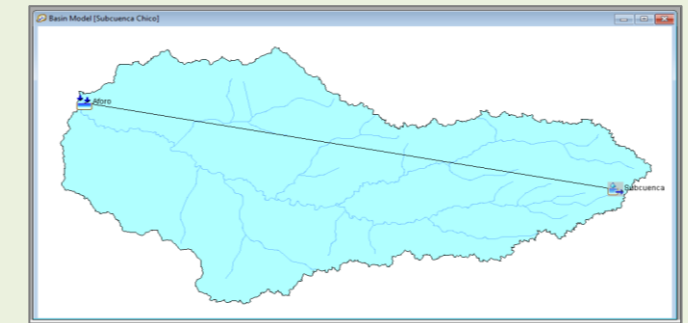
Determinación de caudales máximos

1. Modelo de la Cuenca (Basin Model).

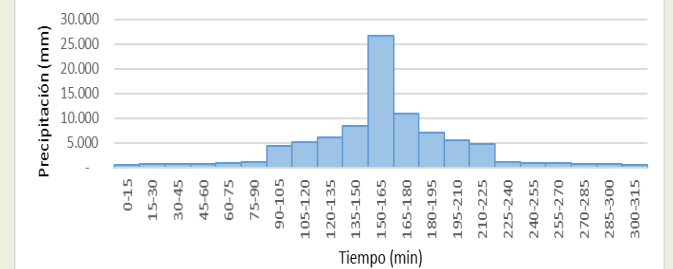
2. El Modelo Meteorológico (Meteorologic Model).

3. Series de Datos Instantáneos (Time Series Data).

4. Especificaciones de control (Control Specifications).



HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO PARA TR = 25 AÑOS



Ecuaciones de intensidad de duración-frecuencia para la estación M005

Estación		Intervalos de tiempo (mn)	Ecuaciones
Código	Nombre		
M0005	PORTOVIEJO	5<120	$i = 175.897 * T^{0.2692} * tc^{-0.5042}$
		120<1440	$i = 891.120 * T^{0.2424} * tc^{-0.8418}$

Computo con tiempos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años.

Global Summary Results for Run "Run 4"				
Project: Caudal de diseño 4 Simulation Run: Run 4				
Start of Run: 26feb.2022, 00:00		Basin Model: Subcuenca Chico		
End of Run: 26feb.2022, 15:15		Meteorologic Model: Datos meteorologicos		
Compute Time: 22jul.2023, 00:01:59		Control Specifications: Control		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	451,21434	778,9	26feb.2022, 06:15	29,48
Aforo	451,21434	778,9	26feb.2022, 06:15	29,48



METODOLOGÍA



Modelamiento Hidráulico

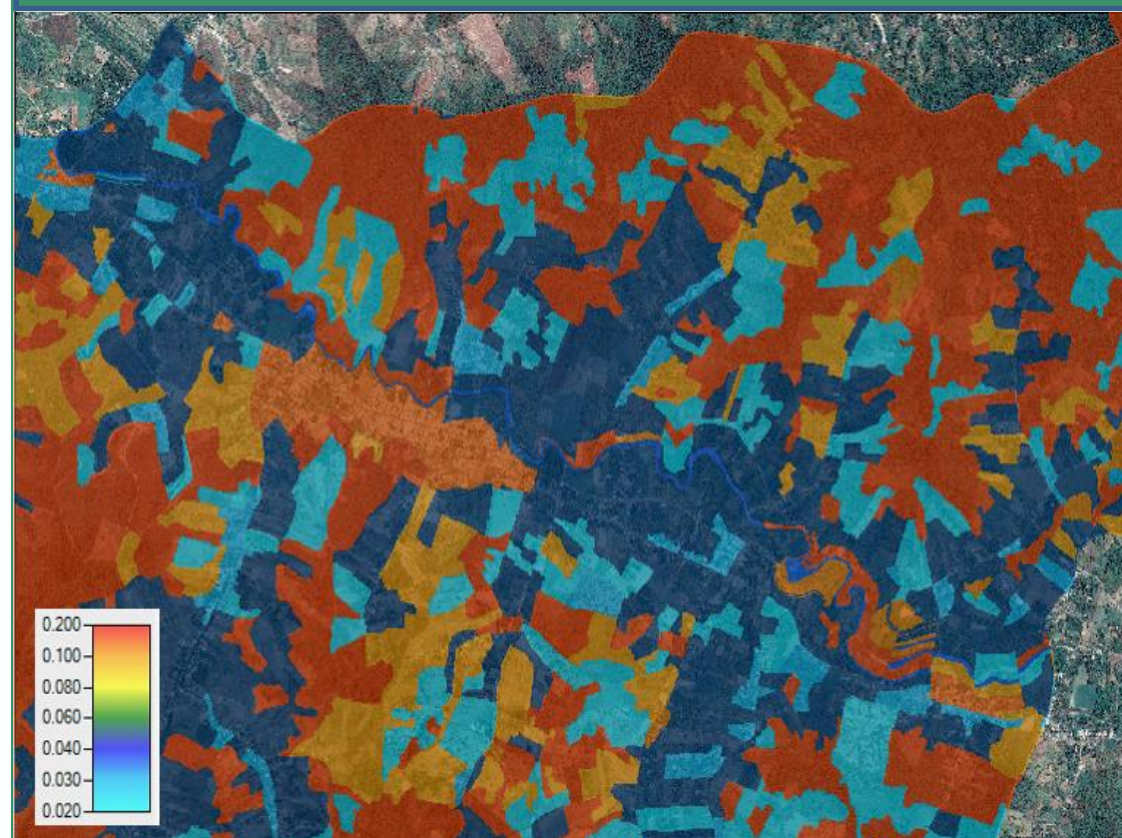
Insumos del modelo hidráulico

Caudal pico de cada período de retorno

Cobertura y Uso de Suelo – Coeficiente de rugosidad

Geometría cauce del río

Coeficiente de rugosidad



Medida de
textura



0,001
(superficies muy
lisas) –
0,1 (superficies
muy rugosas)

Valor NLCD	n rango de valores	Descripción
11	0,025 - 0,05	Aguas abiertas: áreas de aguas abiertas, generalmente con menos del 25% de cobertura de vegetación o suelo. Esto es para arroyos naturales en pendientes leves a moderadas.
12	n / A	Hielo/Nieve Perenne - áreas caracterizadas por una cubierta perenne de hielo y/o nieve, generalmente más del 25% de la cubierta total.
21	0,03 - 0,05	Espacio abierto desarrollado: áreas con una mezcla de algunos materiales construidos, pero principalmente vegetación en forma de césped. Las superficies impermeables representan menos del 20% de la cubierta total. Estas áreas comúnmente incluyen unidades de vivienda unifamiliares de lotes grandes, parques, campos de golf y vegetación plantada en entornos desarrollados para fines recreativos, de control de la erosión o estéticos.
22	0,06 - 0,12	Desarrollado, Baja Intensidad - áreas con una mezcla de materiales construidos y vegetación. Las superficies impermeables representan del 20% al 49% por ciento de la cubierta total. Estas áreas comúnmente incluyen unidades de vivienda unifamiliares.
23	0,08 - 0,16	Desarrolladas, Intensidad Media - áreas con una mezcla de materiales construidos y vegetación. Las superficies impermeables representan del 50% al 79% de la cubierta total. Estas áreas comúnmente incluyen unidades de vivienda unifamiliares.
24	0,12 - 0,20	Áreas desarrolladas de alta intensidad: áreas altamente desarrolladas donde las personas residen o trabajan en gran número. Los ejemplos incluyen complejos de apartamentos, casas adosadas y comerciales/industriales. Las superficies impermeables representan del 80% al 100% de la cubierta total.
31	0,023 - 0,030	Tierra baldía (roca/arena/arcilla): áreas de lecho rocoso, pavimento desértico, escarpes, taludes, deslizamientos, material volcánico, escombros glaciales, dunas de arena, minas a cielo abierto, canteras de grava y otras acumulaciones de material de tierra. Generalmente, la vegetación representa menos del 15% de la cobertura total.
41	0,10 - 0,20	Bosque caducifolio: áreas dominadas por árboles generalmente de más de 5 metros de altura y más del 20% de la cubierta vegetal total. Más del 75% de las especies de árboles arrojan follaje simultáneamente en respuesta al cambio estacional.
42	0,08 - 0,16	Bosque siempre verde: áreas dominadas por árboles que generalmente superan los 5 metros de altura y superan el 20 % de la cubierta vegetal total. Más del 75% de las especies de árboles mantienen sus hojas todo el año. El dosel nunca está sin follaje verde.
43	0,08 - 0,20	Bosque mixto: áreas dominadas por árboles generalmente de más de 5 metros de altura y más del 20% de la cubierta vegetal total. Ni las especies de hoja caduca ni las de hoja perenne superan el 75% de la cubierta arbórea total.
51	0,025 - 0,05	Matorral enano: solo áreas de Alaska dominadas por arbustos de menos de 20 centímetros de altura con un dosel de arbustos típicamente mayor al 20% de la vegetación total. Este tipo a menudo se asocia con pastos, juncos, hierbas y vegetación no vascular.
52	0,07 - 0,16	Arbusto/matorral: áreas dominadas por arbustos; menos de 5 metros de altura con dosel de arbustos típicamente mayor al 20% de la vegetación total. Esta clase incluye arbustos verdaderos, árboles jóvenes en una etapa de sucesión temprana o árboles atrofiados por las condiciones ambientales.
71	0,025 - 0,05	Pastizales/ Herbáceos: áreas dominadas por vegetación graminoide o herbácea, generalmente más del 80% de la vegetación total. Estas áreas no están sujetas a un manejo intensivo como la labranza, pero pueden utilizarse para el pastoreo.
72	0,025 - 0,05	Juncias/herbáceas: solo áreas de Alaska dominadas por juncias y hierbas, generalmente más del 80% de la vegetación total. Este tipo puede ocurrir con otros pastos significativos u otras plantas similares a pastos, e incluye la tundra de juncos y la tundra de matas de juncos.
73	n / A	Líquenes : solo áreas de Alaska dominadas por líquenes fruticosos o foliosos, generalmente más del 80% de la vegetación total.
74	n / A	Musgo : solo áreas de Alaska dominadas por musgos, generalmente más del 80% de la vegetación total.
81	0,025 - 0,05	Pasto/Heno: áreas de pastos, leguminosas o mezclas de pastos y leguminosas plantadas para el pastoreo de ganado o la producción de cultivos de semillas o heno, típicamente en un ciclo perenne. La vegetación de pasto/heno representa más del 20% de la vegetación total.
82	0,020 - 0,05	Cultivos: áreas utilizadas para la producción de cultivos anuales, como maíz, soja, hortalizas, tabaco y algodón, y también cultivos leñosos perennes, como huertas y viñedos. La vegetación de cultivo representa más del 20% de la vegetación total. Esta clase también incluye todas las tierras que se labran activamente.
90	0,045 - 0,15	Humedales leñosos : áreas donde la vegetación de bosques o matorrales representa más del 20% de la cubierta vegetal y el suelo o sustrato se satura o cubre periódicamente con agua.
95	0,05 - 0,085	Humedales herbáceos emergentes : áreas donde la vegetación herbácea perenne representa más del 80% de la cubierta vegetal y el suelo o sustrato se satura o cubre periódicamente con agua.

METODOLOGÍA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

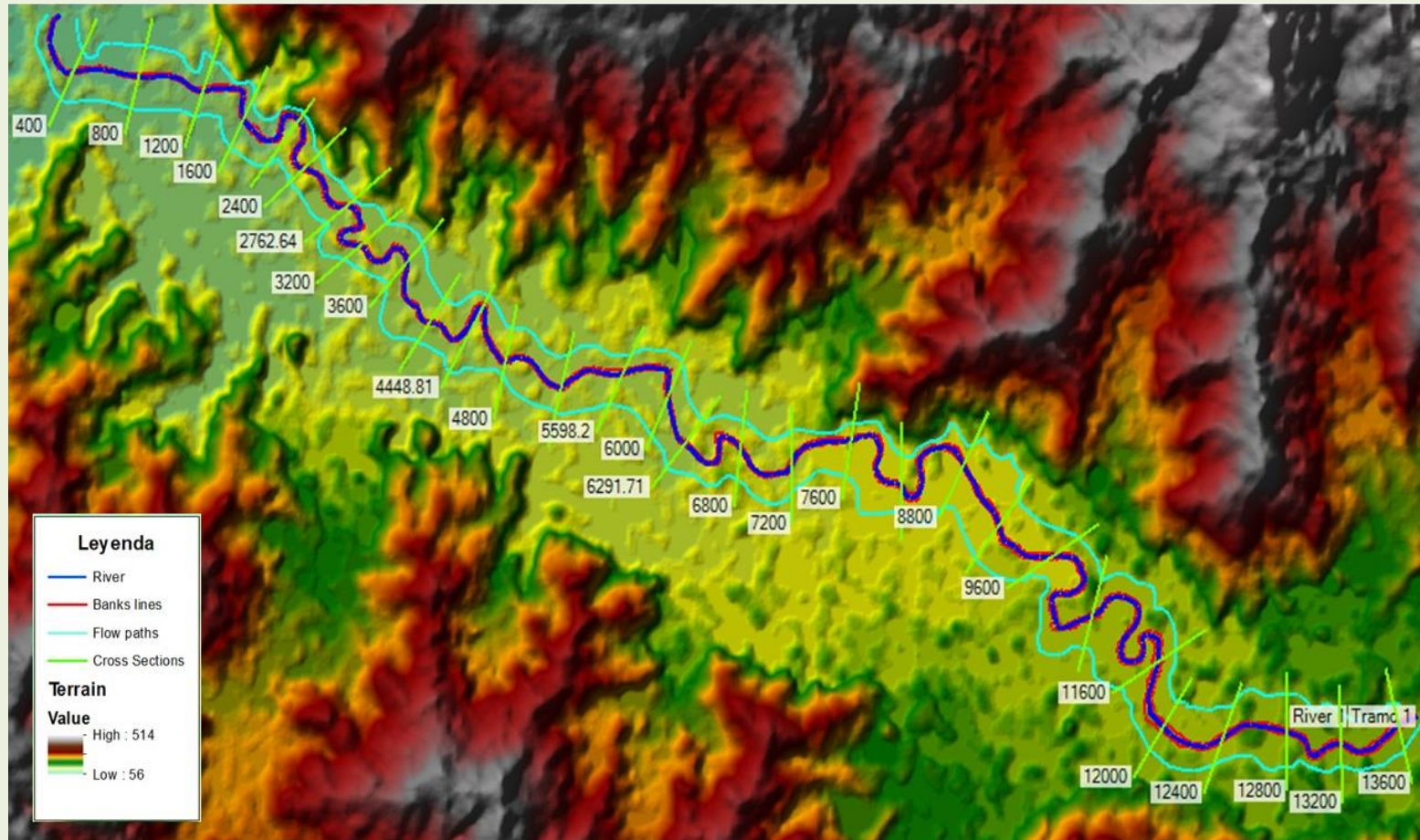


CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Modelamiento Hidráulico

- » River ●
- » Bank lines ●
- » Flow Paths ●
- » Cross Sections ●

Generación de la Geometría



Proceso de modelamiento

Steady Flow Data - FlowHec

File Options Help

Description :

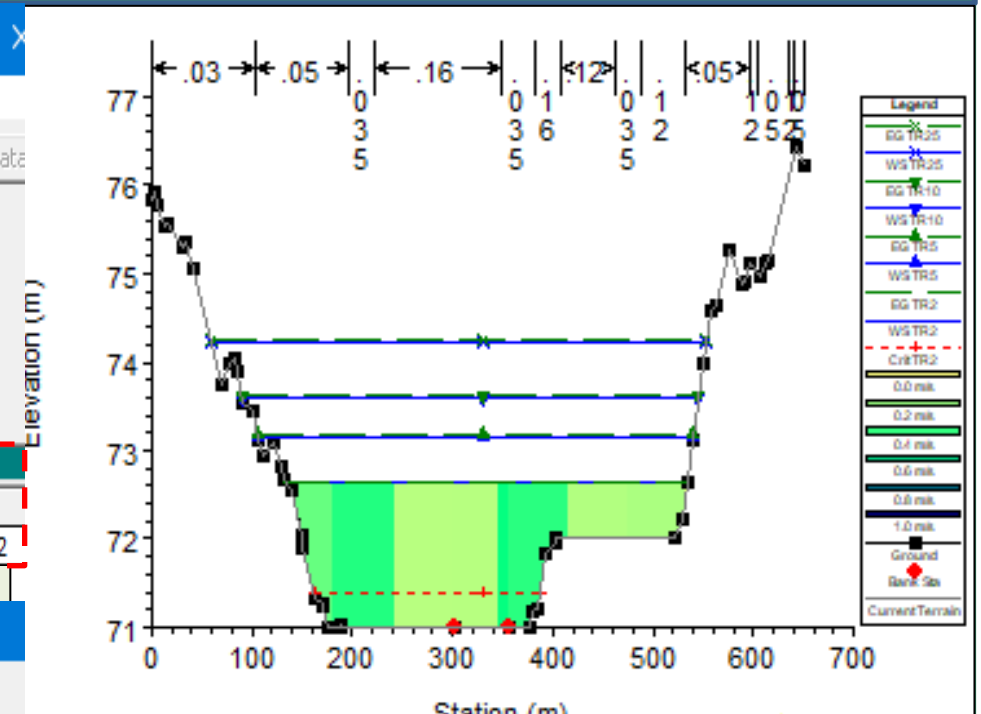
Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): 5

Locations of Flow Data Changes

River: River 1

Reach: Tramo 1 River Sta.: 13600

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates					
River	Reach	RS	TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	
1	River 1	Tramo 1	13600	129.3	269.1	440.7	778.9	1146.2



Steady Flow Boundary Conditions

Set boundary for all profiles

Available External Boundary Condition Types

Known W.S. Critical Depth Normal Depth Rating Curve Delete

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
River 1	Tramo 1	all	Normal Depth S = 0.0248	Normal Depth S = 0.0248

Simulación del área de inundación del río Chico para un periodo de retorno de 25 años

Steady Flow Analysis

File Options Help

Plan: PlanHec Short ID: FluPlan

Geometry File: GeometryHec

Steady Flow File: FlowHec

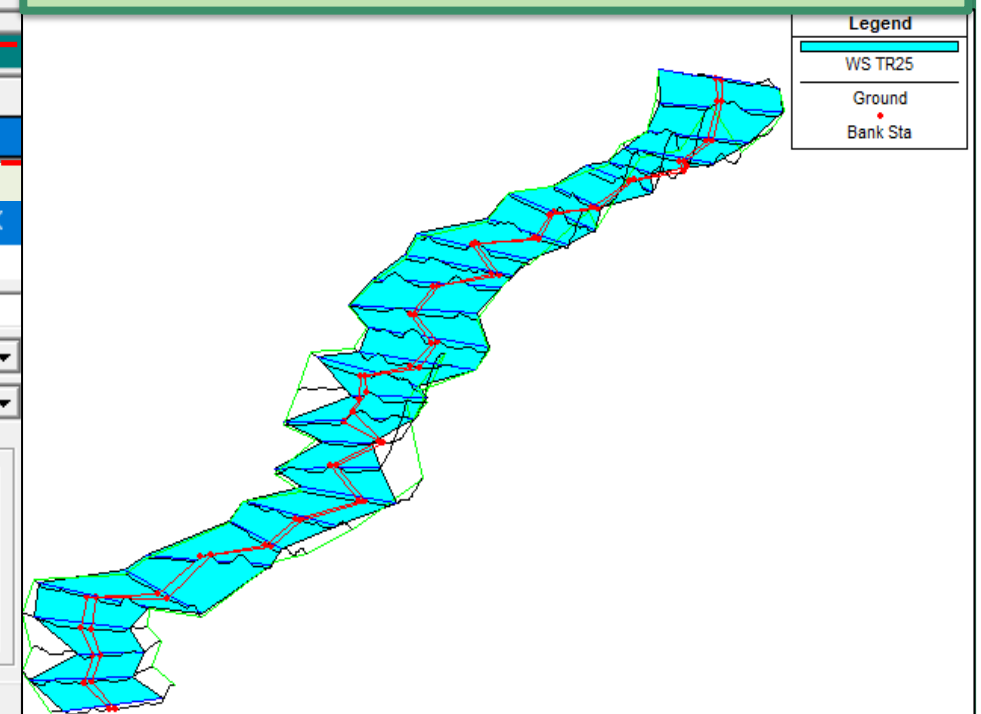
Flow Regime

- Subcritical
- Supercritical
- Mixed

Optional Programs

- Floodplain Mapping

Compute



METODOLOGÍA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Técnica de detección de cambios de imágenes radar: Composición de Color Temporal

Descripción de los datos de las Imágenes Sentinel-1 GRD

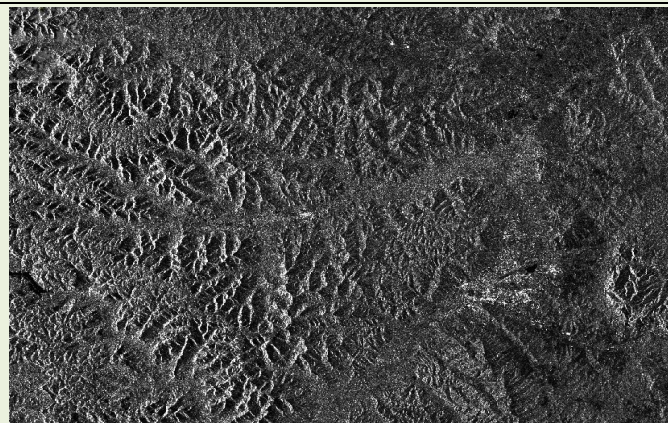
Imágenes sensor Sentinel 1-GRDH

ÉPOCA LLUVIOSA

Producto:

Visualización

S1A_IW_GRDH_1SDV_20190208T110103_20190208T110132_025837_02DFF1_9C66



Fecha de toma: 2019/02/08

Nivel de procesamiento: NIVEL 1

Tipo de polarización: Dual VV-VH

Modo de adquisición: IW

Banda: C

Resolución espacial: 10mx10m

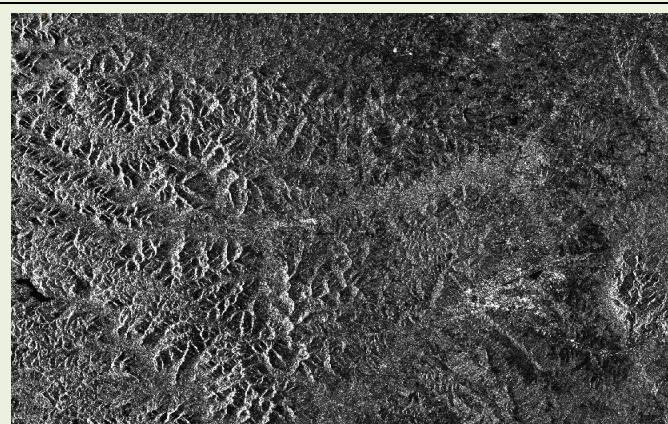
Tamaño: 1.8 GB

ÉPOCA SECA

Producto:

Visualización

S1A_IW_GRDH_1SDV_20180824T110105_20180824T110117_023387_028B66_A504



Fecha de toma: 2018/08/24

Nivel de procesamiento: NIVEL 1

Tipo de polarización: Dual VV-VH

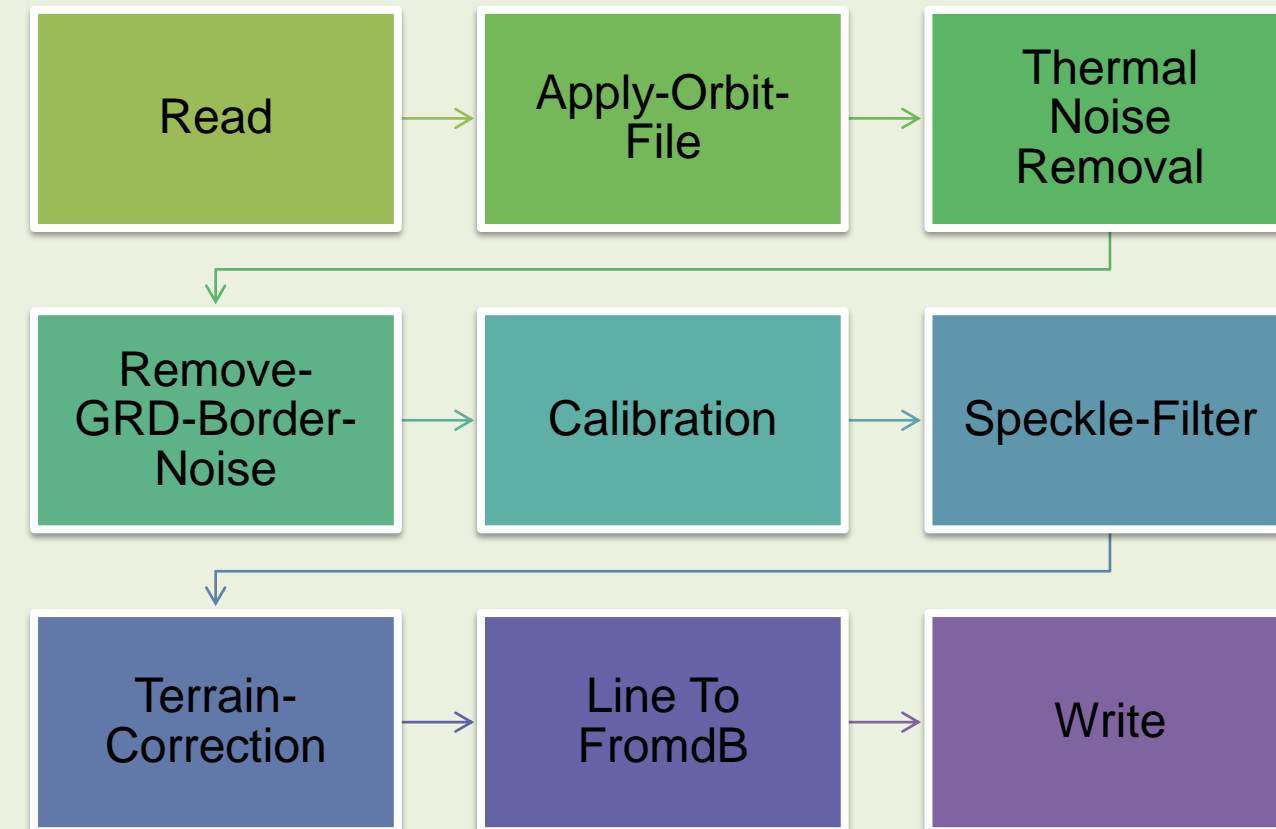
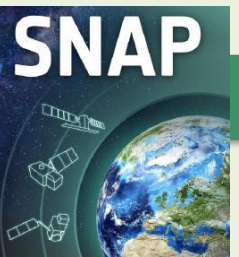
Modo de adquisición: IW

Banda: C

Resolución espacial: 10mx10m

Tamaño: 765.14 MB

Preprocesamiento de imágenes radar



METODOLOGÍA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Técnica de detección de cambios de imágenes radar: Composición de Color Temporal

Pila de imágenes satelitales

Create Stack

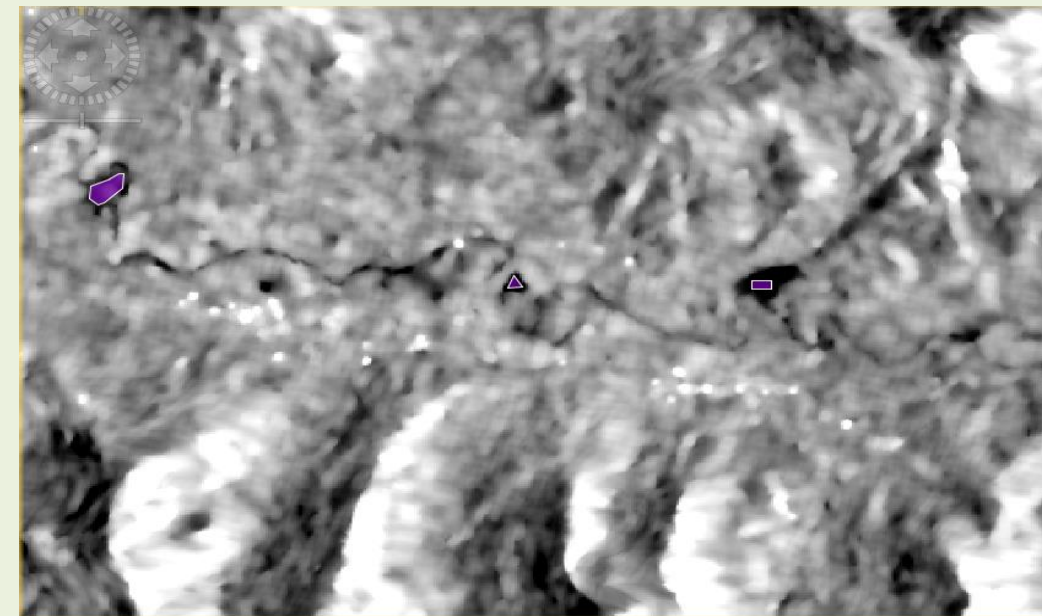
1-ProductSet-Reader 2-CreateStack 3-Write

File Name	Type	Acquisition	Track	Orbit
subset_0_of_S1A_IW_GRDH_1S...	GRD	08Feb2019	40	25837
subset_1_of_S1A_IW_GRDH_1S...	GRD	24Aug2018	40	23387

Composición de Color Temporal

Modelo Aditivo de Color	Imágenes radar	Fecha	Época estacional
Canal Rojo (R)	grdh_vh_agosto_2018	24 de Agosto de 2018	Época Seca
Canal Verde (G)	grdh_vv_febrero_2019	8 de Febrero de 2019	Época Lluviosa
Canal Azul (B)	grdh_vv_febrero_2019	8 de Febrero de 2019	Época Lluviosa

Máscara de las áreas inundadas



Reconocimiento de valores estadísticos

Zonas de influencia



Archivos ráster

Raster to polygon

METODOLOGÍA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Análisis Costo Beneficio

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{b_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{c_t}{(1+r)^t}}$$

Donde:

b_t : beneficios del proyecto a largo plazo

c_t : costos a lo largo del tiempo

t : duración temporal

r : tasa de reducción

B/C > 1

B: Costos evitados de los posibles efectos de la inundación.

C: Costo total del proyecto de prevención o mitigación.

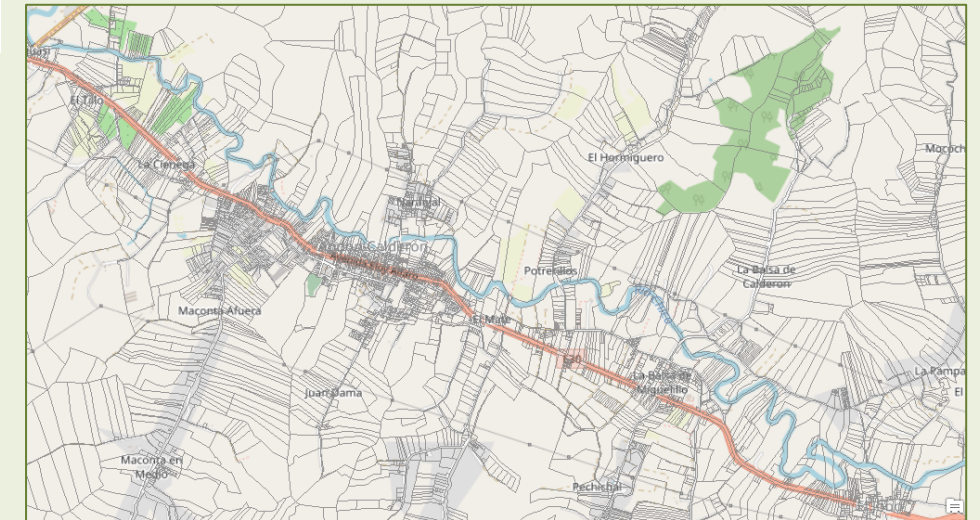
Pérdidas económicas de propiedades

Predios

Zonas inundadas

Intersect

SECTOR	clavepre	AREA_TERRENO	AREA_CONSTRUCCION	AVALUO_TERRENO	AVALUO_CONSTRUCCION	AVALUO_TOTAL	VALOR_USD_m2
URBANO	501001001	332.07	0.00	12178.36	0.00	12178.36	36.67
URBANO	501001002	290.04	328.63	9055.13	75574.59	84629.72	31.22
URBANO	501001003	265.23	112.40	9133.79	39777.75	48911.54	34.44
URBANO	501001004	224.26	95.52	7733.96	26754.31	34488.27	34.49
URBANO	501001005	308.05	210.66	9650.04	29517.46	39167.50	31.33
URBANO	501001006	360.00	121.06	12274.00	37307.15	49581.15	34.09



Pérdidas económicas de producción

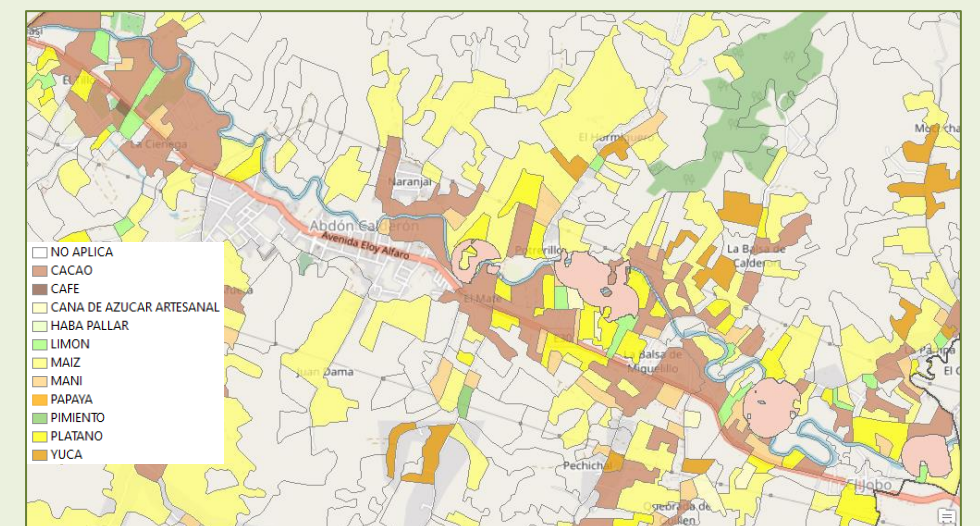
Cultivos

Zonas inundadas

Intersect



Producto	Precio al productor (\$/ton)	Rendimiento (ton/ha)
Cacao	841.3	0.42
Caña de azúcar para otros usos	300.8	11.89
Limón	57	5.46
Maíz	159.2	6.21
Maní	253	1.25
Plátano	51.2	7.54



RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Modelamiento Hidrológico

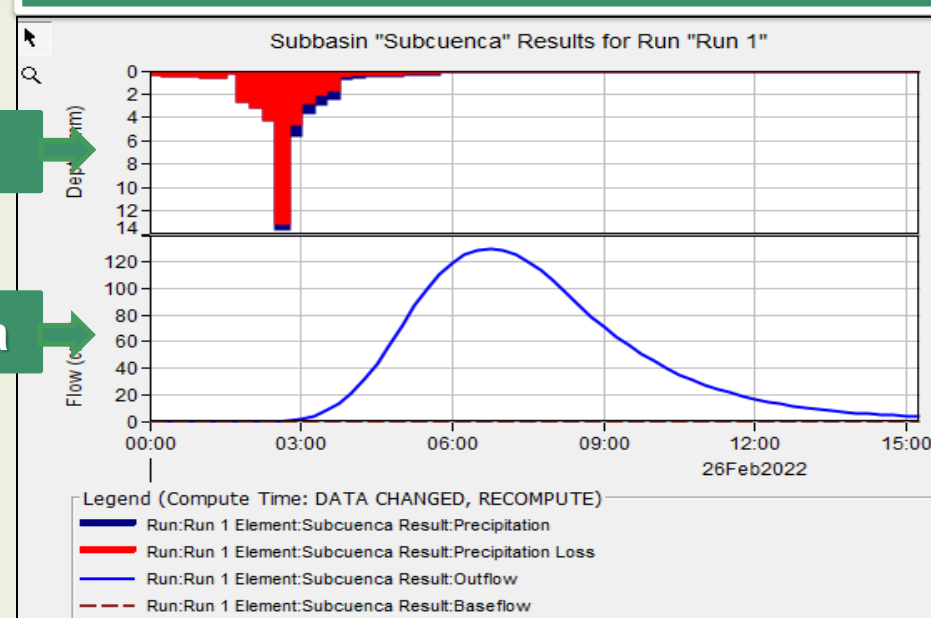
Años	Caudal máximo en HEC- HMS (m ³ /s)
50	1146.2
25	778.9
10	440.7
5	269.1
2	129.3

Hietograma

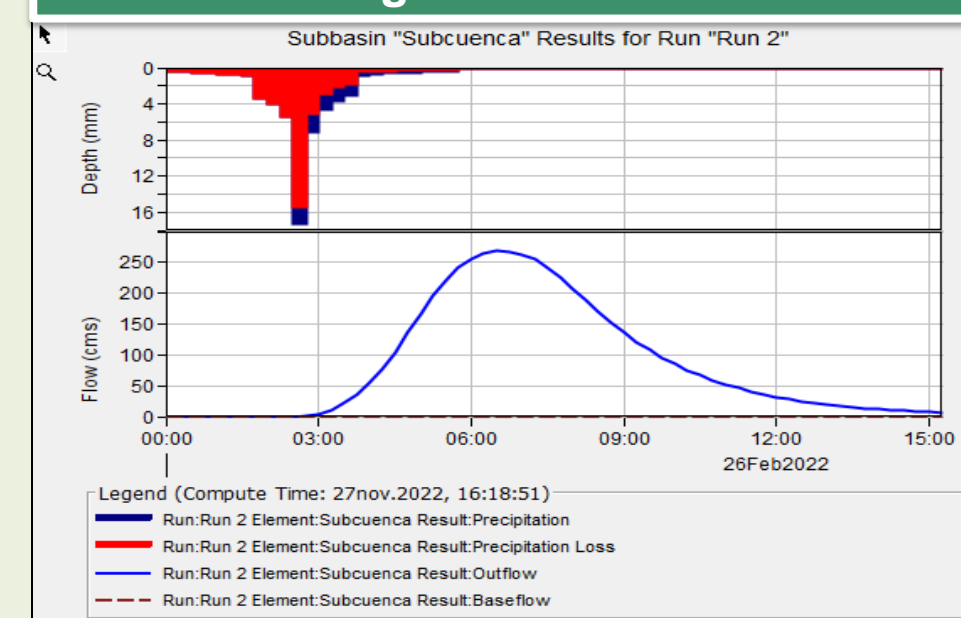
Hidrograma

- Pérdida o infiltración
- Escorrentía

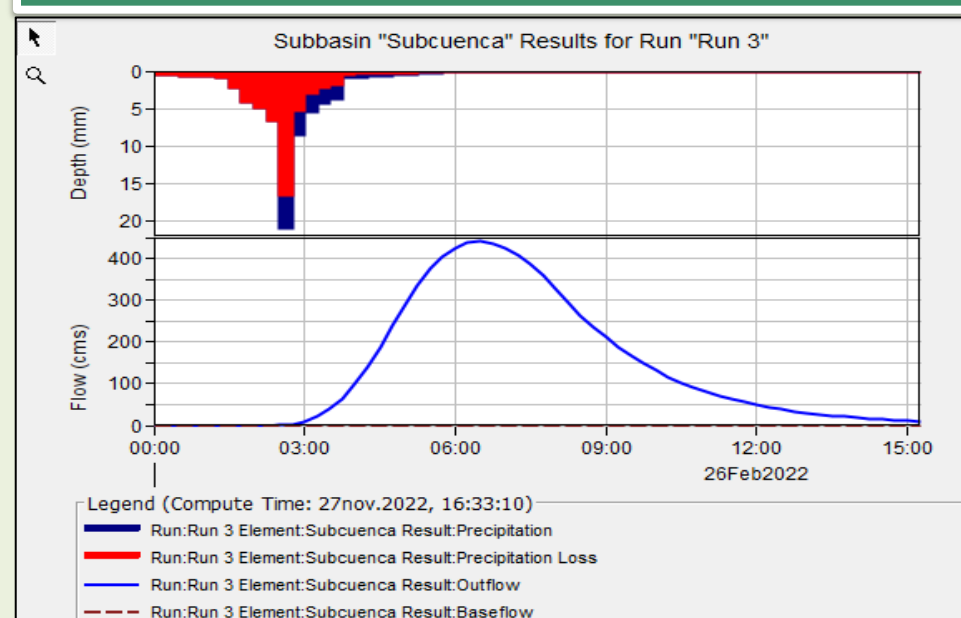
Hidrograma TR 2 años



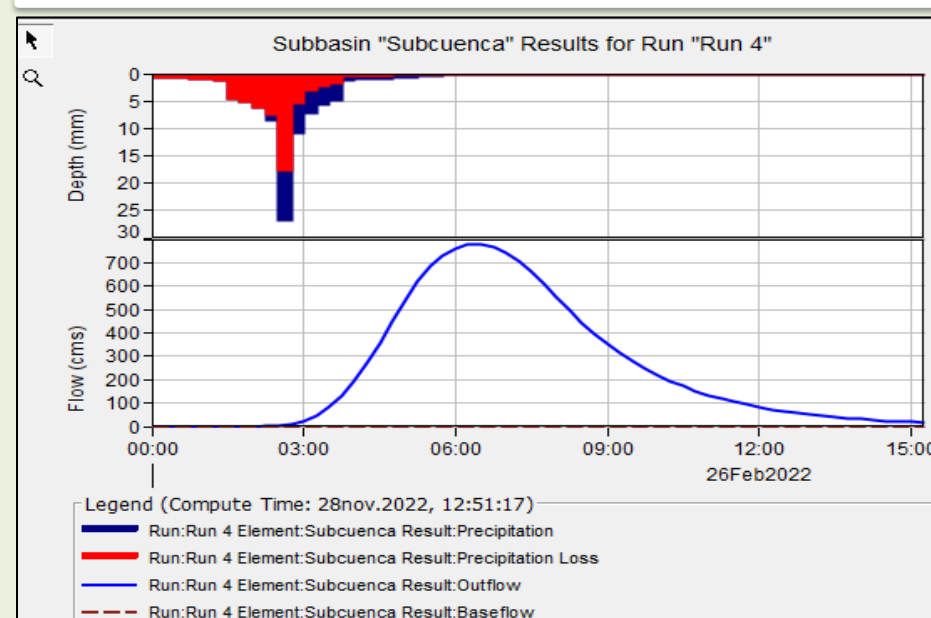
Hidrograma TR 5 años



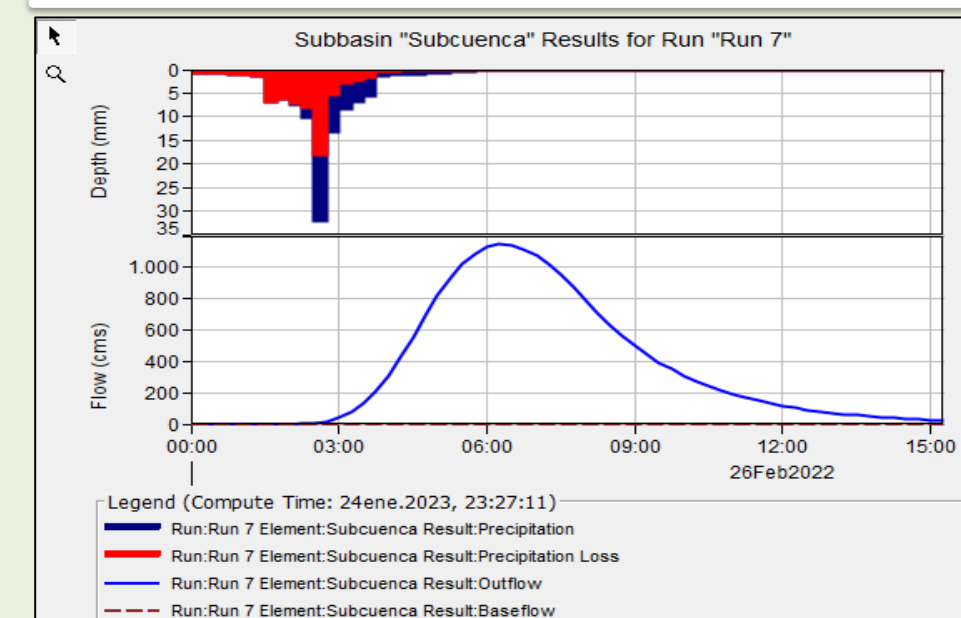
Hidrograma TR10 años



Hidrograma TR 25 años



Hidrograma TR 50 años



RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



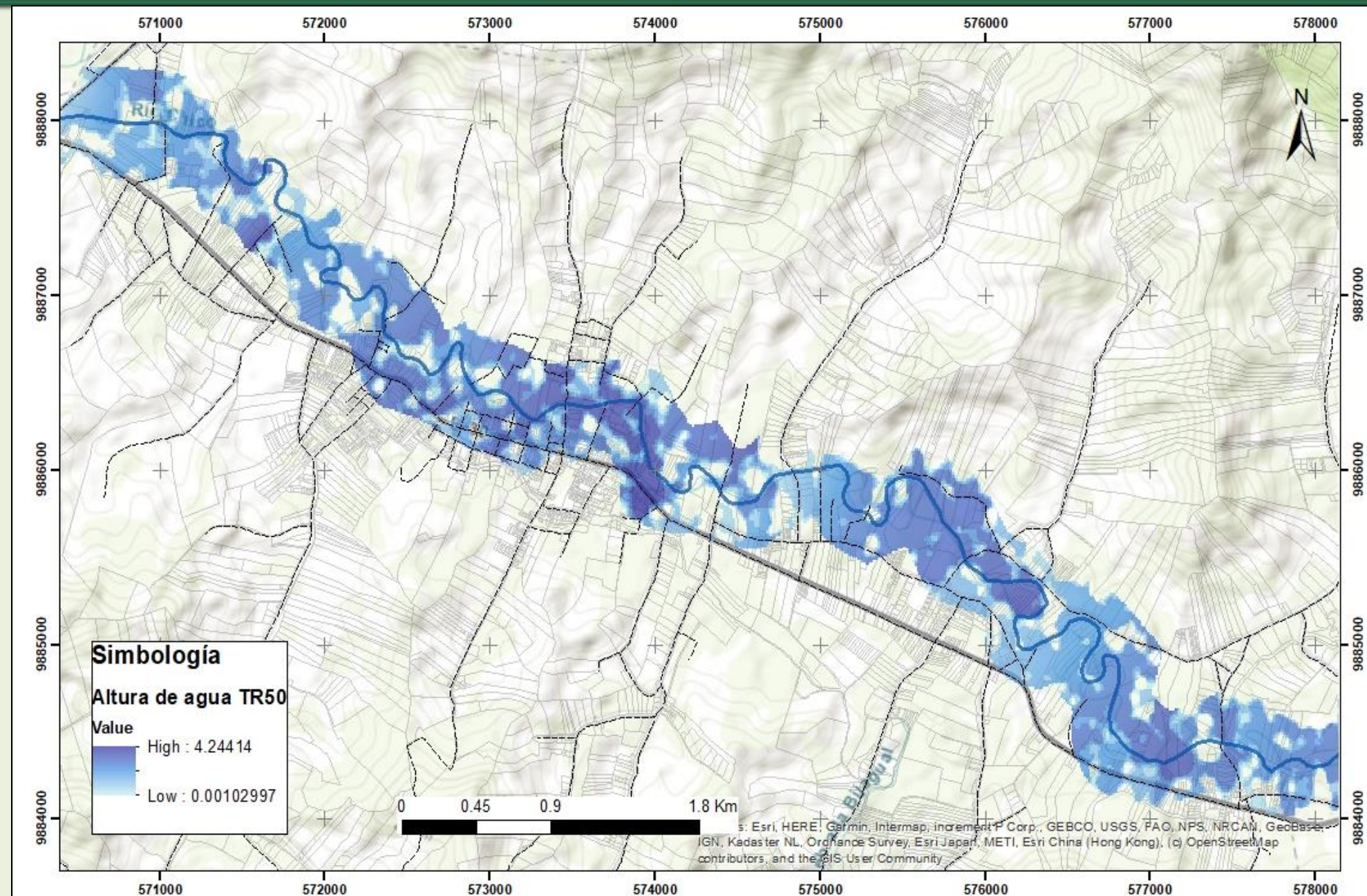
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Modelamiento Hidráulico

Zonas susceptibles de inundación de la parroquia Abdón Calderón para un período de retorno de 50 años



RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Modelamiento Hidráulico

Período de retorno	Área de afectación (ha)
2	301.37
5	337.39
10	367.67
25	410.00
50	438.90



RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



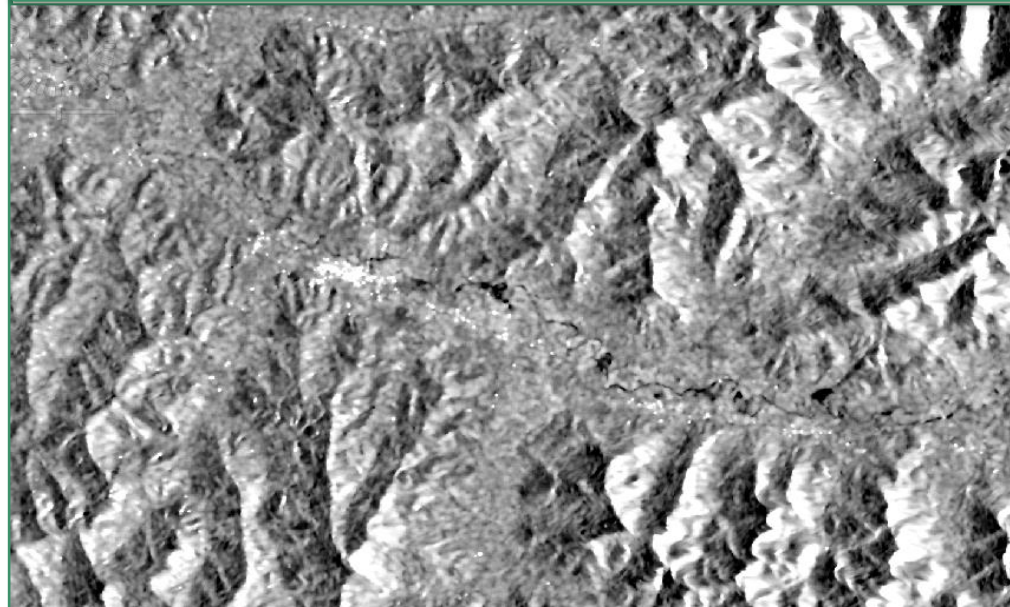
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



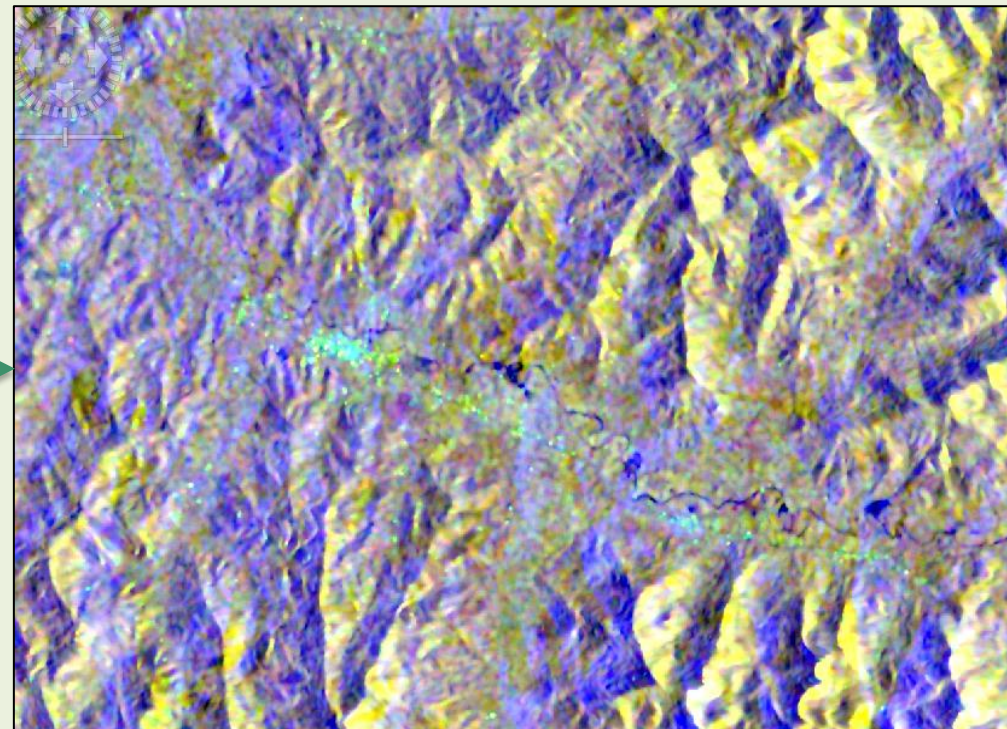
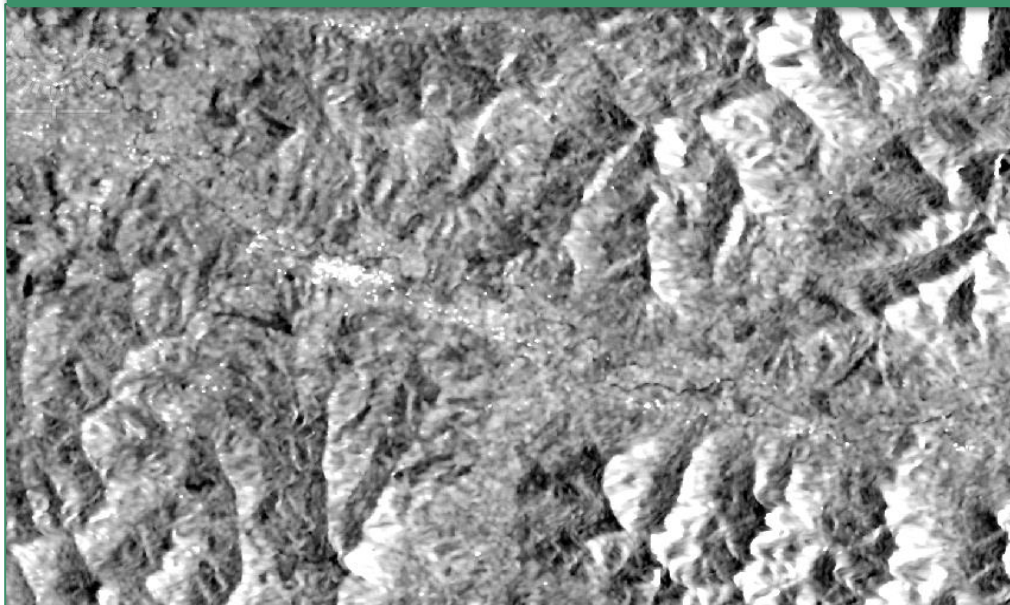
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Técnica de Composición de Color Temporal

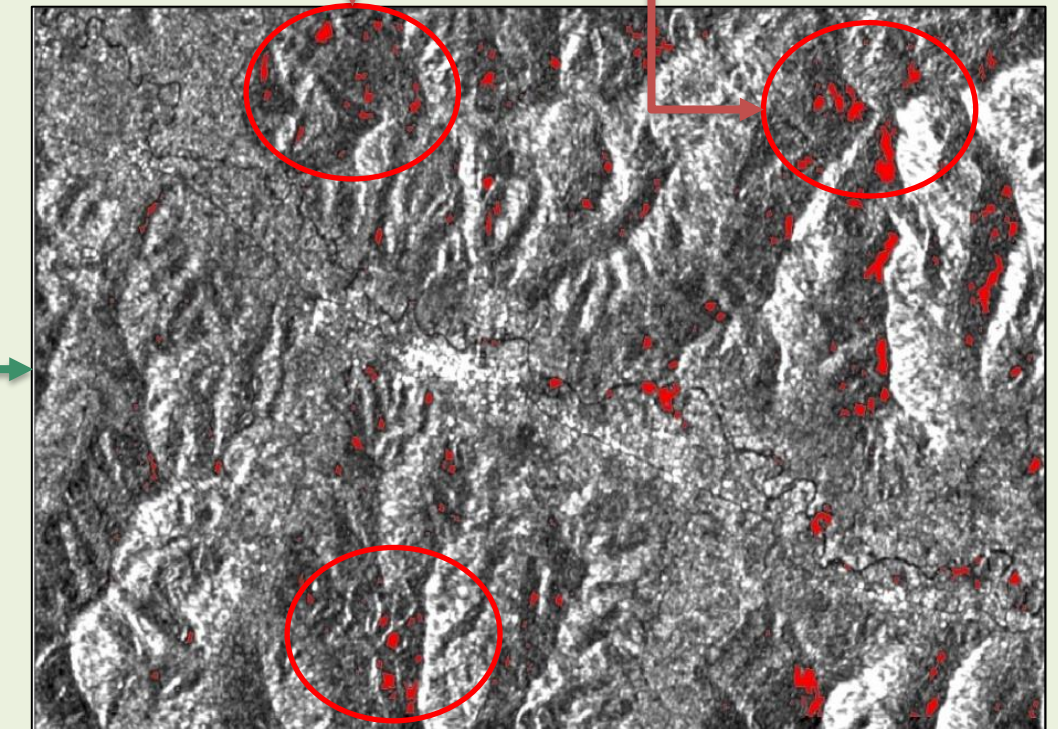
Época lluviosa



Época seca



Máscara de valores de píxeles menores a -13



Píxeles terrestres con retrodispersión baja por ruido no eliminado (superficies lisas)

RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



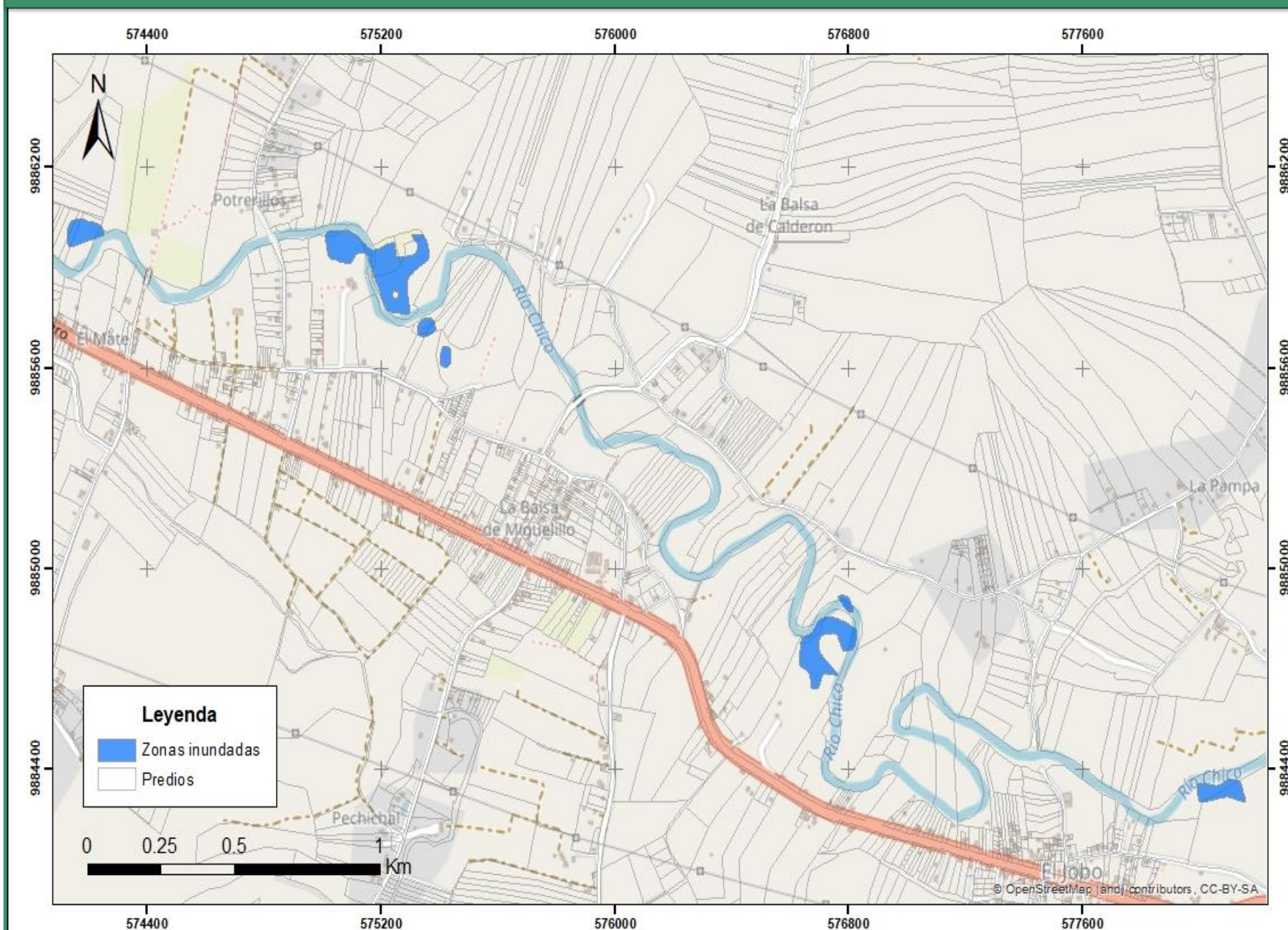
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Técnica de Composición de Color Temporal

Zonas inundadas de la Parroquia Abdón Calderón en el año 2018-2019



Comparación de áreas de afectación

Polígono	Área de afectación (ha)
1	0.72
2	3.55
3	0.27
4	0.2
5	0.14
6	1.96
7	0.79

RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



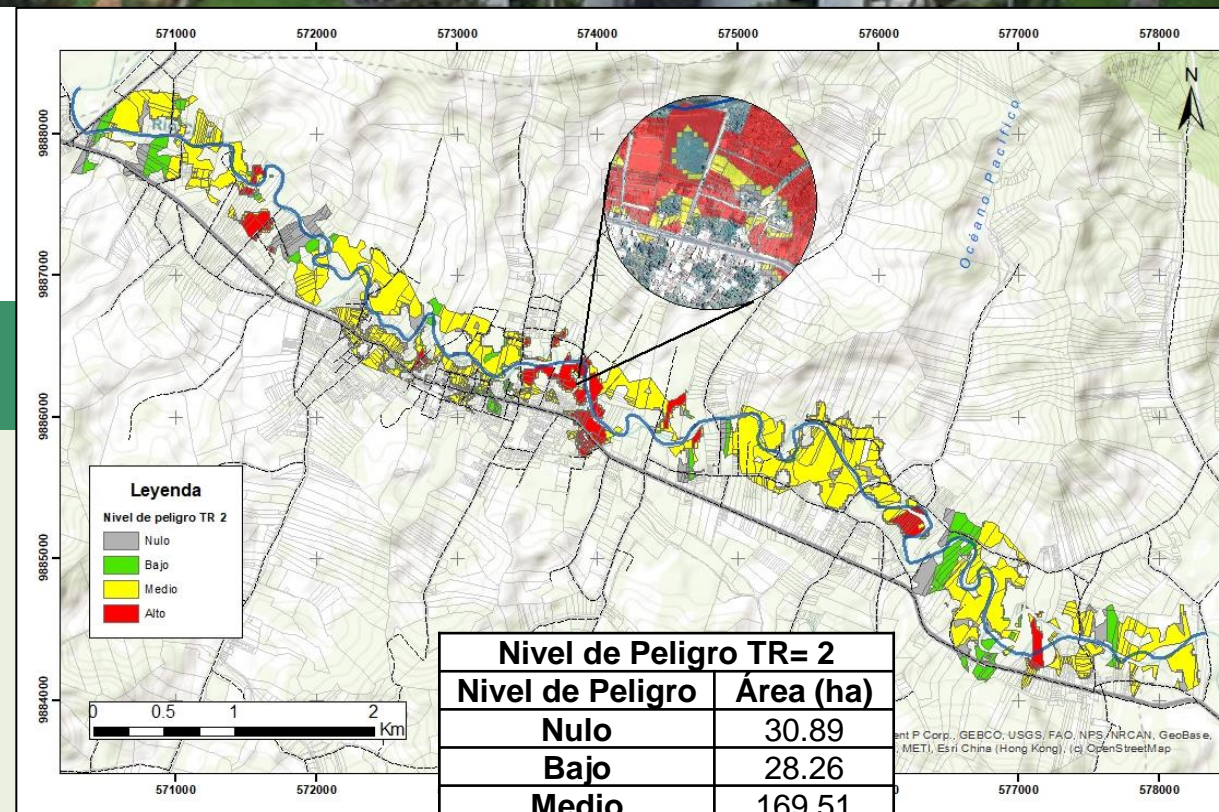
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Análisis Costo Beneficio

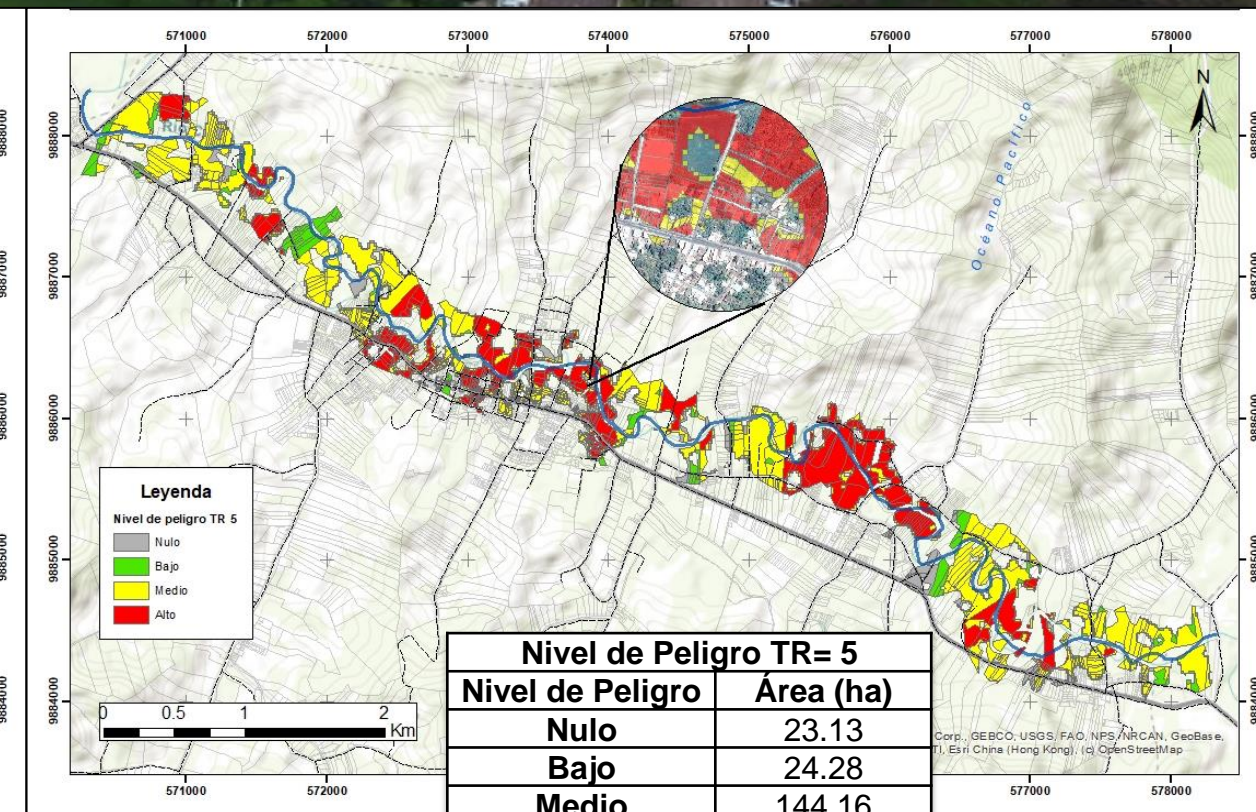
Modelo Hidráulico

Criterios establecidos para la generación del mapa de peligro por inundación IMTA

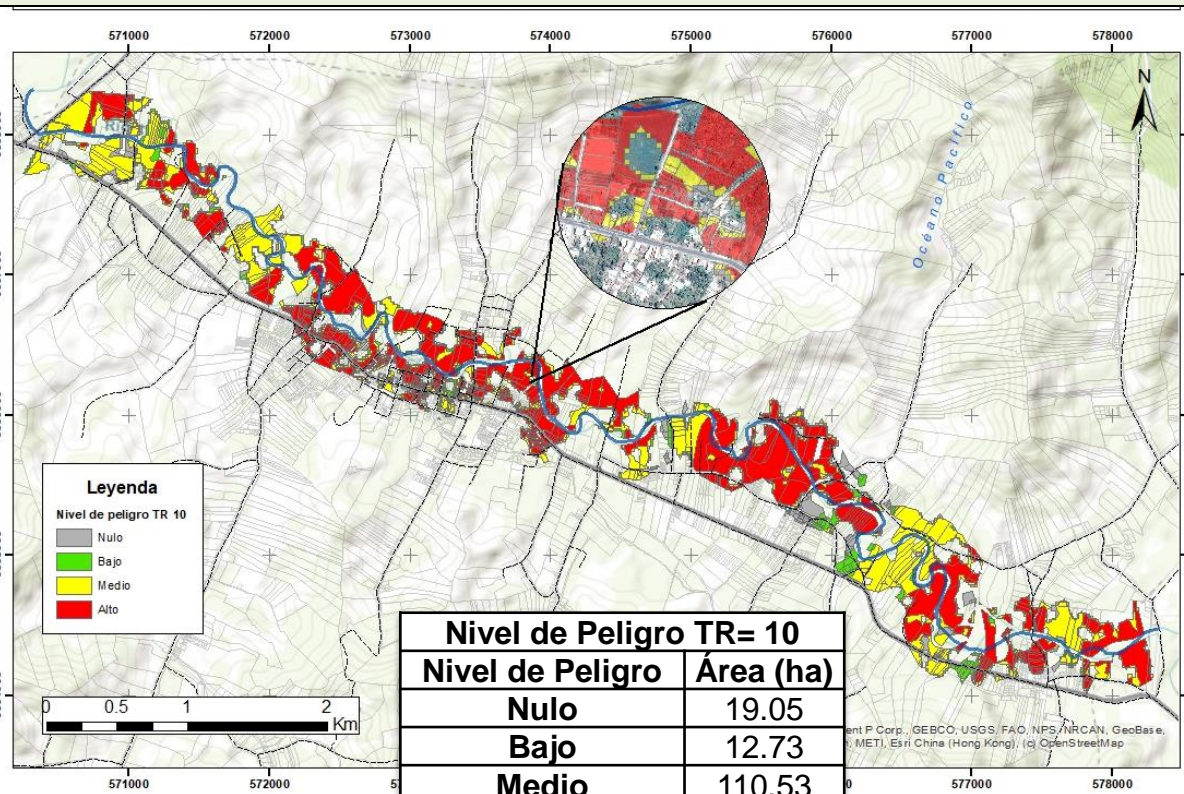
Nivel de peligro	Altura (m)
Nulo	$h < 0.3$
Bajo	$0.3 \geq h < 0.5$
Medio	$0.5 \geq h < 1.5$
Alto	$h \geq 1.5$



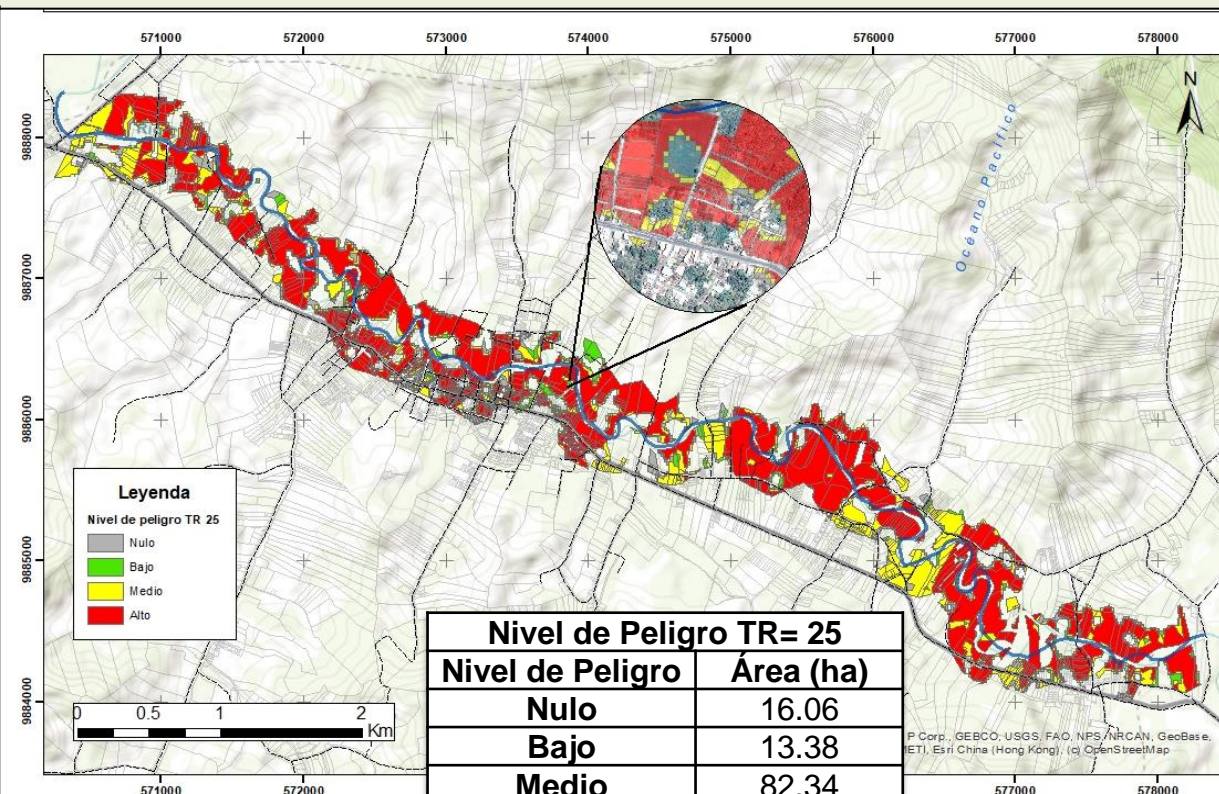
Nivel de Peligro TR= 2	
Nivel de Peligro	Área (ha)
Nulo	30.89
Bajo	28.26
Medio	169.51
Alto	22.68



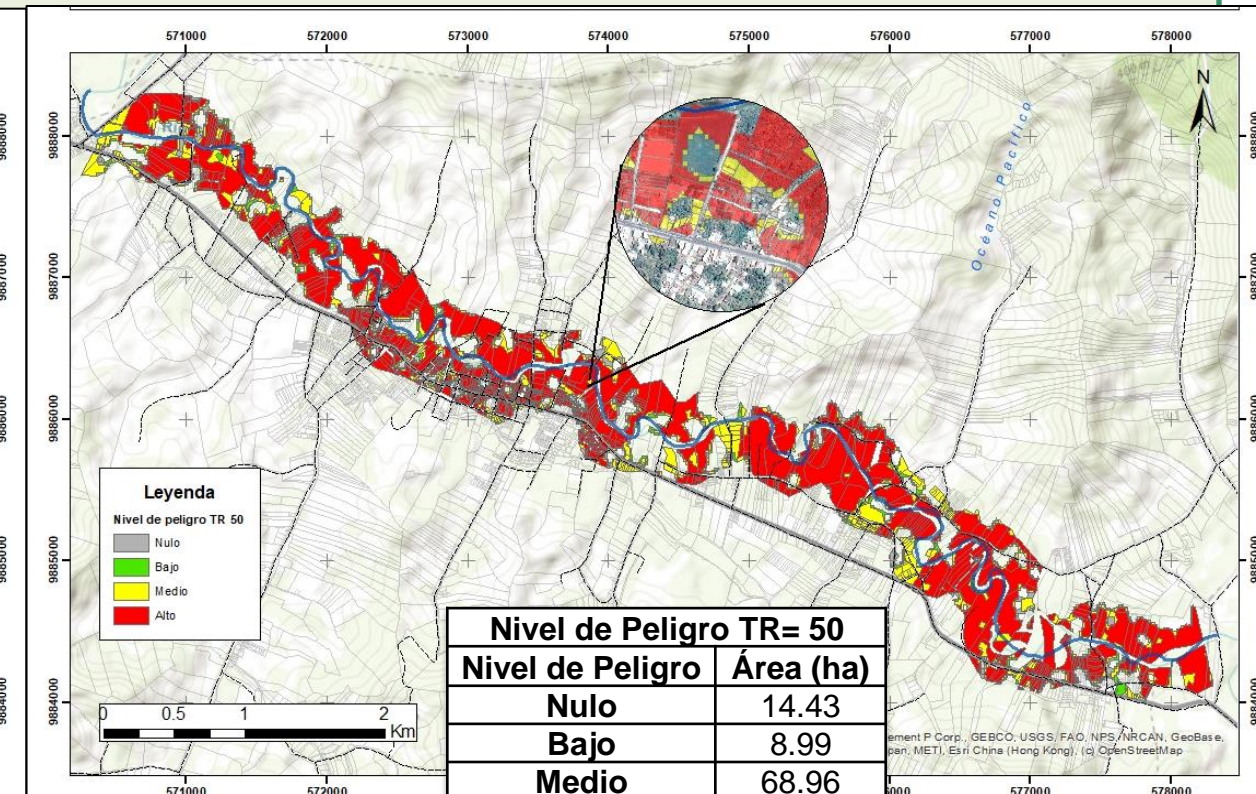
Nivel de Peligro TR= 5	
Nivel de Peligro	Área (ha)
Nulo	23.13
Bajo	24.28
Medio	144.16
Alto	89.48



Nivel de Peligro TR= 10	
Nivel de Peligro	Área (ha)
Nulo	19.05
Bajo	12.73
Medio	110.53
Alto	164.42



Nivel de Peligro TR= 25	
Nivel de Peligro	Área (ha)
Nulo	16.06
Bajo	13.38
Medio	82.34
Alto	231.16



Nivel de Peligro TR= 50	
Nivel de Peligro	Área (ha)
Nulo	14.43
Bajo	8.99
Medio	68.96
Alto	275.32

RESULTADOS

Modelo Hidráulico

PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE PRODUCCIÓN

TR2			
Producto	ha	\$/ha	Total \$
Cacao	83.63	353.346	\$29,548.56
Caña de azúcar artesanal	5.41	3576.51	\$19,358.94
Limón	7.24	311.22	\$2,253.82
Maíz	31.86	988.632	\$31,494.45
Maní	11.22	316.25	\$3,548.17
Plátano	30.79	386.048	\$11,887.23
TOTAL			\$98,091.18

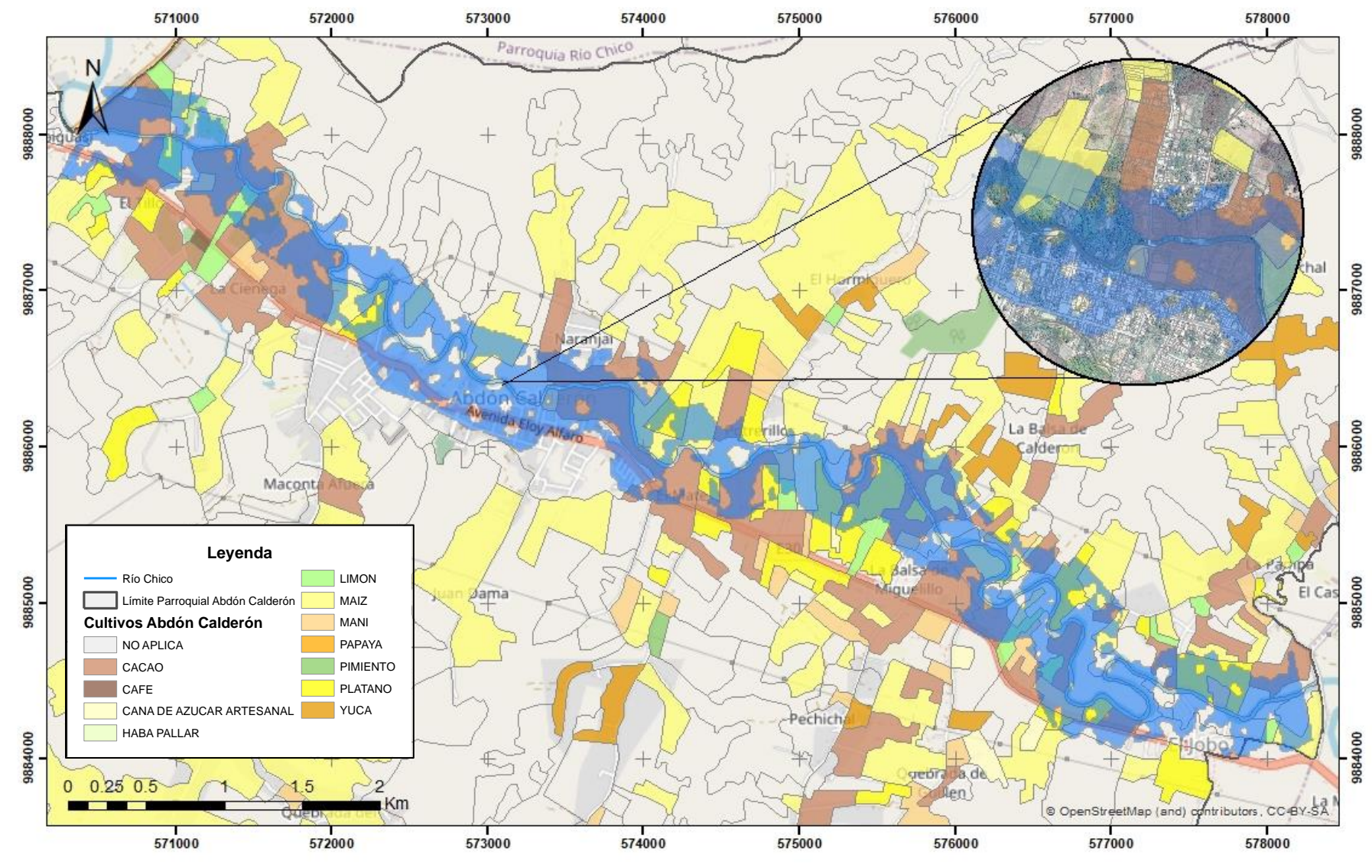
TR5			
Producto	ha	\$/ha	Total \$
Cacao	95.25	353.346	\$33,655.46
Caña de azúcar artesanal	5.76	3576.51	\$20,615.73
Limón	7.67	311.22	\$2,388.33
Maíz	35.85	988.632	\$35,442.36
Maní	12.80	316.25	\$4,046.77
Plátano	33.14	386.048	\$12,794.33
TOTAL			\$108,942.98

TR10			
Producto	ha	\$/ha	Total \$
Cacao	103.62	353.346	\$36,612.37
Caña de azúcar artesanal	5.77	3576.51	\$20,622.53
Limón	8.93	311.22	\$2,780.00
Maíz	37.99	988.632	\$37,562.68
Maní	14.05	316.25	\$4,442.36
Plátano	35.50	386.048	\$13,704.47
TOTAL			\$115,724.41

TR25			
Producto	ha	\$/ha	Total \$
Cacao	118.41	353.346	\$41,840.58
Caña de azúcar artesanal	5.79	3576.51	\$20,695.13
Limón	9.51	311.22	\$2,960.48
Maíz	41.37	988.632	\$40,900.40
Maní	15.43	316.25	\$4,878.85
Plátano	39.23	386.048	\$15,142.73
TOTAL			\$126,418.18

TR50			
Producto	ha	\$/ha	Total \$
Cacao	126.39	353.35	\$44,660.14
Caña de azúcar artesanal	5.79	3576.51	\$20,695.13
Limón	10.65	311.22	\$3,314.84
Maíz	43.65	988.63	\$43,150.82
Maní	16.58	316.25	\$5,244.60
Plátano	41.88	386.05	\$16,166.26
TOTAL			\$133,231.79

Mapa de zonas agrícolas susceptibles a inundaciones en la Parroquia Abdón Calderón para un período de retorno de 25 años



PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE PROPIEDADES

Pérdidas económicas sector rural				
TR= 2 años	TR= 5 años	TR= 10 años	TR= 25 años	TR= 50 años
\$13,176,443.10	\$18,362,408.48	\$20,528,255.63	\$24,277,884.33	\$25,579,138.20
Pérdidas económicas sector urbano				
TR= 2 años	TR= 5 años	TR= 10 años	TR= 25 años	TR= 50 años
\$31,587,773.18	\$42,307,849.42	\$52,355,443.30	\$55,586,056.99	\$56,406,737.48
TOTAL				
\$44,764,216.28	\$60,670,257.89	\$72,883,698.93	\$79,863,941.33	\$81,985,875.68

RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

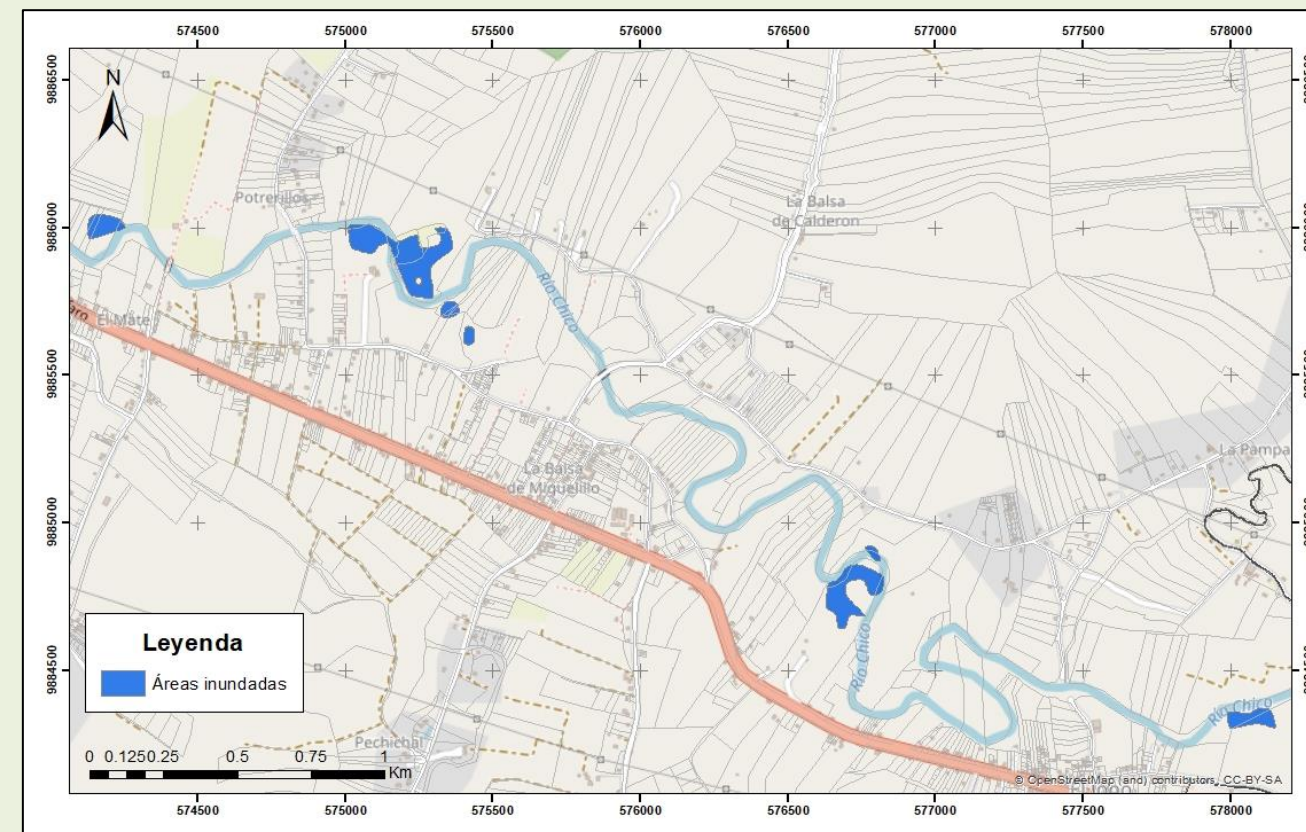
Análisis Costo Beneficio

Interpretación de imágenes satelitales

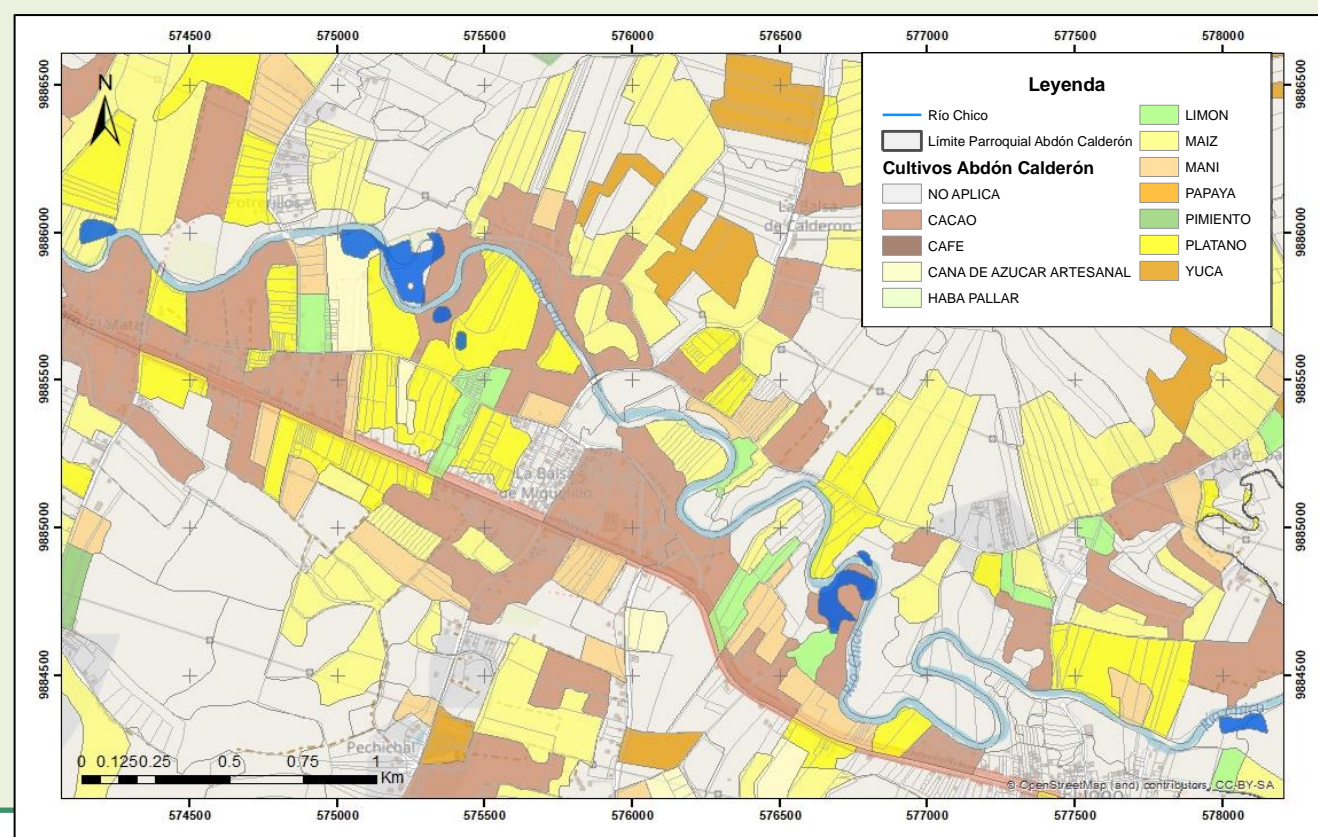
PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE PRODUCCIÓN

Producto	ha	\$/ha	Total \$
Limón	0.056	311.22	\$17.35
Plátano	0.199	386.05	\$76.83
Maíz	0.684	988.63	\$676.05
Caña de azúcar artesanal	0.866	3576.51	\$3,096.37
Cacao	2.091	353.35	\$738.92
TOTAL			\$4,605.52

PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE PROPIEDADES



Pérdidas económicas sector rural	
Predio	Avalúo Total
1	\$821.85
2	\$7,779.07
3	\$92,933.41
4	\$29,074.70
5	\$681.17
6	\$6,299.80
7	\$2,412.01
8	\$71,421.55
9	\$156,164.35
TOTAL	\$367,587.91



RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Análisis Costo Beneficio

Valoración del proyecto de prevención

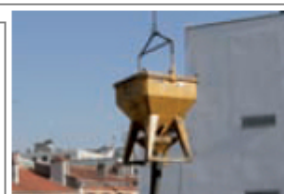
Medida estructural → Muro de contención

Superficie plana Superficie curva
 Con puntera y talón
 Sin puntera
 Sin talón

Altura del muro: H ≤ 3 m 3 < H < 6 m

Hormigón preparado en obra Hormigón premezclado en planta

Vaciado:
 Con medios manuales
 Con grúa



Clase de exposición ambiental:
 Ciclos de congelamiento y deshielo: F0

Resistencia (kg/cm²):
 170 210
 240 280

En contacto con suelos o aguas con sulfatos solubles:
 S0 S1

Tamaño máximo del agregado (mm):
 12,5 19 25

Requiere baja permeabilidad:
 P0 P1

Consistencia:
 Blanda Plástica

Protección adicional contra la corrosión:
 C0 C1

Con aditivo hidrófugo:
 No Sí

Excesos sobre volumen teórico de hormigón (%)

Generador de Precios.Ecuador

Unidad	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo parcial
1. Materiales				
Ud	Separador homologado para muros.	8.000	0.08	0.64
kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm ²), de varios diámetros, según NTE-INEN-2167 y ASTM A 706.	22.440	1.45	32.54
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0.286	1.83	0.52
m	Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado.	0.050	4.80	0.24
m ³	Agua.	0.227	1.83	0.42
m ³	Arena cribada.	0.447	8.11	3.63
m ³	Agregado grueso homogeneizado, de tamaño máximo 12,5 mm.	0.744	13.52	10.06
kg	Cemento gris en sacos.	466.637	0.17	79.33
l	Aditivo plastificante para la reducción del agua de amasado del hormigón.	2.333	2.72	6.35
Subtotal materiales:				133.73
2. Equipo y maquinaria				
h	Concreteira eléctrica con una capacidad de amasado de 160 l.	0.630	3.71	2.34
Subtotal equipo y maquinaria:				2.34
3. Mano de obra				
h	Fierrero.	0.326	9.82	3.20
h	Ayudante fierrero.	0.414	6.30	2.61
h	Albañil de obra civil.	1.233	9.45	11.65
h	Maestro de estructura mayor, en el proceso de hormigonado.	0.242	9.82	2.38
h	Ayudante estructurista, en el proceso de hormigonado.	0.969	6.30	6.10
Subtotal mano de obra:				25.94
4. Herramienta menor				
%	Herramienta menor	2.000	162.01	3.24
Coste de mantenimiento decenal: \$ 6,61 en los primeros 10 años.				Costos directos (1+2+3+4): 165.25

**Costo total del proyecto:
Costos directos * Longitud del muro**

Longitud del muro		
Metodo 1	27918.95	m
Método 2	2187.11	m
Costo del proyecto		
Metodo 1	\$4,613,606.82	
Método 2	\$361,419.13	

RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Análisis Costo Beneficio

Modelo Hidráulico

Análisis costo beneficio para cinco períodos de retorno					
Costo del proyecto			\$4,613,606.82		
	TR=2 años	TR= 5años	TR= 10 años	TR= 25 años	TR= 50 años
Beneficio	\$44,862,307.46	\$60,779,200.87	\$72,999,423.34	\$79,990,359.51	\$82,119,107.47
Relación B/C	9.72	13.17	15.82	17.34	17.80

$$\frac{B}{C} > 1$$



Buena inversión.

Interpretación de imágenes satelitales

Análisis costo beneficio	
Costo del proyecto	\$361,419.13
Beneficio	\$372,193.43
Relación B/C	1.03

$$\frac{B}{C} > 1$$



Rentable realizar el proyecto.

RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Análisis y discusión de resultados

Bases para una propuesta de estrategias de prevención y mitigación de inundaciones

Aplicación de Medidas Estructurales

Construcción de diques, muros de contención, canales, embalses, entre otros.



Control de construcción en zonas de riesgos, mediante:

- Estudio de zonificación de riesgo.
- Evaluación de impacto Ambiental.
- Educación y concientización.

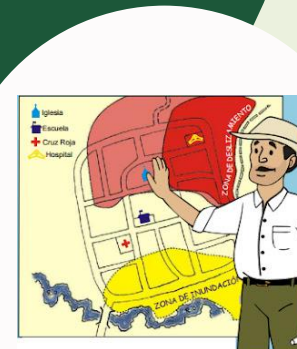
Coordinación interinstitucional

Promoción de programas y proyectos de investigación en colaboración con universidades y otras entidades.



Elaboración de mapas

- Mapas de Amenazas.
- Mapas de Vulnerabilidad.
- Mapas de Riesgos.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Conclusiones

- Se determinó los hidrogramas y los caudales para cada período de retorno (2, 5, 10, 25 y 50 años), obteniéndose un caudal de 1146.2 m³/s para 50 años, 778.9 m³/s para 25 años, 440.7 m³/s para 10 años, 269.1 m³/s para 5 años y 129.3 m³/s para un período de retorno de 2 años. El área de afectación alcanzada en el período de retorno de 50 años fue de 438.9 ha, es decir, casi 138 ha más que los 301.37 ha del período de retorno de 2 años.
- En conclusión, los resultados obtenidos del modelo hidráulico son esenciales para comprender y abordar adecuadamente los riesgos asociados con las inundaciones, debido a que, nos permitirá tomar decisiones sobre la zonificación del suelo, la planificación urbana y la implementación de medidas de mitigación y/o prevención.
- La interpretación de imágenes radar permitió identificar áreas inundadas en la ribera del río Chico de la parroquia Abdón Calderón, obteniéndose siete polígonos de inundación con un área total de 7.6 ha de afectación. Sin embargo, debido a la fecha de toma y calidad de la imagen no se pudo identificar más zonas afectadas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



UNIVERSIDAD DE LAS
FUERZAS ARMADAS
ESPE



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

Conclusiones

- Se identificó que el sector urbano presentó mayores pérdidas económicas debido a la presencia de superficies impermeables que impiden la infiltración del agua, sistemas de drenaje insuficientes y cambios en la superficie del terreno.
- El análisis costo beneficio en ambas metodologías, dedujo la factibilidad de realizar la construcción del muro de contención como obra del plan de prevención y/o mitigación para el área de estudio, sugiriendo que el proyecto tiene un potencial económico favorable y puede implicar una rentabilidad positiva.
- Se concluye que el análisis costo-beneficio de las áreas susceptibles a inundaciones es una herramienta esencial para evaluar los riesgos, tomar decisiones informadas, asignar recursos de manera eficiente, priorizar inversiones y justificar las medidas de mitigación. También, constituye una estrategia óptima para reducir los impactos económicos y sociales derivados de los efectos de las inundaciones, protegiendo a las comunidades y promoviendo un desarrollo sostenible.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



UNIVERSIDAD DE LAS
FUERZAS ARMADAS
ESPE



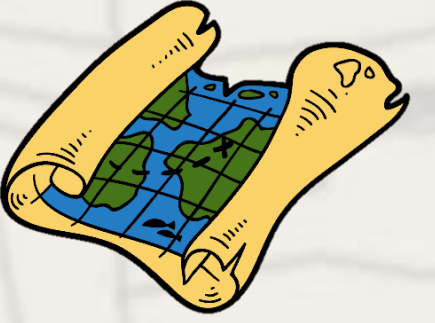
DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

Recomendaciones

- El plan de prevención propuesto sirve de base técnica para establecer un enfoque sólido, sin embargo, es esencial incorporar un monitoreo continuo en la zona de estudio, debido a que, las condiciones naturales son dinámicas y pueden cambiar con los años.
◆
- Es importante considerar que la valoración realizada puede variar con el tiempo, ya que la parroquia continúa expandiéndose y los predios pueden verse influenciados por factores como el estado del mercado inmobiliario y condiciones económicas generales, como también varios de los productos agrícolas pueden aumentar o disminuir su precio.
◆
- Se aconseja a las entidades gubernamentales de los sectores correspondientes llevar a cabo iniciativas educativas dirigidas a la población, con el fin de evitar la construcción de hogares y otras infraestructuras cercanas a las riberas de los ríos.
◆
- Se recomienda la utilización de RPAS en la gestión de inundaciones de la parroquia, debido a que es una herramienta efectiva para obtener información detallada, rápida y precisa sobre las áreas afectadas, lo que contribuye a una mejor planificación, respuesta y recuperación ante desastres naturales.
◆



**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
DE LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA GEÓGRAFA Y DEL MEDIO AMBIENTE

“ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LAS ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHICO, UTILIZANDO HERRAMIENTAS GEOESPACIALES”

AUTORA: GUEVARA GUSQUI ODALIS DOMÉNICA

Director del Proyecto:

Ing. Rodolfo Jaime Salazar
Martínez, PhD.

Director de Carrera:

Ing. Alexander Robayo, Mst.

Docente Evaluador:

PhD. Fabián Francisco
Rodríguez Espinosa

Secretario Académico:

Abg. Carlos Calahorrano

Agosto, 2023

