



**espol** **Escuela Superior  
Politécnica del Litoral**



[www.espol.edu.ec](http://www.espol.edu.ec)



# Elaboración de un modelo espacializado que represente las interacciones entre ríos de aguas naturales, redes de riego y drenaje y los esteros

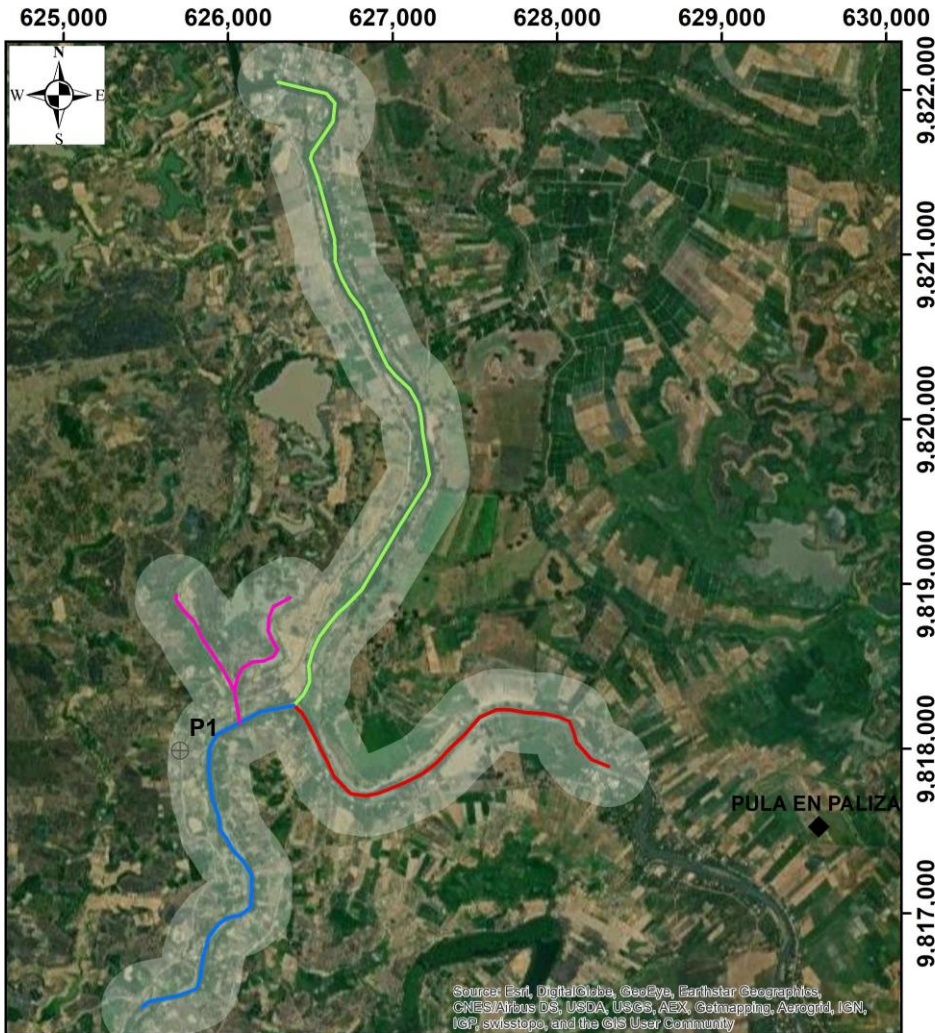


**Autor:** Ing. Boris Apolo.

**Tutor:** Ing. Mijail Arias, Ph.D.

**Co-Tutor:** Ing. Luis Domínguez, Ph.D.

## Mapa del área de estudio en campo



Datum: WGS84 UTM 17S

Escala: 1 cm = 0 km

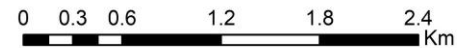


### Simbología

- ◆ Estaciones meteorológicas
- ⊕ Puntos de interés
- Área capturada por el Dron

### Ríos de interés

- Cauce en invierno 1
- Cauce en invierno 2
- Río Macul
- Río Pula (Aguas abajo)
- Río Pula (Aguas arriba)



Precipitaciones

Aguas arriba

Local/Regional

Zonas bajo el nivel del cauce

Local/Regional

Topografía

Caudal

Invierno

Verano

Transversal

Profundidad

Geometría del cauce

Zonas de anegamiento

Humedales

Sector privado

Aguas arriba

Locales

Represas

Inundación de planicies

**OBJETIVO**

**Simular el tránsito de caudales, mediante la evaluación de posibles escenarios de inundaciones en zonas de amortiguamiento y su efecto positivo en las zonas pobladas ubicadas río abajo, para la prevención de daños colaterales por el anegamiento de agua en sectores no deseados.**

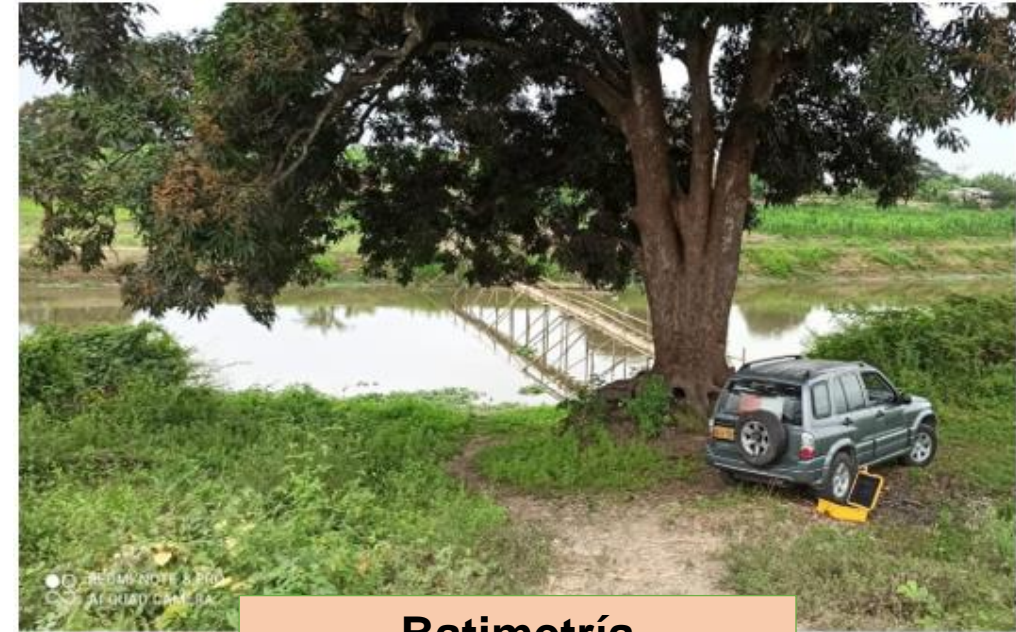
**Fases de estudio**

- Fase I:** Análisis de datos y procesamiento de la información.
- Fase II:** Reconocimiento en campo de los sitios de interés y recopilación de datos.
- Fase III:** Generación del modelo hidrodinámico.
- Fase IV:** Análisis del modelo y simulaciones.

Visitas en campo, sobrevuelos y procesamiento de datos.



Sobrevuelos con dron



Batimetría



Nube de puntos de los ríos de la zona de estudio.

### Ground Control Points

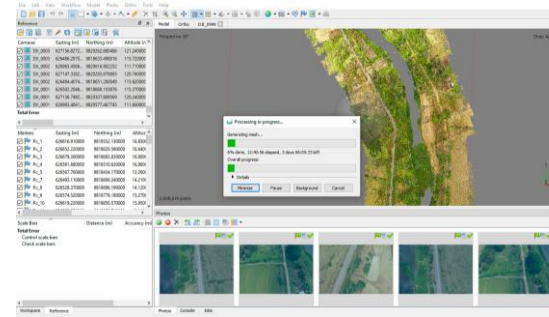


Fig. 3. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
63	3.74056	6.09119	1.80623	7.14804	7.37271

Table 3. Control points RMSE.  
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.



Agisoft



Metashape



### Ground Control Points

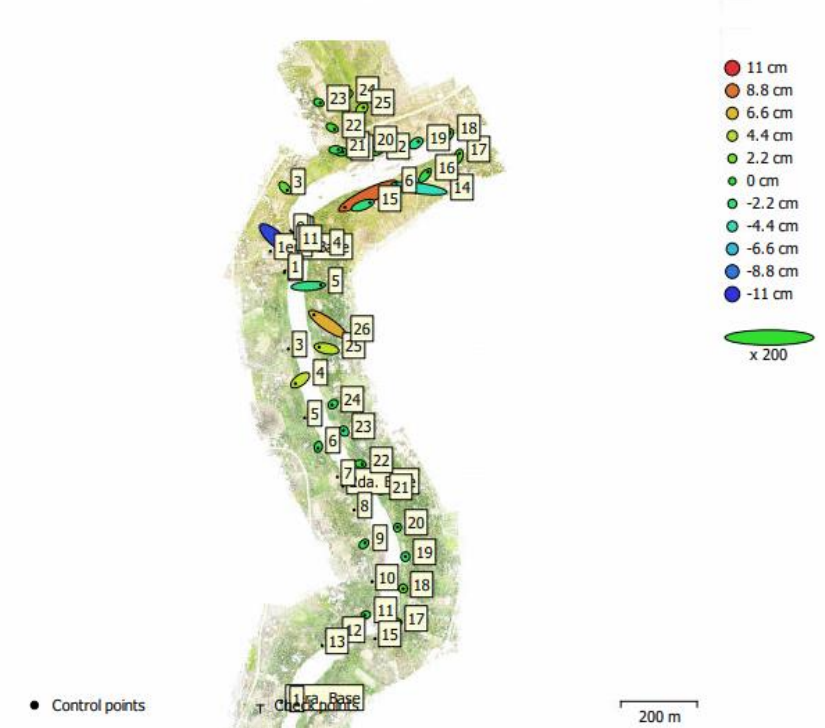
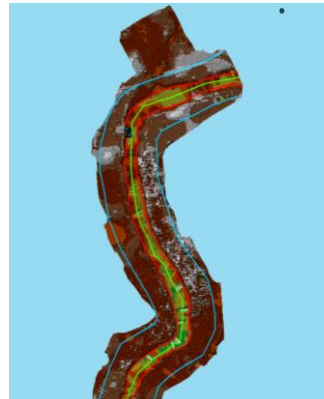
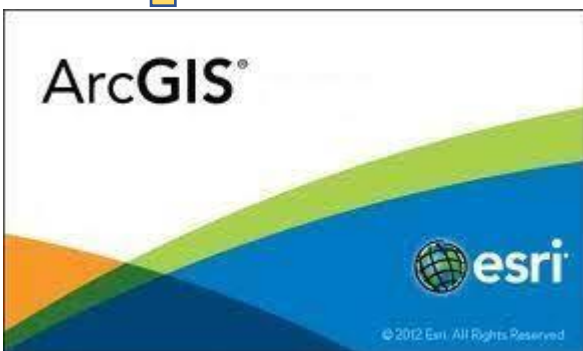
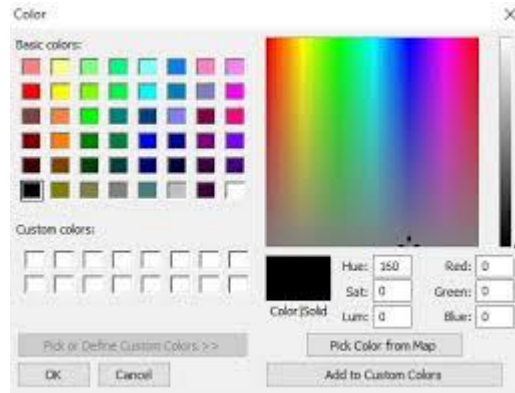


Fig. 3. GCP locations and error estimates.

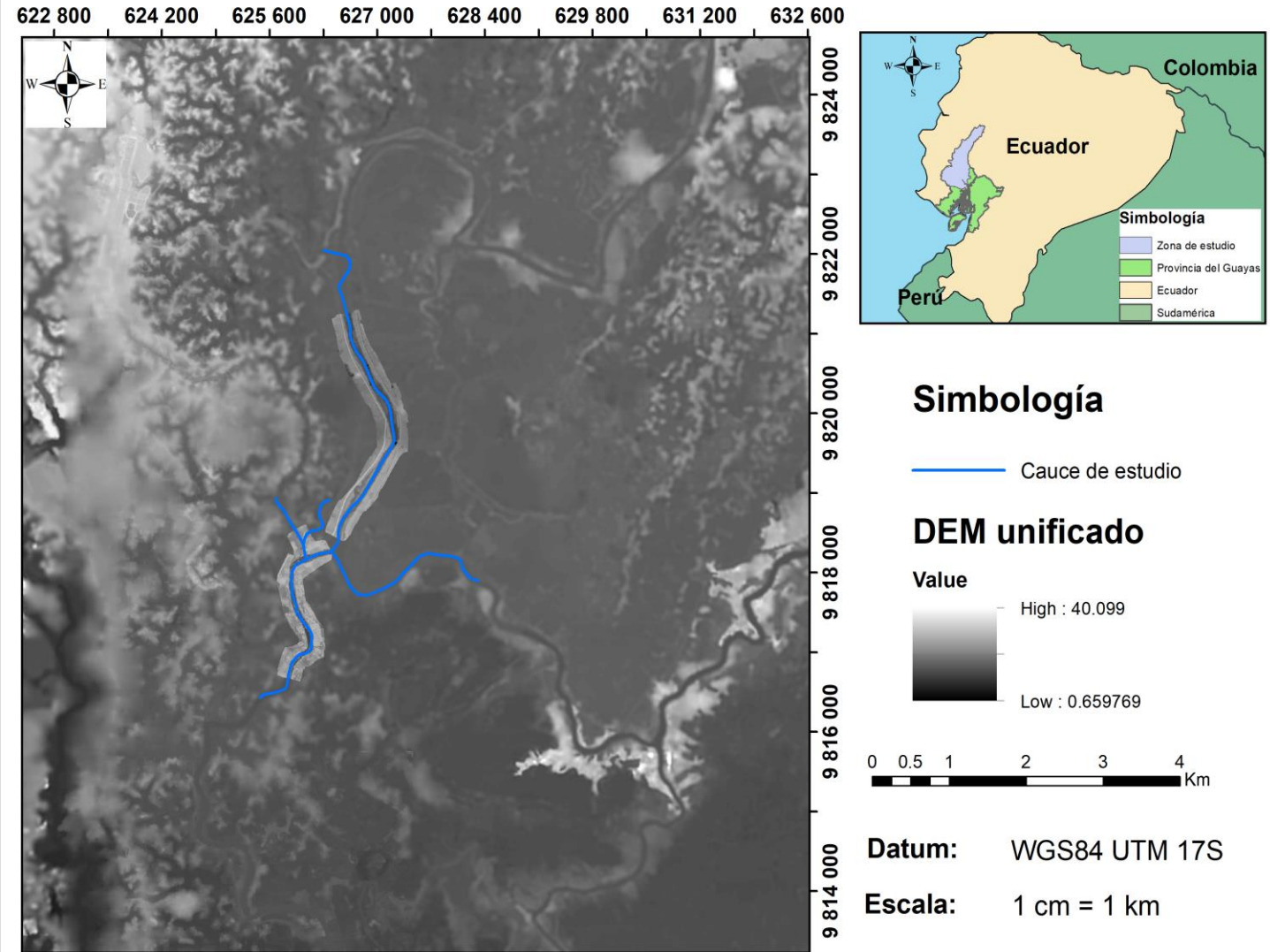
Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
33	19.5203	8.72379	3.45787	21.381	21.6588

## Modelo Digital de Elevación de la zona de estudio



## Mapa del DEM 1x1 del area de estudio

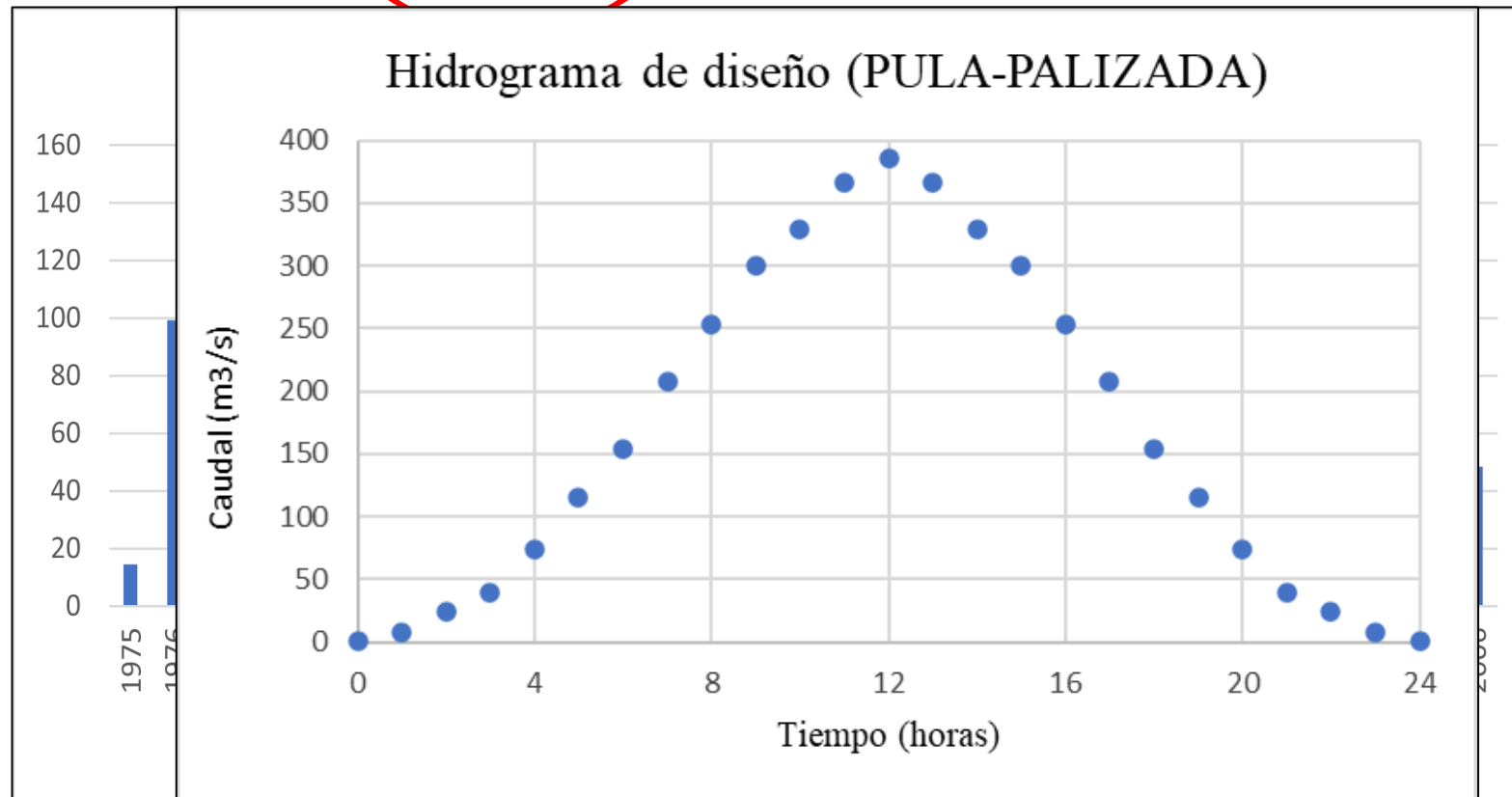




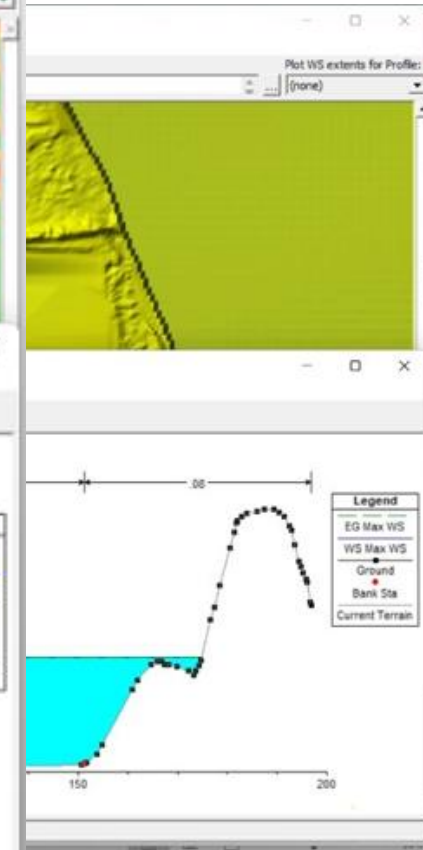
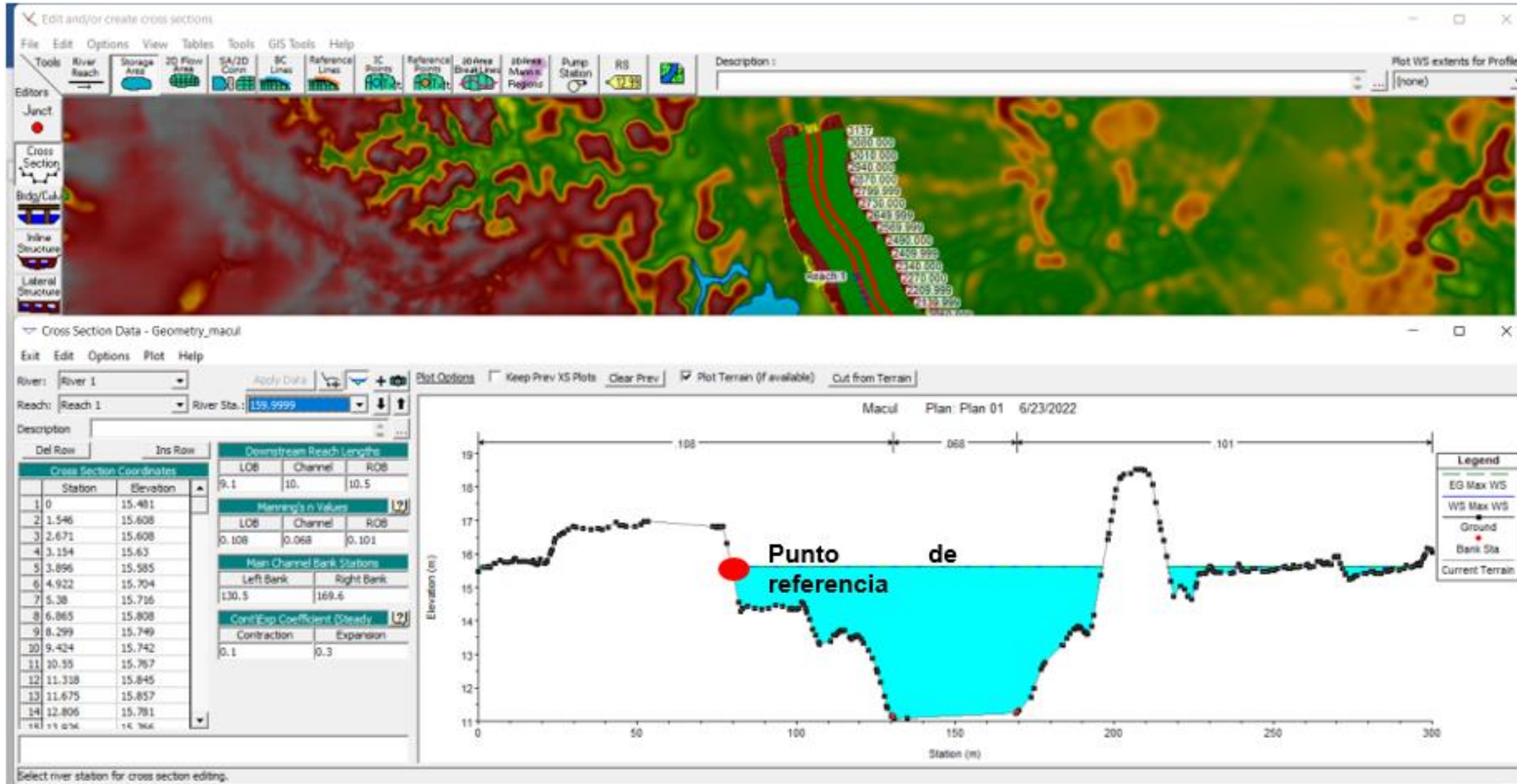
### Datos históricos de caudales cercanos a los ríos de interés.

	Gumbel	Log-normal	Pearson III	GEV-1
<b><math>\Delta</math>max:</b>	3.3%	5.5%	0.4%	2.8%
<b>Conclusión:</b>	Se acepta el ajuste	Se acepta el ajuste	Se acepta el ajuste	Se acepta el ajuste

Pearson III	
Periodo de retorno (años)	Q [m <sup>3</sup> /s]
2	198.8
100	384.5
200	417.7



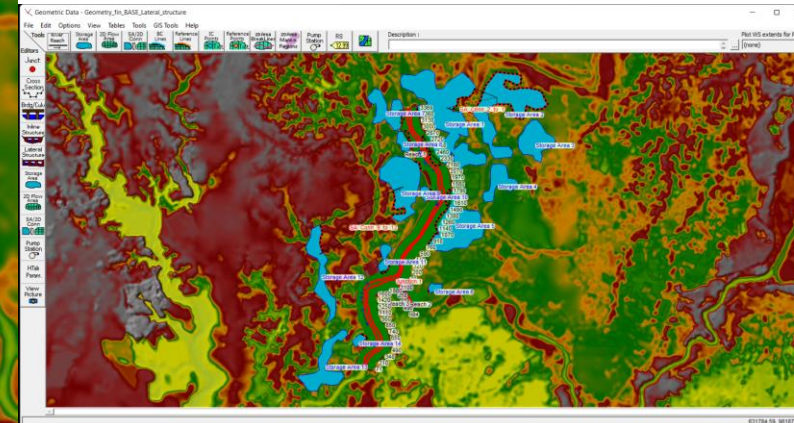
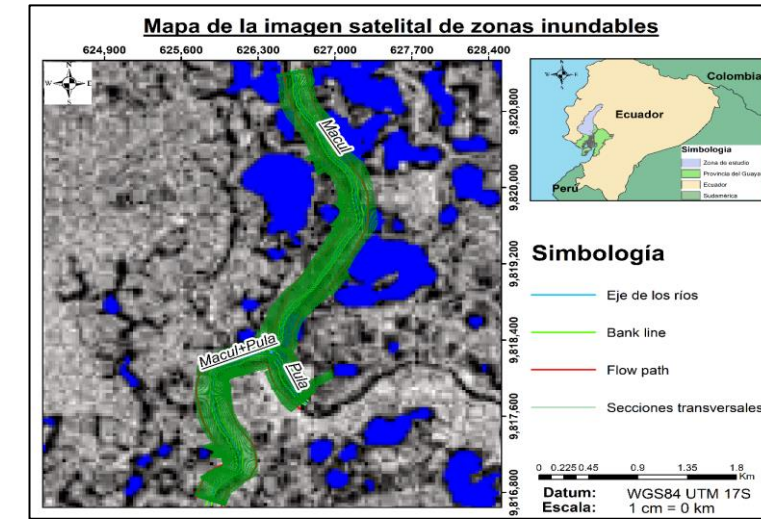
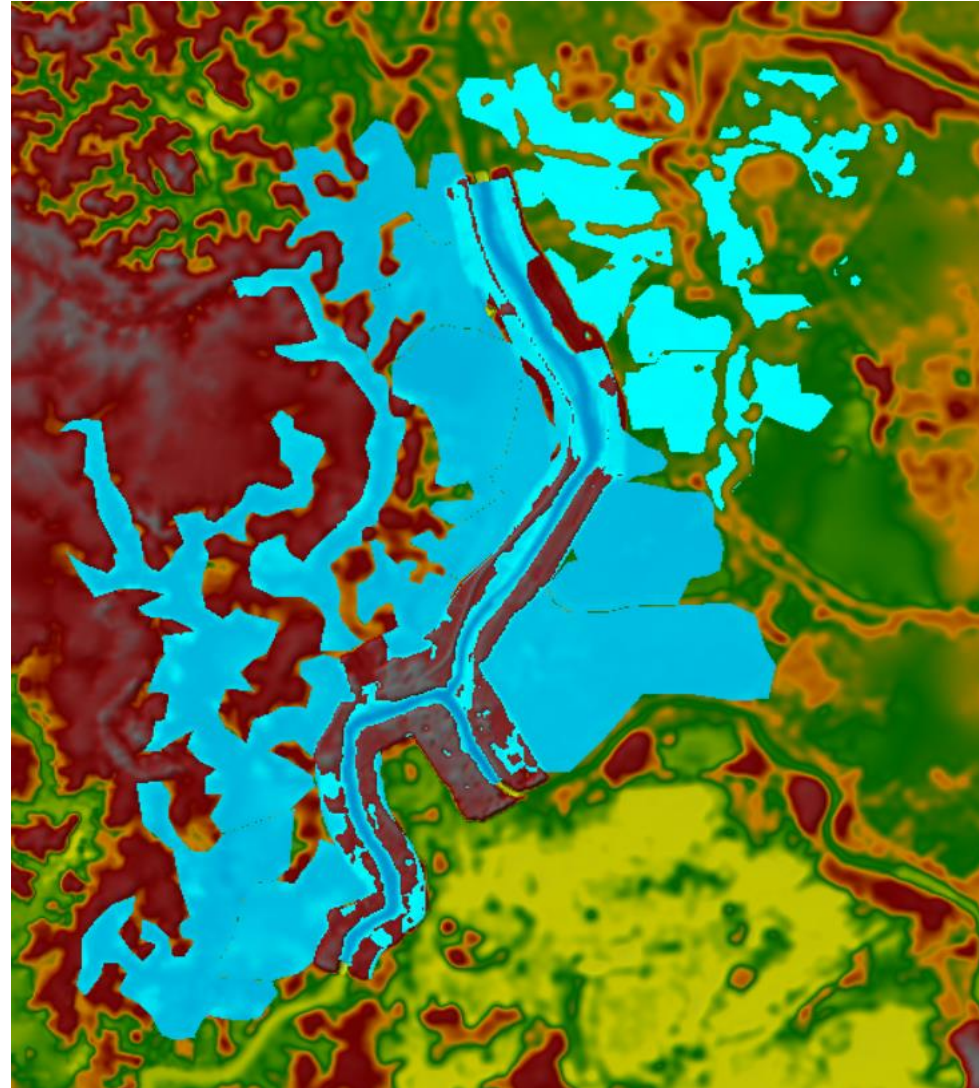
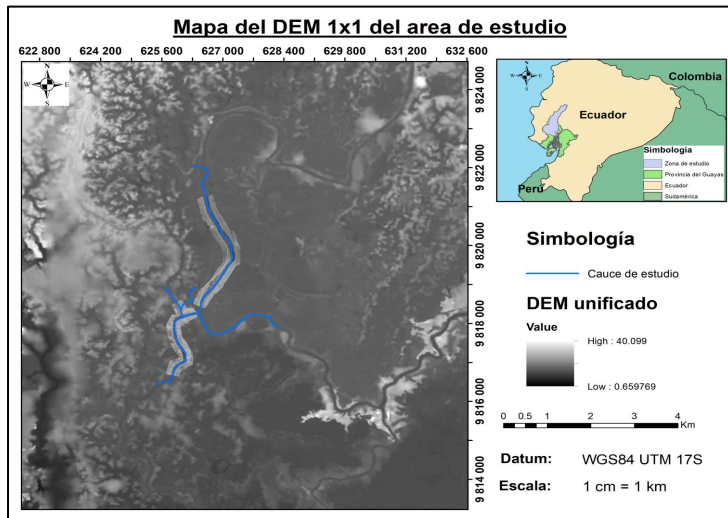
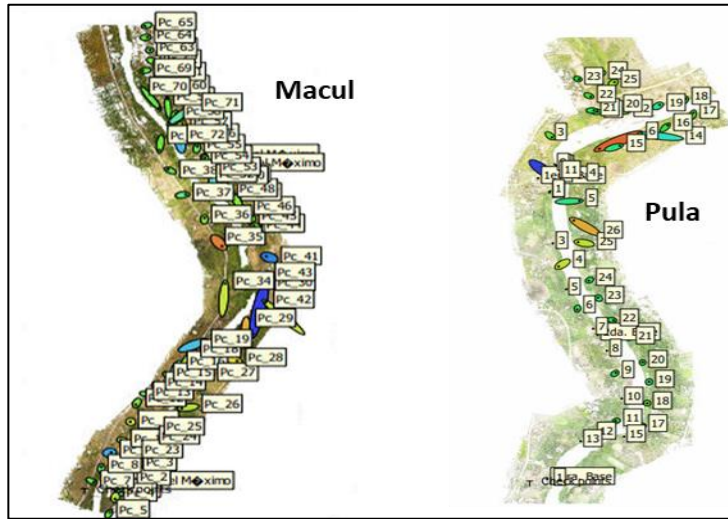
Revisión y modificación de las cross sections en Hec-Ras.



Resultados de las actividades

Simulación de inundación

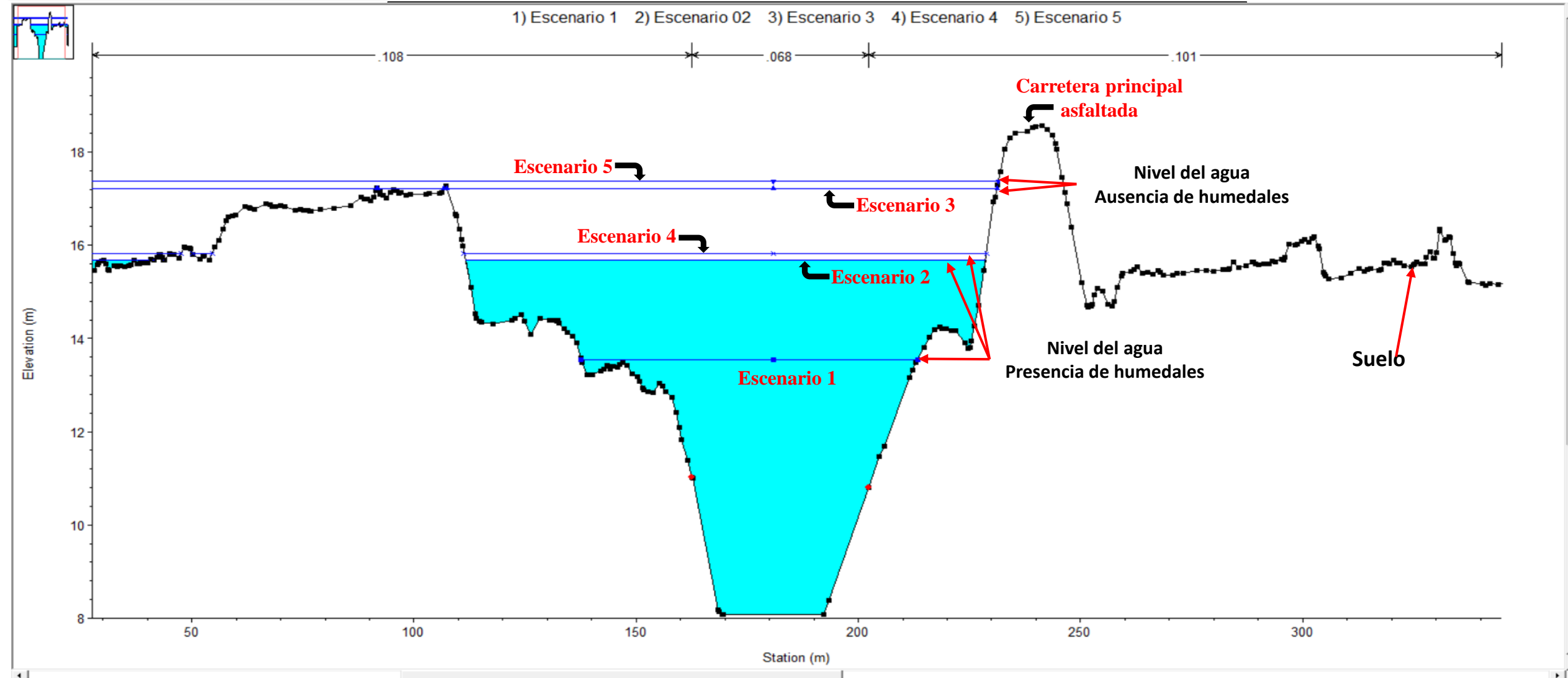
Resultados de las actividades



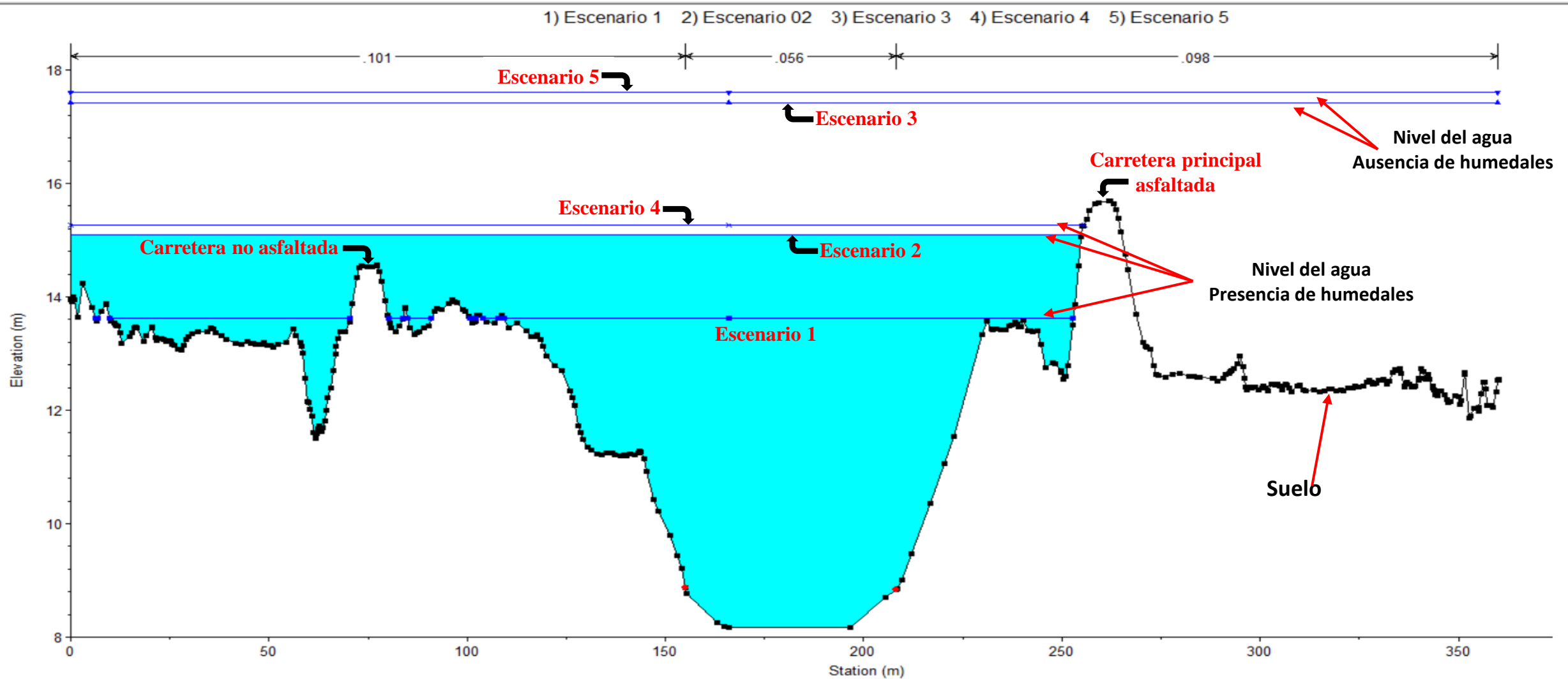
Simulación de inundaciones en toda el area de estudio.

Escenarios	Periodos de retorno	Áreas de almacenamiento	Resultados obtenidos		
			Áreas inundadas	Nivel max. del agua	Mapa de velocidades
#1	2 años	✓	✓	✓	✓
#2	100 años	✓	✓	✓	✓
#3	100 años	X	✓	✓	✓
#4	200 años	✓	✓	✓	✓
#5	200 años	X	✓	✓	✓

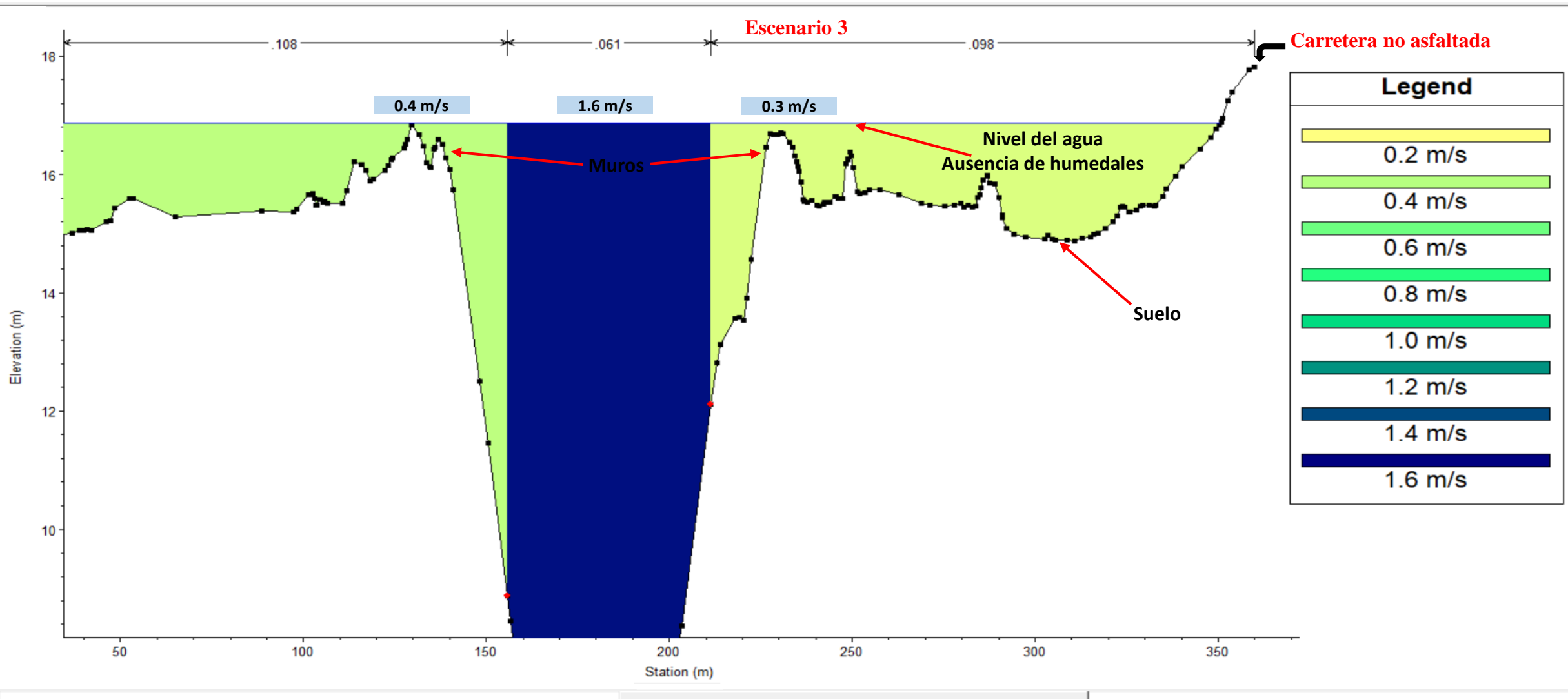
## Simulación de 5 escenarios en toda el area de estudio.



## Simulación de 5 escenarios en toda el area de estudio.



## Representaciones gráficas de las velocidades máximas alcanzadas en los escenarios simulados



## Simulación de inundaciones en toda el area de estudio.

## Resumen de los escenarios simulados y criterios establecidos

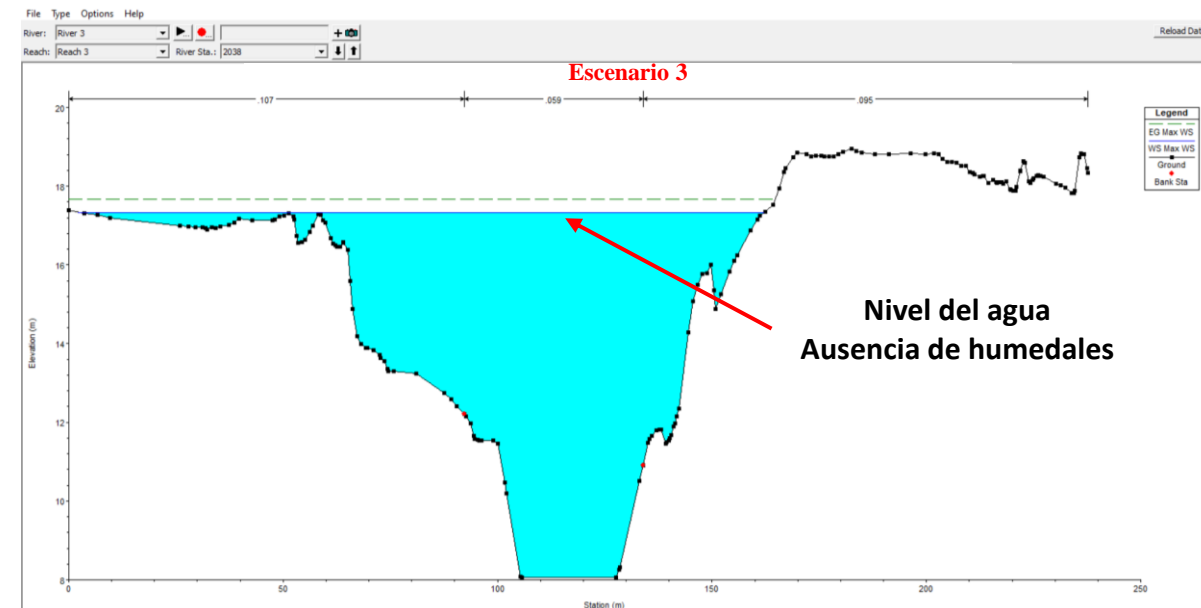
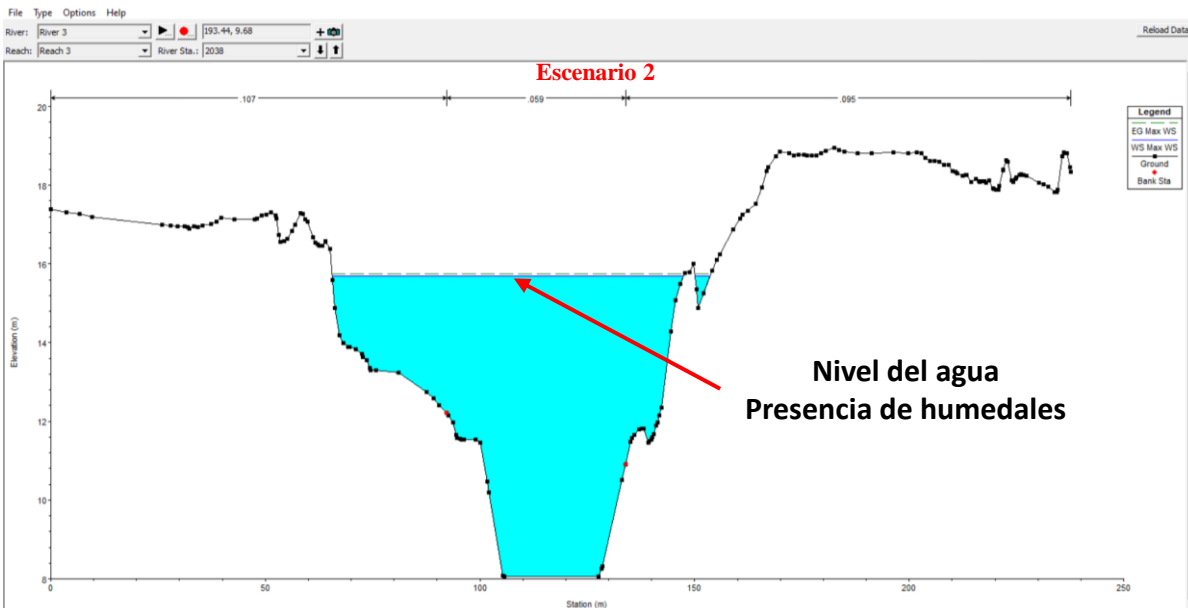
		<b>Escenario #1</b>	<b>Escenario #2</b>	<b>Escenario #3</b>	<b>Escenario #4</b>	<b>Escenario #5</b>
<b>Caudal [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Macul</b>	106 m <sup>3</sup> /s	205.2 m <sup>3</sup> /s	205.2 m <sup>3</sup> /s	238.2 m <sup>3</sup> /s	238.2 m <sup>3</sup> /s
	<b>Pula (aguas arriba)</b>	198.9 m <sup>3</sup> /s	385.1 m <sup>3</sup> /s	385.1 m <sup>3</sup> /s	418.1 m <sup>3</sup> /s	418.1 m <sup>3</sup> /s
<b>Periodo de retorno [T = # años]</b>		2 años	100 años	100 años	200 años	200 años
<b>Presencia de áreas de almacenamiento</b>		N/A	Si	No	Si	No
<b>Área inundada [m<sup>2</sup>]</b>		914645.28 m <sup>2</sup>	10122566.30 m <sup>2</sup>	1939242.42 m <sup>2</sup>	10190931.76 m <sup>2</sup>	1968715.42 m <sup>2</sup>
<b>Porcentaje de eliminación de áreas de almacenamiento [%]</b>		N/A	Eliminación del 80.9%		Eliminación del 80.7%	
<b>Altura máxima de agua sobre el nivel del mar [m]</b>		13.80 m	15.65 m	17.62 m	15.80 m	17.80 m
<b>Porcentaje de afectación por eliminación de áreas de almacenamiento [%]</b>		N/A	Aumento del 11.1%		Aumento del 11.2%	
<b>Velocidad máxima del agua [m/s]</b>	<b>Centro del canal</b>	0.28 m/s	0.18 m/s	0.45 m/s	0.19 m/s	0.46 m/s
	<b>Extremos del canal</b>	0.06 m/s	0.04 m/s	0.17 m/s	0.06 m/s	0.18 m/s
<b>Porcentaje de afectación por eliminación de áreas de almacenamiento [%]</b>	<b>Centro del canal</b>	N/A	Aumento del 60%		Aumento del 60%	
	<b>Extremos del canal</b>	N/A	Aumento del 76%		Aumento del 67%	



## Interacción Ríos-Humedales

La presencia de humedales permite garantizar una sostenibilidad óptima como almacenadores de agua, logrando mantener los bodes del canal del cauce y evitar inundaciones por el desbordamiento de estos.

→ **-80%**  
Áreas de inundación



Aumento del nivel de agua  
11%

Las zonas de anegamiento (Humedales) juegan un papel fundamental como un amortiguador natural del agua excedente de los ríos.

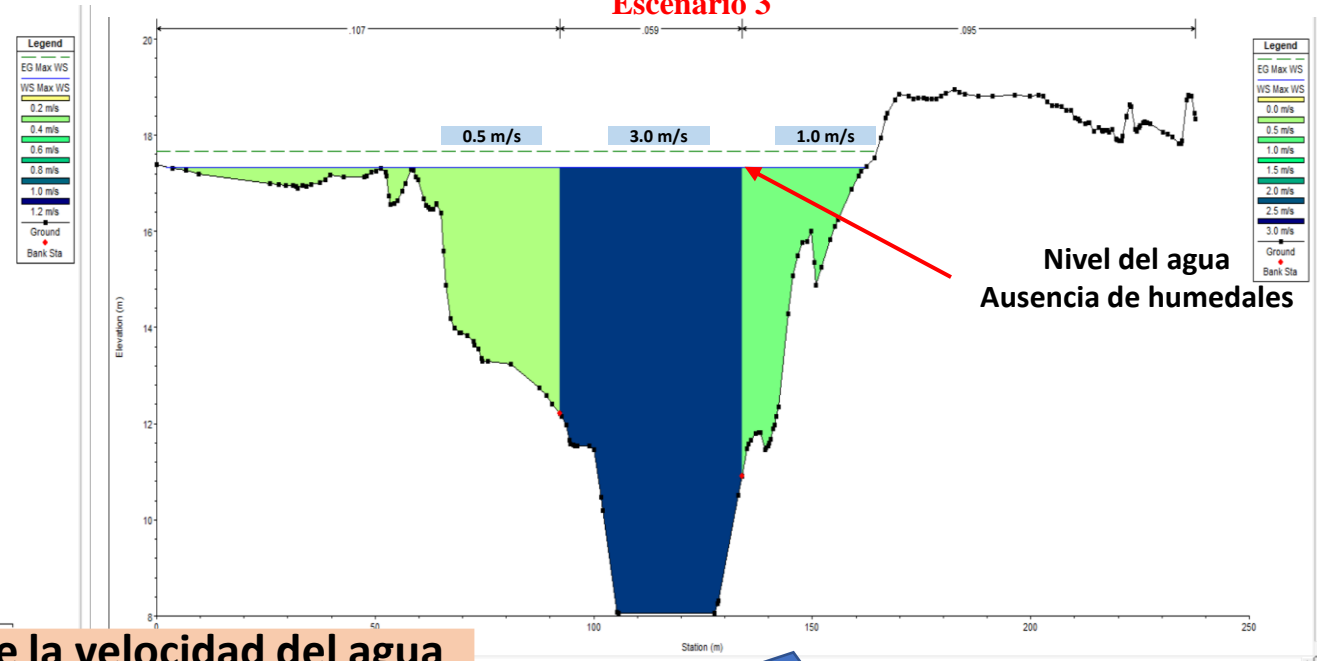
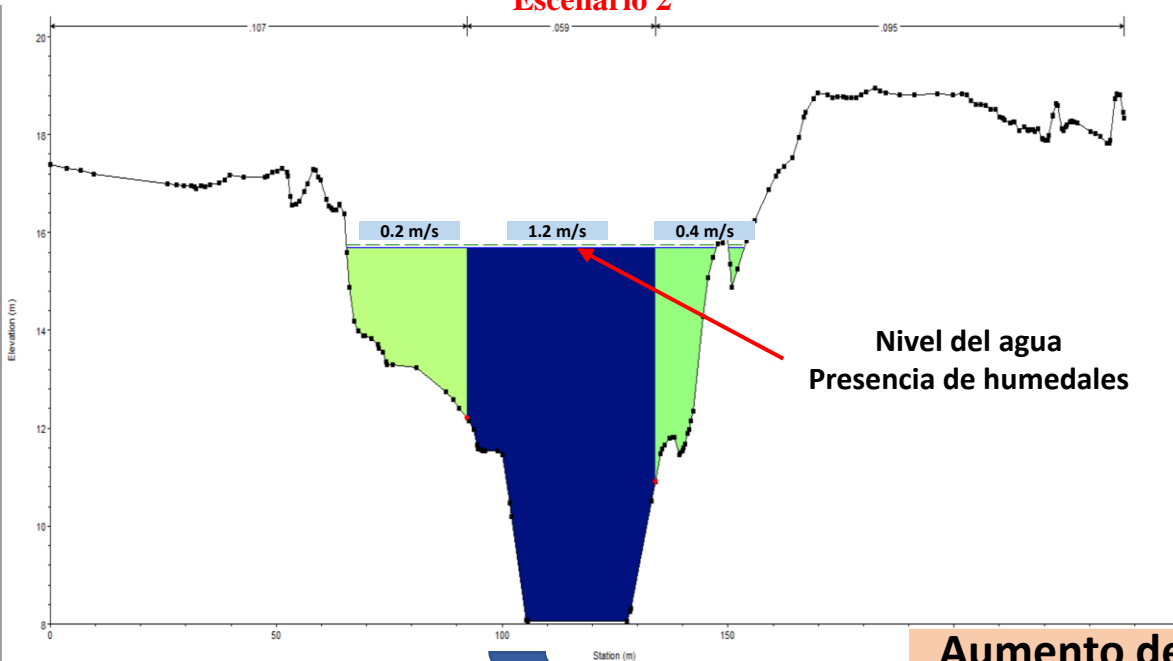
### Interacción Ríos-Humedales

La **eliminación** de los **humedales** provoca un **aumento de caudal** en el cauce del río, lo que **genera un incremento** en la **velocidad del agua**, tanto en el **centro del canal** como en los **extremos**.

**-80%**  
**Áreas de inundación**

Escenario 2

Escenario 3



**Aumento de la velocidad del agua  
60-76%**

El **cierre o cambio de uso del suelo** en humedales **provocaría** que la **velocidad del agua aumente**, ocasionando una **mayor energía y fuerza** de contacto con los **bordes del cauce** y sus **alrededores** en zonas **pobladas**.



 FCNM ESPOL  @fcnm\_espol  @fcnm\_espol

[www.fcnm.espol.edu.ec](http://www.fcnm.espol.edu.ec)

