

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

SIMULACIÓN DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO COCA EN EL SECTOR DEL BARRIO UNIÓN Y PROGRESO DE LA CIUDAD FRANCISCO DE ORELLANA MEDIANTE SOFTWARE IBER

**FLOOD SIMULATION IN THE COCA RIVER BASIN IN THE
“UNIÓN Y PROGRESO” NEIGHBORHOOD OF FRANCISCO
DE ORELLANA USING IBER SOFTWARE**

Dennis Andres Chaluisa Umajinga

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí

Jimmy Leandro Reyes Zambrano

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí

Jesús Enrique Chavarría Párraga

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí

José Ramon Alarcón Loor

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.20310

Simulación de inundaciones en la cuenca del río coca en el sector del barrio unión y progreso de la ciudad Francisco de Orellana mediante software IBER

Dennis Andres Chaluisa Umajinga¹DACHALUISA@pucesm.edu.ec<https://orcid.org/0009-0007-2687-3036>Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede
Manabí**Jimmy Leandro Reyes Zambrano**JLREYESZ@pucesm.edu.ec<https://orcid.org/0009-0002-0962-519X>Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede
Manabí**Jesús Enrique Chavarría Párraga**JECHAVARRIA@pucesm.edu.ec<https://orcid.org/0000-0001-8868-394X>Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede
Manabí**José Ramon Alarcón Loor**JRALARCON@pucesm.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-4766-6005>Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede
Manabí

RESUMEN

La presente investigación se planteó como objetivo simular inundaciones en la cuenca del río Coca, en el barrio Unión y Progreso de la ciudad de Francisco de Orellana con el fin de identificar zonas vulnerables y apoyar la gestión de riesgos hidrometeorológicos. Para lo cual se empleó una metodología cuantitativa que se basa en modelación hidráulica bidimensional mediante el software IBER donde se utilizó información topográfica obtenida del portal SIGTIERRAS junto con datos de uso de suelo del Instituto Geográfico Militar y los caudales históricos para construir el modelo hidrodinámico. Se simularon tres escenarios hidrológicos en el primero se consideró el estiaje, para segundo una crecida moderada y en el tercero una inundación crítica, los resultados mostraron que durante el estiaje no se presentan riesgos mientras que en condiciones de crecida extrema el caudal se desborda e inunda parcialmente el barrio Unión y Progreso. La acumulación de sedimentos y la limitada capacidad del cauce se ven agravadas por la erosión inducida por la hidroeléctrica Coca Codo Sinclair que incrementan el riesgo de inundación. Se concluyó que el modelo es una herramienta capaz de predecir inundaciones y apoyar las decisiones de planificación territorial. Sin embargo, su precisión depende de la calidad de los datos de entrada y de una calibración adecuada para lo cual se recomienda mejorar los sistemas de monitoreo, así como el incorporar variables climáticas y promover la participación comunitaria en la gestión del riesgo.

Palabras clave: Inundaciones, Modelación hidráulica, IBER, Cuenca del río Coca, Riesgo hidrometeorológico, Francisco de Orellana.

¹ Autor principal

Correspondencia: DACHALUISA@pucesm.edu.ec

Flood simulation in the Coca River basin in the “Unión y Progreso” neighborhood of Francisco de Orellana using IBER software

ABSTRACT

The objective of this research was to simulate flooding in the Coca River basin, in the Unión y Progreso neighborhood of the city of Francisco de Orellana, to identify vulnerable areas and support hydrometeorological risk management. A quantitative methodology based on two-dimensional hydraulic modeling using IBER software was used. Topographic information obtained from the SIGTIERRAS portal, along with land-use data from the Military Geographic Institute and historical flows, was used to construct the hydrodynamic model. Three hydrological scenarios were simulated: the first considered a low-water period, the second a moderate flood, and the third a critical flood. The results showed that during low-water periods, there are no risks, while under extreme flood conditions, the flow overflows and partially floods the Unión y Progreso neighborhood. Sediment accumulation and the limited channel capacity are exacerbated by erosion induced by the Coca Codo Sinclair hydroelectric plant, increasing the risk of flooding. It was concluded that the model is a capable tool for predicting floods and supporting territorial planning decisions. However, its accuracy depends on the quality of the input data and proper calibration. Therefore, it is recommended to improve monitoring systems, incorporate climatic variables, and promote community participation in risk management.

Keywords: Floods, Hydraulic modeling, IBER, Coca River Basin, Hydrometeorological risk, Francisco de Orellana.

Artículo recibido 09 agosto 2025

Aceptado para publicación: 13 septiembre 2025



INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son fenómenos naturales que en muchas regiones del mundo pasaron de ser eventos esporádicos para convertirse en amenazas recurrentes que se asocian cada vez más a procesos de cambio climático o deforestación, así como la urbanización acelerada y manejo inadecuado de los recursos hídricos (Benavidas, Scheffczyk, & Urrutia, 2021). En América Latina, y particularmente en el Ecuador, las inundaciones se manifiestan con especial intensidad en zonas de alta pluviosidad como la Amazonía donde la presencia de extensos sistemas fluviales más la suma de condiciones topográficas irregulares y a una débil infraestructura de prevención, agravan la exposición de la población y los ecosistemas ante este tipo de desastres (Primicias, 2024).

El cantón Francisco de Orellana que se localiza en la provincia de Orellana, es uno de los territorios amazónicos más afectados por eventos de crecida de ríos y anegamientos. En especial, el barrio Unión y Progreso que es colindante con la cuenca del río Coca de acuerdo con Cadenna (2021) se identifica por instituciones nacionales como una de las zonas urbanas de mayor vulnerabilidad. Las inundaciones recurrentes deterioran la infraestructura urbana y los servicios básicos que impactan directamente en la calidad de vida de sus habitantes para incrementar la inseguridad hídrica y dificultan los procesos tanto de planificación territorial como de desarrollo sostenible.

Además, la erosión regresiva inducida por la operación de la hidroeléctrica Coca Codo Sinclair intensifica la acumulación de sedimentos en el cauce del río Coca que reduce la capacidad hidráulica y aumenta el riesgo de desbordamientos (SNGRE, 2024). Ante este escenario, la modelación hidrodinámica se presenta como una herramienta para anticipar comportamientos fluviales que permite caracterizar las zonas de riesgo y proponer soluciones de adaptación basadas en evidencia técnica.

En esta investigación se emplea el software IBER que es una plataforma computacional de simulación hidráulica en régimen bidimensional, que como destaca Jumbo y Morales (2021) permite representar con alto grado de precisión el flujo del agua sobre terrenos naturales y urbanos. La herramienta se validada en diversos contextos internacionales y es adecuada para estudiar la interacción entre caudal con la topografía o el uso del suelo y las estructuras artificiales.

El objetivo principal de este estudio es desarrollar un modelo hidrodinámico que simule con precisión el comportamiento del río Coca bajo diferentes condiciones hidrológicas desde estiajes hasta crecidas

críticas, con énfasis en el impacto que estos escenarios podrían tener sobre el barrio Unión y Progreso. Para ello, se integró información topográfica obtenida mediante modelos digitales del terreno (MDT) con datos de uso del suelo y series hidrológicas históricas de caudales. Las cuales construyeron y analizaron múltiples escenarios de simulación que permitió visualizar la propagación del flujo con los niveles de inundación junto con las velocidades del agua y las áreas afectadas a fin de identificar puntos críticos para proponer medidas de mitigación viables.

El estudio representa un aporte para la gestión del riesgo en contextos amazónicos y urbanos que permite generar mapas de amenaza para sustentar las decisiones de ordenamiento territorial y formular políticas públicas más resilientes al riesgo hídrico. Asimismo, se evidencia la necesidad de fortalecer los sistemas de monitoreo y los mecanismos de alerta temprana con la incorporación de tecnologías accesibles y el desarrollo de la participación comunitaria. En definitiva, el trabajo se apunta a una línea de acción que se orienta a la adaptación y reducción del riesgo de desastres desde un enfoque tanto científico como integral que es territorialmente contextualizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

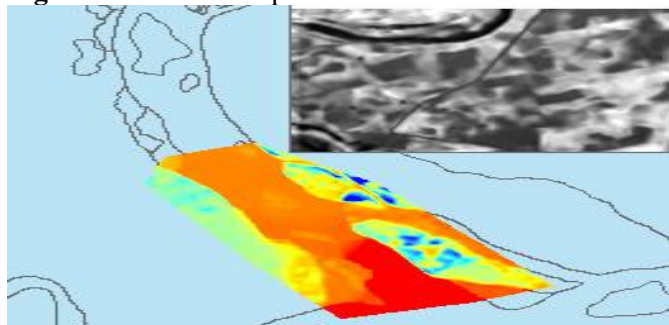
La investigación se desarrolló en la cuenca del río Coca específicamente en el sector del barrio Unión y Progreso que pertenece al cantón Francisco de Orellana, Ecuador. El área fue históricamente afectada por eventos de inundación como destaca Terneus (2021) durante la temporada invernal que motivó la aplicación de un modelo hidrodinámico bidimensional con el fin de evaluar el comportamiento del flujo en diferentes escenarios hidrológicos para determinar zonas de vulnerabilidad (Malaver Nieto, 2023).

El estudio adoptó el enfoque cuantitativo que se basa en la recopilación junto con el procesamiento y análisis de los datos geoespaciales, hidrológicos y morfológicos. Se empleó el software IBER (versión 2.5) que es una herramienta libre de modelación hidráulica en dos dimensiones que permite simular el flujo superficial en régimen transitorio, ampliamente utilizada en estudios de ríos y áreas urbanas inundables (Bladé, y otros, 2014). La elección de este software respondió a su capacidad para representar la dinámica fluvial con alto grado de detalle y su compatibilidad con datos de entrada georreferenciados (Mosquera Novoa, 2024).

La información topográfica fue obtenida del portal SIGTIERRAS, del Ministerio de Agricultura del Ecuador mediante la descarga de Modelos Digitales del Terreno en formato GeoTIFF, con una

resolución espacial de 5 metros que es adecuada para representar la morfología del terreno en zonas amazónicas (Republica del Ecuador, 2020; IMASGAL, 2023; Ministerio de Agricultura Y Ganadería, 2021). Los datos fueron procesados y recortados en el software QGIS que genera archivos compatibles con IBER. Adicionalmente, se integró un archivo shape de uso del suelo (Figura 1) que se descargó del Instituto Geográfico Militar para transformarlo en formato ráster y luego a formato de texto delimitado (.csv) para ser incorporado en el modelo lo cual permite asignar coeficientes de rugosidad de Manning diferenciados por cobertura.

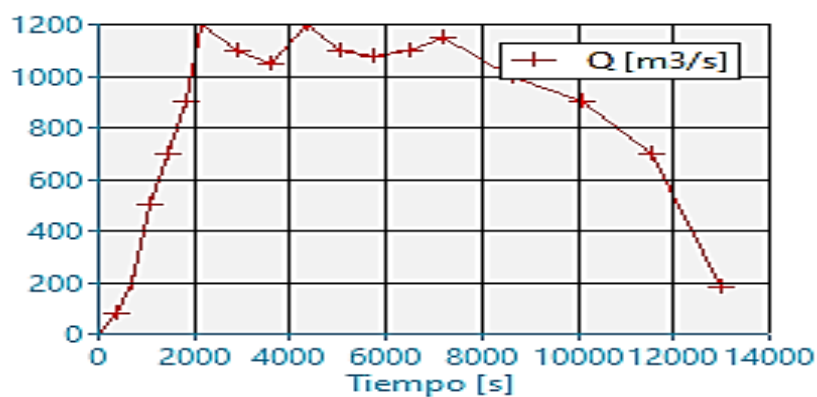
Figura 1. Archivo shapeFile de la Zona de estudio



Fuente: (Chaluisa Umajinga, 2025)

Para la caracterización del comportamiento hidrológico del río Coca, se emplea unas series de caudales históricos proporcionadas por fuentes oficiales y complementadas con observaciones satelitales mediante Google Earth, con el fin de identificar los procesos de erosión y acumulación de sedimentos (INAMHI, 2025). Se definieron tres escenarios de simulación uno con estiaje (caudales bajos), otro con crecida moderada y un último con crecida extrema que utilizan como condiciones de contorno hidrogramas representativos de cada situación con caudales de hasta 1.200 m³/s en el evento máximo (Figura 2).

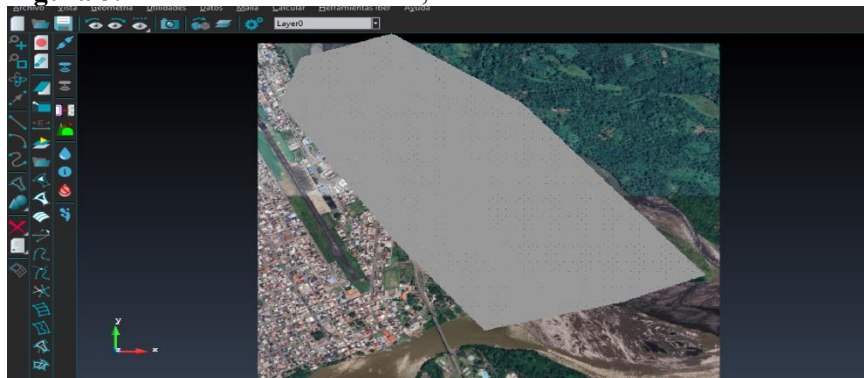
Figura 2. Caudal de ingreso de la cuenca



Fuente: (Chaluisa Umajinga, 2025)

Durante la construcción del modelo, se establecieron parámetros iniciales como el nivel del agua junto con las condiciones de entrada y salida del caudal para la distribución del uso del suelo y las dimensiones de la cuenca como el área, perímetro, coeficiente de compacidad y relación de elongación.

Figura 3. Generación de una malla, con el archivo MDT



Fuente: (Chaluisa Umajinga, 2025)

Posteriormente se generó una malla computacional adaptativa (Figura 3) que optimiza para mantener la estabilidad numérica y el realismo de los resultados sin comprometer el tiempo de cálculo. El modelo se calibro considerando los datos empíricos disponibles y se validó mediante la comparación de resultados con registros históricos de inundaciones reportadas por organismos locales.

Figura 4. Inicio de la simulación en IBER



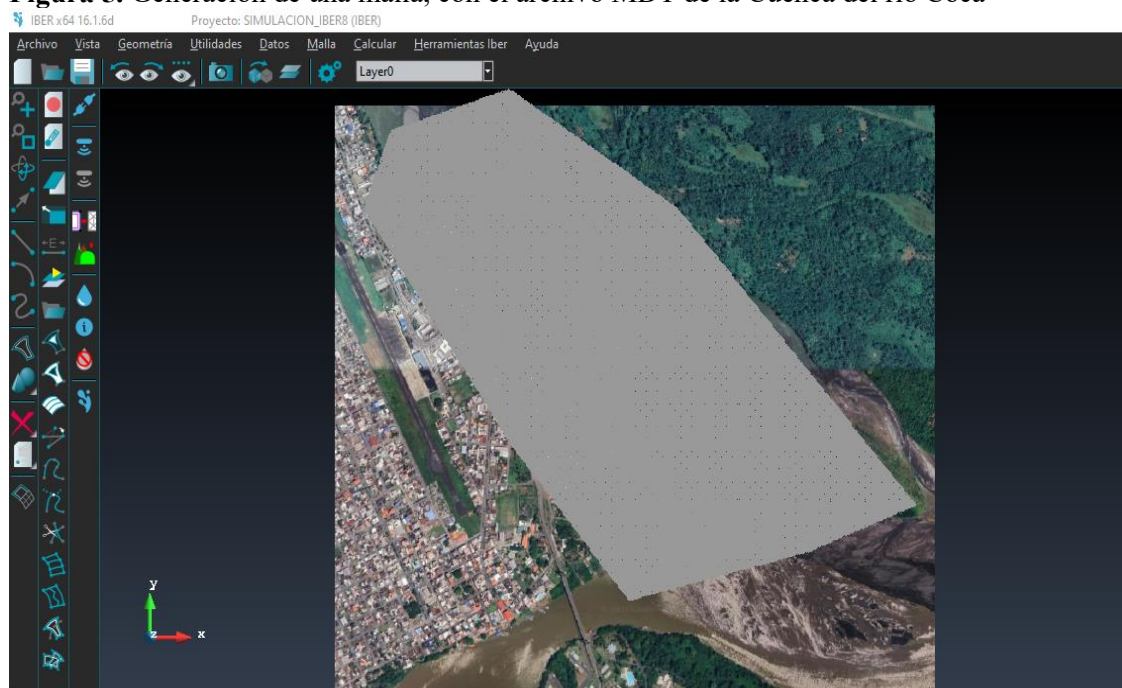
Fuente: (Chaluisa Umajinga, 2025)

Los resultados de cada simulación (Figura 4) fueron analizados en función de variables como el calado que es la profundidad del agua, la velocidad del flujo y las áreas inundadas. La información fue representada gráficamente y permitió identificar zonas críticas en el barrio Unión y Progreso que genero insumos técnicos para la planificación territorial y la gestión del riesgo.

Resultados

Se cargo la información calculada anteriormente en el software y se generó una malla y geometría establecida como se puede observar en la figura 5. La malla posee varios elementos y polígonos, no es muy densa para que el programa pueda calcular sin problemas.

Figura 5. Generación de una malla, con el archivo MDT de la Cuenca del rio Coca

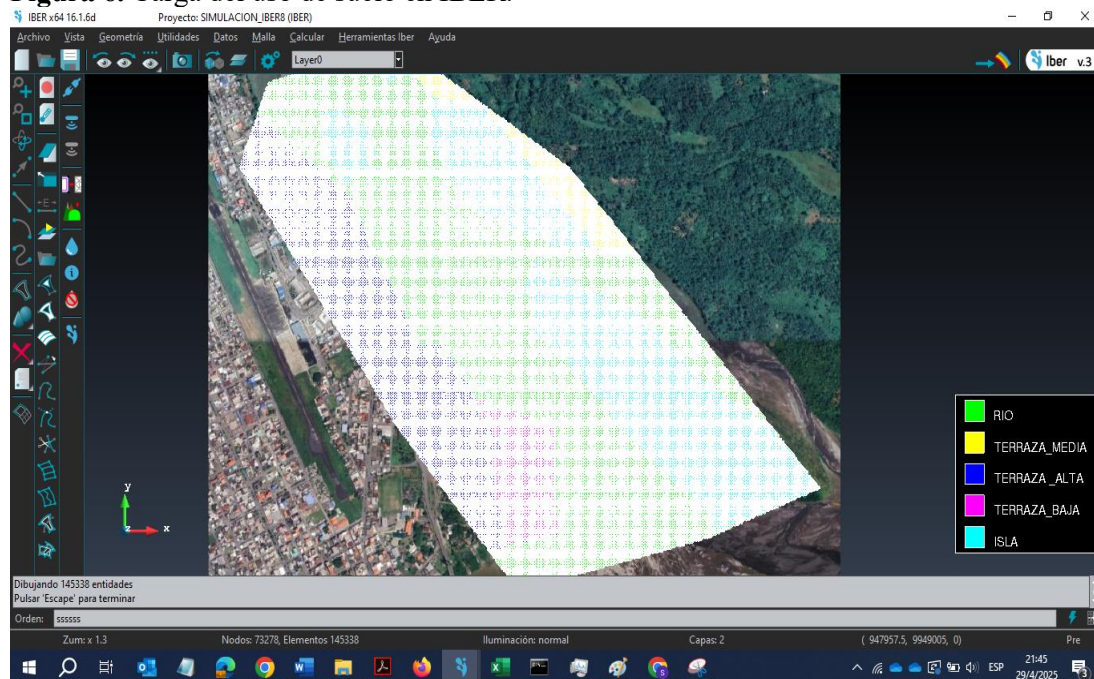


Establecida la malla, se carga también una imagen georreferenciada de la zona, la cual se obtuvo en el software QGIS, para visualizar de mejor manera el área de estudio.

Posteriormente, se carga el archivo de uso de suelo para delimitar y marcar cada zona con los valores correspondientes del coeficiente de Manning. Para ello, el archivo fue transformado a formato .txt en QGIS. De esta manera, Iber puede importar los datos y asignarlos correctamente en la malla principal. La conversión en QGIS se realiza exportando una capa vectorial (por ejemplo, de tipo polígono, con los atributos del uso del suelo) como archivo de texto delimitado por comas (.csv o .txt). Durante la exportación, se deben incluir los campos necesarios, como el ID, la descripción del uso del suelo y el valor de Manning asignado.

Es importante asegurarse de que el sistema de coordenadas sea compatible con el modelo en Iber y que los datos estén georreferenciados correctamente, para que la importación sea exitosa.

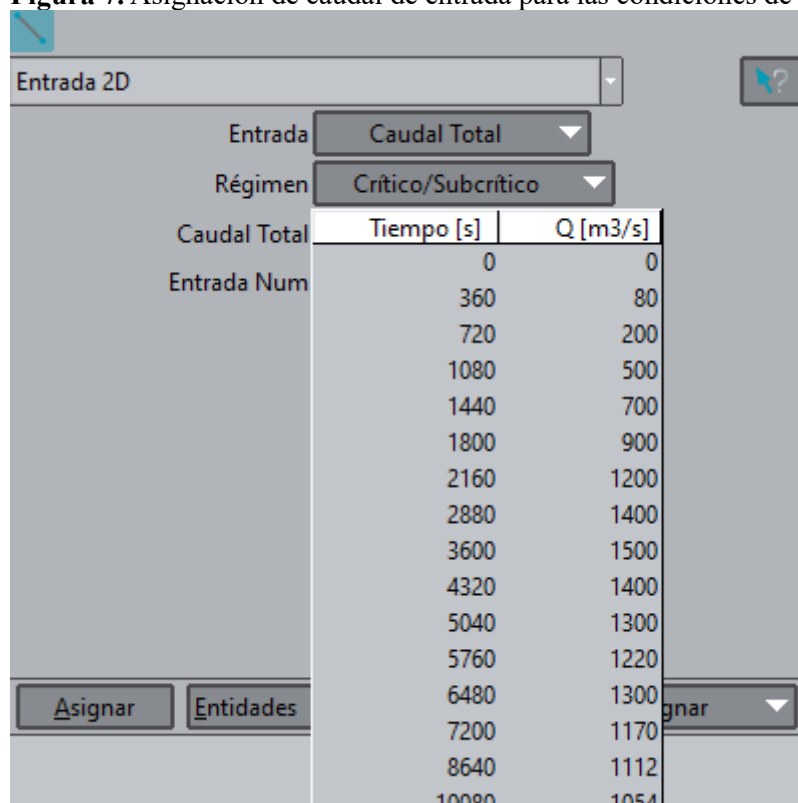
Figura 6. Carga del uso de suelo en IBER.



Condiciones de contorno y valores iniciales

Se cargan las condiciones de contorno; en la entrada, se incorpora el hidrograma y los niveles de caudal establecidos previamente. Para el posprocesamiento de las modelaciones bidimensionales, se determinó que el tiempo máximo de simulación fuera igual al del hidrograma del evento de precipitación, presentando resultados en cada intervalo de tiempo definido por la precipitación neta. La calibración de los modelos es fundamental para validar los resultados obtenidos en las simulaciones. Por esta razón, se utilizó la información correspondiente al pico máximo de caudal de 1,500 metros cúbicos por segundo registrado en el río Coca durante el invierno de 2024.

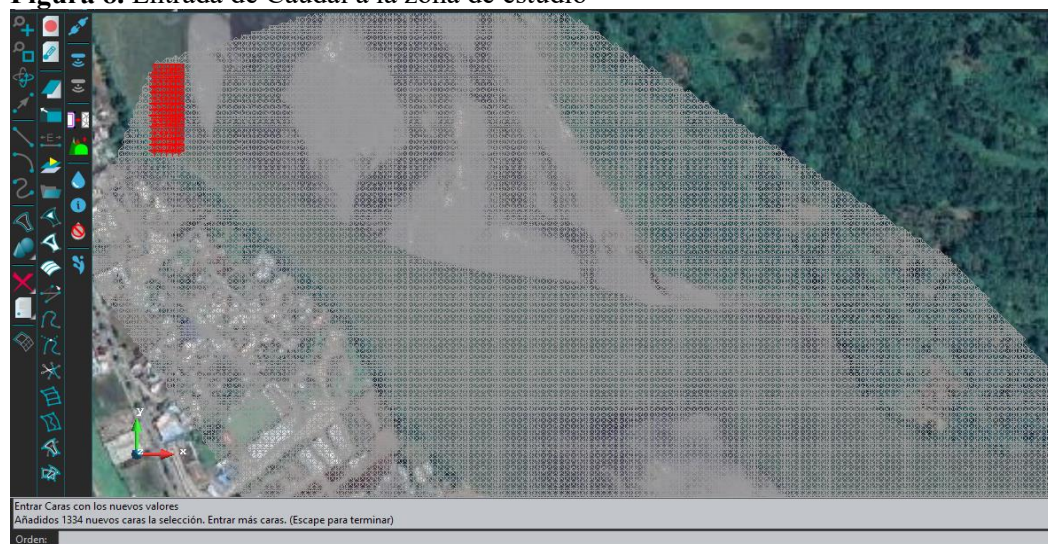
Figura 7. Asignación de caudal de entrada para las condiciones de entorno.



Entrada Num	Tiempo [s]	Q [m3/s]
	0	0
360		80
720		200
1080		500
1440		700
1800		900
2160		1200
2880		1400
3600		1500
4320		1400
5040		1300
5760		1220
6480		1300
7200		1170
8640		1112
10080		1054

Se establece el ingreso de caudal a la cuenca, en este estudio se colocó en el ingreso norte más estrecho del río como se puede observar en color rojo en la figura 8.

Figura 8. Entrada de Caudal a la zona de estudio

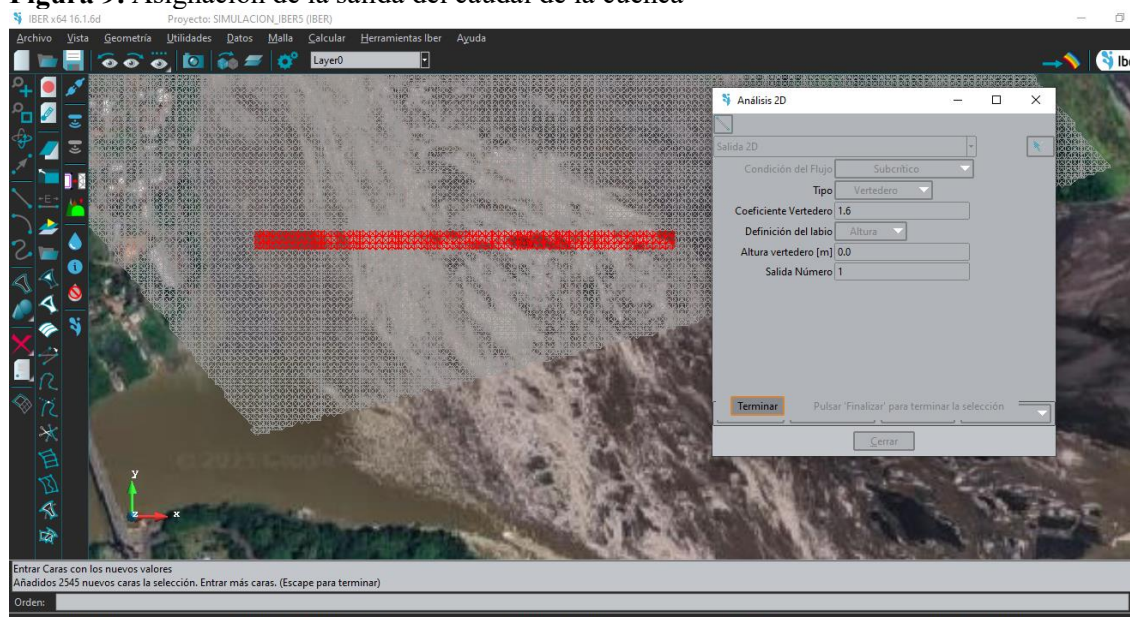


La salida del caudal se estableció en la parte final del río Coca, en el punto donde confluye con el río Napo, cerca del barrio Unión y Progreso. En la margen derecha de la cuenca se observa una significativa acumulación de sedimentos, lo que provoca que el agua, en condiciones normales, fluya muy cerca del

mencionado barrio. Esta sedimentación es producto de los procesos de erosión generados por el río aguas abajo de la central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair.

La acumulación de sedimentos representa un riesgo importante para las zonas habitadas cercanas, ya que reduce la capacidad hidráulica del cauce, desvía el flujo hacia áreas vulnerables y aumenta la probabilidad de desbordamientos durante eventos de crecida. Esta condición podría agravarse en temporadas de lluvia intensa, afectando la seguridad de la población y la infraestructura local.

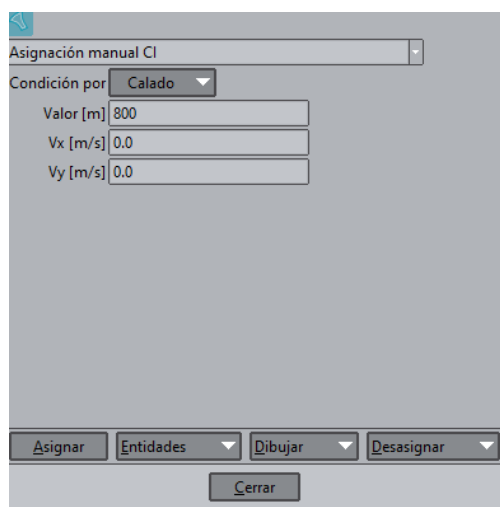
Figura 9: Asignación de la salida del caudal de la cuenca



Condiciones iniciales

Para las condiciones iniciales, se simuló un caudal de 800 metros cúbicos por segundo, correspondiente al promedio relativo del hidrograma asignado al estudio.

Figura 10: Asignación de condiciones iniciales de caudal.



Asignación manual CI

Condición por: Calado

Valor [m]: 800

Vx [m/s]: 0.0

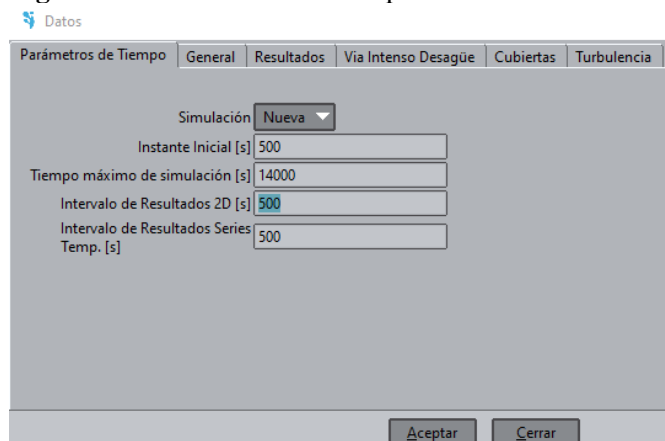
Vy [m/s]: 0.0

Asignar Entidades Dibujar Desasignar

Cerrar

Una vez establecidas las condiciones de estudio, se procedió a analizar los parámetros de la simulación con el fin de obtener resultados precisos. En la Figura 11 se muestran los datos ingresados en el programa, como el período e intervalo de simulación, el cual se fijó en 500 segundos, ya que un intervalo menor genera un mayor consumo de recursos computacionales.

Figura 11: Datos de simulación para el estudio.



Datos

Parámetros de Tiempo General Resultados Vía Intenso Desagüe Cubiertas Turbulencia

Simulación: Nueva

Instante Inicial [s]: 500

Tiempo máximo de simulación [s]: 14000

Intervalo de Resultados 2D [s]: 500

Intervalo de Resultados Series Temp. [s]: 500

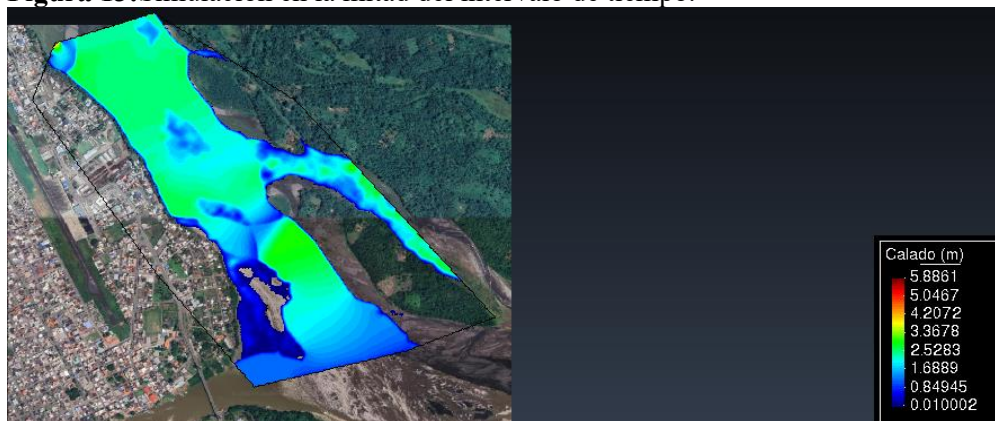
Aceptar Cerrar

Figura 12. Inicio de la simulación en Iber según las condiciones de contorno.



En la figura 12 se muestra como la simulación inicia, el caudal va ingresando en la entrada, va rodeando las capas y superficies cargadas en el modelo. En el Software Iber se muestra el caudal de la cueca según el hidrograma que se cargó.

Figura 13: Simulación en la mitad del intervalo de tiempo.



En la Figura 13 se puede observar cómo el caudal del río avanza a lo largo del perímetro de la cuenca hasta su desembocadura. En este punto, el caudal se encuentra muy próximo a las orillas del barrio Unión y Progreso. Este tramo de la simulación permite evidenciar que, durante la época invernal, el nivel de calado en un punto medio del cauce ya representa un riesgo para las poblaciones cercanas al río.

Resultados de la simulación.

Para la simulación hidrodinámica y la interpretación de resultados en el entorno Iber, se definirán dos escenarios hidrológicos mediante la carga de caudales en la condición de contorno de entrada. El primer escenario corresponde al periodo de estiaje (verano), caracterizado por caudales base que representan condiciones hidrológicas normales. El segundo escenario representa la temporada de lluvias (invierno), en la cual se simulan caudales máximos generados por precipitaciones intensas en la región amazónica. Los caudales de entrada se introducirán como series temporales (hidrogramas). Estos escenarios permitirán evaluar el comportamiento hidrodinámico de la cuenca mediante la simulación en régimen transitorio.

Posteriormente, se realizará un análisis comparativo de los resultados obtenidos incluyendo variables como velocidad del flujo, calado (lámina de agua), y distribución de áreas inundada, con el objetivo de caracterizar la respuesta de la cuenca frente a diferentes regímenes hidrológicos. Este análisis permitirá validar el modelo y comprender la dinámica estacional del caudal en la cuenca, aportando insumos valiosos para la gestión del riesgo y la planificación hidrológica.

Análisis del comportamiento hidrodinámico del río Coca en condiciones de estiaje (verano).

Para la simulación se utilizó el siguiente hidrograma, donde existe valores constantes de caudal en la cuenca en un periodo de 6000 segundos, en la tabla 1 se puede observar los valores de caudal utilizados.

Tabla 1

Condiciones de contorno primera simulación.

Tiempo(s)	Caudal (m ³ /s)
0	230
400	200
800	300
1200	210
1600	220
2000	330
2400	230
2800	200

3200	225
3600	220
4000	240
4400	250
4800	242
5200	240
5600	300
6000	230

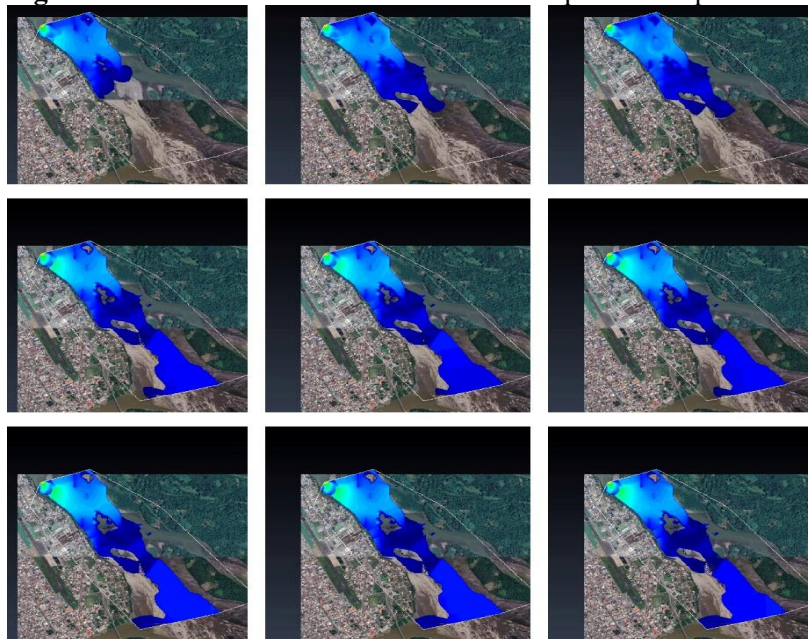
En la figura 14 se representa una secuencia temporal de la simulación realizada en Iber bajo el escenario hidrológico de estiaje. A lo largo de los distintos intervalos de tiempo, se observa una distribución progresiva del flujo a lo largo del cauce principal del río Coca, con predominancia de calados bajos (valores representados en tonalidades azules intensas), lo cual es característico de caudales reducidos.

Durante todo el desarrollo de la simulación, el flujo permanece confinado principalmente dentro del cauce natural, sin evidencias significativas de desbordamientos o inundaciones en las zonas urbanas o de ribera adyacentes. La propagación del flujo muestra una morfología estable y controlada, lo que sugiere un bajo nivel de riesgo hidráulico en este periodo.

Además, se aprecia una evolución espacial homogénea del frente de agua, con velocidades de flujo relativamente constantes y sin formación de zonas de acumulación crítica, lo cual es coherente con las condiciones típicas de la estación seca. Estos resultados permiten validar el modelo para escenarios de bajo caudal y constituyen una línea base para comparaciones posteriores con el comportamiento en época de crecida.

En conjunto, la simulación evidencia un comportamiento estable del sistema fluvial durante el estiaje, con bajo impacto sobre áreas pobladas y una respuesta hidrodinámica predecible en condiciones normales.

Figura 14. Análisis del caudal del río Coca en época de sequía.



Análisis del comportamiento hidrodinámico del río Coca en condiciones de crecida (invierno)

La imagen presenta una secuencia temporal generada en Iber bajo condiciones de caudales elevados, correspondientes al periodo invernal o temporada de lluvias, caracterizado por un incremento significativo en la descarga fluvial debido a las intensas precipitaciones en la cuenca amazónica.

A lo largo de la simulación se observa un aumento progresivo en la extensión del área inundada, representada por la expansión de tonalidades más claras (azul claro, cian e incluso zonas verdes), lo cual evidencia un mayor calado y una intensificación del flujo en el cauce principal. Esta evolución indica una mayor energía hidráulica y un comportamiento dinámico más complejo en comparación con el escenario de estiaje.

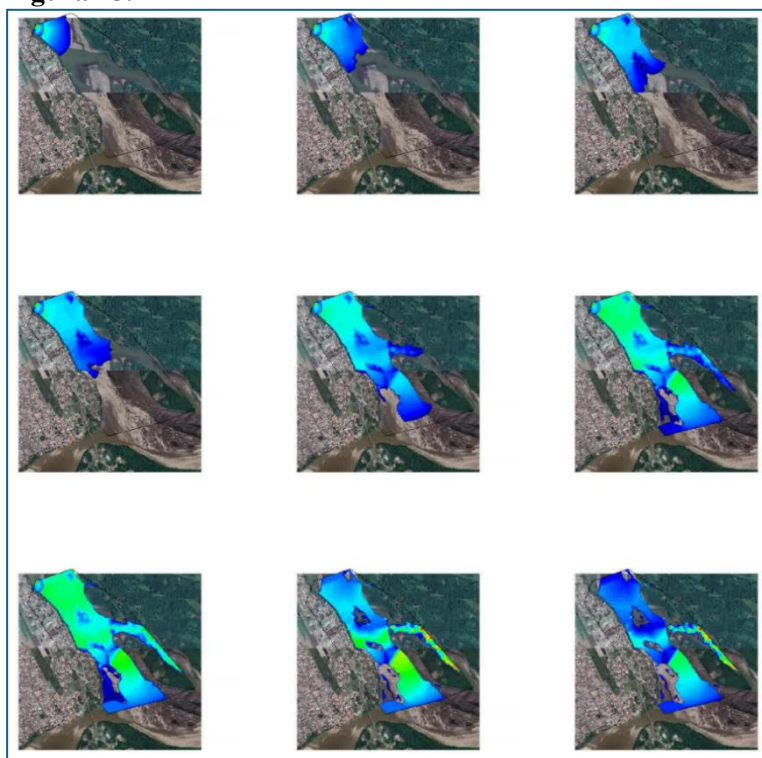
Aunque no se evidencia un desbordamiento significativo hacia las zonas urbanizadas adyacentes, la aproximación del nivel de agua a los bordes del cauce indica una condición de prealerta, con potencial riesgo hidráulico si el caudal continúa aumentando. El modelo muestra también zonas de acumulación de flujo en depresiones topográficas aledañas, lo que podría indicar áreas vulnerables a futuras inundaciones en simulaciones más extremas.

Se destacan además zonas con velocidades elevadas y gradientes hidráulicos marcados, lo cual podría estar asociado a la morfología del cauce y a su interacción con estructuras naturales o antrópicas. Estos

patrones son fundamentales para la evaluación del riesgo hidráulico y la delimitación de zonas susceptibles de intervención.

En resumen, el comportamiento del flujo en condiciones de crecida refleja una dinámica más activa y compleja, sin desbordamientos inmediatos, pero con indicios de expansión hidráulica significativa que justifican un análisis de escenarios más extremos para fines de prevención y planificación territorial.

Figura 15. Simulación del llenado del cauce de la cuenca en condiciones normales

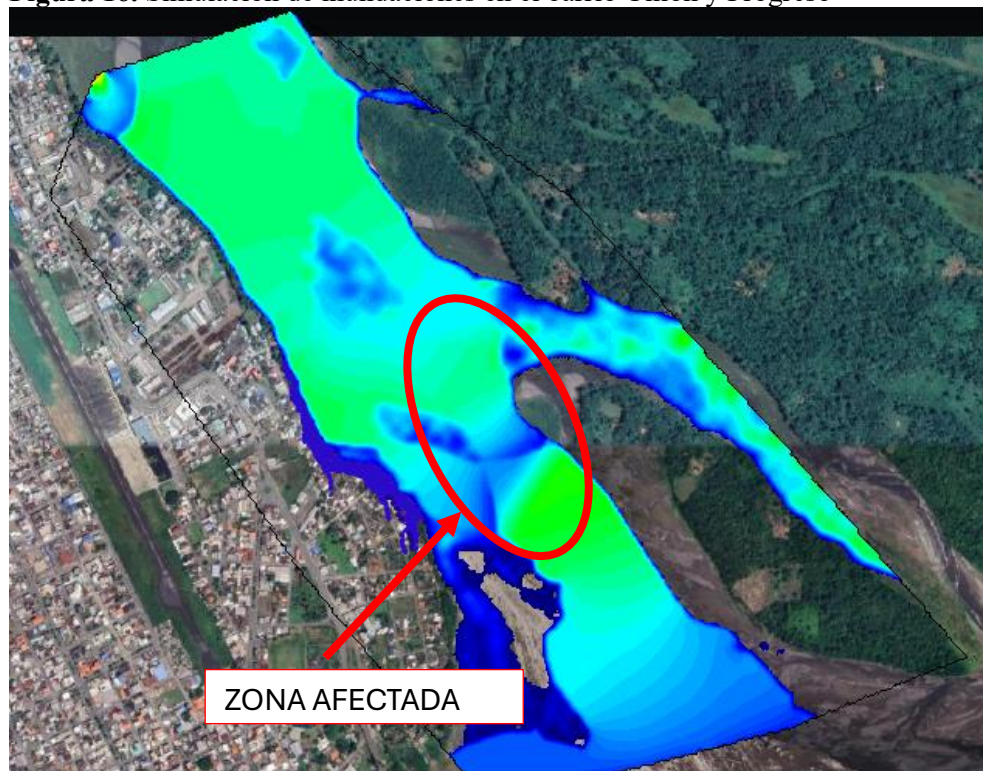


Análisis del comportamiento hidrodinámico del río Coca en condiciones de crecida extrema (invierno)

Para este análisis se consideró una condición inicial de 300 metros cúbicos que simula una crecida repentina, por lo que a medida que avanza el tiempo en la simulación, se observa que el caudal comienza a ingresar en zonas pobladas, como se muestra en la Figura 30. En esta etapa, el río ya se encuentra desbordado y afecta directamente a los habitantes del sector.

La figura 16 se puede observar la simulación hidrodinámica bidimensional del río Coca, específicamente en el tramo adyacente al barrio Unión y Progreso, en la ciudad de Puerto Francisco de Orellana. Cada fotograma representa un intervalo temporal de 2 horas, lo que permite observar la evolución del llenado del cauce bajo condiciones de caudal creciente.

Figura 16. Simulación de inundaciones en el barrio Unión y Progreso



El modelo fue ejecutado en régimen transitorio, considerando condiciones de contorno variables y un caudal de entrada definido en función de eventos hidrológicos extremos. Las imágenes muestran la progresiva expansión del flujo sobre la planicie de inundación, destacando la interacción del caudal con la topografía local y la infraestructura urbana existente.

La simbología de colores indica la profundidad del flujo (variable H), donde los tonos azul oscuro corresponden a mayores profundidades, mientras que los tonos celestes y verdosos representan áreas someramente inundadas o recientemente afectadas por el avance del frente de agua.

Se puede apreciar cómo, a medida que transcurre el tiempo, el caudal se desborda del cauce principal debido a la acumulación de sedimentos en la margen derecha y a las condiciones de pendiente reducida, generando zonas de anegamiento en las inmediaciones del barrio. Este comportamiento evidencia puntos críticos de vulnerabilidad, útiles para el diseño de estrategias de mitigación y gestión del riesgo.

Dado que no existen registros exactos sobre el alcance del nivel de agua determinados por expertos o entidades competentes, el modelo no ha sido reajustado. Por tanto, la validez de las simulaciones se fundamenta en los niveles de apreciación representados en el modelo bidimensional. Esta simulación entrega resultados sobre cotas de inundación, velocidades del flujo y número de Froude. Para la

elaboración del mapa de riesgo, es necesario centrarse en los resultados relativos al calado del agua y a la velocidad del flujo.

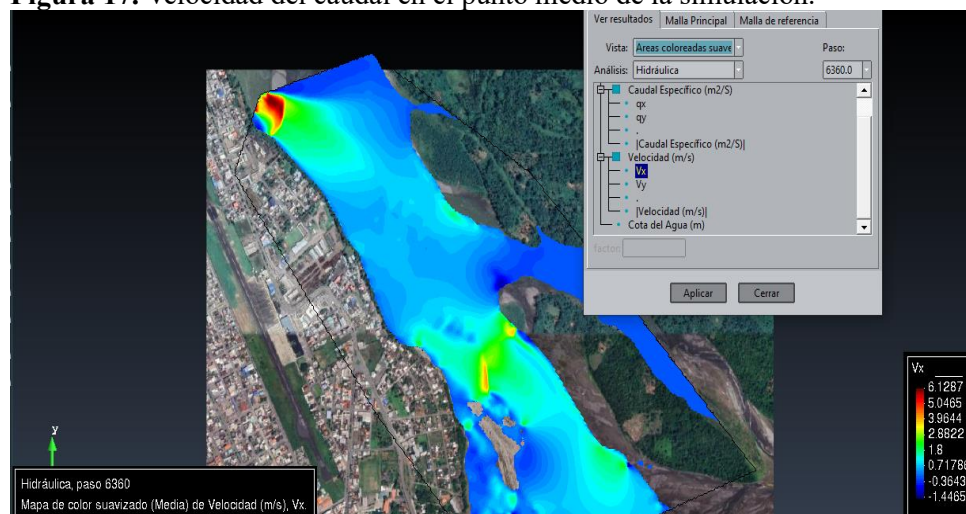
En el análisis del escenario utilizando un hidrograma de diseño, se observa una cota de inundación significativa en el barrio Unión y Progreso, lo que evidencia un desbordamiento del cauce de la quebrada. Esta situación afecta directamente las construcciones aledañas, incluyendo equipamientos educativos y viviendas, como se ha observado en eventos anteriores.

Velocidad del Caudal

En la Figura 17 se muestra la velocidad del caudal, donde se evidencia que en la entrada del río y al aproximarse a las islas de sedimentos la velocidad es mayor. Sin embargo, en el sector del barrio Unión y Progreso, la velocidad se presenta con un valor de aproximadamente 0,6 metros por segundo. Esta baja velocidad del caudal puede deberse a la acumulación de sedimentos, la pendiente reducida del terreno o a la expansión del cauce en esa zona, lo que disminuye la energía del flujo y favorece procesos de desbordamiento y estancamiento del agua.

Una velocidad de caudal reducida puede aumentar el riesgo de inundaciones, ya que el agua permanece más tiempo en zonas críticas, dificultando su evacuación natural. Además, el estancamiento favorece la sedimentación adicional, la proliferación de vectores (como mosquitos) y la degradación de la calidad del agua, lo que representa un riesgo tanto para la salud pública como para los ecosistemas locales

Figura 17. Velocidad del caudal en el punto medio de la simulación.

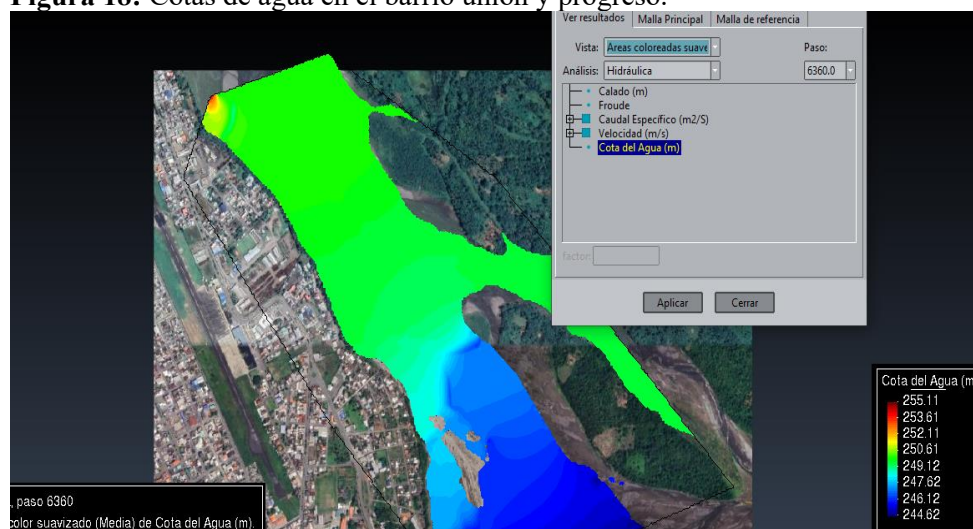


Cotas de Agua

En el siguiente análisis se muestran las cotas de agua en la zona de estudio. El valor promedio, representado en color verde, oscila alrededor de los 250 metros. Sin embargo, en el barrio Unión y Progreso, esta cota se reduce a aproximadamente 244 metros, lo que indica una depresión topográfica en el terreno que incrementa el riesgo de acumulación de agua y posibles inundaciones en esa área.

En el análisis del estudio realizado, se observa una cota de inundación significativa en el barrio Unión y Progreso, lo que evidencia un desbordamiento del cauce de la quebrada. Esta situación afecta directamente a las construcciones aledañas, incluyendo equipamientos educativos y viviendas, como se ha observado en eventos anteriores.

Figura 18: Cotas de agua en el barrio unión y progreso.



Para evaluar de mejor manera en la tabla 6 se presenta un análisis de los puntos más importantes que se evaluaron en las simulaciones.

Tabla 2

Resumen de Escenarios Hidrodinámicos – Cuenca del Río Coca

Escenario	Descripción	Comportamiento del	Zonas	Observaciones
	Hidrológica	Flujo	Afectadas	Técnicas
Estiaje (verano)	Caudales bajos típicos de la temporada seca. Hidrogramas con valores reducidos y constantes.	Flujo confinado al cauce natural. Calados bajos (color azul intenso). Velocidades estables.	Sin afectación urbana.	Condición estable. El sistema fluvial presenta baja energía y riesgo nulo de desbordamiento.
Crecida moderada (invierno)	Aumento de caudal por lluvias estacionales. Caudales más elevados que el estiaje, pero sin superar niveles críticos.	Expansión progresiva del flujo. Calados medios (tonalidades verde-azuladas). Acumulación en zonas bajas, pero sin desbordamientos.	Cauce próximo a zonas urbanas.	Posible prealerta. Se recomienda modelar escenarios de mayor intensidad para evaluar riesgo potencial.
Crecida crítica (invernal extremo)	Caudal alto con niveles cercanos a eventos de retorno mayores (e.g., 25-50 años). Ingreso al área urbana observado.	Alto calado (tonos verdes y cian) con propagación hacia áreas urbanizadas. Flujo denso y expansivo.	Barrio Unión y Progreso afectado por inundación.	Riesgo hidráulico presente. Requiere medidas de mitigación y planificación de drenaje urbano en esa zona.

DISCUSIÓN

Las recientes transformaciones morfológicas en la cuenca del río Coca, particularmente en el sector adyacente al barrio Unión y Progreso, han sido influenciadas significativamente por la intervención humana y la acumulación progresiva de sedimentos en el cauce. Esta combinación ha reducido la capacidad hidráulica del río, incrementando el riesgo de inundaciones en las zonas urbanas cercanas. La estrechez del cauce debido a la sedimentación ha generado un aumento en la lámina de agua durante eventos de crecida, comprometiendo la seguridad de la población local y sus infraestructuras.

Comparaciones entre el estado actual del río y registros históricos evidencian una disminución en la eficiencia del transporte de caudales, debido a la obstrucción del canal por sedimentos, materiales arrastrados y modificaciones antrópicas como la construcción de accesos irregulares o rellenos sin planificación. Esta situación ha ampliado las zonas de inundación potencial en épocas lluviosas, haciendo más vulnerables a sectores como Unión y Progreso, donde ya se han reportado desbordamientos parciales en temporadas anteriores.

La acumulación de sedimentos, resultado de procesos erosivos en las partes altas de la cuenca y del deslizamiento de taludes mal estabilizados, ha contribuido a modificar la morfología del canal, generando zonas de turbulencia y estancamiento que afectan tanto la calidad del agua como la dinámica ecológica del río. La mala gestión de estos sedimentos no solo reduce el caudal útil del canal, sino que puede movilizar contaminantes y nutrientes atrapados en el fondo fluvial, afectando la salud pública y la biodiversidad acuática local.

De igual forma, estructuras como puentes o muros improvisados en el entorno urbano de Unión y Progreso han influido negativamente en el comportamiento del flujo, al restringir el paso del agua en épocas de crecida. Estas restricciones pueden intensificar la erosión aguas abajo y aumentar la presión hidráulica sobre los márgenes, generando procesos de socavación que debilitan las bases de viviendas e infraestructura vial en la zona.

La simulación de un cauce del río Coca restaurado a condiciones más naturales, con un lecho libre de sedimentos y sin obstáculos artificiales, indica una posible mejora sustancial en la dinámica de flujo: menores niveles de agua en eventos de crecida, velocidades más controladas y reducción en el riesgo de desbordamientos. Este enfoque, basado en soluciones naturales (NBS), permitiría también restaurar

zonas ribereñas para que funcionen como amortiguadores naturales, dispersando los flujos de manera controlada y reduciendo el impacto sobre áreas urbanizadas.

Finalmente, la elaboración de mapas de amenaza por inundación en la cuenca del río Coca, especialmente en sectores como Unión y Progreso, se vuelve esencial para la planificación urbana y la gestión del riesgo. Estos mapas permitirían identificar puntos críticos, orientar la ubicación de infraestructura resiliente, y fomentar la participación comunitaria en planes de contingencia. Además, al identificar los sectores más vulnerables, se podrían implementar estrategias específicas como el dragado controlado, la reforestación de márgenes y la vigilancia activa de puntos de acumulación de sedimentos, contribuyendo así a la seguridad hídrica y social de toda la región.

CONCLUSIONES

Simulación hidráulica realizada con el software IBER, que se permitió determinar la estructura del agua en el río Coca en condiciones de constante crecimiento. Esta herramienta fue reconocida como útil para comprender la dinámica del flujo en escenarios de emergencia, que muestran áreas sensibles a las inundaciones. Sin embargo, las restricciones obtenidas de la calidad y disolución de los datos topográficos e hidrológicos disponibles, así como la dificultad de modelar la verdadera complejidad de la ciudad con la presencia de infraestructura y los cambios en las personas se identificaron. No obstante, el modelo sirve como una base estable para la planificación espacial y la gestión de riesgos hidrometeorológicos.

El análisis de los datos recopilados en los últimos cinco años se permitió identificar modelos estacionales y tendencias significativas en el comportamiento hidrológico del río Coca. Las fluctuaciones importantes fueron evidencia en el nivel de flujo durante las tormentas de lluvia fuertes, que es un riesgo latente de bajo sindicato y progresa en la industria. Sin embargo, también se descubrieron cavidades de información, dispersas o de baja frecuencia temporal que afectó la precisión de un análisis. Esta deficiencia limita la capacidad esperada de los modelos y enfatiza la necesidad de fortalecer los sistemas de monitoreo.

El modelo construido permitió simular satisfactoriamente diferentes escenarios de flujo del río Coca bajo condiciones normales y extremas. Su desarrollo demostró el potencial de calcular herramientas en las decisiones de toma de decisiones. Sin embargo, el modelo depende en gran medida de la calidad de

los datos de entrada y la calibración correcta. En este caso, la falta de datos batimétricos precisos y la ausencia de series históricas más largas comprometieron, en cierta medida, la precisión del modelo, especialmente en situaciones límite. Además, la representación del entorno urbano no siempre pudo captar elementos como drenajes pluviales, edificaciones o cambios en la cobertura vegetal.

Las simulaciones de eventos extremos mostraron de manera clara las zonas del barrio Unión y Progreso que presentan mayor vulnerabilidad a desbordamientos. Se identificaron corredores de flujo preferente, zonas de acumulación de agua y áreas donde la topografía y la infraestructura favorecen la expansión del agua fuera del cauce. Esta información es vital para la gestión de riesgos y la planificación de medidas de mitigación. Sin embargo, las simulaciones no incluyeron todas las posibles fuentes de error, como el efecto de la sedimentación, obstrucciones por basura o vegetación, ni la influencia del cambio climático en la recurrencia de eventos extremos, lo cual podría subestimar ciertos riesgos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barragán Noboa, J. C. (2023). *Escenarios de Riesgo Climático Asociados al Caudal del Río Coca en la Provincia de Orellana: Recomendaciones de Política para los Gobiernos Nacional y Local*. Orellana: FLACSO. Recuperado el 3 de 6 de 2025, de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/18962/2/TFLACSO-2023JCBN.pdf>
- Benavidas, M. M., Scheffczyk, K., & Urrutia, M. (2021). *Evaluación del riesgo de inundación en Ecuador*. Quito: SECRETARIA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y EMERGENCIAS.
- Bladé, E., & L. Cea, G. C.-C. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríosIber — River modelling simulation tool. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004>.
- Cadenna , J. P. (2021). *PROYECTO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)*. FRANCISCO DE ORELLANA: GOBIERNO MUNICIPAL DE FRANCISCO DE ORELLANA.
- Chaluisa Umajinga, D. A. (2025). *SIMULACIÓN DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO COCA EN EL SECTOR DEL BARRIO UNIÓN Y PROGRESO DE LA CIUDAD*



FRANCISCO DE ORELLANA MEDIANTE SOFTWARE IBER. *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.*

IMASGAL. (2023). *IMASGAL*. Obtenido de <https://imasgal.com/que-es-iber/>

Inamhi. (6 de 3 de 2025). *Gestión de Riesgos*. Obtenido de https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/MapasBiblioteca/Mapa%20de%20peligros%20frente%20a%20inundaciones%20Coca.pdf

Jumbo Olaya , C. I., & Morales Loor , A. N. (2021). *Escenarios críticos de inundación con caudal líquido en la cuenca baja del río Coca y y análisis crítico con caudal sólido en los sectores de Toyuca, San Sebastián y La Playita*. Quito: UCE. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25228>

Malaver Nieto, E. (2023). *Desarrollo de simulaciones de modelos hidráulicos como herramienta de soporte de la enseñanza del laboratorio de hidráulica*. Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/e1b6198e-74ac-48d5-bf31-0fcfcc096f13/content>

Ministerio de Agricultura Y Ganadería. (4 de 11 de 2021). *Datosabiertos*. Obtenido de <https://datosabiertos.gob.ec/dataset/modelo-digital-del-terreno-mdt-de-ecuador>

Mosquera Novoa, M. A. (2024). *Guia - Parametros Morfométricos Cuenca*. Universidad Militar Nueva Granada.

Primicias, R. (4 de Mayo de 2024). Orellana quedó bajo el agua tras 24 horas de lluvias intensas. *PRIMICIAS*, págs. 1,2. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/orellana-coca-lluvias-inundaciones-clases-suspendidas/>

Republica del Ecuador. (2020). Centro Geomático Virtual. *Sistema Nacional de informacion SNI*. Obtenido de <http://www.sigtierras.gob.ec/>

SNGRE. (10 de 5 de 2024). *Gestion de riesgos ECUADOR*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/socializamos-y-recorrimos-zonas-afectadas-en-el-canton-de-francisco-de-orellana-por-erosion-del-rio-coca/>

Terneus, E. (20 de 6 de 2021). *UIDE*. Obtenido de <https://www.uide.edu.ec/coca-codo-sinclair-y-la-erosion-regresiva/>

