

HIDROLOGÍA Y SEDIMENTOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA CLARA

Marco Masabanda, Byron Morales, Alex Guzman

Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Sangolquí, Ecuador

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo estimar la cantidad de sedimentos producidos por erosión superficial en la cuenca del Río Santa Clara que son transportados a la sección de cierre de la misma. Para ello se realizó el estudio hidrológico de la cuenca en base al modelo digital del terreno en escala 1:5000 y a los datos de precipitaciones mensuales registrados en un periodo de once años en las estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca. Se determinó un valor de precipitación media anual en la cuenca igual a 2280,66 mm y un caudal medio igual a 2,89 m³/s. La erosión superficial de la cuenca del Río Santa Clara ocurre principalmente debido al impacto de las gotas de lluvia en el suelo y al escurrimiento del agua sobre la superficie, por lo que los procesos erosivos son el resultado de la interacción de factores tales como topografía, clima, tipo de suelo, uso del suelo, vegetación, características geológicas, o geomorfología, entre otros. Para determinar la cantidad de sedimentos que son transportados al punto de cierre de la cuenca, se utilizó el método de Gavrilovic que da como resultado 268.719,89 m³/año. Asimismo, se presenta la modelación y simulación del transporte de sedimentos con los caudales medio y máximo en un periodo de retorno de diez años y los calculados mediante aforos realizados en dos secciones transversales del río.

Palabras clave: hidrología de la cuenca del Río Santa Clara, sedimentología de la cuenca del Río Santa Clara, erosión superficial en la cuenca del Río Santa Clara.

Abstract

The present work aims to estimate the amount of sediments produced by surface erosion in the basin of the Santa Clara River that are transported to the closing section of the same. For this, the hydrological study of the basin was carried out based on the digital model of the terrain in a scale of 1:5000 and the monthly precipitation data recorded over a period of eleven years in the meteorological stations near the basin. A mean annual precipitation value was determined in the basin equal to 2280.66 mm and a mean flow rate of 1.03 m³/s. Surface erosion in the basin of the Santa Clara river occurs mainly due to the impact of raindrops on the soil and water runoff on the surface, so erosion processes are the result of the interaction of factors such as topography, climate, soil type, land use, vegetation, geological characteristics, geomorphology, among others. To determine the amount of sediment that is transported to the catchment point of the basin, the Gavrilovic method was used, resulting in 268,719.89 m³/year. We also present the modeling and simulation of sediment transport with average, maximum flow rates in a return period of ten years and those calculated by measurements in two cross sections of the river.

Key words: hydrology of the Santa Clara river basin, sedimentology of the Santa Clara river basin, surface erosion in the Santa Clara river basin.

1. Introducción

En el presente documento se recoge un análisis hidrológico y sedimentológico de la cuenca del Río Santa Clara, basado en métodos empíricos de cálculo de caudales y de cálculo de la cuantificación de sedimentos transportados hacia el cierre de la cuenca hidrográfica.



Figura 1. Ubicación del Río Santa Clara. Fuente GoogleMaps

En el Ecuador, así como en el resto del mundo, las características climatológicas dependen de muchos componentes que influyen en las condiciones naturales del área de estudio, tales como: ubicación geográfica, altura sobre el nivel del mar, accidentes geográficos, cobertura vegetal, vientos, etc.

La cuenca del Río Santa Clara se encuentra ubicada en la parte centro norte de la sierra ecuatoriana, específicamente en el cantón Rumiñahui que se encuentra ubicado al sureste de la Provincia de Pichincha.

El cantón Rumiñahui es el más pequeño de la provincia de Pichincha con una extensión de 134,15 km² y como se muestran en la Figura 2, tiene los siguientes límites: al norte, al este y al oeste con el cantón Quito y al sur con el cantón Mejía. (GOBIERNO MUNICIPAL DE RUMIÑAHUI, 2017).

La topografía que tiene la cuenca del Río Santa Clara se puede denominar como irregular, debido a la presencia de accidentes geográficos que caracterizan al sistema montañoso del que forma parte: esto implica que la cuenca es susceptible de tener una mayor erosión debido a las variables climatológicas del sector y a la influencia de las actividades del hombre en el manejo y uso del suelo, que muchas veces por el beneficio económico y su necesidad no consideran factores que afectan el proceso erosivo normal, y el suelo pierde las características naturales que posee.

El Ecuador tiene escasa información precisa sobre los factores que afectan el comportamiento de los sistemas hidrográficos. Pese a la importancia que implica el estudio de transporte de sedimentos en el sistema fluvial, éstos no son considerados en el estudio de las redes hidrométricas de nuestro país.

Los datos de precipitación proporcionados por el INAMHI son de gran importancia para el correcto desarrollo de estudios hidrológicos, ya que proporcionan valiosa información que colabora en la determinación de caudales y escurrimiento de la cuenca en análisis.

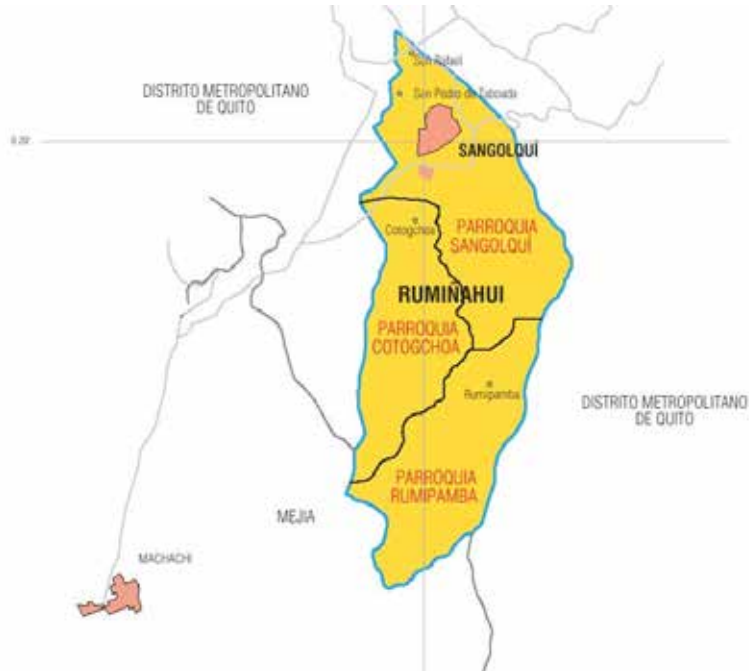


Figura 2. Ubicación del Cantón Rumiñahui

2. Metodología

En este trabajo se ha cuantificado la producción de sedimentos que es transportada hacia el cierre de la cuenca del Río Santa Clara a partir del estudio del análisis hidrológico y sedimentológico de sus características actuales. Para ello se ha tomado en cuenta la siguiente metodología:

- Determinación del Área de Estudio
- Recopilación de Información.
Se consideró la topografía del terreno mediante el uso de modelos digitales. Además se visitó la cuenca del Río Santa Clara y se tomaron muestras para ser analizadas en el laboratorio. Por otro lado también se llevó a cabo un estudio de la información geomorfológica de la cuenca.
- Elaboración de la Geodatabase
Se llevó a cabo sobre el Software ArcGis 10.3, tomando en cuenta las especificaciones del catálogo de objetos y la estandarización de la geoinformación y productos cartográficos definidos en el modelo digital del terreno.
- Elaboración de modelos en HEC-RAS
HEC-RAS (Hydrological Engineering Center - River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica unidimensional con el que se modeló el transporte de sedimentos.
- Determinación de secciones de control
Se seleccionaron dos puntos de control a lo largo del Río Santa Clara, en los que se realizaron los análisis hidrológicos y sedimentológicos.
- Ensayos en el Laboratorio
La toma de muestras se realizó en función de la morfología fluvial. Posteriormente, cada muestra se analizó en el laboratorio del INAMHI para determinar las características de los sedimentos.

Estudio Hidrológico y Sedimentológico

Se determinaron las características hidrológicas así como del transporte de sedimentos mediante el método de Gavrilovic para la estimación de la producción de sedimentos por erosión superficial en la cuenca del Río Santa Clara.

Interpretación y síntesis

Una vez obtenidos los resultados se procedió a la descripción de los parámetros principales de cada uno de los análisis realizados.

2.1 Longitud del cauce principal (l), perímetro (p) y datos básicos de la cuenca

En la Tabla 1 se presentan los valores de estos parámetros.

Tabla 1. Datos de la Cuenca del Río Santa Clara

Información de la Cuenca del Río Santa Clara		
Datos	Símbolo	Valor (km)
Área	A	50,749
Perímetro	P	48,510
Altura máxima	H máx.	4,110
Altura mínima	H mín.	2,440
Desnivel entre curvas	D	0,05
Longitud total de las curvas de nivel	$\sum L$	289,799
Longitud del cauce principal	L	26,313

3. Resultados

3.1 Ubicación de las secciones de control.

Se escogieron dos tramos del Río Santa Clara que se encuentran ubicadas en sitios donde el cauce es recto, para evitar las sobre elevaciones y cambios en la profundidad producidos por curvas (ver Figura 3).

Las coordenadas UTM de las secciones de control se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Coordenadas UTM de las secciones de control.

Coordenadas UTM	Este	Norte
Punto 1	783171,5817	9966461,9691
Punto 2	784783,859	9963256,6479

Estas secciones de control fueron elegidas debido a que entre ellas existe la mayor densidad poblacional, tal como se muestra en la Figura 4, lo que hace fundamental un estudio de caudales en los mismos. Además, en estos puntos fueron tomadas muestras de agua para el análisis de sólidos suspendidos y totales que requiere el análisis sedimentológico.

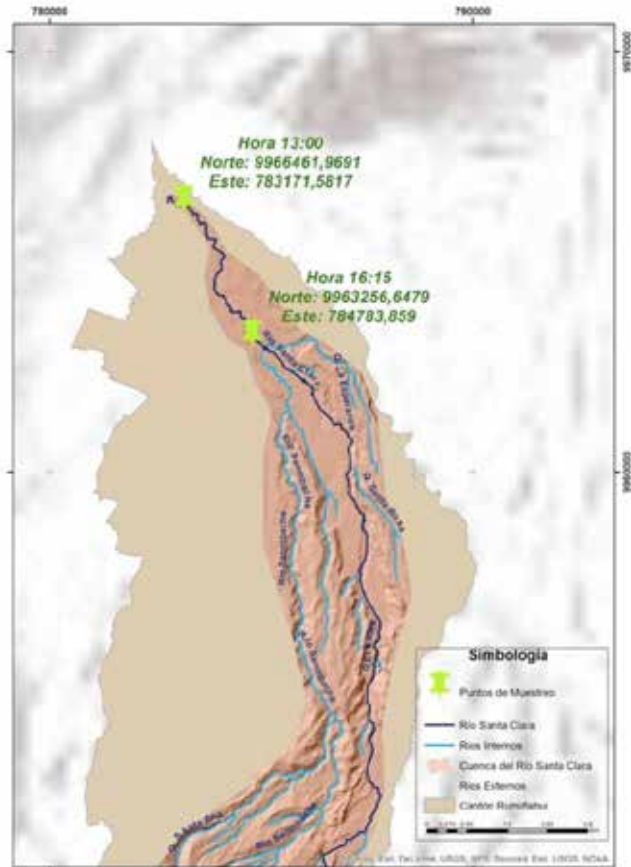


Figura 3. Puntos de control para cálculo de aforos

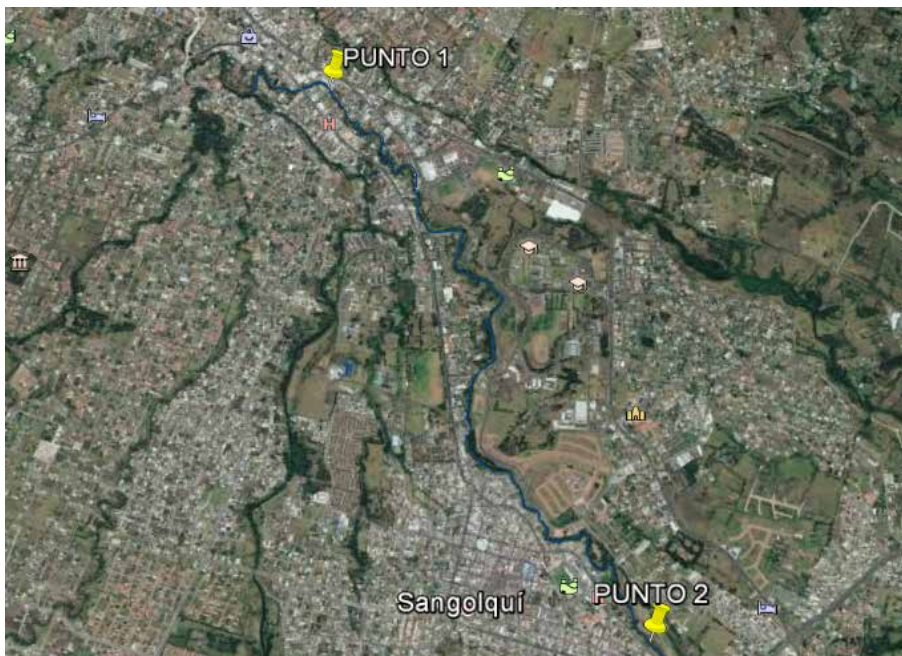


Figura 4. Puntos de control para cálculo de aforos. Base de GoogleMaps

Resultados del aforo en la sección de control 1.

El aforo de la sección de control ubicada en el Punto 1, se realizó el 13 de agosto de 2016 a las 13h00. La geometría de la sección se observa en la Figura 5.

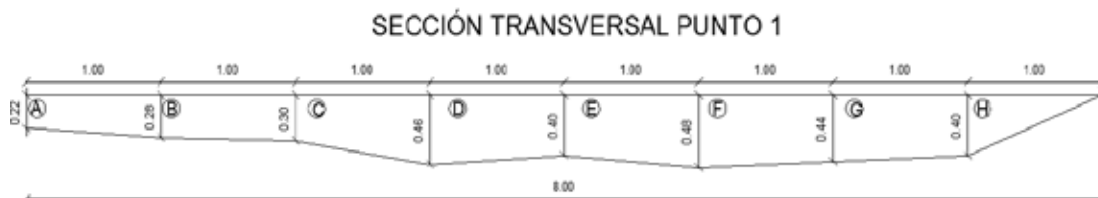


Figura 5. Sección Transversal Punto 1

Las mediciones de velocidad con el molinete se realizaron en la superficie de cada metro de ancho de la sección transversal y a profundidades equivalentes al 20, 40, 60 y 80 por ciento de la profundidad total. Los datos de campo y las velocidades calculadas se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Medición de velocidades en la Sección de Control 1 con molinete.

ABSCISA (m)	PUNTO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	PROFUNDIDAD DE MEDICIÓN (m)	NÚMERO REVOLUCIONES	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (m/s)	OBSERVACIONES
0	A	0.22	0.08	27	30	0.4682	ORILLA IZQ.
1	B	0.28	0.2	43	30	0.7444	
			0.17	46	30	0.7962	
			0.11	54	30	0.9344	
			0.05	57	30	0.9862	
2	C	0.3	0.22	46	30	0.7962	
			0.18	49	30	0.848	
			0.12	57	30	0.9862	
			0.06	60	30	1.038	
3	D	0.46	0.36	20	30	0.3474	
			0.27	20	30	0.3474	
			0.17	38	30	0.6582	
			0.08	65	30	1.1244	
			0.04	66	30	1.1416	
4	E	0.4	0.32	0	30	0	PIEDRA
			0.24	50	30	0.8654	
			0.16	72	30	1.2452	
			0.08	80	30	1.3834	
			0.06	82	30	1.4178	

5	F	0.48	0.38	0	30	0	PIEDRA
			0.29	40	30	0.6926	
			0.19	46	30	0.7962	
			0.1	50	30	0.8654	
			0.06	61	30	1.0552	
6	G	0.44	0.34	36	30	0.6236	
			0.26	36	30	0.6236	
			0.18	52	30	0.8998	
			0.09	64	30	1.107	
			0.06	64	30	1.107	
7	H	0.4	0.32	18	30	0.3128	
			0.24	18	30	0.3128	
			0.16	34	30	0.589	
			0.08	36	30	0.6236	
			0.06	41	30	0.71	
8	I	0	0	0	30	0	ORILLA DER.

Los perfiles de flujo correspondientes a cada punto se presentan en las Figuras 6 y 7.

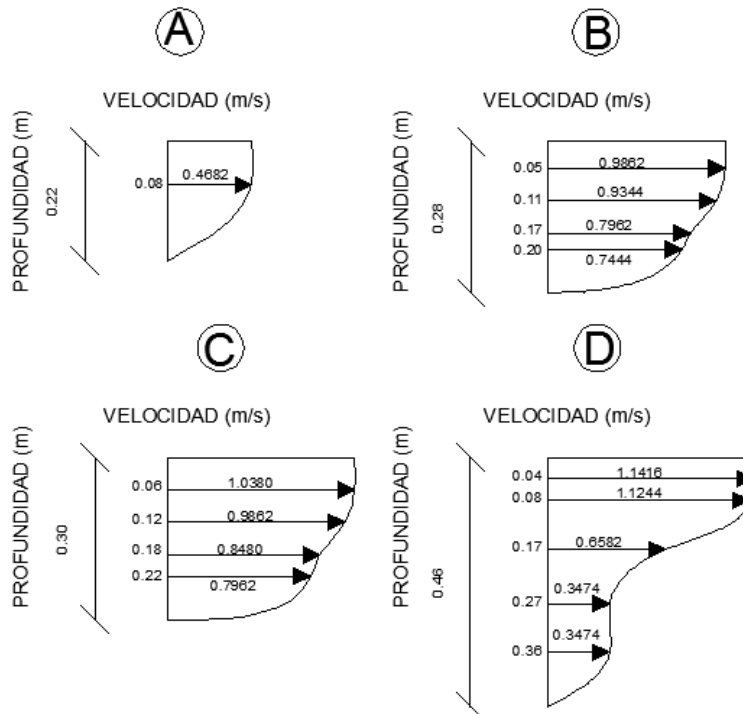


Figura 6. Perfiles de Flujo en los puntos A, B, C y D de la Sección 1.

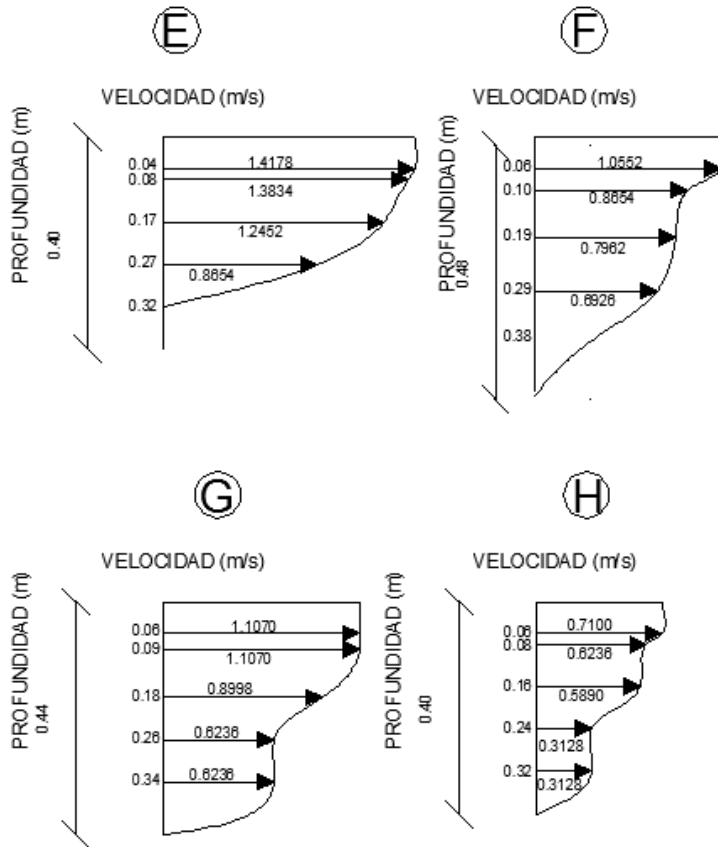


Figura 7. Perfiles de Flujo en los puntos E, F, G y H de la Sección 1.

El resumen de resultados correspondiente al cálculo de los parámetros hidráulicos de la Sección de Control 1, se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados del Aforo en la Sección de Control 1

RESULTADOS DEL AFORO SECCIÓN DE CONTROL 1	
ANCHO DE LA SECCIÓN (m):	8
CAUDAL LÍQUIDO CALCULADO (m³/seg):	1.944
ÁREA DE LA SECCIÓN (m²):	2.87
VELOCIDAD MEDIA (m/s):	0.677
VELOCIDAD MÁXIMA (m/s):	1.417
PROFUNDIDAD MÁXIMA (m):	0.48
PERÍMETRO MOJADO (m):	8.318
RADIO HIDRÁULICO (m):	0.345
TIRANTE (m):	0.358
VELOCIDAD SUPERFICIAL MEDIA (m/s):	0.996
MANNING: F. Hidráulico:	1.377
MANNING: F. Geométrico:	1.411
CHEZY: Hidráulico	1.153
STEVENS: A(D)**0.5	1.719

STEVENS: $A(R)**0.5$	1.685
GRISHANING: F. Cauce:	0.765
GRISHANING: F. Caudal:	0.468
GRISHANING: F. Tirante:	1.139
NÚMERO DE FROUDE:	0.361

Resultados del aforo en la sección de control 2.

El aforo de la sección de control ubicada en el Punto 2, se realizó el 13 de agosto de 2016 a las 16h15. La geometría de la sección se observa en la Figura 8.

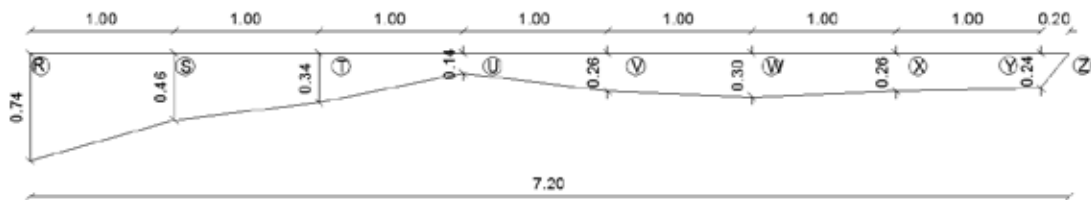


Figura 8. Sección Transversal Punto 2

Las mediciones de velocidad con el molinete se realizaron en la superficie de cada metro de ancho de la sección transversal y a profundidades equivalentes al 20, 40, 60 y 80 por ciento de la profundidad total. Los datos de campo y las velocidades calculadas se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Medición de velocidades en la Sección de Control 2 con molinete.

ABSCISA	PUNTO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	PROFUNDIDAD DE MEDICIÓN (m)	NÚMERO REVOLUCIONES	TIEMPO	VELOCIDAD (m/s)	OBSERVACIONES
0	R	0.74	0.59	33	30	0.5718	O. IZQ.
			0.44	11	30	0.192	
			0.29	38	30	0.6582	
			0.14	60	30	1.038	
			0.06	60	30	1.038	
1	S	0.46	0.36	11	30	0.192	
			0.27	20	30	0.3474	
			0.18	22	30	0.3818	
			0.09	28	30	0.4854	
2	T	0.34	0.24	44	30	0.7618	
			0.2	58	30	1.0034	
			0.13	77	30	1.3316	
			0.06	71	30	1.228	
3	U	0.14	0.04	32	30	0.5546	

4	V	0.26	0.18	47	30	0.8136	
			0.15	46	30	0.7962	
			0.1	49	30	0.848	
			0.05	51	30	0.8826	
5	W	0.3	0.2	42	30	0.7272	
			0.18	53	30	0.9172	
			0.12	74	30	1.2798	
			0.06	82	30	1.4178	
6	X	0.26	0.16	35	30	0.6064	
			0.1	45	30	0.779	
			0.02	32	30	0.5546	
7	Y	0.24	0.14	8	30	0.1428	
			0.09	11	30	0.192	
			0.05	14	30	0.2438	
7.2	Z	0	0	0	30	0	O DER.

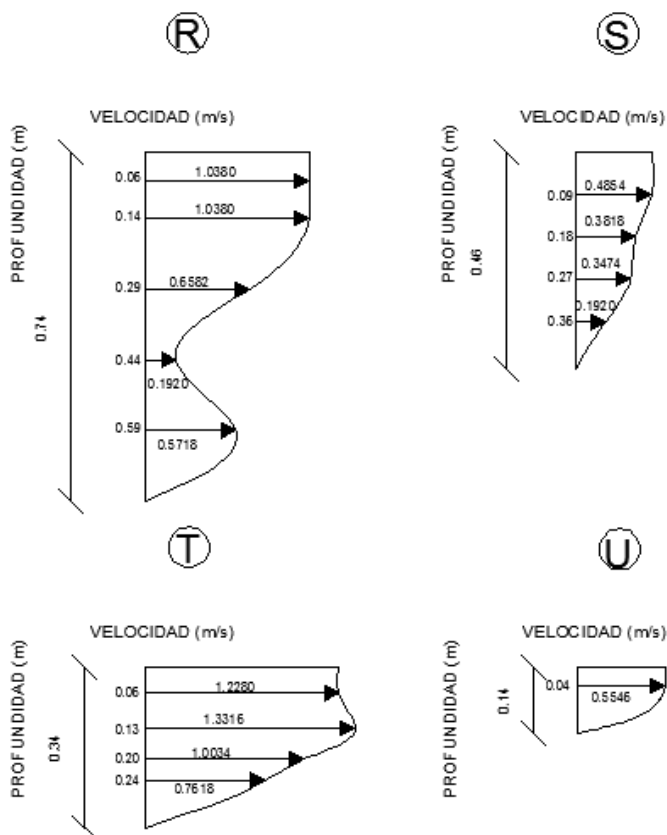


Figura 9. Perfiles de Flujo en los puntos R, S, T y U de la Sección 2.

Los perfiles de flujo correspondientes a cada punto se presentan en las **Figuras 9 y 10**.

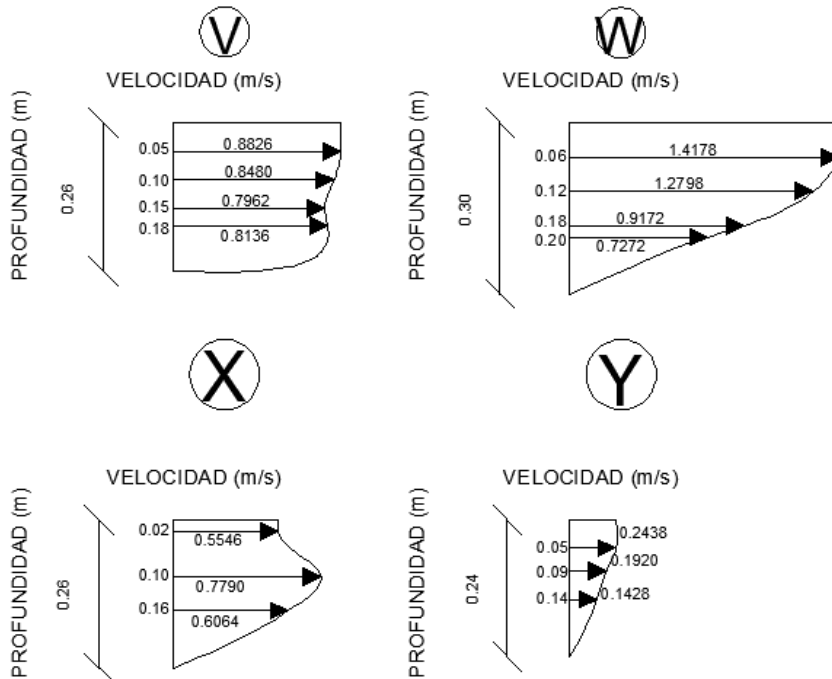


Figura 10. Perfiles de Flujo en los puntos V, W, X y Y de la Sección 2.

El resumen de resultados correspondiente al cálculo de los parámetros hidráulicos de la Sección de Control 2, se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados del Aforo en la Sección de Control 2

RESULTADOS DEL AFORO SECCIÓN DE CONTROL 2	
ANCHO DE LA SECCIÓN (m):	7.2
CAUDAL LÍQUIDO CALCULADO (m³/seg):	1.444
ÁREA DE LA SECCIÓN (m²):	2.274
VELOCIDAD MEDIA (m/s):	0.635
VELOCIDAD MÁXIMA (m/s):	1.417
PROFUNDIDAD MÁXIMA (m):	0.74
PERÍMETRO MOJADO (m):	8.126
RADIO HIDRÁULICO (m):	0.279
TIRANTE (m):	0.315
VELOCIDAD SUPERFICIAL MEDIA (m/s):	0.792
MANNING: F. Hidráulico:	1.484
MANNING: F. Geométrico:	0.972
CHEZY: Hidráulico	1.2
STEVENS: A(D)**0.5	1.278
STEVENS: A(R)**0.5	1.202
GRISHANING: F. Cauce:	0.761
GRISHANING: F. Caudal:	0.414
GRISHANING: F. Tirante:	0.837
NÚMERO DE FROUDE:	0.361

En la Tabla 7 se puede observar que la sección transversal en el punto 1 (aguas abajo) presenta un mayor caudal que el de la sección transversal ubicada en el punto 2.

Tabla 7. Caudales resultantes del aforo con molinete

SECCIÓN TRANSVERSAL	CAUDAL (m³/s)
PUNTO 1	1.944
PUNTO 2	1.444

Estos caudales sirvieron para el modelo de la simulación de arrastre de sedimentos realizados en HEC-RAS

Modelamiento en hec-ras

HEC-RAS es un software desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del US Army Corps of Engineer, con el que se realizará el modelamiento y simulación de caudales y arrastre de sedimentos a lo largo del Río Santa Clara.

Toma de muestras y ensayo en laboratorio

Para la caracterización de los sedimentos transportados en el Río Santa Clara se tomaron muestras de agua en dos secciones del río, las cuales fueron ensayadas en Laboratorio Nacional de Calidad de Aguas y Sedimentos (LANCAS) del INAMHI.

Tabla 8. Coordenadas UTM de las secciones de control.

COORDENADAS UTM	ESTE	NORTE
PUNTO 1	783171,5817	9966461,9691
PUNTO 2	784783,859	9963256,6479

En cada una de las secciones de control se tomaron tres muestras para realizar el análisis de sólidos totales y sólidos suspendidos.

Las muestras de agua en la sección del Punto 1 fueron tomadas el 13 de agosto de 2016 a las 13h00. Los resultados de los análisis de las muestras reflejan los siguientes resultados:

Tabla 9. Resultados de análisis en la sección del Punto 1.

Parámetros	Unidades	Valor Muestra 1	Valor Muestra 2	Valor Muestra 3
Sólidos Totales	mg/L	290	282	276
Sólidos Suspendidos	mg/L	<44.7	<44.7	<44.7

Las muestras de agua en la sección del Punto 2 fueron tomadas el 13 de agosto de 2016 a las 16h15. Los resultados de los análisis de las muestras reflejan los siguientes resultados:

Tabla 10. Resultados de análisis en la sección del Punto 2.

Parámetros	Unidades	Valor Muestra 1	Valor Muestra 2	Valor Muestra 3
Sólidos Totales	mg/L	228	210	250
Sólidos Suspendidos	mg/L	<44.7	<44.7	<44.7

De acuerdo a los resultados se puede evidenciar que las muestras de agua tomadas en la sección del Punto 1, que se encuentra aguas abajo en relación a la sección del Punto 2, presenta valores mayores de sólidos totales. El valor de sólidos suspendidos en todas las muestras es menor a 44.7 mg/L.

Mapa de modelamiento de sedimentos y caudales del Río Santa Clara

Una vez obtenido el modelamiento de sedimentos y caudales del Río Santa Clara, se exportaron los datos a ARCGIS 10.3 para presentar el mapa de modelamiento con los caudales considerados para el diseño. Los mapas representan una sección del río de 4.5 km en la zona con mayor densidad poblacional que atraviesa el Río Santa Clara

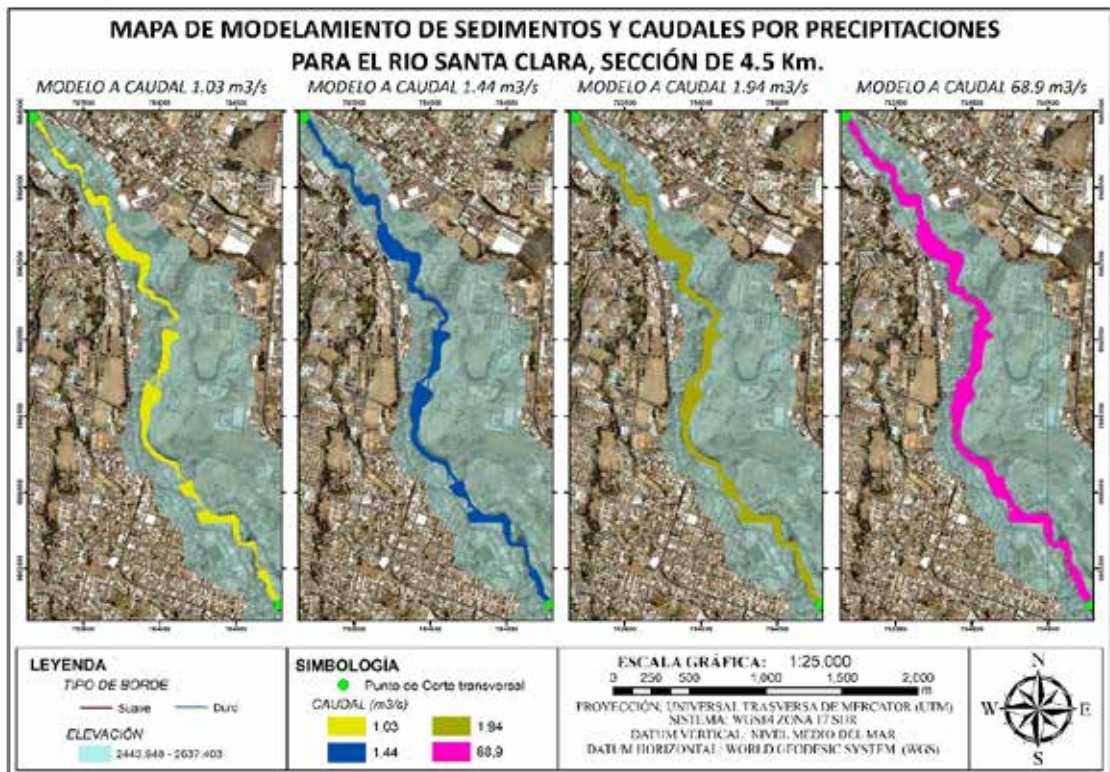


Figura 11. Mapa de modelamiento de sedimentos y caudales en el Río Santa Clara

Conclusiones

Una vez realizado el trabajo de campo, en el cual se ubicaron secciones a lo largo del cauce del Río Santa Clara, se realizó el aforo correspondiente utilizando la metodología de flotadores y molinetes. Con la ayuda de los datos meteorológicos de las precipitaciones en la zona de estudio,

se determinó el caudal medio del Río Santa Clara $Q_0 = 1.03 \text{ m}^3/\text{s}$, en tanto que los caudales aforados son de $1.44 \text{ m}^3/\text{s}$ y $1.94 \text{ m}^3/\text{s}$. Con la aplicación de la ecuación para determinar caudales en cuencas con poca información hidrológica del Dr. Washington Sandoval, se obtuvo que el caudal máximo del Río Santa Clara para un periodo de retorno de diez años es de $68.9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Con la caracterización de los parámetros geomorfológicos de la cuenca del Río Santa Clara, se determinó que la cuenca tiene una forma alargada y una topografía escarpada, con una pendiente media del 28%. Además se determinó que la densidad de drenaje es alta, lo que indica que la cuenca tiene suficiente drenaje para soportar tormentas. De acuerdo a la curva hipsométrica, se concluye que es una cuenca sedimentaria en fase de vejez.

La producción de sedimentos por erosión superficial que llega al punto de cierre de la cuenca del Río Santa Clara fue determinado por el método de Gavrilovic. Mediante su aplicación, que toma en cuenta factores ambientales como la temperatura, precipitación media anual, uso y cobertura del suelo, así como la topografía del terreno, se obtuvo el valor de $268.719,89 \text{ m}^3/\text{año}$. Como resultado, se presentan mapas de producción de sedimentos, que son una herramienta importante para la toma de decisiones acerca de la identificación de zonas de mayor producción, y la evaluación de los procesos de estabilización (forestación, obras de control) o recuperación de dichas zonas. Finalmente, una vez obtenidos los parámetros hidrometeorológicos, se procedió a elaborar mapas temáticos, los cuales simulan el comportamiento de los caudales calculados, así como también el arrastre de sedimentos producidos en la superficie de la cuenca.

Bibliografía

- Beyer Portner, N. (1998). *Erosion des bassins versant alpines suisses par ruissellement de surface*. Lausana: (Doctoral dissertation, PhD thesis, EPFL).
- CATIE. (2006). Curso de especialización en Gestión integral de cuencas hidrográficas. Turrialba, Costa Rica.
- Chow, V. (2000). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw Hill.
- Clauer, N., Liewig, N., Pierret, M.C. and Toulkeridis, T., 2003: Crystallization conditions of fundamental particles from mixed-layer illite-smectite of bentonites based on isotopic data (K-Ar, Rb-Sr and $\delta 18\text{O}$). *Clays and Clay minerals*, 51: 664-674.
- Delgadillo Santander, A., & Moreno Barrios, A. (2013). *MORFOLOGÍA DE CUENCAS*. Mérida, Venezuela: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.
- Gavrilovic, Z. (1988). *The use of an empirical method (Erosion Potential Method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams*. England: Wallingford.
- GOBIERNO MUNICIPAL DE RUMIÑAHUI. (30 de 01 de 2017). <http://www.ruminahui.gob.ec/>. Obtenido de http://www.ruminahui.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=34&Itemid=158&lang=es
- Gobierno Municipal del Cantón Rumiñahui. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial 2012-2025*. Sangolquí.
- Gregory, K., & Walling, D. (1973). *Drainage basins forms and processes: a geomorphological approach*. London: Arnold.
- Guevara, E., & Cartaya, H. (1991). *Hidrología: una introducción a la ciencia hidrológica aplicada*. Universidad de Carabobo Venezuela.
- HORTON, R. (1932). *Drainage basin characteristics*. Eos, Transactions American Geophysical Union.
- Ibáñez Asencio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. (2011). *Morfología de las Cuencas Hidrográficas*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: <http://hdl.handle.net/10251/10782>
- INEC. (30 de 01 de 2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/inec-presenta-sus-proyecciones-poblacionales-cantoniales>
- LEOPOLD, L., & J.P., W. M. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*. San Francisco: Freeman.

- Misi, A., Iyer, S.S., Silva Coelho, C.E., Tassinari, C.C.G., Franca-Rocha, W.J.S., Rocha Gomes, A.S., Cunha, I.A., Toulkeridis, T. and Sanches, A.L., 2000: A metallogenic evolution model for the lead-zinc deposits of the Meso and Neoproterozoic sedimentary basins of the São Francisco Craton, Bahia and Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30 (2):302-305.
- Morgan, R. (2005). *Soil erosion and conservation* (Tercera ed.). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Pérez, J. (1979). *Fundamentos del ciclo hidrológico*. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Departamento de Meteorología e Hidrología.
- Pourrut, P. (1995). *El Agua en el Ecuador. Clima, precipitaciones, escorrentía*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- Ruiz, D. (2001). *Hidrología evolución y visión sistémica*. Barinas: UNELLEZ.
- SAGARPA. (10 de 02 de 2017). *HIDROLOGÍA APLICADA A LAS PEQUEÑAS OBRAS HIDRÁULICAS*. Obtenido de www.sagarpa.gob.mx: www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/.../INSTRUCTIVO_HIDROLOGIA.pdf
- Sandoval Erazo, W. R., & Aguilera Ortiz, E. P. (2014). DETERMINACIÓN DE CAUDALES EN CUENCAS CON POCA INFORMACIÓN HIDROLÓGICA. *Revista Ciencia UNEMI-Ecuador*, 100-110.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN. (Julio de 2013). “*GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25.000*”. Obtenido de MEMORIA TÉCNICA CANTÓN RUMIÑAHUI: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA2/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/PICHINCHA/RUMI%C3%91AHUI/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_ruminahui_clima_hidrologia.pdf.
- Spalletti, P., & Brea, J. (2006). *Efecto de cambios de la cobertura vegetal en la producción de sedimentos. Caso de la Alta Cuenca del río Bermejo*. Buenos Aires: Instituto Nacional del Agua - Laboratorio de Hidráulica.
- Strahler, A. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks*. Handbook of applied hydrology.
- Zuidam, V. (1986). *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. Smiths publishers.

