Hidrodinámica del Río Magdalena a la altura de Barrancabermeja

Ludwig Alvarado Becerra
8 de abril de 2025 — Universidad Jorge Tadeo Lozano

Exploración de datos

Exploración de datos I

De acuerdo a Deaton[3] la disponibilidad de los siguientes datos es crucial:

- Características topográficas del canal:
  - Longitud.
  - Elevación.
  - Pendientes,
- Características de transporte del canal:
  - Elevación de la superficie del agua.
  - Ancho.
  - Coeficientes de rugosidad.
- Datos de la condición final de frontera.
- Condición inicial.

Región de estudio I

Figura: Región a estudiar del Río Magdalena. Datos de *OpenStreetMap* (OSM)[5]

Región de estudio II

Figura: Río Magdalena. Datos sacados de *Waterway*[7]

Región de estudio III

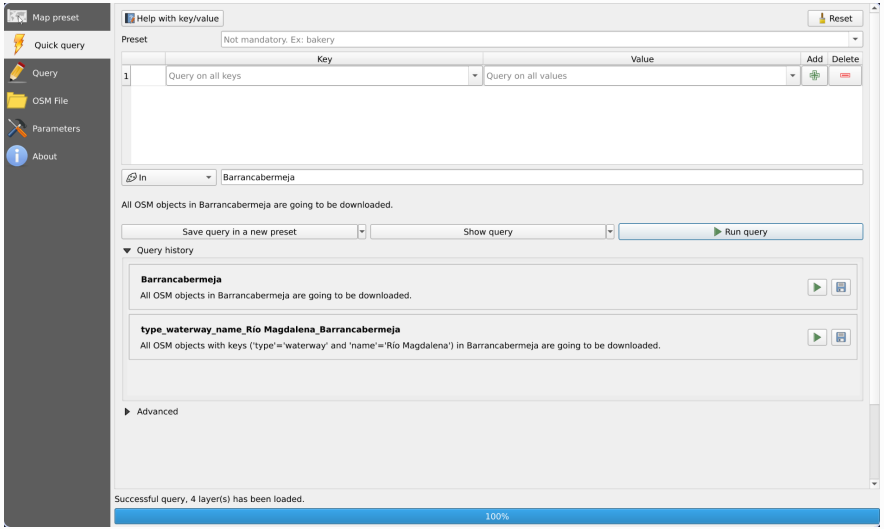


Figura: Consulta de datos utilizando QuickOSM[1]

Región de estudio IV

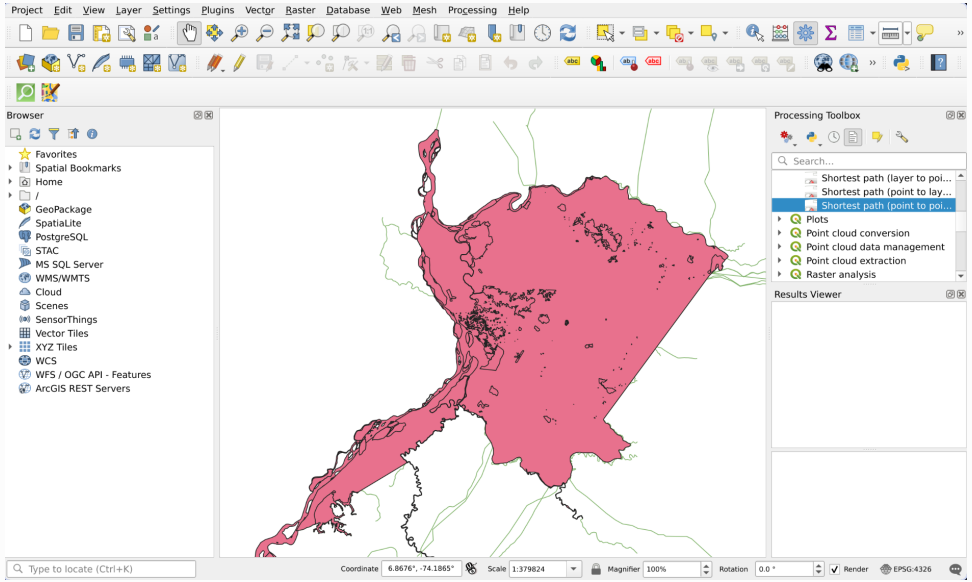


Figura: Región de Barrancabermeja, elaboración propia en QGIS[6], datos de OSM[5].

Región de estudio V

- Se filtra la capa del Río Magdalena y se le cambia el color para que destaque.

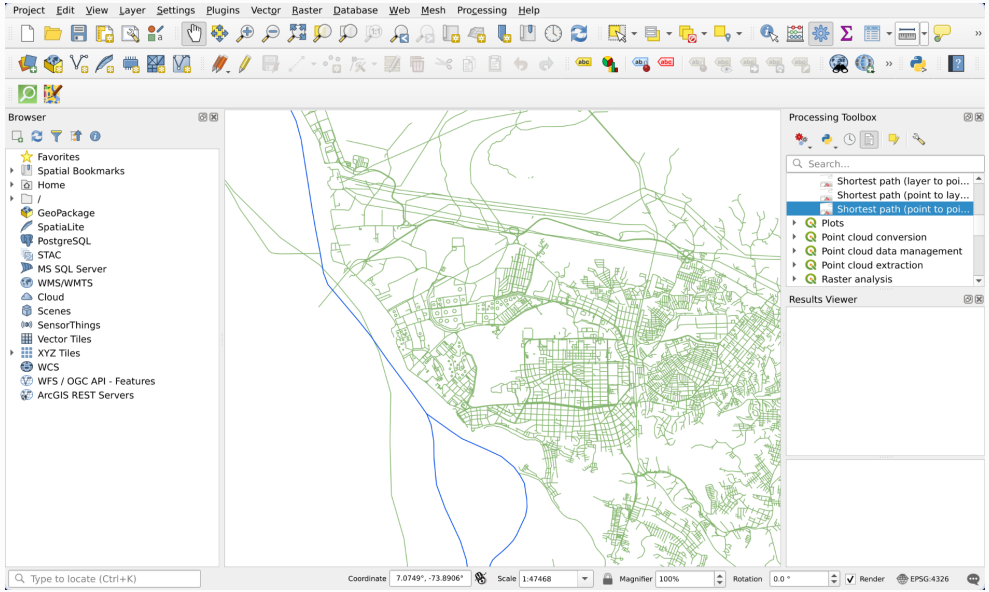


Figura: Elaboración propia.

Región de estudio VI

- Utilizar `Vector > Geometry Tools > Extract Vertices...`

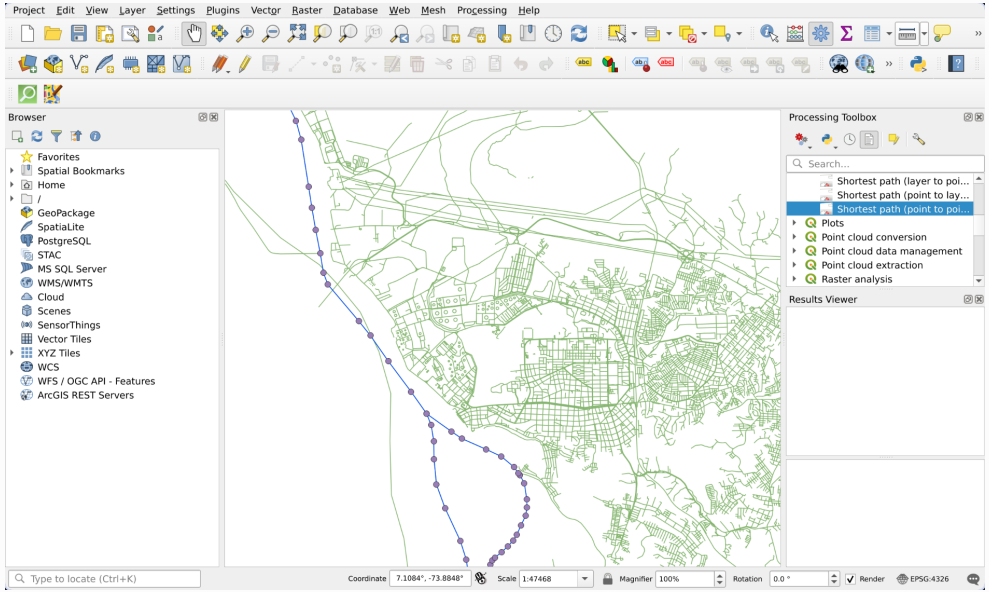


Figura: Elaboración propia.

Región de estudio VII

- Se seleccionan el segmento que se de interés para el estudio.

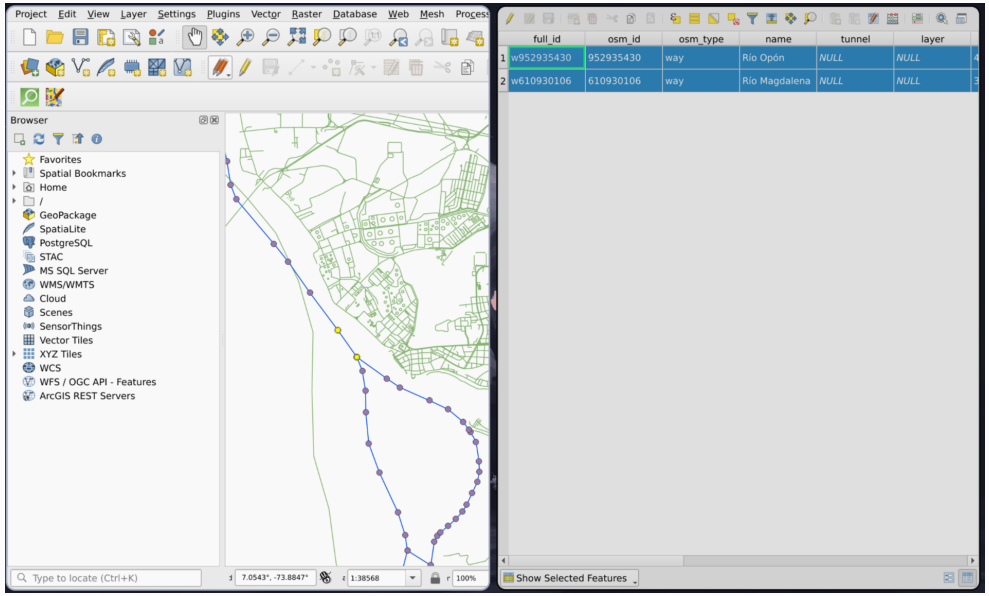


Figura: Elaboración propia.

Región de estudio VIII

- Utilizando la herramienta de `Distance matrix...` se obtienen 472,7434 metros .

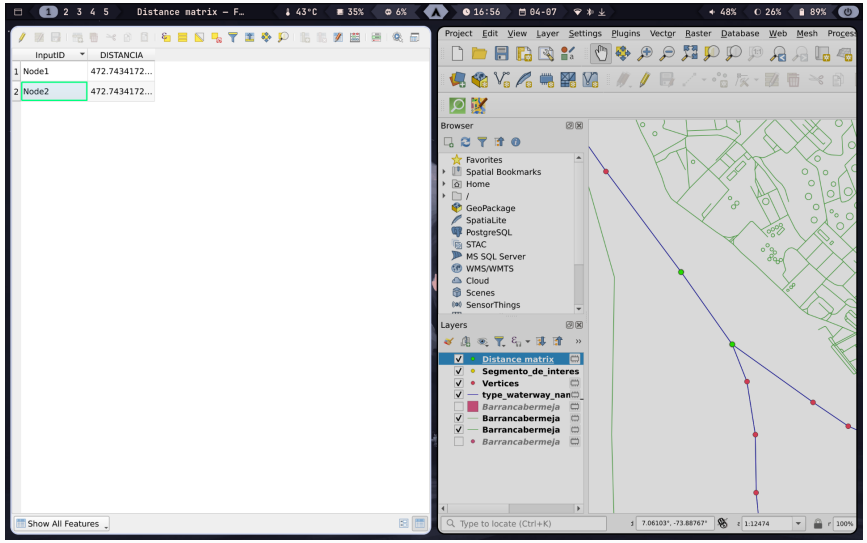


Figura: Elaboración propia.

Consulta del ancho

- Usando la opción `Open Field Calculator` se puede consultar la información de estos datos como si fuera SQL.
- El resultado de esto son 300 metros

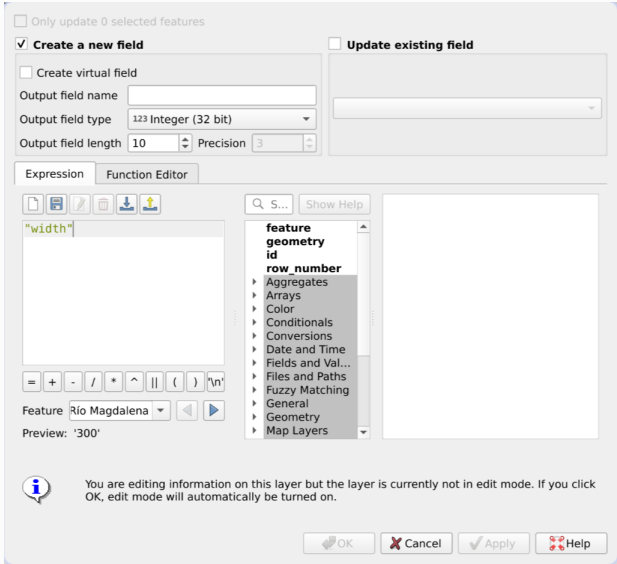


Figura: Consulta del ancho del Río Magdalena.

Coeficiente de rugosidad y pendientes

- Coeficiente de Mannig: 0,018
- Pendiente del río: 0,07 %

A mathematical model for the simulation of the Magdalena River in the city of Barrancabermeja, Colombia

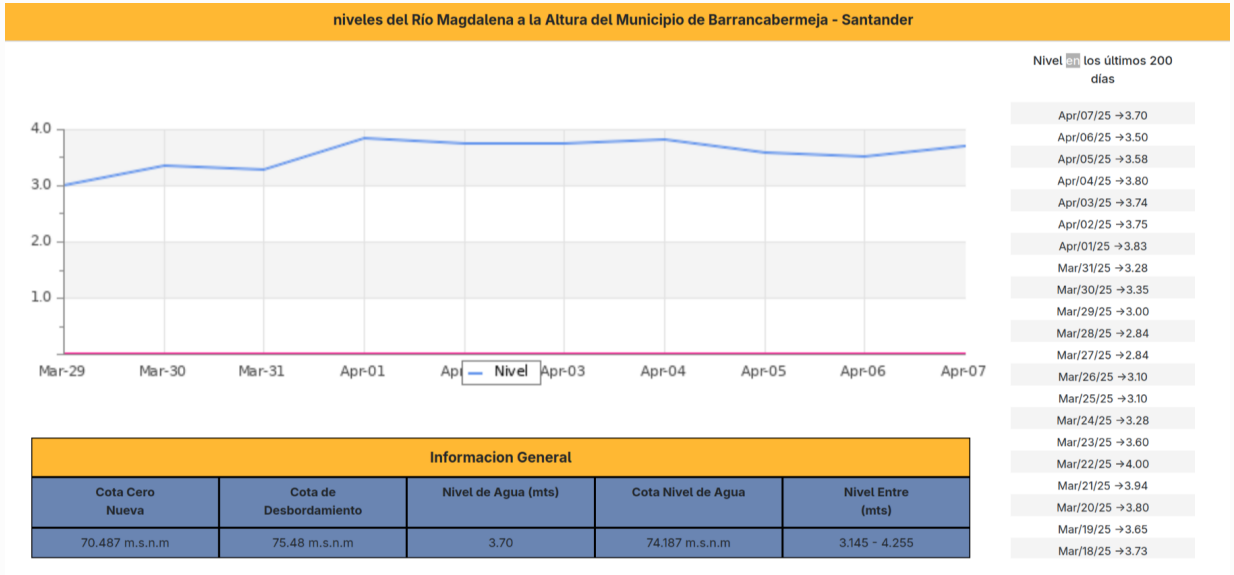
N J Cely-Calixto[1], C A Bonilla-Granados[1], and G A Carrillo Soto[1]
[1] Grupo de Investigación en Hidrología y Recursos Hídricos, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia

E-mail: nelsonjaviercc@ufps.edu.co

Figura: *A mathematical model for the simulation of the Magdalena River in the city of Barrancabermeja, Colombia*[4].

Elevación del río

- Script en *Python* utilizando web scrapping con BeautifulSoup
- Datos desordenados.



Informacion General				
Cota Cero Nueva	Cota de Desbordamiento	Nivel de Agua (mts)	Cota Nivel de Agua	Nivel Entre (mts)
70.487 m.s.n.m	75.48 m.s.n.m	3.70	74.187 m.s.n.m	3.145 - 4.255

Figura: Datos de CORMAGDALENA[2]

Modelo matemático

Ecuaciones de Saint-Venant - Ecuación de continuidad

$$\frac{\partial s_c(A + A_0)}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_L = 0$$

- s_c es el coeficiente de sinuosidad.
- A es el área.
- t es el tiempo.
- Q es el cauldal.
- x es la distancia del río.
- q_L es el flujo lateral.

Ecuaciones de Saint-Venant - Ecuación de continuidad

$$\frac{\partial S_m Q}{\partial t} + \frac{\partial(\beta Q^2/A)}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial h_r}{\partial x} + S_f + S_{ec}\right) + M_L = 0$$

- S_m es el factor de sinuosidad.
- Q es el caudal.
- t es el tiempo.
- β es el coeficiente del momentum para la distribución de la velocidad.
- A es el área.
- x es la distancia del río.
- g es la aceleración de la gravedad.
- h_r es la altura del río.
- S_f es la fricción de la pendiente.
- S_{ec} es la pérdida por fricción.
- M_L es el flujo del momento en los bordes.

Método de diferencias finitas - Ecuación de continuidad

$$\frac{\partial s_c(A + A_0)}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_L = 0$$

$$\frac{s_c(A + A_0)_i^{j+1} - s_c(A + A_0)_i^j}{\Delta t} + \frac{Q_i^j - Q_{i-1}^j}{\Delta x} - q_{Li}^j = 0$$

$$A_i^{j+1} = \frac{\left(q_{Li}^j - \frac{Q_i^j - Q_{i-1}^j}{\Delta x}\right)\Delta t + s_c(A + A_0)_i^j}{s_c} - (A_0)_i^{j+1}$$

Método de diferencias finitas - Ecuación de momentum

$$\frac{s_m(Q)_i^{j+1} - s_m(Q)_i^j}{\Delta t} + \frac{(\beta Q^2/A)_i^j - (\beta Q^2/A)_{i-1}^j}{\Delta x} + gA\left(\frac{(h_r)_i^j - (h_r)_{i-1}^j}{\Delta x} + S_f + S_{ec}\right) + M_L = 0$$

$$Q_i^{j+1} = \frac{\left[-M_L - g(A_i^j)\left(\frac{\left(\frac{A}{W}\right)_i^j - \left(\frac{A}{W}\right)_{i-1}^j}{\Delta x} + S_t + S_a\right) - \frac{\left(\frac{\beta Q^2}{A}\right)_i^j - \left(\frac{\beta Q^2}{A}\right)_{i-1}^j}{\Delta x}\right]\Delta t + s_m(Q)_i^j}{s_m}$$

Más modelos

- Preissman por 4 puntos.
- Método de características.
- Método de elementos finitos.
- Las ecuaciones no tienen solución analítica (excepto en algunos casos).[3]

Referencias

Referencias I

[1] 3liz. *QuickOSM - QGIS plugin to download OSM data using Overpass API*. https://github.com/3liz/QuickOSM. Accessed: 2025-04-07. 2025.

[2] Cormagdalena. *Sistema de Información de Niveles del Río Magdalena*. https://niveles.cormagdalena.gov.co/. Accedido el 30 de marzo de 2025. 2025.

[3] Michael Deaton y James J Winebrake. *Dynamic modeling of environmental systems*. Springer Science & Business Media, 1999.

[4] Fabián García Rodríguez y Javier Orlando González Carreño. *A mathematical model for the simulation of the Magdalena River in the city of Barrancabermeja, Colombia*. https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/1120. Accessed: 2025-03-30. 2020.

Referencias II

[5] OpenStreetMap contributors. *OpenStreetMap - Magdalena Region near Latitude 7.06192, Longitude -73.87713*. https://www.openstreetmap.org/#map=14/7.06192/-73.87713. Accessed: 2025-04-07. 2025.

[6] QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System*. https://qgis.org/. Open Source Geospatial Foundation Project. Accessed: 2025-04-07. 2025.

[7] WaterwayMap contributors. *Waterway Map – Magdalena River Region (Latitude 7.06031, Longitude -73.87921)*. https://waterwaymap.org/#map=14.19/7.06031/-73.87921. Accessed: 2025-04-07. 2025.

UTADEO