# 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)[6]

# Región de estudio II

Figura: Río Magdalena. Datos sacados de *Waterway*[8]

# Región de estudio III

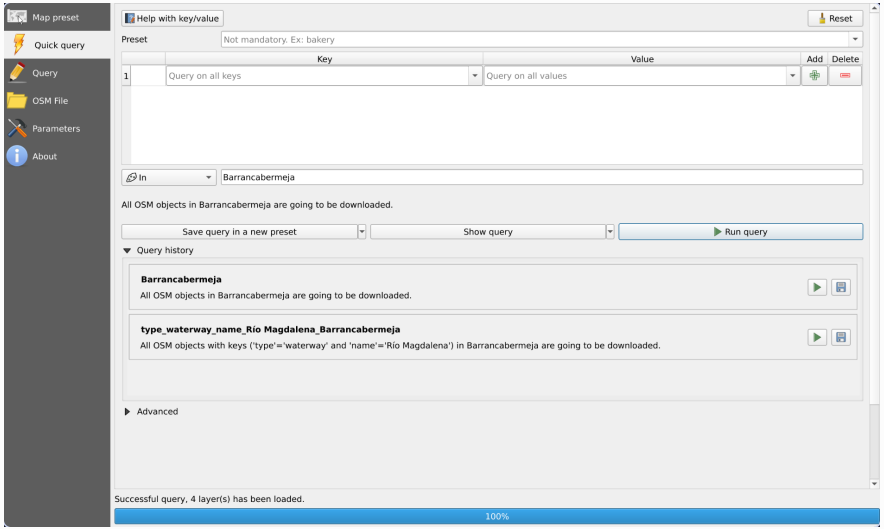



Figura: Consulta de datos utilizando QuickOSM[1]

# Región de estudio IV

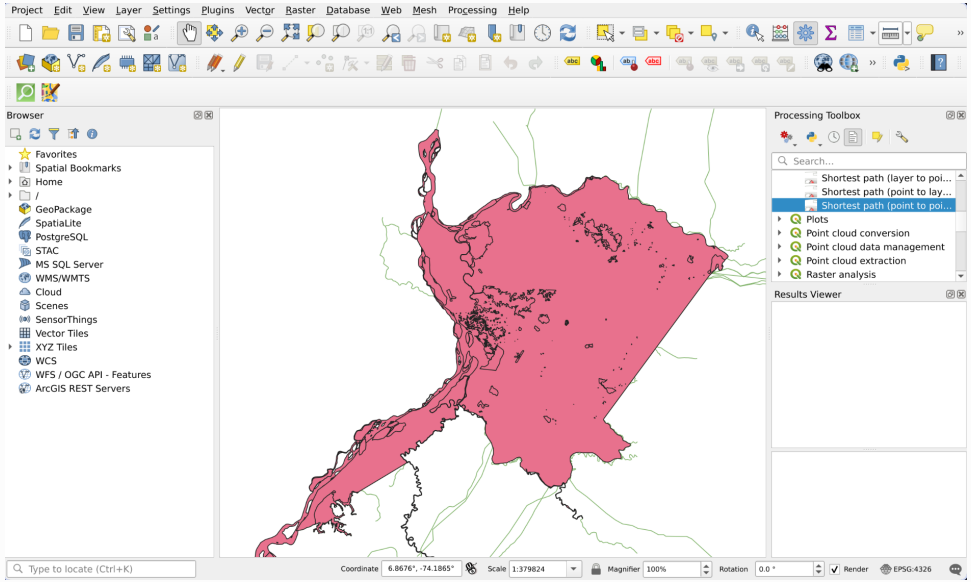



Figura: Región de Barrancabermeja, elaboración propia en QGIS[7], datos de OSM[6].

# Región de estudio V

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

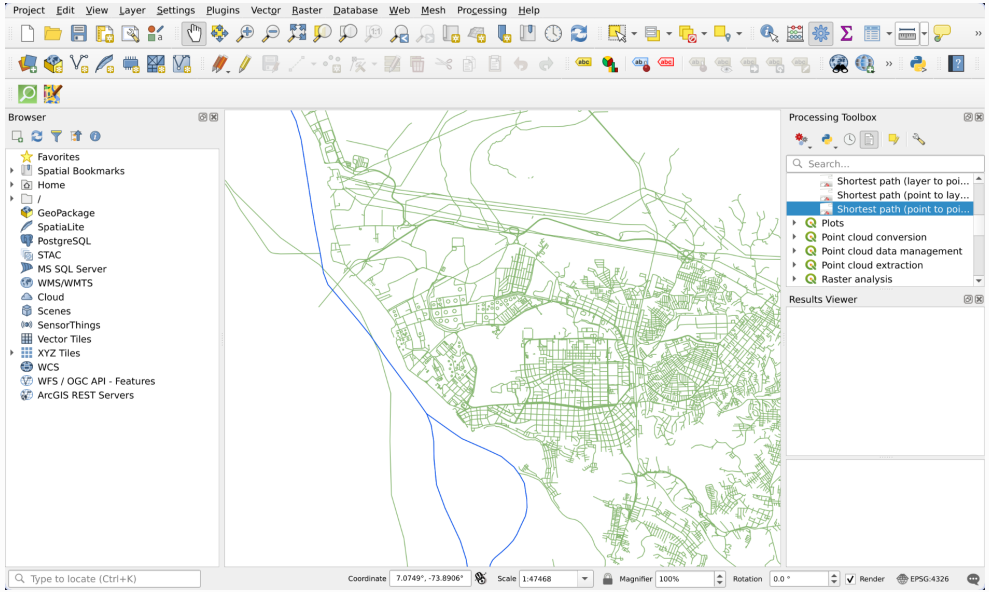



Figura: Elaboración propia.

# Región de estudio VI

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

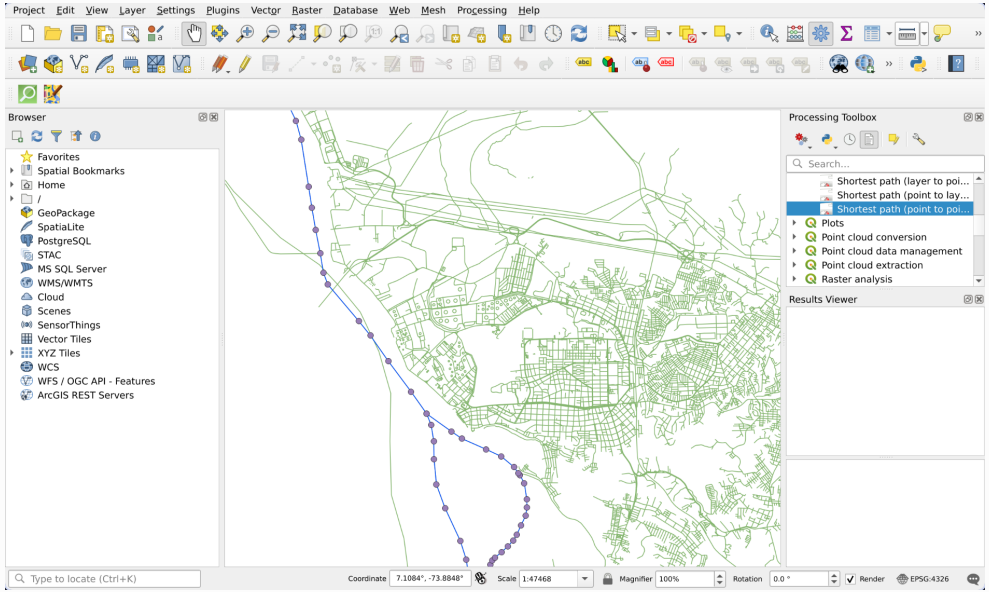



Figura: Elaboración propia.

# Región de estudio VII

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

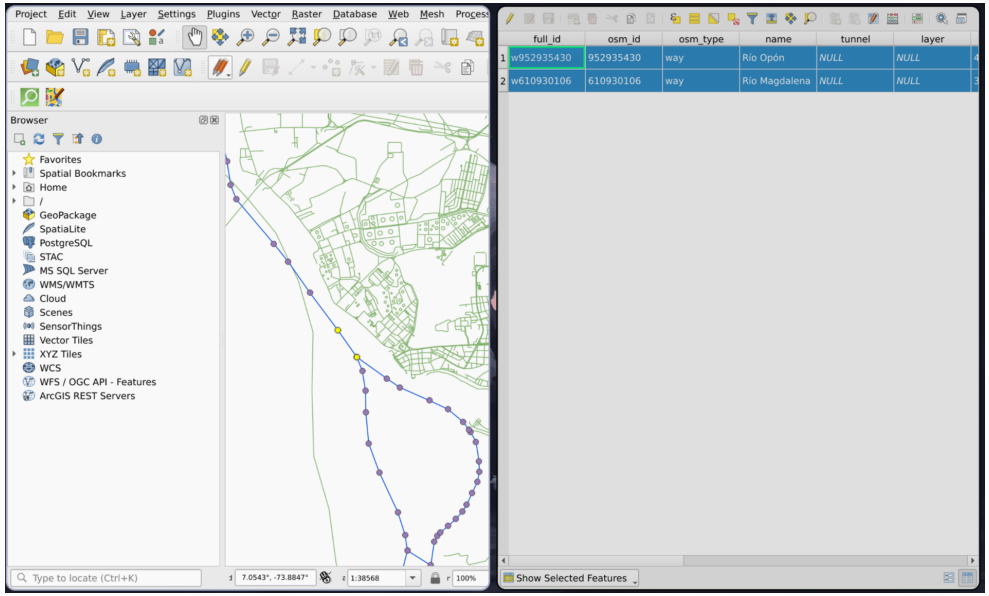



Figura: Elaboración propia.

# Región de estudio VIII

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

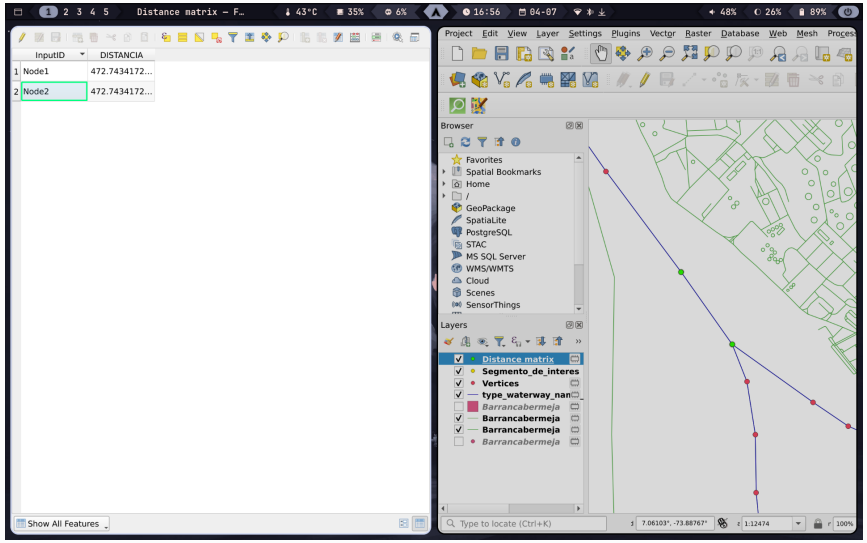



Figura: Elaboración propia.

# 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

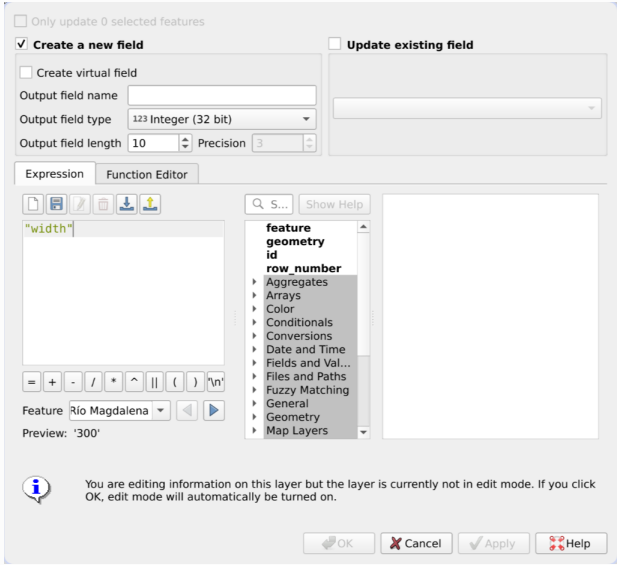



Figura: Consulta del ancho del Río Magdalena.

# 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**

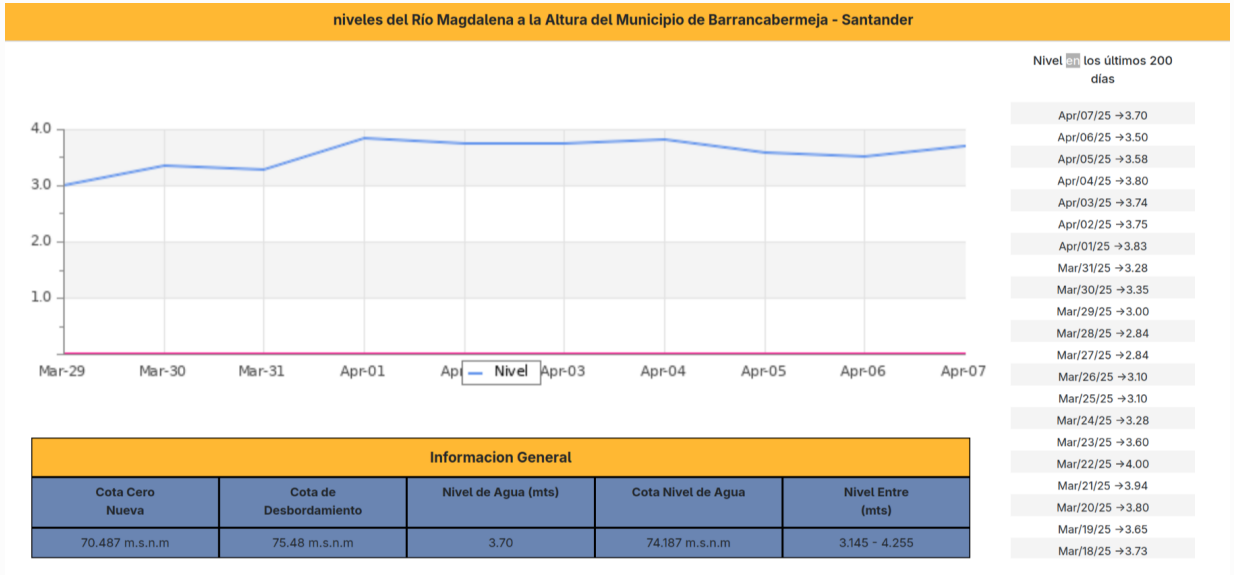
**N J Cely-Calixto[1], C A Bonilla-Granados[1], and G A Carrillo Soto[1]**
[1] Grupo de Investigación en Hidrología y Recursos Hídricos, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia

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]

# Descarga del río

- Descarga del río magdanela, datos desde julio de 1936 hasta agosto de 2024
- Unidades en $m^3/s$.
- Toca hacer solicitud para descargar los datos.

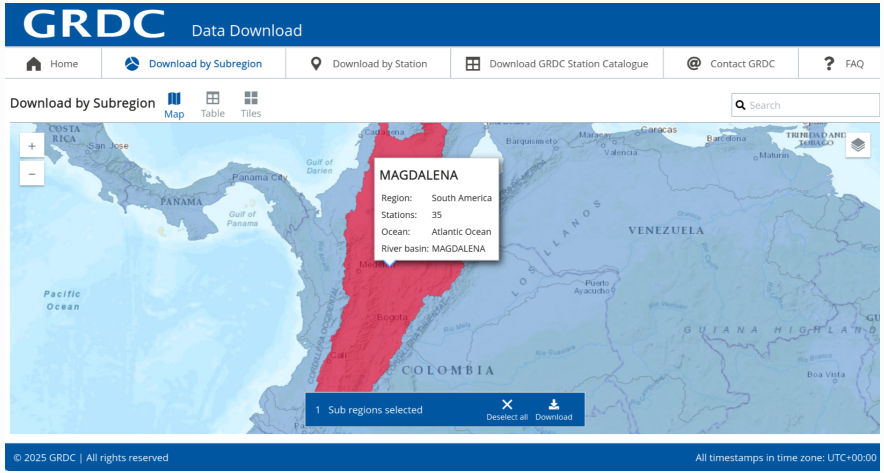



Figura: Portal de descarga del *Global Runoff Data Center*[5]

# 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.
- $\beta$ 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]

# Licencia

- Código, datos y contenido se encuentra en: `https://github.com/TheLudway/HydrologyDynamicsProject`
- Todo bajo la licencia GPL V3 y CC BY SA 4.0 a excepción de los datos.

# 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] Global Runoff Data Centre (GRDC). *GRDC Data Portal – Subregion Download*. Accessed: 2025-03-30. 2025. URL: https://portal.grdc.bafg.de/applications/public.html?publicuser=PublicUser#dataDownload/Subregions.

[6] 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.

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

# Referencias III

[8] 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.

CC BY SA