

SIMAC

SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS



Informe de aforos de caudal líquido y sólido
en quebradas y ríos del departamento de Caldas
Manizales, 2024



2024



AFOROS LÍQUIDOS EN RÍOS Y QUEBRADAS DE MANIZALES Y DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS 2017-2021

1 Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	DESCRIPCIÓN	11
2	METODOLOGÍA.....	15
2.1	Selección de la sección de aforo	15
2.1	No debe haber afluentes ni efluentes entre la sección de aforo y el sensor de nivel...16	
2.2	Levantamiento topográfico.....	16
2.3	Realización del aforo líquido	18
3	RESULTADOS AFOROS LÍQUIDOS	22
2.4	Quebrada Cristales – Valles de la Alhambra	23
2.5	Quebrada Guayabal – Recinto del pensamiento	26
2.6	Quebrada Tesorito	29
2.7	Quebrada Manizales - Maltería.....	32
2.8	Quebrada El Bohío.....	35
2.9	Quebrada El Guamo – CDI San Sebastián	38
2.10	Quebrada El Guamo – Lavadero Los Puentes	41
2.11	Quebrada Salinas – Relleno Sanitario EMAS.....	44
2.12	Quebrada El Triunfo – Mirador de Villapilar	47
2.13	Quebrada Olivares – Bocatoma	50
2.14	Quebrada Olivares – El Popal.....	53
2.15	Quebrada Olivares – Aguas de Manizales.....	57
2.16	Quebrada Olivares – Bomberos Voluntarios.....	60
2.17	Quebrada El Perro – Expoferias	63
2.18	Quebrada Palogrande – Ruta 30	66
2.19	Quebrada Palogrande – Terminal de Transportes.....	69
2.20	Quebrada Marmato – Planta CHEC.....	72

2.21	Quebrada La Francia – Los Puentes	75
2.22	Quebrada Las Pavas – Autopistas del Café	78
2.23	Quebrada El Rosario – San Marcos de León	81
2.24	Quebrada El Rosario – Autopistas.....	84
2.25	Quebrada Manzanares – IBC.....	87
2.26	Río Guacaica - CHEC	90
2.27	Río Guacaica – El Jordán.....	93
2.28	Río Rioclaro – La Guayana	96
2.29	Río Rioclaro – La Batea	99
2.30	Río Chinchiná – Bosque Popular	102
2.31	Río Chinchiná – El Bosque	105
2.32	Río Chinchiná – Cenicafé	108
2.33	Río Tapias	111
2.34	Río Supía – Supía	114
2.35	Río Supía – Los Piononos.....	117
2.36	Río Pozo.....	120
2.37	Río Pácora.....	123
2.38	Río Risaralda – La Palmera	126
2.39	Río Santo Domingo – Manzanares	129
2.40	Río Pensilvania - Microcentral.....	132
2.41	Río Doña Juana	135
2.42	Quebrada Termales – Bocatoma.....	139
2.43	Quebrada California – Bocatoma	141
2.44	Quebrada La Ye – Bocatoma	143
2.45	Río Guacaica – Bocatoma	145
2.46	Río Chinchiná – Bocatoma.....	147
2.47	Río Chinchiná – La Virginia	149
2.48	Río Chinchiná – La Zulia.....	150
3.	RESUMEN ECUACIONES DE CALIBRACIÓN	152
4.	RESULTADOS DE LOS AFOROS DE CAUDAL SÓLIDO	154

4.1	Quebrada El Rosario – Autopistas.....	154
4.2	Quebrada Olivares – Bocatoma	156
4.3	Quebrada Olivares – El Popal.....	158
4.4	Quebrada Salinas – Relleno sanitario EMAS	160
4.5	Quebrada Termales - Bocatoma	161
4.6	Quebrada California - Bocatoma.....	163
4.7	Quebrada La Ye - Bocatoma.....	165
4.8	Río Guacaica - Bocatoma.....	167
4.9	Río Chinchiná - Bocatoma	169
4.10	Río Chinchiná – Cenicafé.....	171
4.11	Río Chinchiná – El Bosque	173
4.12	Río Chinchiná – La Virginia	175
4.13	Río Chinchiná – La Zulia.....	177
5.	RESUMEN ECUACIONES DE RELACION CAUDAL LÍQUIDO – CAUDAL SÓLIDO.....	180
6.	CLASIFICACIÓN DE LOS RÍOS	180
6.1	Clasificación aplicada a los ríos de Caldas.....	182
6.2	Mapas de clasificación	187
7.	ANEXOS	209
8.	REFERENCIAS.....	209

1. INTRODUCCIÓN

Este informe tiene como fin presentar la correlación nivel – caudal obtenida a partir de los aforos realizados en 45 estaciones hidrometeorológicas de monitoreo (**Figura 1**), las estaciones de Aguas de Manizales, CHEC Y VivoCuenca fueron aforadas esta vez gracias a un proyecto conjunto entre el IDEA de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales y VivoCuenca.

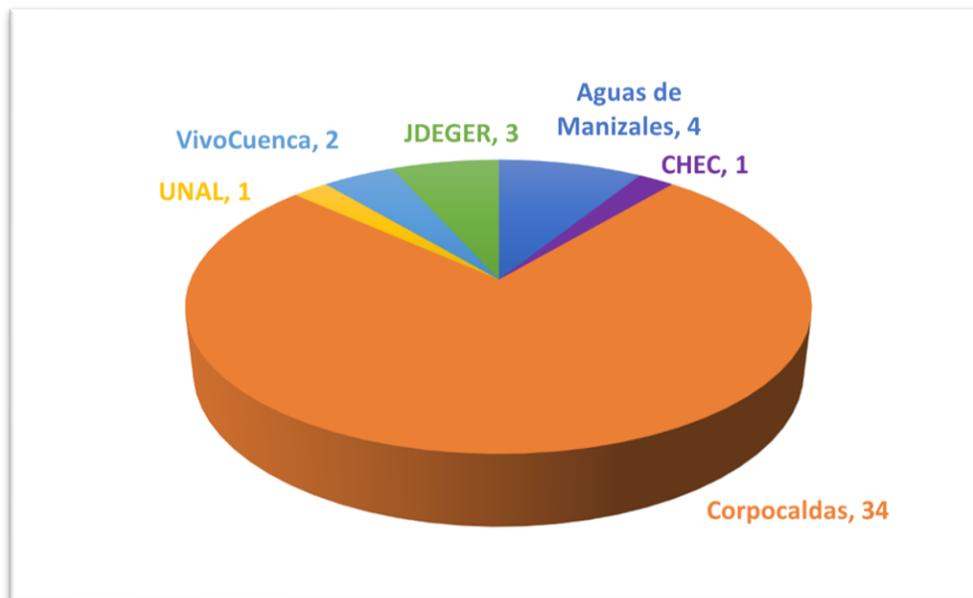


Figura 1. Estaciones aforadas por propietario

Respecto del informe de aforos anterior (entregado en abril de 2023) se han presentado algunos cambios con el fin de mejorar dichas curvas de calibración, los que se indican a continuación:

- Se han revisado tanto los aforos como las series de nivel, corrigiendo errores de medición debidos a cambios en las taras de los sensores.

- Constantemente se han estado revisando de manera detallada las series de nivel, comprobando que los valores arrojados por el sensor sean consistentes con otras variables como la precipitación.
- Se continúa realizando visitas técnicas de mantenimiento correctivo y preventivo a las estaciones siempre que sea necesario.
- Se continúa revisando en detalle las curvas de calibración con los resultados de los aforos.
- Como aporte de las entidades que hacen parte de VivoCuenca, este año se agrega la información recolectada en los aforos realizados en diferentes estaciones de la cuenca del río Chinchiná:
 - Río Chinchiná – La Virginia
 - Río Chinchiná – La Zulia
- Se han incluido los aforos de caudal líquido (76) y de caudal sólido (21) realizados durante el año 2023 e inicios del 2024.

Por tal razón, este informe reemplaza al anterior, es decir, que las curvas propuestas en este informe son las vigentes a la fecha.

Realizar aforos líquidos en una corriente de agua natural o artificial significa determinar el caudal que pasa por la corriente, para diversos fines y en áreas diversas de las ciencias de la tierra. Sin embargo, los aforos no se pueden realizar con frecuencia en razón de sus costos y de las dificultades que para ello ofrecen las condiciones ambientales, por lo que una práctica usual es encontrar relaciones de carácter empírico que permitan correlacionar el nivel (Z) con el caudal (Q). Esto se hace de esta manera porque el nivel sí se puede determinar fácilmente por medio de observación directa sobre una mira, o por medio de sensores de nivel. De tal forma que, con los aforos realizados se determina la **curva de calibración de la sección de aforos** (también denominada curva de gasto por otros autores) (Figura 2). Por medio de esta curva se obtienen a su vez los hidrogramas de una creciente en la corriente (Figura 2).

Para la determinación adecuada de la curva de calibración se requiere un número de aforos, y entre mayor es el número, mejor es la correlación obtenida. No existe uniformidad en la cantidad

de aforos requeridos, el IDEAM realiza mínimo dos (2) al año (IDEAM, 2017), mientras que otros autores recomiendan diez (10) o más (Marbello Pérez, 2013) pero se considera que lo correcto es determinar el número de aforos a realizar según las condiciones del río (OMM, 2011),

En ríos de morfología constante, estable, o poco variable, la curva de calibración puede ser considerada unívoca y estable. Pero muy pocos ríos llenan esta condición y menos los considerados ríos de montaña (Posada García, 1994).

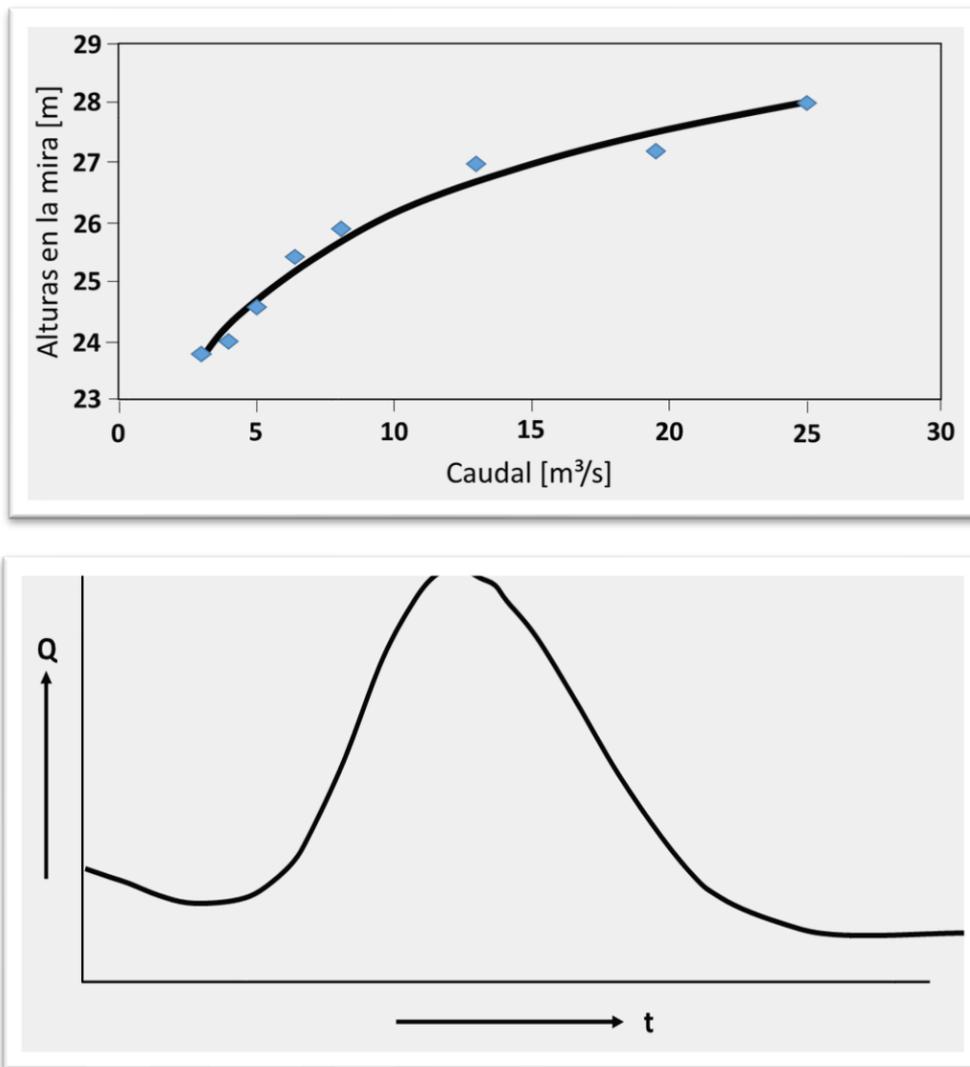


Figura 2. Arriba) curva de calibración de una sección hipotética y abajo) Hidrograma de una hipotética creciente

Para determinar dicha correlación, se han utilizado durante mucho tiempo ecuaciones empíricas de tipo potencial, como la mostrada a continuación.

$$Q = c(Z - Z_0)^b \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde Q es el caudal estimado (m^3/s), Z el nivel medido en la mira, limnógrafo o sensor de nivel, Z_0 es el nivel para un caudal 0 y b y c son parámetros de calibración obtenidos mediante los aforos. También se utiliza una expresión polinomial (Herschy, 2009).

$$Q = c_0 + c_1Z + c_2Z^2 + \dots + c_mZ^m \quad \text{Ecuación 2}$$

Esta última tiene la ventaja de que se adapta a cualquier forma de la curva, pero no representa una explicación física del fenómeno (Shiklomanov et al., 2006), y esta forma de calcular el caudal presenta el inconveniente de que no sirve para niveles superiores de flujo, si existen diferencias en la sección (Hidrólogo et al., n.d.).

Otra manera de obtener las curvas de calibración es mediante el uso del método área velocidad, que emplea la ecuación de base física siguiente:

$$Q = vA \quad \text{Ecuación 3}$$

Esta ecuación presenta una base física y siempre tendrá mayor precisión que la anterior; sin embargo, la dificultad radica en establecer una ecuación de velocidad que represente adecuadamente la corriente. Tradicionalmente, se han utilizado las ecuaciones de Chezy o Manning (Ecuación 4 y Ecuación 5 respectivamente).

$$v = CS_0^{1/2}R_h^{1/2} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$v = \frac{1}{n}S_0^{1/2}R_h^{2/3} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde v es la velocidad del flujo (m/s), C y n son los coeficientes de rugosidad de la superficie sólida de Chézy y Manning respectivamente, S_0 es la pendiente de fondo –que se considera para este caso igual a la pendiente de la superficie del agua e igual a la pendiente de la línea de energía– y R_h es el radio hidráulico.

Estas ecuaciones fueron desarrolladas para flujo uniforme, es decir considerando que ni el área ni la pendiente de fondo cambian, y considerando que la pendiente friccional es similar a la pendiente de fondo. Esto muy raras veces se da en condiciones naturales, aunque en algunos casos las perturbaciones son tan menores que se pueden despreciar. No ocurre así cuando la rugosidad de fondo tiene un papel importante en la hidrodinámica ya que para estos casos las ecuaciones anteriores generan grandes errores en los cálculos. Tal es el caso de los ríos de montaña, donde los sedimentos son de gran tamaño y la rugosidad juega un papel fundamental en el comportamiento hidráulico de la sección. En dicho caso, se recomienda utilizar el método área-velocidad para el cálculo del caudal, pero con la ley de velocidades determinada por medio de los estudios de Prandtl-Von Karman (Posada García, 1994).

$$v = \left(5.75 \log \frac{12.2 R_h}{k'_s} \right) \sqrt{g R_h S_f} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde v es la velocidad del flujo (m/s), R_h es el radio hidráulico, k'_s es la rugosidad del fondo, g es la aceleración de gravedad y S_f es la pendiente friccional. La rugosidad del fondo se debe calibrar por medio de los parámetros obtenidos en campo, y dependerá del tamaño de las partículas así:

$$\begin{aligned} k'_s &= 3d_{90} \\ k'_s &= 3.5d_{84} \\ k'_s &= 5.2d_{65} \\ k'_s &= 6.8d_{50} \end{aligned} \quad \text{Ecuación 7}$$

La cantidad de aforos necesaria para obtener la mejor correlación entre el nivel y el caudal es variable y depende en general de las características de la corriente a aforar; sin embargo, la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales recomienda mínimo 10 aforos.

2. DESCRIPCIÓN

Los ríos y quebradas a los cuales se les realizaron los aforos incluyen estaciones hidrometeorológicas que pertenecen a las redes denominadas en el SIMAC como red de Gestión del riesgo por deslizamientos en Manizales, red de Gestión del Riesgo por Inundaciones en Manizales, red de estaciones meteorológicas e hidrometeorológicas del departamento de Caldas, red de estaciones hidrometeorológicas en cuencas urbanas y rurales de Manizales, Red de estaciones hidrometeorológicas para la gestión del riesgo por inundación en el área de influencia del Nevado del Ruíz - cuencas de los ríos Rioclaro y Chinchiná, red de estaciones en la parte alta de la cuenca del río Chinchiná. En la **Tabla 1**, **Figura 3** y **Figura 4**, se identifican las estaciones en las que se realizaron aforos:

Tabla 1. Estaciones aforadas

N°	Estación	Ubicación	Altitud	Año instalación	Numero de aforos	
					Caudal líquido	Caudal sólido
1	Quebrada Cristales - Valles de la Alhambra	N 5° 2' 18.34" W 75° 27' 22.11"	2091	2015	9	0
2	Quebrada Guayabal - Recinto del Pensamiento	N 5° 2' 29.84" W 75° 26' 44.32"	1978	2014	13	0
3	Quebrada Tesorito	N 5° 2' 3.76" W 75° 25' 53.77"	2295	2010	12	0
4	Quebrada Manizales - Maltería	N 5° 2' 18.8" W 75° 25' 49.35"	2267	2014	14	0
5	Quebrada El Guamo - CDI San Sebastián	N 5° 5' 13.93" W 75° 29' 10.94"	2120	2015	14	0
6	Quebrada El Guamo - Lavadero los Puentes	N 5° 4' 15.02" W 75° 29' 44.44"	2043	2014	11	0
7	Quebrada Salinas - EMAS	N 5° 4' 42.21" W 75° 30' 29.91"	2020	2015	12	3
8	Quebrada el Triunfo - Mirador de Villapilar	N 5° 5' 19.54" W 75° 31' 37.36"	2046	2015	11	0
9	Quebrada Olivares - Bocatoma	N 5° 3' 55.74" W 75° 26' 50.25"	2242	2014	16	4
10	Quebrada Olivares - El Popal	N 5° 3' 43.81" W 75° 28' 26.17"	2091	2011	15	5
11	Quebrada Olivares - Aguas de Manizales	N 5° 3' 47.53" W 75° 29' 7.35"	2078	2015	9	0

12	Quebrada Olivares - Bomberos Voluntarios	N 5° 4' 13.6" W 75° 30' 0.79"	1923	2014	14	0
13	Quebrada Termales - Bocatoma	N 4° 59' 31.94" W 75° 25' 04"	2440	2005	8	8
14	Quebrada California - Bocatoma	N 4° 59' 3.05" W 75° 26' 30.9"	2341	2011	8	8
15	Quebrada La Ye - Bocatoma	N 5° 3' 46.6" W 75° 26' 25.5"	2258	2014	8	8
16	Quebrada el Perro - Expoferias	N 5° 2' 31.66" W 75° 28' 27.74"	2036	2015	7	0
17	Quebrada Palogrande - Ruta 30	N 5° 3' 20.42" W 75° 30' 3.31"	1986	2008	2	0
18	Quebrada Palogrande - Terminal de Transporte	N 5° 3' 3.88" W 75° 30' 25.33"	1881	2015	4	0
19	Quebrada Marmato - CHEC	N 5° 3' 3.68" W 75° 31' 5.08"	1788	2015	11	0
20	Quebrada la Francia - Los Puentes	N 5° 3' 45.77" W 75° 32' 45.49"	1631	2015	11	0
21	Quebrada Las Pavas - Autopistas de Café	N 5° 1' 33.84" W 75° 35' 16.38"	1222	2015	12	0
22	Quebrada el Rosario - San Marcos de León	N 5° 3' 46.8" W 75° 32' 48.87"	1621	2015	11	0
23	Quebrada el Rosario - Autopistas	N 5° 2' 41.77" W 75° 35' 48.28"	1131	2017	6	4
24	Quebrada Manzanares - IBC	N 5° 3' 30.89" W 75° 36' 26.86"	1100	2014	7	0
25	Quebrada el Bohío - Vereda el Águila	N 5° 6' 42.45" W 75° 30' 33.23"	1690	2015	12	0
26	Río Guacaica - Bocatoma	N 5° 8' 16.10" W 75° 29' 4.92"	1693	2014	8	8
27	Río Guacaica - CHEC	N 5° 8' 12.52" W 75° 29' 47.36"	1621	2011	10	0
28	Río Guacaica - El Jordán	N 5° 6' 36.37" W 75° 39' 28.77"	909	2011	11	0
29	Río Rioclaro - La Guayana	N 4° 56' 51.45" W 75° 29' 47.53"	1860	2011	9	0
30	Río Rioclaro - La Batea	N 4° 58' 11.18" W 75° 31' 53.74"	1610	2013	10	3
31	Río Chinchiná - La Virginia	N 5° 0' 43.92" W 75° 20' 13.56"	3384	2023	3	3
32	Río Chinchiná - La Zulia	N 5° 1' 23.52" W 75° 23' 24.72"	2676	2023	3	3

33	Río Chinchiná - Bocatoma	N 5° 1' 16.09" W 75° 25' 3.95"	2260	2008	8	8
34	Río Chinchiná - Bosque Popular	N 5° 1' 52.71" W 75° 28' 42.5"	1982	2015	12	0
35	Río Chinchiná - El Bosque	N 4° 59' 37.55" W 75° 33' 55.36"	1405	2013	10	6
36	Río Chinchiná - Cenicafé	N 4° 59' 23.55" W 75° 36' 0.91"	1294	2013	10	6
37	Río Tapias	N 5° 13' 26.28" W 75° 38' 18.73"	842	2013	11	0
38	Río Supía - Supía	N 5° 27' 10.01" W 75° 39' 10.22"	1186	2011	4	0
39	Río Supía - Piononos	N 5° 22' 35.23" W 75° 36' 46.11"	731	2011	12	0
40	Río Pozo	N 5° 26' 33.86" W 75° 33' 24.53"	803	2011	12	0
41	Río Pácora	N 5° 32' 27.04" W 75° 27' 31.87"	1690	2013	8	0
42	Río Risaralda - Camping La Palmera	N 5° 6' 44.89" W 75° 50' 25.09"	1010	2010	11	0
43	Río Santo Domingo - Manzanares	N 5° 12' 17.29" W 75° 8' 13.6"	1450	2012	12	0
44	Río Pensilvania - Microcentral	N 5° 23' 2.4" W 75° 8' 8.99"	1773	2012	7	0
45	Río Doña Juana	N 5° 30' 3.53" W 75° 18' 44.71"	190	2013	10	0
Total Aforos					438	77

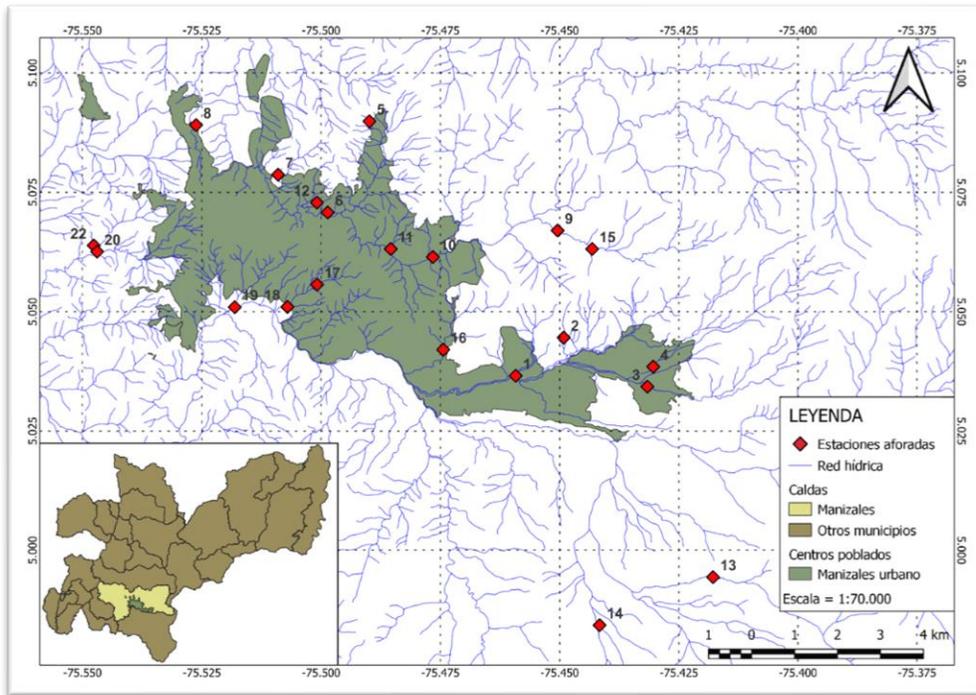


Figura 3. Estaciones aforadas, cerca del perímetro urbano de Manizales, (La numeración corresponde a la Tabla 1)

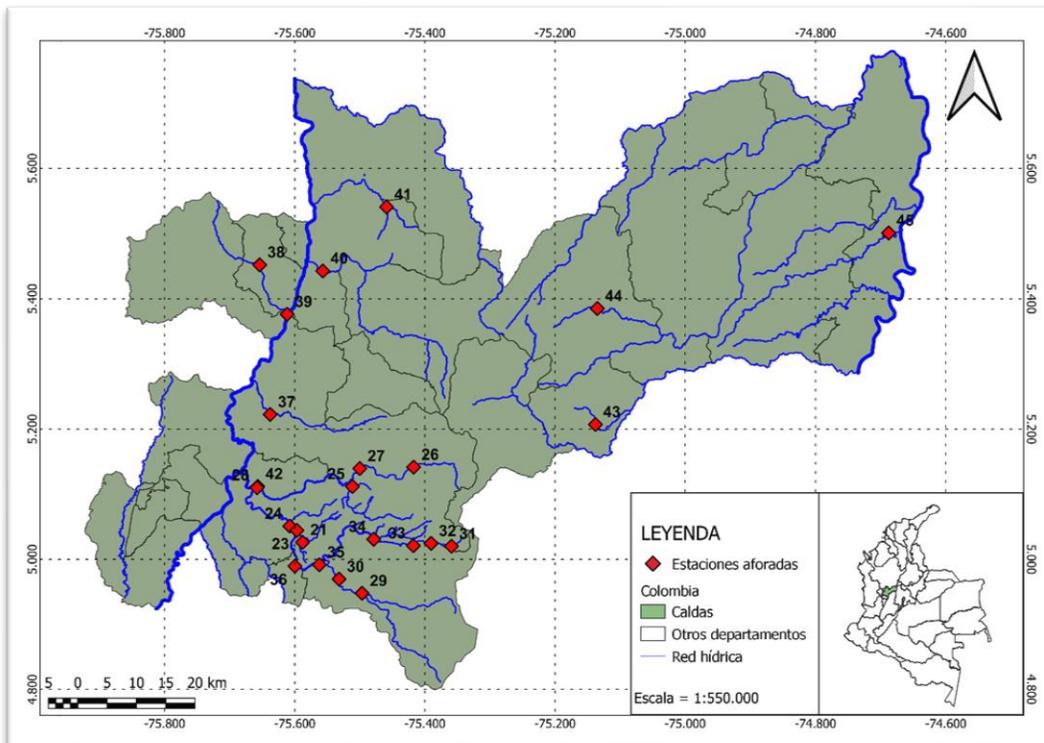


Figura 4. Estaciones aforadas dentro del departamento de Caldas (La numeración corresponde a la Tabla 1)

2 METODOLOGÍA

Para tener un control sobre el nivel de agua en las corrientes monitoreadas con una estación hidrometeorológica, conocer su variación y obtener un valor del caudal que circula para cada nivel, se instaló en cada estación un sensor de nivel electrónico, el cual emite una señal cada cinco minutos que genera una medida del nivel de agua en el río en tiempo real referenciado con un nivel de referencia o Datum que, en el caso de canales artificiales se hace coincidir con el punto más bajo del fondo del canal y en el caso de corrientes naturales se sitúa a una distancia por debajo del fondo del cauce (las fechas de instalación se muestran en la **Tabla 1**).

La metodología seguida obedece a las recomendaciones del Protocolo de Monitoreo del Agua (IDEAM, 2017) y algunas recomendaciones prácticas que ha recopilado la Universidad Nacional en el ejercicio de la realización de aforos. En general, el procedimiento seguido fue el siguiente:

- Selección del sitio de aforo,
- Levantamiento topográfico,
- Determinación del nivel de banca llena,
- Selección del método de aforo líquido.

2.1 Selección de la sección de aforo

No es necesario que el aforo se realice en el lugar donde se ubica el sensor pues, teniendo en cuenta el principio de continuidad, el caudal permanece constante siempre que no tenga afluentes ni efluentes en ese tramo. Por esta razón, y con el fin de facilitar la medida, se busca un lugar que tenga ciertas características:

- Debe ser un tramo recto del cauce.
- Las líneas de flujo deben ser lo más paralelas posibles entre sí, y perpendiculares a la sección transversal.

- El lecho del canal debe ser lo más regular posible.
- No debe haber obstrucciones como rocas, troncos de árboles o plantas acuáticas en el lecho.
- La pendiente longitudinal debe ser lo más uniforme posible.
- No debe haber afluentes ni efluentes entre la sección de aforo y el sensor de nivel.

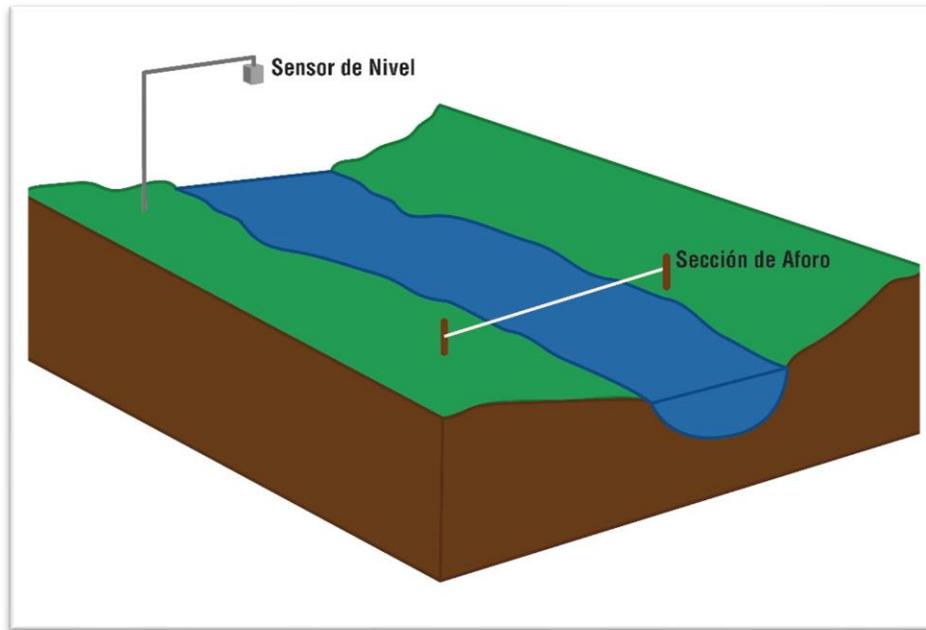


Figura 5. Esquema de selección del lugar de aforo

Luego de tener el lugar adecuado para la campaña de aforos, existen dentro de la metodología usada dos partes fundamentales, la topografía y el aforo líquido. La exactitud de los datos obtenidos depende del trabajo realizado en estos dos aspectos.

2.2 Levantamiento topográfico

En este aparte se realiza un levantamiento de la topografía del terreno y se debe distinguir claramente lo siguiente:

- Perfil transversal de la sección de aforo, no sólo del área mojada, sino hasta la altura de banca llena (**Figura 6**),
- Banca llena,

- Perfil longitudinal del cauce.

El término banca llena hace referencia a un nivel que se presenta en promedio 5 veces cada 10 años, es decir, tiene un periodo de retorno de 2 años (Posada García, 1994). Para la identificación de la banca llena, es de vital importancia que la topografía realizada en la sección de aforo sea lo más detallada posible, marcando los cambios de pendiente del terreno y el ancho del cauce (W). Se busca que la topografía abarque las zonas de inundación -si las hay-, los hombros de la sección, y que supere el nivel de banca llena, el cual debe tomarse previamente. Con lo anterior, se debe marcar un punto de referencia, que debe ser firme para que las crecientes del río no modifiquen su ubicación; por lo mismo, debe estar en un lugar alejado del cauce o en estructuras permanentes que se encuentren dentro de la sección (puentes, muros, mojones, etc.).

Como se ha expresado anteriormente, dentro de la misma campaña de aforos se puede variar la sección transversal, pero desde el punto de vista de la topografía facilita en gran medida tener la misma sección; esto permite que se puedan percibir los cambios geomorfológicos que se presentan.

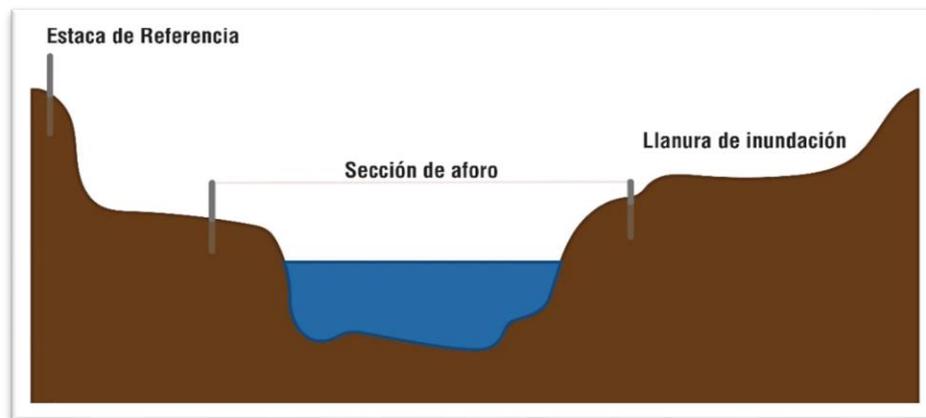


Figura 6. Límites de la topografía de la sección

2.3 Realización del aforo líquido

Luego de tener de forma detallada la sección transversal del río, se procede a realizar el aforo líquido; los aforos se realizaron por vadeo en todos los casos (lo que no significa que siempre sea así pues en algunos casos a futuro podría ser necesario hacer aforos por suspensión) y el método de obtención del caudal es el de área – velocidad (los formatos utilizados para este procedimiento se muestran en el anexo 1).

El método área – velocidad consiste en subdividir la sección en secciones más pequeñas o dovelas (b_1, b_2, b_3, b_4, b_n), como se muestra en la **Figura 7**, y en el centro de esas dovelas se mide la velocidad del flujo de la siguiente manera:

- Si la profundidad en el centro de la dovela b_j es menor o igual a 12cm se toma una lectura a 0.6 de la profundidad medida desde la superficie.
- Si la profundidad en el centro de la dovela b_j se encuentra entre 12cm y 16cm se toman 3 lecturas: a 0.2, 0.6 y 0.8 de la profundidad medida desde la superficie.
- Si la profundidad en el centro de la dovela b_j es mayor a 16 cm se toman 5 lecturas: en el fondo, a 0.2, 0.6, 0.8 de la profundidad y en la superficie.
- En la dovela más profunda se deben tomar 11 lecturas (cada 0.1 de la profundidad iniciando en el fondo de la dovela y finalizando en la superficie).

En cada una de estas dovelas se debe calcular el caudal con la siguiente ecuación: $Q = V * A$; donde, Q , es el caudal en cada dovela (m^3/s); A , es el área de cada sección (m^2) y V , la velocidad en la sección (m/s), la cual se determina según la profundidad de la dovela, así:

- Para profundidades menores a 12 cm: $V = V_{0.6}$
- Para profundidades entre 12cm y 16 cm: $V = \frac{V_{0.8} + 2 * V_{0.6} + V_{0.2}}{4}$
- Para profundidades mayores a 16cm: $V = \frac{V_1 + 3 * V_{0.8} + 2 * V_{0.6} + 3 * V_{0.2} + V_{0.0}}{10}$
- En la dovela de mayor profundidad: $V = \frac{\sum V_i}{11}$

La sumatoria de los caudales en cada dovela da como resultado el caudal final del cauce; debe comprobarse que el caudal en cada dovela no supere el 20% del caudal total del río.

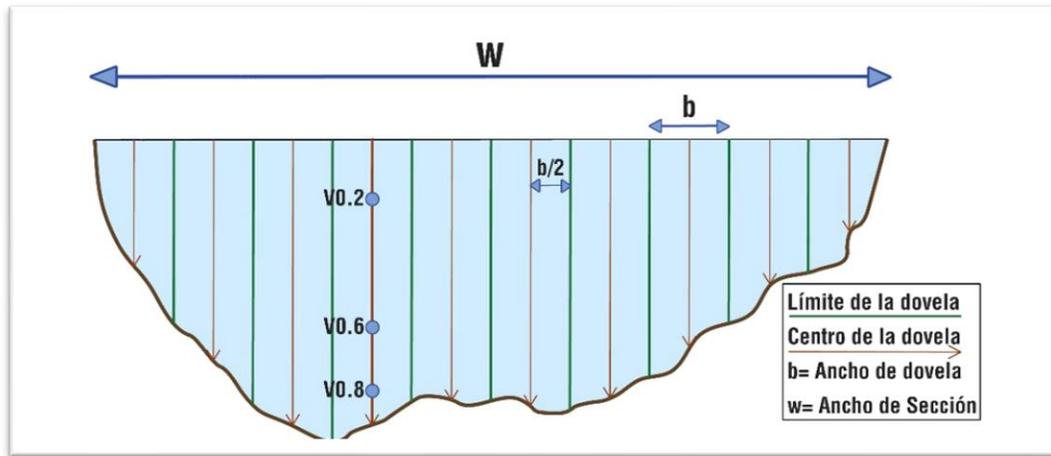


Figura 7. Sección típica de aforo, profundidades medidas desde la superficie

En este método, para determinar el caudal de cada dovela q_i , se multiplica la velocidad media \bar{v}_i en la vertical por el área correspondiente a la dovela a_i que se aproxima como un trapecio, la cual se calcula multiplicando el ancho de la dovela b por el promedio de las profundidades de las abscisas que delimitan la dovela h_j, h_{j+1} , como lo indica la Ecuación 8.

$$q_i = \bar{v}_i * b * \frac{h_j + h_{j+1}}{2} \quad \text{Ecuación 8}$$

El caudal total que pasa por la sección se calcula con la sumatoria del caudal de cada dovela para el número de total de dovelas n , según la Ecuación 9.

$$Q_t = \sum_{i=1}^n q_i \quad \text{Ecuación 9}$$

con la realización correcta de aforos, más aún los ríos de montaña, que en épocas de crecientes no sólo mueven un caudal líquido considerable sino también un caudal sólido de grandes proporciones.

Adicionalmente, cuando se tiene un gran número de aforos de estos niveles medios, la curva de calibración se reduce a una simple relación de niveles y caudales dándole un ajuste a la curva, pero el problema reside en extrapolar dichos valores para niveles mayores y en este caso teniendo pocos aforos en cada estación.

Existen diferentes métodos para hacer dicha extrapolación, pero uno de los más comunes es el método de Manning, usado en este caso para realizar las curvas de calibración de las estaciones mencionadas en la **Tabla 1**; la base de este método es la Ecuación 10.

$$Q = \frac{A}{n} (Rh)^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde **Q** es el caudal medido, **Rh** es el Radio hidráulico, **A** es el área de la sección mojada, **S** es la pendiente longitudinal del cauce y **n** es el coeficiente de rugosidad de Manning.

En la realización de las campañas de aforo, fácilmente se pueden determinar parámetros como el área mojada, el perímetro mojado, la pendiente longitudinal y la velocidad promedio del flujo, con lo cual se puede determinar el caudal directamente haciendo uso de las ecuaciones Ecuación 8 y Ecuación 9. Sin embargo, el coeficiente de rugosidad de Manning (**n**) no se puede obtener directamente en el trabajo de campo.

El coeficiente de rugosidad (**n**) para niveles altos no genera cambios importantes en el flujo; por lo tanto, se puede considerar constante. Con base en esto, se determina un coeficiente de rugosidad para cada aforo, despejándolo de la **Ecuación 10**; luego, se promedian los valores consistentes entre sí, es decir, si el coeficiente de rugosidad de Manning de alguno de los aforos no es coherente con los demás, no se tiene en cuenta para calcular el promedio.

De esta forma, se puede obtener un coeficiente de rugosidad (**n**) para cada río. Del mismo modo, la pendiente longitudinal del río puede considerarse constante e igual a la pendiente de la línea de energía, con lo cual la **Ecuación 10** puede reducirse a la siguiente expresión:

$$Q = K \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}}$$

Ecuación 11

Donde

$$K = \frac{S^{1/2}}{n}$$

Cuando se tiene un cauce de sección regular, fácilmente se puede encontrar una relación entre el nivel del río y el área mojada, pero los cauces naturales no presentan paredes regulares en sus orillas con pendientes uniformes.

Por tanto, se requiere encontrar una relación entre el área mojada y el perímetro mojado de la sección transversal respecto de la profundidad del río; para cada nivel (y) del río existe un área mojada (A_y) y un perímetro mojado (P_y), como se muestra en la **Figura 8**. Esto se puede realizar porque en los aforos se tomó dicha sección. Pero aún más, se puede encontrar una relación entre el área mojada, el perímetro y el nivel medido por el sensor (Z).

En los cauces con lecho fijo el nivel del cauce (y) y el nivel medido por el sensor (Z) son iguales, mientras que, en los cauces con lecho variable, el nivel medido por el sensor (Z) es la suma del nivel del cauce (y) y (Z_0), esto con el fin de evitar los valores negativos producto de la socavación de fondo que afecta con frecuencia los ríos de montaña.

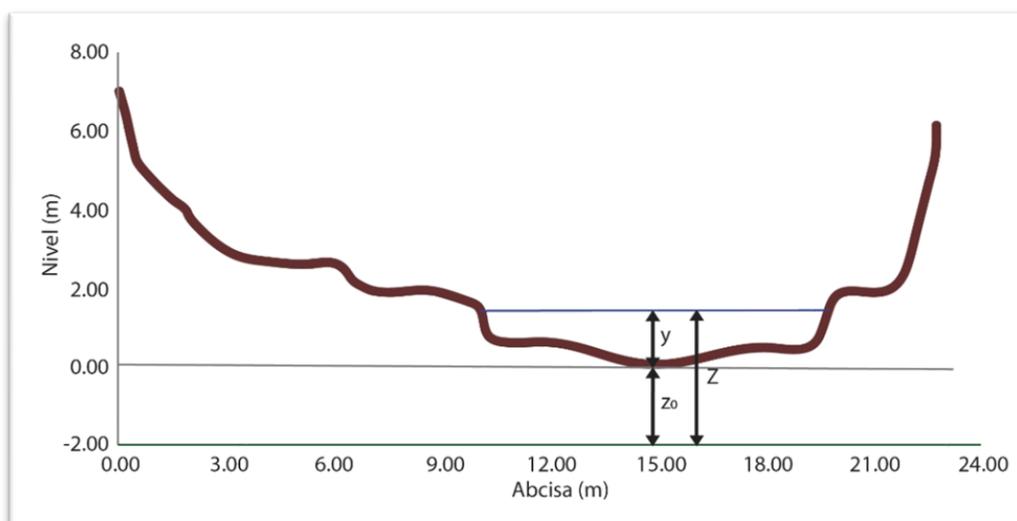


Figura 8. Sección transversal en función de la profundidad (y) y el nivel medido por el sensor (Z)

De esta manera, se puede obtener el caudal con la ecuación de Manning, para cada lectura realizada por el sensor.

3 RESULTADOS AFOROS LÍQUIDOS

En respuesta al trabajo realizado en campo, se disponen los datos obtenidos para realizar los diferentes cálculos, con lo cual se obtienen las curvas de calibración de cada estación hidrometeorológica ubicada en los ríos y quebradas aforados. A continuación, se presentan los siguientes resultados:

- Vista en planta de cada una de las estaciones (sin escala).
- Sección transversal de aforo de cada estación (cabe aclarar que pertenecen a uno de los aforos realizados en cada estación y en algunos casos es diferente a la sección donde se ubica el sensor).
- Resumen de resultados de cada una de las estaciones.
- Curva de calibración de cada estación.
- Relación entre el nivel del sensor y el perímetro mojado.
- Relación entre el nivel del sensor y el área transversal.

Los aforos originales, así como el registro fotográfico se presentan en el anexo 2.

2.4 Quebrada Cristales – Valles de la Alhambra

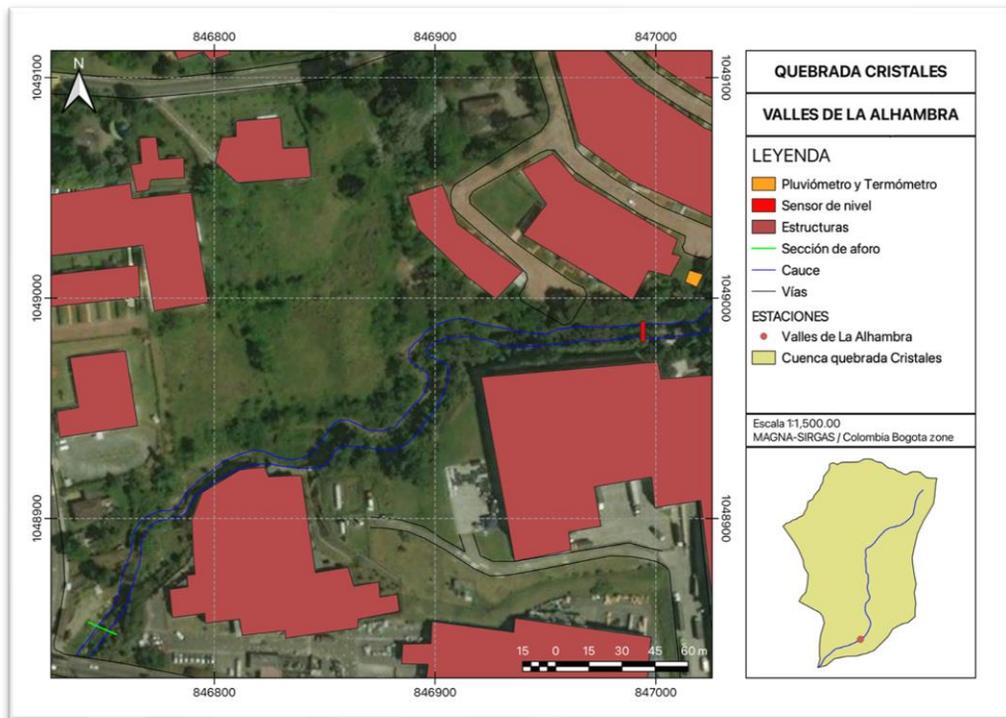


Figura 9. Vista en planta, Quebrada Cristales - Valles de la Alhambra

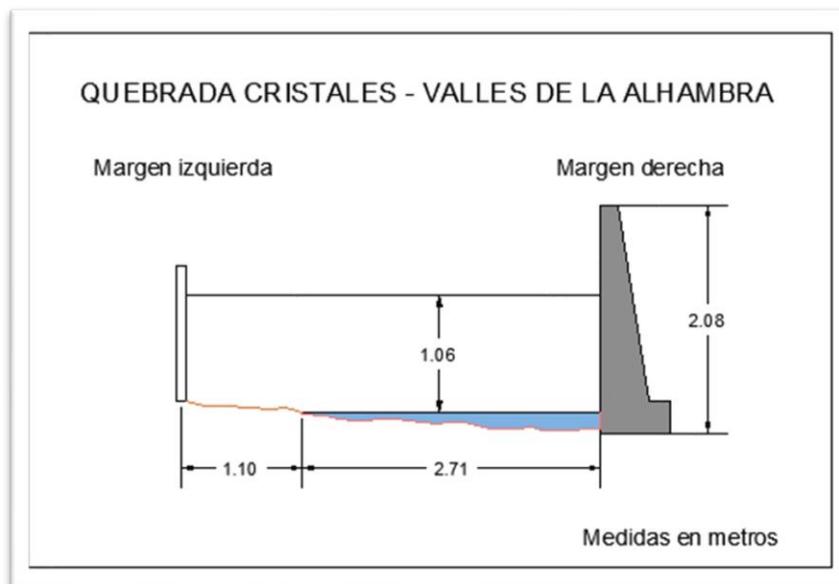


Figura 10. Sección transversal, Quebrada Cristales - Valles de la Alhambra, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 2. Resumen de resultados, Quebrada Cristales - Valles de la alhambra

ESTACIÓN										
QUEBRADA CRISTALES - VALLES DE LA ALHAMBRA										
LATITUD	N 5° 2' 11.91"			LONGITUD	W 75° 27' 33.09"			ELEVACIÓN (msnm)	2091	
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
18/10/2017	0.073	2.000	0.200	2.080	4.850	2.355	0.254	0.116	0.030	0.001
21/11/2017	0.105	2.300	0.200	2.390	4.790	2.610	0.625	0.137	0.086	0.013
3/01/2018	0.119	2.470	0.250	2.480	4.770	2.630	0.552	0.212	0.117	0.012
22/02/2018	0.164	2.710	0.250	2.910	4.750	2.650	0.474	0.313	0.148	0.035
8/05/2019	0.100	2.400	0.300	2.540	4.930	2.470	0.397	0.182	0.072	0.016
22/07/2019	0.110	1.920	0.250	2.100	5.020	2.380	0.345	0.124	0.043	0.007
20/04/2021	0.200	1.500	0.200	1.760	5.100	2.350	0.216	0.095	0.021	0.009
29/09/2021	0.093	1.200	0.100	1.337	4.950	2.450	0.351	0.085	0.030	0.021
7/09/2023	0.070	1.500	0.150	1.520	5.284	2.093	0.312	0.073	0.023	0.021

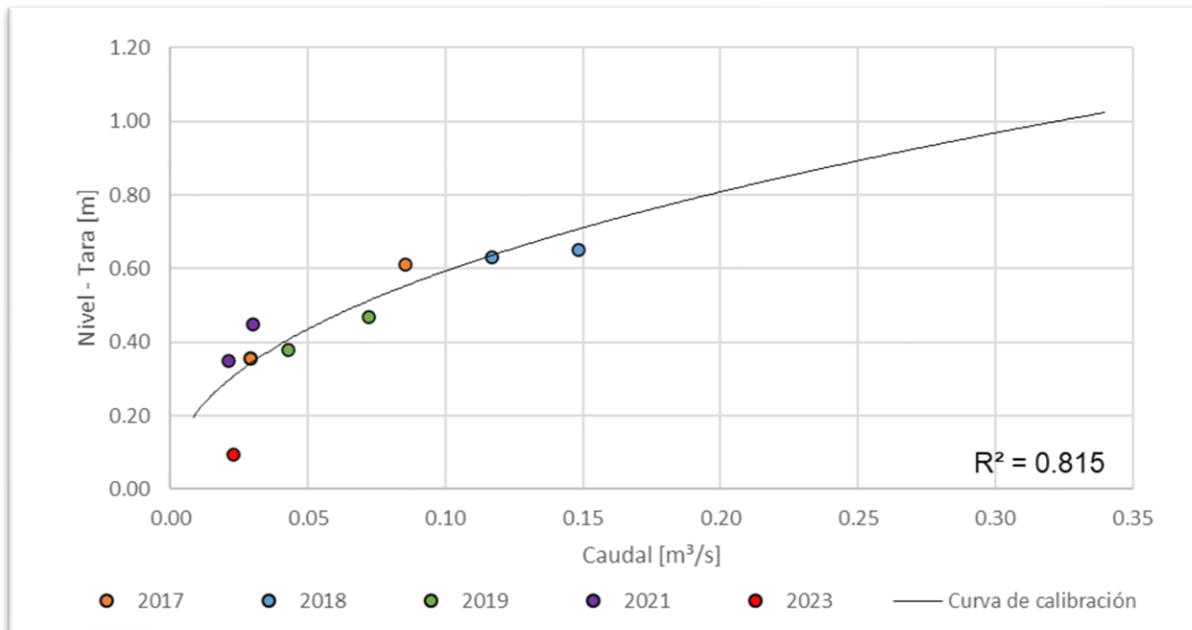


Figura 11. Curva nivel vs caudal, Quebrada Cristales - Valles de la Alhambra

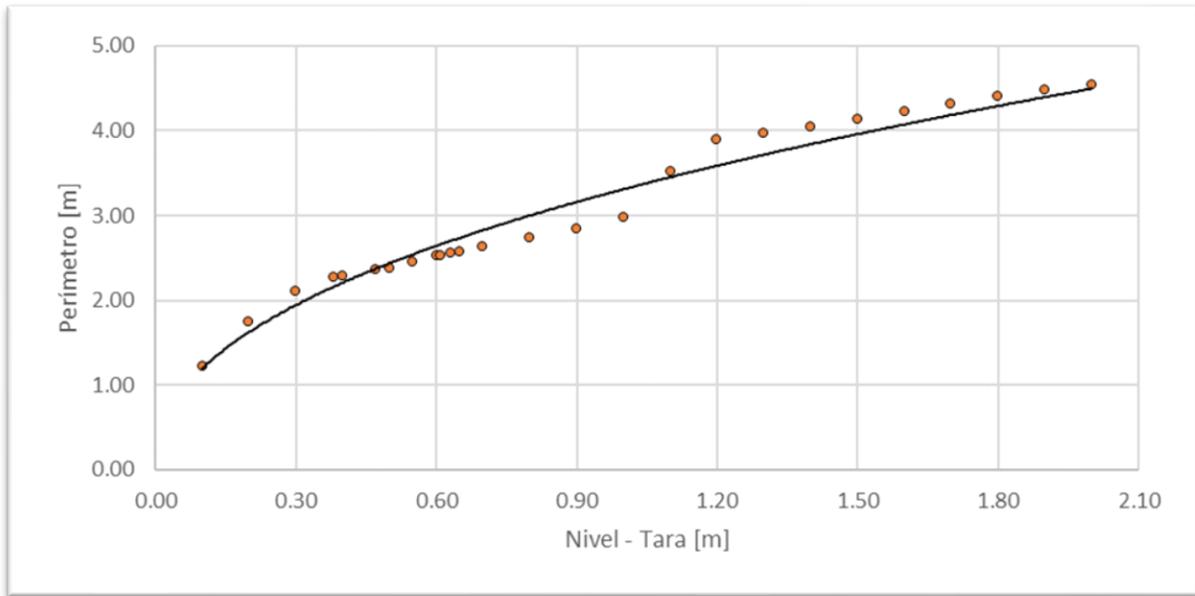


Figura 12. Nivel vs Perímetro, Quebrada Cristales - Valles de la Alhambra

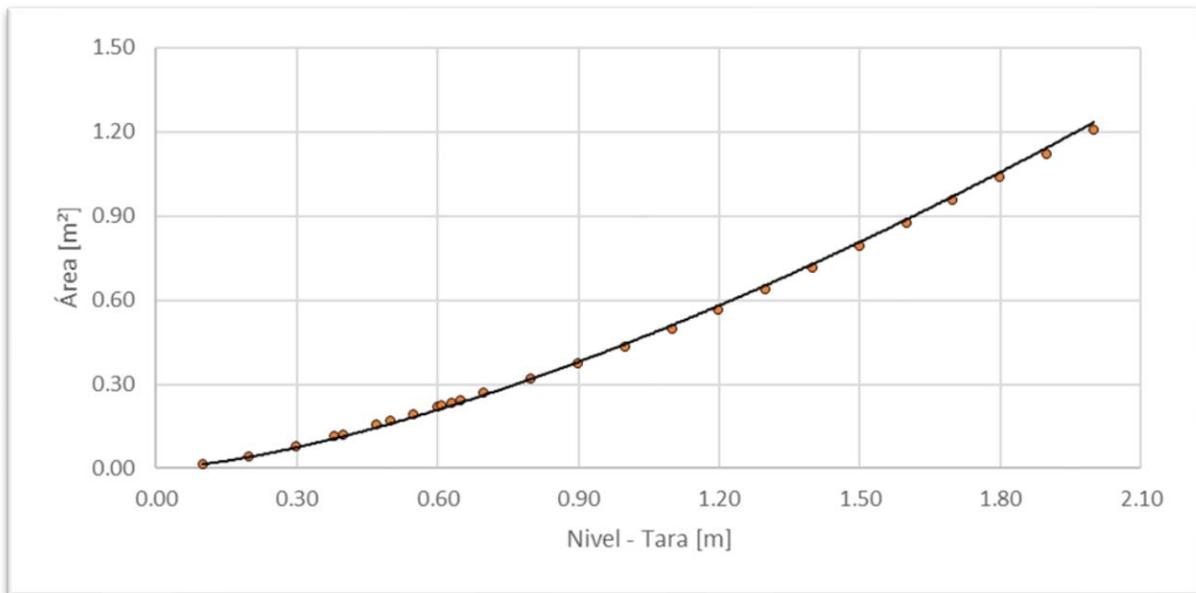


Figura 13. Nivel vs Área, Quebrada Cristales - Valles de la Alhambra

2.5 Quebrada Guayabal – Recinto del pensamiento

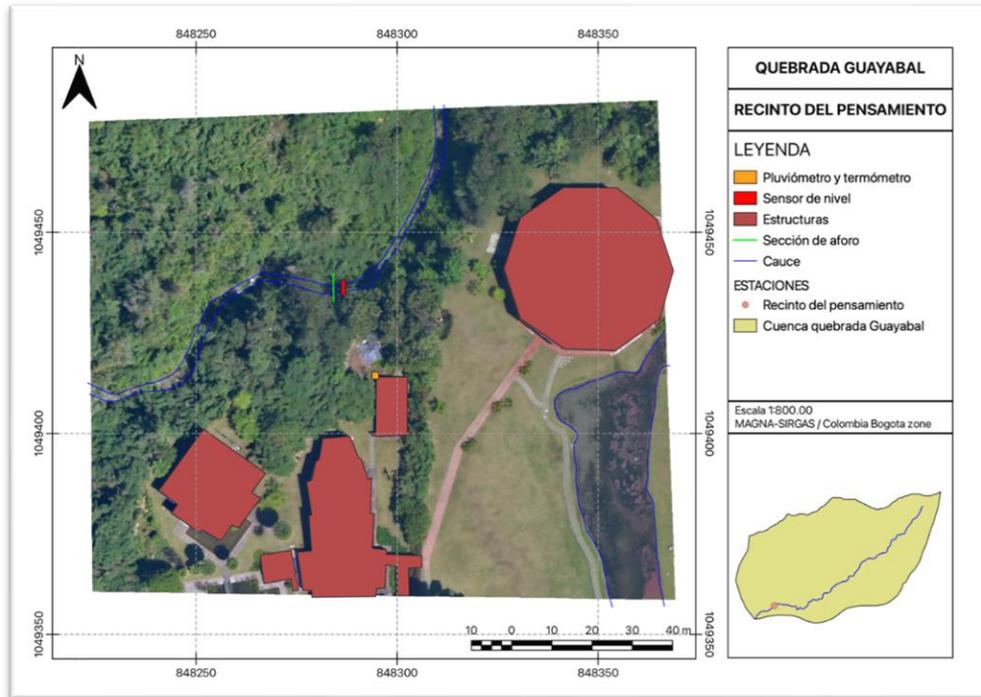


Figura 14. Vista en planta, Quebrada Guayabal - Recinto del pensamiento.

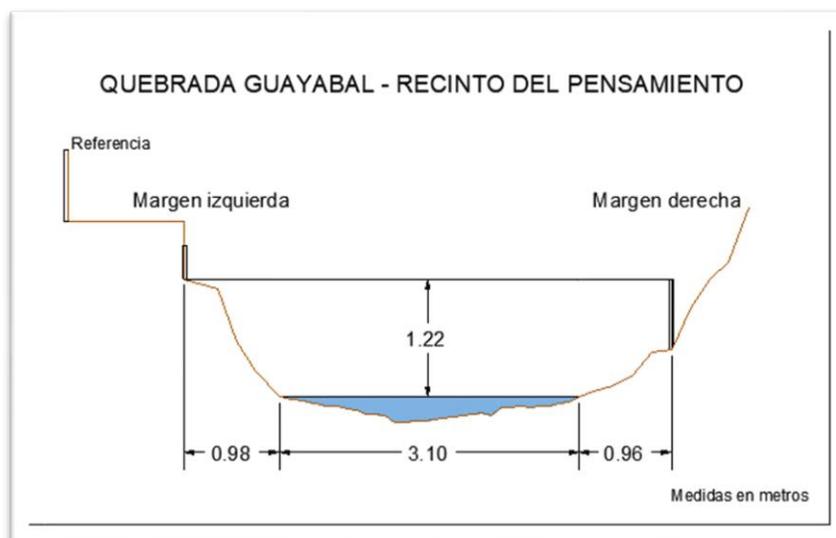


Figura 15. Sección transversal, Quebrada Guayabal - Recinto del pensamiento, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 3. Resumen de resultados, Quebrada Guayabal - Recinto del pensamiento

ESTACIÓN QUEBRADA GUAYABAL - RECINTO DEL PENSAMIENTO										
LATITUD	N 5° 2' 40.74"			LONGITUD	W 75° 26' 56.88"			ELEVACIÓN (msnm)	2043	
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
4/05/2017	0.370	3.400	0.500	3.590	5.450	2.506	0.449	0.787	0.172	0.020
18/05/2017	0.450	3.200	0.200	3.490	5.430	2.542	0.583	0.893	0.375	0.149
16/06/2017	0.324	3.550	0.250	3.630	5.580	2.431	0.438	0.677	0.152	0.020
8/07/2017	0.306	3.300	0.250	3.460	5.550	2.407	0.340	0.661	0.162	0.047
28/07/2017	0.278	3.200	0.200	3.280	5.570	2.375	0.347	0.507	0.097	0.003
11/08/2017	0.258	3.100	0.200	3.210	5.600	2.366	0.326	0.524	0.071	0.018
23/05/2019	0.460	3.780	0.300	4.190	5.360	2.451	0.331	1.524	0.289	0.142
31/07/2019	0.260	2.700	0.220	2.910	5.630	2.365	0.165	2.524	0.050	0.038
15/04/2021	0.166	3.370	0.300	3.620	5.260	2.362	0.109	0.319	0.035	0.052
29/09/2021	0.244	3.050	0.300	3.350	5.280	2.365	0.152	0.316	0.048	0.041
18/07/2022	0.190	2.200	0.220	2.339	5.500	2.402	0.455	0.299	0.136	0.024
5/02/2023	0.250	2.500	0.250	2.863	5.390	2.503	0.406	0.534	0.217	0.027
7/09/2023	0.155	1.200	0.120	1.345	5.700	2.190*	0.618	0.109	0.067	0.048

*Nivel de sensor inconsistente respecto al caudal medido en campo, valor tomado con la altura desde el sensor hasta la superficie del agua

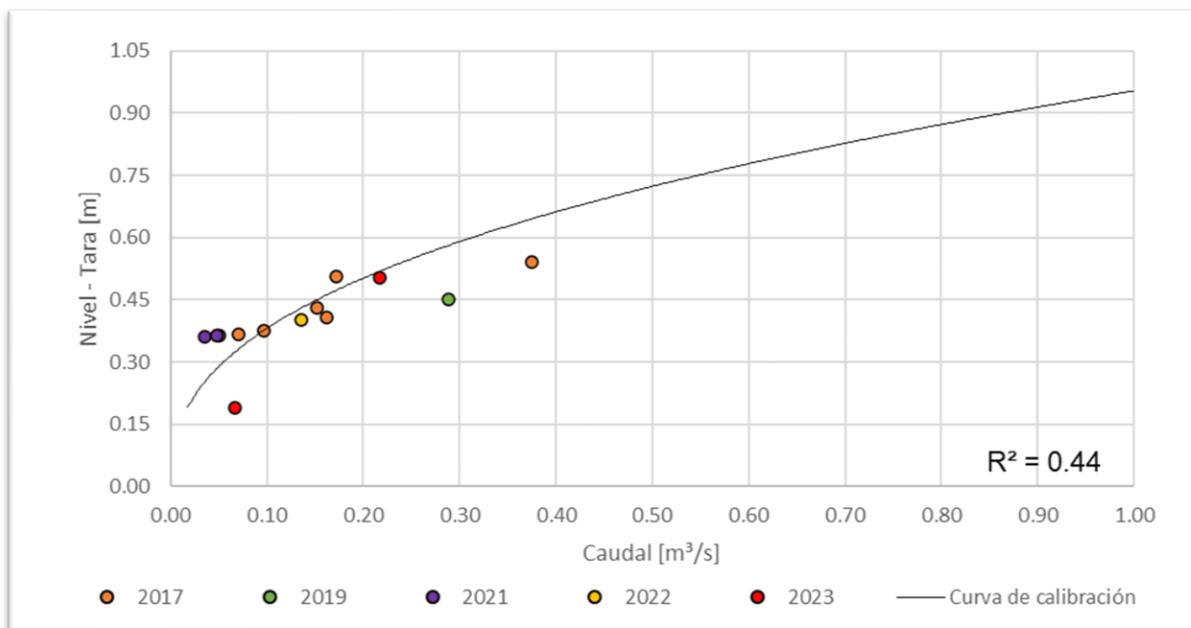


Figura 16. Curva nivel vs caudal, Quebrada Guayabal - Recinto del pensamiento

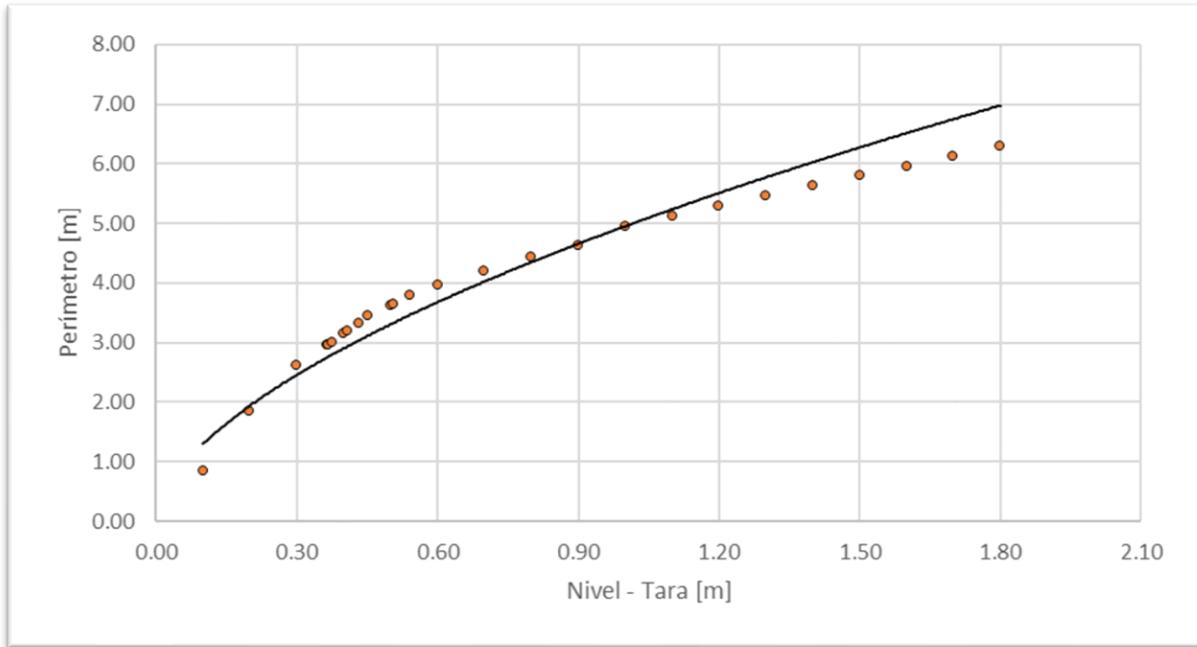


Figura 17. Nivel vs perímetro, Quebrada Guayabal - Recinto del pensamiento

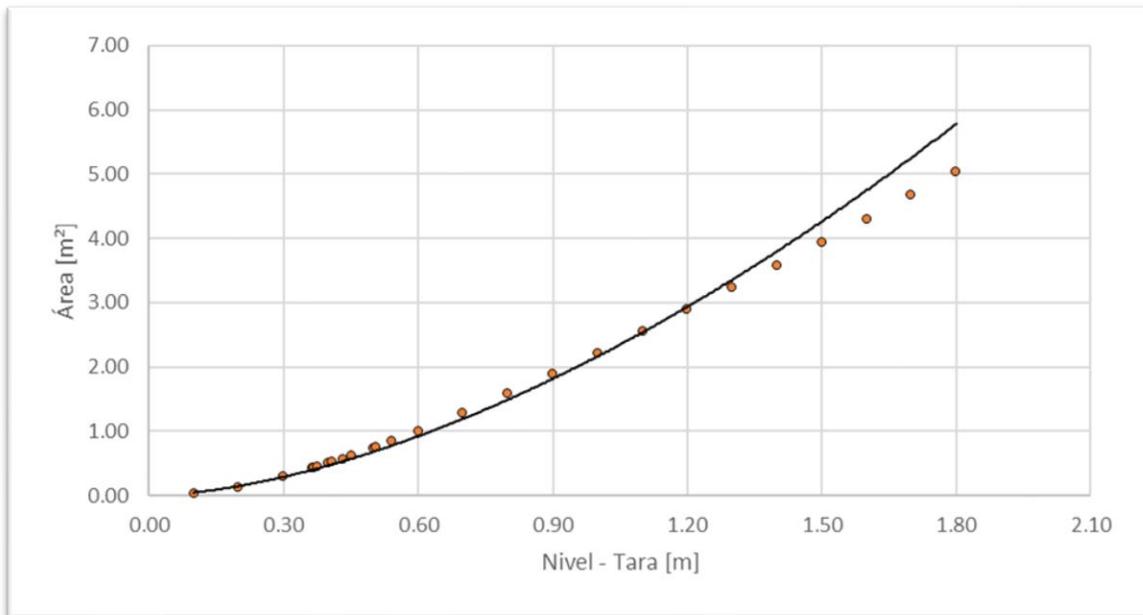


Figura 18. Nivel vs área, Quebrada Guayabal - Recinto del pensamiento

2.6 Quebrada Tesorito

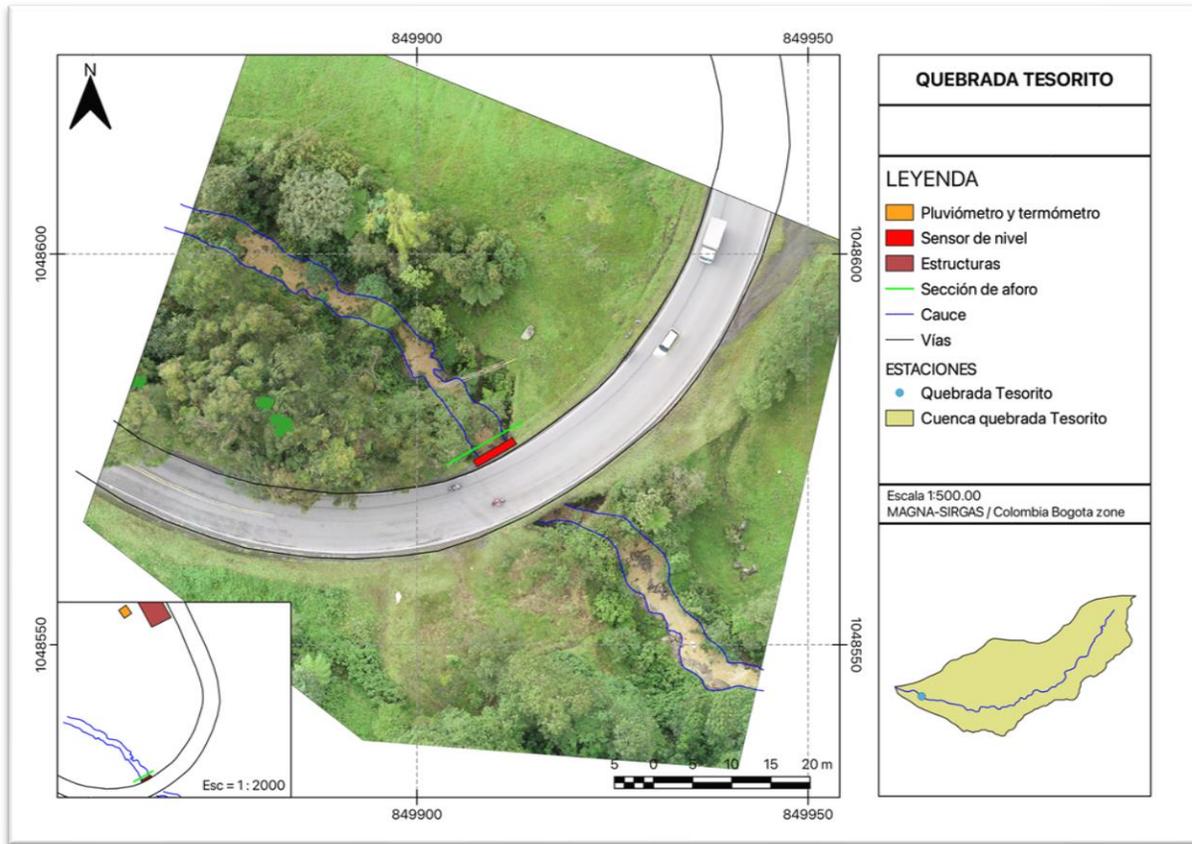


Figura 19. Vista en planta, quebrada Tesorito.

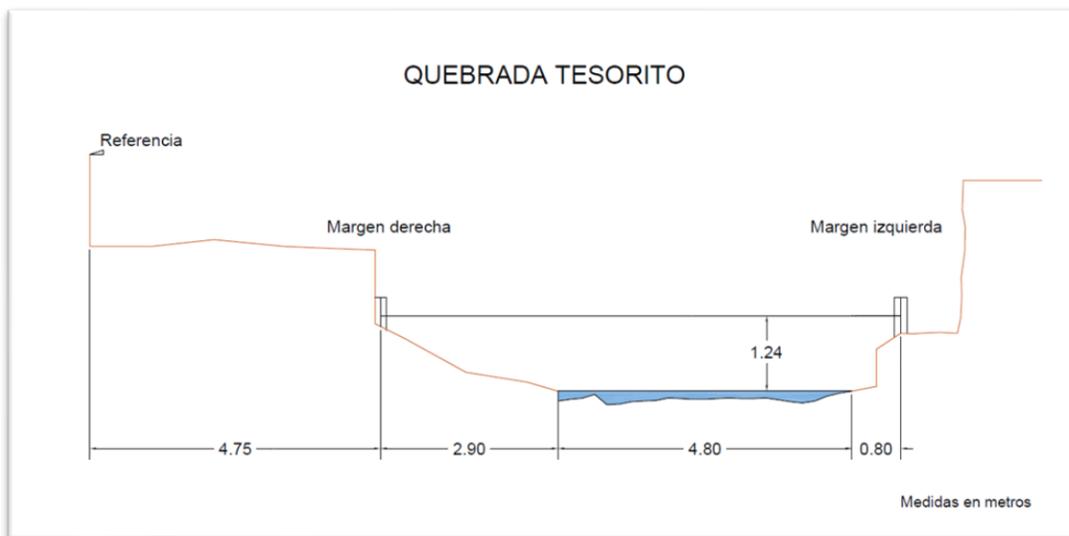


Figura 20. Sección transversal, Quebrada Tesorito, con medidas hechas en un cierto momento.

Tabla 4. Resumen de resultados, Quebrada Tesorito

ESTACIÓN		QUEBRADA TESORITO								
LATITUD	N 5° 2' 3.76"	LONGITUD	W 75° 25' 53.77"	ELEVACIÓN (msnm)	2295					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
6/11/2017	0.115	3.600	0.200	3.670	4.910	2.232	0.427	0.304	0.130	0.024
11/12/2017	0.141	6.000	0.400	6.090	4.804	2.219*	0.520	0.646	0.336	0.199
11/01/2018	0.155	5.600	0.400	5.670	4.880	2.141	0.332	0.561	0.186	0.106
23/02/2018	0.210	4.800	0.400	5.080	4.840	2.196	0.390	0.650	0.253	0.086
8/05/2019	0.261	3.800	0.300	4.230	3.980	2.303	0.246	0.608	0.150	0.167
28/06/2019	0.228	3.600	0.300	4.020	5.040	2.290	0.260	0.450	0.117	0.091
22/07/2019	0.214	3.200	0.300	3.470	5.120	2.270	0.190	0.554	0.105	0.112
18/07/2022	0.225	2.950	0.295	3.143	5.510	2.168	0.356	0.317	0.113	0.031
30/01/2023	0.280	3.500	0.350	3.710	5.420	2.204	0.538	0.522	0.281	0.161
7/09/2023	0.185	2.240	0.224	2.296	5.940	2.150	0.380	0.272	0.103	0.037

*Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo.

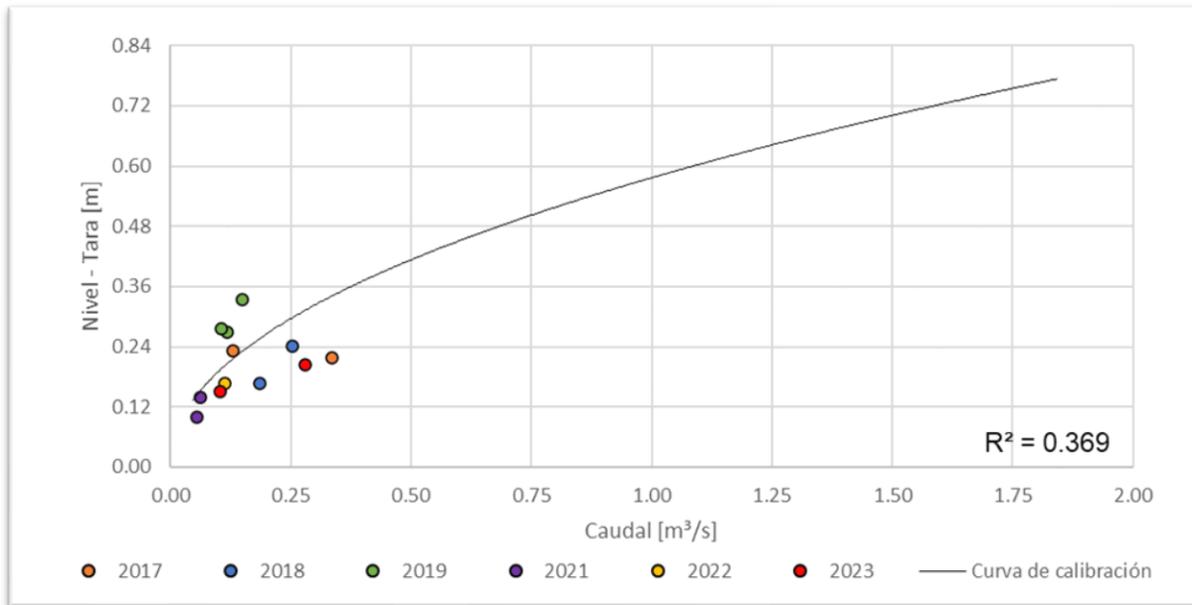


Figura 21. Curva nivel vs caudal, Quebrada Tesorito.

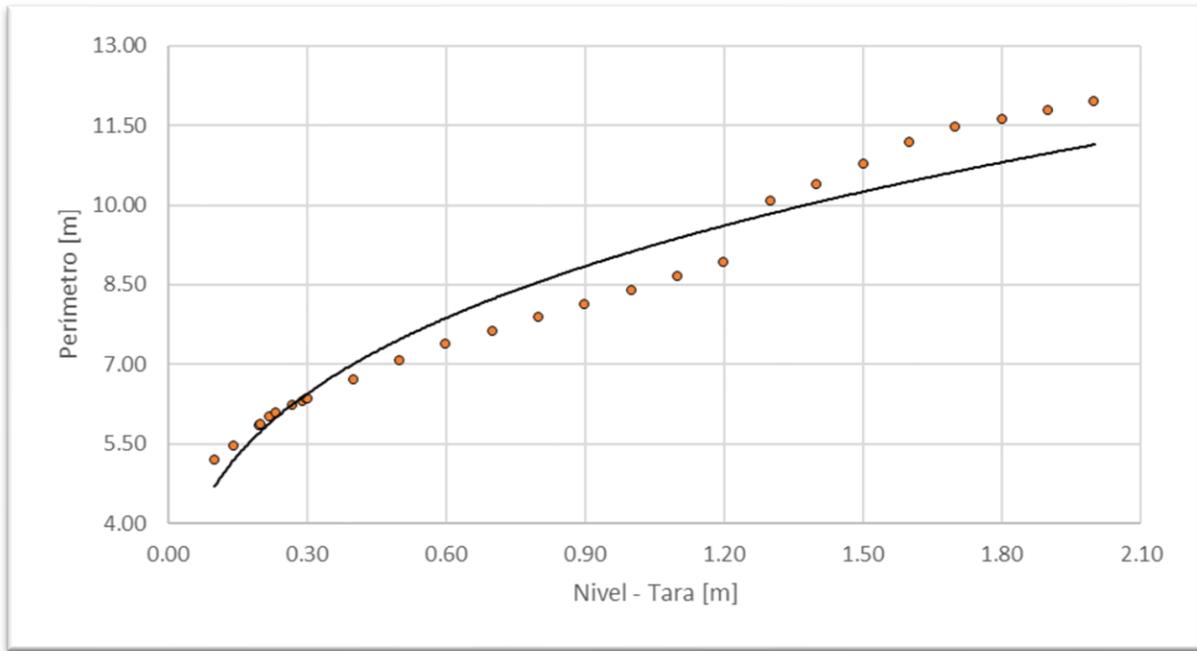


Figura 22. Nivel vs perímetro, Quebrada Tesorito.

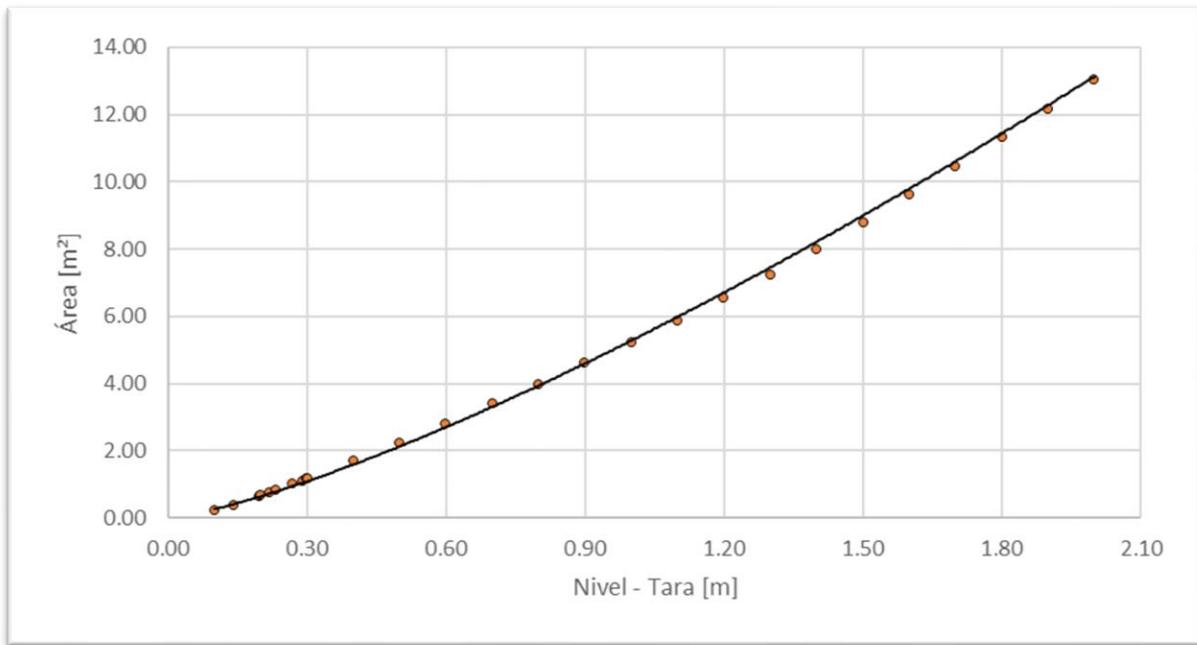


Figura 23. Nivel vs área, Quebrada Tesorito.

2.7 Quebrada Manizales - Maltería

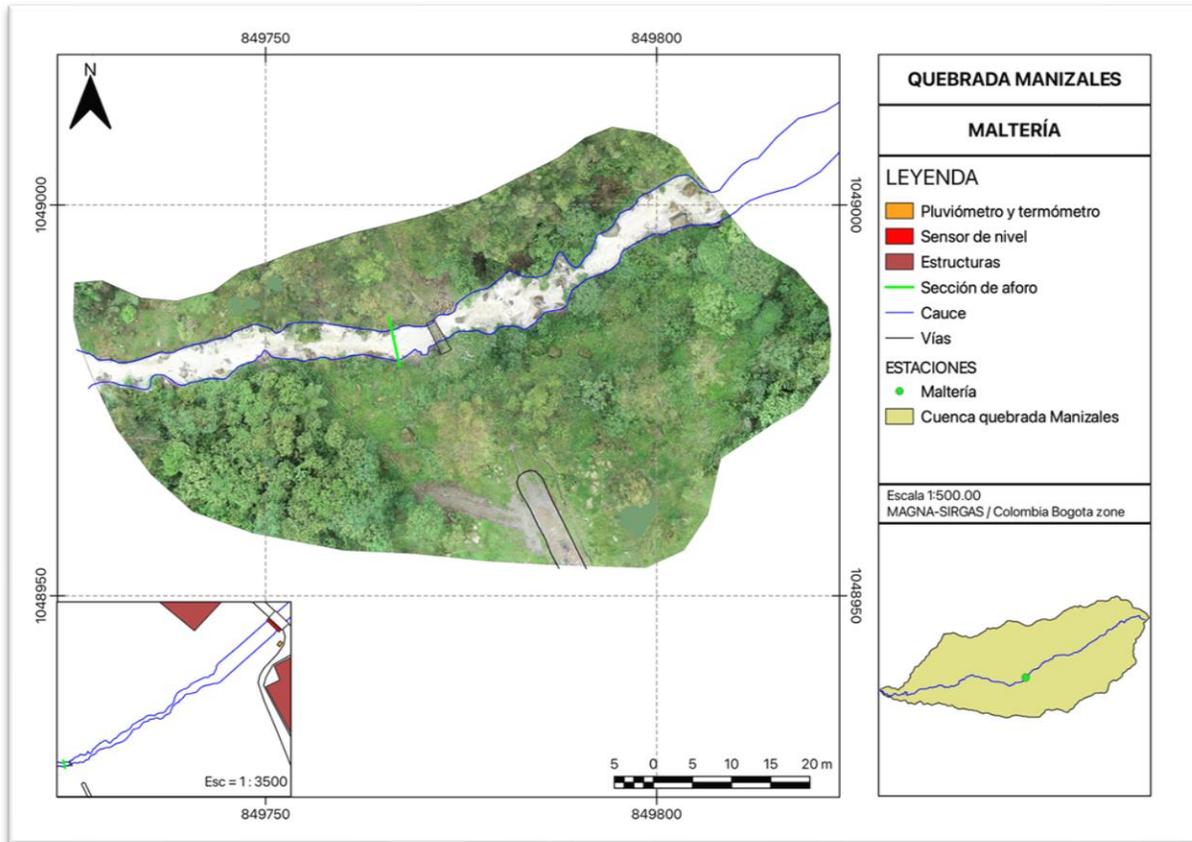


Figura 24. Vista en planta, Quebrada Manizales – Maltería.

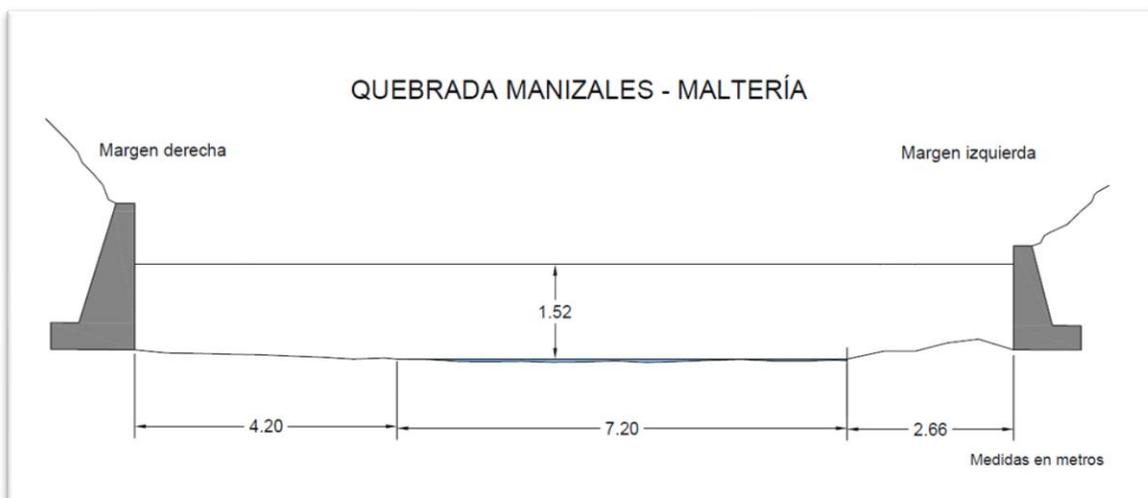


Figura 25. Sección transversal, Quebrada Manizales – Maltería, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 5. Resumen de resultados, Quebrada Manizales – Maltería

ESTACIÓN		QUEBRADA MANIZALES – MALTERÍA								
LATITUD	N 5° 2' 18.8"	LONGITUD	W 75° 25' 49.35"	ELEVACIÓN (msnm)	2267					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
9/06/2017	0.068	7.500	1.000	7.510	6.740	2.135	0.401	0.431	0.173	0.037
12/07/2017	0.140	7.820	0.500	7.860	6.750	2.129	0.314	0.472	0.148	0.044
2/08/2017	0.075	7.000	0.500	7.030	6.770	2.120	0.242	0.385	0.093	0.069
13/10/2017	0.078	7.200	0.500	7.210	6.840	2.106	0.174	0.347	0.060	0.060
13/12/2017	0.366	3.700	0.300	4.070	6.700	2.149	0.413	0.741	0.306	0.039
17/12/2017	0.412	3.900	0.320	4.250	6.400	2.164	0.445	0.966	0.430	0.100
22/05/2019	0.459	4.500	0.380	4.970	6.620	2.149	0.303	1.232	0.373	0.107
28/06/2019	0.375	4.290	0.400	4.470	6.690	2.137	0.282	0.877	0.248	0.029
29/06/2019	0.375	4.290	0.400	4.470	6.690	2.125	0.282	0.877	0.248	0.070
20/04/2021	0.395	3.500	0.300	3.820	6.680	2.130	0.197	0.539	0.106	0.088
29/09/2021	0.440	4.140	0.400	4.400	6.559	2.121	0.157	0.859	0.135	0.030
18/07/2022	0.285	4.300	0.430	4.420	6.540	2.140	0.428	0.576	0.247	0.016
30/01/2023	0.370	3.100	0.310	3.358	6.500	2.137	0.958	0.533	0.511	0.292
7/09/2023	0.340	3.000	0.300	3.250	6.550	2.116	0.272	0.534	0.145	0.005

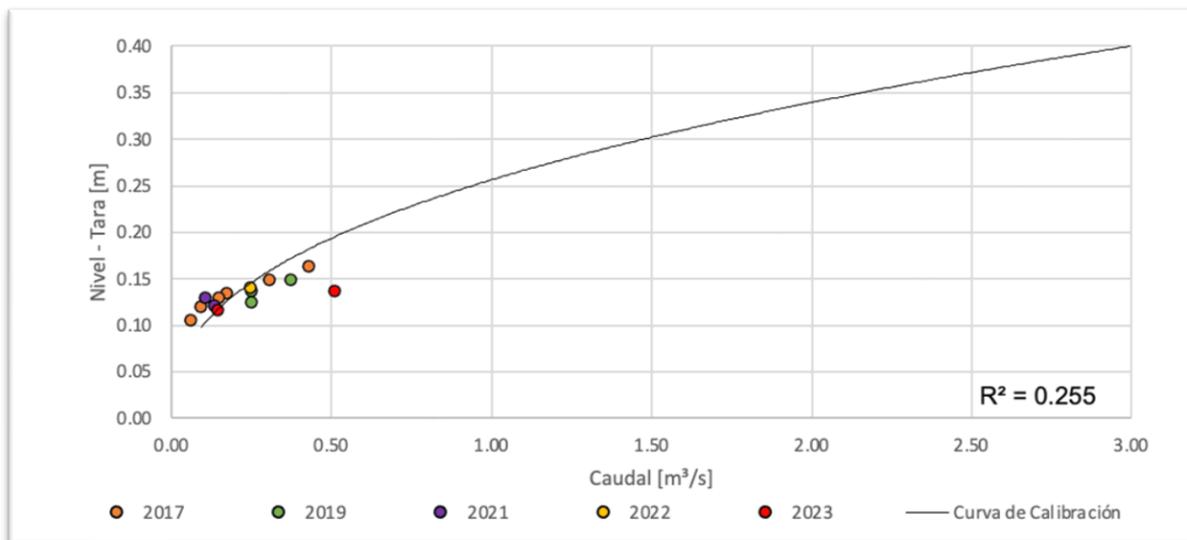


Figura 26. Curva nivel vs caudal, Quebrada Manizales – Maltería

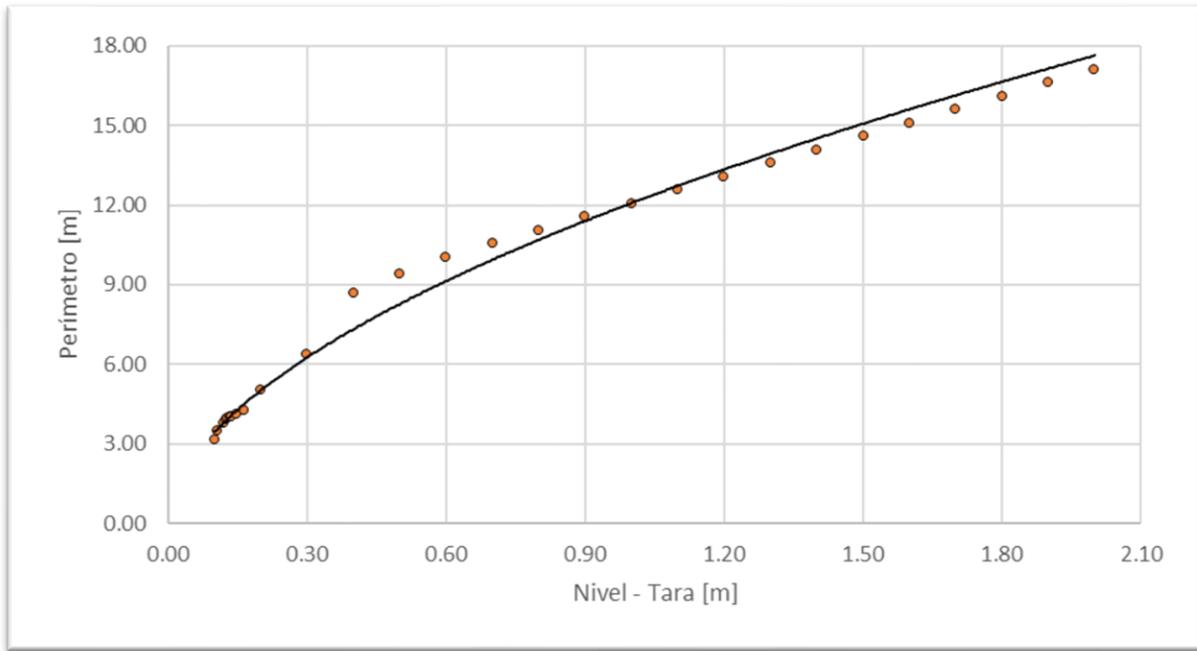


Figura 27. Nivel vs Perímetro, Quebrada Manizales – Maltería

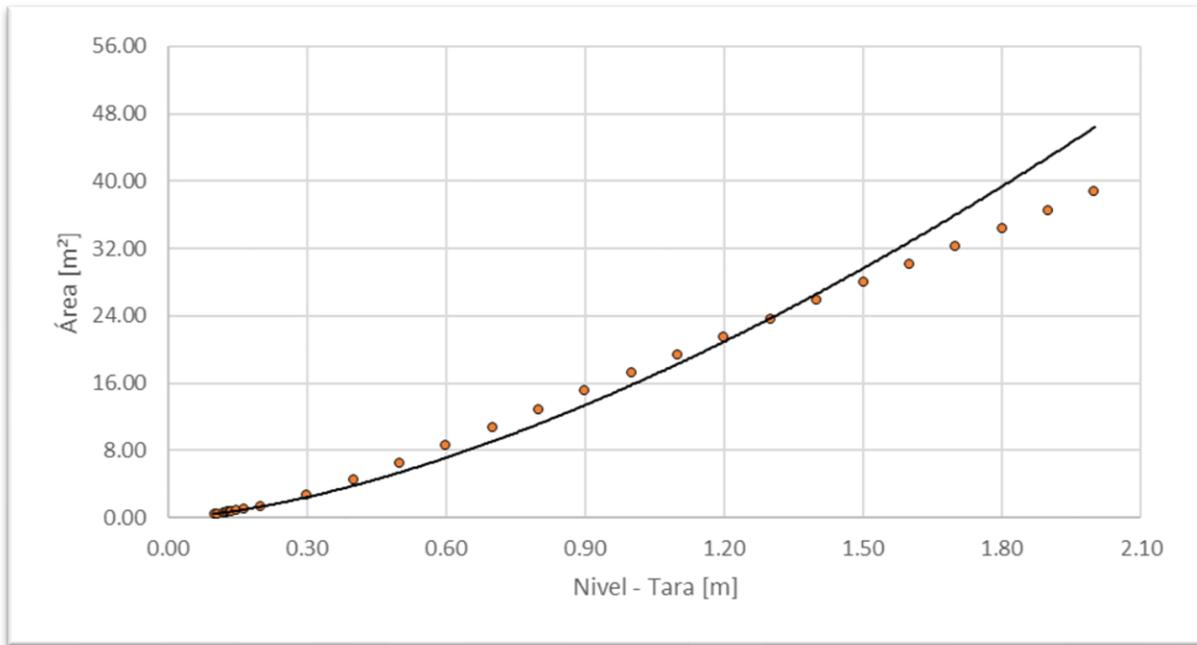


Figura 28. Nivel vs área, Quebrada Manizales – Maltería

2.8 Quebrada El Bohío



Figura 29. Vista en planta, Quebrada El Bohío.

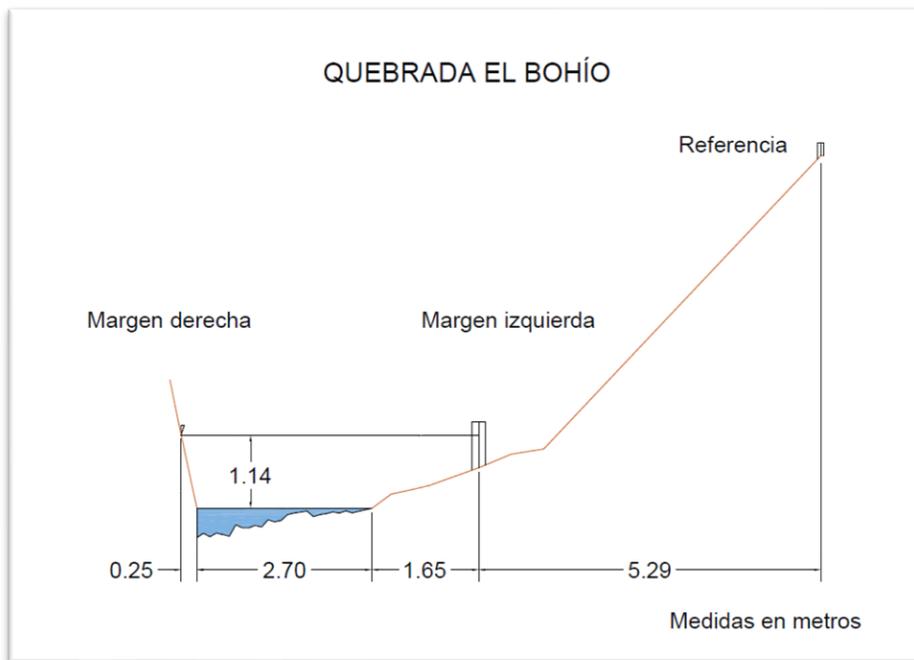


Figura 30. Sección transversal, Quebrada El Bohío, con medidas hechas en un cierto momento.

Tabla 6. Resumen de resultados, Quebrada El Bohío

ESTACIÓN QUEBRADA EL BOHÍO - VEREDA EL ÁGUILA										
LATITUD	N 5° 6' 42.95"			LONGITUD	W 75° 30' 40.4"			ELEVACIÓN (msnm)	1690	
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
9/11/2017	0.223	2.200	0.200	2.493	13.700	3.220	0.303	0.259	0.079	0.063
15/12/2017	0.303	1.950	0.200	2.380	13.140	3.420	0.338	0.346	0.117	0.081
10/01/2018	0.390	2.200	0.200	2.440	13.300	3.160	0.237	0.449	0.107	0.020
24/02/2018	0.263	2.700	0.200	3.480	12.900	3.124*	0.935	0.531	0.497	0.378
11/05/2019	0.360	2.560	0.220	3.014	13.050	3.250	0.438	0.340	0.149	0.001
3/07/2019	0.310	2.500	0.220	2.930	13.100	2.720	0.279	0.341	0.095	0.051
25/07/2019	0.230	1.780	0.180	2.040	11.790	2.880	0.188	0.217	0.041	0.028
6/04/2021	0.305	2.850	0.300	3.220	11.790	3.057	0.248	0.370	0.133	0.030
5/09/2021	0.353	3.120	0.300	3.610	11.680	3.465**	0.544	0.490	0.267	0.055
18/07/2022	0.175	2.280	0.228	2.426	12.000	2.806	0.418	0.283	0.118	0.061
28/01/2023	0.400	2.700	0.270	3.104	12.200	2.834*	0.434	0.510	0.221	0.160
5/09/2023	0.090	2.200	0.220	2.238	12.100	2.934**	0.271	0.198	0.054	0.025

*Nivel de sensor inconsistente respecto al caudal medido en campo. ** Estación sin medida del sensor durante los días de aforos, niveles tomados con base en la altura desde el sensor hasta la superficie del agua

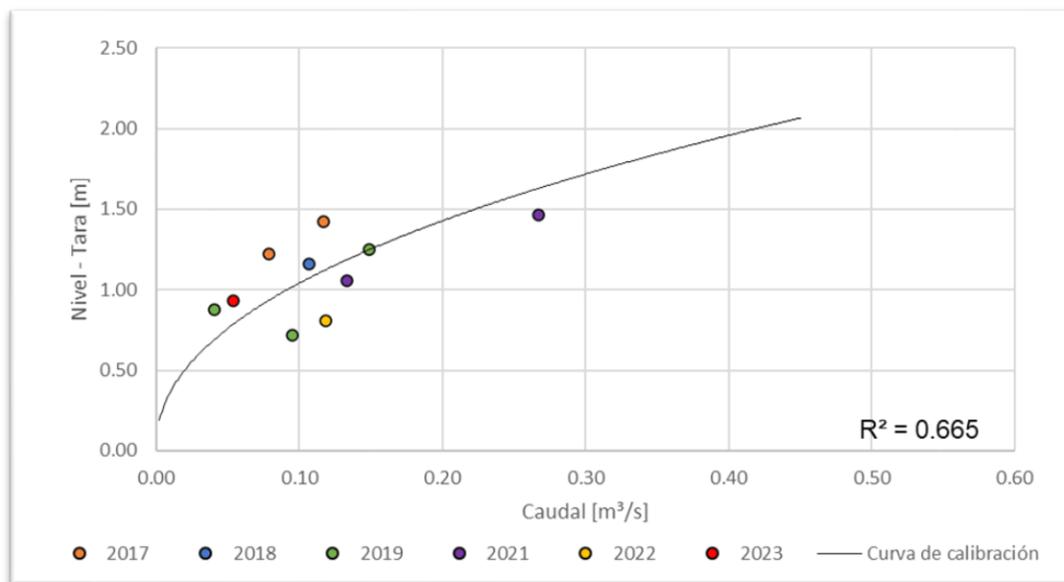


Figura 31. Curva nivel vs caudal, Quebrada El Bohío.

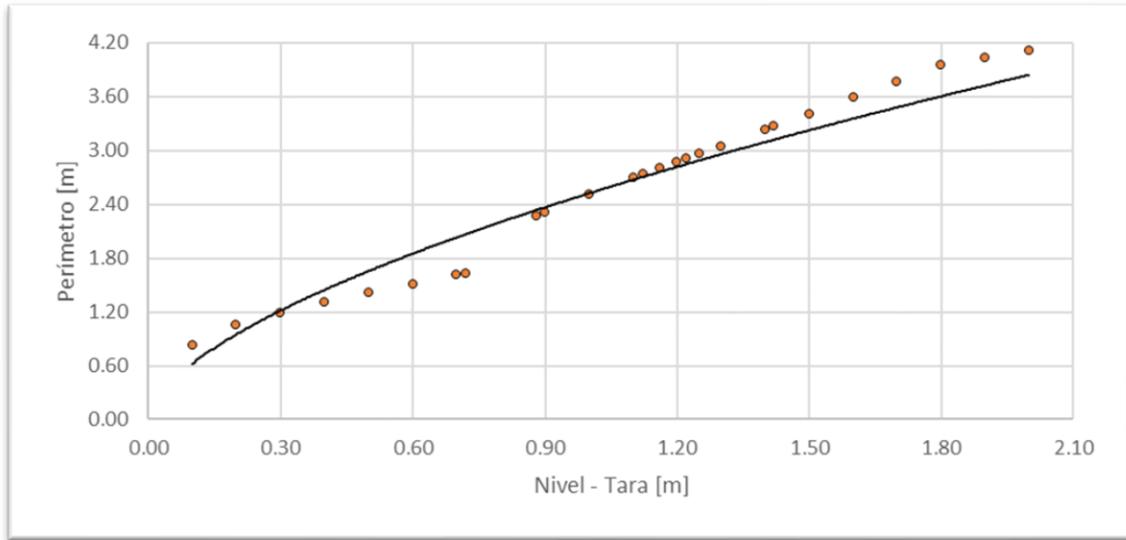


Figura 32. Nivel vs perímetro, Quebrada El Bohío.

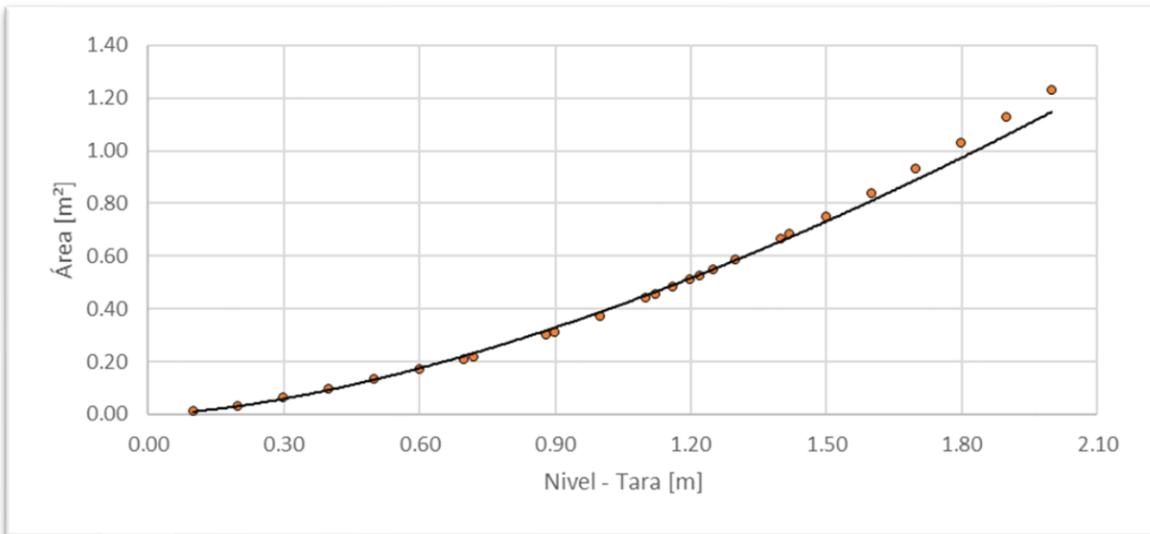


Figura 33. Nivel vs área, Quebrada El Bohío.

2.9 Quebrada El Guamo – CDI San Sebastián

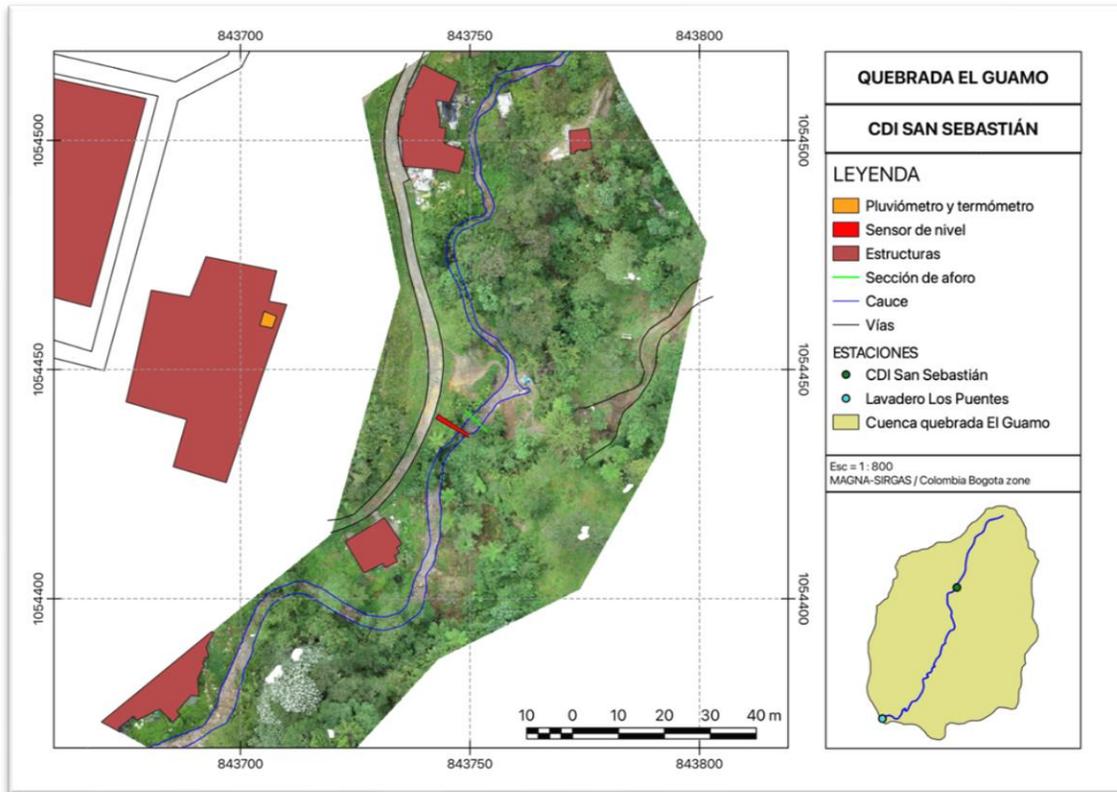


Figura 34. Vista en planta, Quebrada El Guamo - CDI San Sebastián.

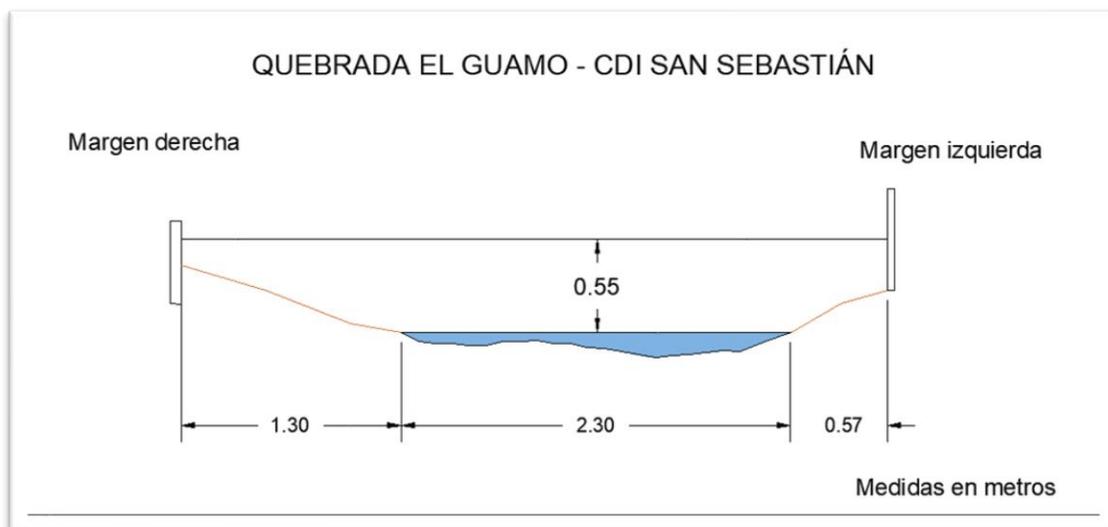


Figura 35. Sección transversal, Quebrada el Guamo - CDI San Sebastián, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 7. Resumen de resultados, Quebrada el Guamo - CDI San Sebastián

ESTACIÓN		QUEBRADA EL GUAMO - CDI SAN SEBASTIÁN								
LATITUD	N 5° 5' 23.76"	LONGITUD	W 75° 29' 23.46"	ELEVACIÓN (msnm)	2120					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
9/05/2017	0.165	2.500	0.300	2.580	12.620	2.130	0.353	0.319	0.113	0.053
19/05/2017	0.171	3.000	0.300	3.060	12.550	2.056*	0.382	0.418	0.160	0.151
30/06/2017	0.145	2.300	0.260	2.340	12.630	2.135	0.278	0.232	0.065	0.001
19/07/2017	0.100	2.200	0.240	2.240	12.710	2.063	0.034	0.154	0.005	0.006
27/07/2017	0.102	2.300	0.200	2.310	12.690	2.074	0.176	0.140	0.025	0.008
10/08/2017	0.095	2.240	0.200	2.350	12.650	2.120	0.181	0.150	0.027	0.023
12/12/2017	0.151	2.300	0.200	2.310	12.580	2.141	0.349	0.189	0.066	0.006
14/05/2019	0.115	2.730	0.260	2.780	12.740	2.064	0.039	0.208	0.008	0.004
20/07/2019	0.140	2.980	0.200	3.100	12.700	2.070	0.035	0.302	0.011	0.004
30/03/2021	0.130	2.400	0.300	2.480	12.600	2.158	0.315	0.196	0.062	0.031
15/09/2021	0.085	2.200	0.200	2.240	12.650	2.084**	0.324	0.092	0.030	0.008
11/07/2022	0.152	1.850	0.185	1.883	12.800	2.355	0.249	0.147	0.037	0.552
31/01/2023	0.100	2.000	0.200	2.048	12.900	2.300	0.356	0.128	0.046	0.354
4/09/2023	0.070	1.500	0.150	1.520	12.000	2.775*	0.173	0.078	0.014	3.449

*Nivel de sensor inconsistente respecto al caudal medido en campo. ** Estación sin medida del sensor durante los días de aforos, niveles tomados en base a la altura desde el sensor a la superficie del agua

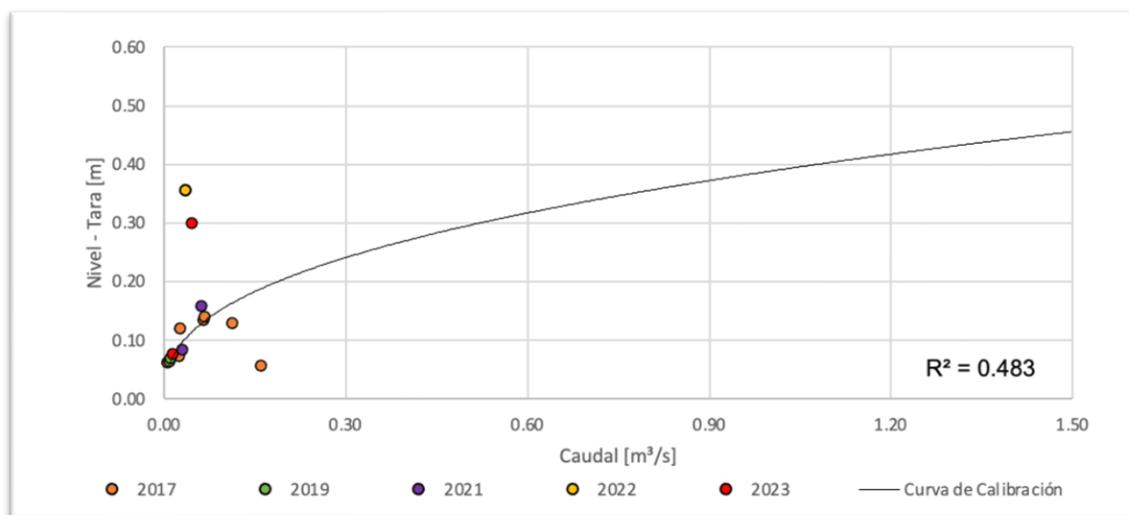


Figura 36. Curva nivel vs caudal, Quebrada el Guamo - CDI San Sebastián

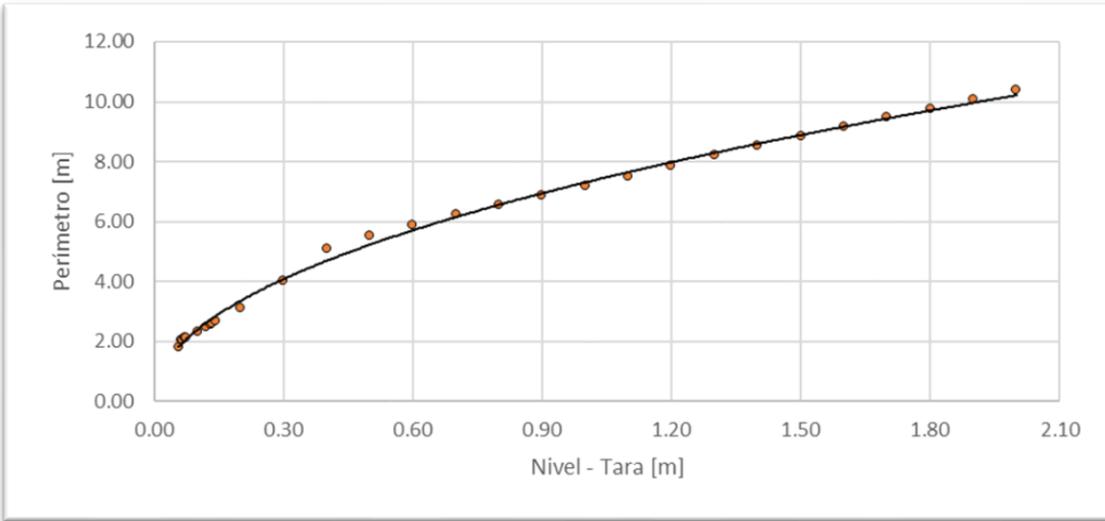


Figura 37. Nivel vs perímetro, Quebrada el Guamo - CDI San Sebastián

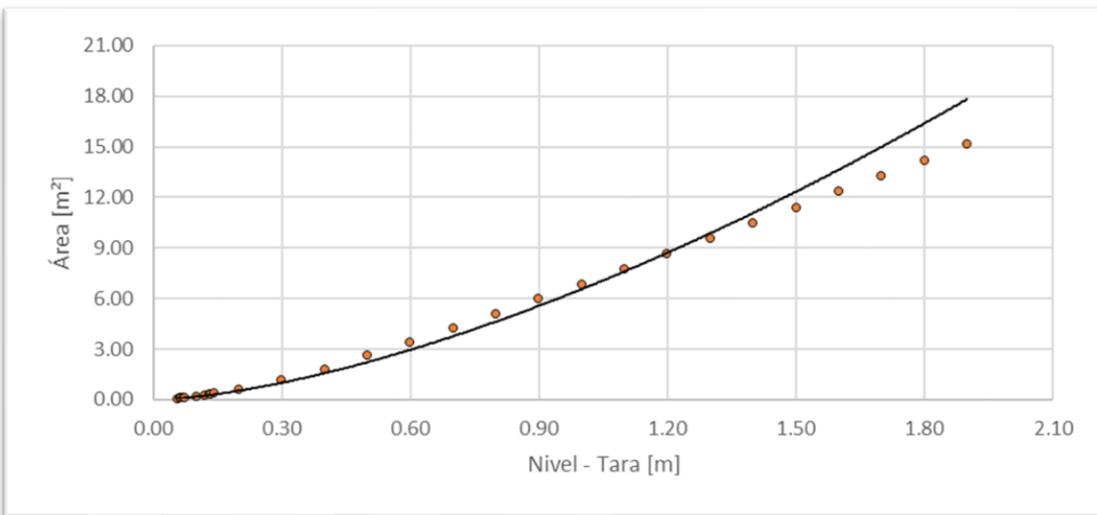


Figura 38. Nivel vs área, Quebrada el Guamo - CDI San Sebastián

2.10 Quebrada El Guamo – Lavadero Los Puentes

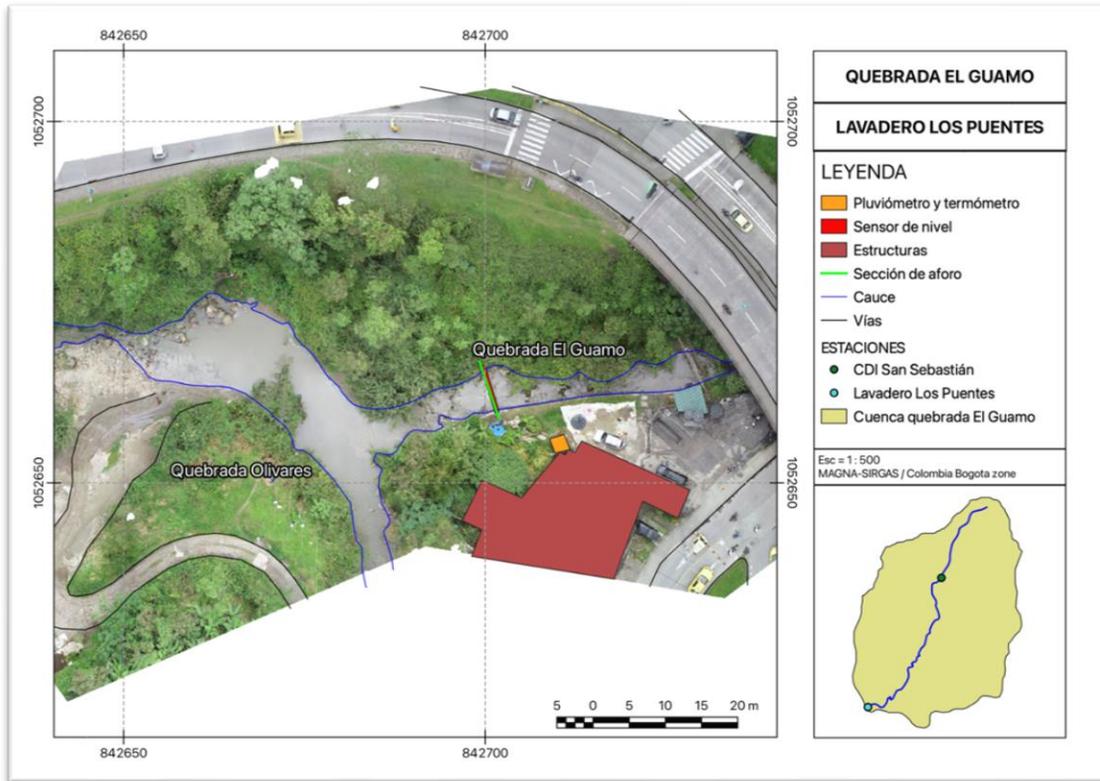


Figura 39. Vista en planta, Quebrada el Guamo - Lavadero Los Puentes.

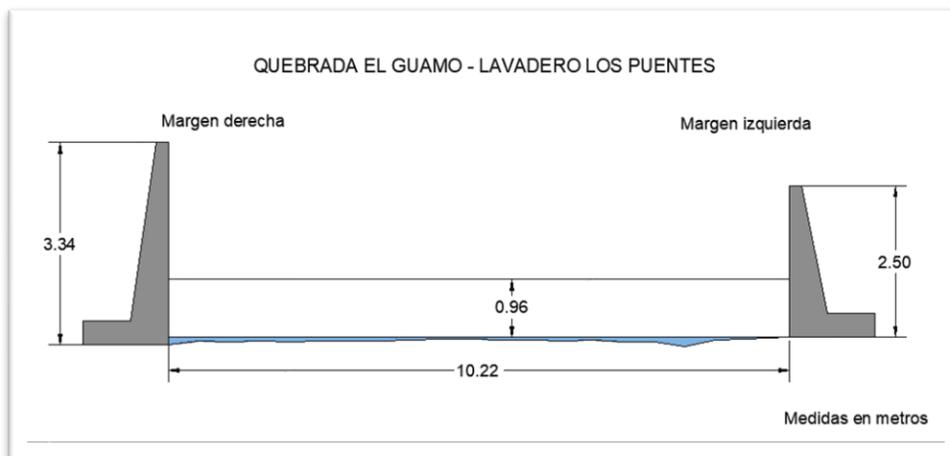


Figura 40. Sección transversal, Quebrada el Guamo - Lavadero Los Puentes, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 8. Resumen de resultados, Quebrada el Guamo - Lavadero Los Puentes

ESTACIÓN		QUEBRADA EL GUAMO - LAVADERO LOS PUENTES								
LATITUD	N 5° 4' 15.08"	LONGITUD	W 75° 29' 54.96"	ELEVACIÓN (msnm)	2043					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	SECCIÓN DE AFORO				SENSOR		RESULTADOS			
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
5/05/2017	0.155	10.220	1.000	10.340	5.320	2.596	0.449	0.787	0.353	0.108
18/05/2017	0.167	10.220	1.000	10.350	5.210	2.706	0.583	0.893	0.521	0.210
20/06/2017	0.160	10.220	1.000	10.380	5.450	2.368	0.438	0.677	0.297	0.085
4/07/2017	0.134	10.220	1.000	10.330	5.520	2.324	0.340	0.661	0.225	0.073
27/07/2017	0.145	9.000	1.000	9.110	5.680	2.305	0.347	0.507	0.176	0.047
10/08/2017	0.148	10.220	1.000	10.370	5.720	2.296	0.326	0.524	0.171	0.051
30/03/2021	0.145	9.500	1.000	9.640	5.250	2.620	0.482	0.953	0.460	0.372
15/09/2021	0.106	9.500	0.900	9.360	5.210	2.640*	0.438	0.494	0.217	0.688
11/07/2022	0.077	5.200	0.520	5.210	5.200	2.601	0.791	0.303	0.240	0.529
31/01/2023	0.100	5.200	0.520	5.278	4.980	2.128	0.959	0.305	0.293	0.279
4/09/2023	0.060	5.120	0.512	5.127	5.040	2.088	0.561	0.194	0.109	0.104

*Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo.

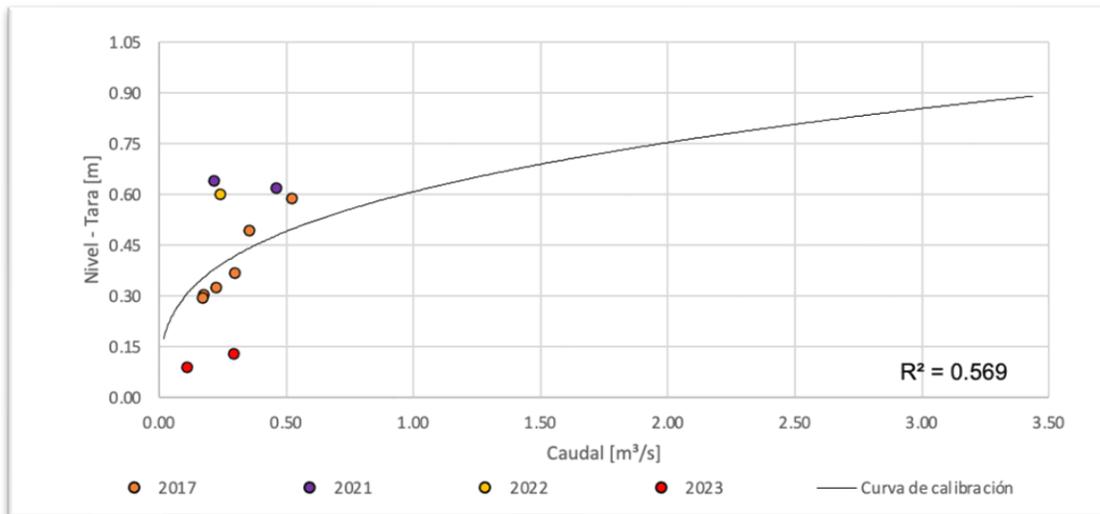


Figura 41. Curva nivel vs caudal, Quebrada el Guamo - Lavadero los Puentes

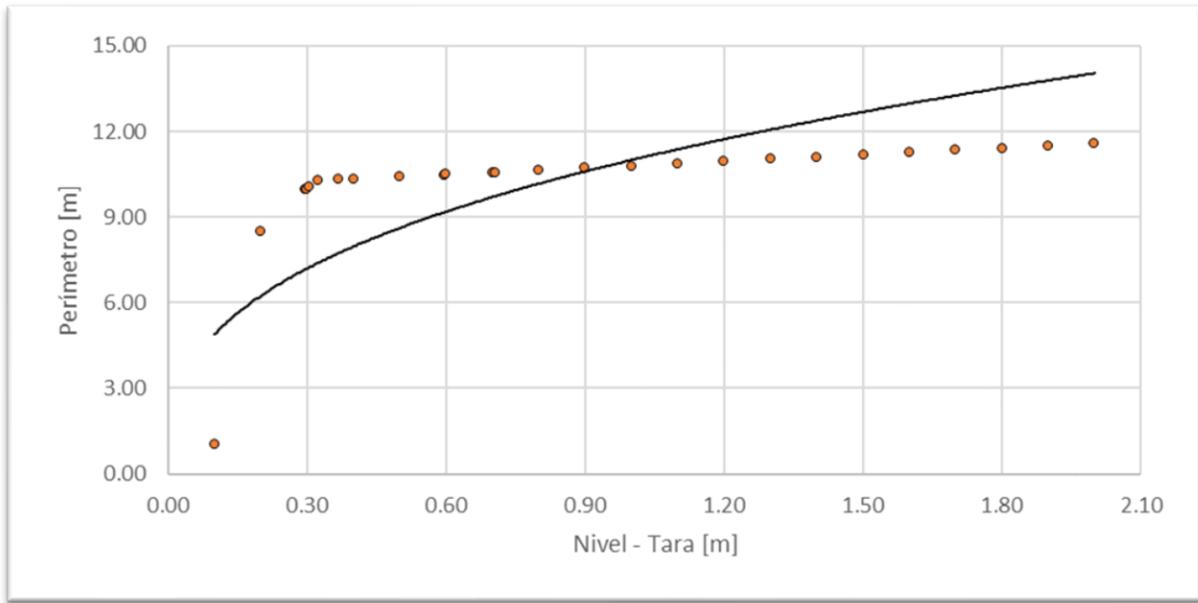


Figura 42. Nivel vs perímetro, Quebrada el Guamo - Lavadero Los Puentes

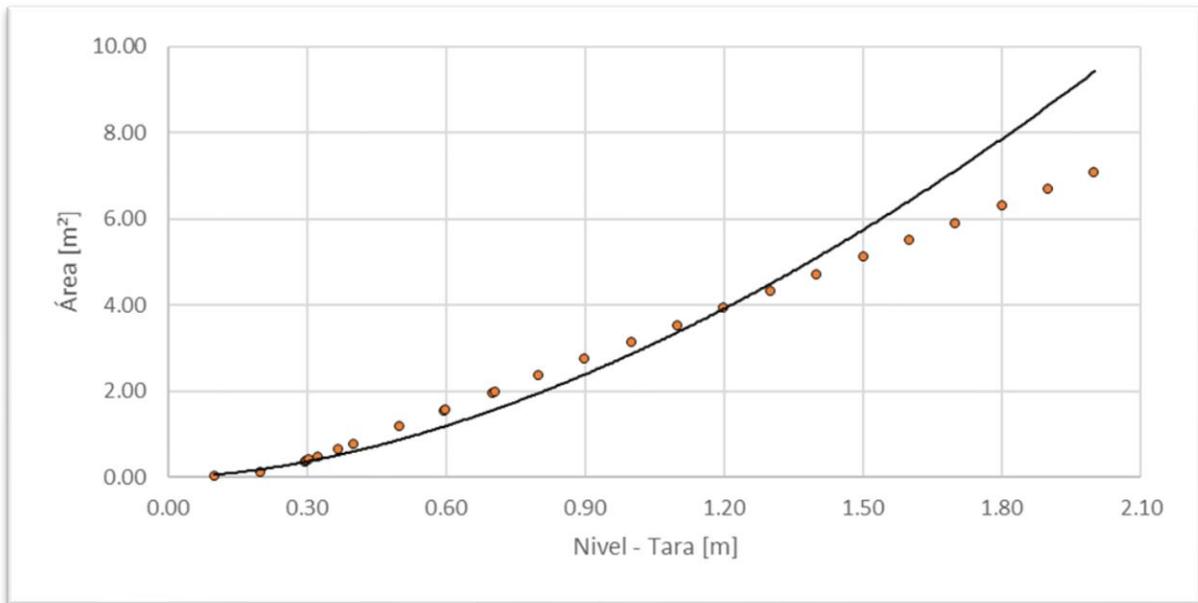


Figura 43. Nivel vs área, Quebrada El Guamo - Lavadero Los Puentes

2.11 Quebrada Salinas – Relleno Sanitario EMAS

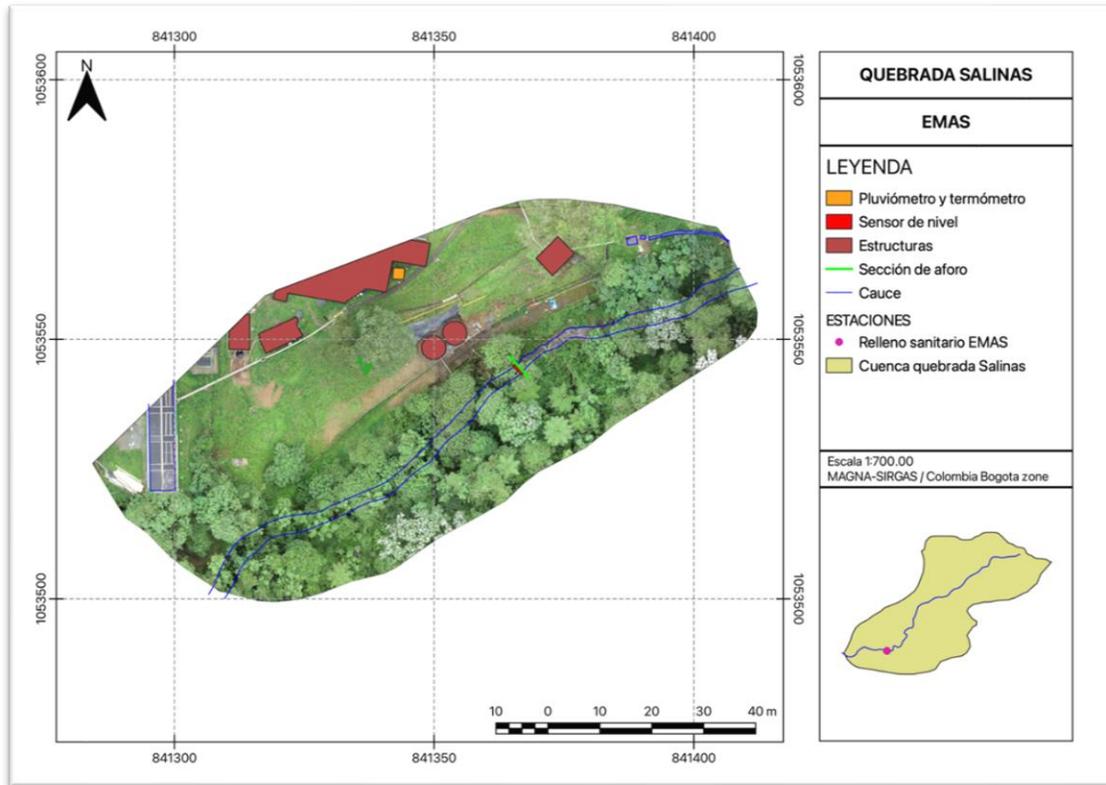


Figura 44. Vista en planta, Quebrada Salinas - Relleno sanitario EMAS.

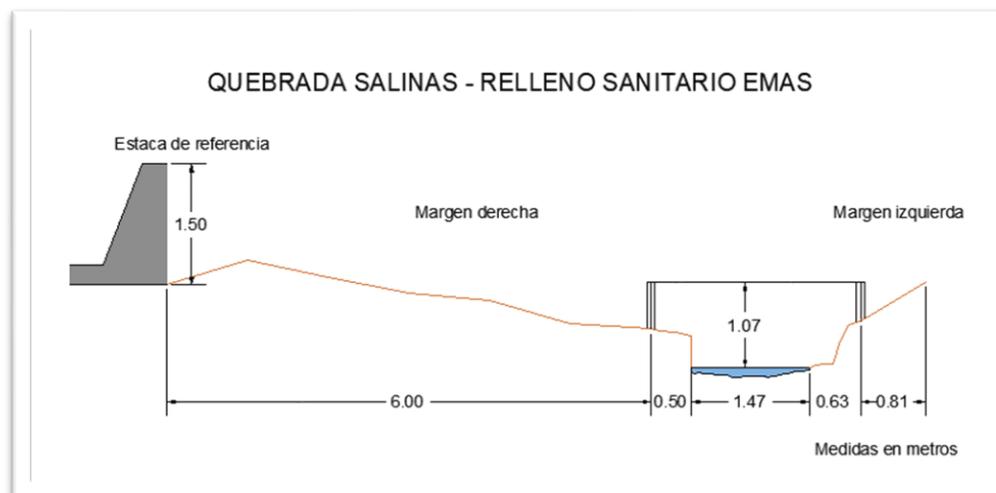


Figura 45. Sección transversal, Quebrada Salinas - Relleno sanitario EMAS, con medidas hechas en un cierto momento.

Tabla 9. Resumen de resultados, Quebrada Salinas - Relleno sanitario EMAS

ESTACIÓN		QUEBRADA SALINAS - RELLENO SANITARIO EMAS										
LATITUD	N 5° 4' 43.49"	LONGITUD	W 75° 30' 32.37"	ELEVACIÓN (msnm)	2020	GENERAL SECCIÓN DE AFORO			DATOS DEL SENSOR		RESULTADOS	
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal		
23/11/2017	0.106	1.450	0.100	1.540	8.620	2.151	0.262	0.125	0.033	0.004		
7/12/2017	0.104	1.400	0.100	1.550	8.690	2.135	0.172	0.116	0.020	0.003		
6/01/2018	0.068	1.400	0.100	1.520	8.800	2.146	0.250	0.074	0.019	0.008		
28/02/2018	0.111	1.470	0.100	1.580	8.500	2.171	0.328	0.117	0.038	0.003		
3/07/2019	0.170	1.600	0.400	1.650	8.510	2.222*	0.068	0.167	0.011	0.044		
30/07/2019	0.213	1.840	0.120	2.020	8.730	2.220	0.193	0.281	0.054	0.001		
29/08/2019	0.115	1.610	0.120	1.670	8.820	2.138	0.230	0.131	0.030	0.006		
20/04/2021	0.111	1.000	0.100	1.100	8.650	2.278	0.113	0.076	0.090	0.007		
6/10/2021	0.104	1.100	0.100	1.240	8.625	2.223*	0.107	0.082	0.009	0.047		
15/07/2022	0.148	1.400	0.140	1.490	8.500	2.227	0.184	0.123	0.023	0.015		
27/03/2023	0.190	1.900	0.190	2.099	8.550	2.212	0.283	0.205	0.058	0.026		
5/09/2023	0.096	1.200	0.120	1.241	8.500	2.202	0.109	0.053	0.006	0.041		

*Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo.

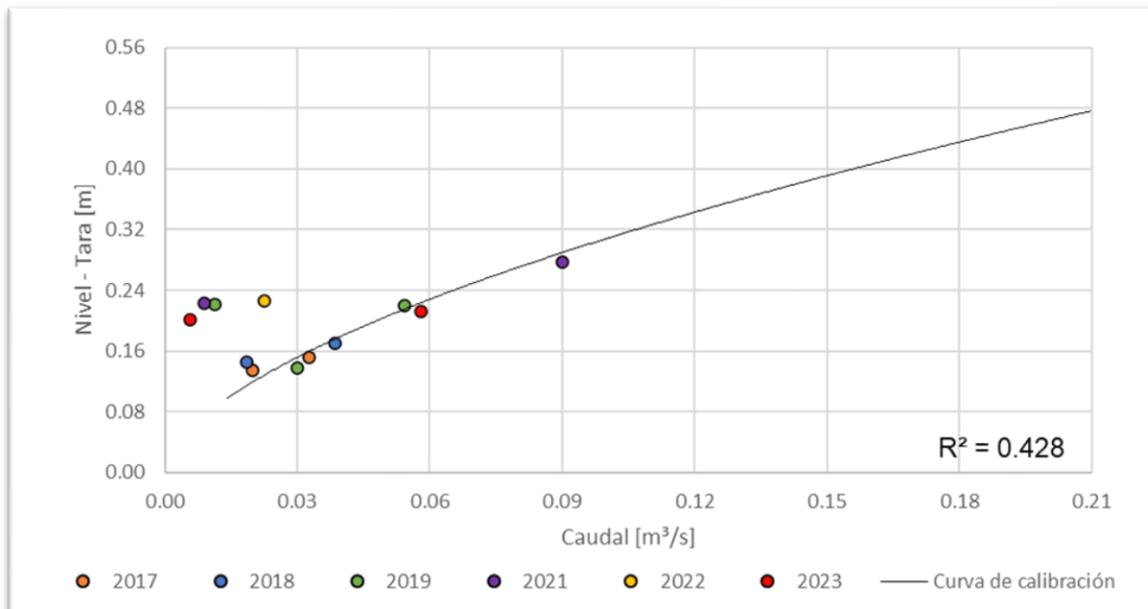


Figura 46. Curva nivel vs caudal, Quebrada Salinas - Relleno sanitario EMAS

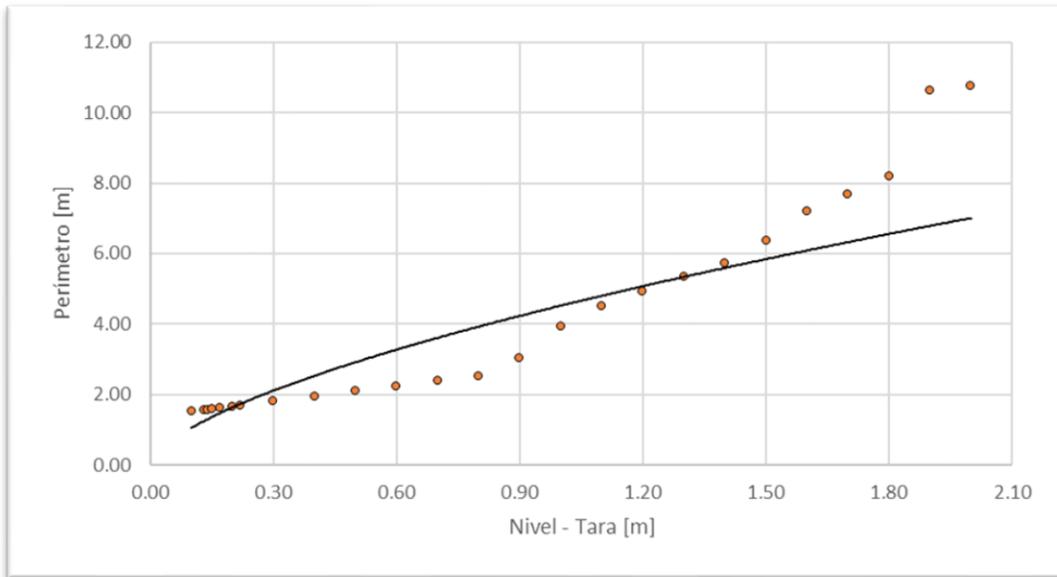


Figura 47. Nivel vs perímetro, Quebrada Salinas - Relleno sanitario EMAS

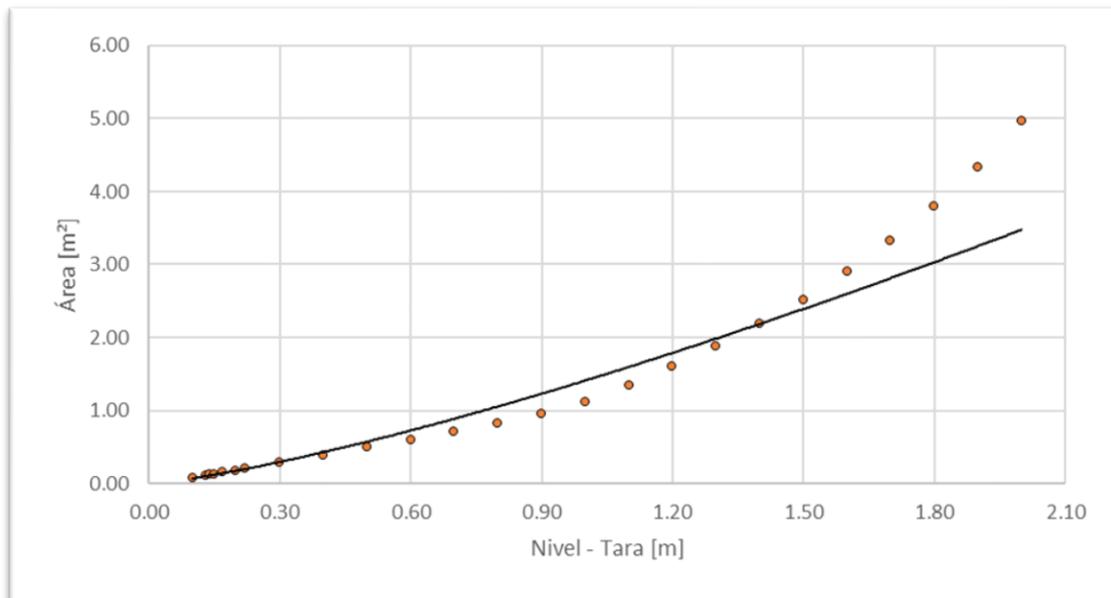


Figura 48. Nivel vs área, Quebrada Salinas - Relleno sanitario EMAS

2.12 Quebrada El Triunfo – Mirador de Villapilar

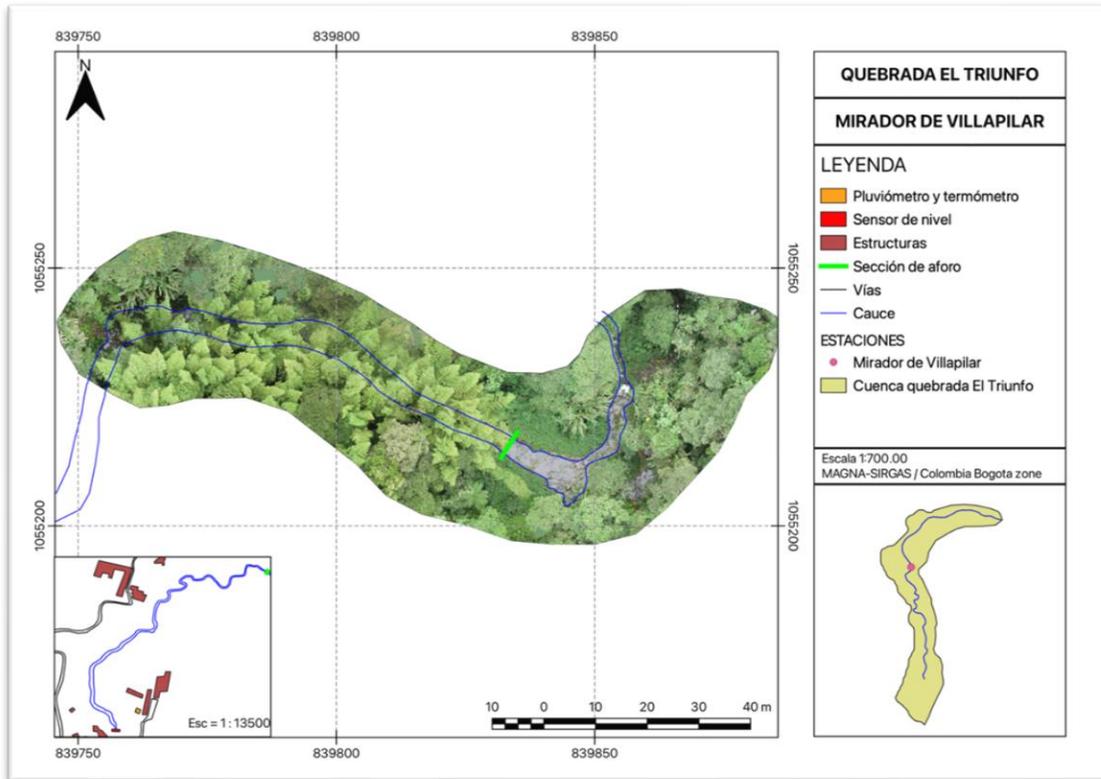


Figura 49. Vista en planta, Quebrada El Triunfo - Mirador de Villapilar.

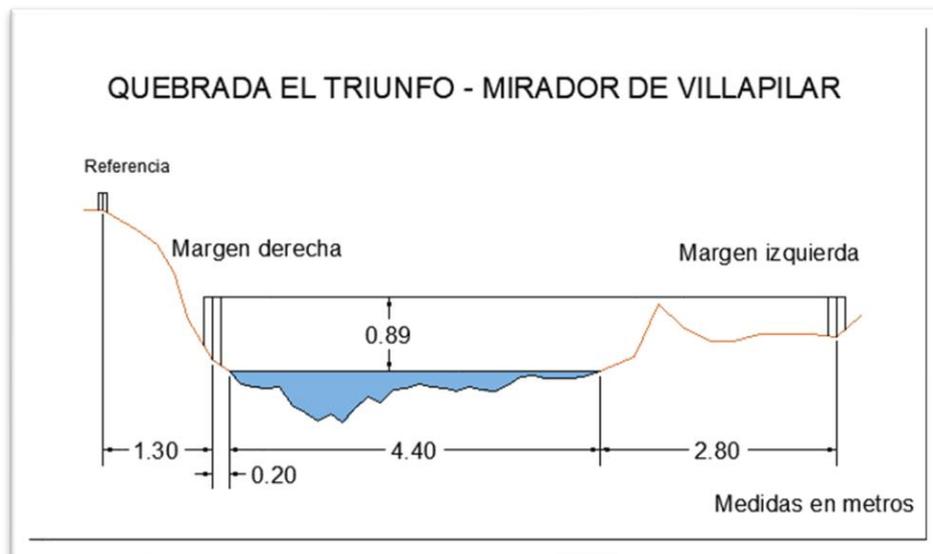


Figura 50. Sección transversal, Quebrada El Triunfo - Mirador de Villapilar, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 10. Resumen de resultados, Quebrada el Triunfo - Mirador de Villapilar

ESTACIÓN		QUEBRADA EL TRIUNFO - MIRADOR DE VILLAPILAR								
LATITUD	N 5° 5' 20.93"	LONGITUD	W 75° 31' 34.25"	ELEVACIÓN (msnm)	2046					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
14/11/2017	0.443	5.000	0.500	5.441	10.420	0.039	0.057	1.050	0.060	0.053
12/12/2017	0.379	3.300	0.300	3.740	10.400	0.060	0.116	0.797	0.092	0.073
6/01/2018	0.528	4.700	0.300	5.523	10.370	0.033*	0.092	1.188	0.109	0.104
28/02/2018	0.600	4.400	0.300	4.980	10.500	0.059	0.039	1.004	0.039	0.020
22/05/2019	0.487	4.600	0.420	5.800	10.550	0.109	0.113	0.979	0.111	0.023
4/08/2019	0.386	4.200	0.350	4.640	10.600	0.159	0.076	0.734	0.056	0.170
14/04/2021	0.243	4.400	0.440	4.720	1.450	0.100	0.107	0.682	0.073	0.002
16/09/2021	0.258	4.840	0.400	5.100	1.466	0.084	0.077	0.632	0.048	0.002
11/07/2022	0.231	1.680	0.168	1.875	1.520	0.031	0.196	0.221	0.043	0.040
30/01/2023	0.310	2.500	0.250	2.854	1.507	0.042	0.185	0.417	0.077	0.069
5/09/2023	0.300	3.200	0.320	3.350	1.502	0.048	0.112	0.494	0.055	0.044

*Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo.

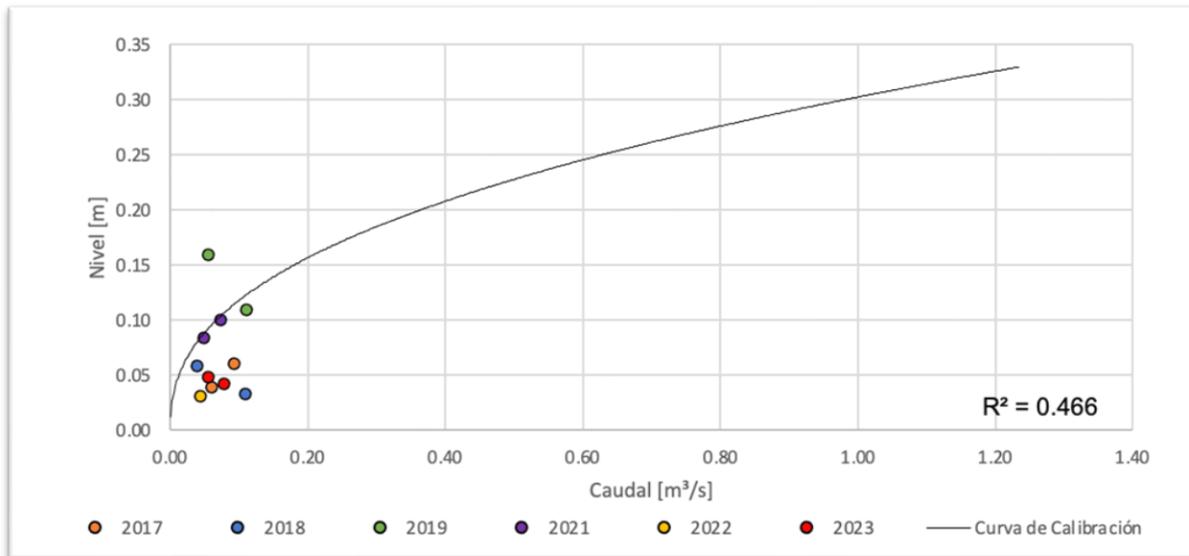


Figura 51. Curva nivel vs caudal, Quebrada el Triunfo - Mirador de Villapilar

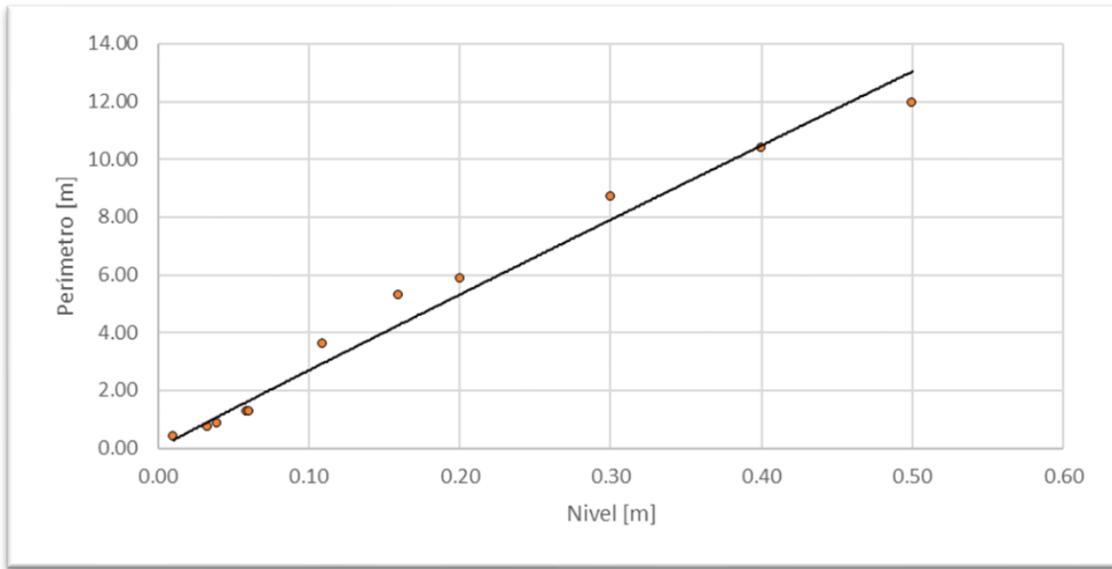


Figura 52. Nivel vs perímetro, Quebrada El Triunfo - Mirador de Villapilar

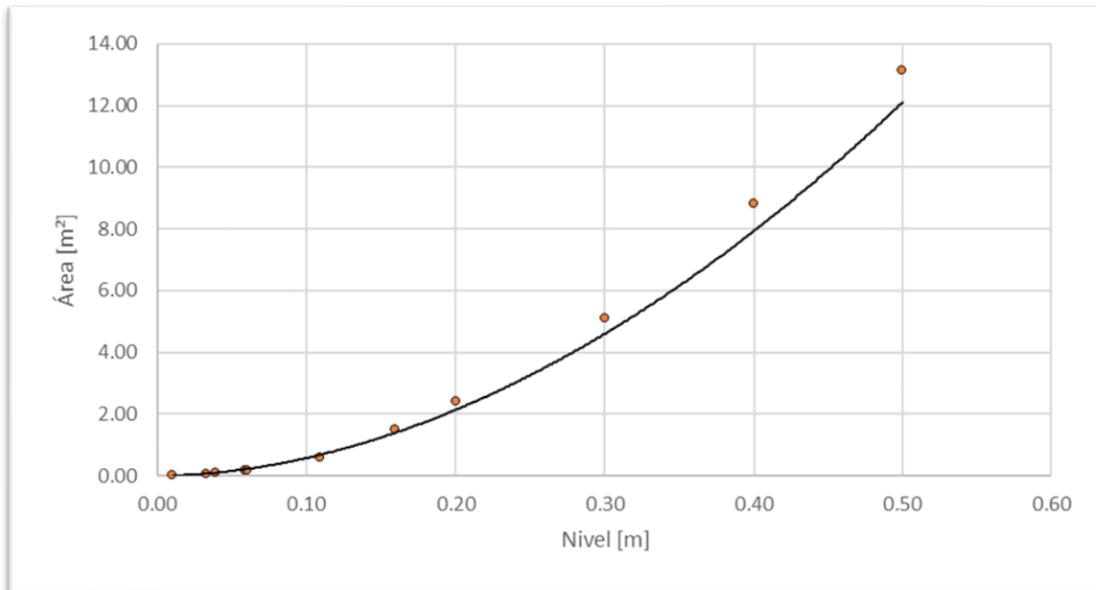


Figura 53. Nivel vs área, Quebrada El Triunfo - Mirador de Villapilar

2.13 Quebrada Olivares – Bocatoma



Figura 54. Vista en planta, Quebrada Olivares – Bocatoma.

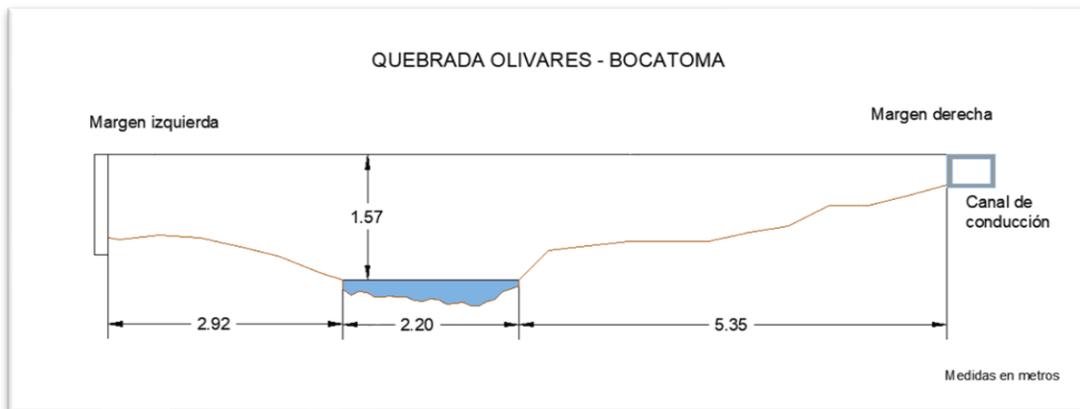


Figura 55. Sección transversal, Quebrada Olivares – Bocatoma, con medidas hechas en un cierto momento.

Tabla 11. Resumen de resultados, Quebrada Olivares – Bocatoma

ESTACIÓN		QUEBRADA OLIVARES - BOCATOMA								
LATITUD	N 5° 4' 6"	LONGITUD			W 75° 27' 0.36"	ELEVACIÓN (msnm)			2242	
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
5/05/2017	0.260	2.250	0.300	2.410	4.020	2.289	0.394	0.407	0.160	0.070
19/05/2017	0.317	2.430	0.200	2.600	3.960	2.365	0.504	0.544	0.274	0.114
16/06/2017	0.272	2.240	0.200	2.430	4.040	2.225	0.208	0.448	0.093	0.045
8/07/2017	0.259	2.220	0.200	2.390	4.090	2.267	0.177	0.368	0.065	0.009
31/07/2017	0.254	2.220	0.200	2.420	4.120	2.356	0.142	0.349	0.050	0.101
11/08/2017	0.252	2.200	0.200	2.410	4.170	2.322	0.105	0.372	0.039	0.079
28/11/2017	0.315	2.330	0.200	2.550	4.000	2.382	0.406	0.417	0.170	0.009
1/05/2019	0.320	2.440	0.220	2.890	3.860	2.429	0.484	0.597	0.289	0.052
19/06/2019	0.280	2.270	0.230	2.655	3.995	2.337	0.233	0.465	0.106	0.025
7/08/2019	0.260	2.280	0.220	2.510	3.940	2.267	0.349	0.352	0.123	0.049
13/09/2019	0.130	2.230	0.220	2.470	4.112	2.220	0.127	0.237	0.030	0.016
21/04/2021	0.295	2.070	0.200	2.390	4.020	2.372	0.091	0.376	0.034	0.133
5/10/2021	0.340	2.100	0.200	2.590	3.950	2.392	0.194	0.459	0.089	0.101
18/07/2022	0.157	2.900	0.290	2.938	4.100	2.355	0.195	0.262	0.051	0.124
6/02/2023	0.140	3.800	0.380	3.965	4.050	2.289	0.331	0.400	0.132	0.032
4/09/2023	0.052	2.800	0.280	2.807	4.350	2.309	0.120	0.097	0.012	0.108

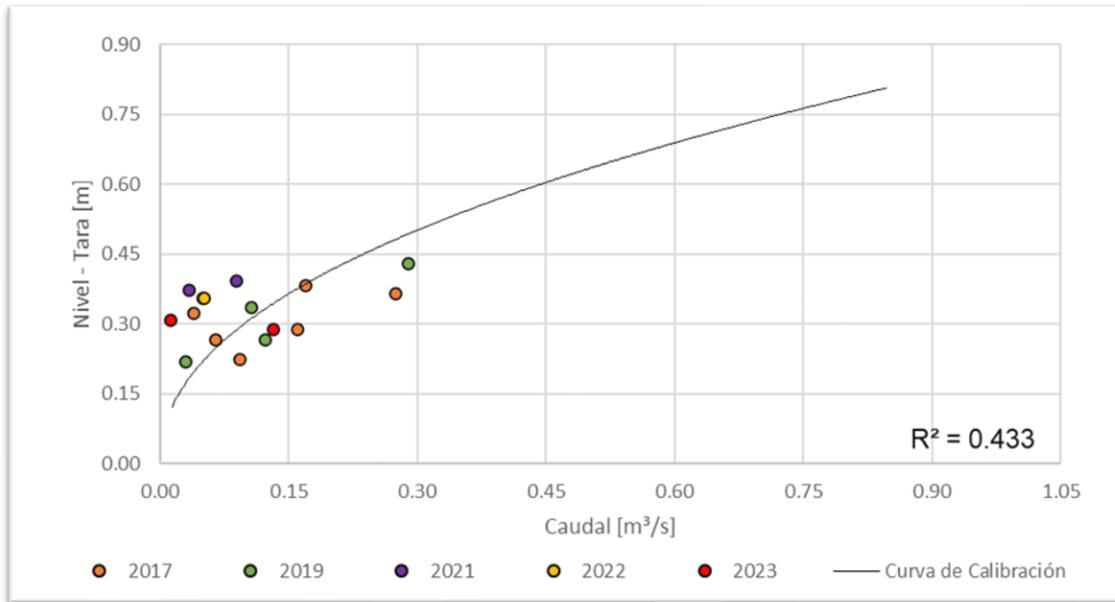


Figura 56. Curva nivel vs caudal, Quebrada Olivares - Bocatoma

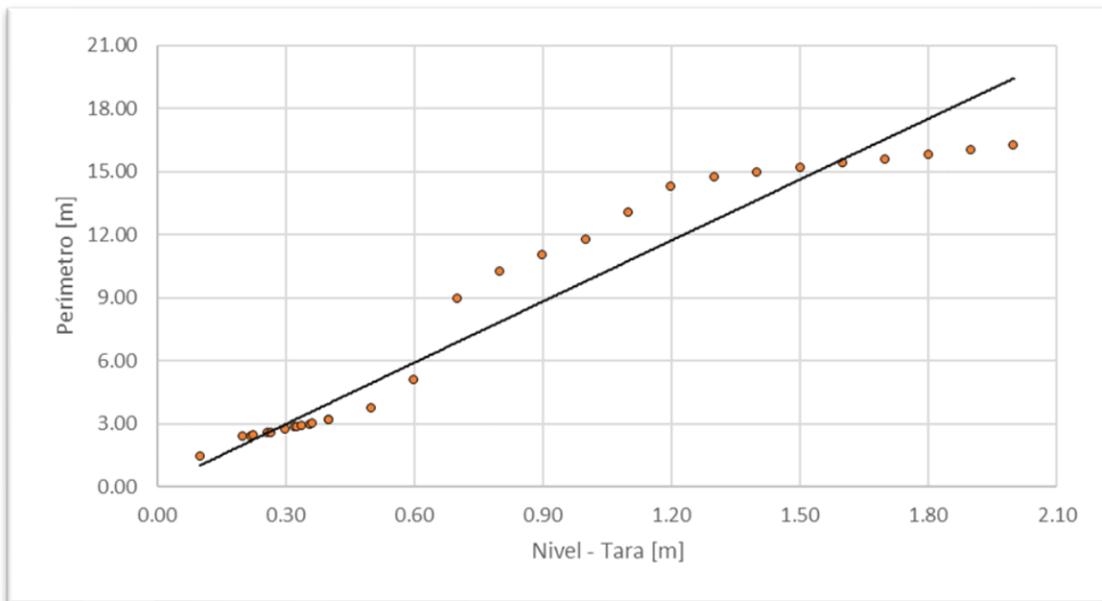


Figura 57. Nivel vs perímetro, Quebrada Olivares - Bocatoma

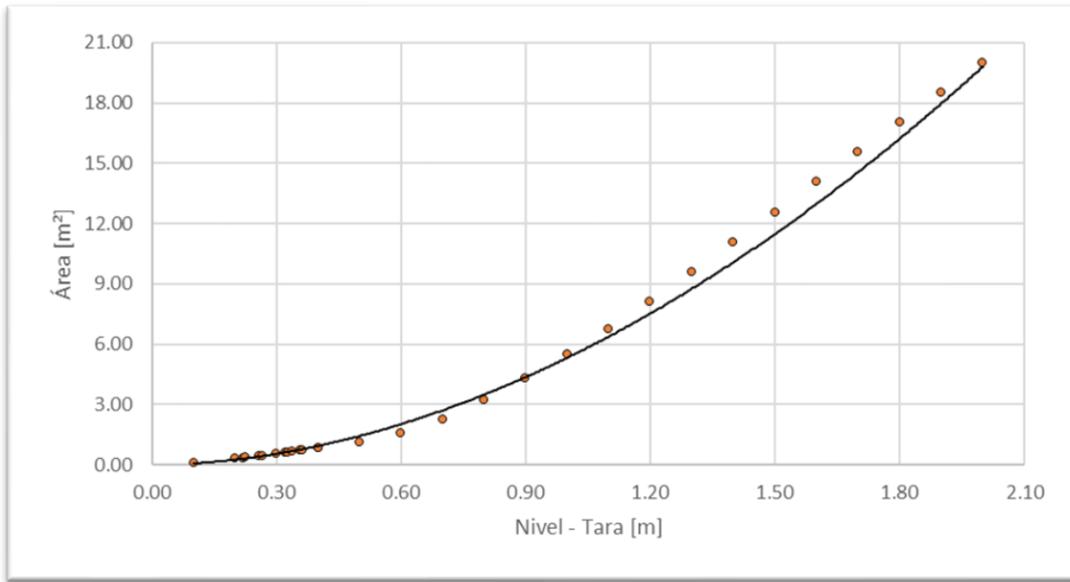


Figura 58. Nivel vs área, Quebrada Olivares – Bocatoma

2.14 Quebrada Olivares – El Popal

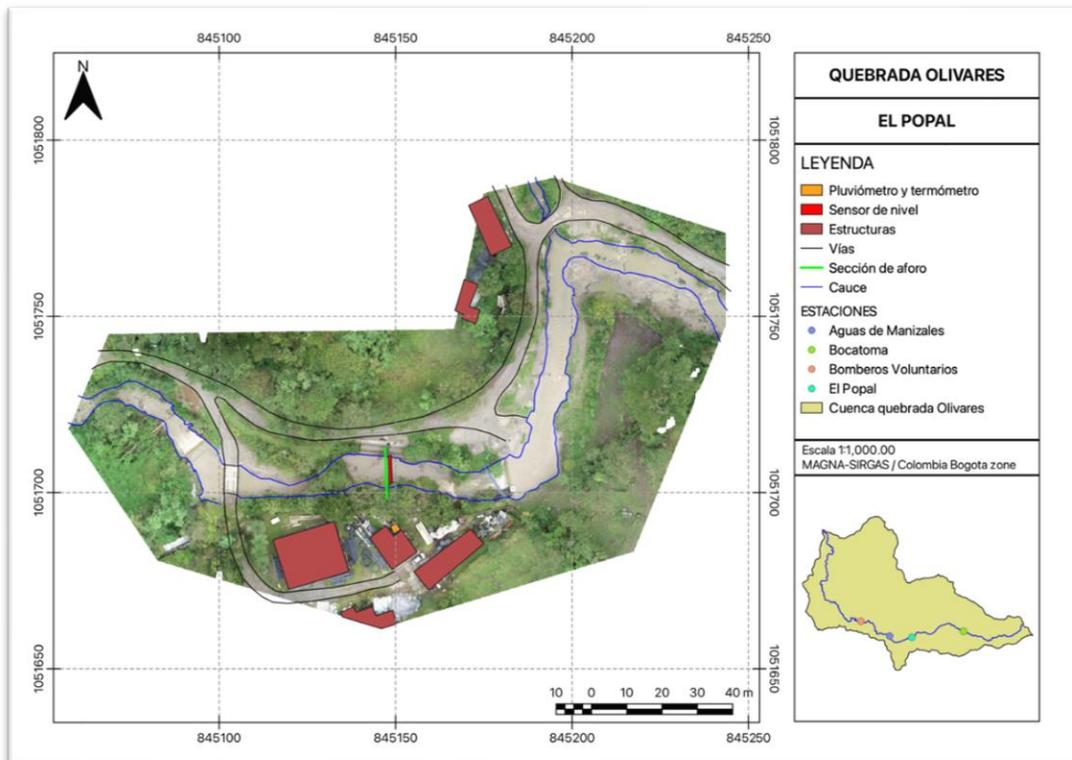


Figura 59. Vista en planta, Quebrada Olivares - El Popal.

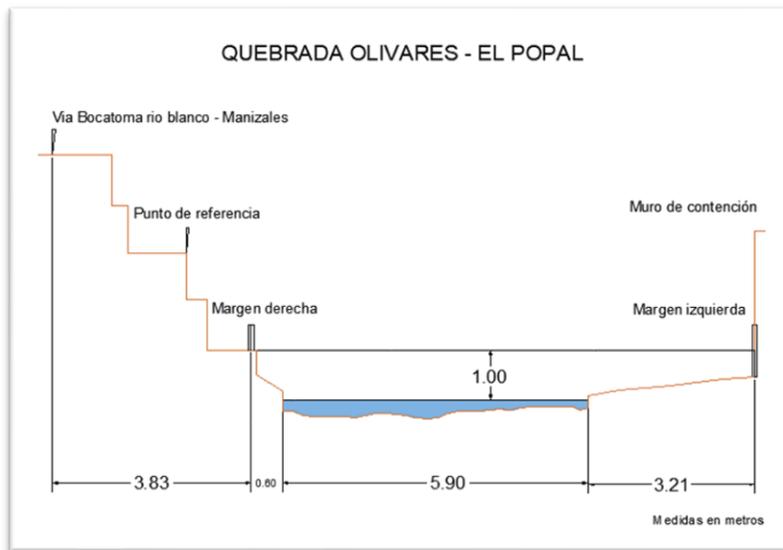


Figura 60. Sección transversal, Quebrada Olivares - El Popal, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 12. Resumen de resultados, Quebrada Olivares - El Popal

ESTACIÓN		QUEBRADA OLIVARES - EL POPAL								
LATITUD	N 5° 3' 53.8"	LONGITUD	W 75° 28' 38"	ELEVACIÓN (msnm)	2091					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO			DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS			
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
31/10/2017	0.665	5.400	0.400	6.156	3.090	2.616	0.238	2.554	0.609	0.005
22/11/2017	0.471	5.000	0.500	5.437	2.900	2.703	0.707	1.822	1.288	0.467
3/01/2018	0.538	6.000	0.500	6.637	2.800	2.710	0.620	2.248	1.393	0.552
27/02/2018	0.359	5.900	0.400	6.367	3.150	2.620	0.490	1.445	0.708	0.095
1/05/2019	0.419	6.870	0.500	7.380	2.890	2.660	0.442	1.941	0.858	0.149
19/06/2019	0.350	6.900	0.700	7.190	2.950	2.684	0.332	1.580	0.525	0.245
30/06/2019	0.334	6.830	0.500	7.220	2.940	2.568	0.251	1.743	0.437	0.062
27/07/2019	0.318	6.810	0.500	7.090	2.990	2.540	0.189	1.331	0.252	0.191
13/09/2019	0.270	6.900	0.600	7.120	3.020	2.525	0.092	1.466	0.136	0.280
13/03/2020	0.545	7.000	0.500	7.990	2.967	2.628	0.396	2.462	0.976	0.345
21/04/2021	0.493	6.900	0.600	7.520	2.950	2.544	0.114	1.888	0.215	0.237
5/10/2021	0.533	6.900	0.600	7.560	3.006	2.580	0.144	1.985	0.286	0.237
18/07/2022	0.435	7.000	0.700	7.238	2.900	2.354	0.230	1.913	0.440	0.274
6/02/2023	0.320	6.300	0.630	6.677	2.650	2.581	0.397	1.645	0.653	0.126
4/09/2023	0.350	5.500	0.550	5.609	3.000	2.537*	0.260	1.120	0.291	0.147

*Estación sin medida del sensor durante los días de aforos, niveles tomados con base en la altura desde el sensor hasta la superficie del agua

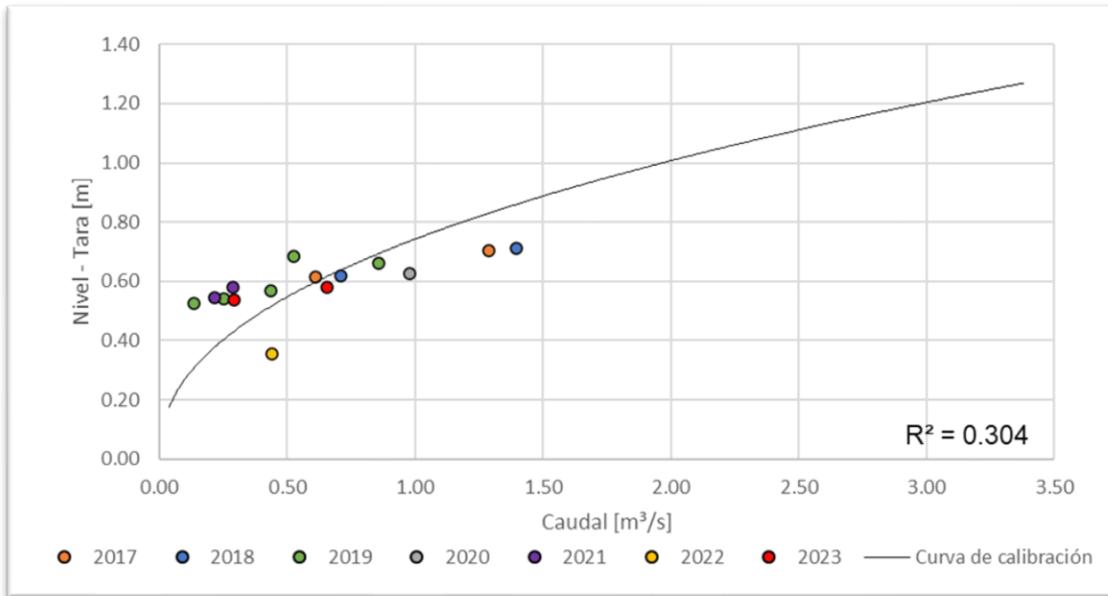


Figura 61. Curva nivel vs caudal, Quebrada Olivares - El Popal

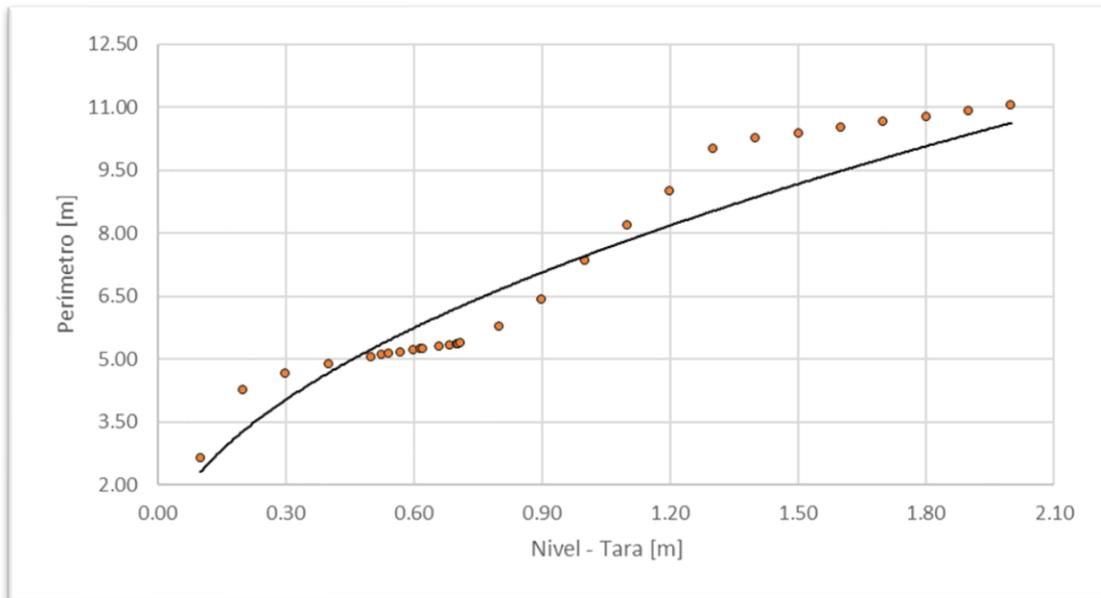


Figura 62. Nivel vs perímetro, Quebrada Olivares - El Popal

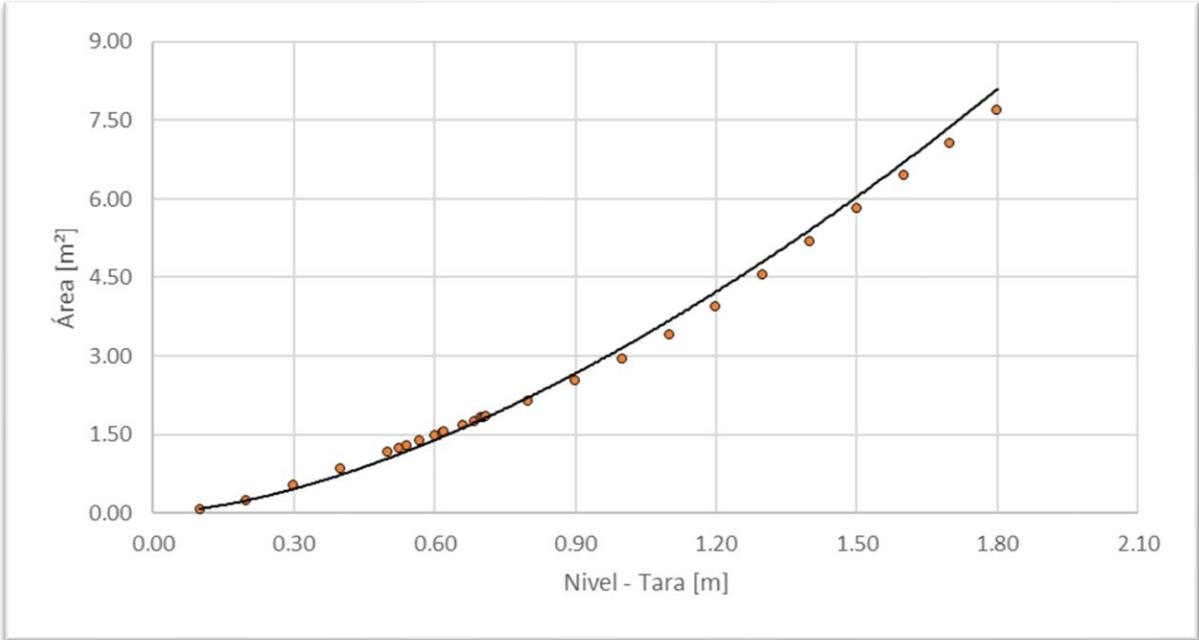


Figura 63. Nivel vs área, Quebrada Olivares - El Popal

2.15 Quebrada Olivares – Aguas de Manizales

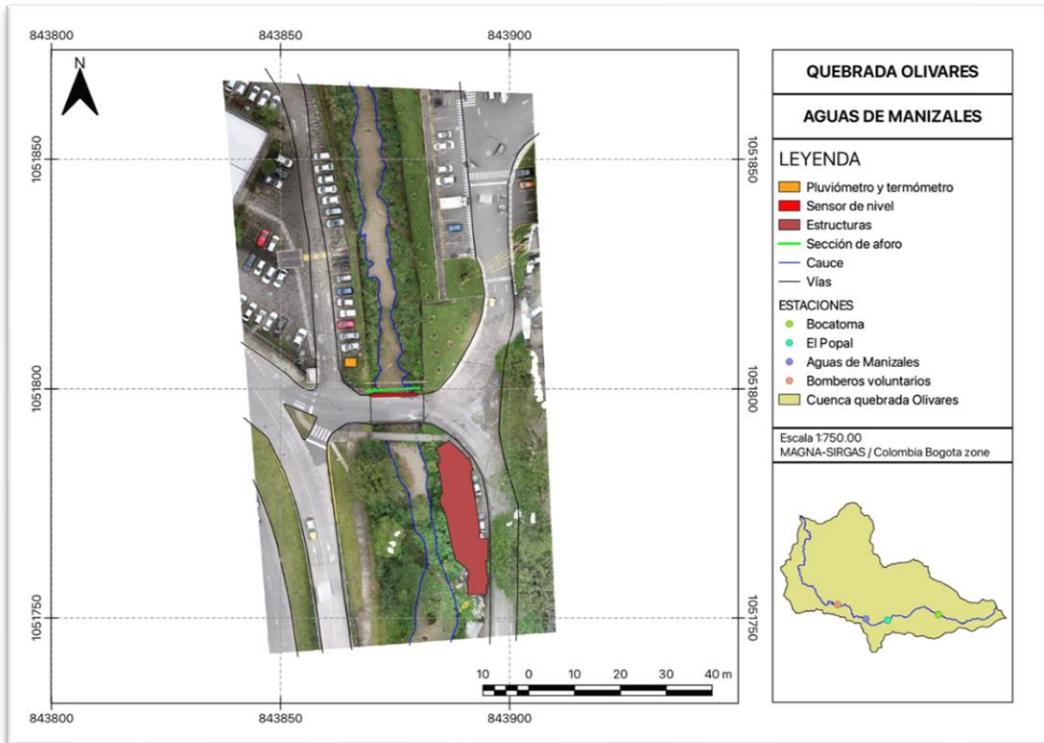


Figura 64. Vista en planta, Quebrada Olivares - Aguas de Manizales.

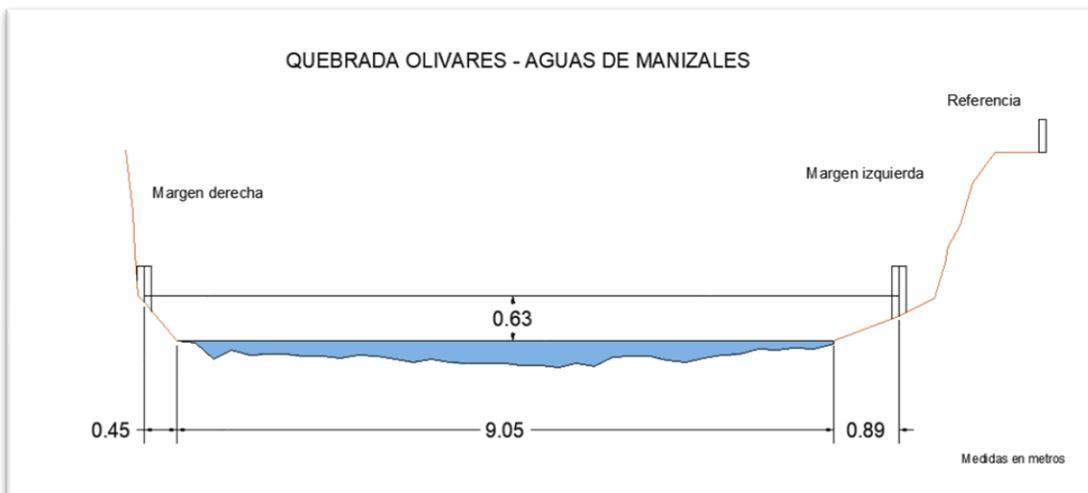


Figura 65. Sección transversal, Quebrada Olivares - Aguas de Manizales, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 13. Resumen de resultados, Quebrada Olivares - Aguas de Manizales

ESTACIÓN		QUEBRADA OLIVARES - AGUAS DE MANIZALES								
LATITUD	N 5° 3' 3.68"	LONGITUD	W 75° 36' 27.04"	ELEVACIÓN (msnm)	1110					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
2/11/2017	0.557	9.000	0.600	9.141	3.650	2.123	0.320	1.805	0.578	0.285
22/11/2017	0.695	8.700	0.500	8.848	3.350	2.251	0.822	1.997	1.642	1.595
1/10/2018	0.544	9.090	0.500	9.274	3.450	2.346	0.976	2.056	2.006	0.770
27/02/2018	0.384	9.050	0.500	9.307	3.500	2.159	0.446	1.949	0.870	0.520
21/04/2021	0.170	7.400	0.700	7.700	3.630	2.117	0.159	2.066	0.328	0.459
5/10/2021	0.440	7.150	0.700	7.460	3.504	2.211	0.249	1.335	0.333	2.018
18/07/2022	0.285	6.200	0.620	6.245	3.260	2.246	0.512	1.136	0.582	2.537
6/02/2023	0.360	7.500	0.750	7.735	3.050	2.418*	0.626	1.601	1.002	7.370
4/09/2023	0.290	3.800	0.380	3.994	3.300	2.292	0.541	0.638	0.345	3.970

*Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo.

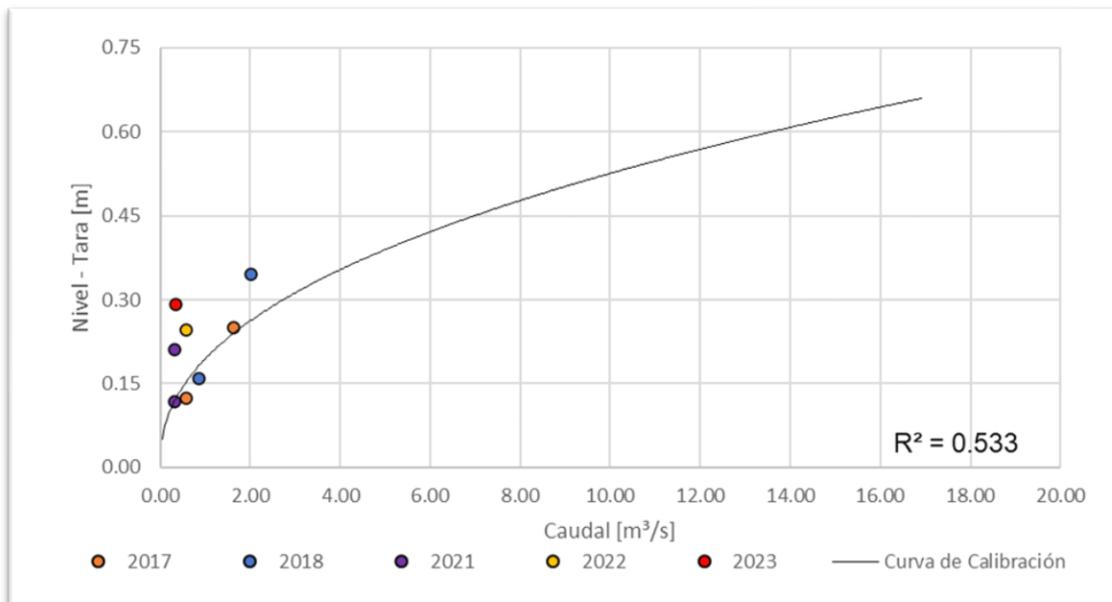


Figura 66. Curva nivel vs caudal, Quebrada Olivares - Aguas de Manizales

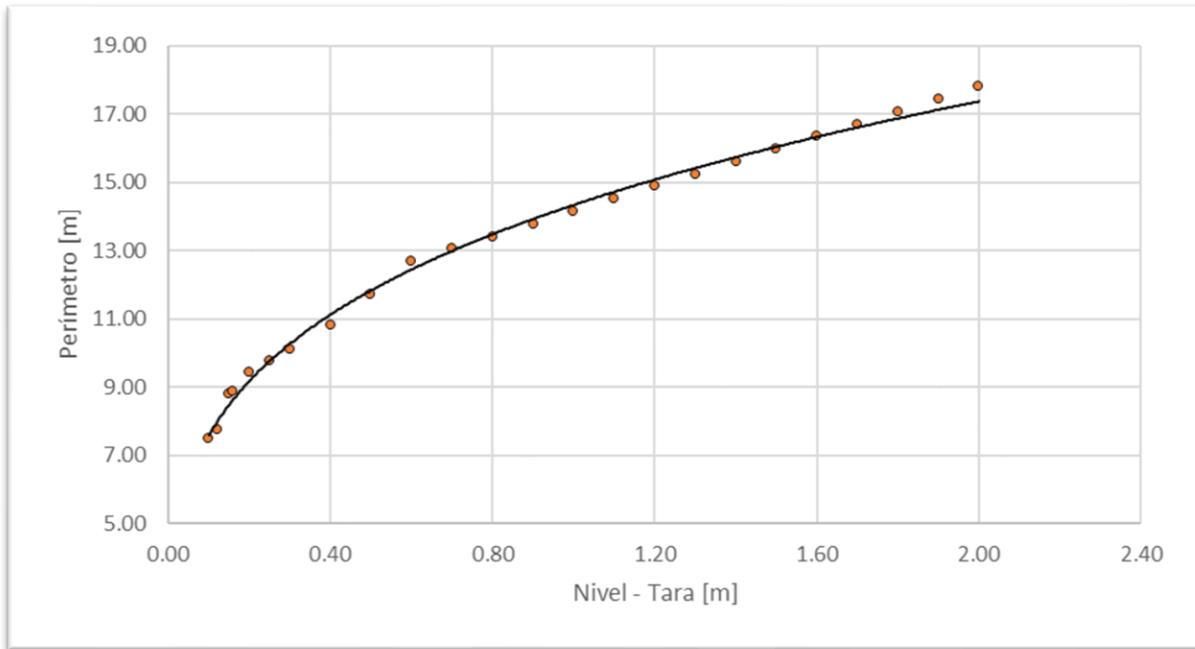


Figura 67. Nivel vs perímetro, Quebrada Olivares - Aguas de Manizales

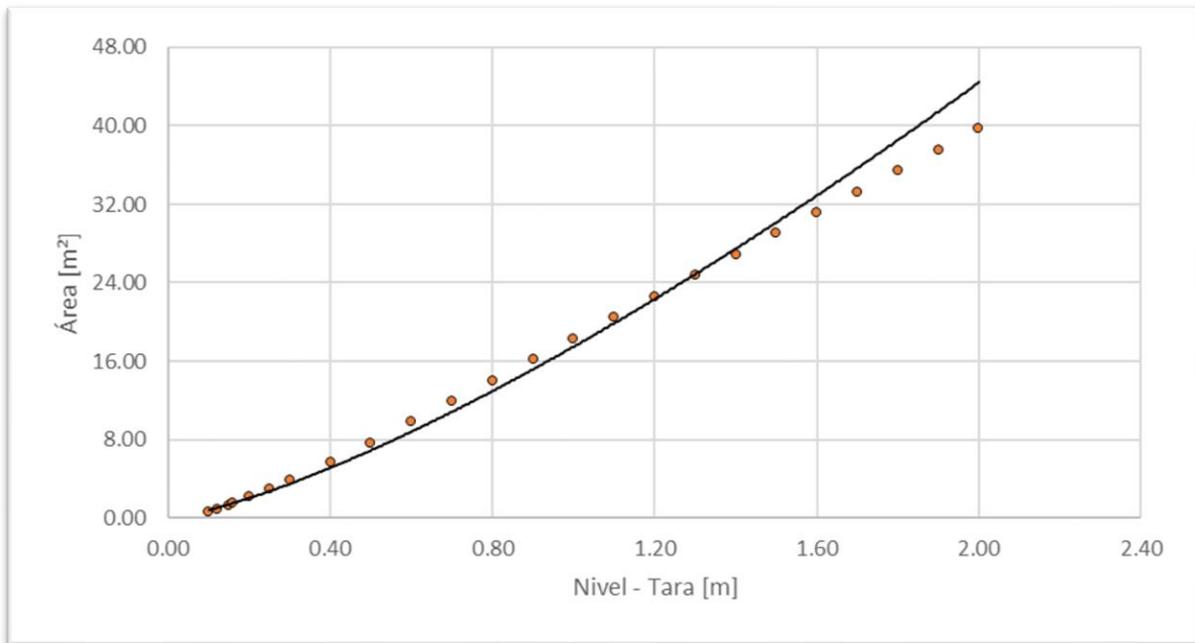


Figura 68. Nivel vs área, Quebrada Olivares - Aguas de Manizales

2.16 Quebrada Olivares – Bomberos Voluntarios

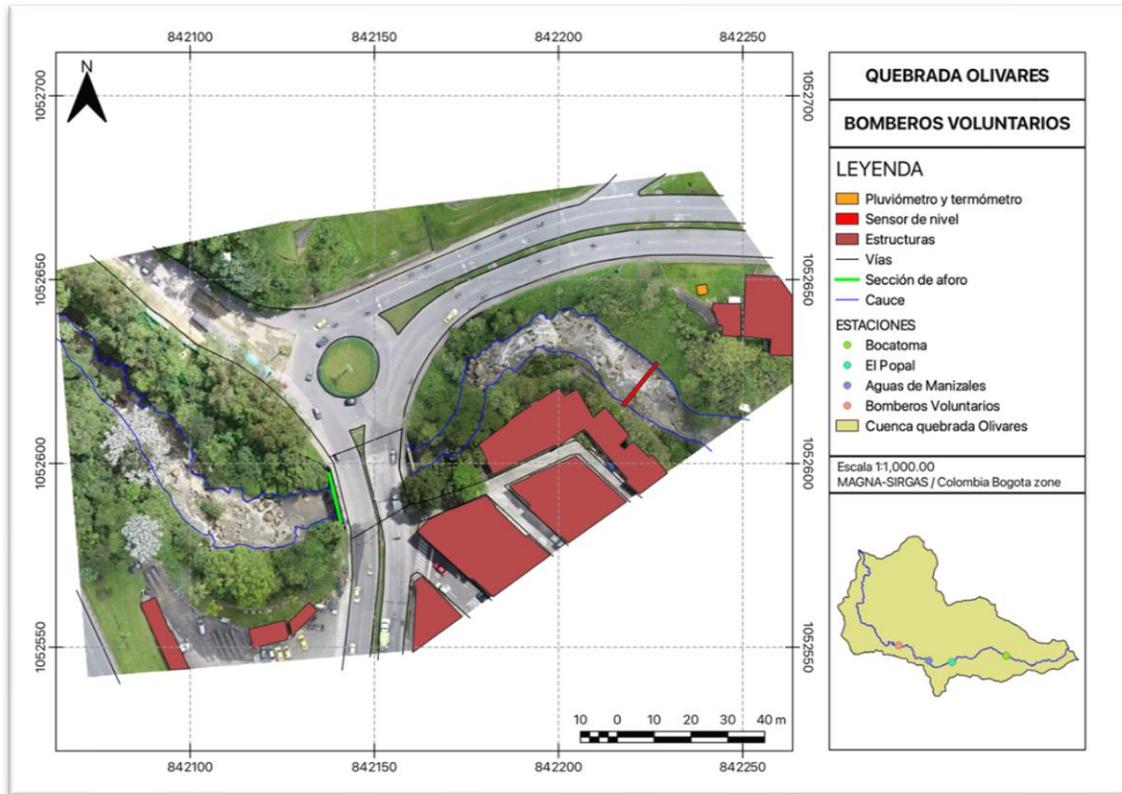


Figura 69. Vista en planta, Quebrada Olivares - Bomberos Voluntarios.

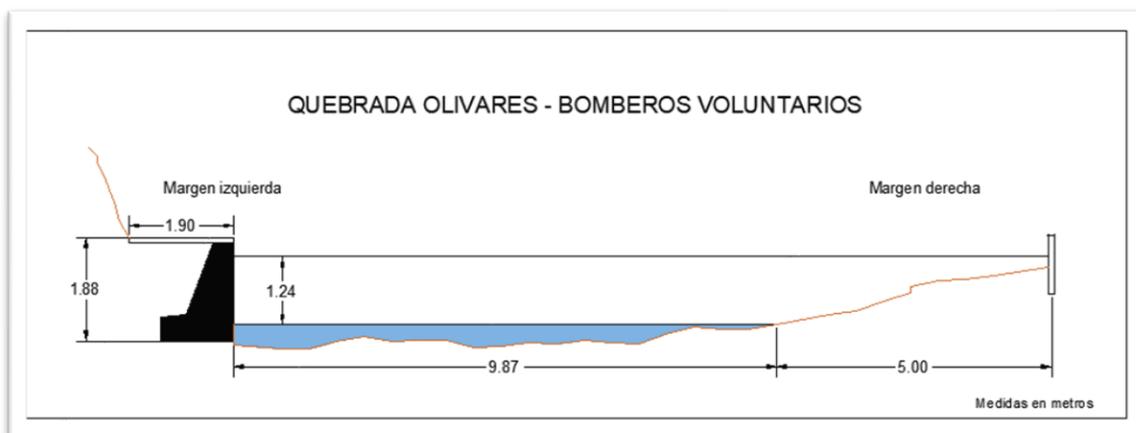


Figura 70. Sección transversal, Quebrada Olivares - Bomberos voluntarios, con medidas hechas en un cierto momento.

Tabla 14. Resumen de resultados, Quebrada Olivares - Bomberos voluntarios

ESTACIÓN		QUEBRADA OLIVARES - BOMBEROS VOLUNTARIOS								
LATITUD	N 5° 4' 22.5"	LONGITUD	W 75° 30' 3.06"	ELEVACIÓN (msnm)	1923					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
25/05/2017	0.453	10.300	0.500	10.580	6.120	3.648	0.478	2.839	1.357	0.161
30/05/2017	0.432	10.240	0.500	10.750	6.210	3.641	0.487	2.568	1.249	0.063
20/06/2017	0.465	10.200	0.500	10.710	6.150	3.611	0.430	2.986	1.285	0.143
4/07/2017	0.515	10.450	0.500	11.190	6.250	3.616	0.371	3.050	1.132	0.018
27/07/2017	0.411	10.000	0.500	10.460	6.390	3.560	0.257	2.493	0.641	0.428
10/08/2017	0.427	9.870	0.500	10.370	7.180	3.555	0.246	2.883	0.708	0.353
28/04/2019	0.480	9.880	0.600	10.440	6.340	3.500	0.581	2.748	1.597	0.612
30/06/2019	0.380	9.000	0.600	9.300	6.590	3.444	0.301	2.034	0.612	0.298
30/07/2019	0.319	8.800	0.600	9.080	6.650	3.405	0.293	1.264	0.370	0.490
21/04/2021	0.645	9.750	0.900	10.240	6.400	3.590	0.282	3.500	0.987	0.124
7/10/2021	0.600	8.000	0.800	8.810	6.685	3.300	0.203	2.938	0.595	0.137
18/07/2022	0.728	7.480	0.748	8.010	6.340	3.356	0.292	3.982	1.164	0.365
6/02/2023	0.900	4.500	0.450	5.829	6.450	3.409	0.420	2.904	1.218	0.353
4/09/2023	0.330	9.500	0.950	9.611	8.500	3.379	0.345	1.525	0.526	0.302

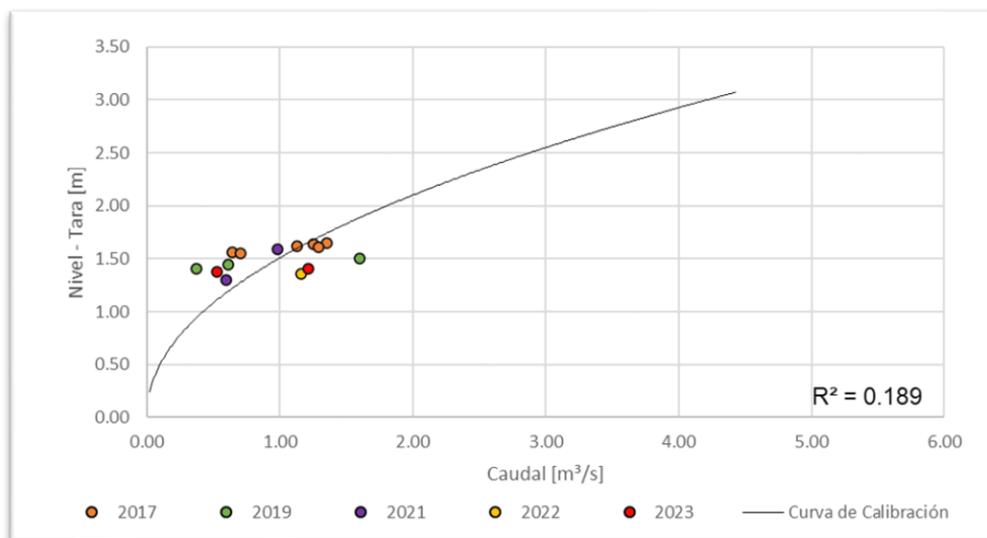


Figura 71. Curva nivel vs caudal, Quebrada Olivares - Bomberos voluntarios

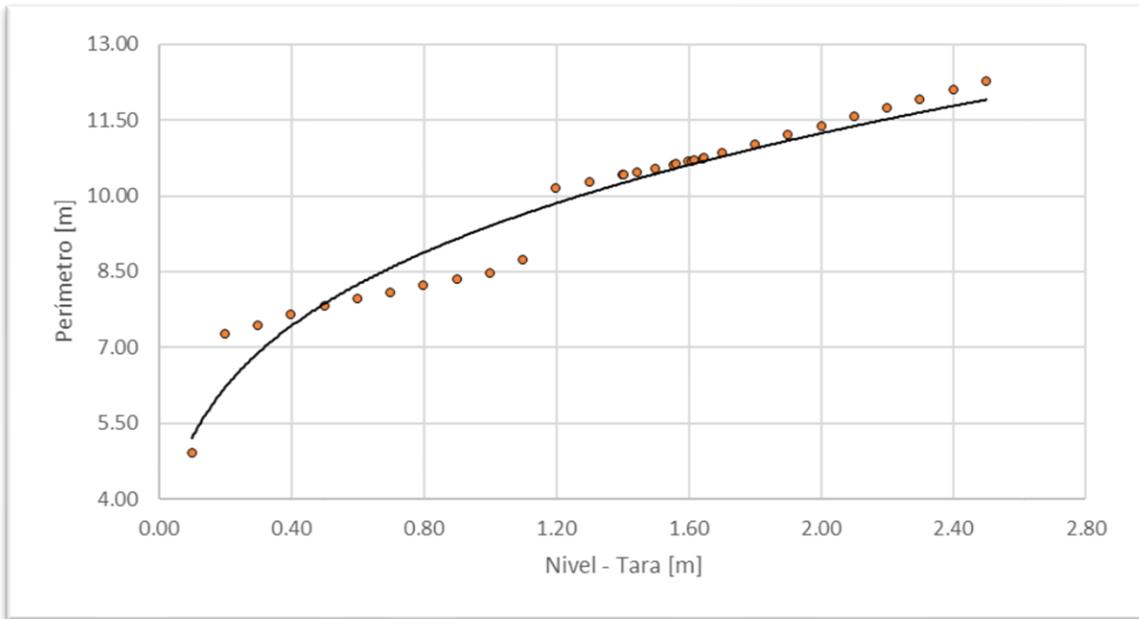


Figura 72. Nivel vs Perímetro, Quebrada Olivares - Bomberos voluntarios

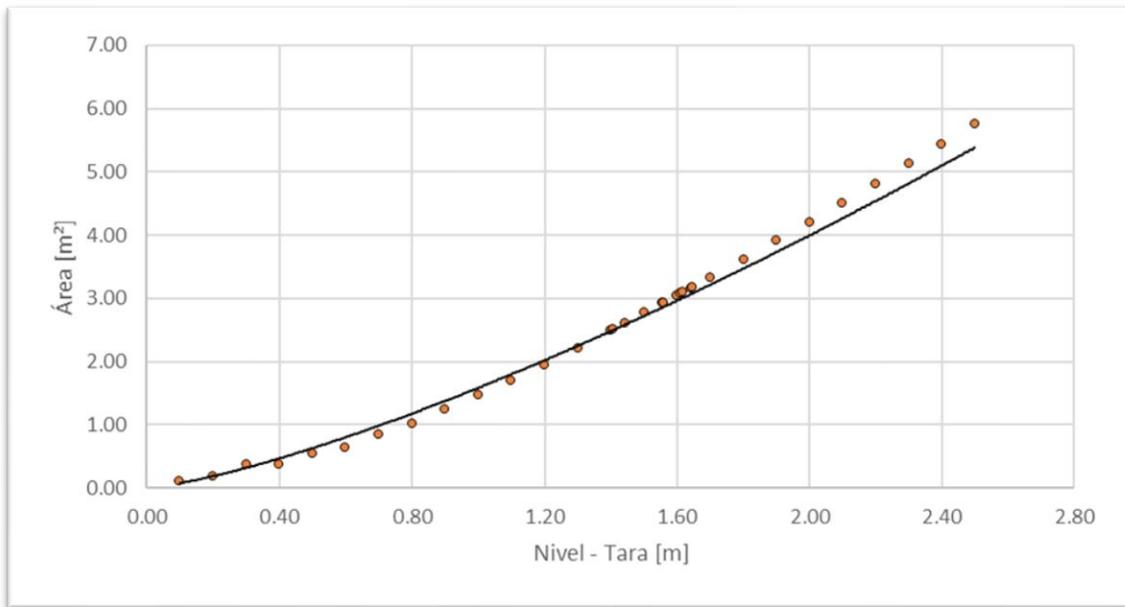


Figura 73. Nivel vs Área, Quebrada Olivares - Bomberos voluntarios

2.17 Quebrada El Perro – Expoferias

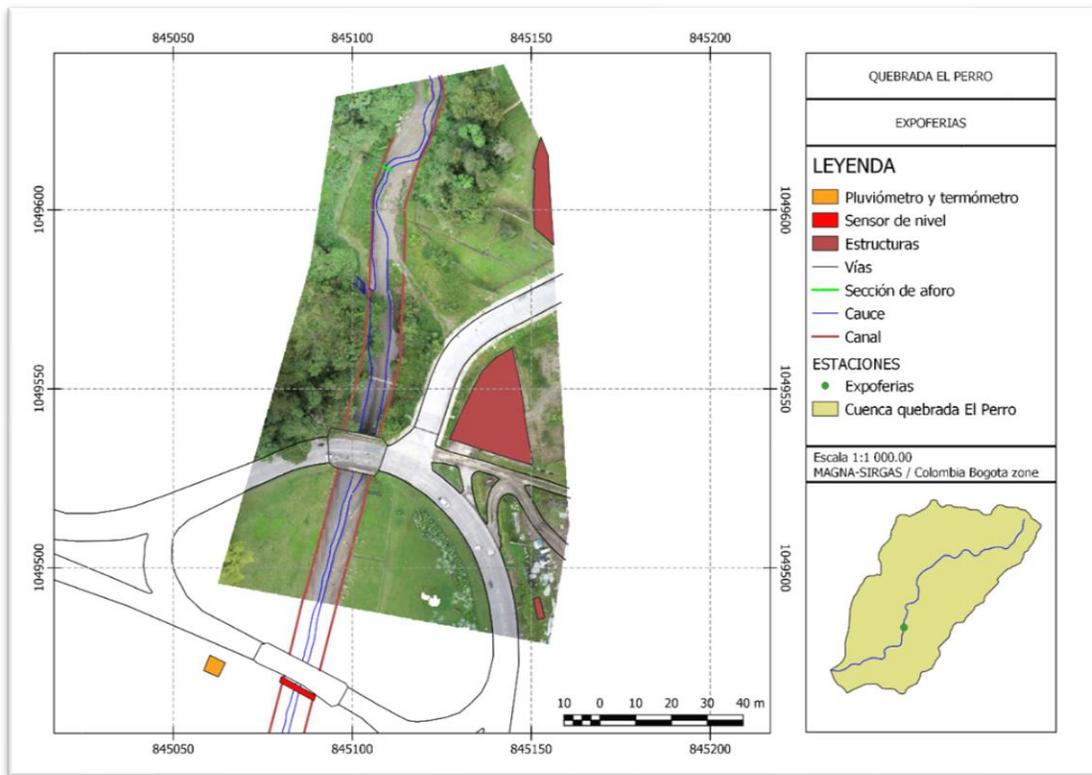


Figura 74. Vista en planta, Quebrada El Perro – Expoferias.

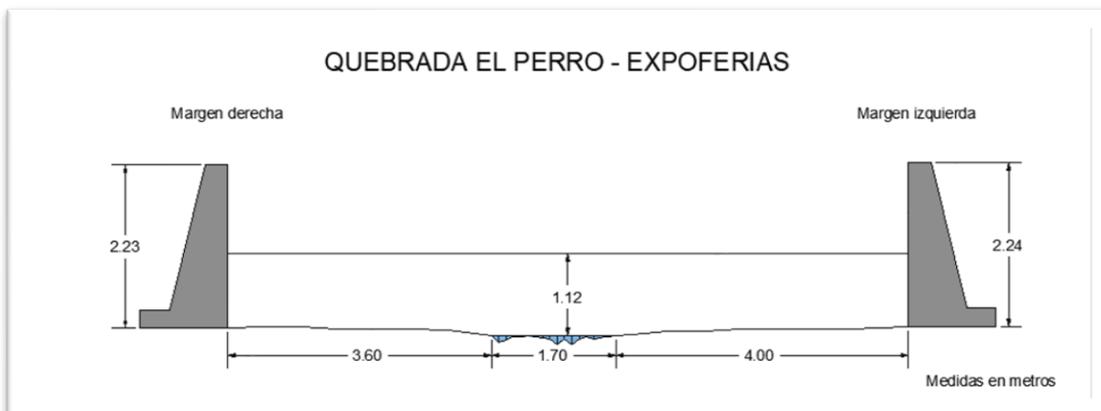


Figura 75. Sección transversal, Quebrada El Perro – Expoferias, con medidas hechas en un cierto momento.

Tabla 15. Resumen de resultados, Quebrada El Perro – Expoferias

ESTACIÓN		QUEBRADA EL PERRO - EXPOFERIAS								
LATITUD	N 5° 2'31.66"	LONGITUD	W 75° 28' 27.74"	ELEVACIÓN (msnm)	2036					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	SECCIÓN DE AFORO				SENSOR		RESULTADOS			
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
31/10/2017	0.085	1.400	0.100	1.405	8.270	2.273	0.895	0.063	0.056	0.077
22/11/2017	0.105	2.000	0.100	2.040	8.080	2.283	1.316	0.107	0.141	0.007
3/01/2018	0.098	1.500	0.100	1.540	8.220	2.281	1.297	0.090	0.117	0.028
27/02/2018	0.120	1.700	0.200	1.860	9.500	2.050	0.097	0.063	0.006	0.005
12/7/2022	0.110	1.200	0.120	1.280	8.000	2.172	0.557	0.103	0.057	0.021
30/1/2023	0.080	1.800	0.180	1.822	8.020	2.186	0.966	0.099	0.096	0.051
7/9/2023	0.090	0.850	0.085	0.899	8.300	2.180	0.478	0.037	0.018	0.023

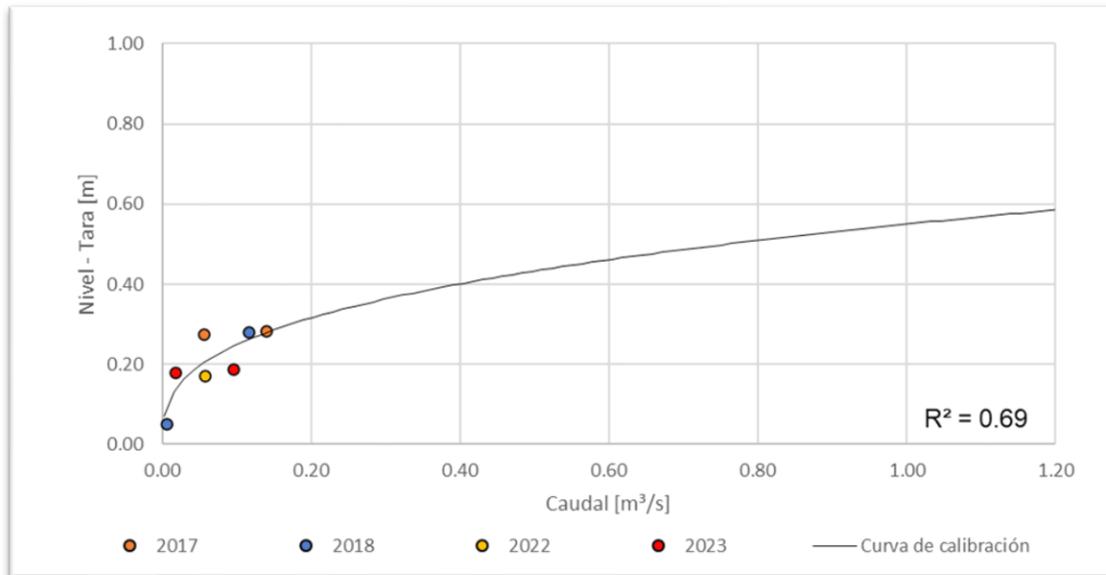


Figura 76. Curva nivel vs caudal, Quebrada El Perro – Expoferias

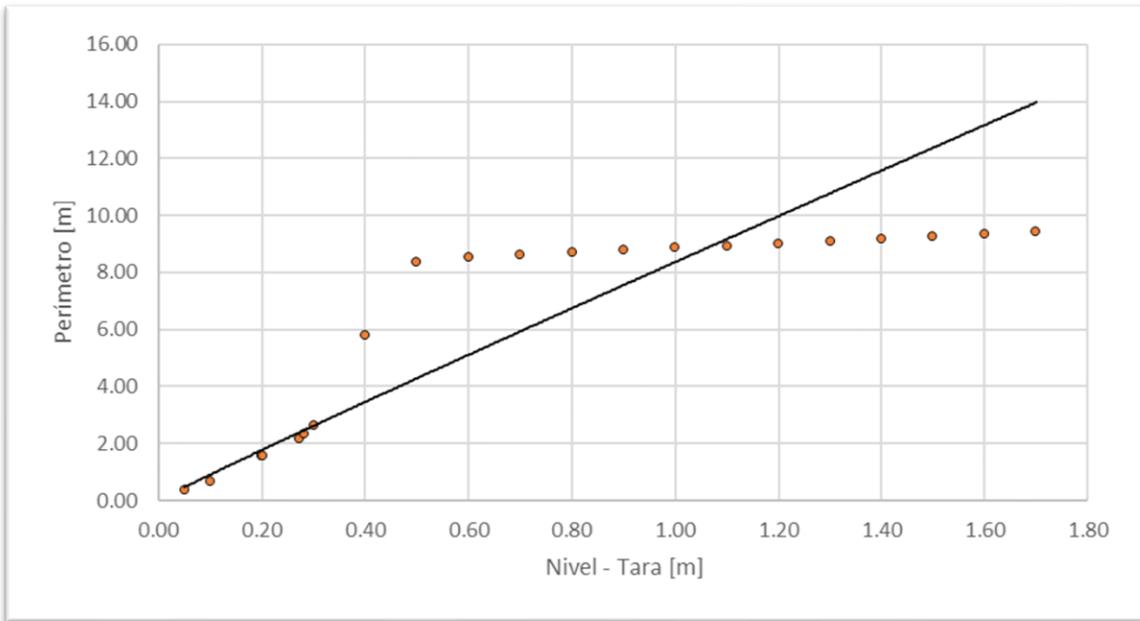


Figura 77. Nivel vs perímetro, Quebrada El Perro – Expoferias

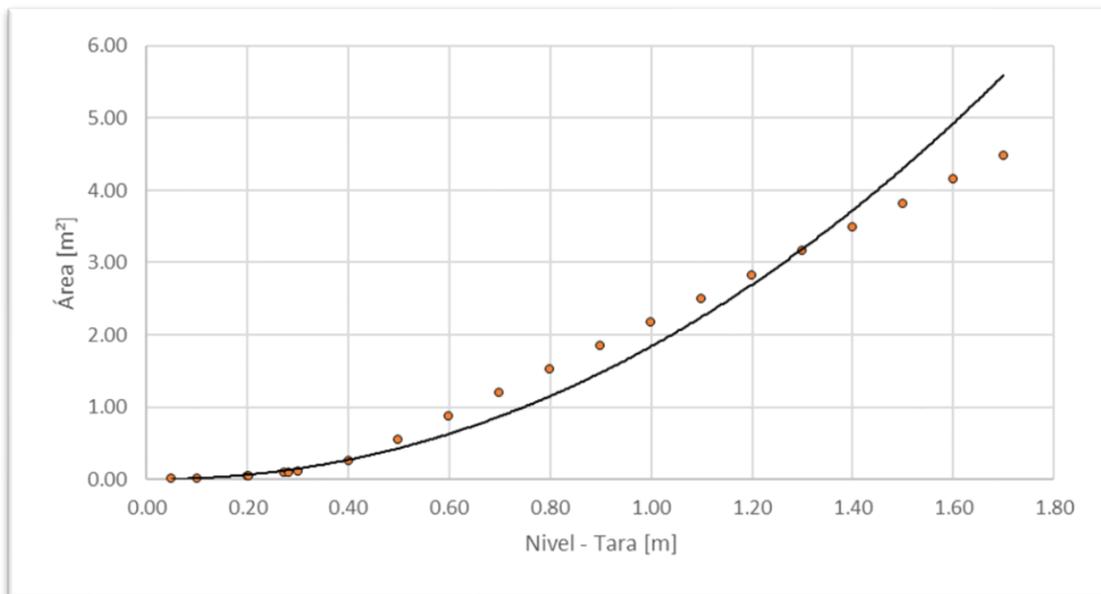


Figura 78. Nivel vs área, Quebrada El Perro – Expoferias

2.18 Quebrada Palogrande – Ruta 30

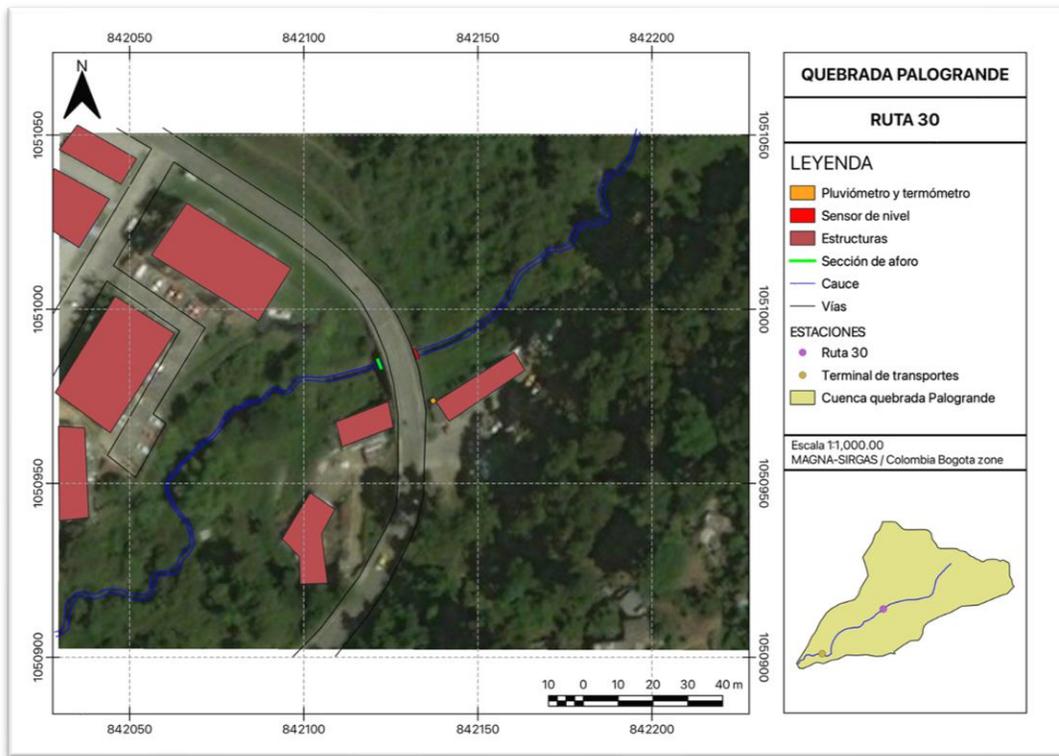


Figura 79. Vista en planta, Quebrada Palogrande – Ruta 30.

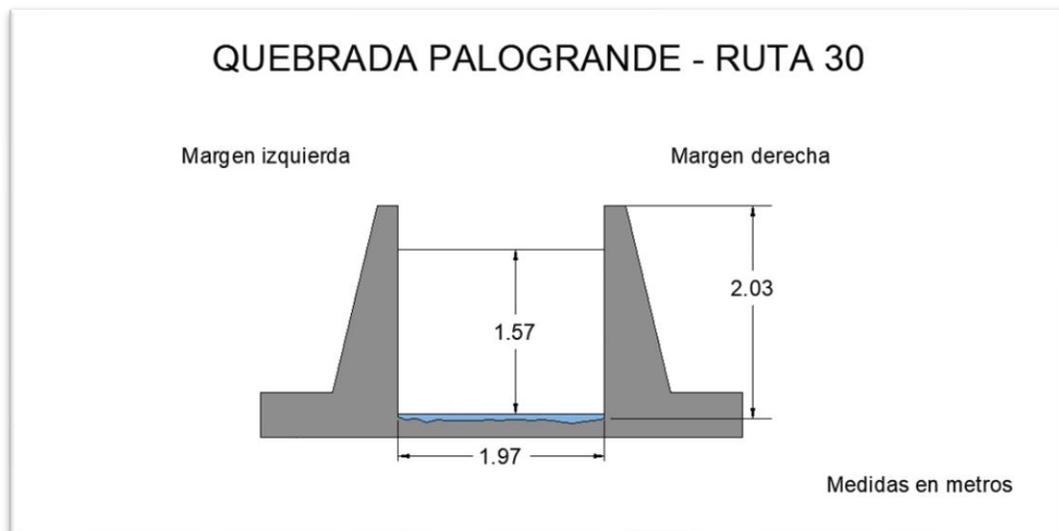


Figura 80. Sección transversal, Quebrada Palogrande – Ruta 30, con medidas hechas en un cierto momento.

Tabla 16. Resumen de resultados, Quebrada Palogrande – Ruta 30

ESTACIÓN		QUEBRADA PALOGRANDE - RUTA 30								
LATITUD	N 5° 3' 20.42"	LONGITUD	W 75° 30' 3.31"	ELEVACIÓN (msnm)	1986					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
8/09/2018	0.090	1.970	0.200	2.060	6.800	0.050	0.306	0.109	0.033	0.019
2/11/2018	0.121	1.970	0.200	2.120	6.730	0.059	0.516	0.162	0.084	0.013

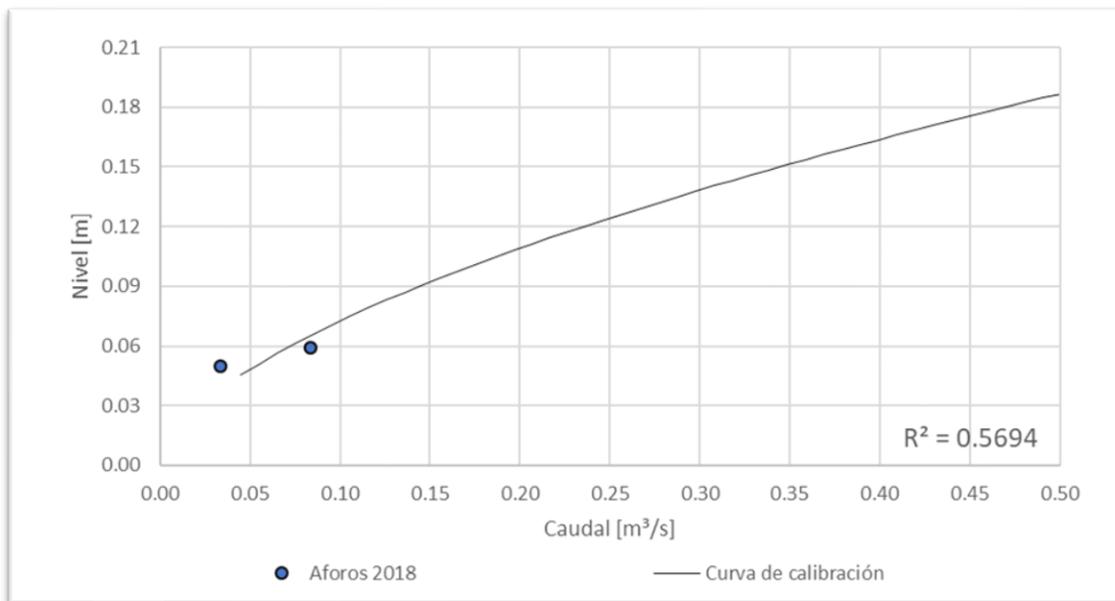


Figura 81. Curva nivel vs caudal, Quebrada Palogrande – Ruta 30

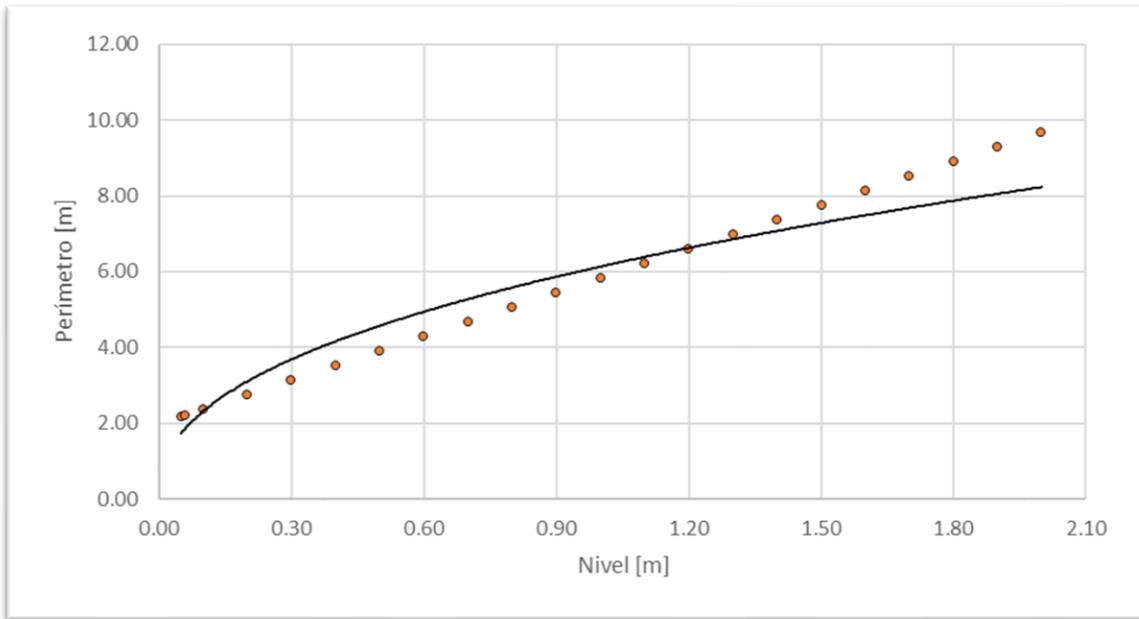


Figura 82. Nivel vs perímetro, Quebrada Palogrande – Ruta 30

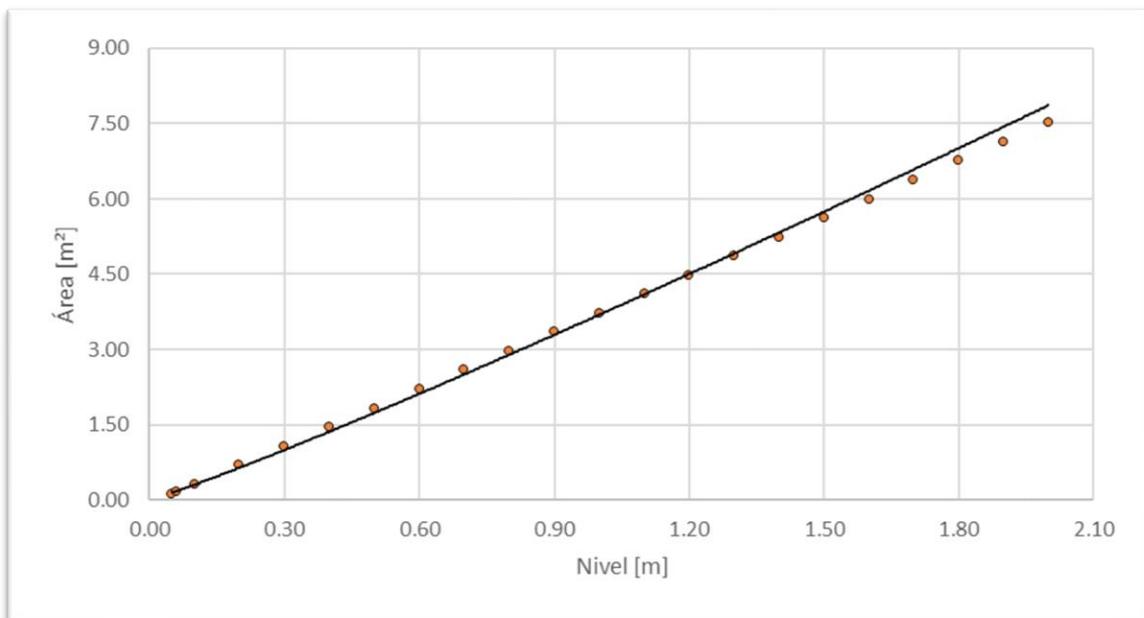


Figura 83. Nivel vs área, Quebrada Palogrande – Ruta 30

2.19 Quebrada Palogrande – Terminal de Transportes

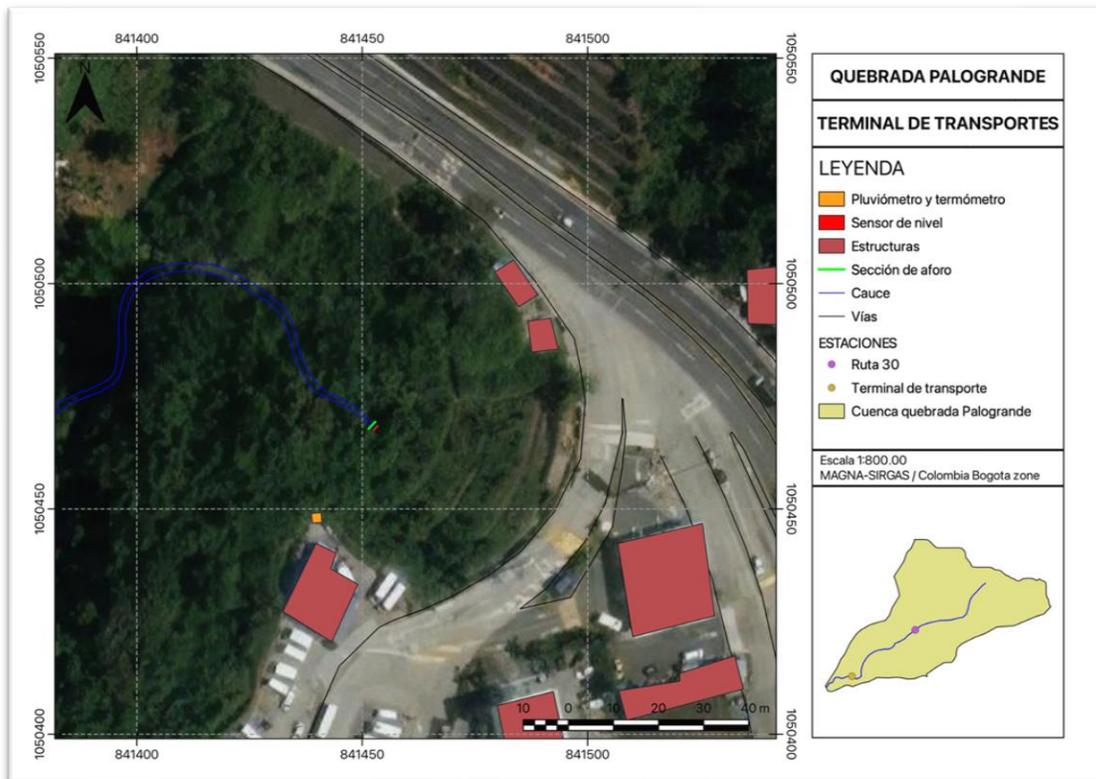


Figura 84. Vista en planta, Quebrada Palogrande - Terminal de transportes.

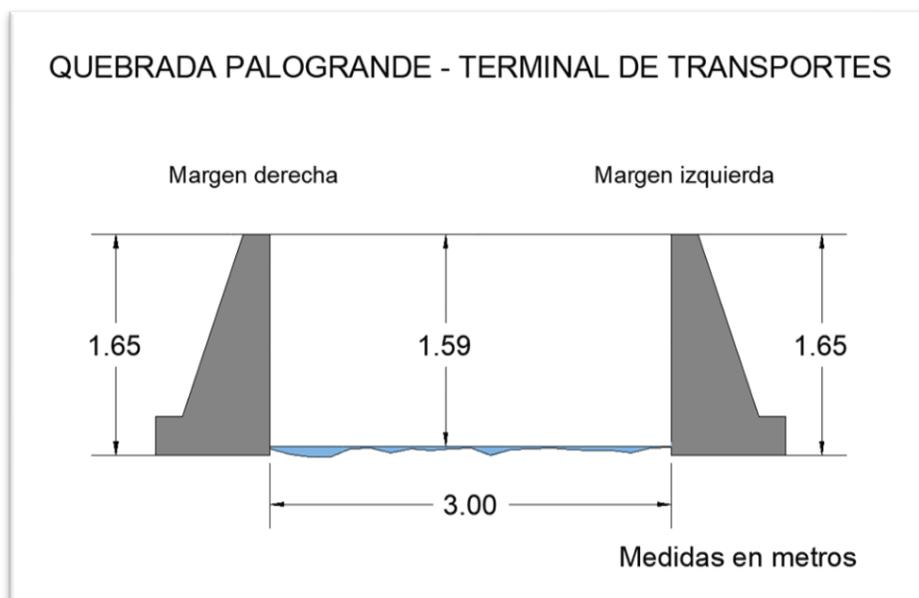


Figura 85. Sección transversal, Quebrada Palogrande - Terminal de transportes, con medidas hechas en un cierto momento.

Tabla 17. Resumen de resultados, Quebrada Palogrande - Terminal de transportes

ESTACIÓN		QUEBRADA PALOGRANDE - TERMINAL DE TRANSPORTES								
LATITUD	N 5° 3' 3.88"	LONGITUD	W 75° 30' 25.33"	ELEVACIÓN (msnm)	1881					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
2/11/2017	0.055	3.000	0.300	3.110	2.610	2.360	0.778	0.139	0.108	0.030
23/11/2017	0.058	3.000	0.200	3.040	2.640	2.330	0.714	0.137	0.098	0.034
5/01/2018	0.052	2.800	0.200	2.870	2.660	2.310	0.554	0.100	0.055	0.000
27/02/2018	0.056	3.000	0.300	3.040	2.640	2.330	0.330	0.216	0.071	0.008

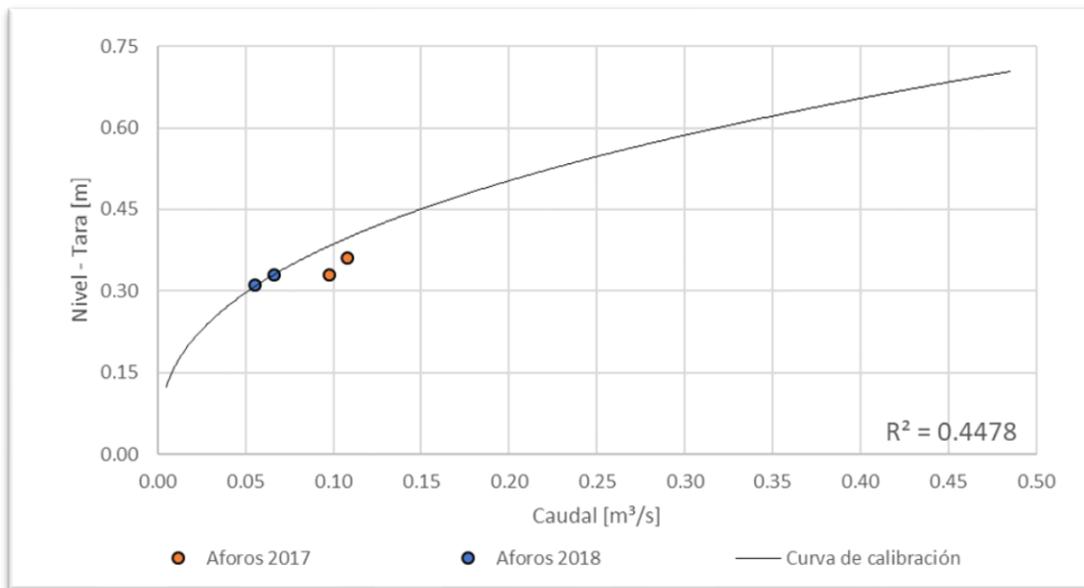


Figura 86. Curva nivel vs caudal, Quebrada Palogrande - Terminal de transportes

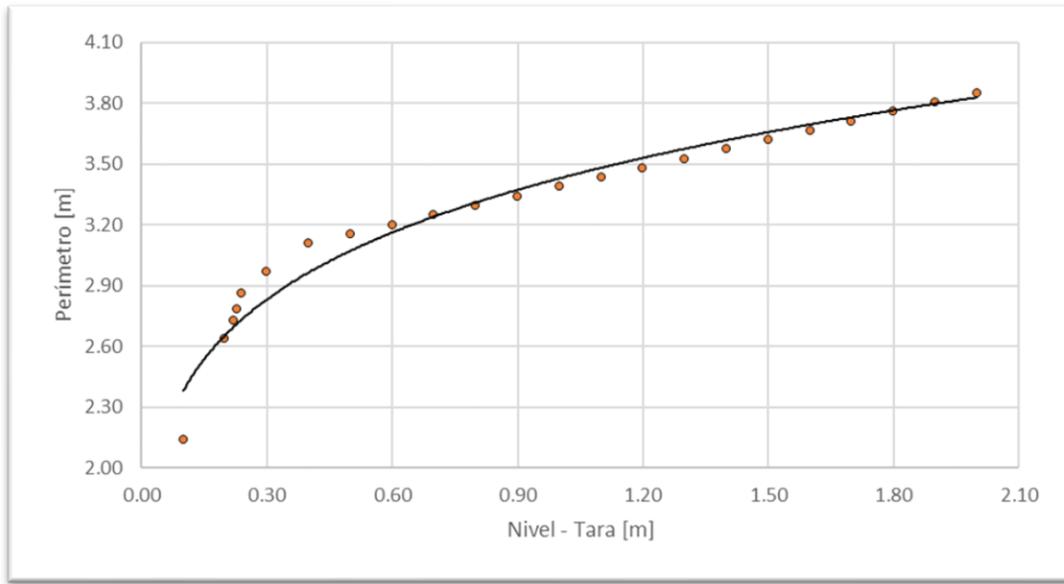


Figura 87. Nivel vs perímetro, Quebrada Palogrande - Terminal de transportes

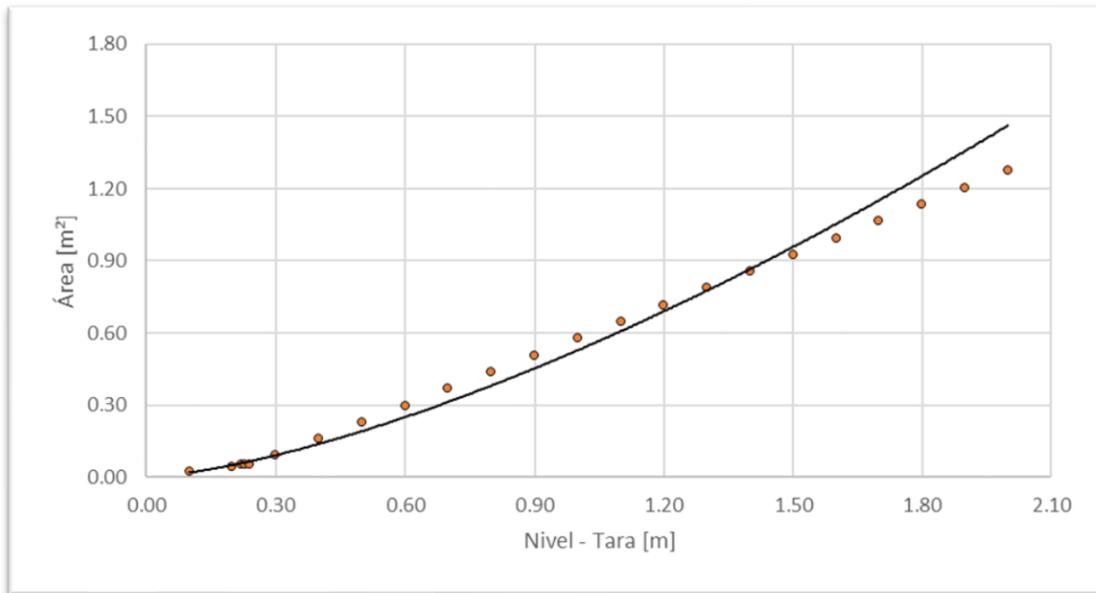


Figura 88. Nivel vs área, Quebrada Palogrande - Terminal de transportes

2.20 Quebrada Marmato – Planta CHEC

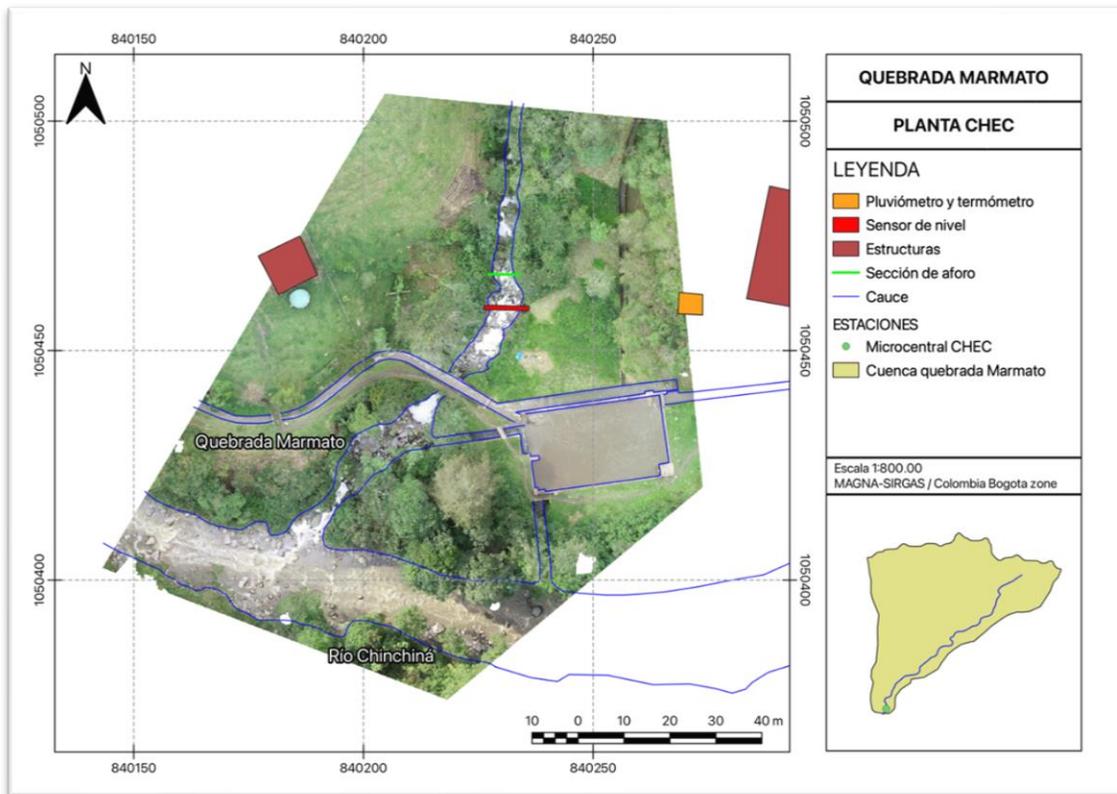


Figura 89. Vista en planta, Quebrada Marmato - Planta CHEC.

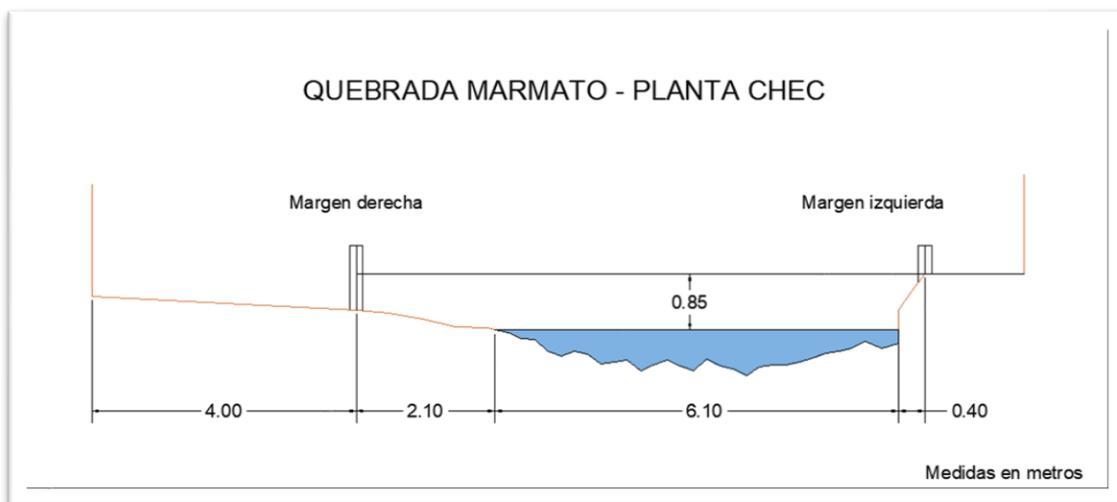


Figura 90. Sección transversal, Quebrada Marmato - Planta CHEC, con medidas hechas en un cierto momento.

Tabla 18. Resumen de Resultados, Quebrada Marmato - Planta CHEC

ESTACIÓN		QUEBRADA MARMATO - PLANTA CHEC								
LATITUD	N 5° 3' 3.68"	LONGITUD	W 75° 31' 5.08"	ELEVACIÓN (msnm)	1788					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
21/11/2017	0.665	6.700	0.400	7.320	5.600	2.508	0.103	2.578	0.266	0.068
6/12/2017	0.497	6.000	0.500	6.540	5.560	2.491	0.117	1.910	0.223	0.083
5/01/2018	0.602	7.050	0.300	8.310	5.580	2.468	0.087	2.503	0.217	0.052
24/02/2018	0.685	6.100	0.400	6.850	5.490	2.464	0.115	2.400	0.277	0.014
3/07/2019	0.480	6.400	0.600	6.900	5.640	2.365	1.638	0.136	0.223	0.086
30/07/2019	0.496	5.500	0.460	6.160	5.760	2.368	0.770	0.129	0.100	0.040
12/04/2021	0.518	4.600	0.460	5.160	5.600	2.328	0.050	3.802	0.188	0.090
20/09/2021	0.578	3.950	0.300	4.910	5.930	2.290	0.126	0.972	0.122	0.051
13/07/2022	0.395	1.850	0.185	2.722	5.500	2.410	0.234	0.428	0.100	0.076
27/01/2023	0.340	3.400	0.340	3.897	4.800	2.411	0.332	0.524	0.174	0.003
6/09/2023	0.457	3.200	0.320	3.649	5.450	2.638	0.138	0.848	0.117	0.417

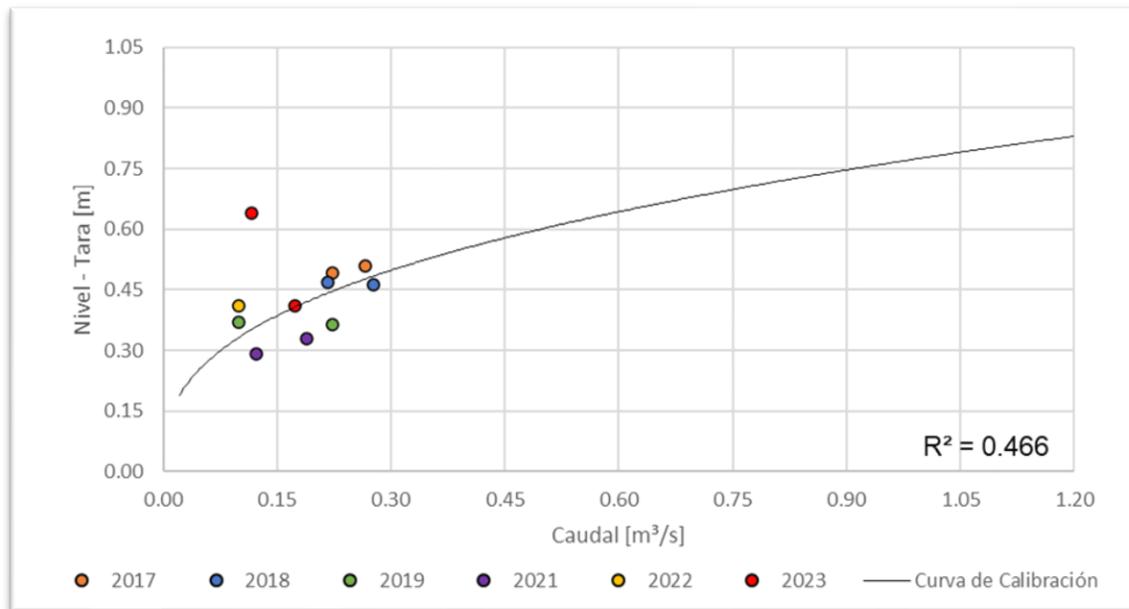


Figura 91. Curva nivel vs caudal, Quebrada Marmato - Planta CHEC

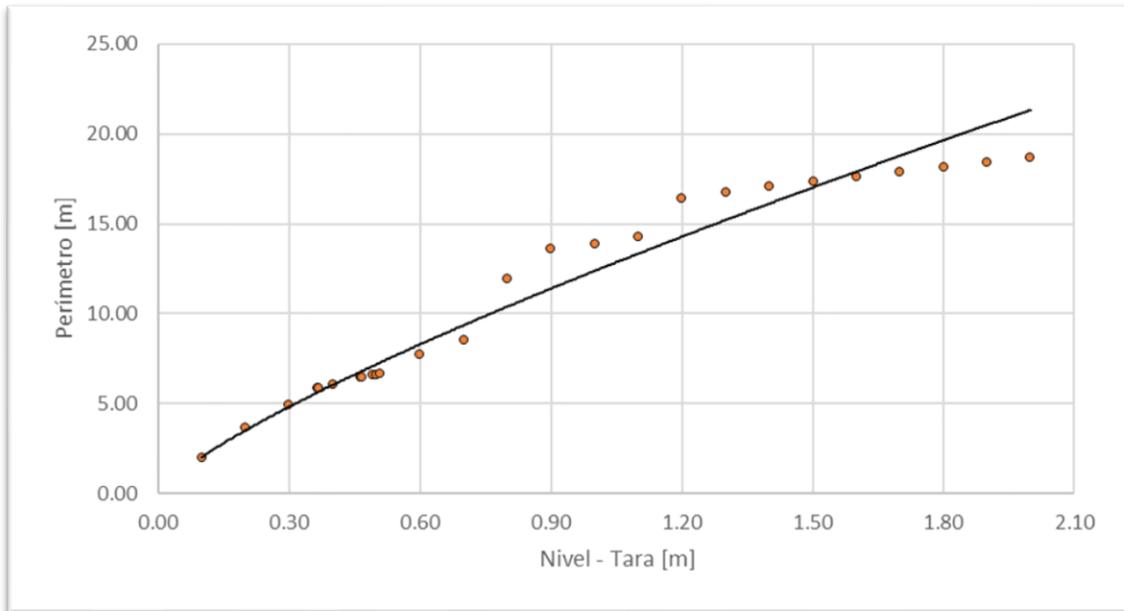


Figura 92. Nivel vs perímetro, Quebrada Marmato - Planta CHEC

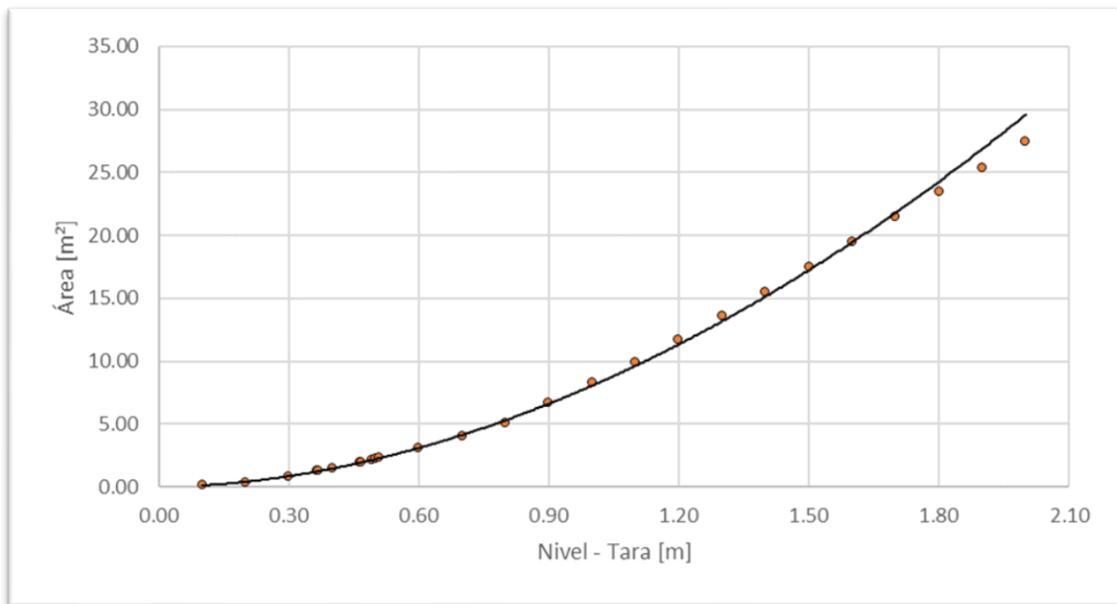


Figura 93. Nivel vs área, Quebrada Marmato - Planta CHEC

2.21 Quebrada La Francia – Los Puentes

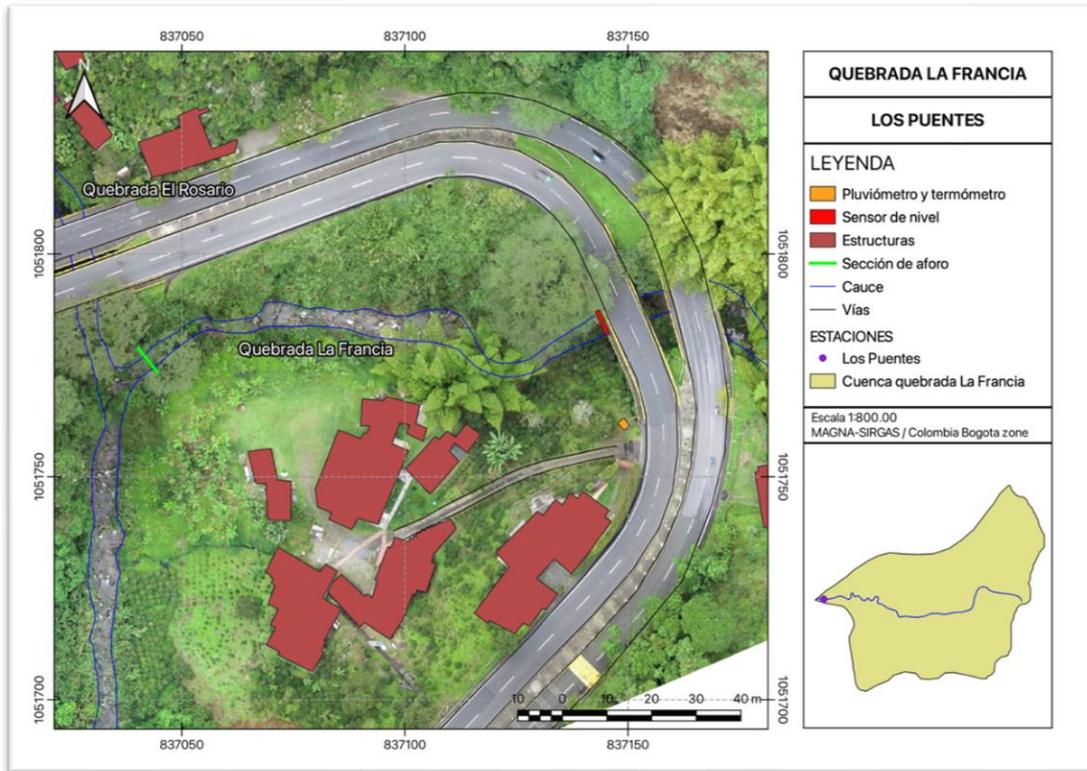


Figura 94. Vista en planta, Quebrada La Francia - Los Puentes.

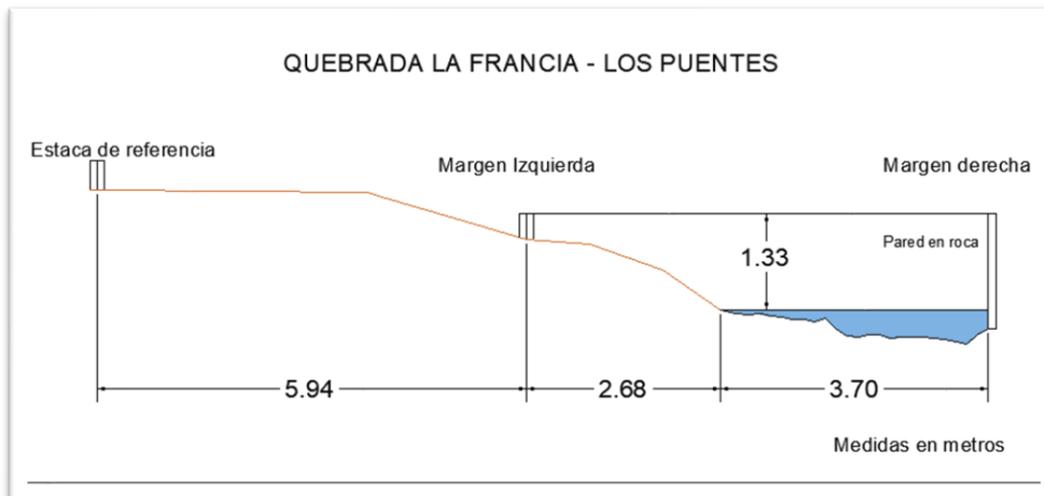


Figura 95. Sección transversal, Quebrada La Francia - Los Puentes, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 19. Resumen de resultados, Quebrada La Francia - Los Puentes

ESTACIÓN QUEBRADA LA FRANCIA - LOS PUENTES										
LATITUD	N 5° 3' 45.52"		LONGITUD	W 75° 32' 48.91"		ELEVACIÓN (msnm)	1631			
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
6/11/2017	0.455	3.340	0.400	3.480	11.890	2.159	0.165	1.026	0.169	0.037
13/12/2017	0.566	3.510	0.400	4.080	11.490	2.234	0.219	1.396	0.305	0.193
9/01/2018	0.550	3.510	0.400	4.150	11.610	2.177	0.163	1.309	0.214	0.050
23/02/2018	0.443	3.700	0.300	4.900	12.100	2.156	0.117	0.931	0.109	0.086
5/05/2019	0.388	3.520	0.300	4.040	12.250	2.085	0.088	1.006	0.089	0.039
29/06/2019	0.245	3.000	0.300	3.220	12.330	2.081	0.085	0.453	0.038	0.005
19/04/2021	0.180	2.300	0.200	2.380	11.950	2.165	0.181	0.275	0.050	0.173
30/09/2021	0.310	3.750	0.300	4.180	12.100	2.097	0.120	0.482	0.058	0.008
11/07/2022	0.275	3.450	0.345	3.521	11.900	2.102	0.247	0.420	0.104	0.029
27/01/2023	0.220	2.050	0.200	2.184	11.950	2.115*	0.376	0.271	0.102	0.005
5/09/2023	0.135	2.300	0.230	0.235	11.940	2.100	0.251	0.196	0.049	0.021

*Medida de sensor inconsistente durante el aforo, nivel tomado con base en la altura desde el sensor hasta la superficie del agua.

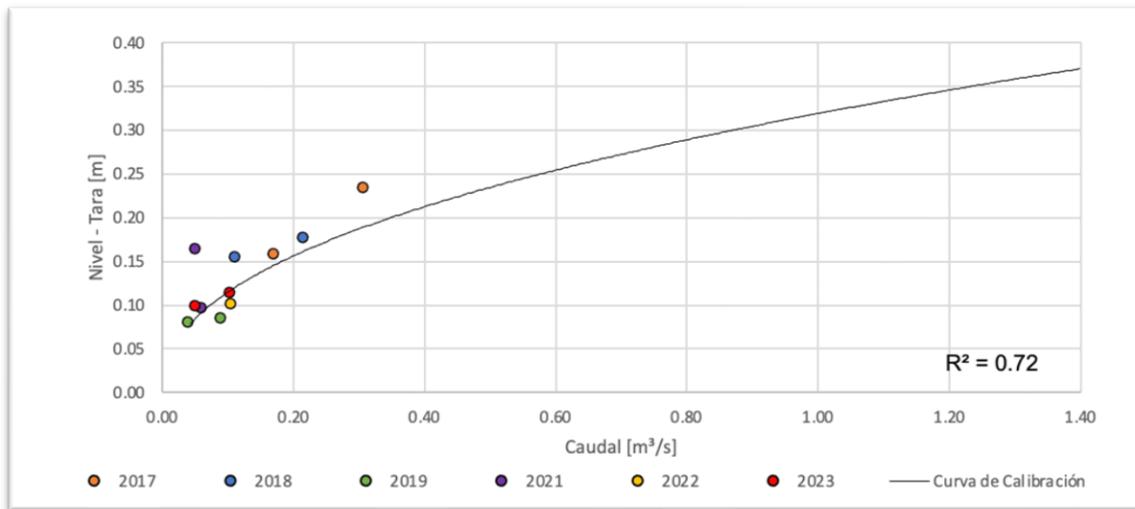


Figura 96. Curva nivel vs caudal, Quebrada La Francia - Los Puentes

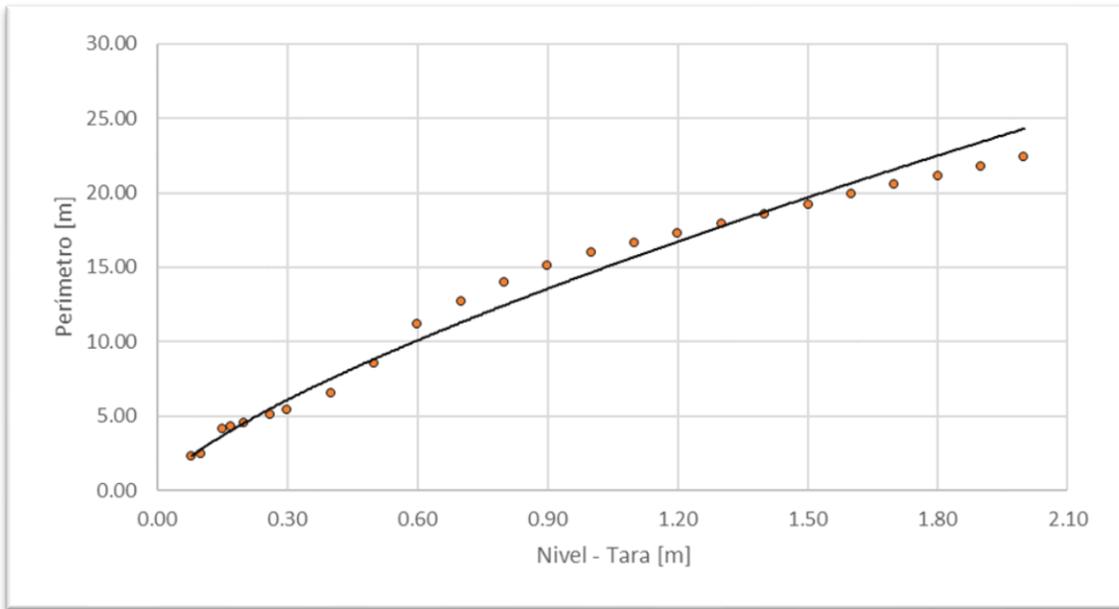


Figura 97. Nivel vs perímetro, Quebrada La Francia - Los Puentes

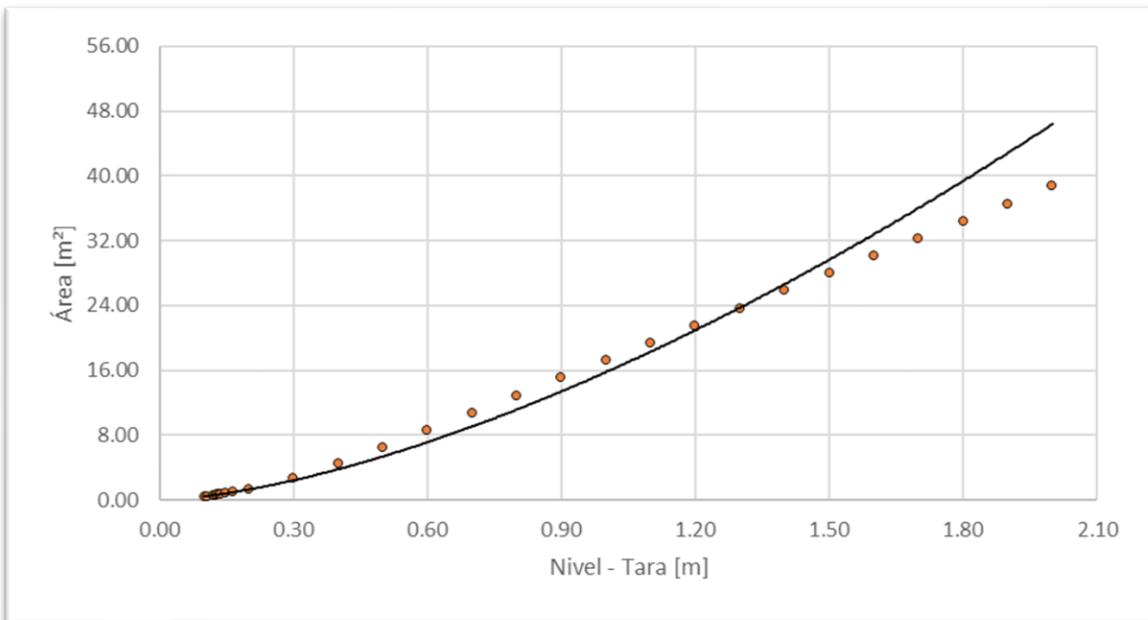


Figura 98. nivel vs área, Quebrada La Francia - Los Puentes

2.22 Quebrada Las Pavas – Autopistas del Café

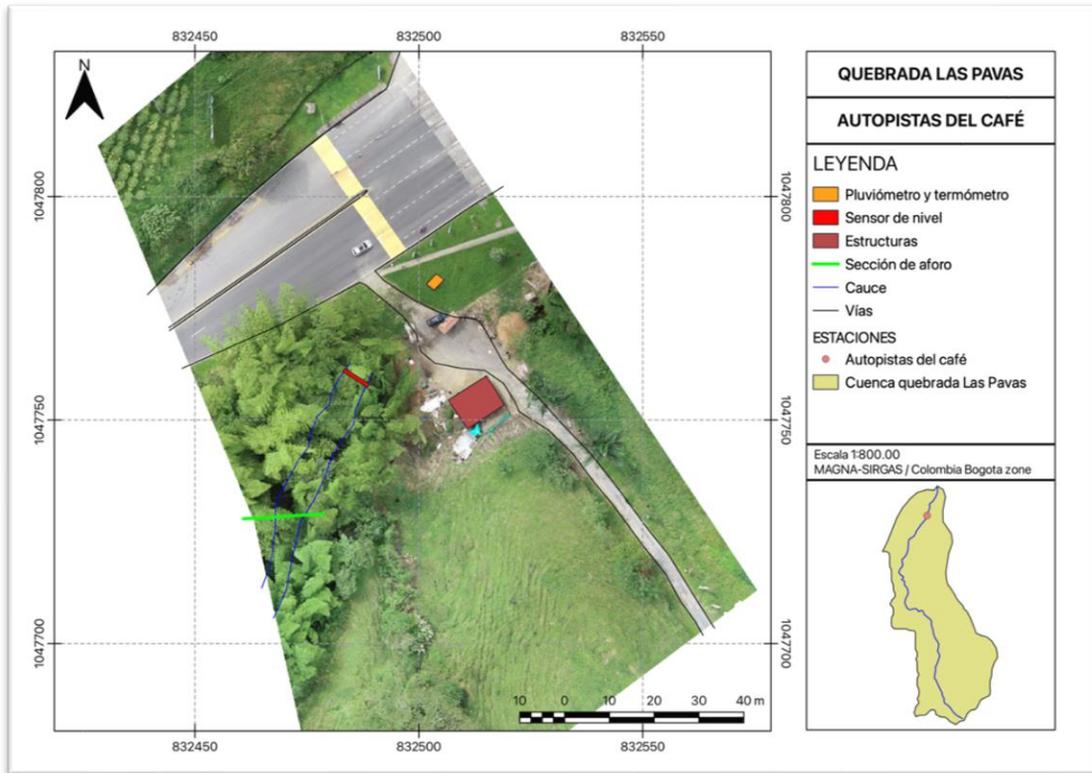


Figura 99. Vista en planta, Quebrada Las Pavas - Autopistas del Café.

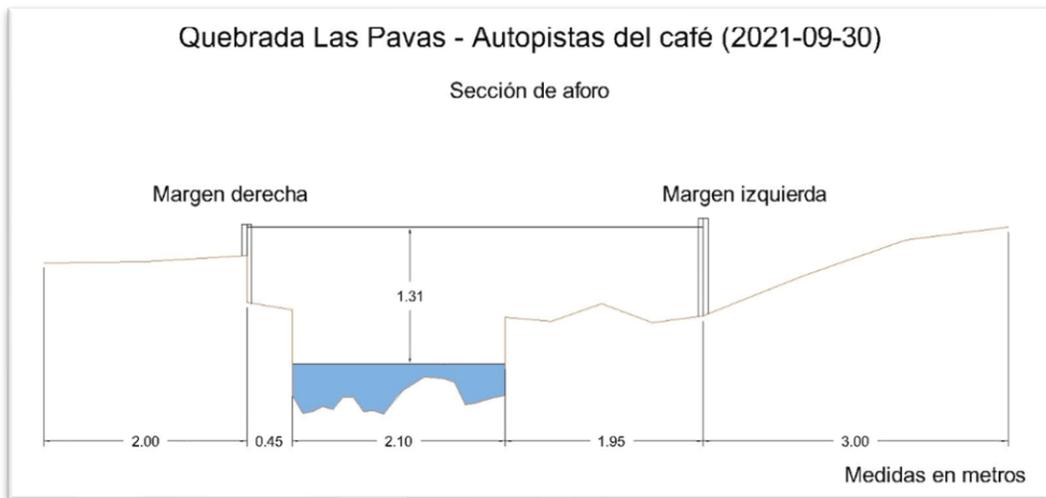


Figura 100. Sección transversal, Quebrada Las Pavas - Autopistas del Café, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 20. Resumen de resultados, Quebrada Las Pavas - Autopistas del Café

ESTACIÓN		QUEBRADA LAS PAVAS - AUTOPISTAS DEL CAFÉ								
LATITUD	N 5° 1' 33.98"	LONGITUD	W 75° 35' 16.77"	ELEVACIÓN (msnm)	1222					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
6/11/2017	0.198	3.910	0.550	4.300	5.620	2.231	0.315	0.711	0.224	0.131
11/12/2017	0.108	3.910	0.500	4.110	5.680	2.296*	1.444	0.264	0.381	0.238
9/01/2018	0.090	3.910	0.500	4.030	5.590	2.250	0.999	0.177	0.177	0.071
23/02/2018	0.116	3.910	0.300	4.170	5.530	2.306	0.322	0.342	0.110	0.041
5/05/2019	0.270	3.300	0.300	3.580	5.710	2.316	0.315	0.584	0.184	0.024
28/06/2019	0.316	3.100	0.280	3.300	5.760	2.294	0.095	0.521	0.049	0.091
31/07/2019	0.217	2.600	0.240	2.870	5.800	2.223	0.058	0.318	0.019	0.068
19/04/2021	0.293	3.500	0.300	3.600	5.300	2.618*	0.112	0.519	0.058	0.460
30/09/2021	0.320	2.100	0.200	3.220	5.350	2.250	0.107	0.661	0.071	0.035
12/07/2022	0.290	4.900	0.490	5.101	5.500	2.464	0.118	0.862	0.102	0.211
27/01/2023	0.290	2.300	0.230	2.617	5.400	2.420*	0.201	0.383	0.077	0.187
8/09/2023	0.260	1.300	0.130	1.640	5.470	2.431**	0.196	0.199	0.039	0.253

*Nivel de sensor inconsistente respecto al caudal medido en campo. **Estación sin medida de nivel durante el día del aforo, nivel tomado con base en la altura desde el sensor hasta la superficie del agua.

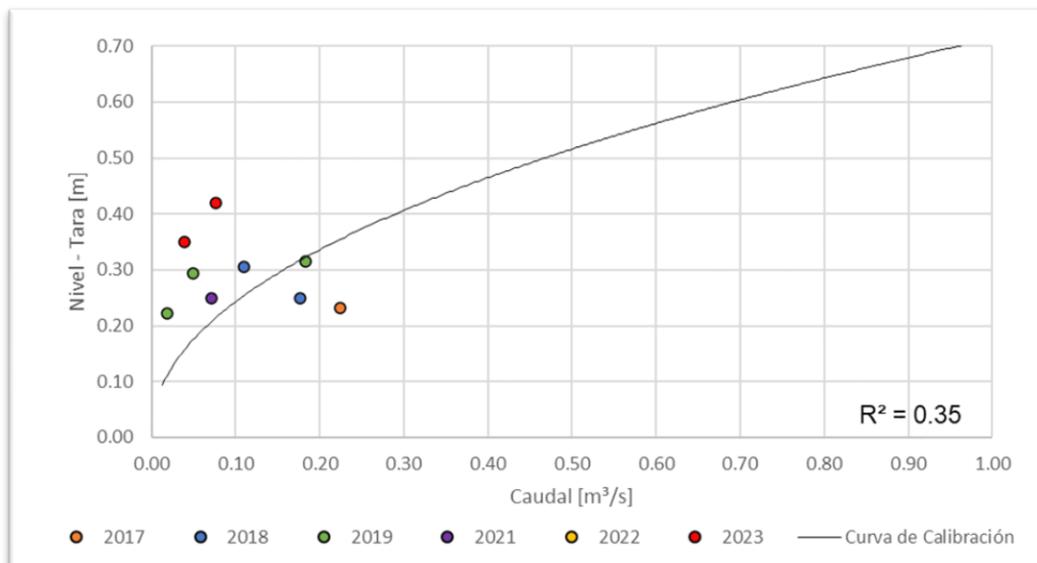


Figura 101. Curva nivel vs caudal, Quebrada Las Pavas - Autopistas del Café

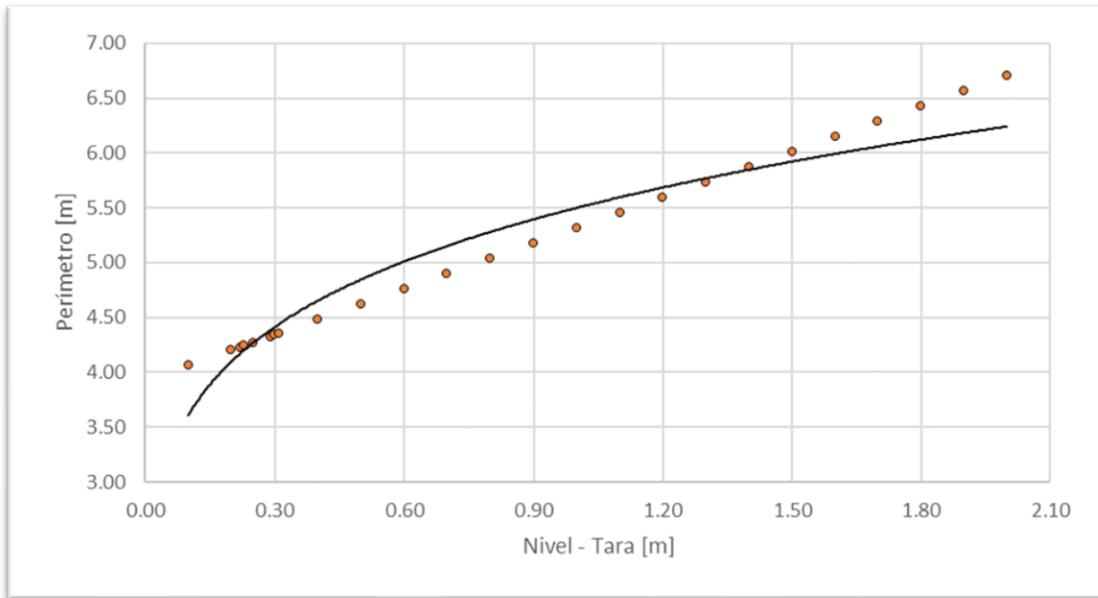


Figura 102. Nivel vs perímetro, Quebrada Las Pavas - Autopistas del Café

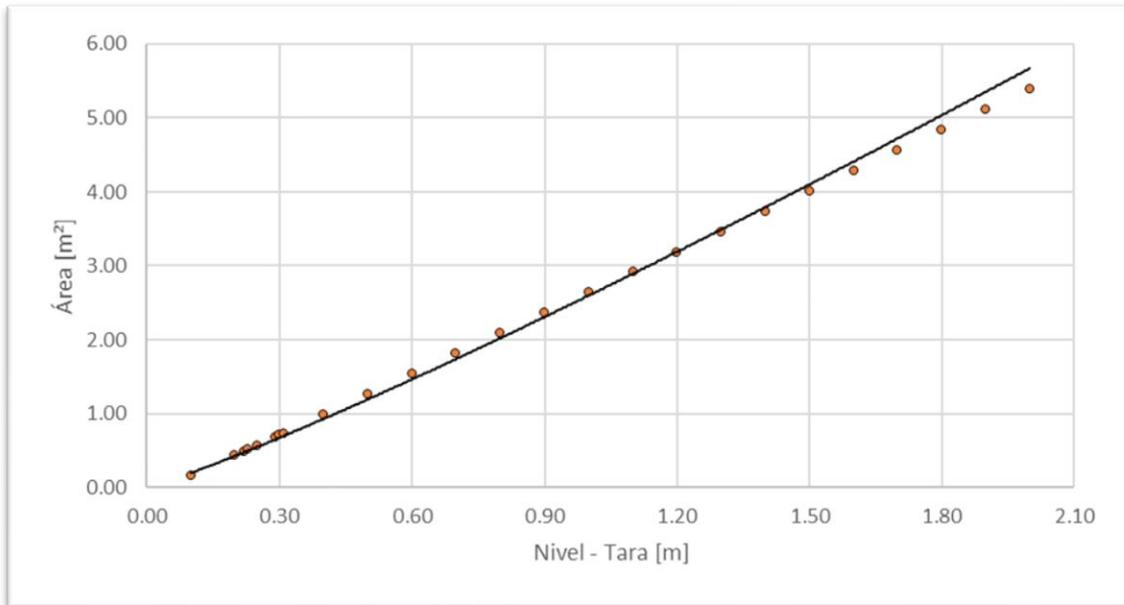


Figura 103. Nivel vs área, Quebrada Las Pavas - Autopistas del Café

Tabla 21. Resumen de resultados, Quebrada El Rosario - San Marcos de León

ESTACIÓN QUEBRADA EL ROSARIO - SAN MARCOS DE LEÓN										
LATITUD	N 5° 3' 50.14"			LONGITUD	W 75° 32' 51.47"			ELEVACIÓN (msnm)	1621	
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
6/11/2017	0.495	4.000	0.400	4.342	7.840	2.409	0.088	0.918	0.081	0.059
13/12/2017	0.347	4.400	0.400	4.875	7.580	2.669	0.225	0.991	0.223	0.238
9/01/2018	0.420	4.310	0.400	4.820	7.670	2.579	0.275	0.710	0.195	0.130
23/02/2018	0.365	4.050	0.300	4.640	7.740	2.509	0.153	0.874	0.134	0.104
5/05/2019	0.154	1.330	0.130	1.590	8.100	2.149	0.087	0.400	0.035	0.023
30/07/2019	0.123	1.250	0.120	1.390	8.200	2.049	0.166	0.105	0.017	0.017
19/04/2021	0.425	1.700	0.150	2.330	7.700	2.429	0.099	0.450	0.045	0.112
30/09/2021	0.290	1.920	0.200	2.260	7.850	2.399	0.142	0.315	0.045	0.087
11/07/2022	0.107	3.180	0.318	3.223	7.840	2.350	0.286	0.154	0.044	0.052
27/01/2023	0.120	2.340	0.230	2.406	7.790	2.273	0.430	0.165	0.071	0.018
5/09/2023	0.100	1.600	0.160	1.660	8.000	2.092	0.181	0.072	0.013	0.009

*Estación sin sensor durante los días de aforos, niveles tomados con base en la altura desde el sensor hasta la superficie del agua

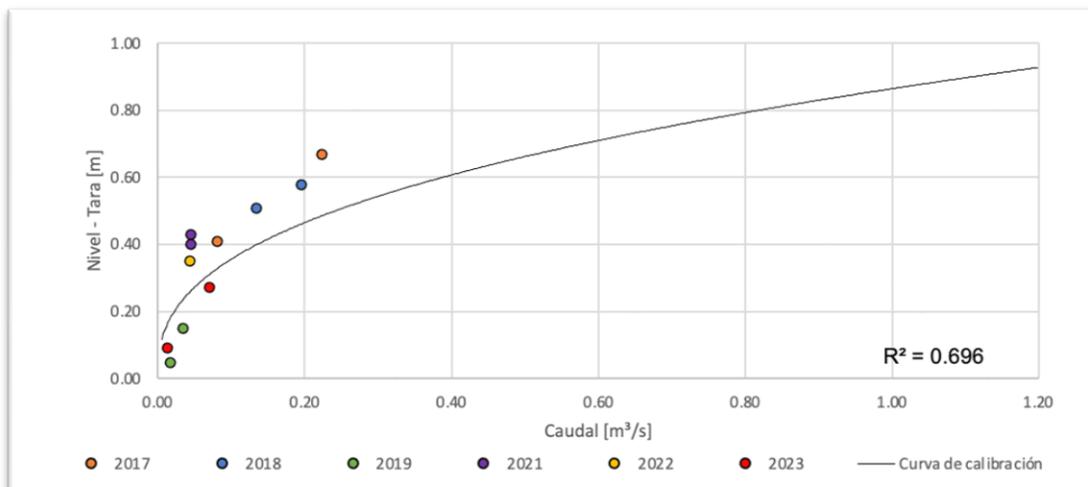


Figura 106. Curva nivel vs caudal, Quebrada El Rosario - San Marcos de León

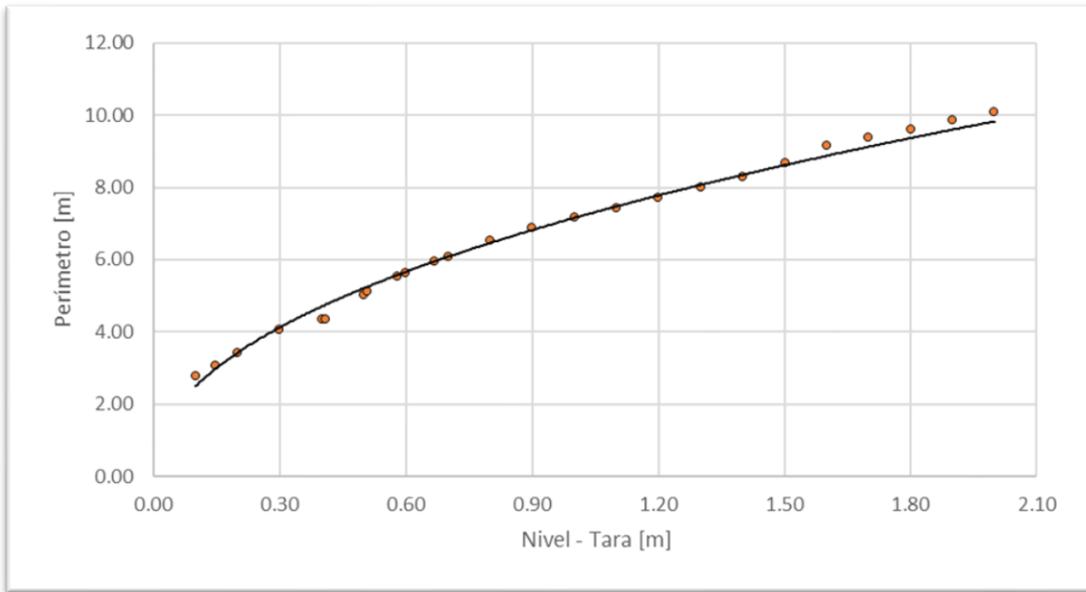


Figura 107. Nivel vs perímetro, Quebrada El Rosario - San Marcos de León

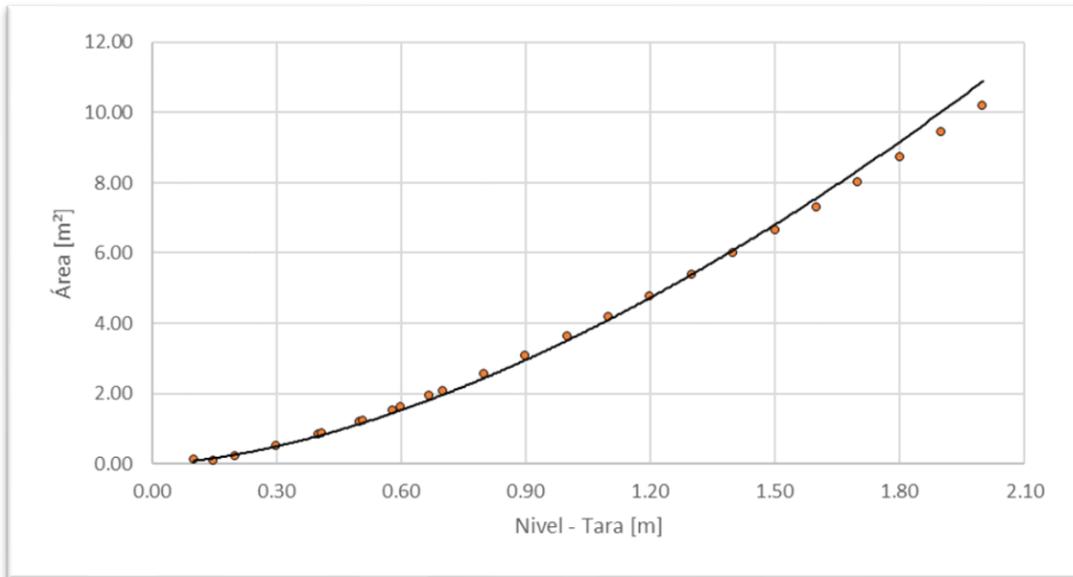


Figura 108. Nivel vs área, Quebrada El Rosario - San Marcos de León

2.24 Quebrada El Rosario – Autopistas

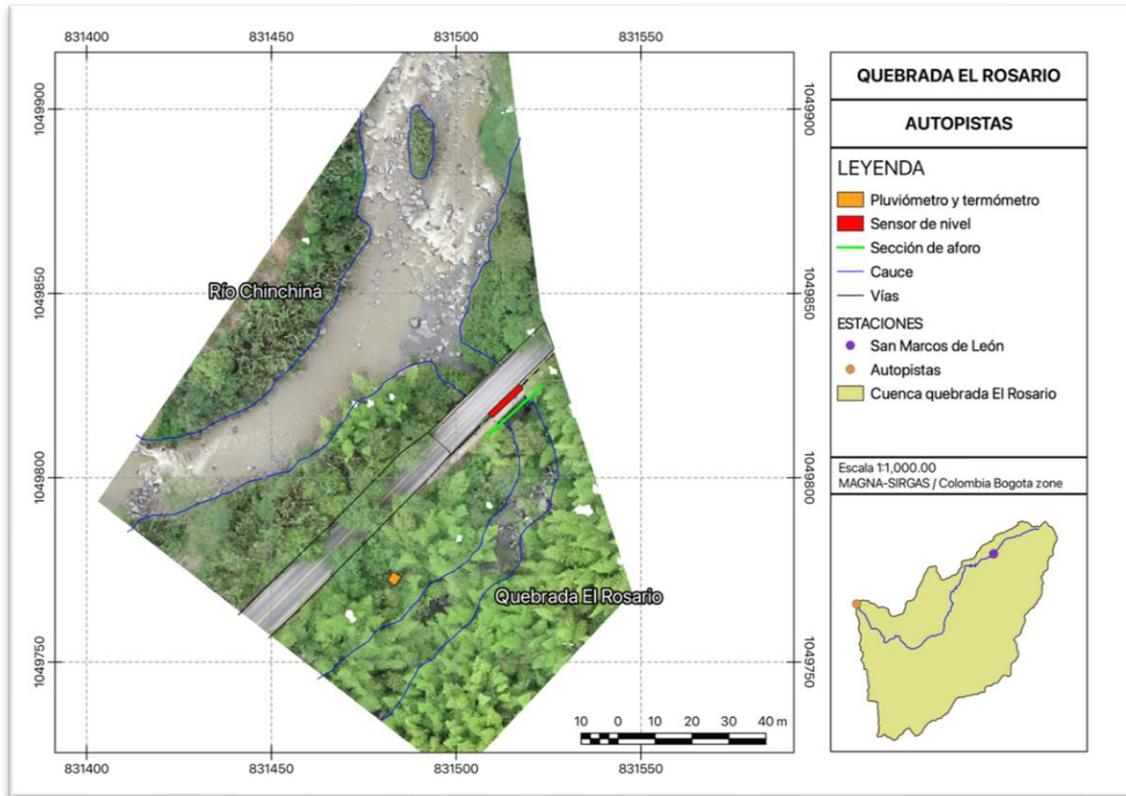


Figura 109. Vista en planta, Quebrada El Rosario – Autopistas.

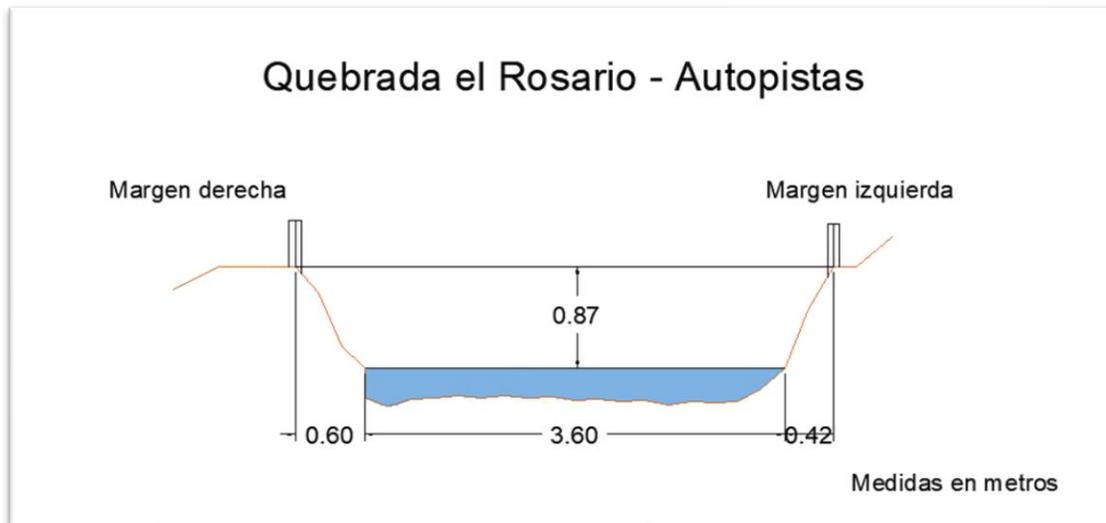


Figura 110. Sección transversal, Quebrada El Rosario - Autopistas, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 22. Resumen de resultados, Quebrada El Rosario - Autopistas

ESTACIÓN		QUEBRADA EL ROSARIO - AUTOPISTAS								
LATITUD	N 5° 2' 41"	LONGITUD	W 75° 35' 48"	ELEVACIÓN (msnm)	1130					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
27/10/2019	0.280	3.600	0.400	3.890	11.210	0.544	0.825	0.827	0.682	0.001
11/12/2019	0.330	3.600	0.400	3.990	11.150	0.594	0.910	0.904	0.822	0.009
19/04/2021	0.448	3.800	0.300	4.310	11.090	0.675	0.515	1.184	0.609	0.063
30/09/2021	0.560	4.150	0.400	5.010	10.900	0.859	0.495	1.795	0.888	0.084
12/07/2022	0.545	7.610	0.761	8.071	10.500	1.050	0.655	2.985	1.955	0.486
27/01/2023	0.370	6.000	0.600	6.099	10.220	0.770	0.714	1.308	0.934	0.240

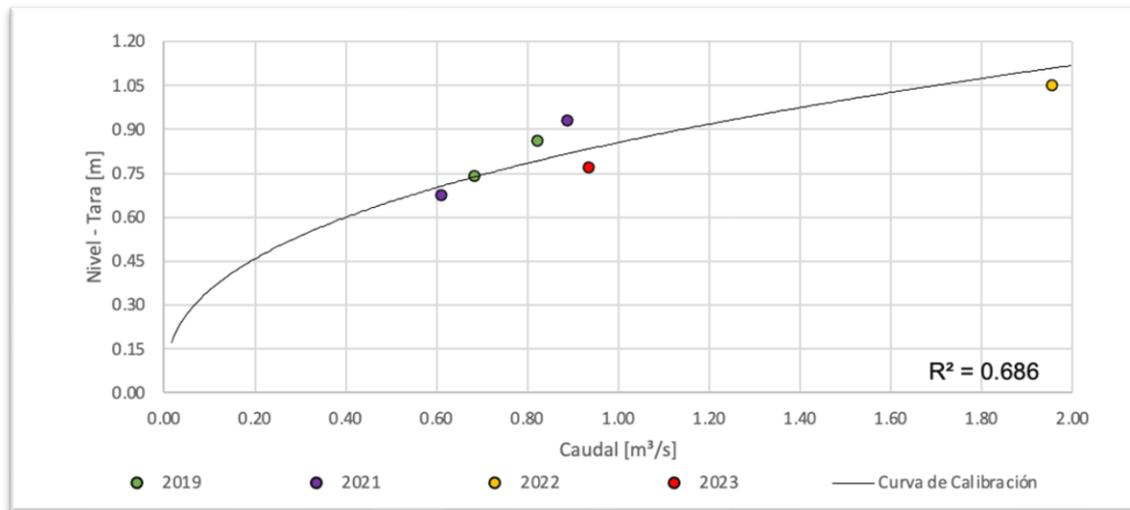


Figura 111. Curva nivel vs caudal, Quebrada El Rosario – Autopistas

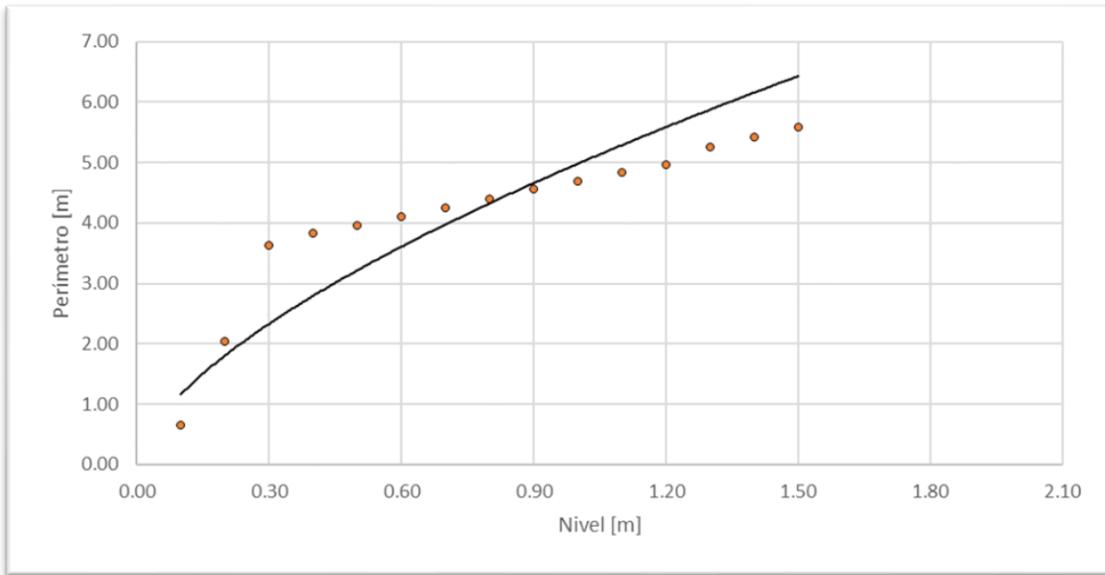


Figura 112. Nivel vs perímetro, Quebrada El Rosario – Autopistas

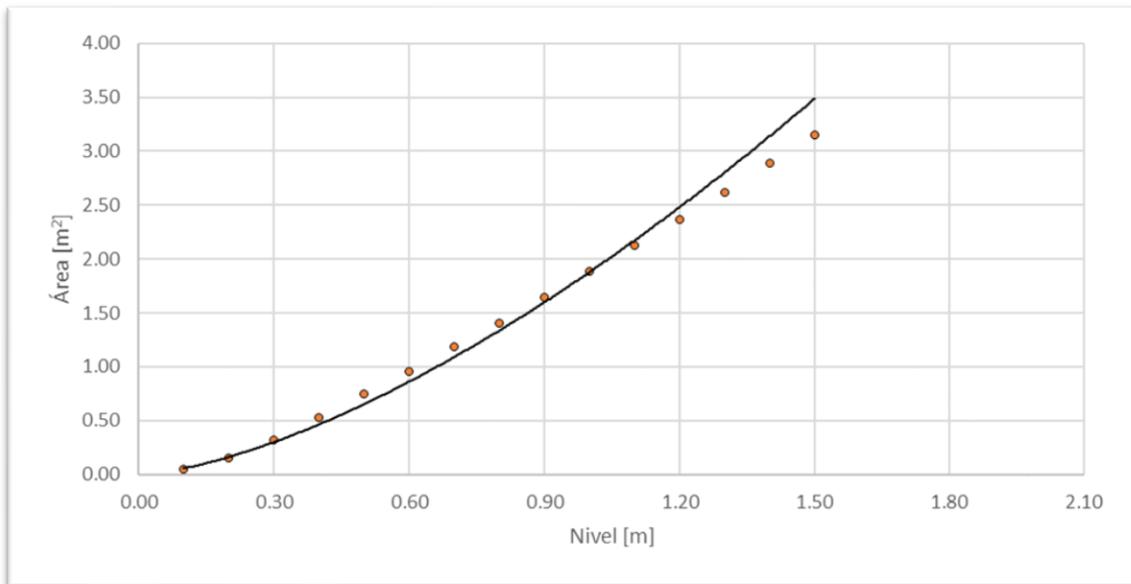


Figura 113. Nivel vs área, Quebrada El Rosario - Autopistas

2.25 Quebrada Manzanares – IBC

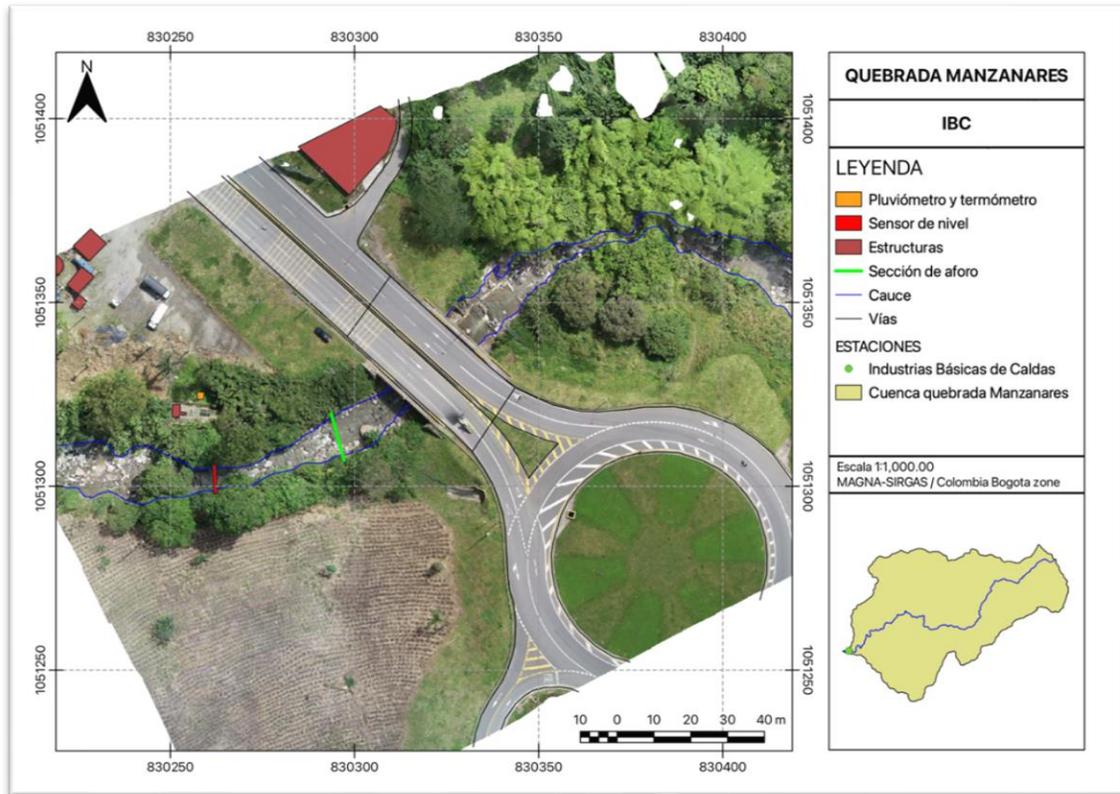


Figura 114. Vista en planta, Quebrada Manzanares - IBC.

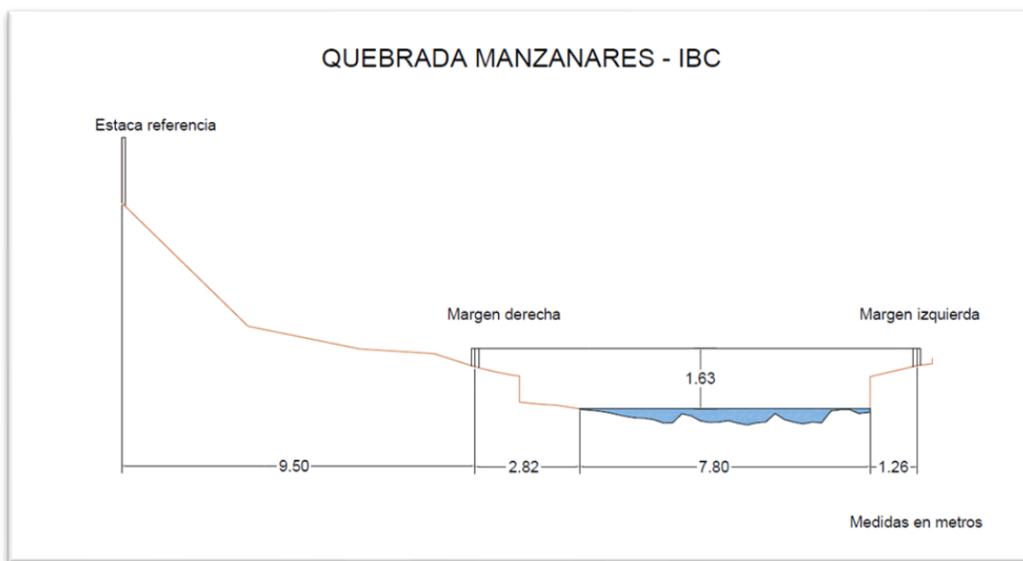


Figura 115. Sección transversal, Quebrada Manzanares - IBC, con medidas hechas en un cierto momento.

Tabla 23. Resumen de resultados, Quebrada Manzanares - IBC

ESTACIÓN		QUEBRADA MANZANARES - IBC								
LATITUD	N 5° 3' 3.68"	LONGITUD	W 75° 36' 27.04"	ELEVACIÓN (msnm)	1110					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
6/11/2017	0.557	6.700	0.600	7.030	6.700	2.147	0.433	2.086	0.904	0.625
11/12/2017	0.695	8.720	0.800	9.390	6.500	2.353	0.846	4.052	3.428	1.077
11/01/2018	0.544	8.000	0.800	8.600	6.620	2.297	0.630	2.483	1.565	0.022
23/02/2018	0.384	7.800	0.500	8.360	6.590	2.215	0.472	2.017	0.952	0.247
12/07/2022	0.447	6.930	0.693	7.220	NA	2.235*	0.399	1.770	0.706	0.167
27/01/2023	0.760	6.000	0.600	6.505	NA	2.280*	0.546	2.076	1.133	0.205
8/09/2023	0.290	3.500	0.350	3.607	NA	2.150*	0.358	0.630	0.226	0.290

*Estación sin sensor durante los días de aforos por reubicación, por esta razón no se tiene la altura desde el sensor hasta la superficie del agua, niveles tomados con base en la profundidad de la sección de aforo.

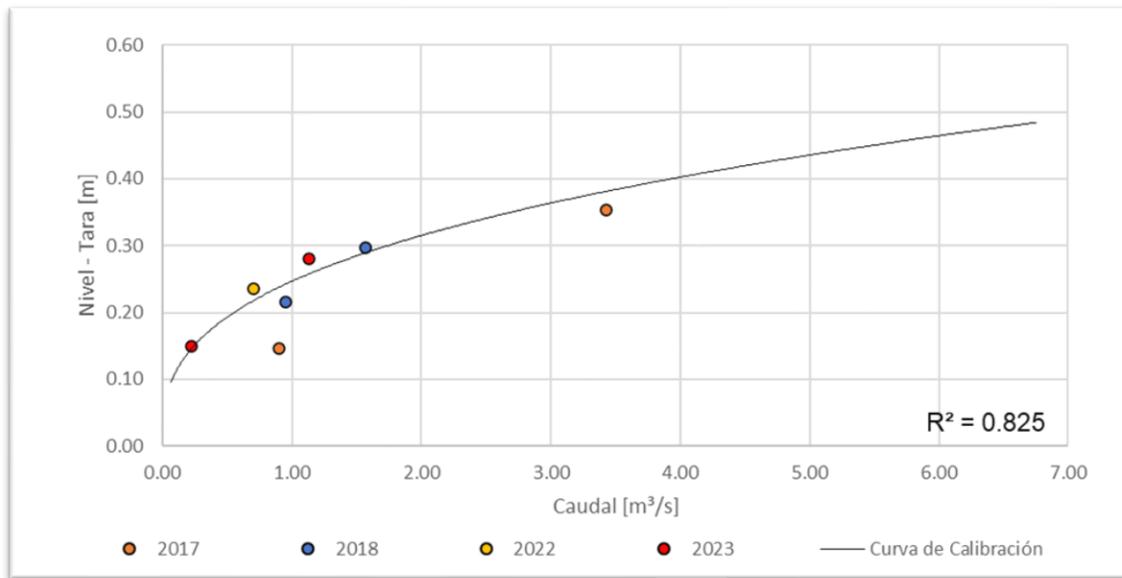


Figura 116. Curva nivel vs caudal, Quebrada Manzanares - IBC

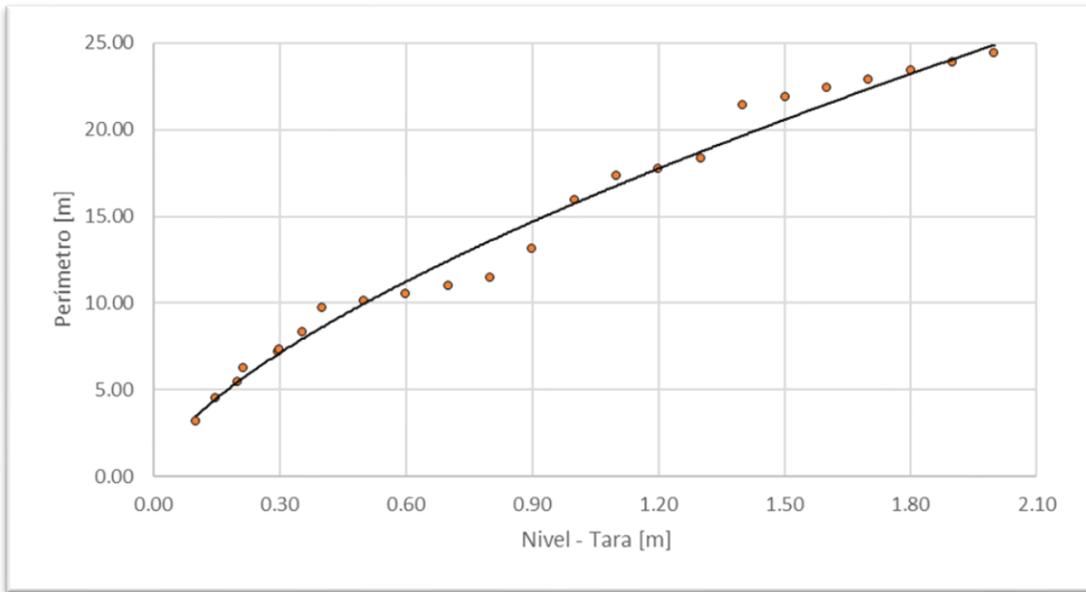


Figura 117. Nivel vs perímetro, Quebrada Manzanares – IBC

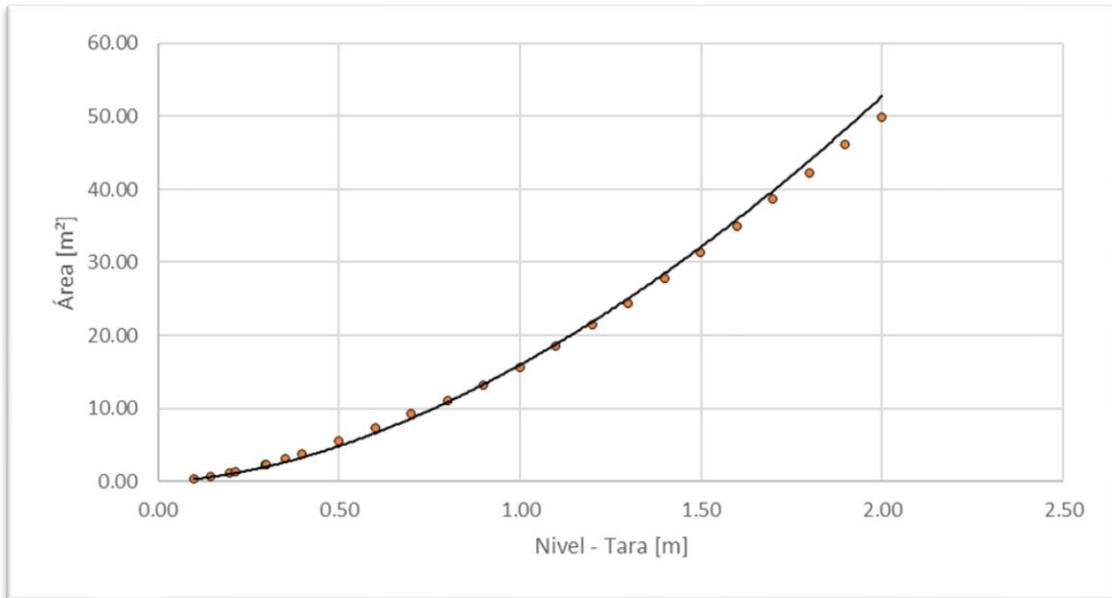


Figura 118. Nivel vs área, Quebrada Manzanares - IBC

2.26 Río Guacaica - CHEC

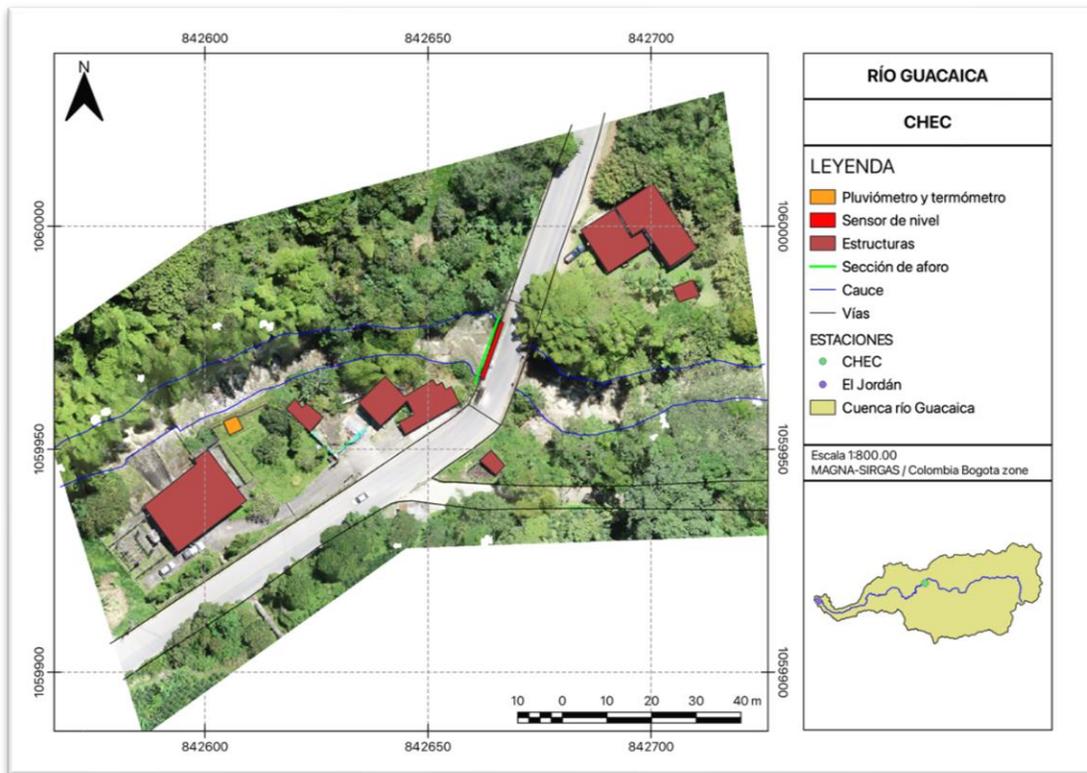


Figura 119. Vista en planta, Río Guacaica – CHEC.

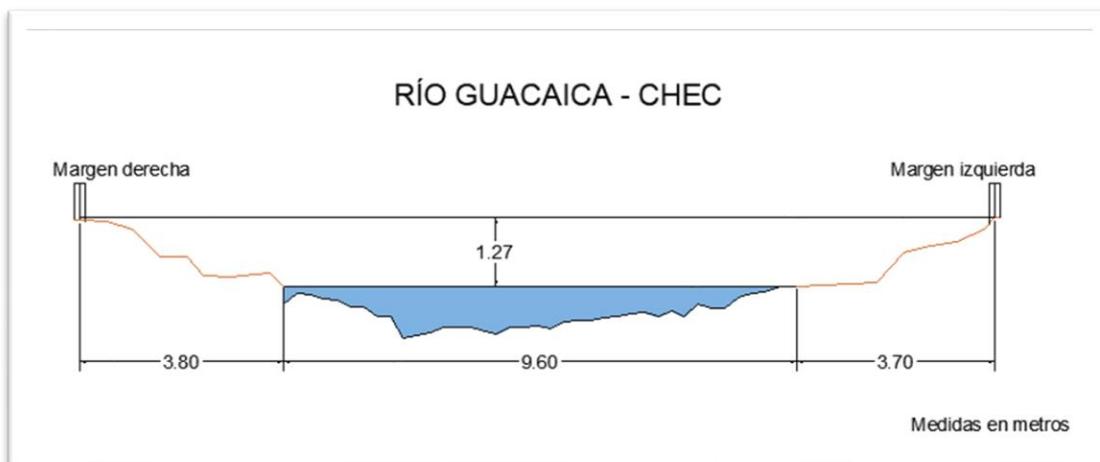


Figura 120. Sección transversal, Río Guacaica – CHEC, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 24. Resumen de resultados, Río Guacaica – CHEC

ESTACIÓN		RÍO GUACAICA - CHEC								
LATITUD	N 5° 8' 22.62"	LONGITUD	W 75° 29' 59.88"	ELEVACIÓN (msnm)	1621					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
9/11/2017	0.686	8.000	0.800	9.000	7.800	3.628	0.556	4.176	2.321	0.104
15/12/2017	1.183	12.000	1.000	13.830	6.800	3.795	0.654	8.057	5.270	2.103
11/01/2018	0.900	10.500	1.000	12.350	6.900	3.743	0.775	6.283	4.868	1.945
3/03/2018	0.973	9.600	0.500	10.990	7.020	3.776	0.843	4.465	3.762	0.685
22/06/2019	0.802	11.000	1.100	11.850	7.130	3.639	0.539	4.575	2.466	0.002
25/07/2019	0.739	10.300	0.600	10.700	7.220	3.579	0.433	2.788	1.209	1.019
6/04/2021	1.080	8.000	0.800	9.090	6.980	3.659	0.637	4.535	2.887	0.335
5/09/2021	1.270	8.300	0.800	9.270	6.600	4.210	0.760	5.583	4.241	1.356
15/07/2022	1.138	10.860	1.086	2.938	7.060	4.310	0.877	7.542	6.614	0.295
28/01/2023	0.880	12.700	1.270	12.938	7.750	3.540	0.415	6.642	2.758	0.676

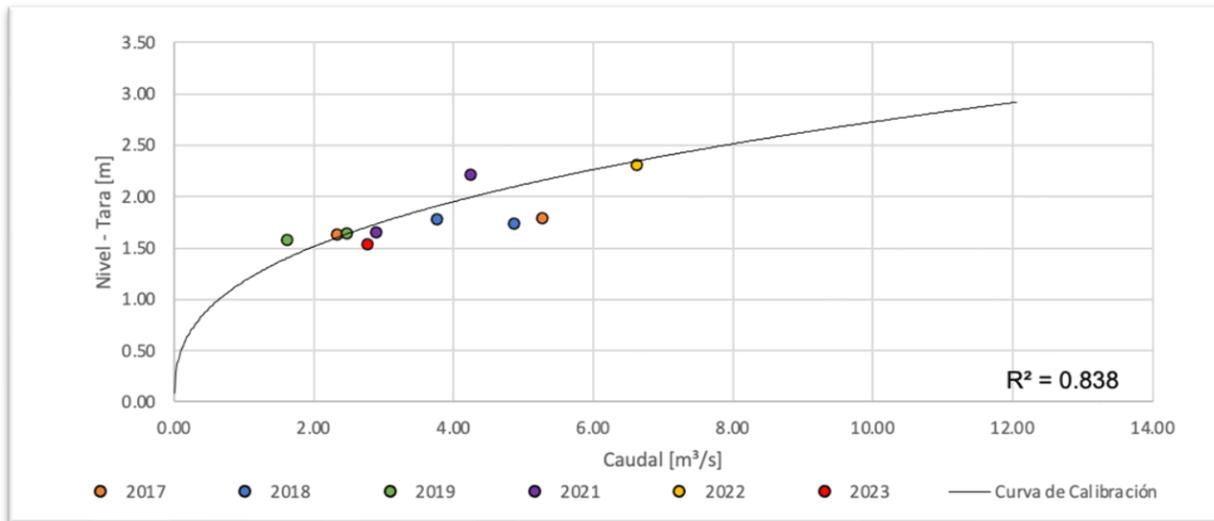


Figura 121. Curva nivel vs caudal, Río Guacaica – CHEC

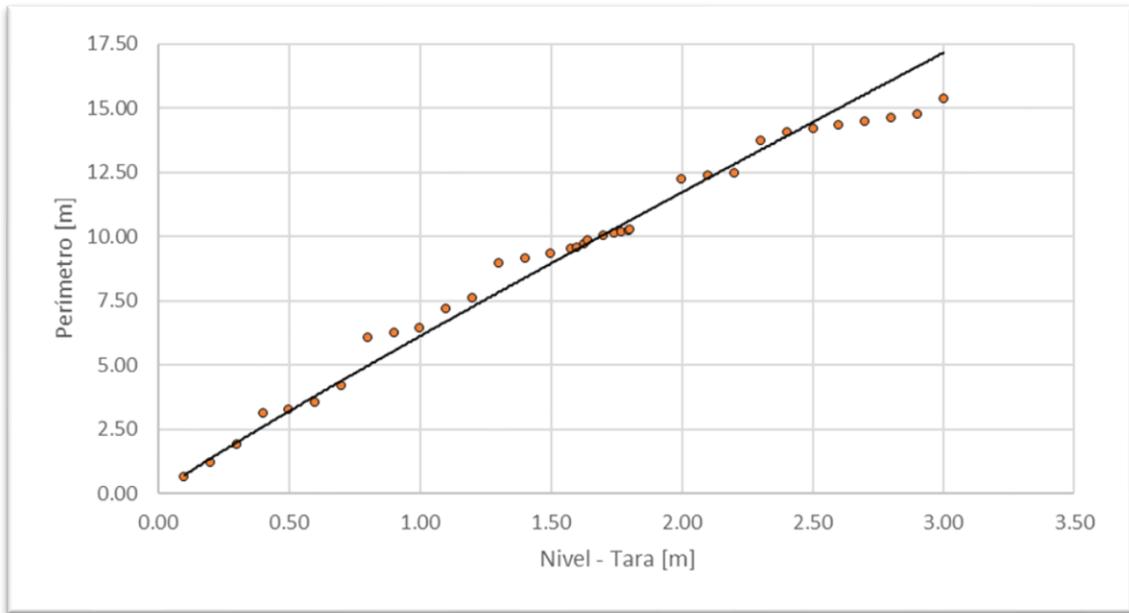


Figura 122. Nivel vs perímetro, Río Guacaica – CHEC

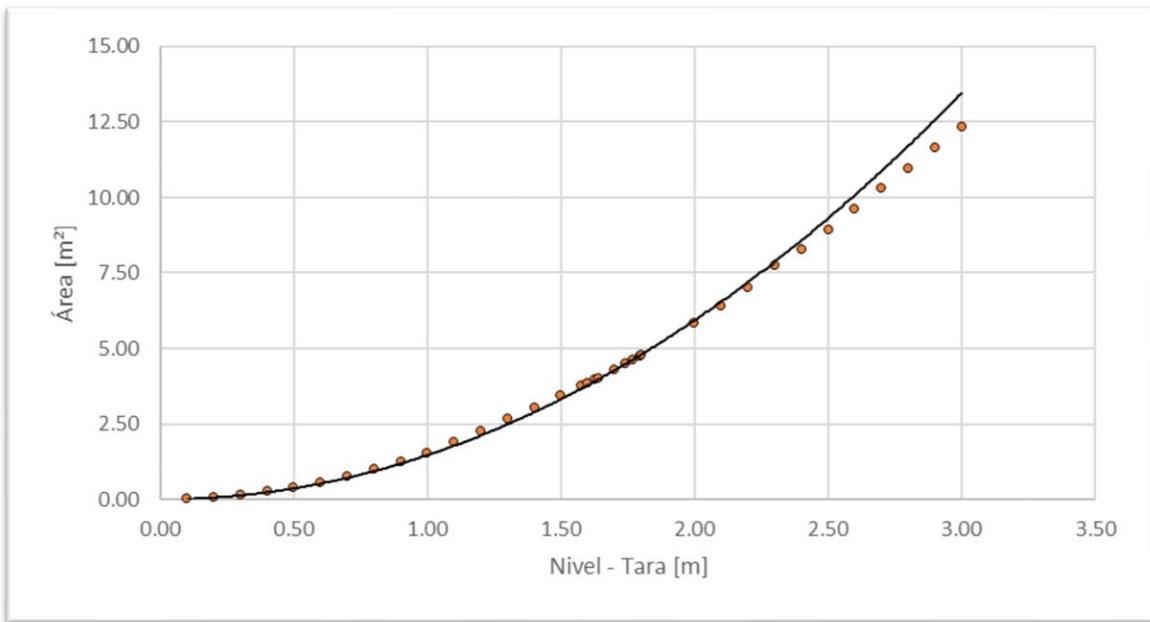


Figura 123. Nivel vs área, Río Guacaica – CHEC

2.27 Río Guacaica – El Jordán

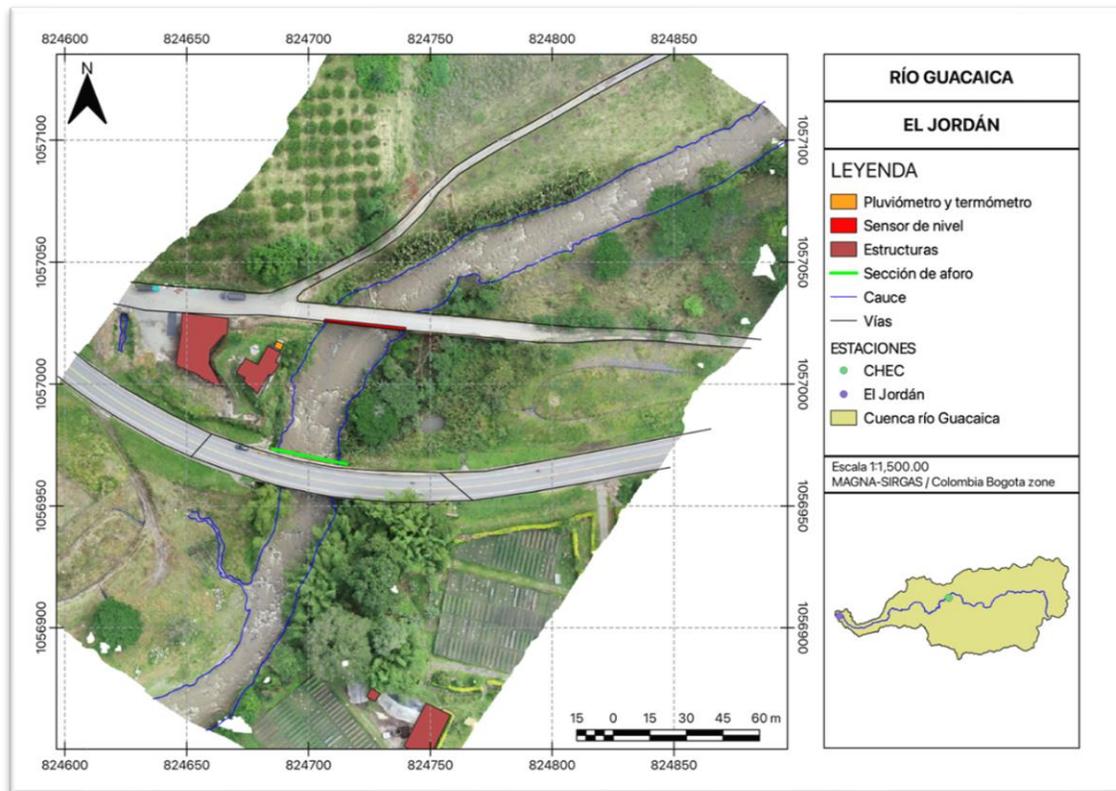


Figura 124. Vista en planta, Río Guacaica - El Jordán.

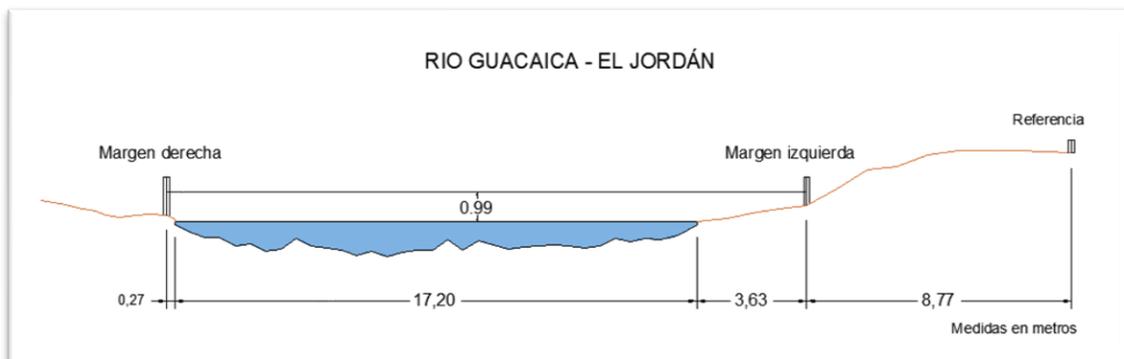


Figura 125. Sección Transversal, Río Guacaica - El Jordán, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 25. Resumen de resultados, Río Guacaica - El Jordán

ESTACIÓN		RÍO GUACAICA - EL JORDÁN								
LATITUD	N 5° 6' 36.37"	LONGITUD	W 75° 39' 28.77"	ELEVACIÓN (msnm)	909					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
29/11/2017	1.065	19.200	1.600	19.821	8.720	3.296	0.681	14.103	9.608	3.615
19/12/2017	0.960	17.000	1.500	17.905	8.850	3.210	0.582	11.621	6.765	1.799
11/01/2018	1.186	18.000	1.000	18.587	8.650	3.353	0.727	15.110	10.980	4.237
1/03/2018	1.020	17.200	1.000	18.451	8.830	3.226	0.552	12.547	6.924	1.773
25/05/2019	0.893	18.080	1.300	19.170	7.910	3.415	0.391	10.314	4.038	3.573
5/07/2019	0.920	21.300	1.500	22.150	8.650	3.191	0.508	12.886	6.544	1.790
1/08/2019	0.840	20.740	1.500	21.050	8.830	3.136	0.459	11.380	5.228	1.048
15/04/2021	0.820	19.600	1.600	20.340	8.530	3.370	0.833	10.689	8.902	1.928
17/09/2021	0.829	17.500	1.600	18.430	8.600	3.296*	0.663	9.707	6.434	0.444
12/07/2022	0.995	25.110	2.511	25.364	8.650	3.250*	0.778	15.569	12.118	6.687
28/01/2023	1.120	24.200	2.420	24.631	8.050	3.400*	0.795	16.455	13.081	5.682

*No hay datos de nivel medidos por el sensor durante el aforo, nivel tomado con base en la altura desde el sensor hasta la superficie del agua.

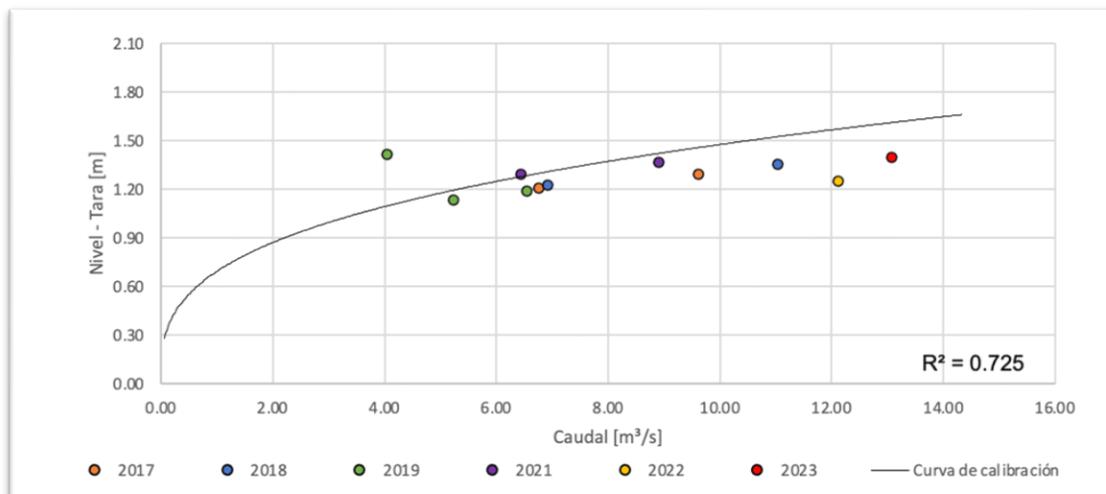


Figura 126. Curva nivel vs caudal, Río Guacaica - El Jordán

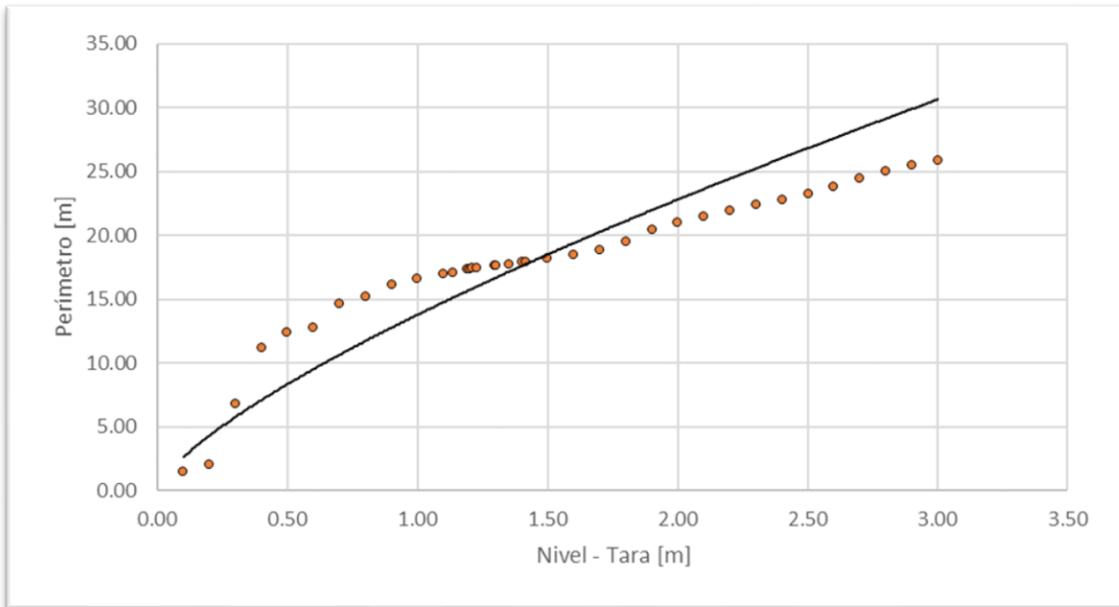


Figura 127. Nivel vs Perímetro, Río Guacaica - El Jordán

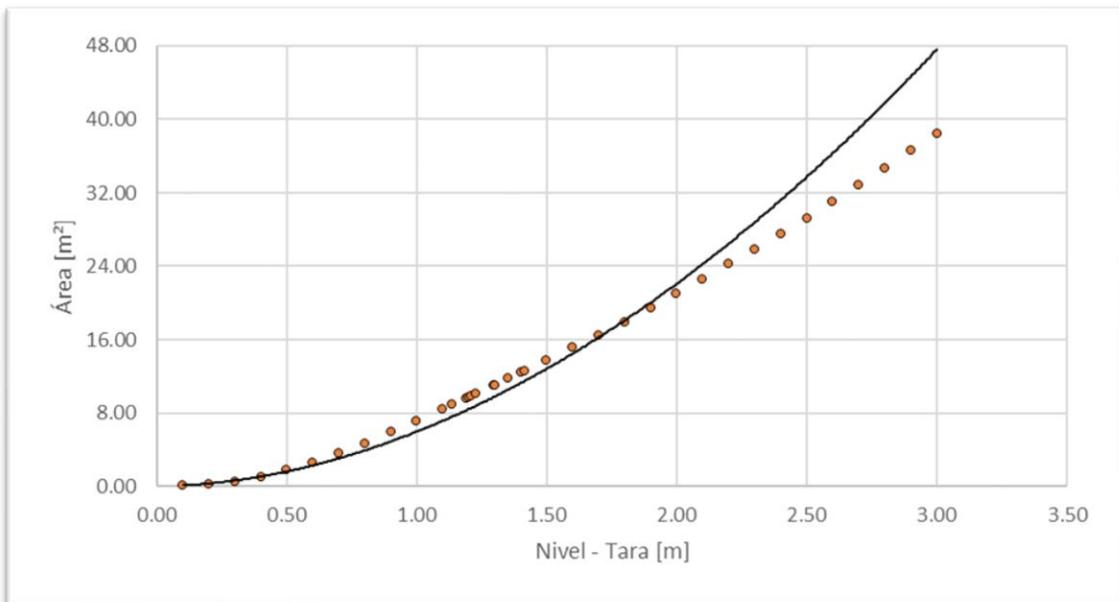


Figura 128. Nivel vs área, río Guacaica - El Jordán

2.28 Río Rioclaro – La Guayana

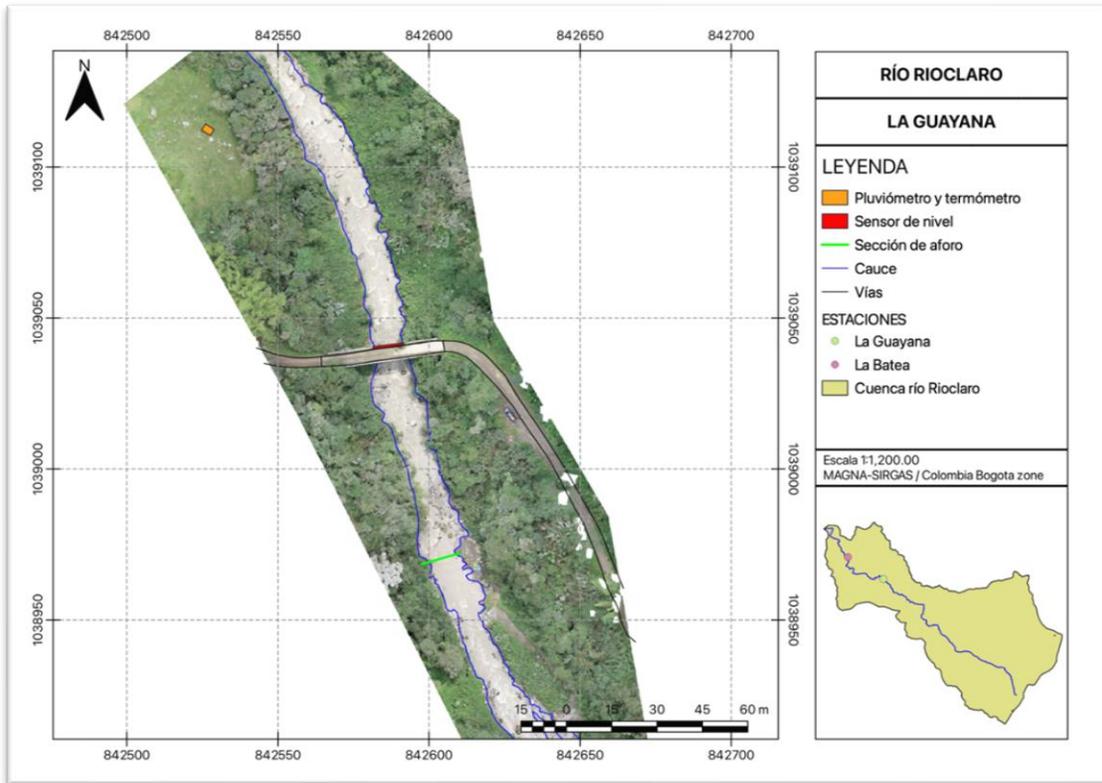


Figura 129. Vista en planta, Río Rioclaro - La Guayana.

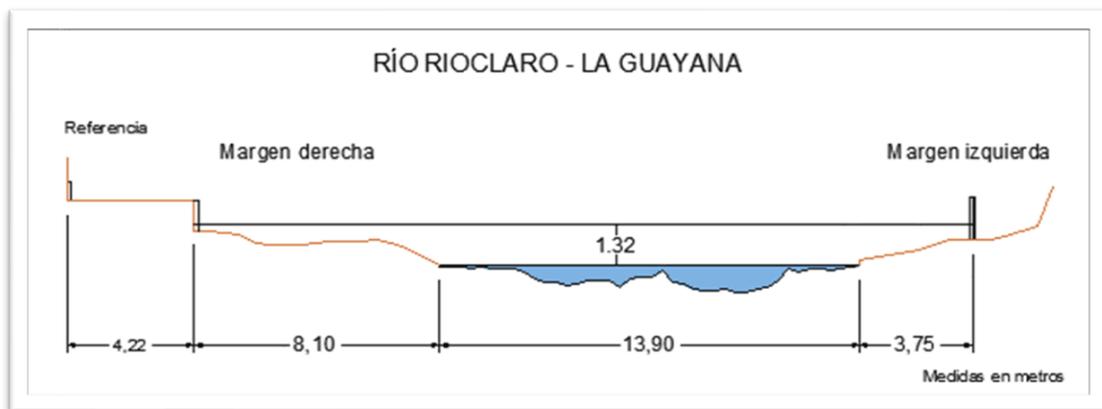


Figura 130. Sección transversal, Río Rioclaro – La Guayana, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 26. Resumen de resultados, Río Rioclaro – La Guayana

ESTACIÓN		RÍO RIOCLARO - LA GUAYANA								
LATITUD	N 4° 56' 48.69"	LONGITUD	W 75° 29' 46.98"	ELEVACIÓN (msnm)	1860					
Fecha aforos (dd-mm-aa)	SECCIÓN DE AFORO				SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
8/11/2017	0.885	14.000	1.000	14.480	9.500	3.110	0.783	6.174	4.835	0.046
14/12/2017	0.895	13.800	1.000	14.293	9.260	3.245	0.749	6.692	5.010	1.286
12/01/2018	0.860	13.800	1.000	14.274	9.600	3.195	0.717	6.355	4.557	1.142
28/02/2018	0.897	13.900	0.700	14.900	9.440	3.233	0.807	6.143	4.957	1.199
5/04/2021	0.892	12.500	0.900	13.750	9.600	3.038	0.800	6.103	4.883	0.802
20/09/2021	0.831	13.020	1.000	13.810	9.650	2.988	0.721	6.145	4.428	0.800
13/07/2022	1.142	9.980	0.998	9.488	9.720	3.061	0.891	6.241	5.560	1.261
29/01/2023	0.960	11.700	1.170	12.052	9.800	2.976	0.371	6.426	2.385	1.142
6/09/2023	1.060	9.700	0.970	10.400	10.000	2.960*	0.917	6.848	6.276	1.490

*No hay datos de nivel medidos por el sensor durante el aforo, nivel tomado con base en la altura desde el sensor hasta la superficie del agua.

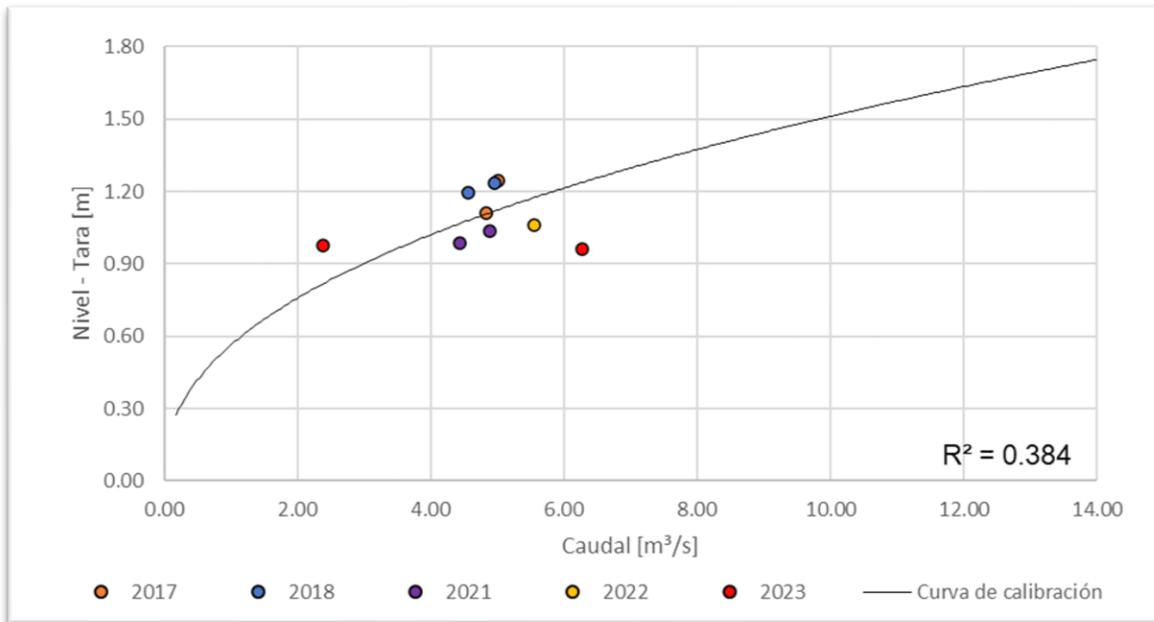


Figura 131. Curva nivel vs caudal, Río Rioclaro – La Guayana

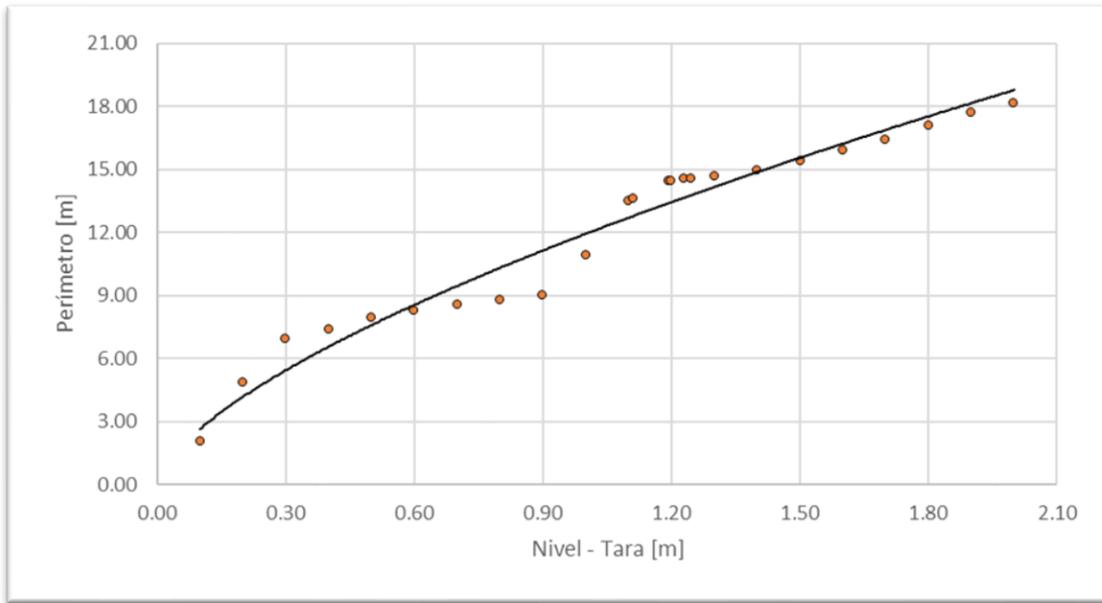


Figura 132. Nivel vs perímetro, Río Rioclaro - La Guayana

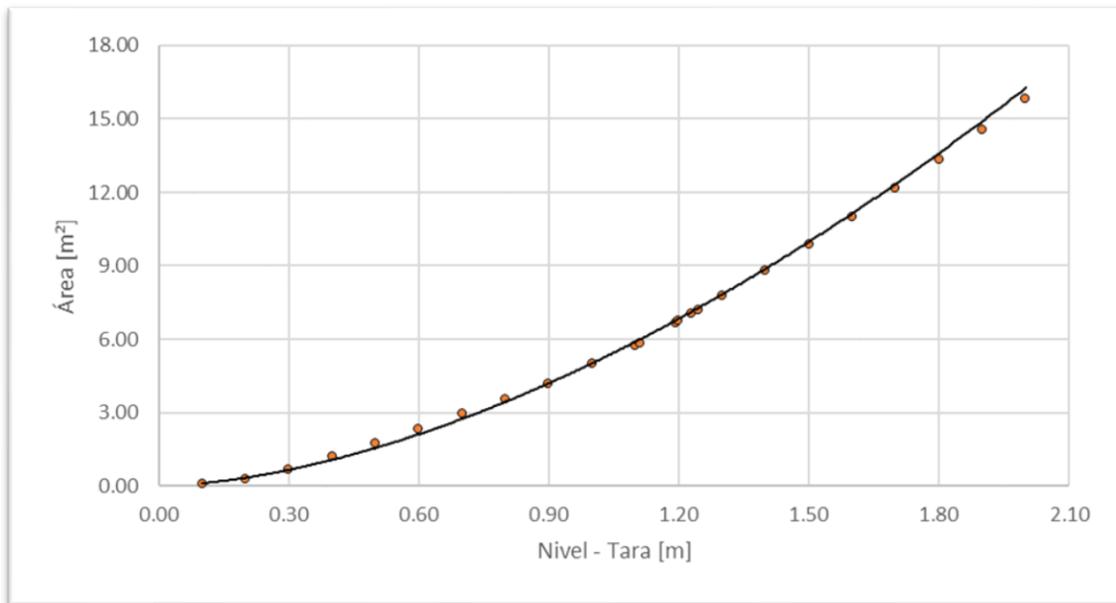


Figura 133. Nivel vs área, Río Rioclaro - La Guayana

2.29 Río Rioclaro – La Batea

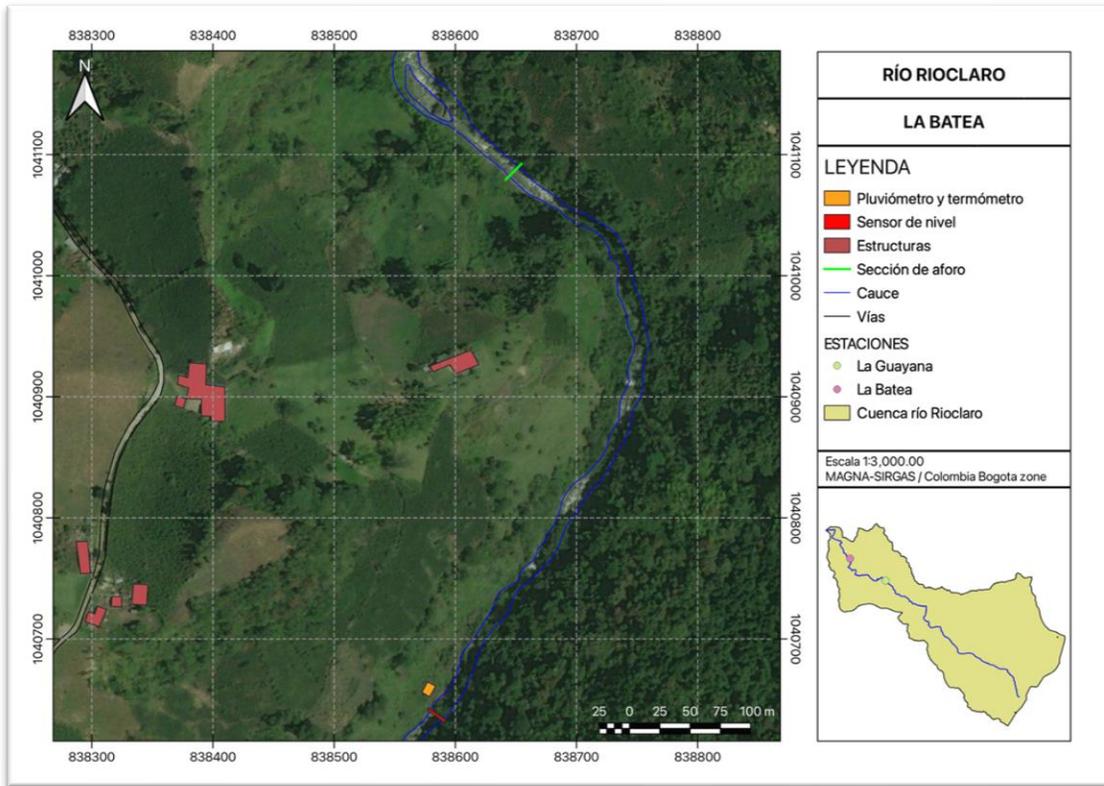


Figura 134. Vista en planta, Río Rioclaro - La Batea.

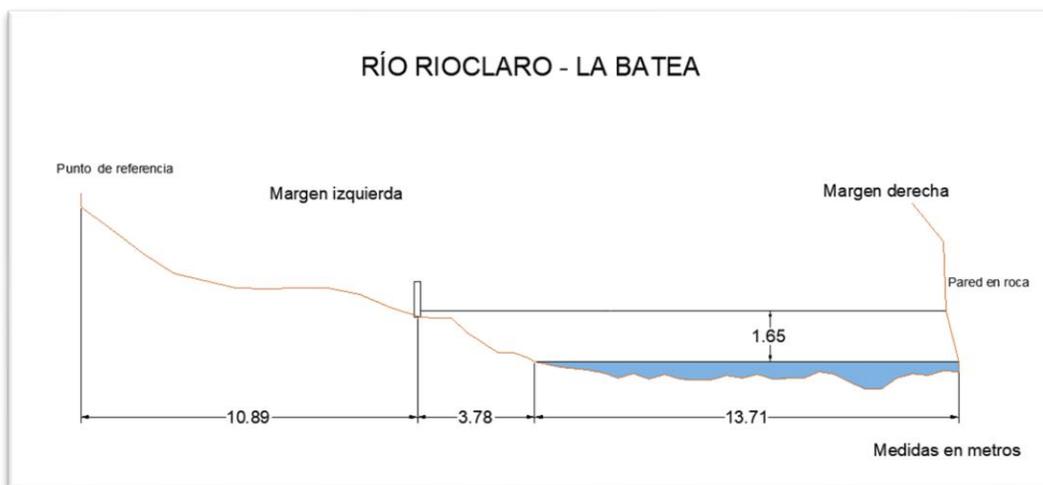


Figura 135. Sección transversal, Río Rioclaro - La Batea, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 27. Resumen de resultados, Río Rioclaro - La Batea

ESTACIÓN		RÍO RIOCLARO - LA BATEA								
LATITUD	N 4° 58' 20.28"	LONGITUD	W 75° 32' 2.23"	ELEVACIÓN (msnm)	1641					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
27/06/2018	0.736	13.440	1.000	14.098	5.965	3.052	0.987	5.518	5.447	1.347
26/07/2018	0.759	13.350	1.000	13.940	5.976	3.024	0.789	5.287	4.173	0.387
1/08/2018	0.886	13.710	1.000	14.550	5.933	3.067	0.640	6.688	4.277	0.014
3/08/2018	0.819	13.540	1.000	14.180	5.962	3.038	0.670	6.140	4.116	0.175
18/05/2018	0.600	13.600	0.900	14.140	5.750	3.250*	0.817	4.847	3.961	2.169
20/06/2019	0.558	13.250	1.000	14.920	6.082	2.923	0.811	4.536	3.677	0.865
26/07/2019	0.498	13.000	1.000	13.430	6.108	2.909	0.776	4.415	3.426	0.737
11/12/2020	0.560	14.100	1.000	14.470	6.100	2.910	0.483	5.830	2.818	0.119
1/10/2021	0.584	13.000	1.000	13.520	5.665	3.336*	0.501	5.410	2.712	5.432
16/11/2021	0.750	13.900	1.000	14.350	5.687	3.330	1.069	6.686	7.145	0.899

*Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo.

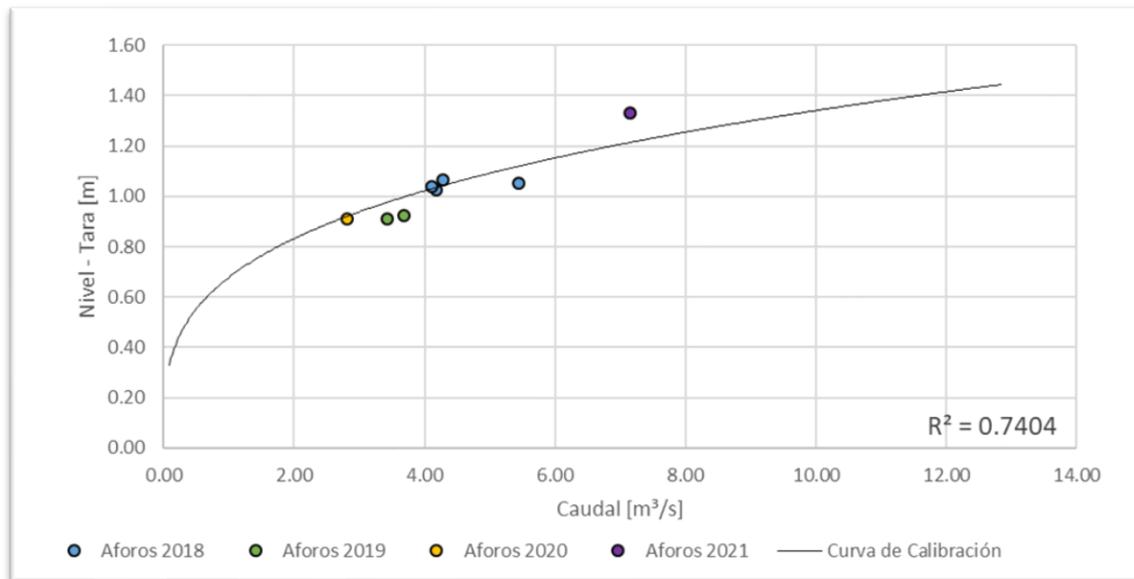


Figura 136. Curva nivel vs caudal, Río Rioclaro - La Batea

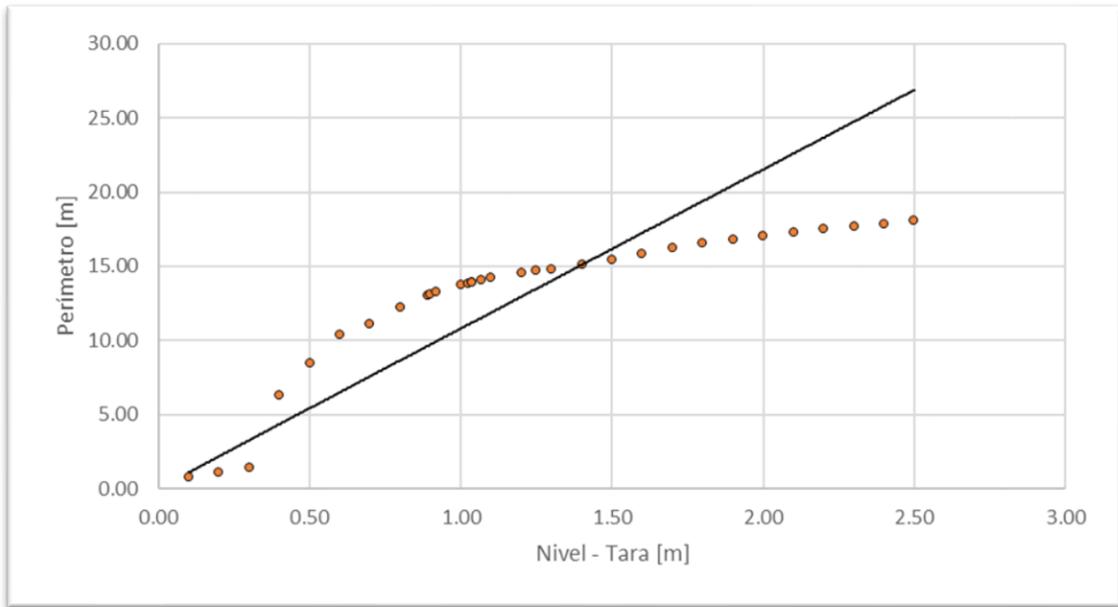


Figura 137. Nivel vs Perímetro, Río Rioclaro - La Batea

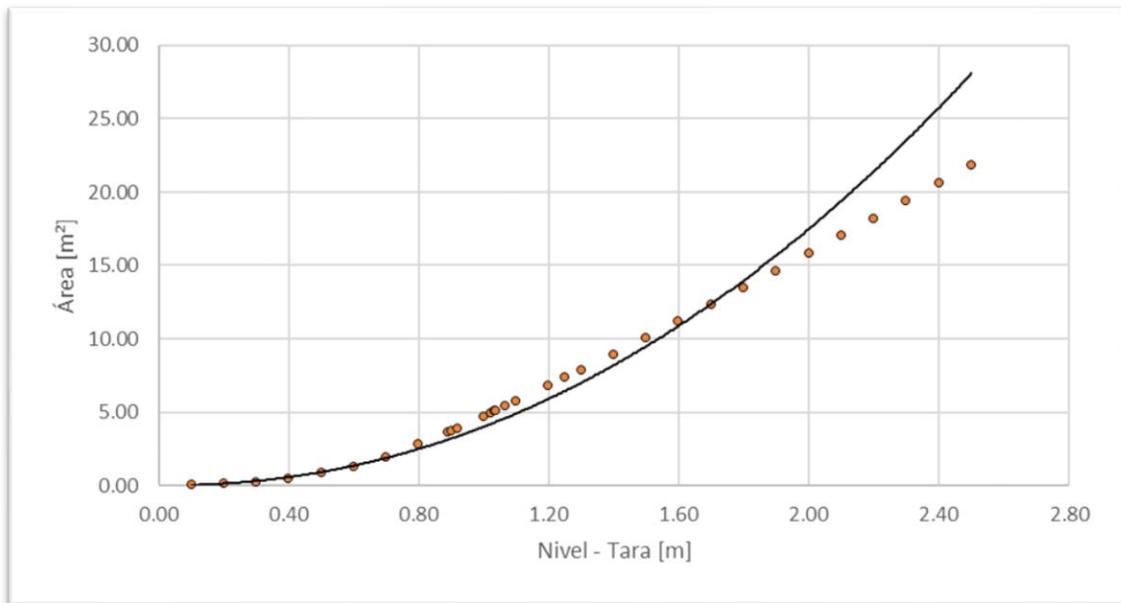


Figura 138. Nivel vs área, Río Rioclaro - La Batea

2.30 Río Chinchiná – Bosque Popular

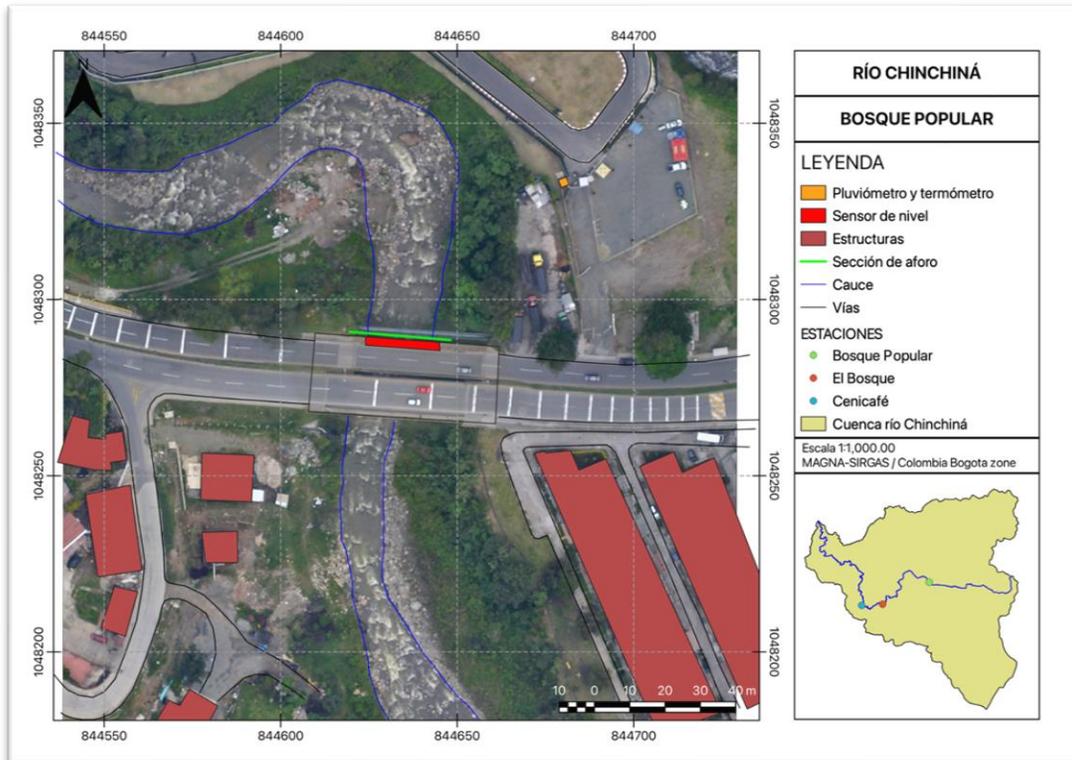


Figura 139. Vista en planta, Río Chinchiná - Bosque Popular.

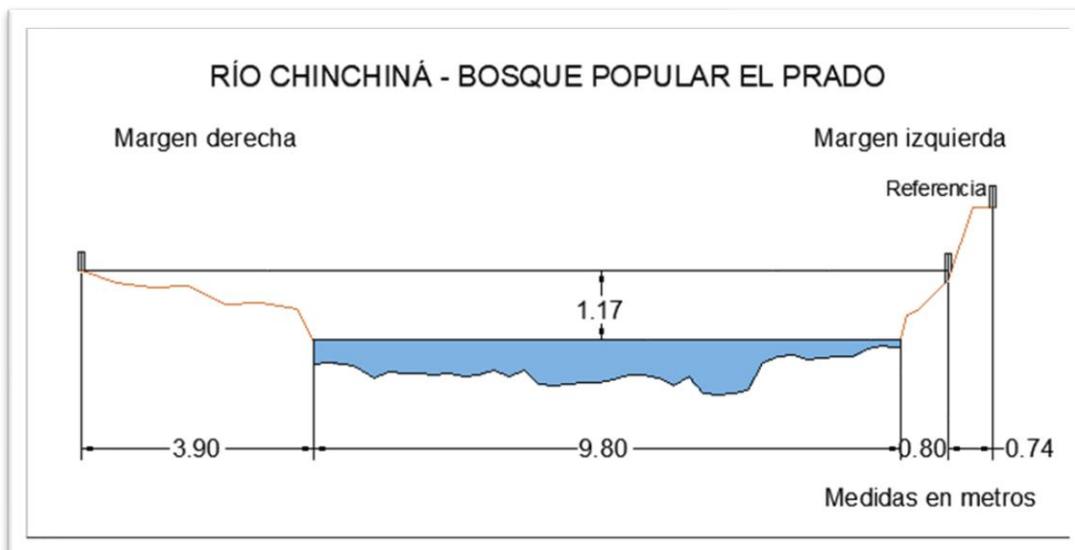


Figura 140. Sección transversal, Río Chinchiná - Bosque Popular, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 28. Resumen de resultados, Río Chinchiná - Bosque Popular

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINA - BOSQUE POPULAR								
LATITUD	N 5° 1' 51.20"	LONGITUD	W 75° 28' 42.76"	ELEVACIÓN (msnm)						
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
19/10/2017	0.790	10.000	0.400	10.610	9.960	2.482	0.323	5.315	1.716	1.142
22/02/2018	1.195	9.700	0.500	12.160	9.210	3.123	0.585	7.011	4.099	0.288
7/03/2018	0.850	9.750	0.600	11.050	9.960	2.483*	0.551	5.214	2.872	2.295
23/03/2018	0.930	9.800	0.500	11.140	9.910	2.532*	0.572	5.275	3.018	2.291
7/05/2018	0.894	11.050	0.800	11.560	9.320	3.016	0.579	5.495	3.184	0.263
24/06/2019	0.821	10.850	0.800	11.410	9.430	2.863	0.489	4.136	2.024	0.304
3/08/2019	0.680	10.400	0.800	10.910	9.550	2.775	0.553	3.177	1.757	0.039
12/04/2021	0.810	10.700	1.000	11.890	9.820	2.804	0.799	4.750	3.796	1.831
16/09/2021	0.664	11.200	1.000	11.910	8.690	2.815	0.851	3.860	3.285	1.257
12/07/2022	0.685	13.270	1.330	13.660	8.700	2.998	1.066	4.699	5.009	1.708
4/02/2023	0.920	13.500	1.350	14.389	8.650	2.907	0.579	5.159	2.985	0.361
6/09/2023	0.600	9.500	0.950	9.800	9.211	2.971	0.508	3.733	1.896	3.075

*Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo.

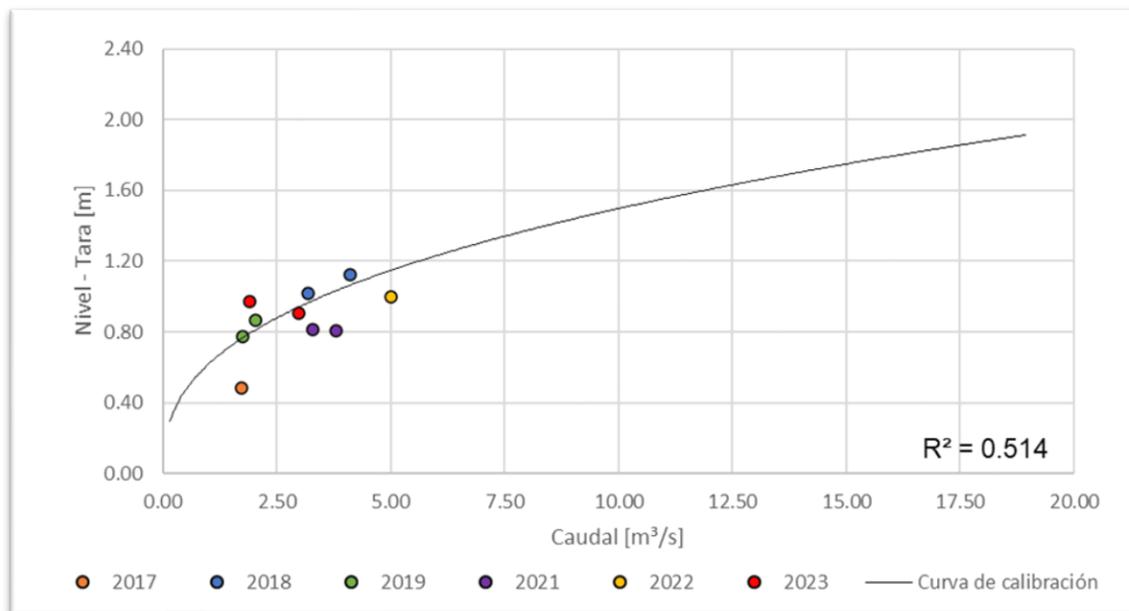


Figura 141. Curva nivel vs caudal, Río Chinchiná - Bosque Popular

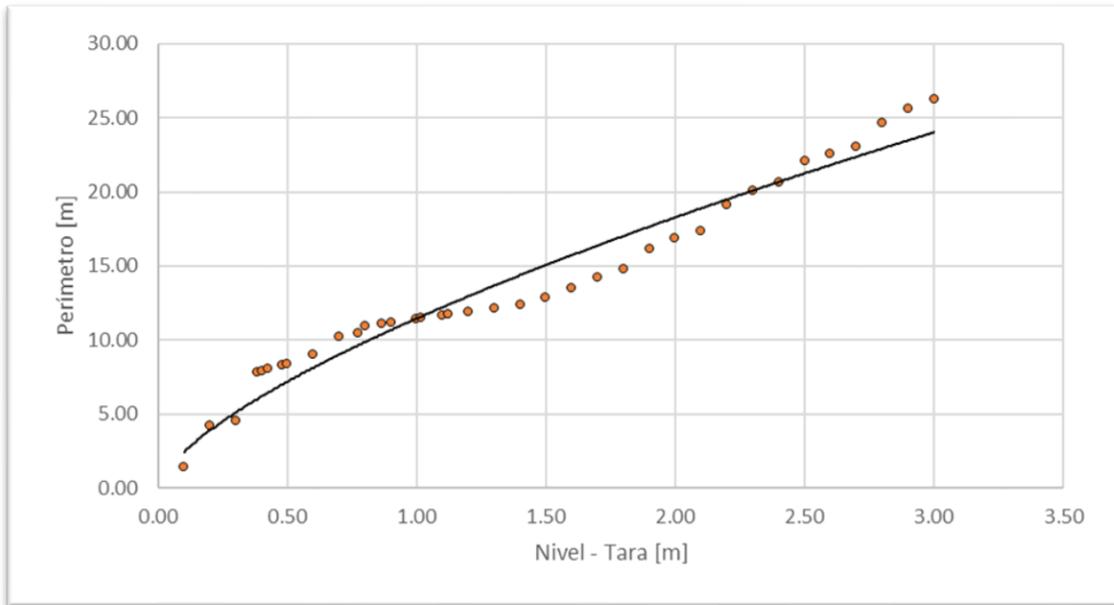


Figura 142. Nivel vs perímetro, Río Chinchiná - Bosque Popular

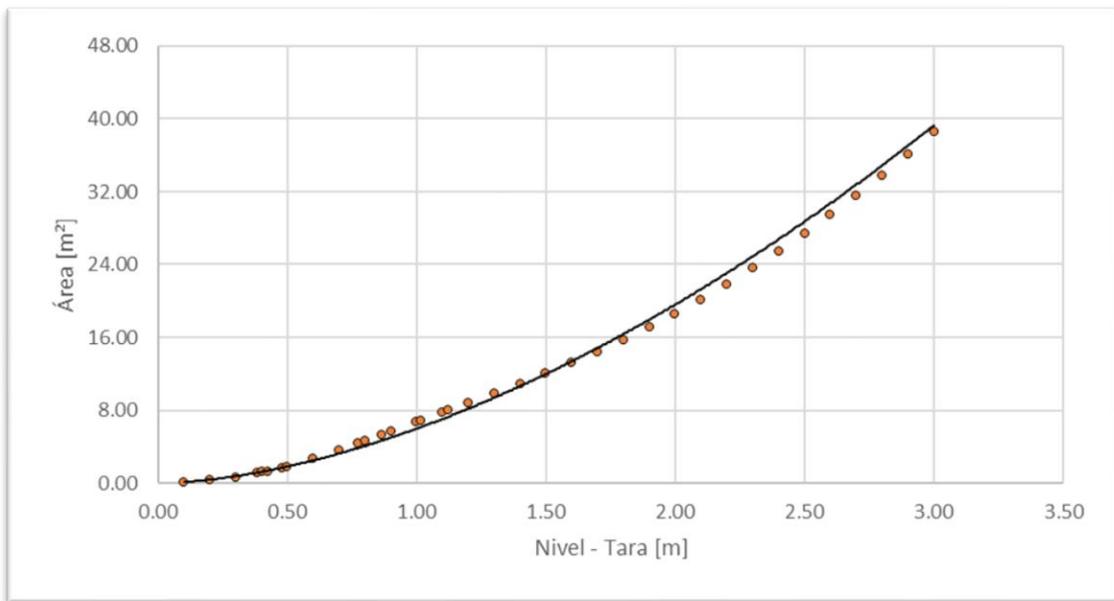


Figura 143. Nivel vs área, Río Chinchiná - Bosque Popular

2.31 Río Chinchiná – El Bosque

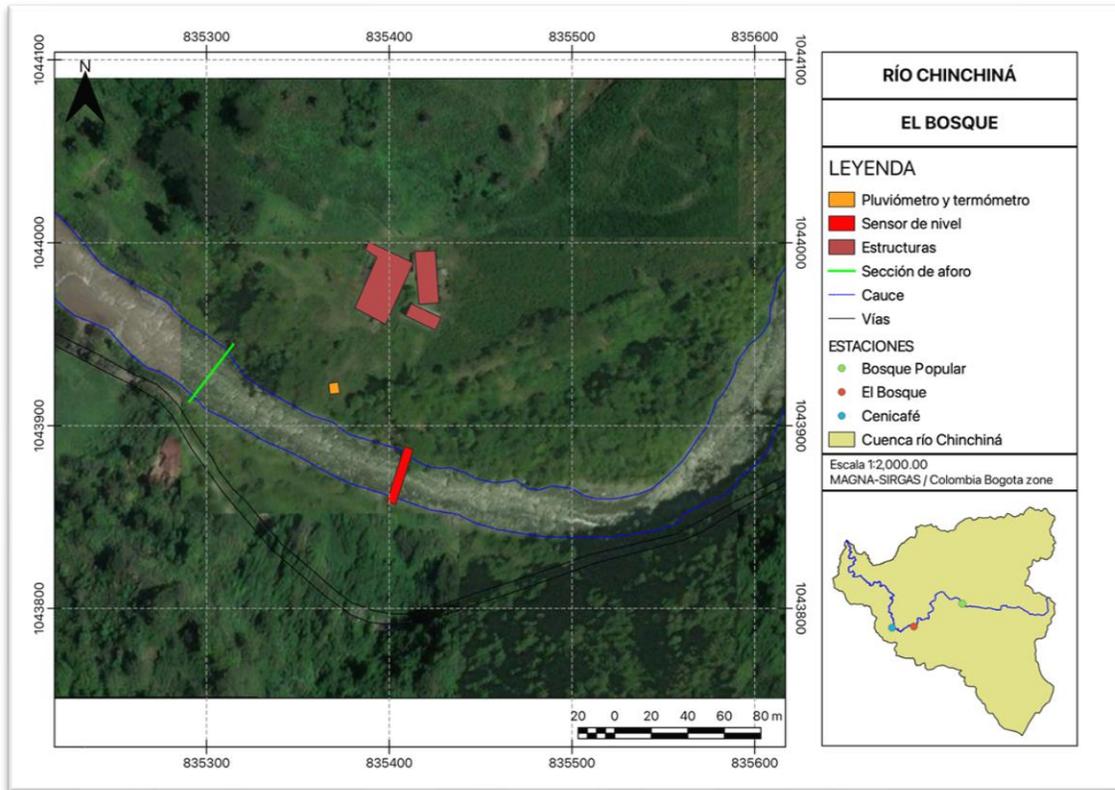


Figura 144. Vista en planta, Río Chinchiná - El Bosque.

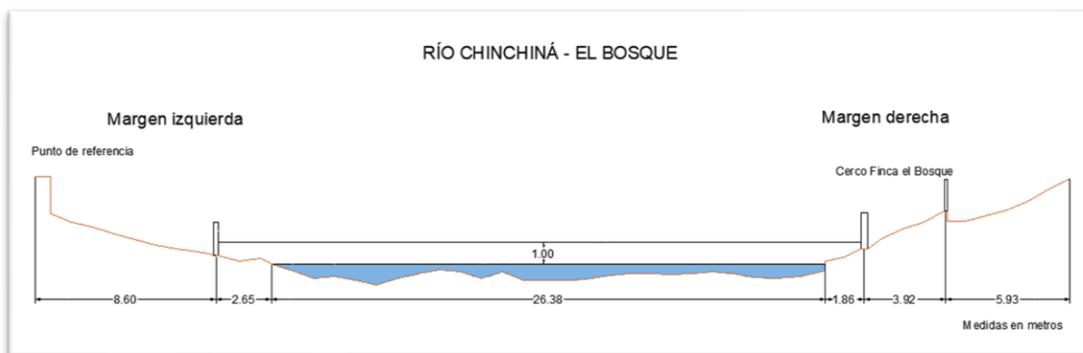


Figura 145. Sección transversal, Río Chinchiná - El Bosque, con medidas hechas en cierto momento

Tabla 29. Resumen de resultados, Río Chinchiná - El Bosque

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINÁ - EL BOSQUE								
LATITUD	N 4° 59' 40.28"	LONGITUD	W 75° 33' 55.95"	ELEVACIÓN (msnm)	1387					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
25/06/2018	0.852	26.150	2.000	26.820	9.510	3.089	0.683	11.379	7.767	1.909
12/07/2018	1.004	26.380	2.000	27.210	9.530	3.113	0.711	14.911	10.607	0.353
31/07/2018	1.103	26.500	2.000	27.300	9.400	3.139	0.737	16.685	12.302	1.398
2/08/2018	0.950	26.150	2.000	26.840	9.450	3.092	0.717	13.111	9.397	0.347
7/11/2019	0.750	24.900	2.000	25.520	9.600	2.930	0.700	13.065	9.150	2.747
27/11/2019	0.820	25.600	2.000	26.150	9.650	2.945	0.869	13.912	12.095	5.405
11/12/2019	0.730	24.900	2.000	25.420	9.560	2.895	0.648	13.302	8.621	2.831
10/12/2020	0.860	25.800	2.000	26.340	9.500	3.035	0.344	13.228	4.762	3.720
4/12/2021	1.027	25.900	2.000	26.350	9.350	3.182	0.821	15.821	12.988	0.980
4/12/2021	1.022	26.300	2.000	26.870	9.360	3.194	0.777	16.393	12.745	0.429

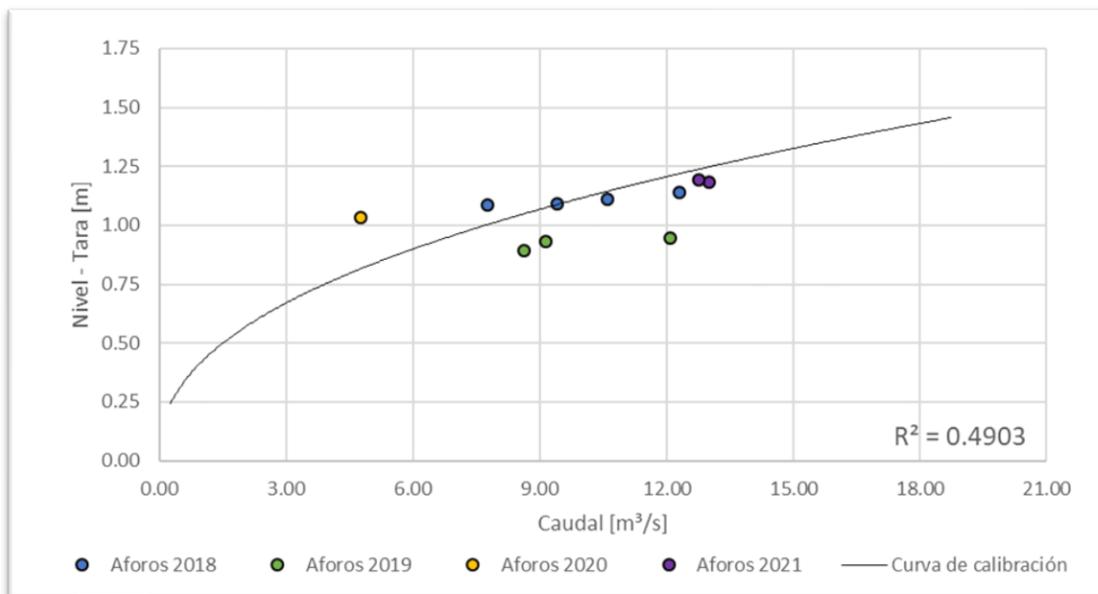


Figura 146. Curva nivel vs caudal, Río Chinchiná - El Bosque

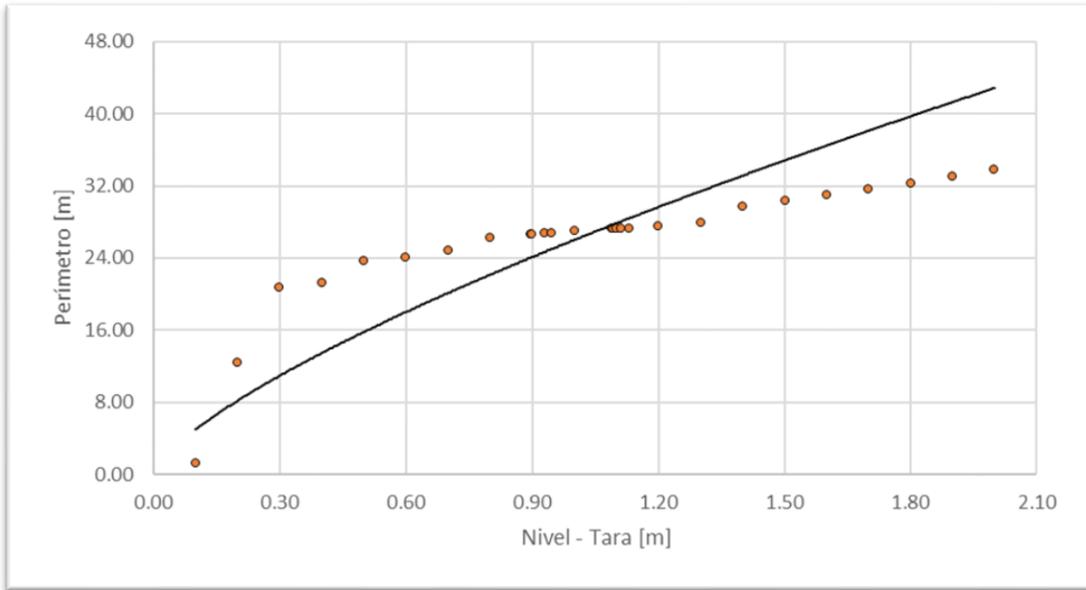


Figura 147. Nivel vs Perímetro, Río Chinchiná - El Bosque

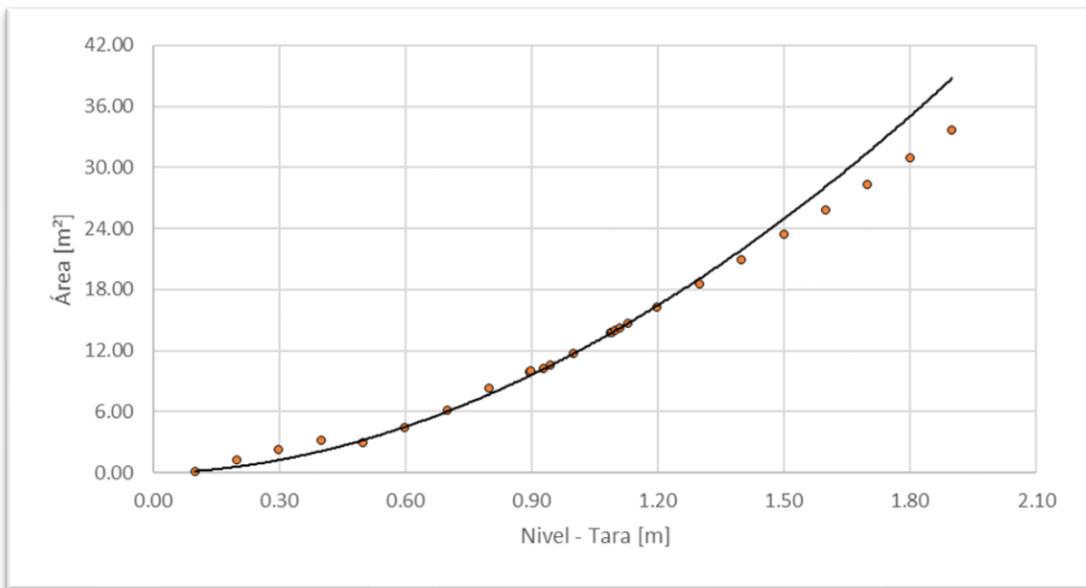


Figura 148. Nivel vs área, Río Chinchiná - El Bosque

2.32 Río Chinchiná – Cenicafé

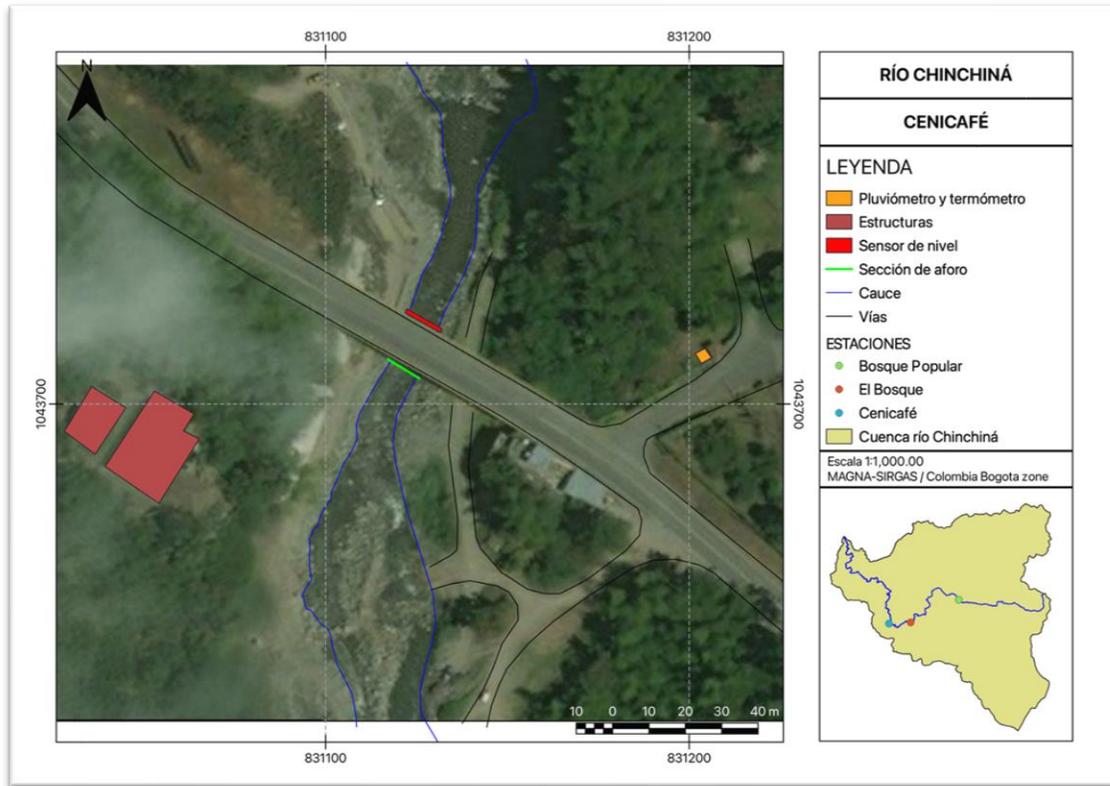


Figura 149. Vista en planta, Río Chinchiná – Cenicafé

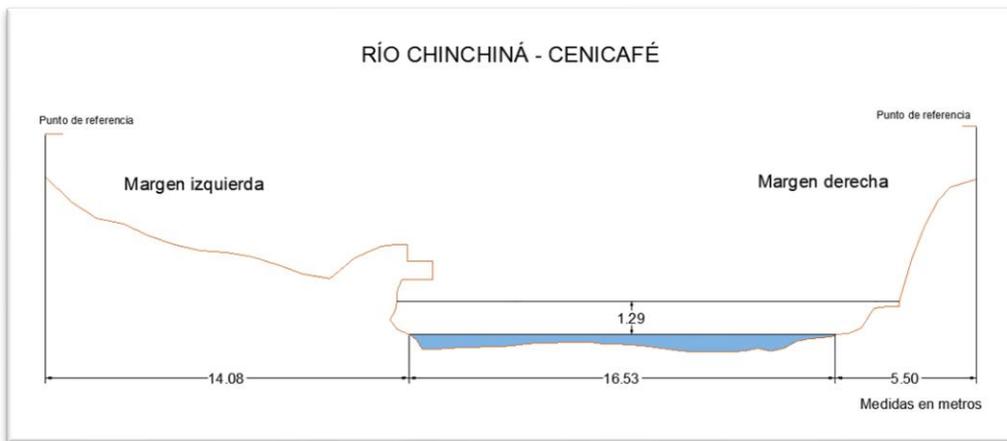


Figura 150. Sección transversal, Río Chinchiná - Cenicafé, con medidas tomadas en un cierto momento

Tabla 30. Resumen de resultados, Río Chinchiná – Cenicafé

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINÁ - CENICAFÉ								
LATITUD	N 4° 59' 32.45"	LONGITUD	W 75° 36' 11.09"	ELEVACIÓN (msnm)	1293					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
23/06/2018	0.620	16.530	1.000	16.940	11.790	2.459	0.505	6.891	3.477	0.046
23/06/2018	0.922	18.000	1.000	18.460	11.250	2.808*	0.712	11.665	8.342	3.676
12/07/2018	0.495	15.200	1.000	15.570	12.050	2.316	0.389	4.425	1.722	0.155
28/07/2018	0.818	17.400	1.000	17.890	11.690	2.470	0.369	9.494	3.512	0.194
21/10/2019	0.460	11.100	1.000	11.590	11.850	2.256	0.409	3.882	1.589	0.599
7/11/2019	0.590	12.000	1.000	12.540	11.800	2.299	0.397	4.327	1.717	0.333
10/12/2019	0.640	13.700	1.000	13.210	11.750	2.333	0.424	5.140	2.177	0.424
10/12/2020	0.780	11.800	1.000	12.620	11.850	2.219	0.100	4.336	0.455	0.251
18/11/2021	1.040	18.400	1.500	18.710	11.486	2.663**	0.492	11.597	5.705	2.121
28/11/2021	1.085	18.460	1.500	18.890	11.441	2.708**	0.598	13.655	8.168	0.858

*Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo.

**Estación sin sensor de nivel, el cálculo del nivel del sensor se hizo teniendo en cuenta la profundidad de la sección de aforo

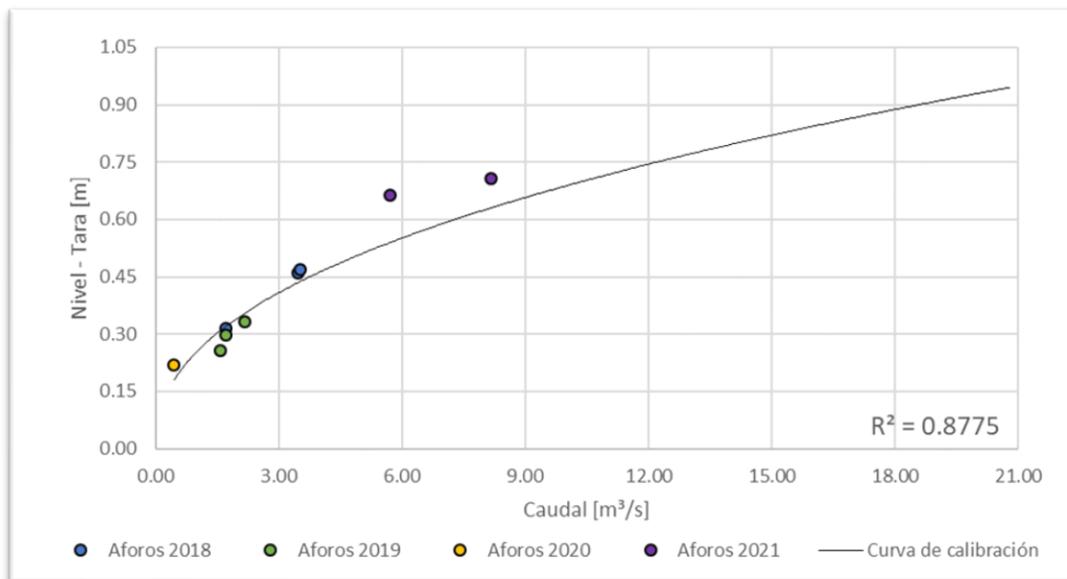


Figura 151. Curva nivel vs caudal, Río Chinchiná – Cenicafé

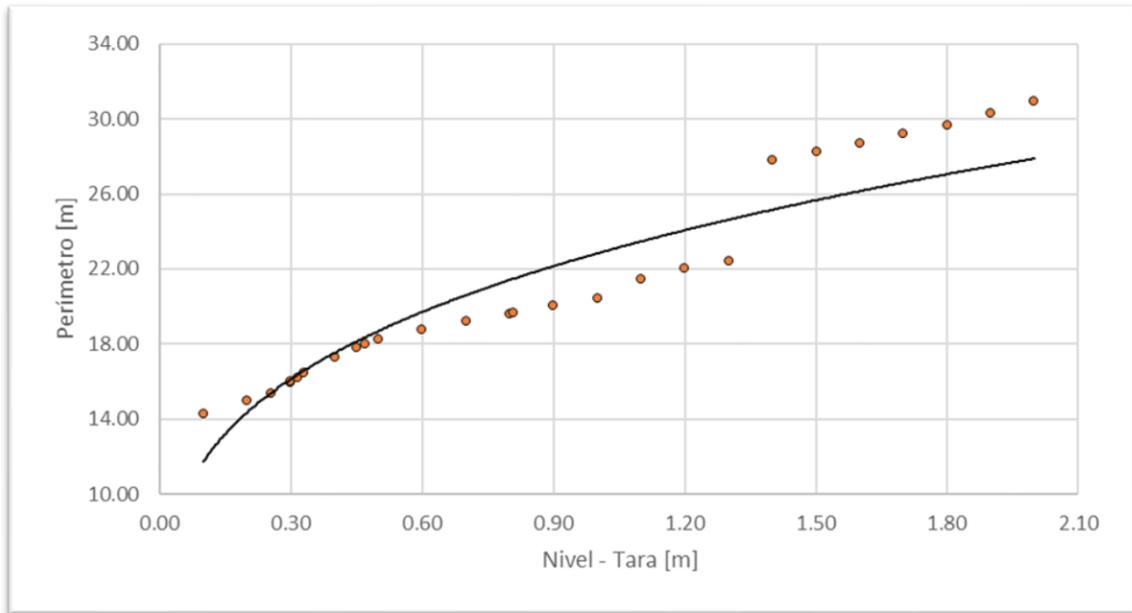


Figura 152. Nivel vs Perímetro, Río Chinchiná - Cenicafé

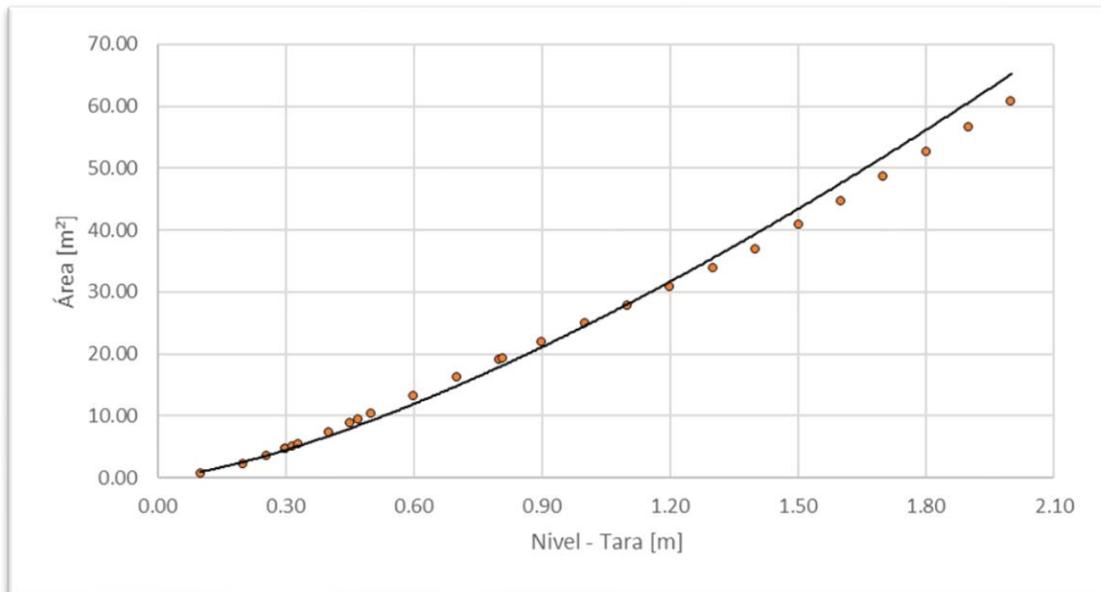


Figura 153. Nivel vs área, Río Chinchiná - Cenicafé

2.33 Río Tapias

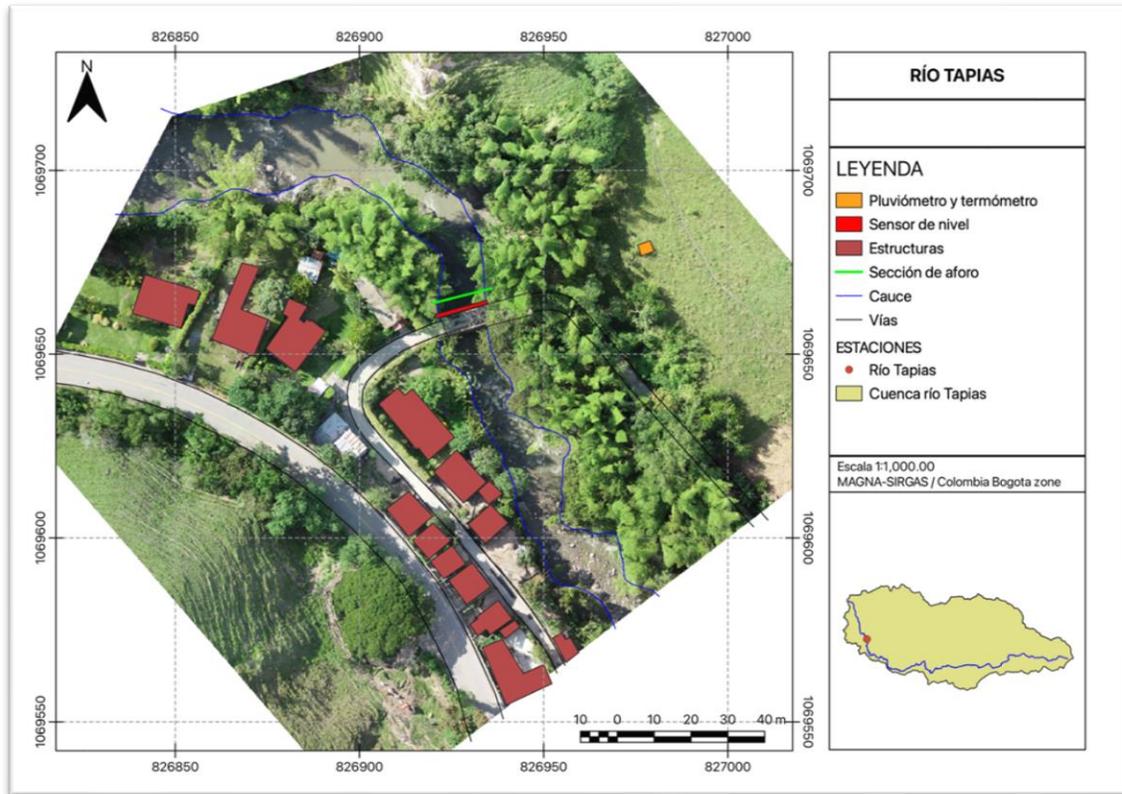


Figura 154. Vista en planta, río Tapias.

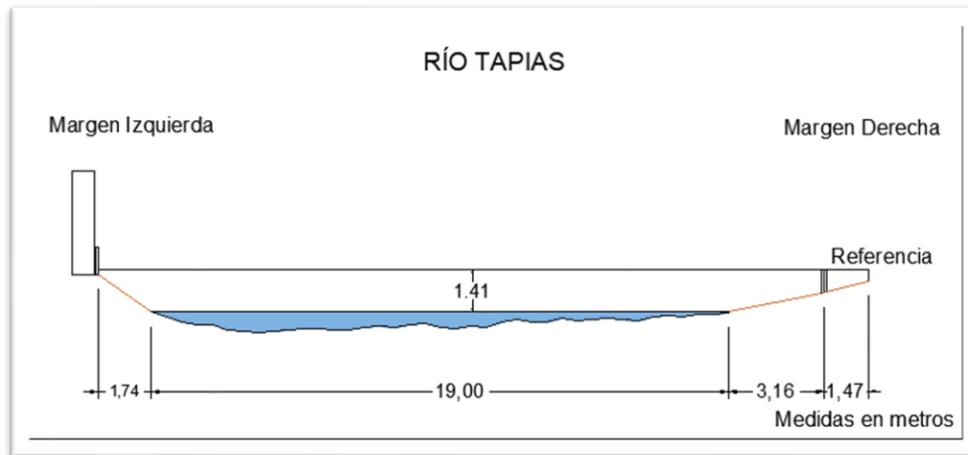


Figura 155. Sección transversal, río Tapias, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 31. Resumen de resultados, río Tapias

ESTACIÓN		RÍO TAPIAS								
LATITUD	N 5° 13' 21.63"	LONGITUD	W 75° 38' 15.87"	ELEVACIÓN (msnm)	842					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
13/11/2017	0.585	18.000	1.800	18.200	2.950	2.424	0.705	6.158	4.341	0.216
2/02/2018	0.560	19.000	1.000	19.190	2.870	2.476	0.837	5.529	4.628	1.694
23/02/2018	0.740	20.250	1.000	20.580	2.780	2.638	0.796	8.106	6.451	6.868
1/03/2018	0.670	19.000	1.000	19.310	2.900	2.503	0.624	7.188	4.488	2.845
25/06/2019	0.500	14.460	1.000	14.250	3.050	2.371	0.706	5.518	3.893	0.874
2/08/2019	0.480	14.000	1.000	14.400	3.200	2.200	0.536	3.255	1.745	1.294
31/03/2021	0.729	17.000	1.500	17.840	2.910	2.460	0.736	7.432	5.466	0.419
22/09/2021	0.755	14.600	1.100	15.220	3.200	2.220	0.639	6.019	3.846	3.027
14/07/2022	0.685	13.190	1.319	13.398	4.540	2.338	0.596	5.914	3.525	1.172
1/02/2023	0.900	16.000	1.600	16.930	4.430	2.286*	0.914	7.360	6.730	5.165
9/09/2023	0.420	10.600	1.060	10.692	4.250	2.391	0.460	3.259	1.500	1.888

*Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo.

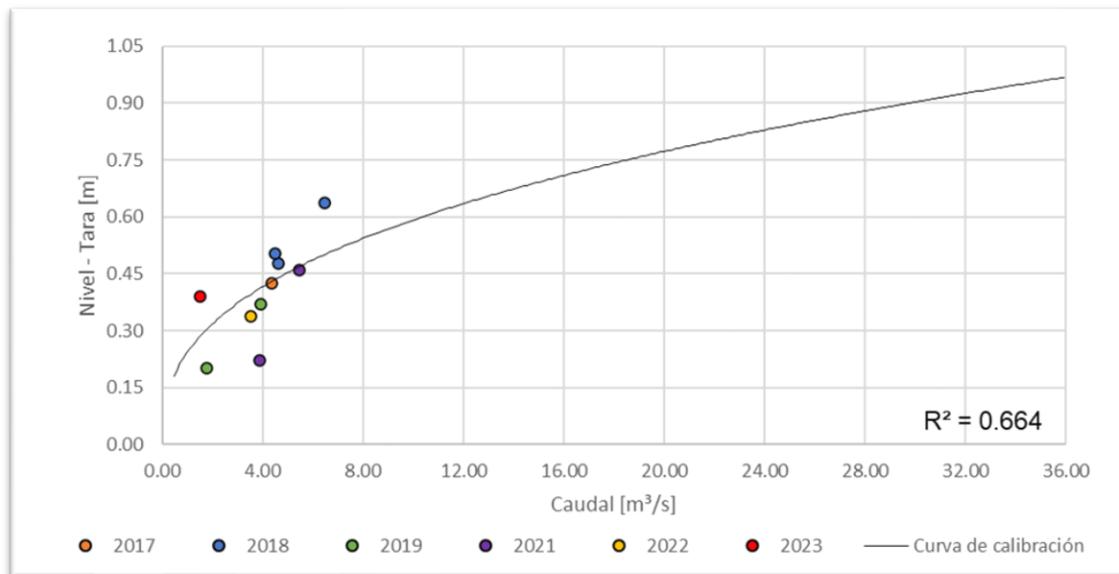


Figura 156. Curva nivel vs caudal, río Tapias

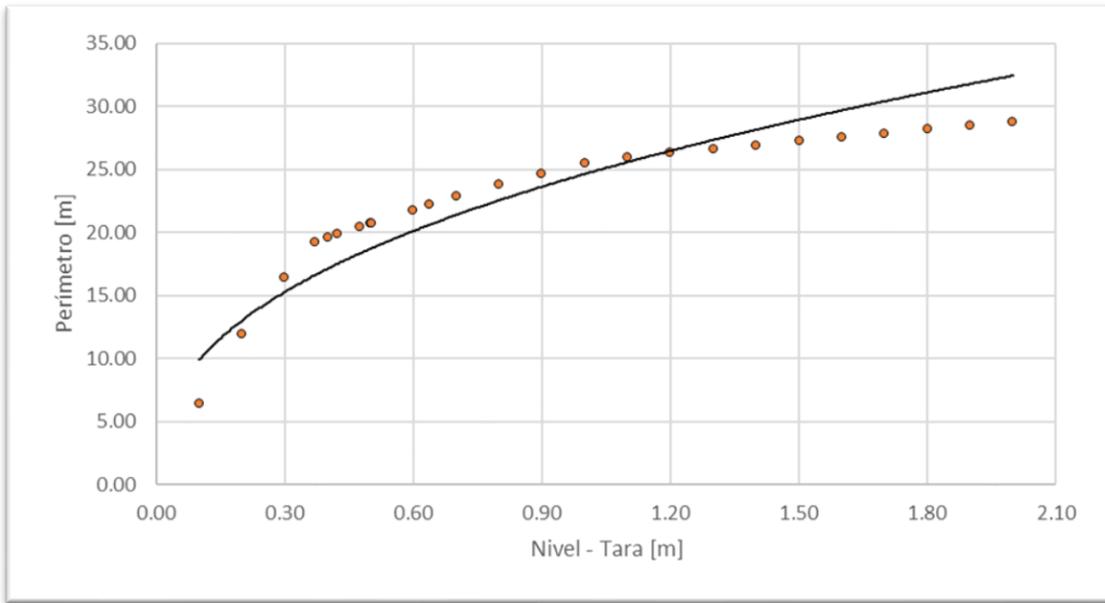


Figura 157. Nivel vs perímetro, río Tapias

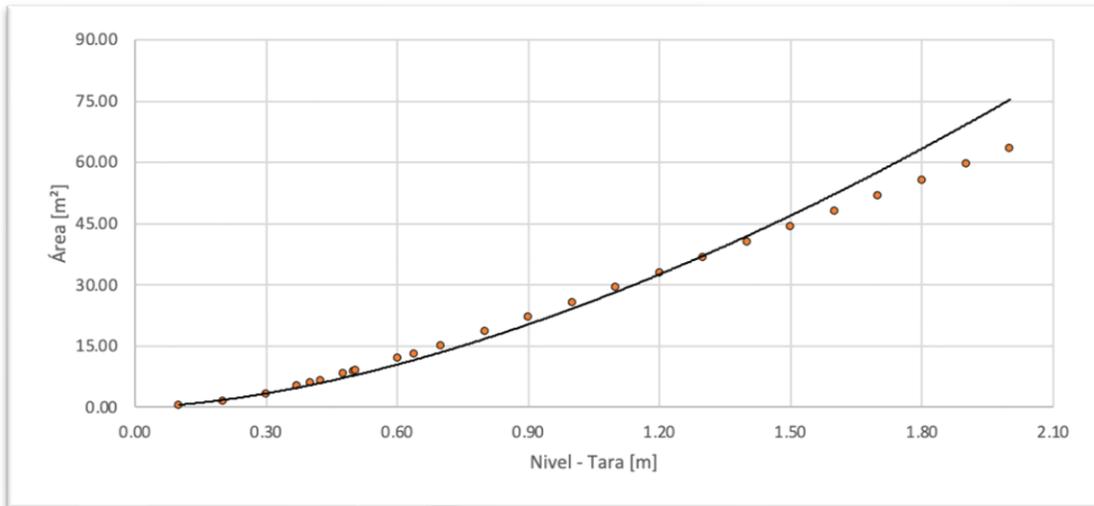


Figura 158. Nivel vs área, río Tapias

2.34 Río Supía – Supía

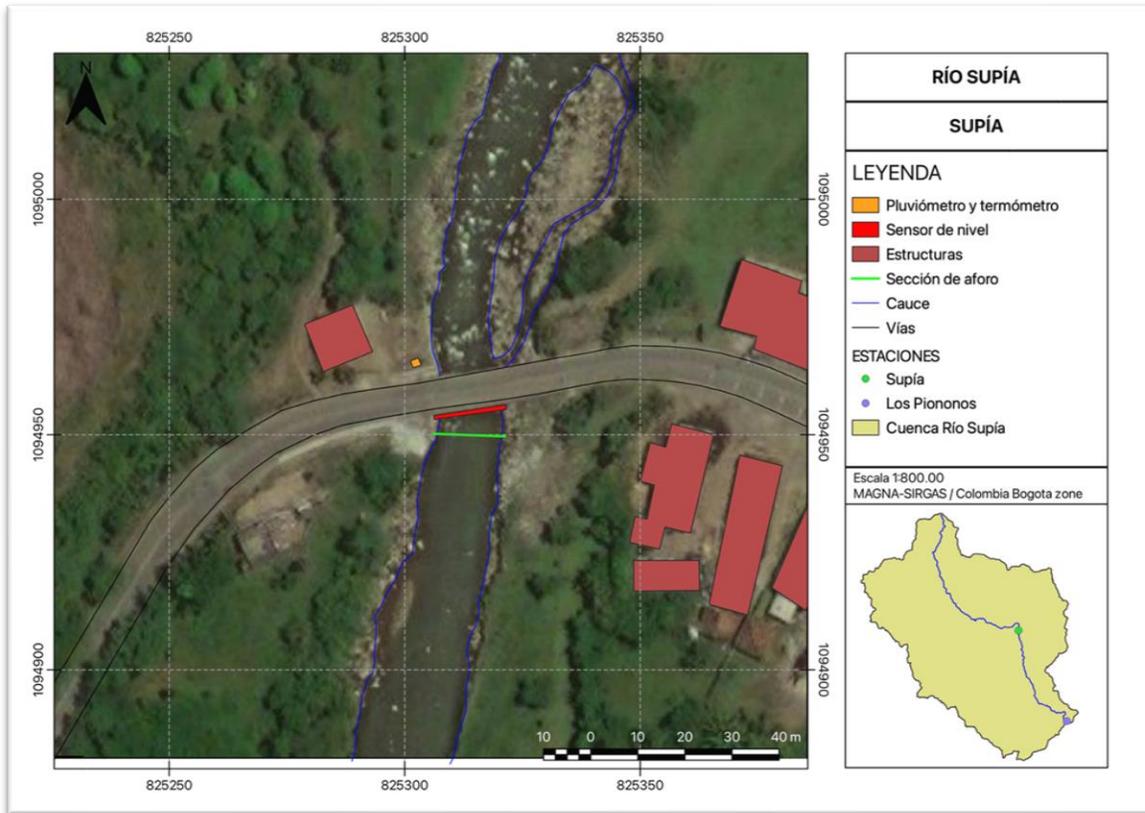


Figura 159. Vista en planta, río Supía - Supía

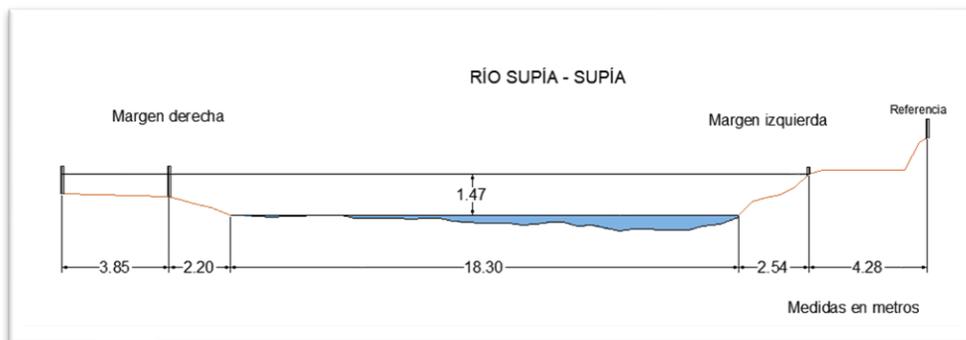


Figura 160. Sección transversal, río Supía – Supía, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 32. Resumen de resultados, río Supía – Supía

ESTACIÓN		RÍO SUPÍA - SUPÍA								
LATITUD	N 5° 27' 7.55"	LONGITUD	W 75° 39' 14.07"	ELEVACIÓN (msnm)	1186					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
13/11/2017	0.798	19.250	1.000	19.910	4.550	2.404	0.813	8.794	7.150	1.218
17/01/2018	1.045	20.500	1.000	21.230	4.310	2.761*	0.925	12.188	11.273	15.568
3/02/2018	0.686	18.570	1.000	19.030	4.660	2.391	0.703	6.215	4.368	1.110
13/03/2018	0.540	18.300	1.000	18.530	4.800	2.213	0.483	4.282	2.067	0.828

* Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo

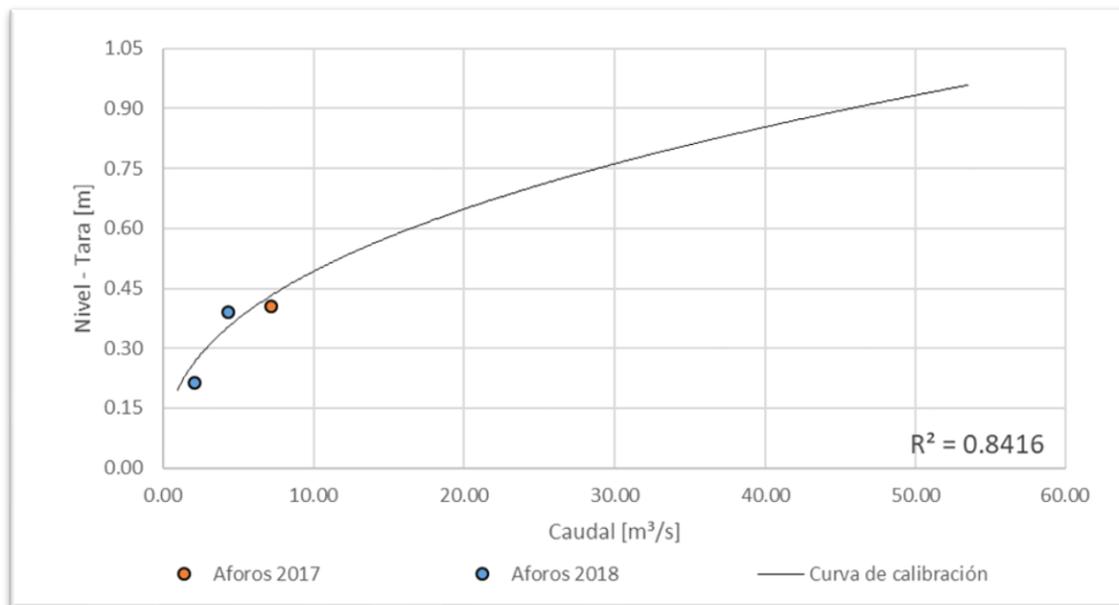


Figura 161. Curva nivel vs caudal, río Supía – Supía

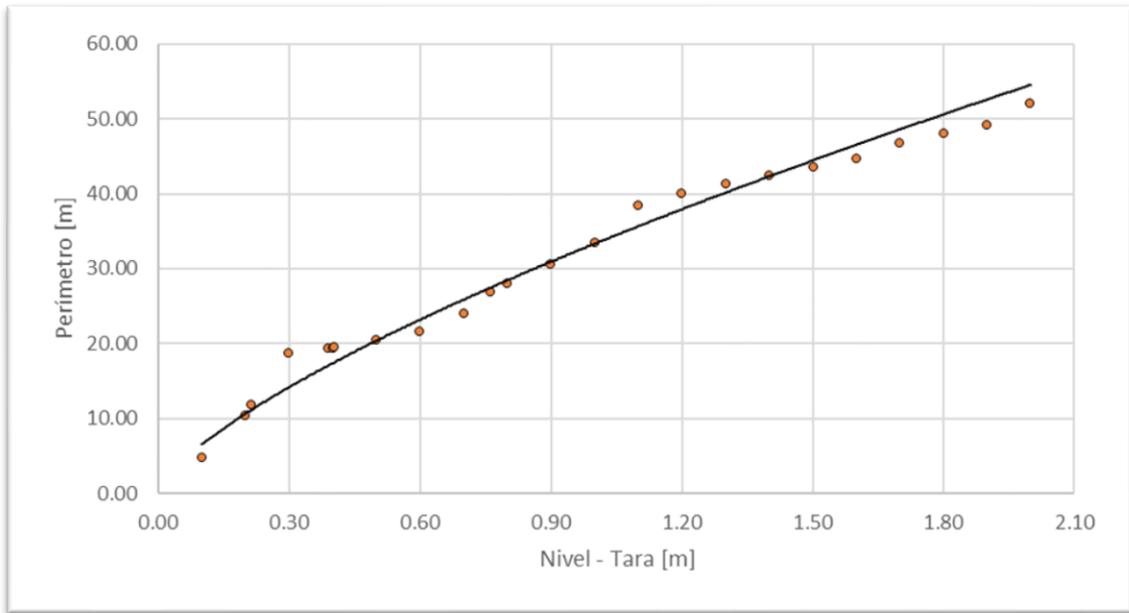


Figura 162. Nivel vs perímetro, río Supía – Supía

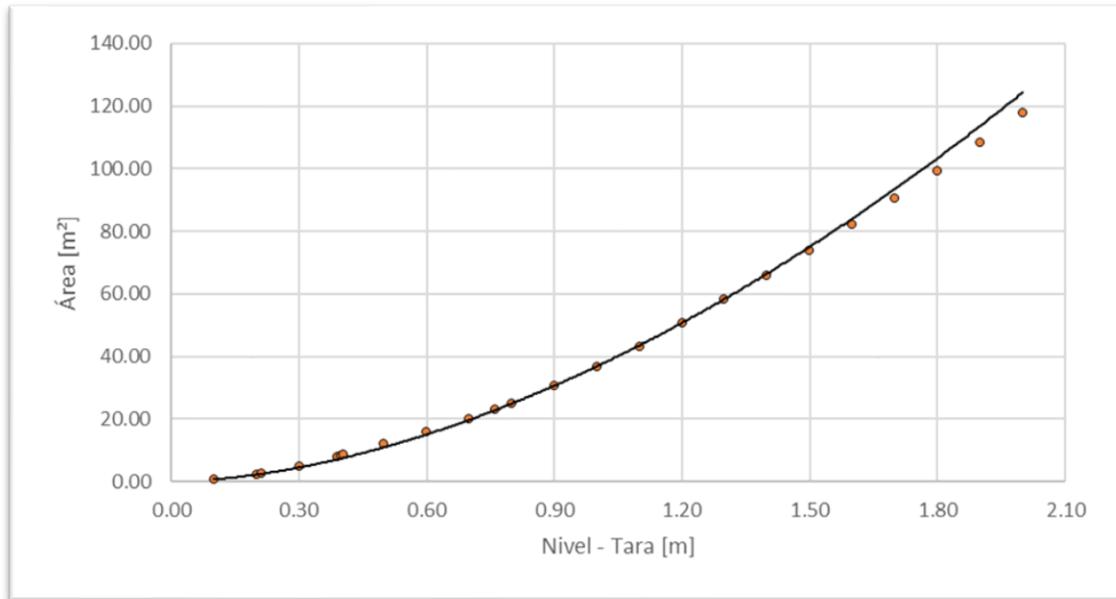


Figura 163. Nivel vs área, río Supía – Supía

2.35 Río Supía – Los Piononos

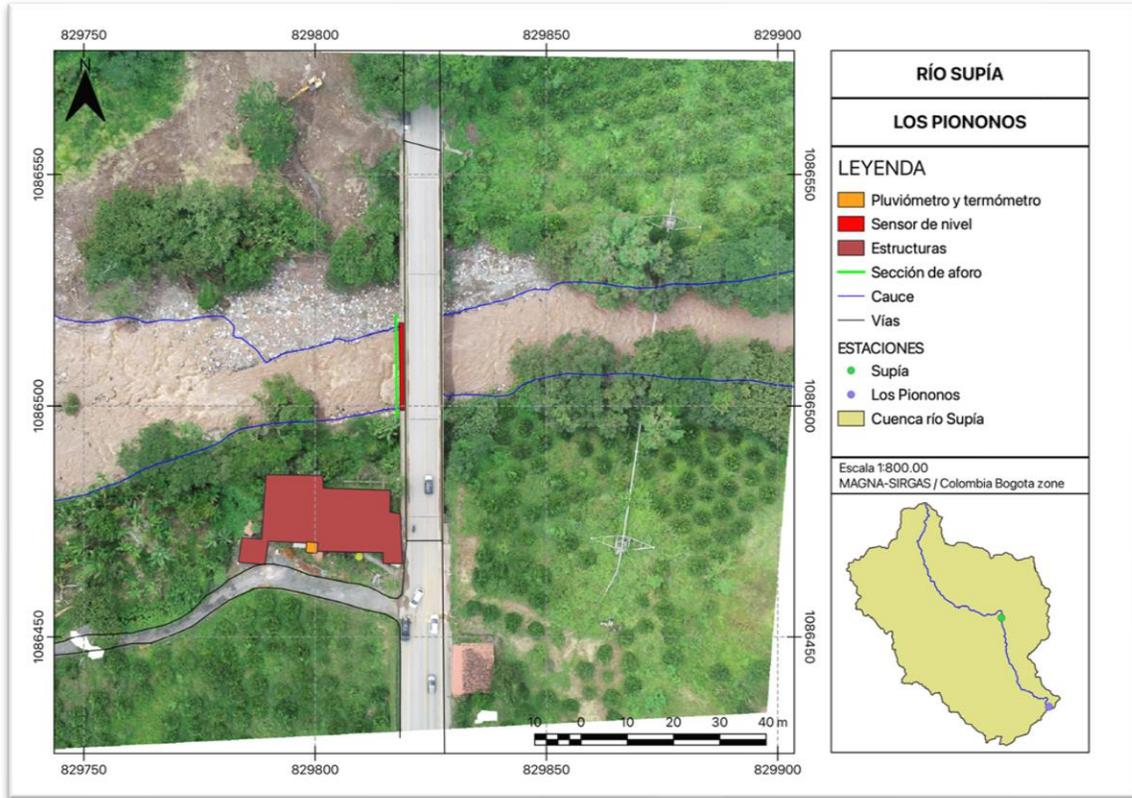


Figura 164. Vista en planta, Río Supía - Los Piononos.

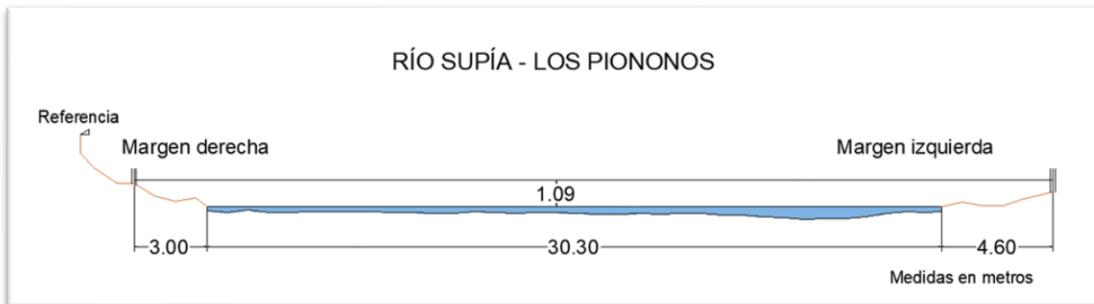


Figura 165. Sección transversal, Río Supía - Los Piononos, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 33. Resumen de resultados, Río Supía - Los Piononos

ESTACIÓN		RÍO SUPÍA - LOS PIONONOS								
LATITUD	N 5° 22' 35.14"	LONGITUD	W 75° 36' 41.87"	ELEVACIÓN (msnm)	731					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
4/01/2018	0.910	33.600	3.000	34.140	7.710	3.664*	0.859	21.001	18.048	10.964
3/02/2018	0.620	32.700	2.000	33.590	7.890	3.606	0.469	13.312	6.248	0.184
13/03/2018	0.505	30.200	1.000	30.710	7.910	3.213	0.349	8.545	2.984	0.039
14/03/2018	0.520	30.300	1.700	30.720	7.810	3.313	0.356	8.418	2.994	0.747
13/06/2019	1.110	32.000	2.000	33.300	7.210	3.913	0.341	24.166	8.239	2.070
5/07/2019	0.870	30.750	2.000	31.420	7.780	3.453	0.312	18.855	5.891	0.973
1/08/2019	0.700	27.000	2.200	27.520	7.850	3.273	0.309	13.898	4.295	0.853
15/04/2021	1.150	17.700	1.500	18.790	7.750	3.650	0.718	9.608	6.903	0.019
17/09/2021	1.264	15.900	1.200	16.820	7.170	3.730	0.681	10.360	7.057	0.806
14/07/22	1.775	13.720	1.372	14.805	7.710	3.099*	1.523	12.185	18.556	16.241
1/02/2023	0.900	18.000	1.800	18.750	7.900	3.358	0.525	11.988	6.299	2.202
9/09/2023	0.560	15.500	1.550	15.598	7.710	3.125	0.561	4.591	2.578	0.113

* Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo

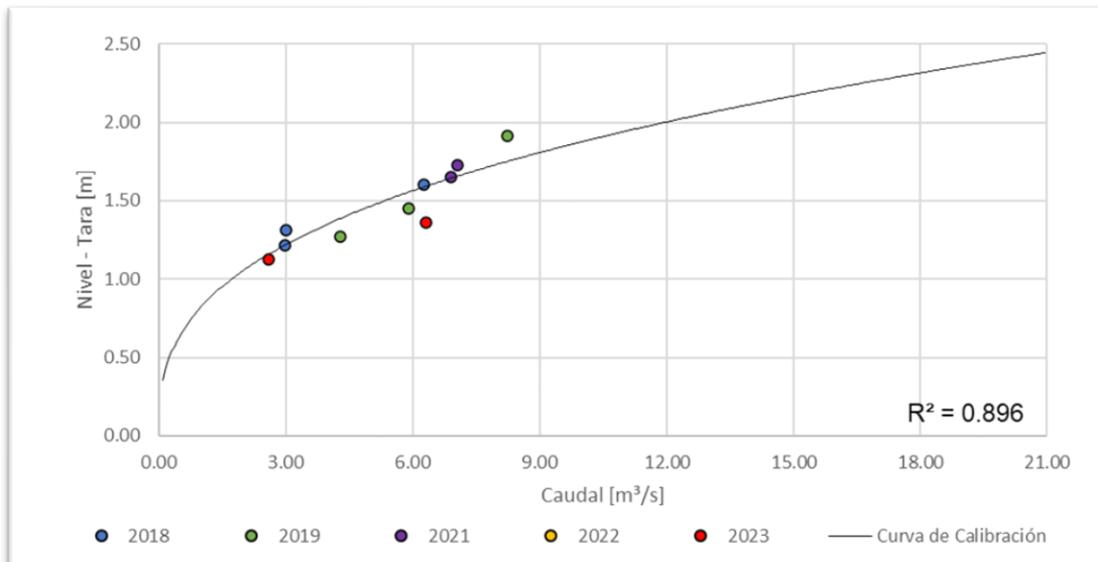


Figura 166. Curva nivel vs caudal, Río Supía - Los Piononos

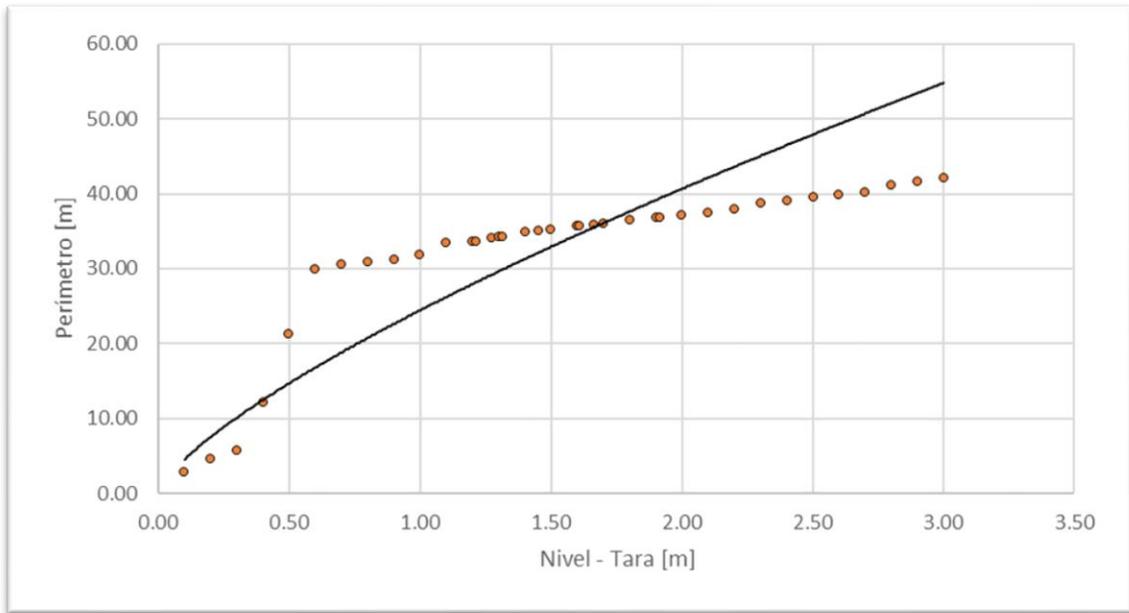


Figura 167. Nivel vs perímetro, Río Supía - Los Piononos

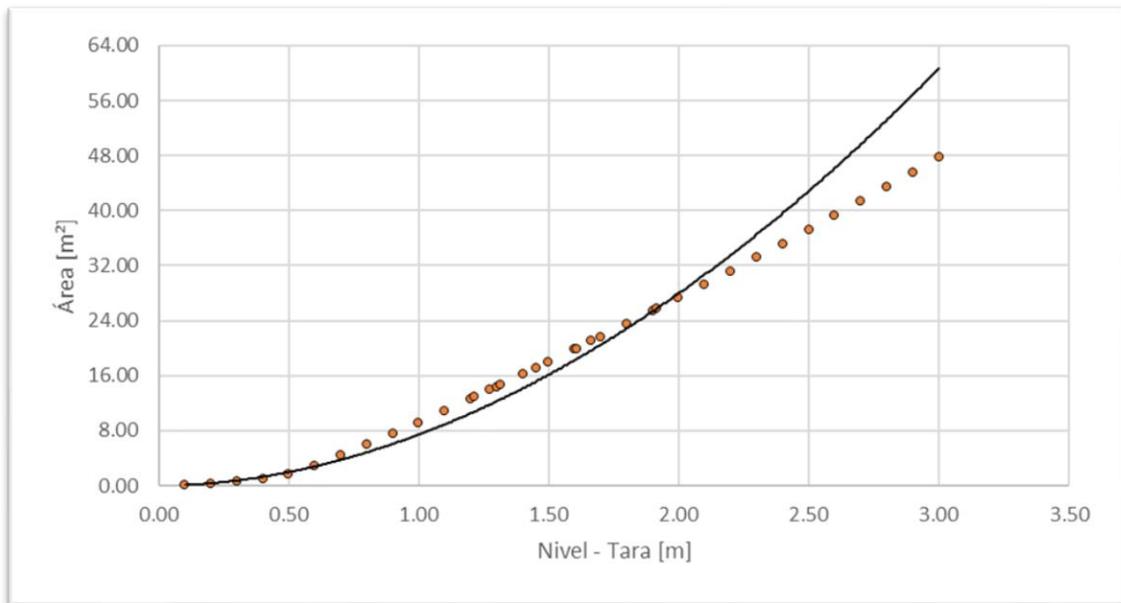


Figura 168. Nivel vs área, Río Supía - Los Piononos

2.36 Río Pozo

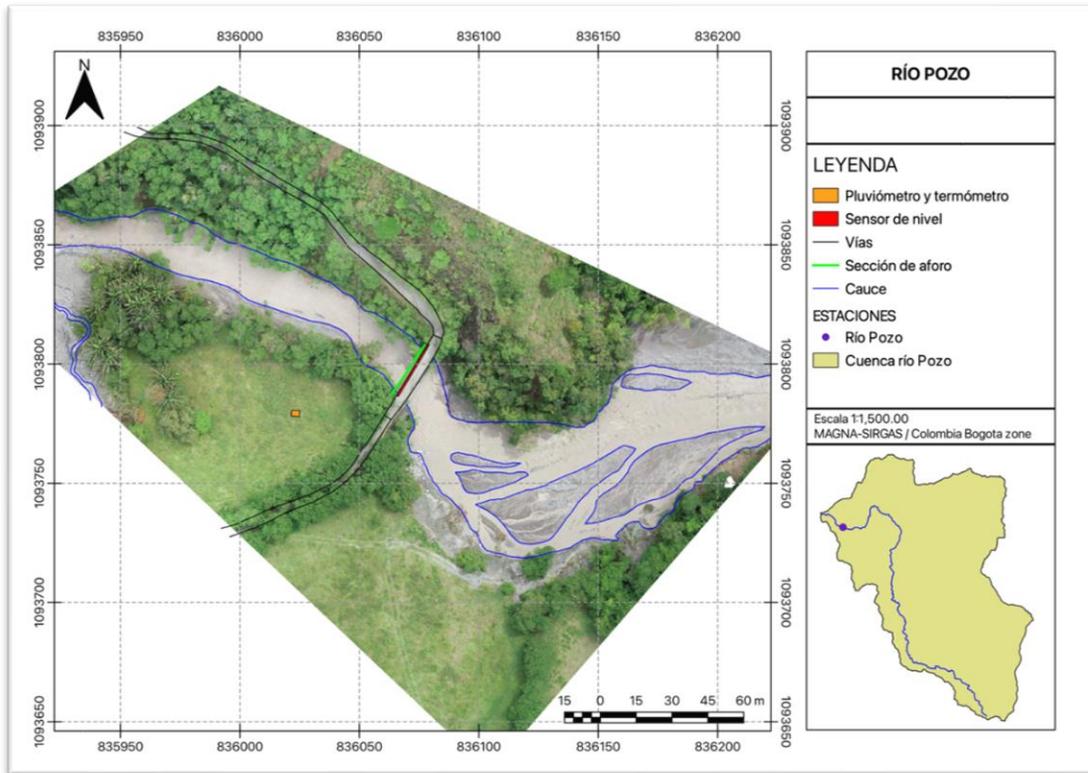


Figura 169. Vista en planta, Río Pozo

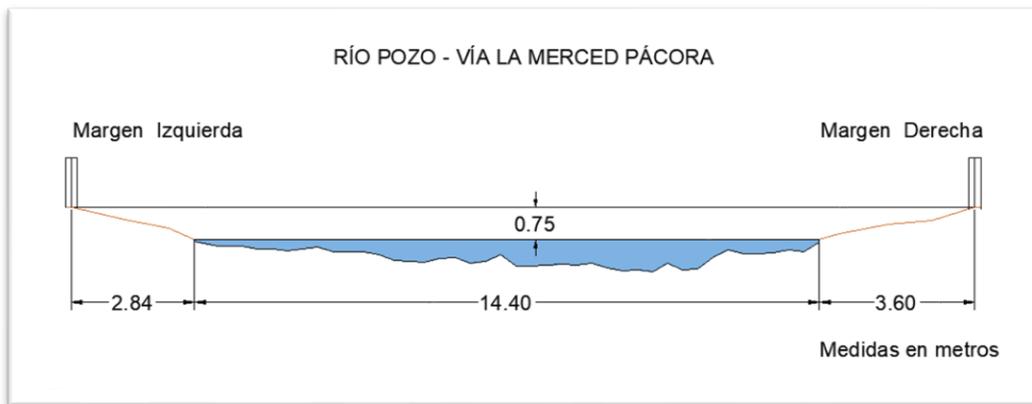


Figura 170. Sección transversal, Río Pozo, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 34. Resumen de resultados, Río Pozo

ESTACIÓN		RÍO POZO								
LATITUD	N 5° 26' 33.86"	LONGITUD	W 75° 33' 24.53"	ELEVACIÓN (msnm)	803					
Fecha (dd-mm-aa)	SECCIÓN DE AFORO				SENSOR		RESULTADOS			
	Profundidad máxima (m)	Ancho del canal (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
22/12/2017	1.040	14.450	0.800	18.530	9.830	2.847	1.108	9.587	10.627	1.603
13/02/2018	0.885	14.000	0.800	18.530	10.030	2.675	1.097	6.470	7.099	0.268
6/03/2018	0.750	14.400	0.700	18.530	9.980	2.642	0.975	5.819	5.676	0.339
7/03/2018	0.690	14.200	1.000	18.530	9.900	2.653	0.984	6.022	5.927	0.370
21/06/2019	0.720	16.000	1.600	16.510	10.180	2.761	1.045	7.034	7.353	4.734
23/07/2019	0.835	16.570	1.600	16.730	10.050	2.647	1.329	7.731	10.271	7.748
16/04/2021	0.776	18.900	1.600	19.370	9.200	2.599	1.118	8.238	9.210	4.166
19/09/2021	0.837	13.200	1.100	13.730	9.220	2.679	1.081	7.839	8.475	1.527
29/09/2021	1.004	16.680	1.500	17.310	9.900	2.799	1.029	9.726	10.005	0.524
14/07/2022	0.585	19.470	1.947	19.650	10.400	2.857	2.023	7.730	15.639	3.031
1/02/2023	0.950	18.900	1.890	19.291	9.850	2.733	0.875	10.556	9.236	0.791
9/09/2023	0.484	13.850	1.385	14.001	10.400	2.550*	1.265	4.968	6.283	2.227

*No hay datos de nivel medidos por el sensor durante el aforo, nivel tomado con base en la altura desde el sensor hasta la superficie del agua.

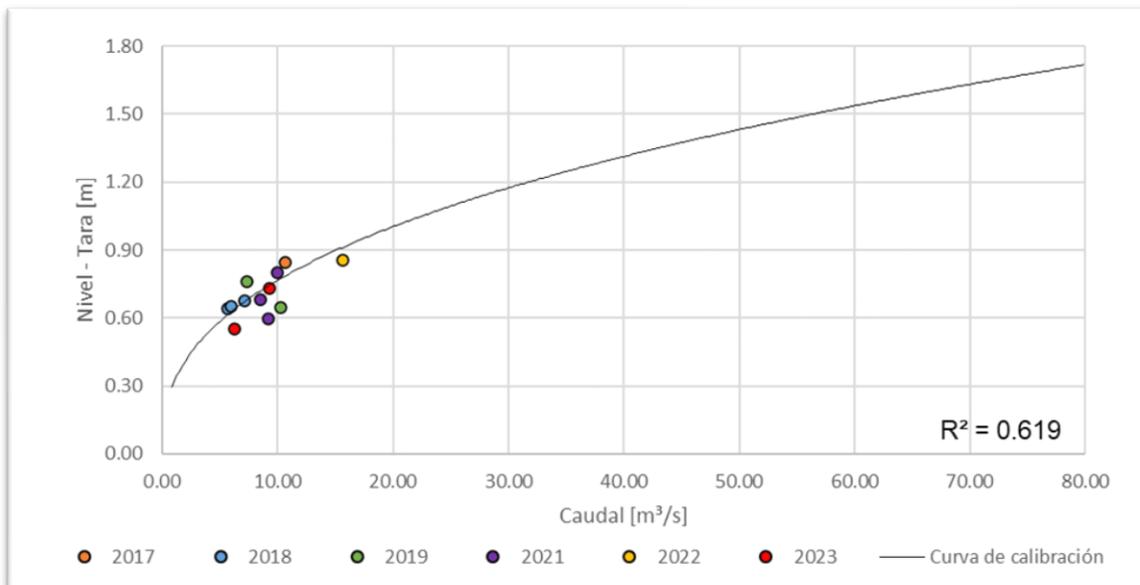


Figura 171. Curva nivel vs caudal, Río Pozo

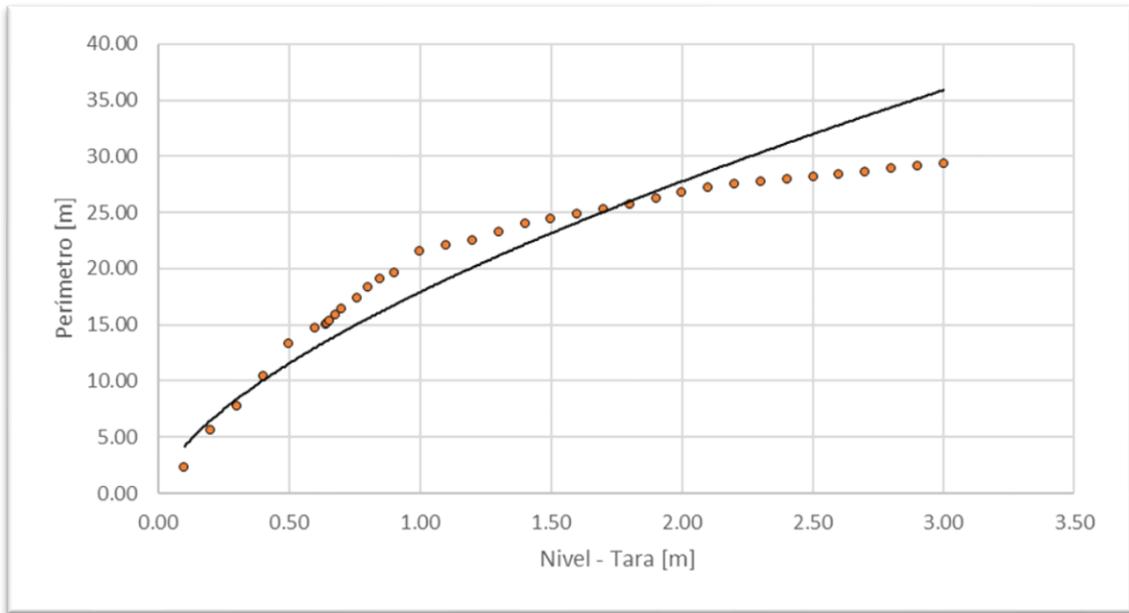


Figura 172. Nivel vs perímetro, Río Pozo

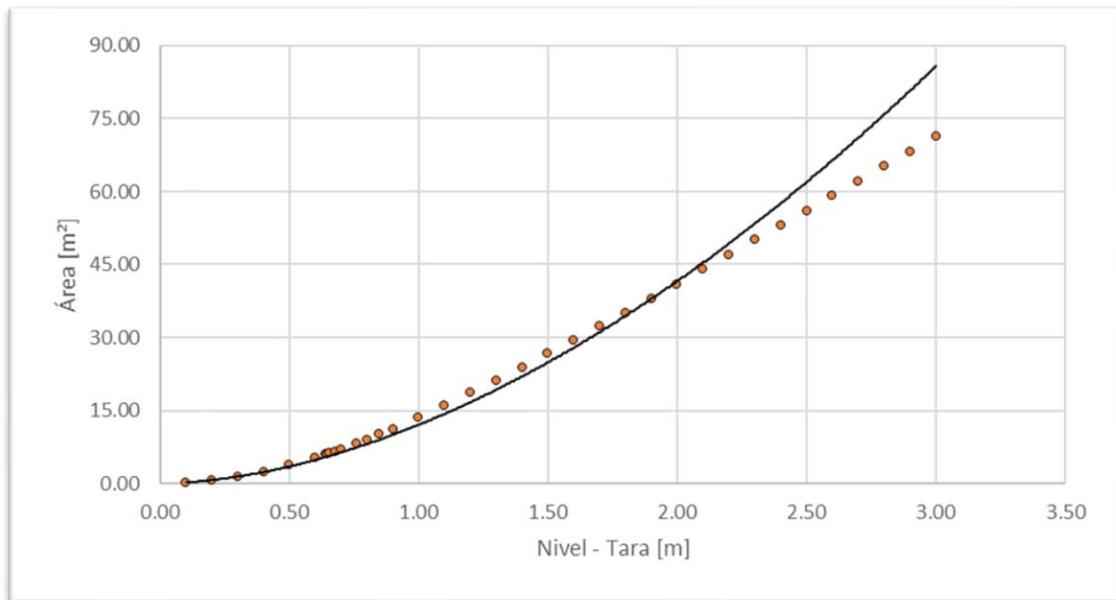


Figura 173. Nivel vs área, Río Pozo

2.37 Río Pácora

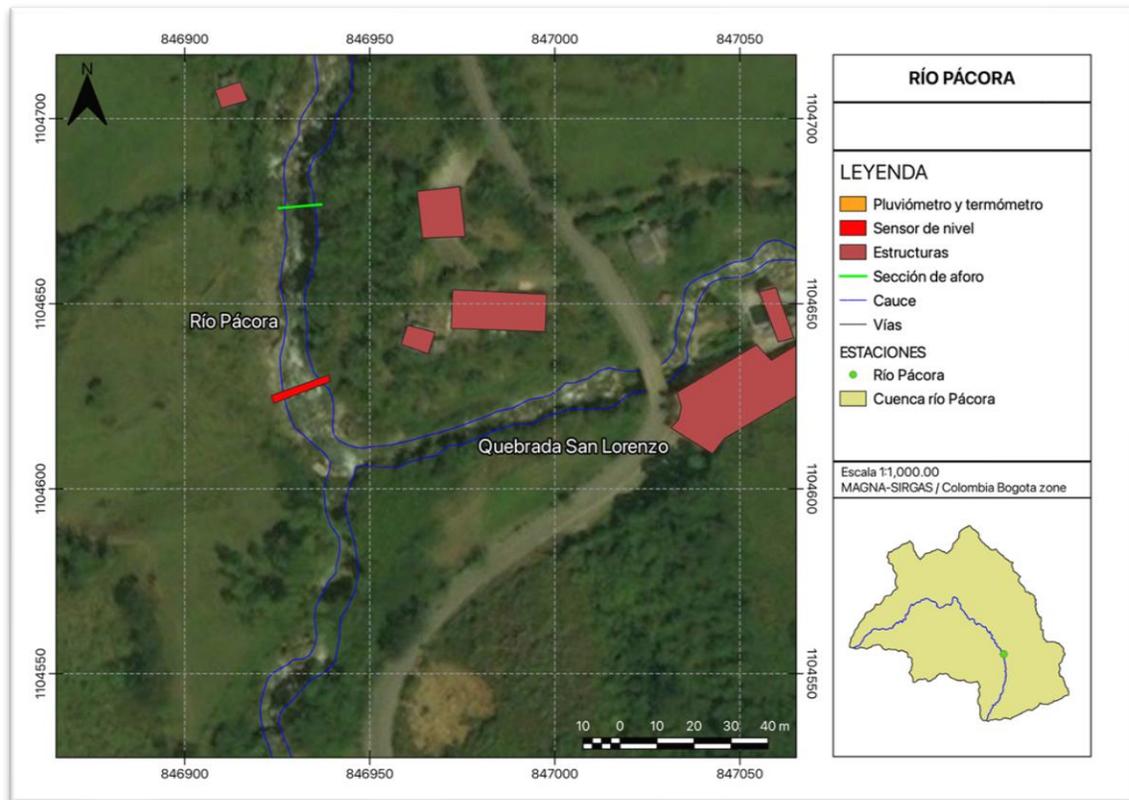


Figura 174. vista en planta, río Pácora

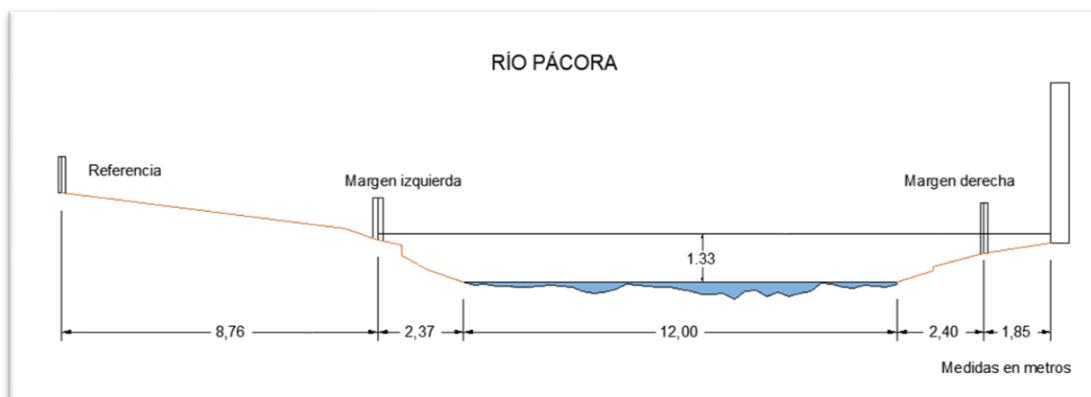


Figura 175. Sección transversal, río Pácora, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 35. Resumen de resultados, río Pácora

ESTACIÓN		RÍO PÁCORA								
LATITUD	N 5° 32' 27.04"	LONGITUD	W 75° 27' 31.87"	ELEVACIÓN (msnm)	1690					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
1/11/2017	0.577	14.000	1.000	15.680	6.400	0.880	0.561	4.211	2.361	1.450
5/12/2017	0.670	13.000	1.000	13.580	6.340	0.940	0.516	5.137	2.653	1.868
8/01/2018	0.524	13.000	1.000	13.450	6.760	0.520	0.374	3.803	1.424	0.070
8/03/2018	0.500	12.000	0.600	12.480	6.970	0.310	0.267	2.424	0.647	0.194
21/07/2019	0.576	13.000	0.900	13.420	6.880	0.400	0.218	3.483	0.758	0.057
8/08/2019	0.564	13.500	1.000	14.560	6.960	0.320	0.207	4.229	0.877	0.389
13/04/2021	0.660	10.700	0.800	11.330	6.150	0.750	0.538	3.795	2.043	1.437
18/09/2021	0.581	11.100	1.000	11.600	6.850	0.347	0.490	2.836	1.391	0.803

*No hay datos de nivel medidos por el sensor durante los aforos, niveles tomados con base en la altura desde el sensor hasta la superficie del agua.

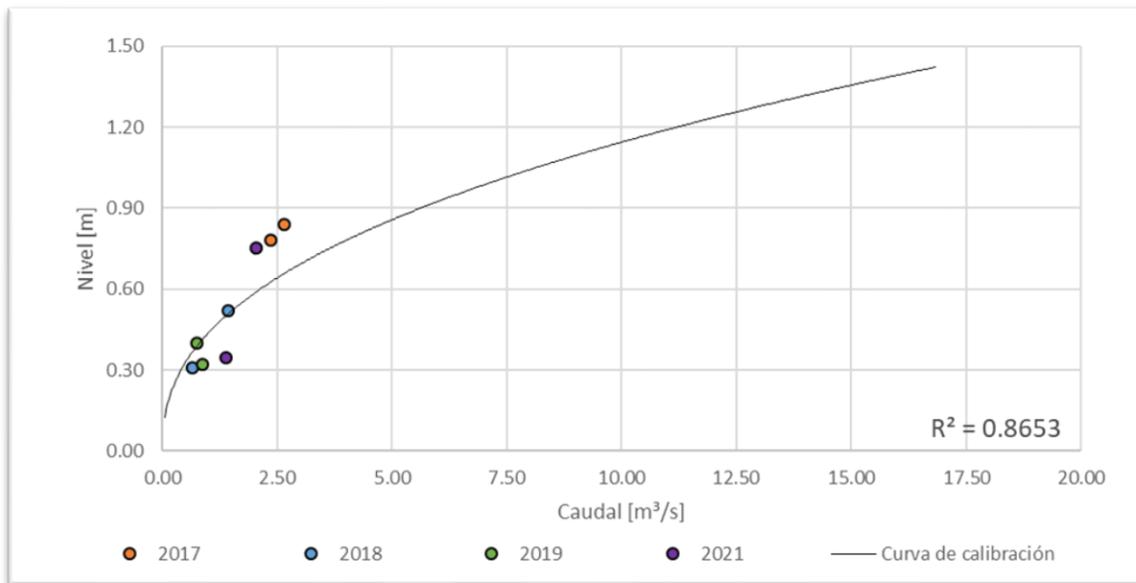


Figura 176. Curva nivel vs caudal, río Pácora

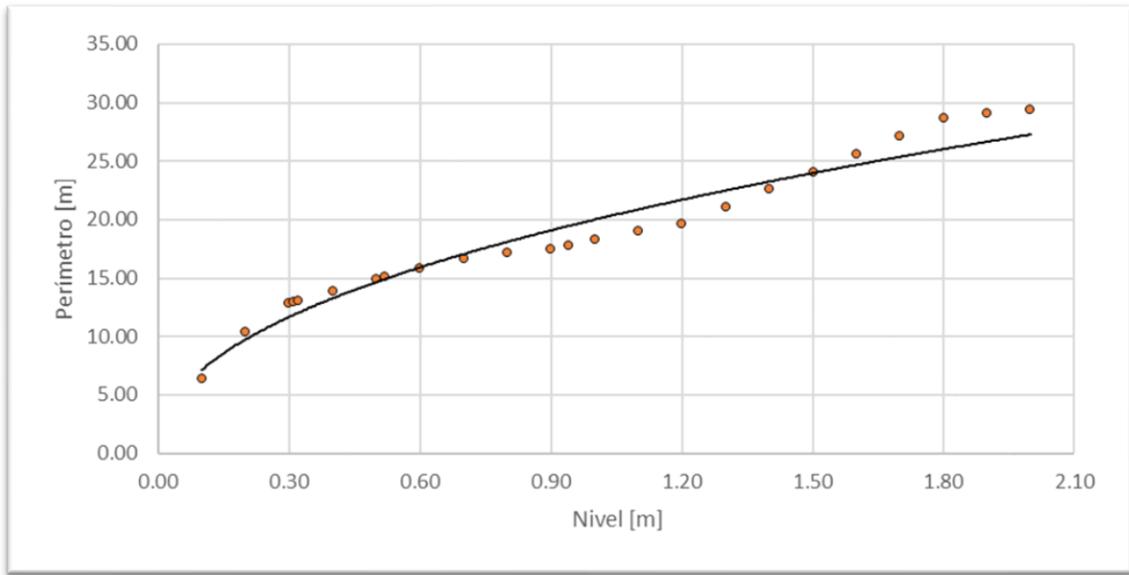


Figura 177. Nivel vs perímetro, río Pácora

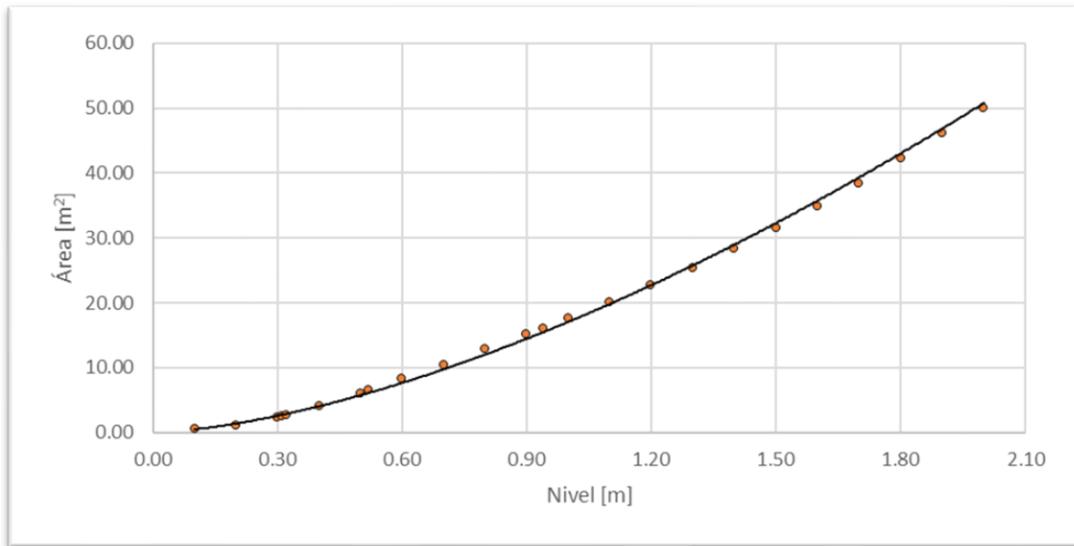


Figura 178. Nivel vs área, río Pácora

2.38 Río Risaralda – La Palmera

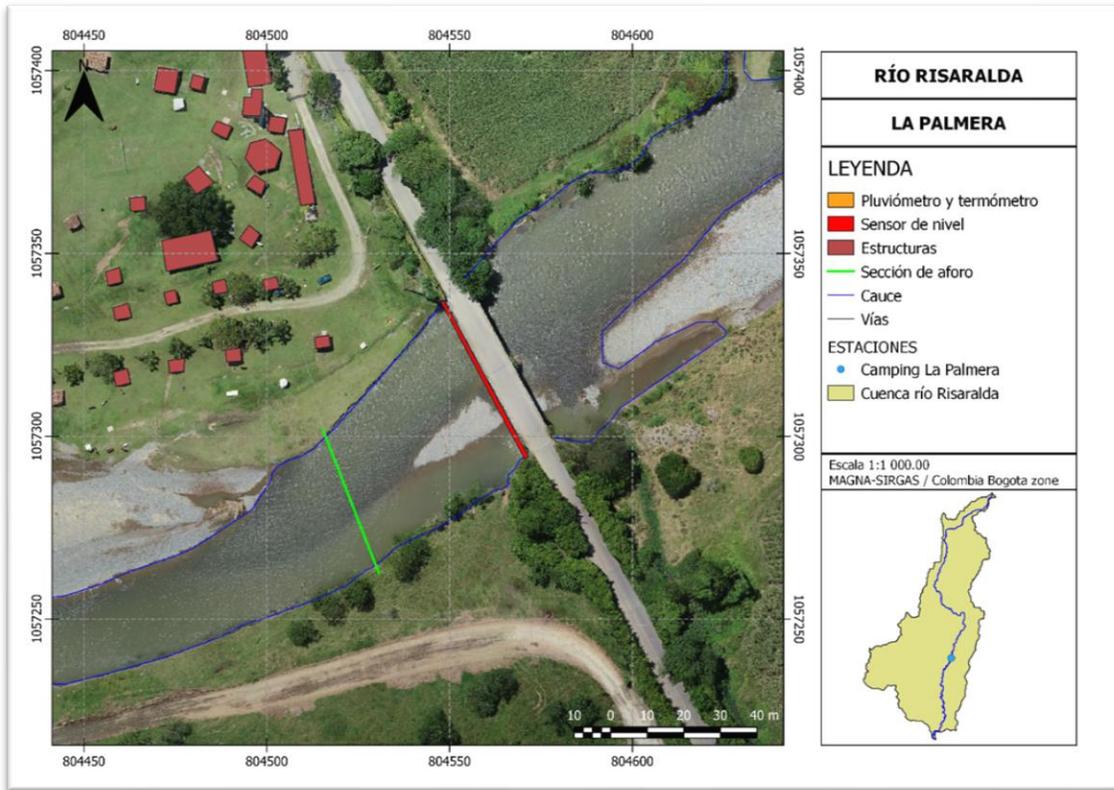


Figura 179. Vista en planta, río Risaralda - La Palmera.

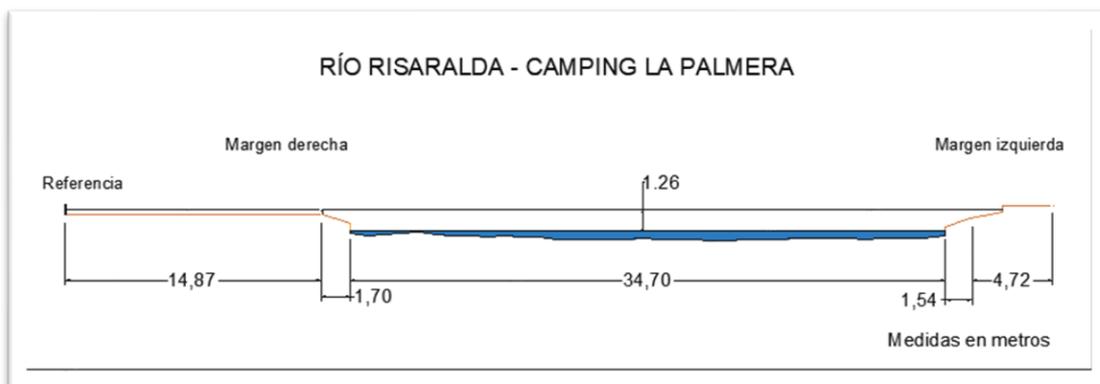


Figura 180. Sección transversal, Río Risaralda - La Palmera, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 36. Resumen de resultados, Río Risaralda - La Palmera

ESTACIÓN		RÍO RISARALDA – CAMPING LA PALMERA								
LATITUD	N 5° 6' 43.22"	LONGITUD	W 75° 39' 24.6"	ELEVACIÓN (msnm)	1010					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
21/12/2017	0.680	34.500	2.000	35.431	3.240	3.771	1.165	18.963	22.094	5.871
12/01/2018	0.750	34.500	2.000	35.502	3.140	3.855	1.267	20.710	26.237	7.916
15/02/2018	0.510	35.000	1.500	35.580	3.350	3.595	0.764	12.614	9.640	2.661
2/03/2018	0.554	34.700	2.000	35.124	3.320	3.642	0.709	13.877	9.838	3.431
21/06/2019	1.050	35.250	2.200	36.510	3.020	3.744	0.598	26.150	15.625	0.067
24/07/2019	0.785	34.500	2.200	35.580	3.180	3.688	0.626	16.968	10.619	3.663
25/08/2019	0.814	32.000	2.000	32.850	3.300	3.530	0.484	15.146	7.324	3.699
14/04/2021	0.948	35.900	2.000	36.690	4.120	3.400	0.974	15.270	14.875	6.159
27/09/2021	0.871	36.800	3.000	37.510	4.210	3.29	0.798	18.524	14.779	7.757
28/01/2023	0.780	40.000	4.000	40.537	3.890	3.58	0.939	16.120	15.135	3.140
8/09/2023	0.734	27.800	2.780	27.976	3.925	3.16*	0.314	11.961	3.758	1.567

*Nivel del sensor inconsistente, dato tomado con las lecturas realizadas en campo

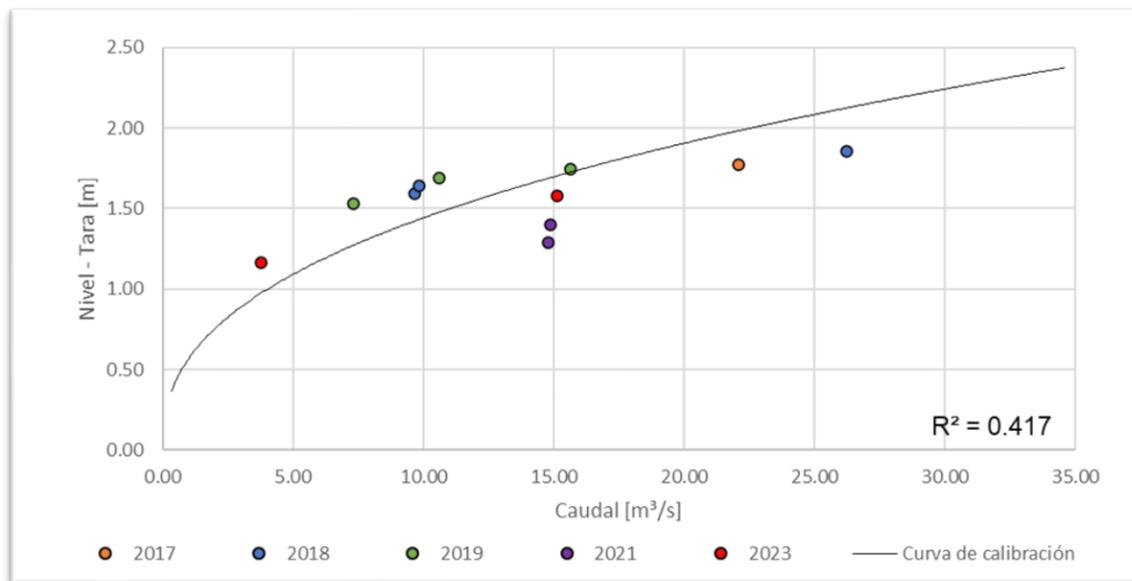


Figura 181. Curva nivel vs caudal, Río Risaralda - La Palmera

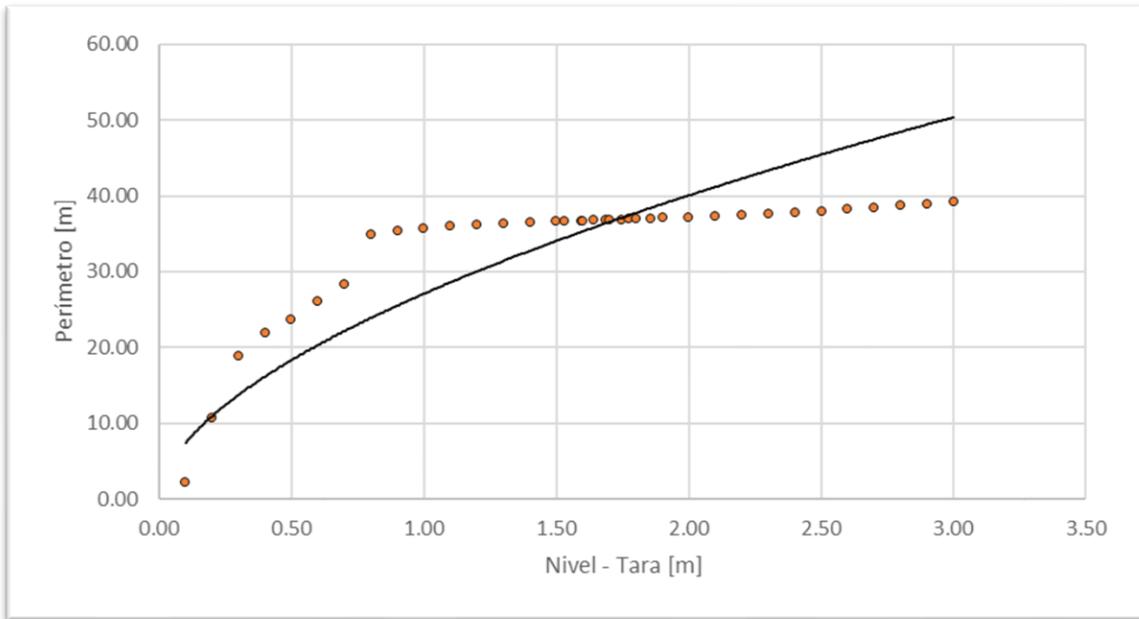


Figura 182. Nivel vs perímetro, Río Risaralda - La Palmera

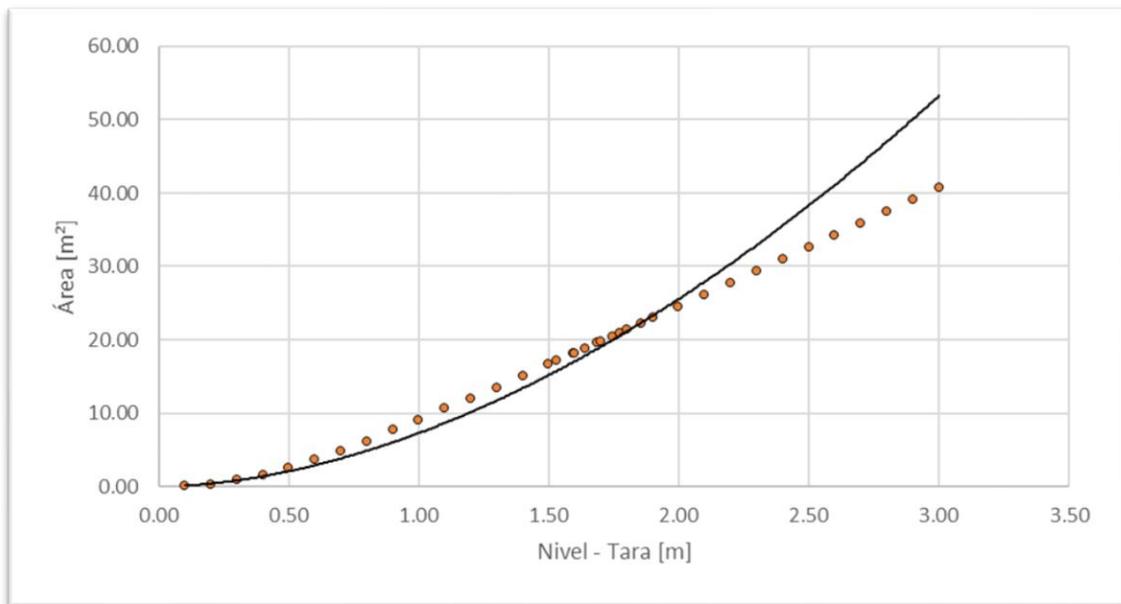


Figura 183. Nivel vs área, Río Risaralda - La Palmera

2.39 Río Santo Domingo – Manzanares

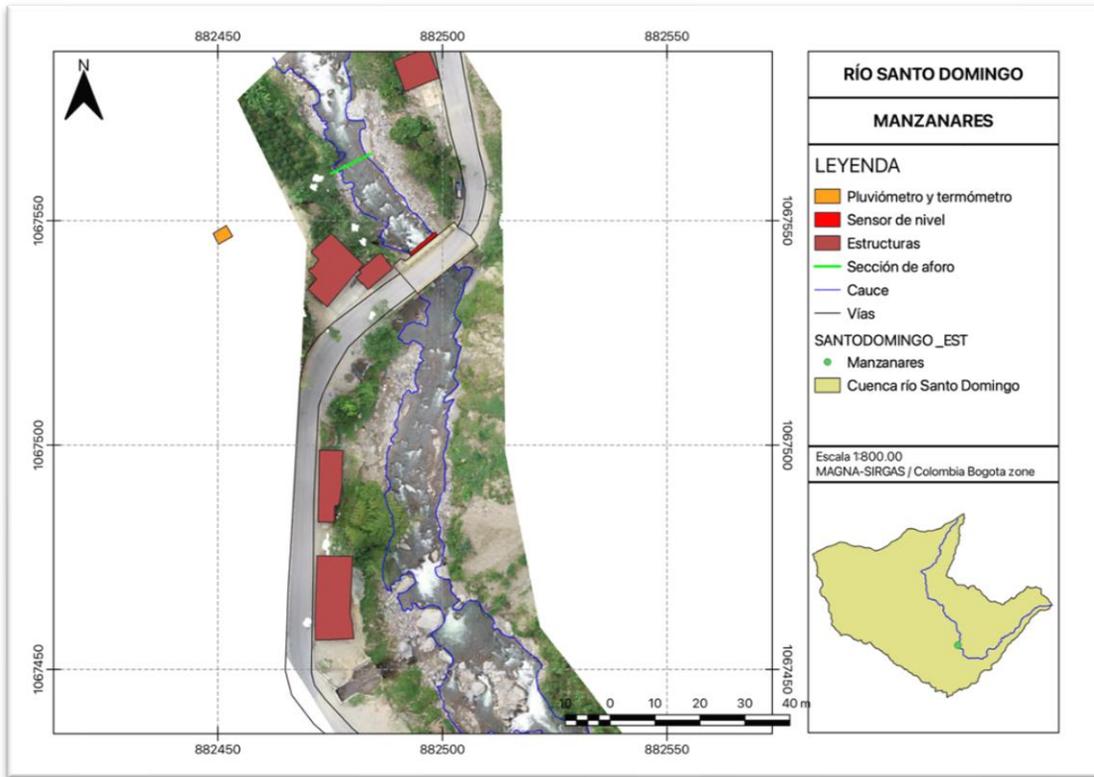


Figura 184. Vista en planta, Río Santo Domingo – Manzanares.

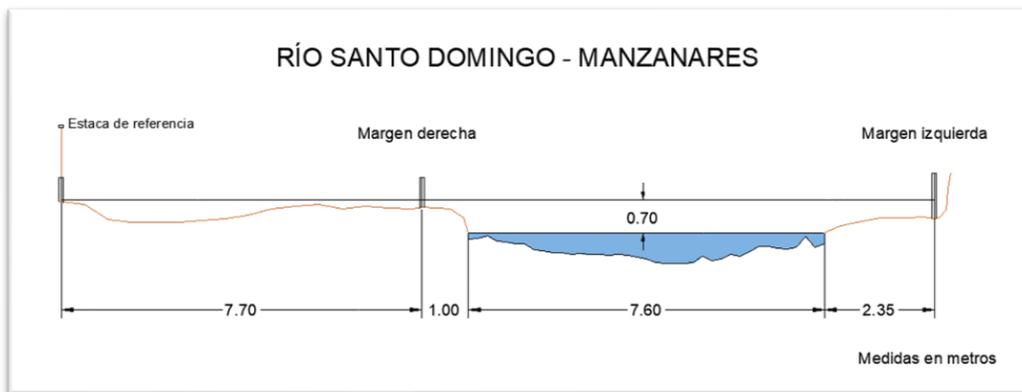


Figura 185. Sección transversal, Río Santo Domingo – Manzanares, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 37. Resumen de resultados, Río Santo Domingo – Manzanares

ESTACIÓN		RÍO SANTO DOMINGO - MANZANARES								
LATITUD	N 5° 12' 25.87"	LONGITUD	W 75° 8' 16.33"	ELEVACIÓN (msnm)						
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
21/12/2017	0.865	7.600	0.600	8.840	8.400	2.141	0.523	3.624	1.896	0.802
12/01/2018	0.720	8.400	0.800	9.040	8.200	2.341	0.910	3.758	3.420	0.034
15/02/2018	0.670	7.400	0.500	7.990	8.350	2.191	0.808	2.904	2.345	0.135
2/03/2018	0.660	7.600	0.400	8.450	8.270	2.271	0.825	2.983	2.460	0.013
21/06/2019	0.599	17.070	1.000	17.790	7.950	2.511*	0.528	5.988	3.164	17.022
24/07/2019	0.540	17.000	1.000	17.480	8.100	2.158	0.551	4.755	2.618	1.195
25/08/2019	0.492	16.400	1.100	16.910	8.450	2.091	0.391	3.087	1.206	0.809
27/03/2021	0.635	14.280	1.100	14.460	7.500	2.250	1.012	4.929	4.988	0.878
25/09/2021	0.638	11.100	0.800	11.640	8.200	2.150	0.717	4.526	3.246	1.993
22/07/2022	0.455	7.300	0.730	7.408	7.190	2.250	0.783	2.131	1.669	2.441
15/03/2023	1.180	9.500	0.950	11.738	7.800	2.350	0.551	5.464	3.010	5.977
7/09/2023	0.750	4.650	0.465	5.244	7.250	2.190	0.767	1.659	1.273	0.899

*Nivel de sensor inconsistente respecto del caudal medido en campo.

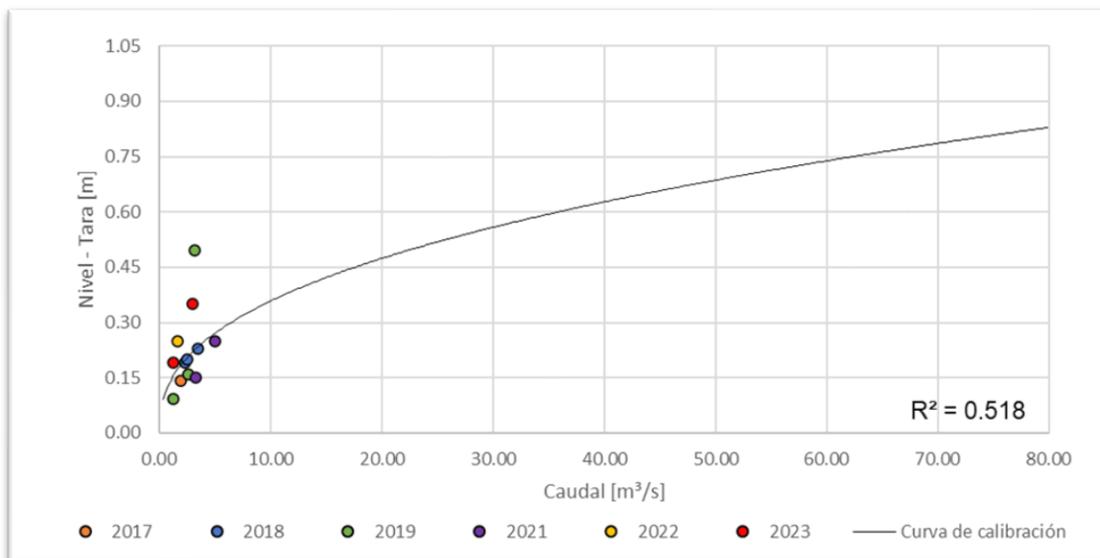


Figura 186. Curva nivel vs caudal, Río Santo Domingo - Manzanares

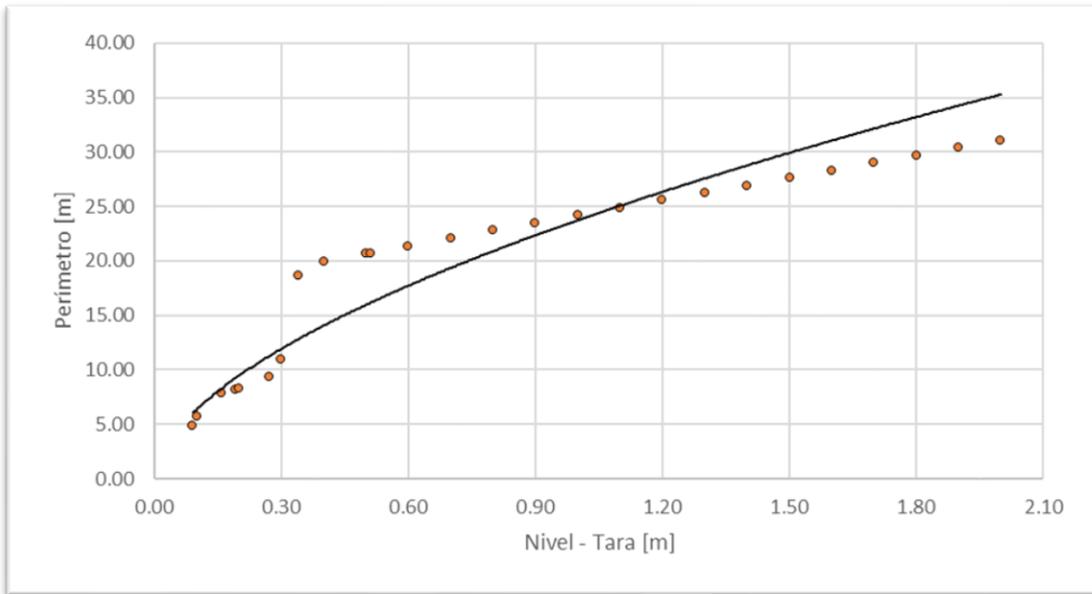


Figura 187. Nivel vs perímetro, Río Santo Domingo – Manzares

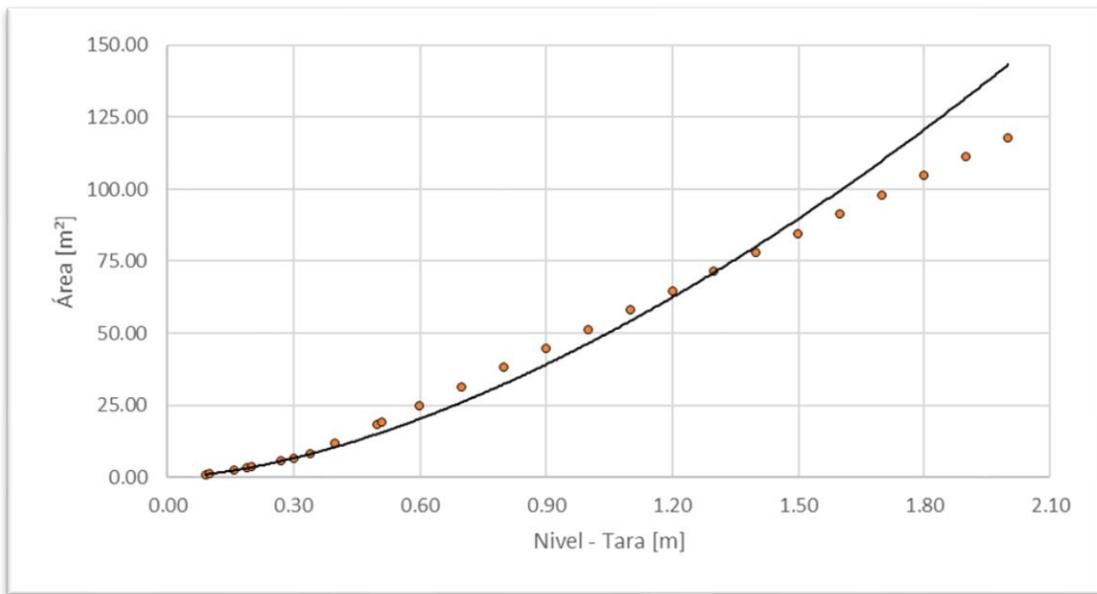


Figura 188. Nivel vs área, Río Santo Domingo – Manzares

2.40 Río Pensilvania - Microcentral

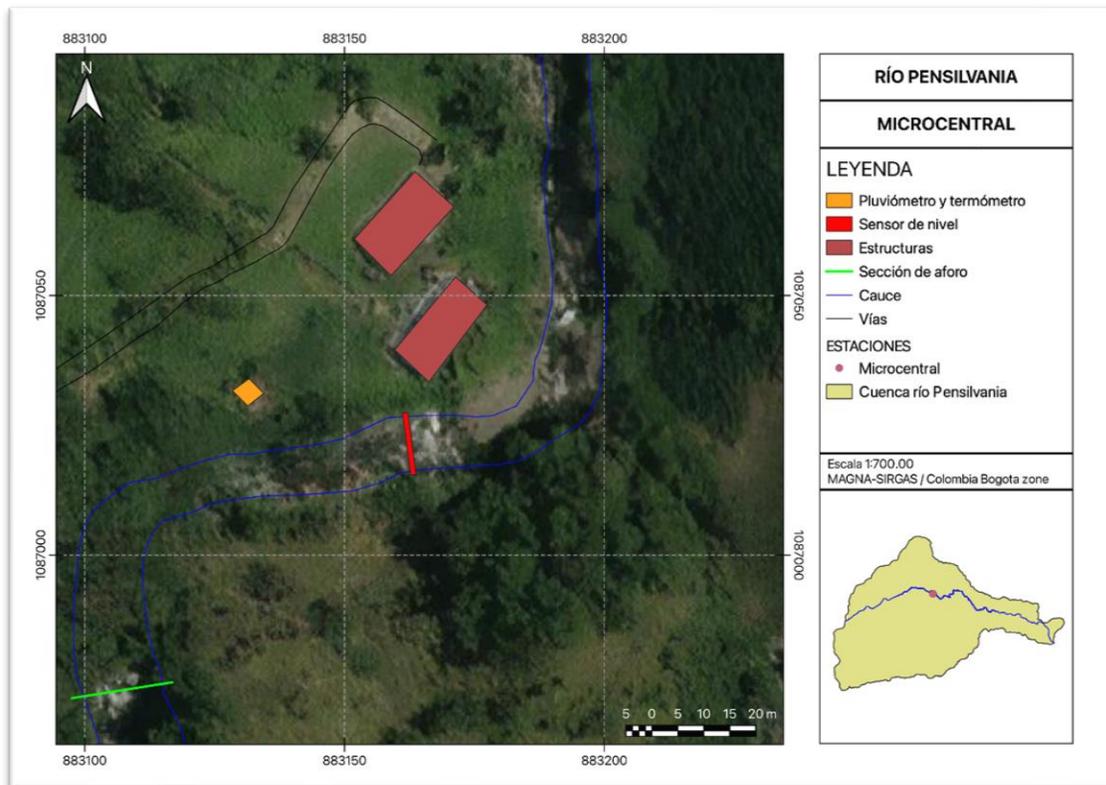


Figura 189. Vista en planta, Río Pensilvania – Microcentral

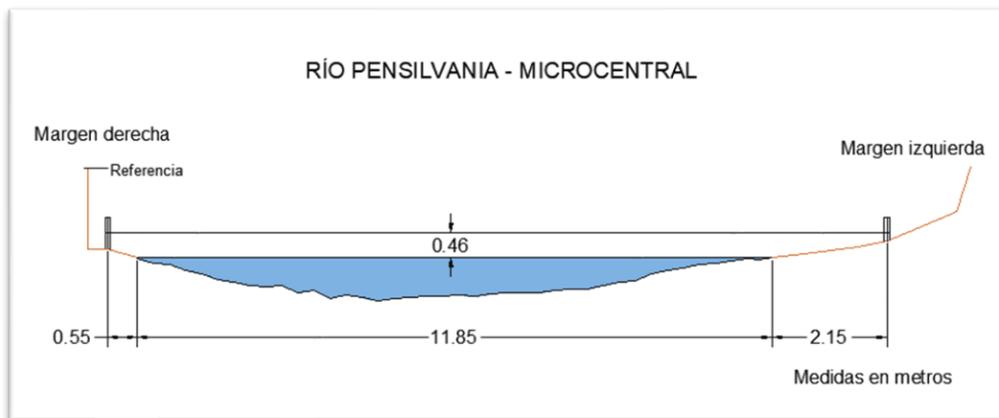


Figura 190. Sección transversal, Río Pensilvania – Microcentral, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 38. Resumen de resultados, Río Pensilvania – Microcentral

ESTACIÓN		RÍO PENSILVANIA - MICROCENTRAL								
LATITUD	N 5° 23' 6.4"	LONGITUD	W 75° 8' 5.9"	ELEVACIÓN (msnm)	1773					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR			RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
28/10/2017	0.705	12.000	1.000	12.100	5.370	3.110	0.397	5.043	2.000	0.176
30/11/2017	0.862	13.300	1.200	13.540	5.100	3.370	0.443	6.236	2.766	0.215
9/01/2018	0.810	12.900	1.000	13.450	5.170	3.315	0.451	6.039	2.724	0.439
1/03/2018	0.815	11.850	0.600	12.130	5.120	3.260	0.351	5.641	1.979	0.056
15/06/2019	1.055	11.400	0.900	11.770	5.200	3.280	0.402	5.901	2.375	0.115
6/08/2019	0.949	11.750	0.900	12.400	4.900	3.540	0.449	6.533	2.936	0.562
27/03/2021	0.827	13.600	1.000	13.830	4.300	3.800	0.753	6.010	4.524	0.808

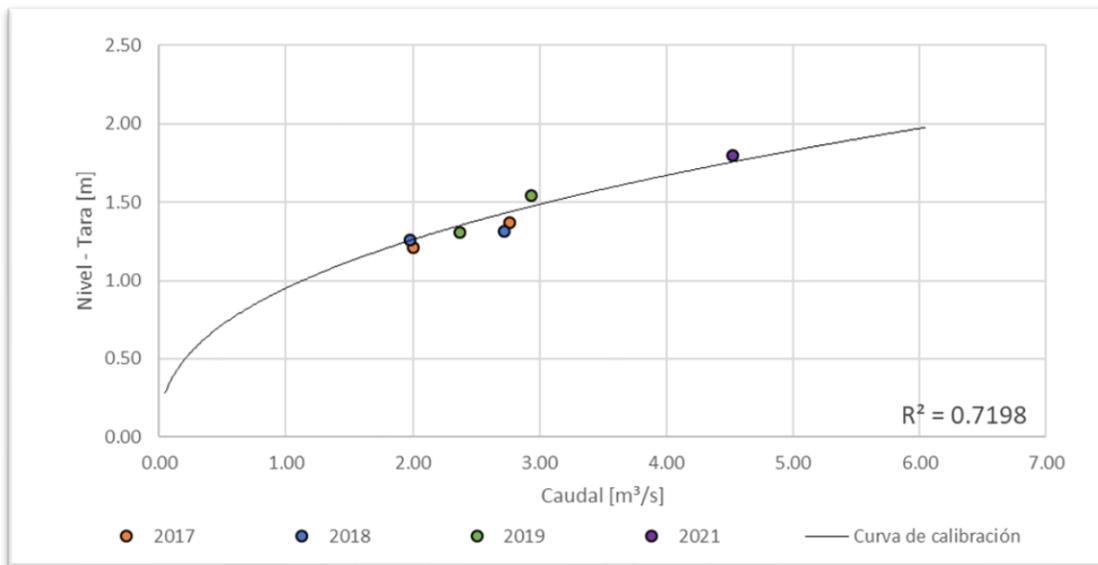


Figura 191. Curva nivel vs caudal, Río Pensilvania – Microcentral

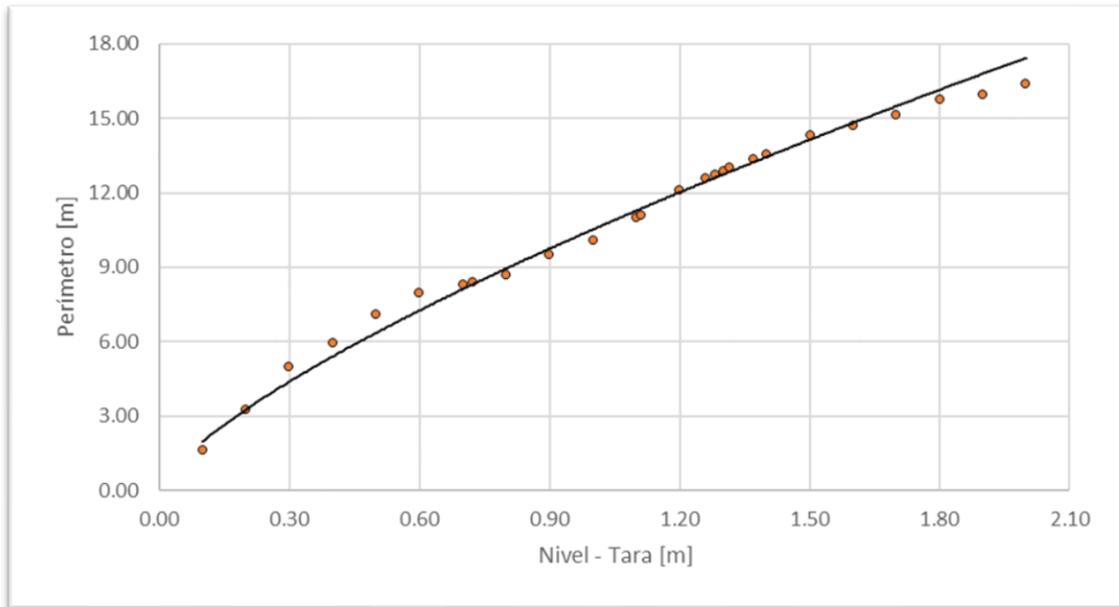


Figura 192. Nivel vs Perímetro, Río Pensilvania – Microcentral

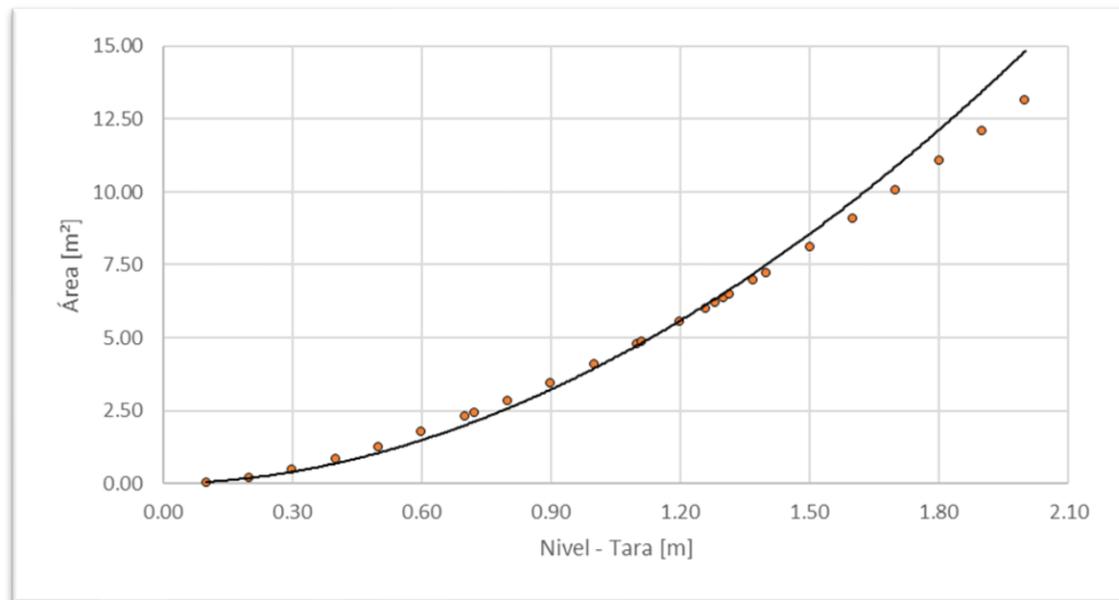


Figura 193. Nivel vs área, Río Pensilvania – Microcentral

2.41 Río Doña Juana

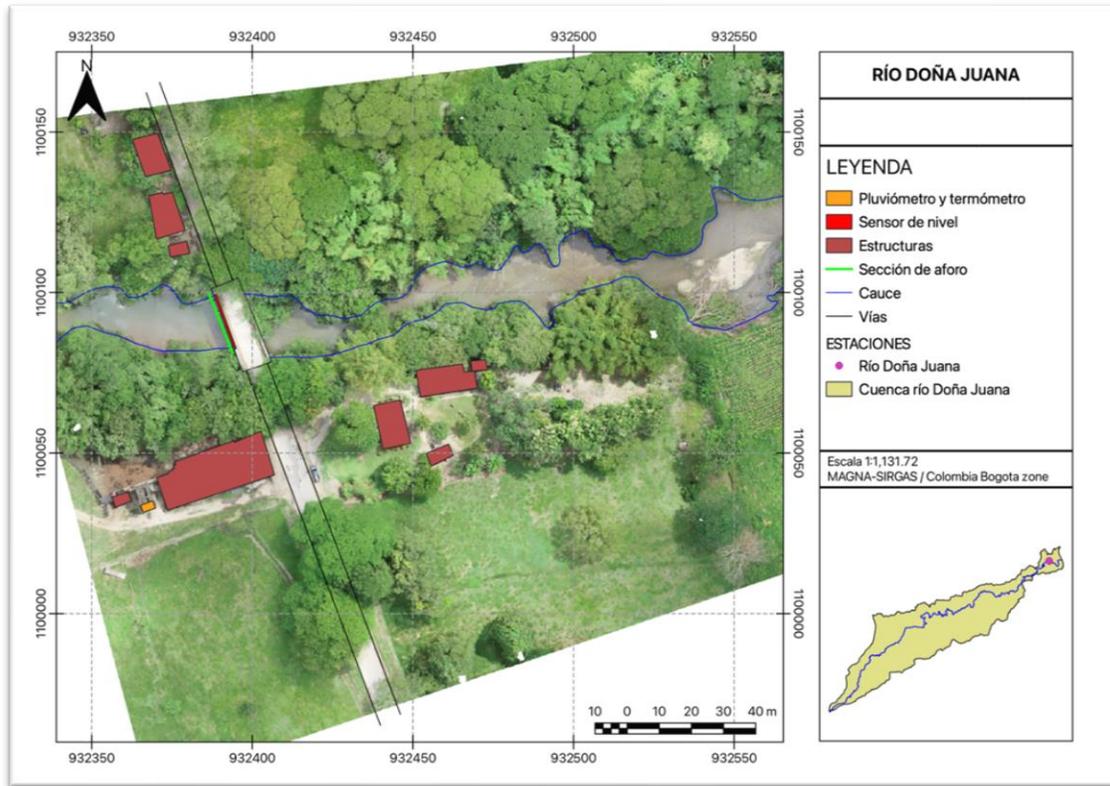


Figura 194. Vista en planta, Río Doña Juana

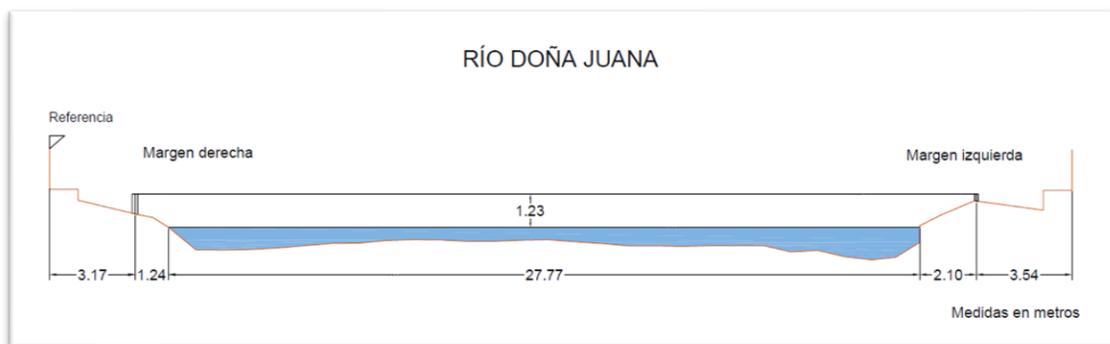


Figura 195. Sección transversal, Río Doña Juana, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 39. Resumen de resultados, Río Doña Juana

ESTACIÓN		RÍO DOÑA JUANA								
LATITUD	N 5° 30' 03.58"	LONGITUD	W 74° 41' 15.38"	ELEVACIÓN (msnm)	190					
Fecha aforo (dd-mm-aa)	SECCIÓN DE AFORO				SENSOR		RESULTADOS			
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	Error cuadrático medio para caudal
27/10/2017	1.145	29.000	2.000	29.780	5.370	0.987	0.414	22.495	9.324	1.656
1/12/2017	1.203	27.700	2.000	31.200	4.380	1.345	0.602	21.066	12.675	4.239
10/01/2018	2.283	35.700	2.000	31.200	3.520	2.011	0.914	54.426	49.747	2.525
2/03/2018	0.552	26.300	1.000	14.850	4.970	0.725	0.239	7.791	1.862	1.629
1/07/2019	0.830	30.000	2.000	30.740	4.800	0.708	0.178	8.943	1.590	1.690
5/08/2019	0.668	23.620	1.600	24.210	4.910	0.626	0.170	6.374	1.082	1.312
28/03/2021	0.667	25.000	2.000	25.390	4.450	0.835	0.304	12.333	3.753	1.250
25/09/2021	0.860	25.800	1.500	26.300	5.000	0.663	0.164	11.150	1.831	0.939
23/07/2022	1.089	31.160	NA*	32.466	5.200	0.933	0.216	18.905	1.296	5.350
15/03/2023	0.960	22.000	2.000	22.541	5.150	1.008	0.695	13.140	9.136	1.040

*Aforo realizado con ADCP

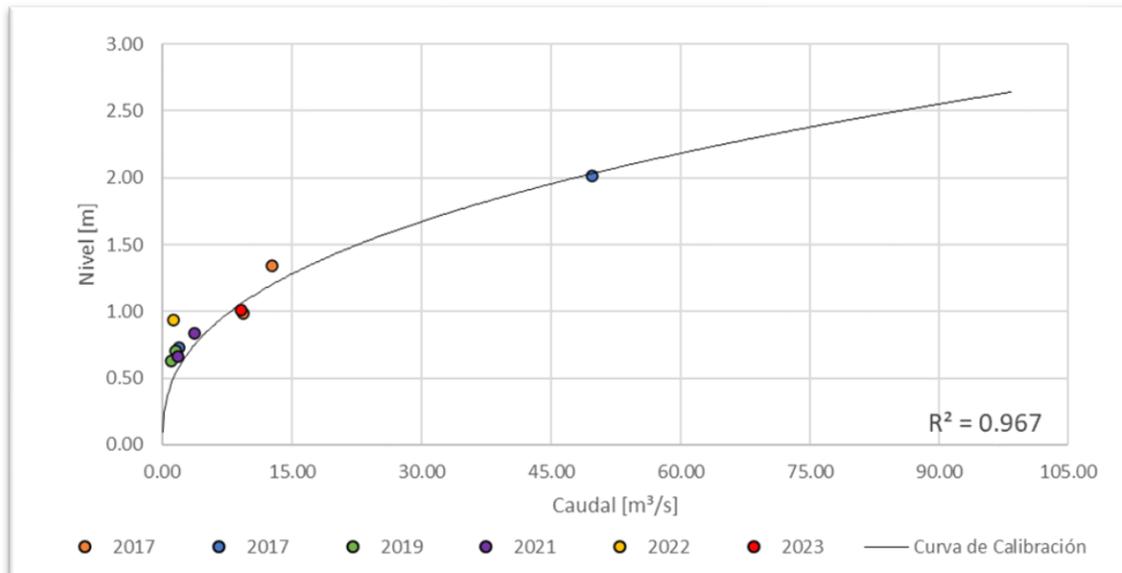


Figura 196. Curva nivel vs caudal, Río Doña Juana

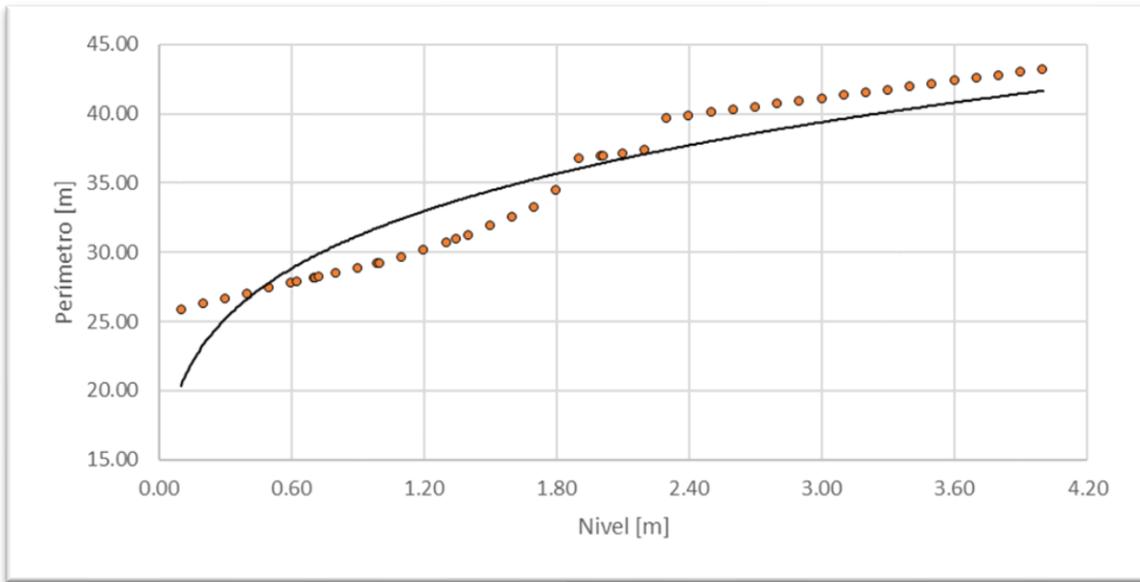


Figura 197. Nivel vs Perímetro, Río Doña Juana

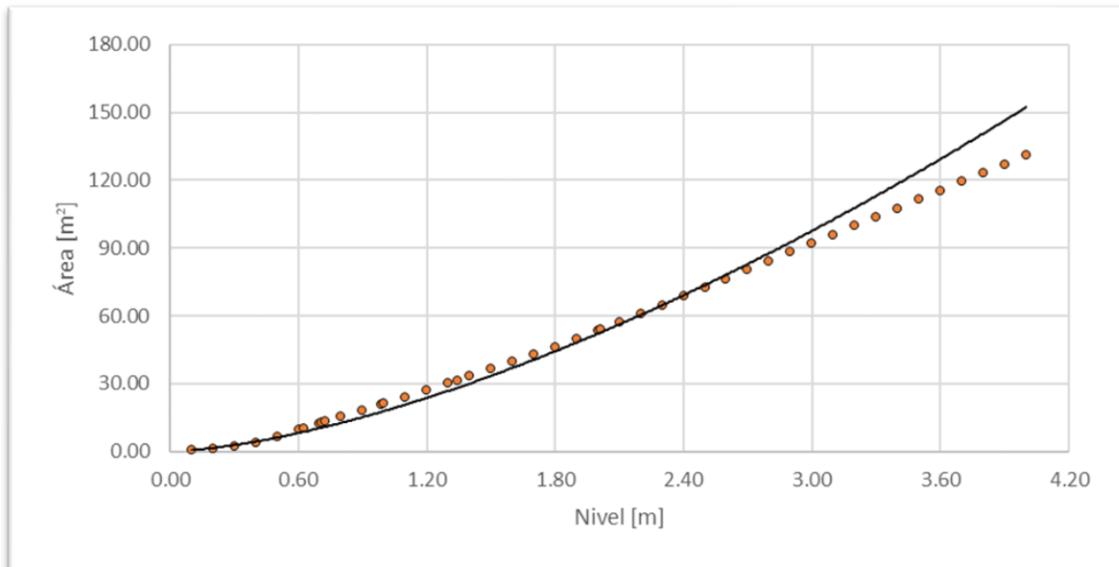


Figura 198. Nivel vs Área, Río Doña Juana

Dentro del monitoreo hidrometeorológico del departamento hay diferentes empresas y entidades que cuentan con estaciones de medición de niveles, por ejemplo, para la cuenca del río Chinchiná se han realizado aforos de caudal líquido y sólido en las bocatomas que hacen parte de la red de estaciones de Aguas de Manizales S.A. E.S.P., empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado de la ciudad y la Central Hidroeléctrica de Caldas CHEC y que trabajan en conjunto a través de VIVO CUENCA.

Estas estaciones hacen parte del proyecto de investigación denominado: *“Aunar esfuerzos administrativos, académicos y financieros para implementar un sistema de monitoreo y seguimiento hidrometeorológico de las actividades de restauración realizadas por VIVO CUENCA en las microcuencas de la parte alta de la cuenca del río Chinchiná señaladas en el plan de monitoreo hidrometeorológico y de calidad de agua en la cuenca del río Chinchiná”* en la vigencia 2022.

Algunas de las estaciones que se muestran a continuación ya cuentan con curvas de calibración de caudales o curvas de gasto, (generadas por la empresa dueña de la estación), las estaciones río Chinchiná – La Virginia y río Chinchiná – La Zulia no cuentan con curva de calibración ya que se cuentan con pocos datos de aforos, por esta razón, en este informe solo se presentan los resultados de los aforos y las curvas de calibración de caudal sólido.

2.42 Quebrada Termales – Bocatoma

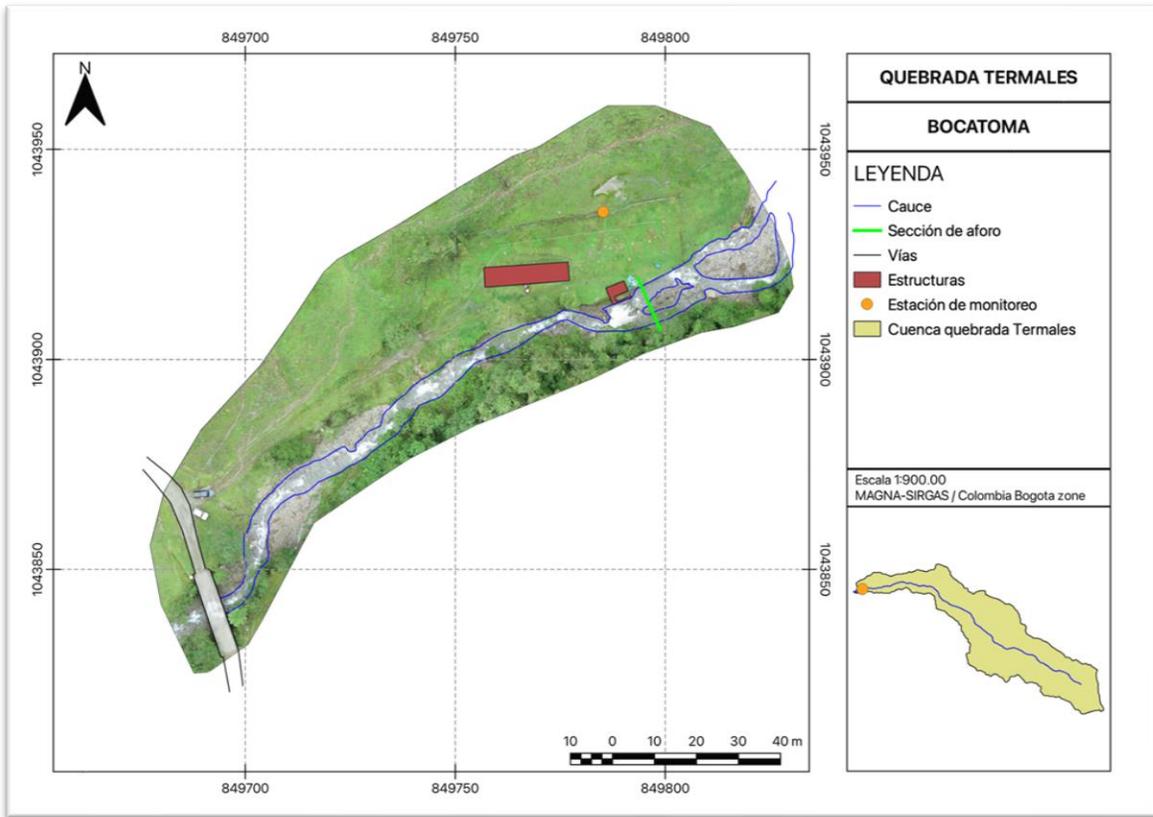


Figura 199. Vista en planta quebrada Termales - Bocatoma.

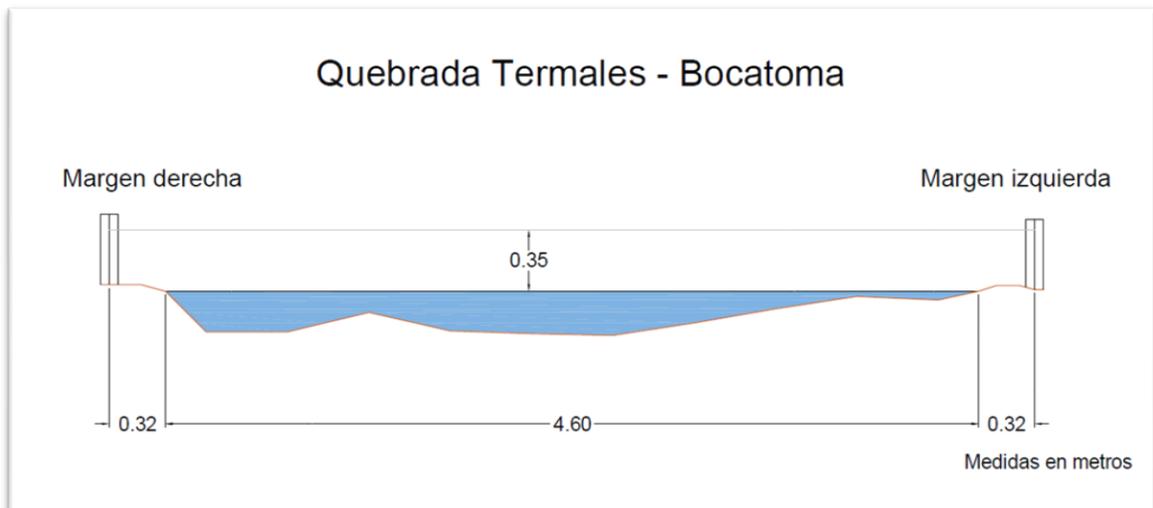


Figura 200. Sección transversal quebrada Termales - Bocatoma, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 40. Resumen de resultados, quebrada Termales - Bocatoma

ESTACIÓN		QUEBRADA TERMALES - BOCATOMA						
LATITUD		N 4° 59' 31.60"				ELEVACIÓN (msnm)		2447
LONGITUD		W 75° 25' 54.80"						
GENERAL SECCIÓN DE AFORO					RESULTADOS			
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	
10/11/2021	0.320	3.100	0.300	3.430	0.789	0.782	0.617	
1/12/2021	0.290	3.100	0.500	3.317	0.801	0.760	0.609	
19/10/2022	0.180	5.280	0.630	5.331	0.826	0.421	0.348	
22/11/2022	0.305	4.700	0.625	4.828	0.868	0.744	0.646	
19/12/2022	0.230	4.200	0.420	4.270	0.796	0.427	0.340	
18/01/2023	0.245	4.600	0.460	4.744	0.720	0.697	0.502	
18/09/2023	0.180	3.800	0.400	3.880	0.534	0.517	0.276	
22/01/2024	0.272	3.230	0.323	3.397	0.501	0.391	0.196	

Tabla 41. Resumen de resultados, quebrada California - Bocatoma

ESTACIÓN		QUEBRADA CALIFORNIA - BOCATOMA						
LATITUD		N 4° 59' 3.05"				ELEVACIÓN (msnm)		2341
LONGITUD		W 75° 26' 30.9"						
GENERAL SECCIÓN DE AFORO					RESULTADOS			
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	
10/11/2021	0.290	4.200	0.500	4.394	0.510	1.050	0.536	
1/12/2021	0.320	4.200	0.500	4.409	0.467	1.094	0.511	
19/10/2022	0.475	4.000	0.400	4.300	0.665	1.365	0.908	
22/11/2022	0.370	3.950	0.395	4.244	0.542	1.086	0.589	
19/12/2022	0.465	3.900	0.390	4.566	0.435	1.163	0.506	
18/01/2023	0.380	3.930	0.393	4.287	0.576	1.095	0.630	
18/09/2023	0.280	4.500	0.500	4.676	0.226	1.023	0.231	
18/01/2024	0.280	4.200	0.300	4.375	0.267	0.925	0.247	

2.44 Quebrada La Ye – Bocatoma

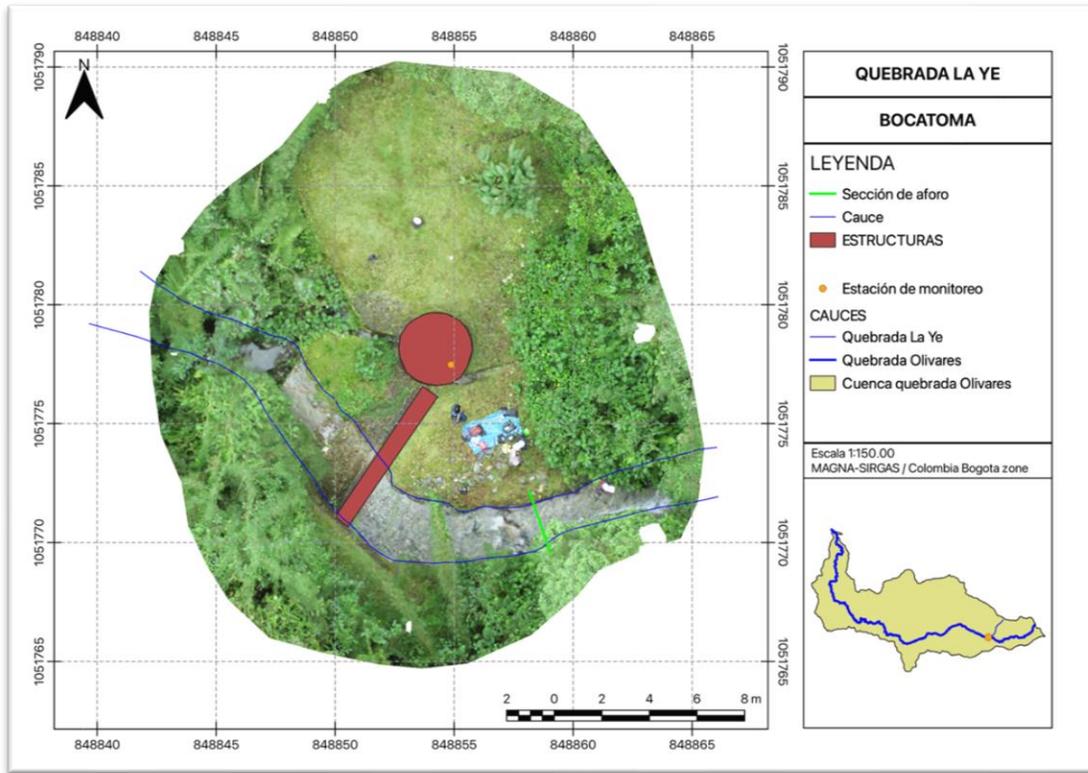


Figura 203. Vista en planta quebrada La Ye - Bocatoma.

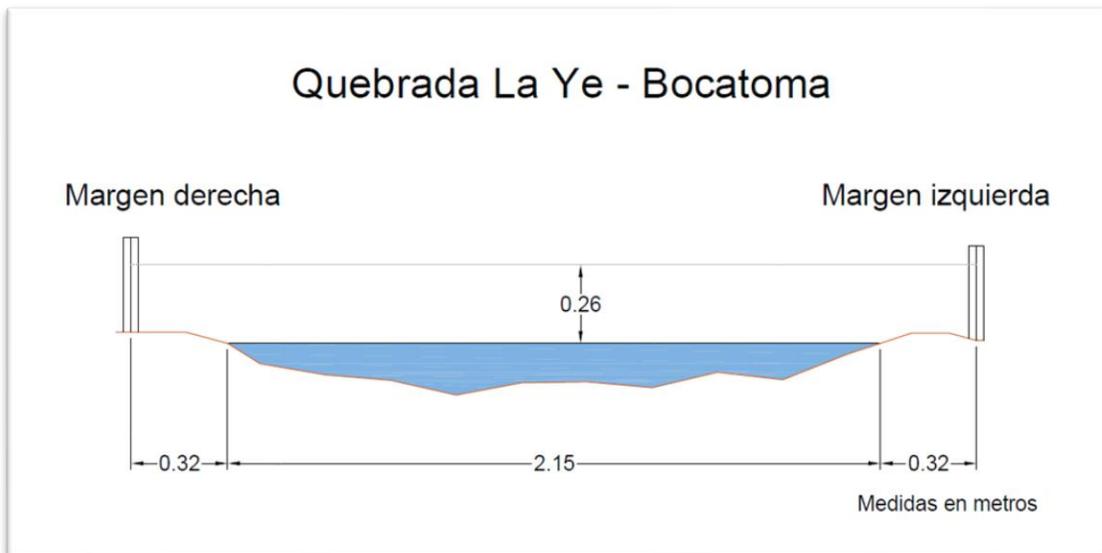


Figura 204. Sección transversal quebrada La Ye - Bocatoma, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 42. Resumen de resultados, quebrada La Ye - Bocatoma

ESTACIÓN		QUEBRADA LA YE - BOCATOMA						
LATITUD		N 5° 3' 46.4"				ELEVACIÓN (msnm)		2258
LONGITUD		W 75° 29' 4.9"						
GENERAL SECCIÓN DE AFORO					RESULTADOS			
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	
11/11/2021	0.130	2.800	0.400	2.836	0.576	0.292	0.168	
1/12/2021	0.130	2.800	0.500	3.034	0.580	0.320	0.186	
19/10/2022	0.170	2.150	0.215	2.212	0.596	0.229	0.137	
22/11/2022	0.150	2.200	0.220	2.297	0.815	0.228	0.186	
19/12/2022	0.160	2.050	0.205	2.184	0.527	0.222	0.117	
18/01/2023	0.200	2.300	0.230	2.453	0.690	0.341	0.235	
20/09/2023	0.130	1.400	0.200	1.440	0.527	0.130	0.068	
22/01/2024	0.080	2.800	0.280	2.820	0.452	0.143	0.065	

2.45 Río Guacaica – Bocatoma

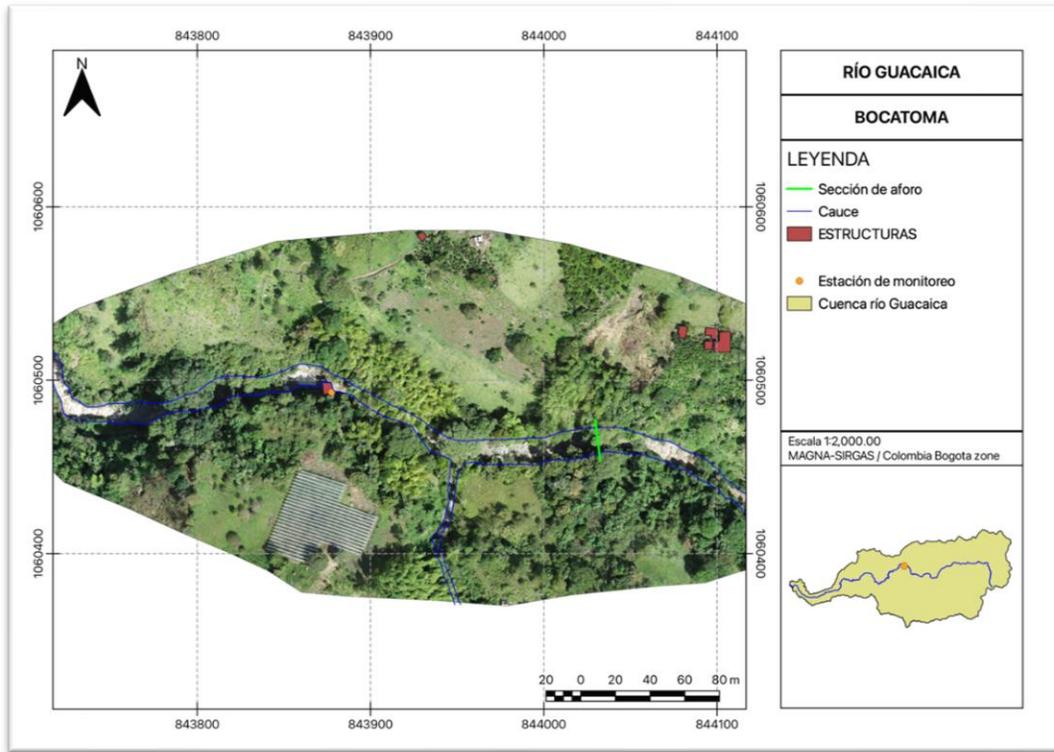


Figura 205. Vista en planta río Guacaica - Bocatoma. Fuente: SIÉ Ingeniería

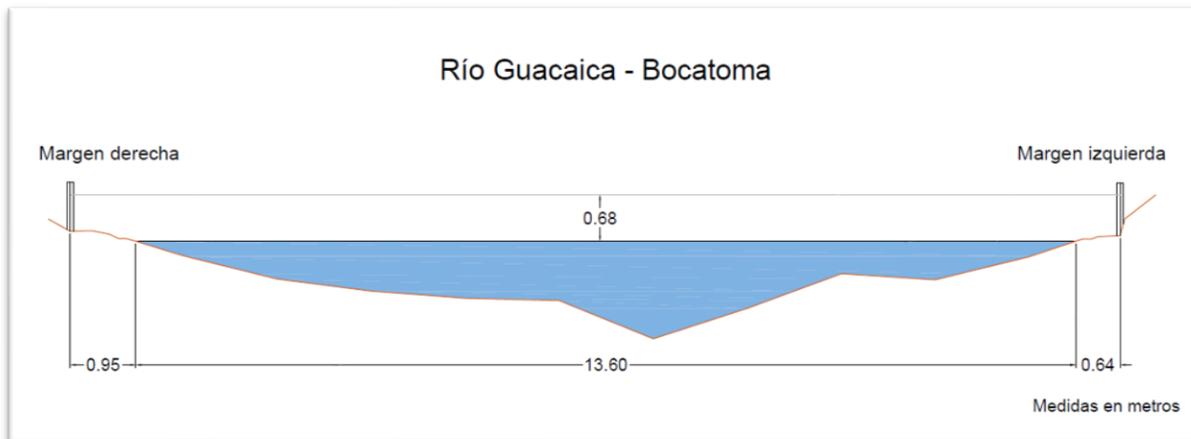


Figura 206. Sección transversal río Guacaica - Bocatoma, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 43. Resumen de resultados, río Guacaica - Bocatoma

ESTACIÓN		RÍO GUACAICA - BOCATOMA						
LATITUD		N 5° 8' 16.10"				ELEVACIÓN (msnm)		1693
LONGITUD		W 75° 29' 4.92"						
GENERAL SECCIÓN DE AFORO					RESULTADOS			
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	
3/12/2021	0.723	17.000	1.700	17.603	0.717	8.673	6.214	
6/12/2021	0.771	16.300	1.600	16.938	0.677	8.647	5.855	
21/10/2022	1.410	13.600	1.360	14.033	1.224	8.939	10.945	
23/11/2022	1.125	13.700	1.370	13.992	1.188	9.461	11.241	
20/12/2022	1.070	11.800	2.360	12.480	0.835	7.483	7.397	
19/01/2023	1.050	13.750	1.375	14.161	1.122	10.260	11.513	
20/09/2023	0.607	7.700	0.770	8.066	0.499	3.114	1.554	
22/01/2024	0.600	7.800	0.780	8.023	0.566	3.229	1.827	

2.46 Río Chinchiná – Bocatoma

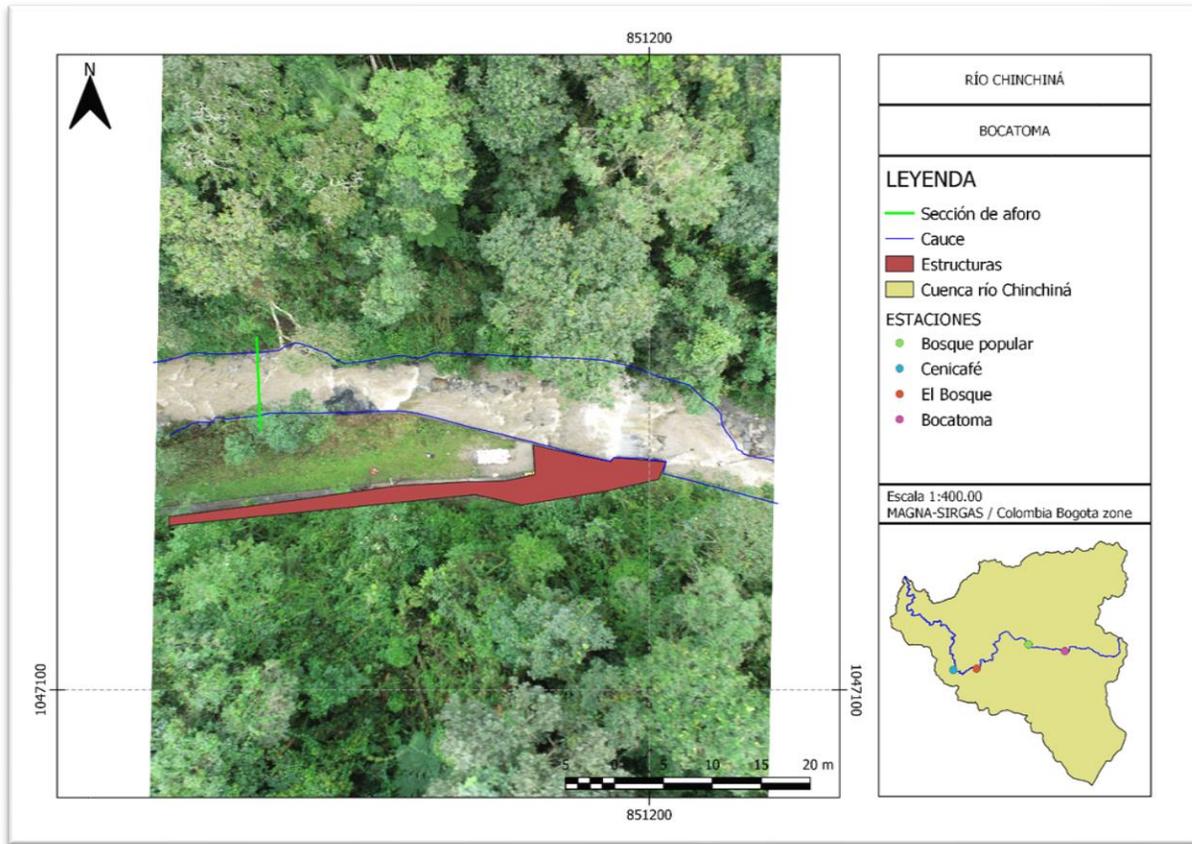


Figura 207. Vista en planta río Chinchiná – Bocatoma

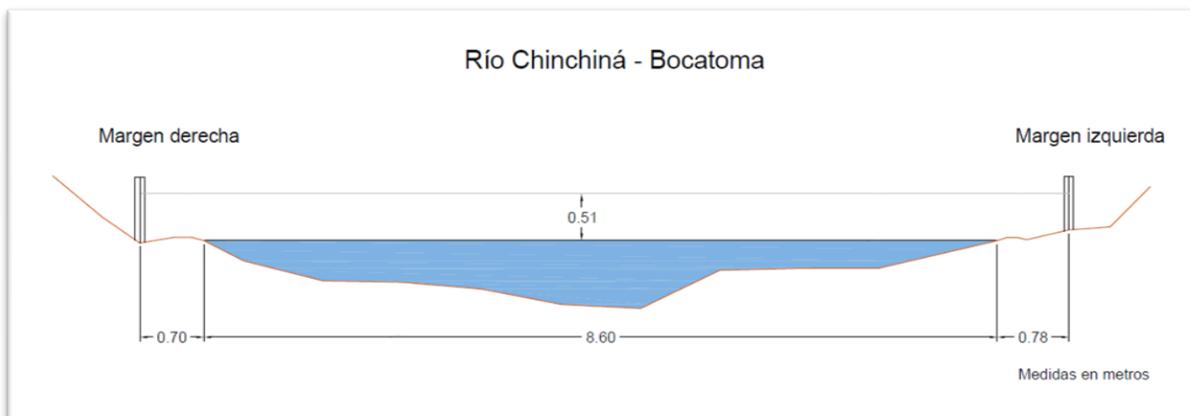


Figura 208. Sección transversal río Chinchiná - Bocatoma, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 44. Resumen de resultados, río Chinchiná - Bocatoma

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINÁ - BOCATOMA						
LATITUD		N 5° 1' 16.09"				ELEVACIÓN (msnm)		2260
LONGITUD		W 75° 25' 3.95"						
GENERAL SECCIÓN DE AFORO					RESULTADOS			
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)	
10/11/2021	0.300	10.700	0.400	10.776	0.661	2.260	1.494	
2/12/2021	0.240	10.600	1.000	10.634	0.656	1.930	1.266	
21/10/2022	0.735	8.600	0.860	8.828	0.468	3.367	1.577	
22/11/2022	0.460	8.450	0.845	8.540	0.648	2.369	1.534	
19/12/2022	0.510	9.750	0.975	9.847	0.580	2.902	1.683	
18/01/2023	0.500	10.200	1.020	10.283	0.623	2.824	1.759	
18/09/2023	0.470	10.300	0.500	10.617	0.339	3.068	1.039	
18/01/2024	0.440	10.400	1.000	10.649	0.396	1.988	0.788	

2.47 Río Chinchiná – La Virginia

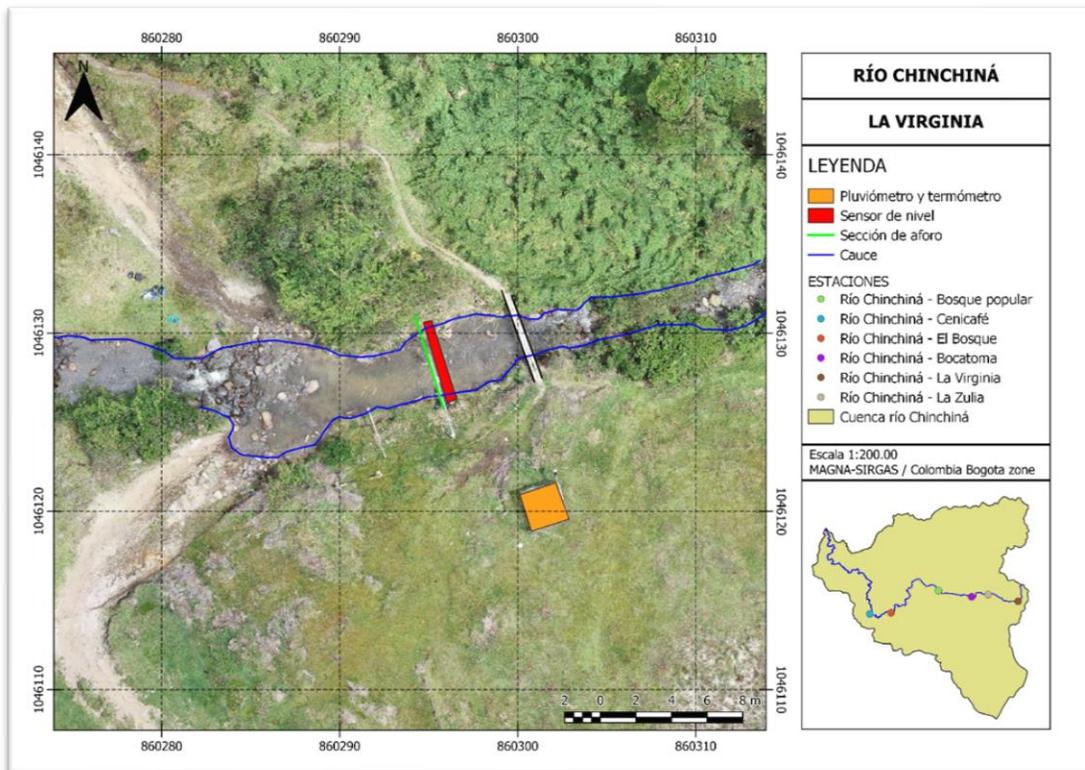


Figura 209. Vista en planta río Chinchiná – La Virginia

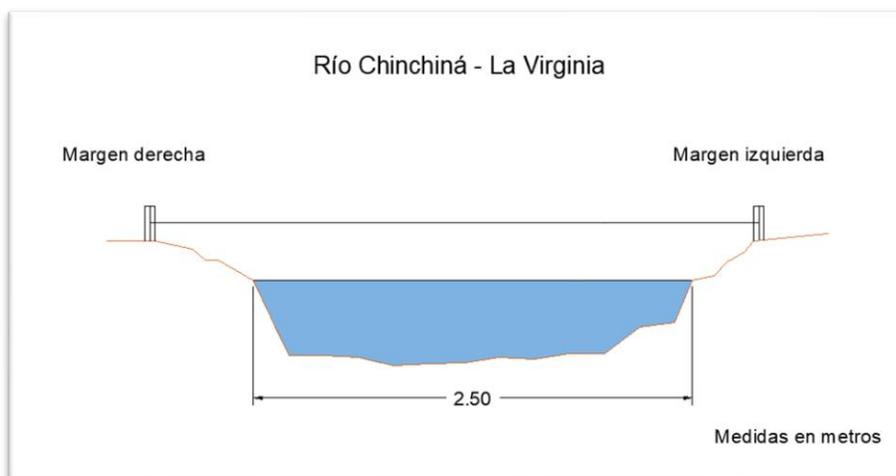


Figura 210. Sección transversal río Chinchiná – La Virginia, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 45. Resumen de resultados, río Chinchiná – La Virginia

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINÁ - LA VIRGINIA							
LATITUD	N 5° 0' 43.92"	LONGITUD	W 75° 20' 13.56"	ELEVACIÓN (msnm)	3384				
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR		RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)
19/09/2023	0.490	2.500	0.200	2.780	na	0.374	0.117	0.984	0.115
18/01/2024	0.210	2.800	0.300	2.950	na	0.378	0.242	0.333	0.081
6/02/2024	0.250	2.600	0.200	2.770	na	0.385	0.248	0.350	0.087

2.48 Río Chinchiná – La Zulia

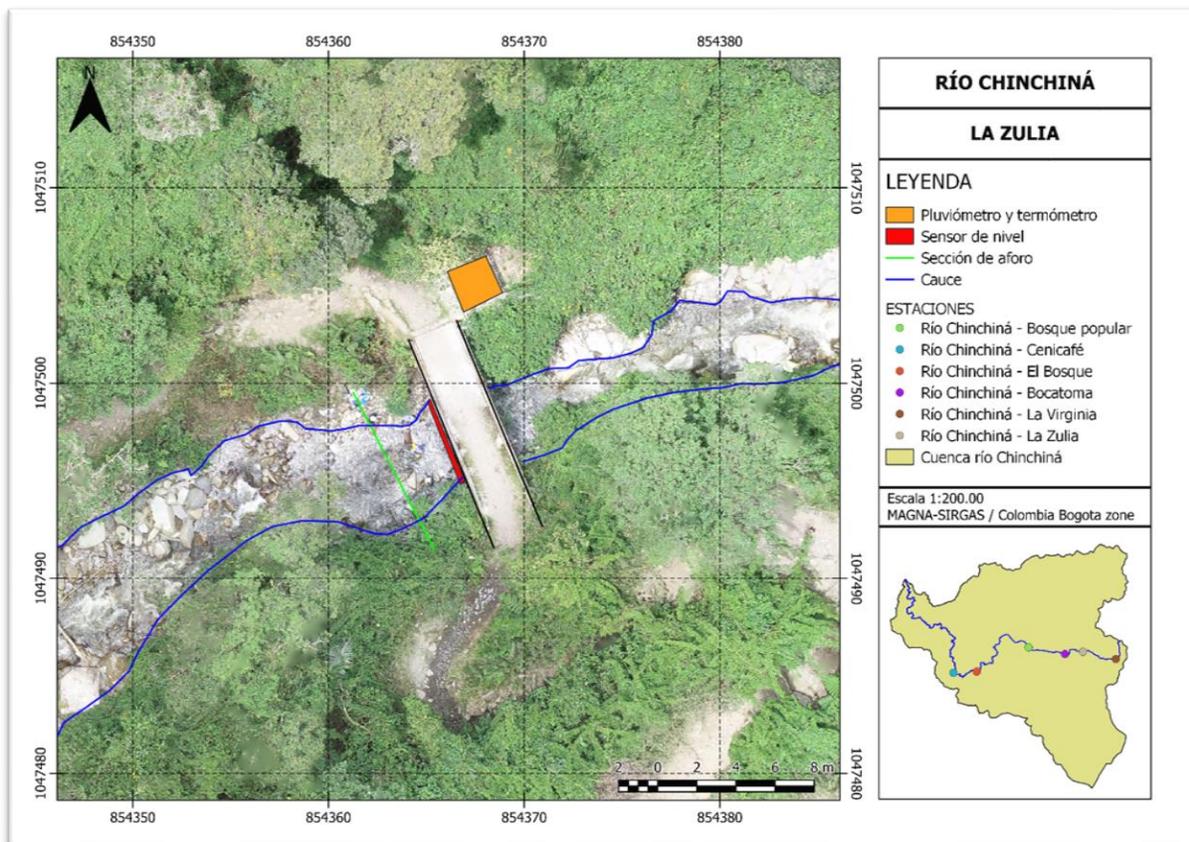


Figura 211. Vista en planta río Chinchiná – La Zulia

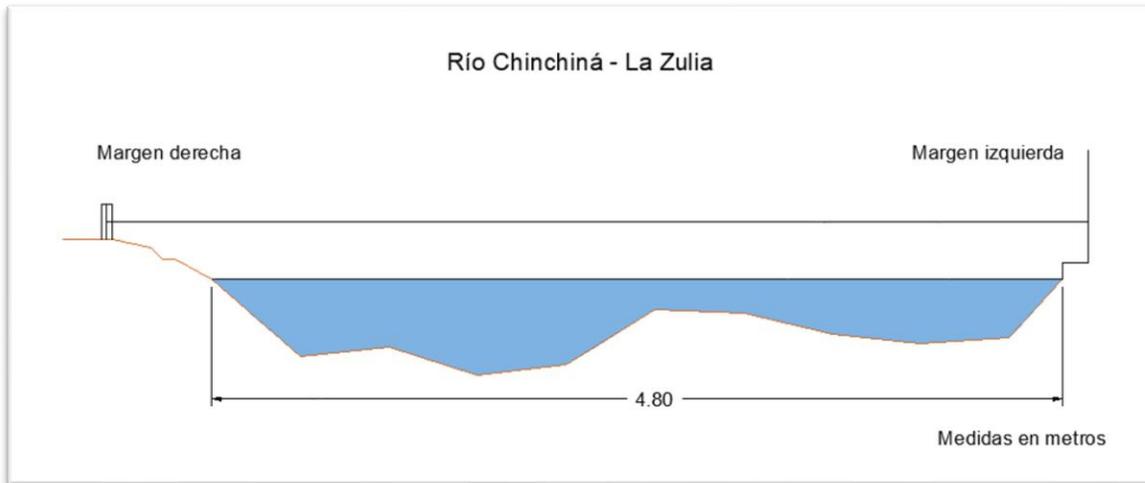


Figura 212. Sección transversal río Chinchiná – La Zulia, con medidas hechas en un cierto momento

Tabla 46. Resumen de resultados, río Chinchiná – La Zulia

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINÁ - LA ZULIA							
LATITUD	N 5° 1' 23,52"	LONGITUD	W 75° 23' 24,72"	ELEVACIÓN (msnm)	2676				
Fecha aforo (dd-mm-aa)	GENERAL SECCIÓN DE AFORO				DATOS DEL SENSOR		RESULTADOS		
	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Ancho dovela (m)	Perímetro Mojado (m)	Altura desde el sensor a la superficie del agua (m)	Nivel medido por el sensor (m)	Velocidad media del flujo (m/s)	Área mojada (m ²)	Caudal medido (m ³ /s)
19/09/2023	0.540	4.800	0.500	5.240	na	0.403	0.342	1.562	0.534
18/01/2024	0.410	4.500	0.400	4.920	na	0.357	0.420	1.202	0.505
6/02/2024	0.430	4.200	0.400	4.600	na	0.390	0.500	1.089	0.545

3. RESUMEN ECUACIONES DE CALIBRACIÓN

A continuación, se presenta la ecuación para estimar el caudal líquido, el perímetro y el área para cada una de las estaciones en las que se han realizado aforos. Para hacer uso de la ecuación es importante tener en cuenta lo siguiente:

- En los canales de lecho fijo el nivel medido por el sensor (Z) es igual al nivel del cauce (y).
- Los cauces con lechos naturales están propensos a procesos de socavación de fondo, con lo cual se puede ver modificada la tara o altura desde el sensor hasta el fondo del cauce; para evitar los valores negativos, la tara no está medida hasta el fondo del lecho sino hasta 200 cm más abajo. Dicha distancia se denomina $Z_0 = 200$ cm y se debe tener en cuenta en las estaciones susceptibles de presentar socavación.
- Los valores arrojados por el sensor se dan en cm, y la ecuación da como resultado el caudal en m^3/s ; por tanto, para hacer el cálculo del caudal es necesario restar el valor de Z_0 al nivel medido por el sensor (Z) y hacer la conversión de cm a m antes de calcular el caudal.

Tabla 47. Resumen de taras y ecuaciones de caudal, perímetro y área respecto del nivel medido por el sensor ((Z) [m])

N°	Estación	Tara actual [cm]	Caudal [m^3/s]	R ²	Perímetro [m]	Área [m^2]	Z ₀
1	Quebrada Cristales - Valles de la Alhambra	740.00	$0.287(z-z_0)^{2.165}$	0.857	$3.3109(z-z_0)^{0.4414}$	$0.4439(z-z_0)^{1.4756}$	200
2	Quebrada Guayabal - Recinto del Pensamiento	778.00	$0.9638(z-z_0)^{2.3677}$	0.594	$4.9555(z-z_0)^{0.5825}$	$2.1661(z-z_0)^{1.6712}$	200
3	Quebrada Tesorito	793.00	$2.6731(z-z_0)^{1.9518}$	0.347	$9.1235(z-z_0)^{0.2881}$	$5.2888(z-z_0)^{1.3128}$	200
4	Quebrada Manizales - Maltería	868.00	$21.294(z-z_0)^{2.3023}$	0.524	$12.082(z-z_0)^{0.5456}$	$16.235(z-z_0)^{1.5731}$	200
5	Quebrada El Guamo - CDI San Sebastián	1523.00	$6.1879(z-z_0)^{2.2731}$	0.647	$7.2968(z-z_0)^{0.482}$	$6.5697(z-z_0)^{1.5567}$	200
6	Quebrada El Guamo - Lavadero los Puentes	820.00	$2.9216(z-z_0)^{2.627}$	0.346	$11.001(z-z_0)^{0.3518}$	$2.867(z-z_0)^{1.7169}$	200
7	Quebrada Salinas - EMAS	1067.00	$0.7744(z-z_0)^{1.7488}$	0.879	$4.5209(z-z_0)^{0.6325}$	$1.4096(z-z_0)^{1.3023}$	200
8	Quebrada el Triunfo - Mirador de Villapilar	155.00	$20.76(z-z_0)^{2.5024}$	0.339	$25.698(z-z_0)^{0.9786}$	$44.962(z-z_0)^{1.8929}$	0
9	Quebrada Olivares - Bocatoma	626.00	$1.8757(z-z_0)^{2.4442}$	0.919	$9.7946(z-z_0)^{0.9892}$	$5.3255(z-z_0)^{1.8953}$	200
10	Quebrada Olivares - El Popal	551.00	$1.8687(z-z_0)^{2.3334}$	0.361	$7.4591(z-z_0)^{0.5111}$	$3.1556(z-z_0)^{1.6012}$	200

11	Quebrada Olivares - Aguas de Manizales	591.00	42.54(z-zo) ^{1.861}	0.17	16.437 (z-zo) ^{0.2911}	30.094(z-zo) ^{1.2331}	200
12	Quebrada Olivares - Bomberos Voluntarios	958.00	0.4255(z-zo) ^{2.0697}	0.159	9.406 (z-zo) ^{0.2574}	1.5856(z-zo) ^{1.3346}	200
13	Quebrada el Perro - Expoferias	1078.00	5.1749(z-zo) ^{2.8174}	0.332	8.3733 (z-zo) ^{0.9645}	1.8391(z-zo) ^{2.0973}	200
14	Quebrada Palogrande - Ruta 30	675.38	8.9946(z-zo) ^{1.7141}	0.569	5.0182 (z-zo) ^{0.3093}	4.1417(z-zo) ^{1.1522}	0
15	Quebrada Palogrande - Terminal de Transporte	497.00	0.8563(z-zo) ^{2.3433}	0.448	3.4298 (z-zo) ^{0.1598}	0.5282(z-zo) ^{1.4695}	200
16	Quebrada Marmato - CHEC	848.00	1.7916(z-zo) ^{2.6036}	0.543	12.385 (z-zo) ^{0.7848}	8.0583(z-zo) ^{1.8761}	200
17	Quebrada la Francia - Los Puentes	1454.00	13.923(z-zo) ^{2.2945}	0.654	14.656 (z-zo) ^{0.7299}	20.976(z-zo) ^{1.6686}	200
18	Quebrada Las Pavas - Autopistas de Café	796.00	1.2064(z-zo) ^{1.7535}	0.124	5.5001 (z-zo) ^{0.1825}	2.6003(z-zo) ^{1.1251}	200
19	Quebrada el Rosario - San Marcos de León	1130.00	1.2178(z-zo) ^{2.4179}	0.389	7.1594 (z-zo) ^{0.4576}	3.5097(z-zo) ^{1.6338}	200
20	Quebrada el Rosario - Autopistas	1176.00	1.3056(z-zo) ^{2.4157}	0.686	4.7637 (z-zo) ^{0.4505}	1.3662(z-zo) ^{1.6296}	0
21	Quebrada Manzanares - IBC	910.00	29.691(z-zo) ^{2.4345}	0.792	15.75 (z-zo) ^{0.6604}	15.972(z-zo) ^{1.7248}	200
22	Quebrada el Bohío - Vereda el Águila	1613.00	0.0914(z-zo) ^{2.2032}	0.746	2.5244 (z-zo) ^{0.6059}	0.3883(z-zo) ^{1.5643}	200
23	Río Guacaica - CHEC	1060.00	0.6379(z-zo) ^{2.7389}	0.838	6.1273 (z-zo) ^{0.9377}	1.4658(z-zo) ^{2.0184}	200
24	Río Guacaica - El Jordán	1190.00	2.9549(z-zo) ^{2.7278}	0.725	13.793 (z-zo) ^{0.7268}	5.9602(z-zo) ^{1.8918}	200
25	Río Rioclaro - La Guayana	1296.00	3.7339(z-zo) ^{2.3825}	0.333	11.939 (z-zo) ^{0.6534}	5.0197(z-zo) ^{1.6961}	200
26	Río Rioclaro - La Batea	957.00	3.5402(z-zo) ^{2.8774}	0.74	10.816 (z-zo) ^{0.9943}	4.0132(z-zo) ^{2.1241}	200
27	Río Chinchiná - Bosque Popular	1208.00	3.3173(z-zo) ^{2.4053}	0.273	11.469 (z-zo) ^{0.6733}	5.9838(z-zo) ^{1.7125}	200
28	Río Chinchiná - El Bosque	1293.00	7.7484(z-zo) ^{2.6174}	0.49	26.024 (z-zo) ^{0.7197}	11.711(z-zo) ^{1.865}	200
29	Río Chinchiná - Cenicafé	1424.00	19.094(z-zo) ^{2.1717}	0.878	22.839 (z-zo) ^{0.2884}	24.525(z-zo) ^{1.4102}	200
30	Río Tapias	537.00	34.345(z-zo) ^{2.4694}	0.341	24.642 (z-zo) ^{0.3969}	24.156(z-zo) ^{1.6404}	200
31	Río Supía - Supía	711.00	54.584(z-zo) ^{2.4481}	0.842	33.354 (z-zo) ^{0.7099}	36.908(z-zo) ^{1.7528}	200
32	Río Supía - Piononos	1070.00	1.7967(z-zo) ^{2.6933}	0.511	24.458 (z-zo) ^{0.7344}	7.4491(z-zo) ^{1.9097}	200
33	Río Pozo	975.00	18.676(z-zo) ^{2.5542}	0.467	17.925 (z-zo) ^{0.6324}	12.07(z-zo) ^{1.7855}	200
34	Río Pácora	778.00	6.763(z-zo) ^{2.309}	0.865	20.011 (z-zo) ^{0.4468}	17.064(z-zo) ^{1.5736}	0
35	Río Risaralda - Camping La Palmera	750.00	3.5843(z-zo) ^{2.6409}	0.601	27.103 (z-zo) ^{0.5645}	7.2891(z-zo) ^{1.8104}	200
36	Río Santo Domingo - Manzanares	920.00	103.2(z-zo) ^{2.325}	0.471	23.745 (z-zo) ^{0.5712}	46.497(z-zo) ^{1.6235}	200
37	Río Pensilvania - Microcentral	810.00	1.0899(z-zo) ^{2.7008}	0.72	10.536 (z-zo) ^{0.7272}	3.9451(z-zo) ^{1.9114}	200
38	Río Doña Juana	600.00	7.9258(z-zo) ^{2.5544}	0.967	31.834 (z-zo) ^{0.194}	17.853(z-zo) ^{1.5464}	0

4. RESULTADOS DE LOS AFOROS DE CAUDAL SÓLIDO

Entre las iniciativas del SIMAC se encuentra la realización de aforos de caudal sólido en las estaciones de monitoreo hidrometeorológico de Caldas; este proceso se ha realizado como contrapartida con algunas estaciones y a continuación, se presentan los resultados obtenidos.

4.1 Quebrada El Rosario – Autopistas

Tabla 48. Resumen de resultados, Quebrada El Rosario – Autopistas

ESTACIÓN		QUEBRADA EL ROSARIO - AUTOPISTAS							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
27/10/2019	0.280	3.600	4	0.449	33.75%	0.881	66.25%	1.330	0.682
11/12/2019	0.327	3.600	4	4.953	62.78%	2.937	37.22%	7.890	0.822
19/04/2021	0.448	3.800	6	34.548	98.01%	0.702	1.99%	35.250	0.609
30/09/2021	0.560	4.150	6	181.253	89.89%	20.386	10.11%	201.639	0.888

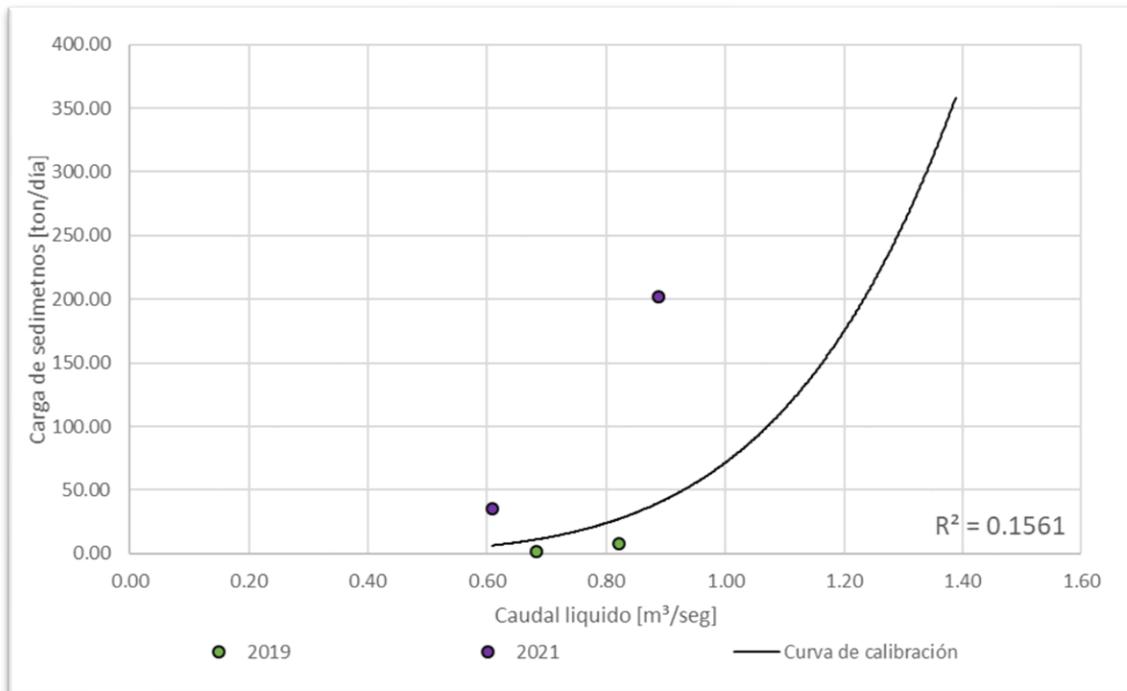


Figura 213. Relación caudal líquido – caudal sólido, Quebrada El Rosario - Autopistas

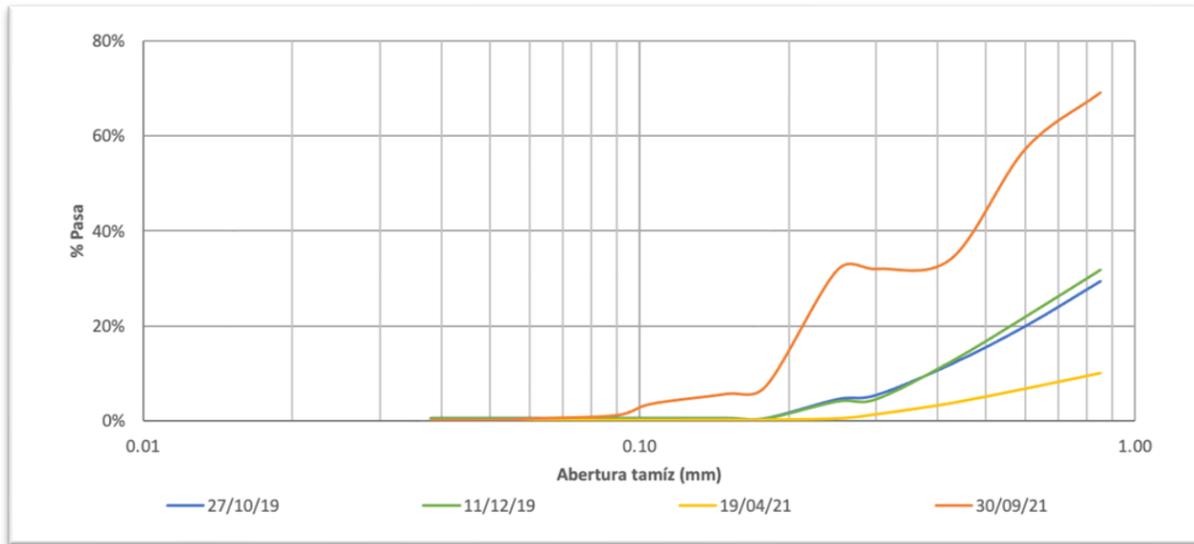


Figura 214. Granulometría sedimentos de fondo, Quebrada El Rosario – Autopistas

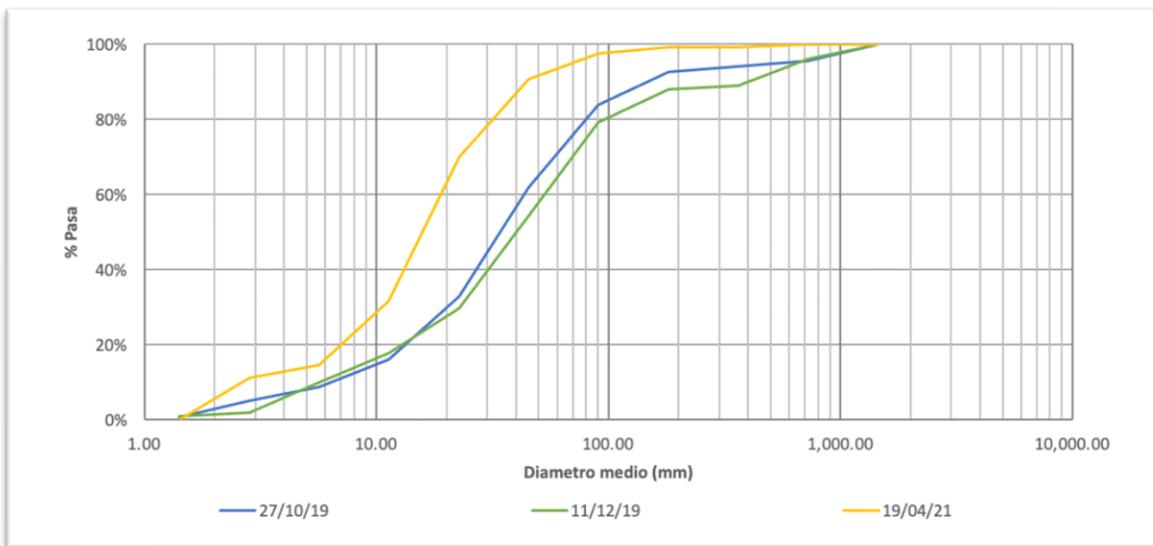


Figura 215. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), Quebrada El Rosario – Autopistas

4.2 Quebrada Olivares – Bocatoma

Tabla 49. Resumen de resultados, Quebrada Olivares – Bocatoma

ESTACIÓN		QUEBRADA OLIVARES - BOCATOMA							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
19/06/2019	0.280	2.270	3	0.179	49.72%	0.181	50.28%	0.360	0.106
13/09/2019	0.130	2.230	10	0.019	19.00%	0.081	81.00%	0.100	0.030
21/04/2021	0.295	2.070	4	0.004	10.53%	0.034	89.47%	0.038	0.034
5/10/2021	0.340	2.100	5	0.843	67.71%	0.402	32.29%	1.245	0.089

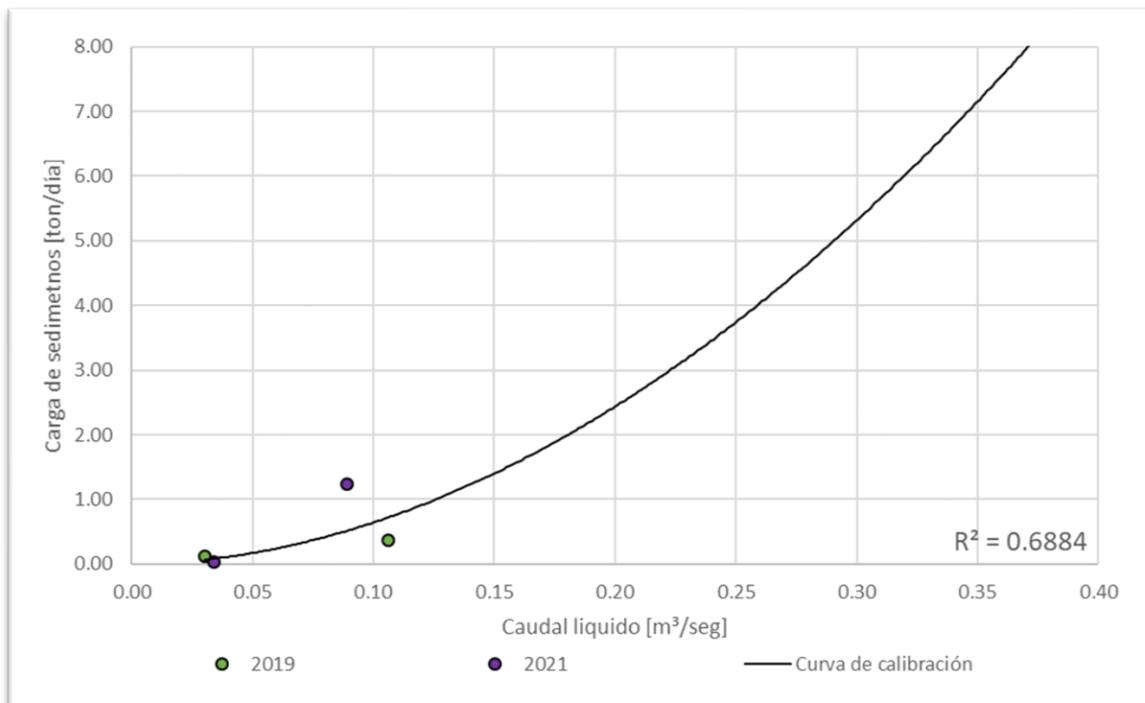


Figura 216. Relación caudal líquido - caudal sólido, Quebrada Olivares - Bocatoma

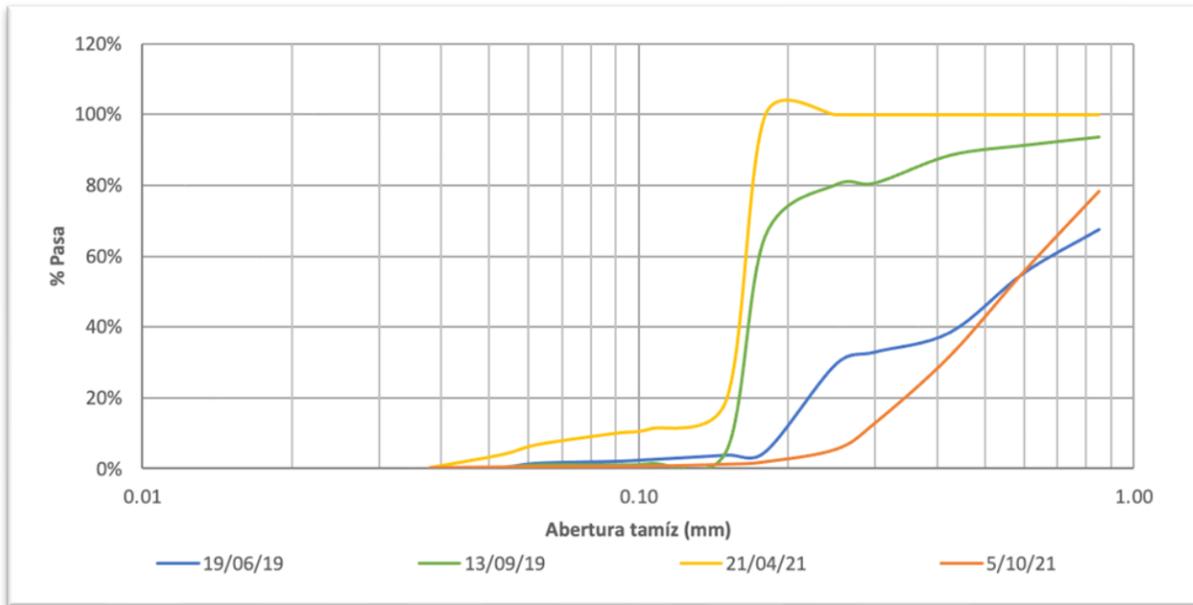


Figura 217. Granulometría sedimentos de fondo, Quebrada Olivares – Bocatoma

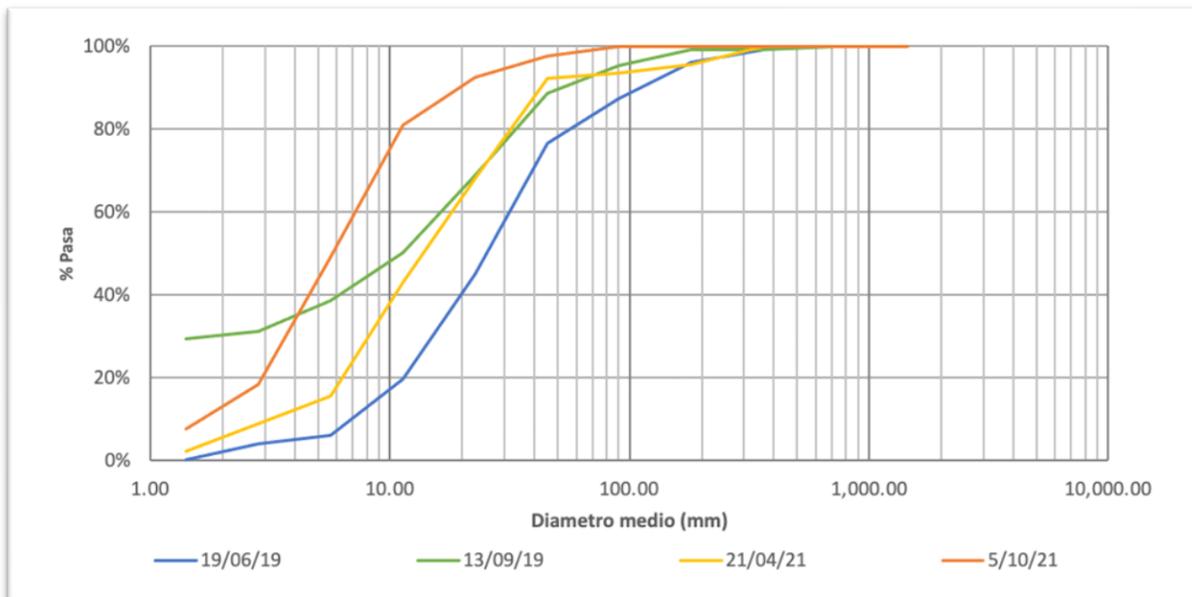


Figura 218. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), Quebrada Olivares – Bocatoma

4.3 Quebrada Olivares – El Popal

Tabla 50. Resumen de resultados, Quebrada Olivares – el Popal

ESTACIÓN		QUEBRADA OLIVARES - EL POPAL							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
19/06/2019	0.350	6.900	4	0.794	23.71%	2.555	76.29%	3.349	0.525
13/09/2019	0.500	6.900	7	1.683	82.18%	0.365	17.82%	2.048	0.136
13/03/2020	0.545	7.000	6	4.453	47.22%	4.978	52.78%	9.431	0.976
21/04/2021	0.493	6.900	5	0.237	12.94%	1.582	87.06%	1.819	0.216
5/10/2021	0.533	6.900	5	0.759	112.94%	1.859	187.06%	2.618	0.286

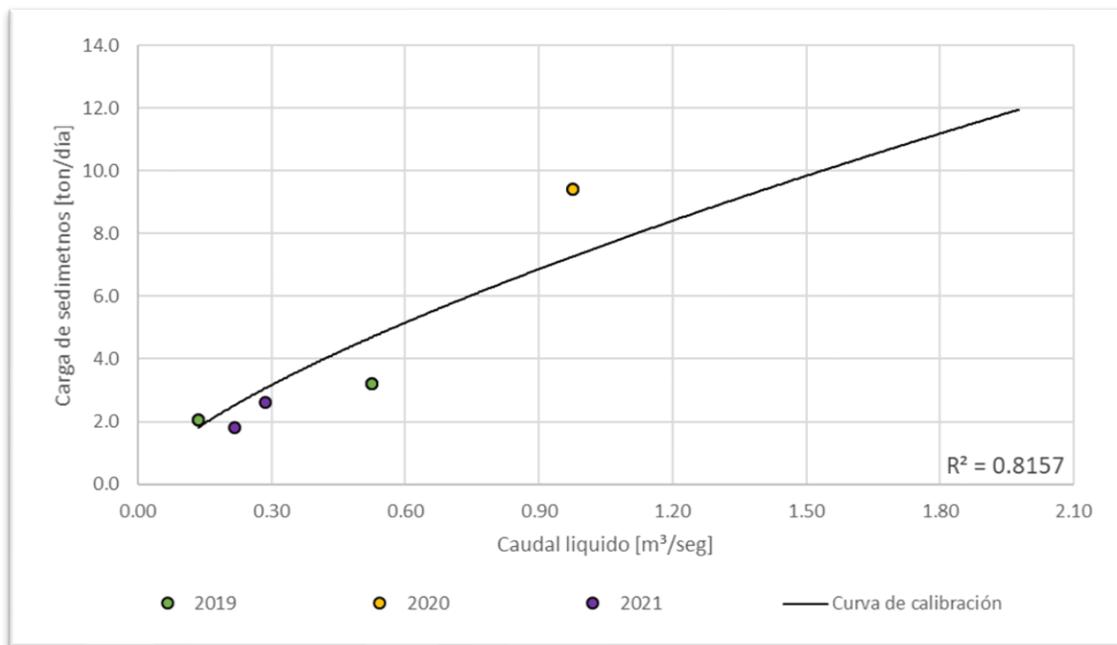


Figura 219. Relación caudal líquido - caudal sólido, Quebrada Olivares - El Popal

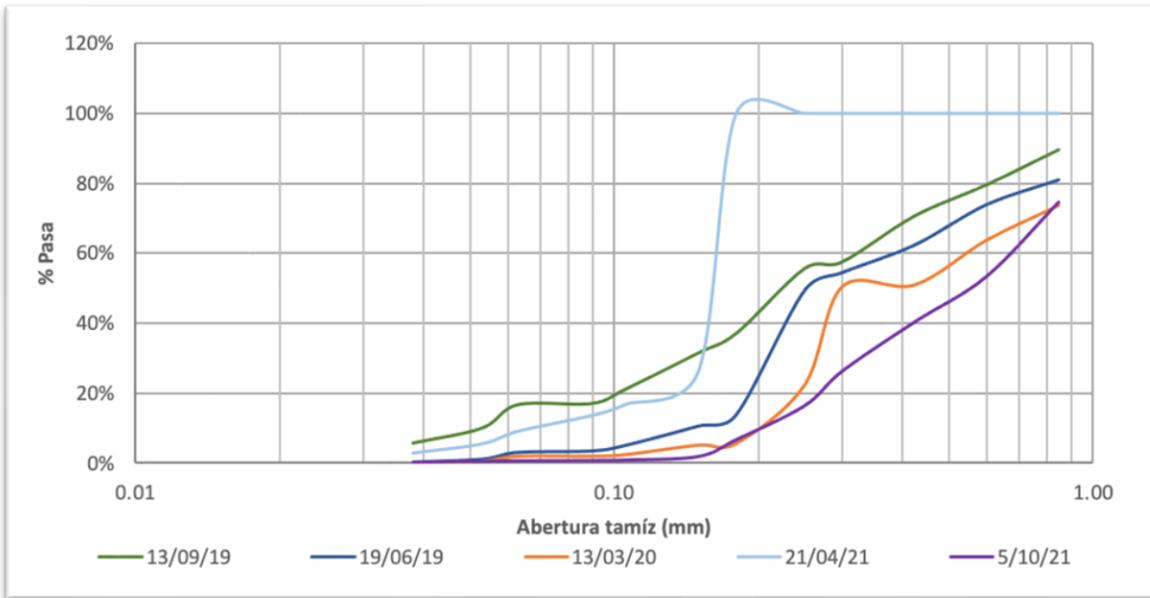


Figura 220. Granulometría sedimentos de fondo, Quebrada Olivares – El Popal

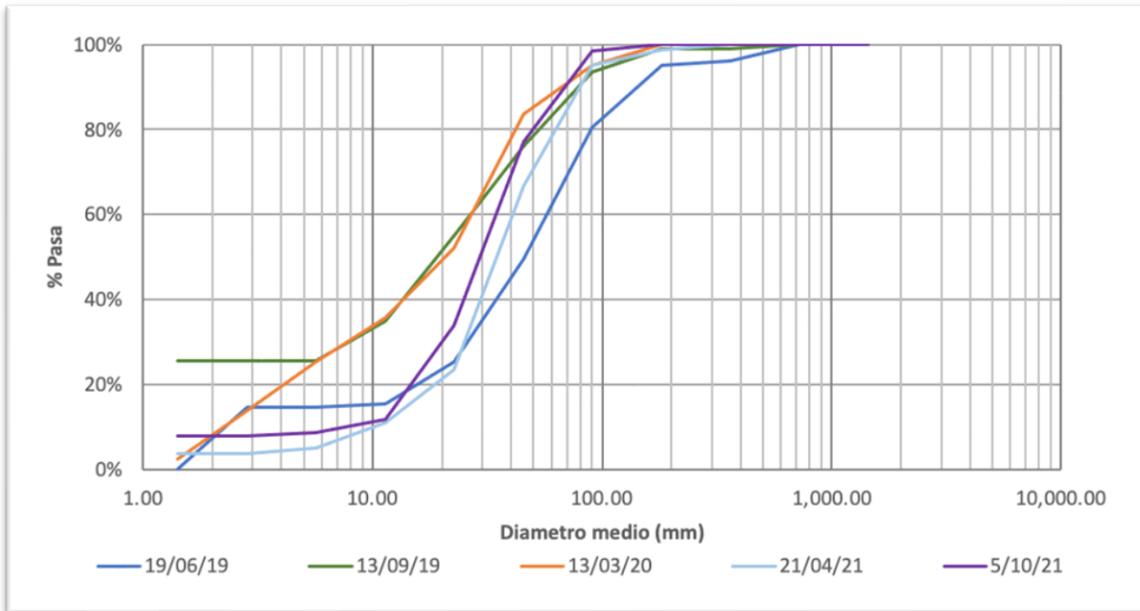


Figura 221. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), Quebrada Olivares – El Popal

4.4 Quebrada Salinas – Relleno sanitario EMAS

Tabla 51. Resumen de resultados, Quebrada Salinas – Relleno sanitario EMAS

ESTACIÓN QUEBRADA SALINAS - RELLENO SANITARIO EMAS									
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
3/07/2019	0.17	1.6	1 (integrado)	0.252	70.39%	0.106	29.61%	0.358	0.011
21/04/2021	0.111	1	1 (integrado)	0.084	100.00%	-	-	0.084	0.009
6/09/2021	0.104	1.1	1 (integrado)	5.464	100.00%	-	-	5.464	0.009

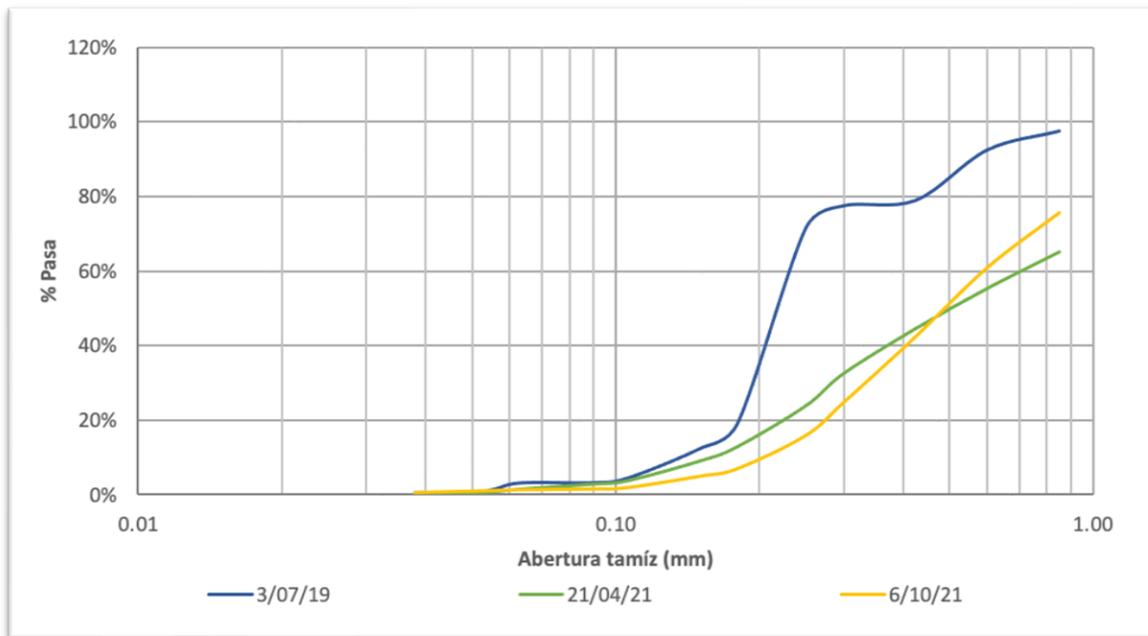


Figura 222. Granulometría sedimentos de fondo, Quebrada Salinas – Relleno sanitario EMAS

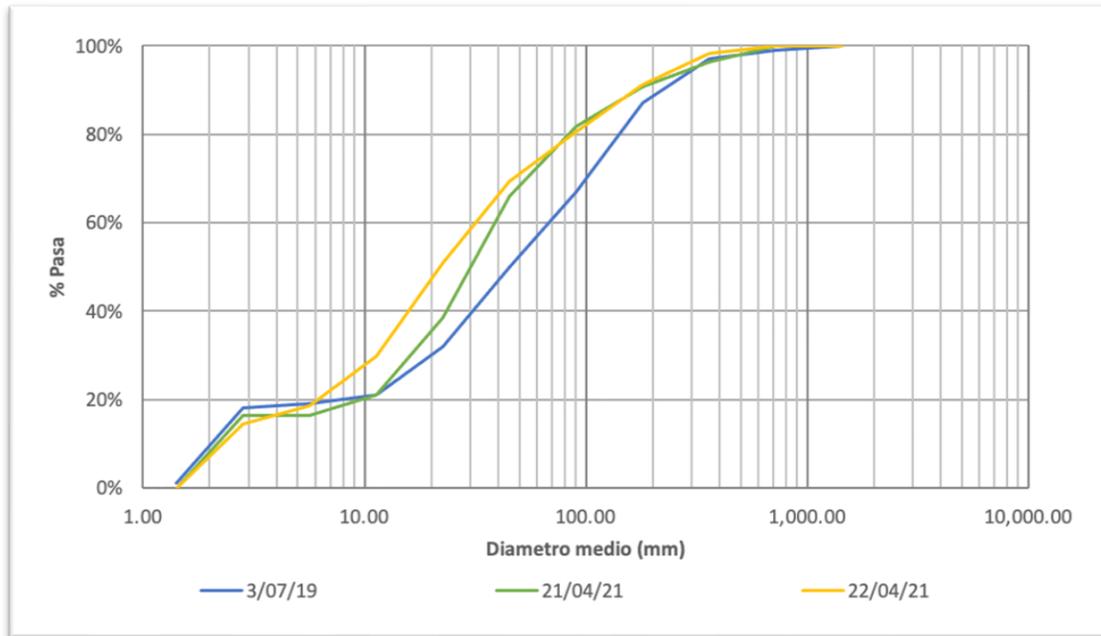


Figura 223. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), Quebrada Salinas – Relleno sanitario EMAS

4.5 Quebrada Termales - Bocatoma

Tabla 52. Resumen de resultados, quebrada Termales – Bocatoma

ESTACIÓN		QUEBRADA TERMALES - BOCATOMA							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
10/11/2021	0.320	3.100	5	0.094	16.15%	0.488	83.85%	0.582	0.617
1/12/2021	0.290	3.100	6	0.444	64.07%	0.249	35.93%	0.693	0.609
19/10/2022	0.180	5.280	5	1.356	81.25%	0.313	18.75%	1.669	0.348
22/11/2022	0.305	4.700	5	5.852	83.05%	1.194	16.95%	7.046	0.646
19/12/2022	0.230	4.200	5	0.347	68.31%	0.161	31.69%	0.508	0.340
18/01/2023	0.245	4.600	5	1.157	49.96%	1.159	50.04%	2.316	0.502
18/09/2023	0.180	3.800	5	0.108	26.02%	0.307	73.98%	0.415	0.276
22/01/2024	0.272	3.230	5	0.138	77.09%	0.041	22.91%	0.179	0.196

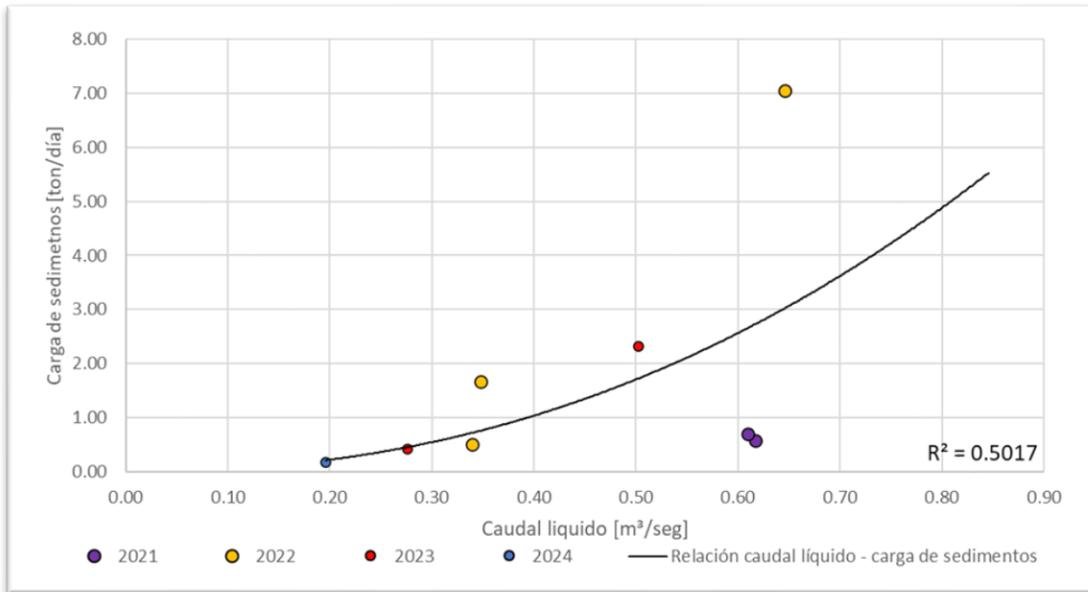


Figura 224. Relación caudal líquido - caudal sólido, quebrada Termales - Bocatoma

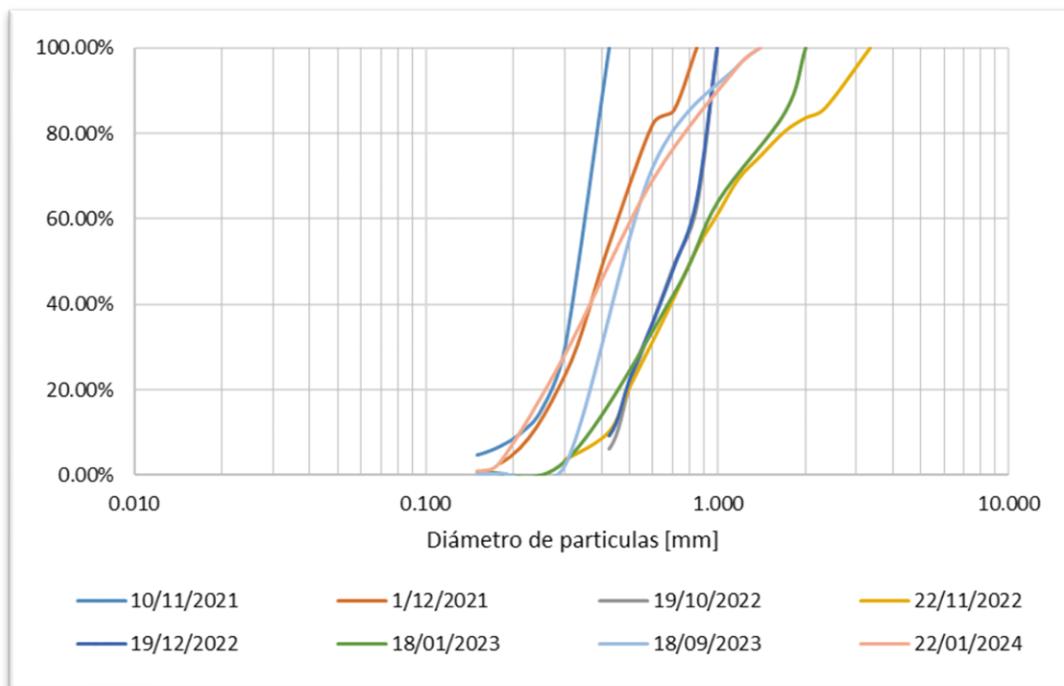


Figura 225. Granulometría sedimentos saltantes, quebrada Termales - Bocatoma.

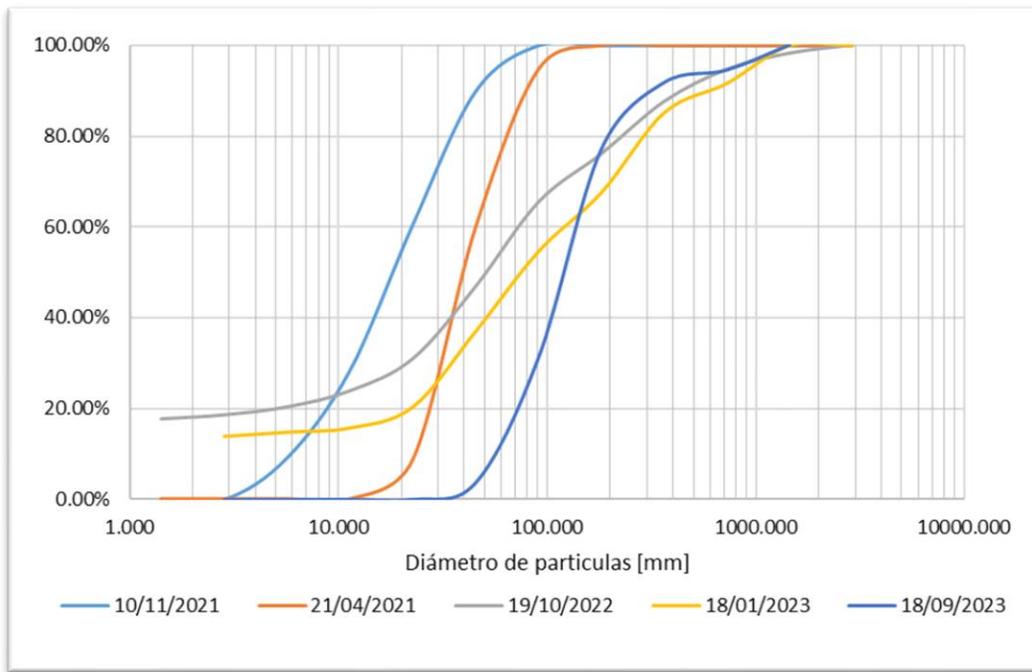


Figura 226. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), quebrada Termales – Bocatoma.

4.6 Quebrada California - Bocatoma

Tabla 53. Resumen de resultados, quebrada California – Bocatoma

ESTACIÓN		QUEBRADA CALIFORNIA - BOCATOMA							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
10/11/2021	0.290	4.200	5	0.121	22.04%	0.428	77.96%	0.549	0.536
1/12/2021	0.320	4.200	8	1.609	83.37%	0.321	16.63%	1.93	0.511
19/10/2022	0.475	4.000	5	9.811	54.79%	8.097	45.21%	17.908	0.908
22/11/2022	0.370	3.950	5	164.459	99.56%	0.731	0.44%	165.19*	0.589
19/12/2022	0.465	3.900	5	0.101	34.59%	0.191	65.41%	0.292	0.506
18/01/2023	0.380	3.930	5	1.914	47.43%	2.121	52.57%	4.035	0.630
18/09/2023	0.280	4.500	5	0.042	22.34%	0.146	77.66%	0.188	0.231
18/01/2024	0.280	4.200	5	0.023	18.11%	0.104	81.89%	0.127	0.247

*Relación de carga de sedimentos vs caudal líquido inconsistente con la regresión calculada

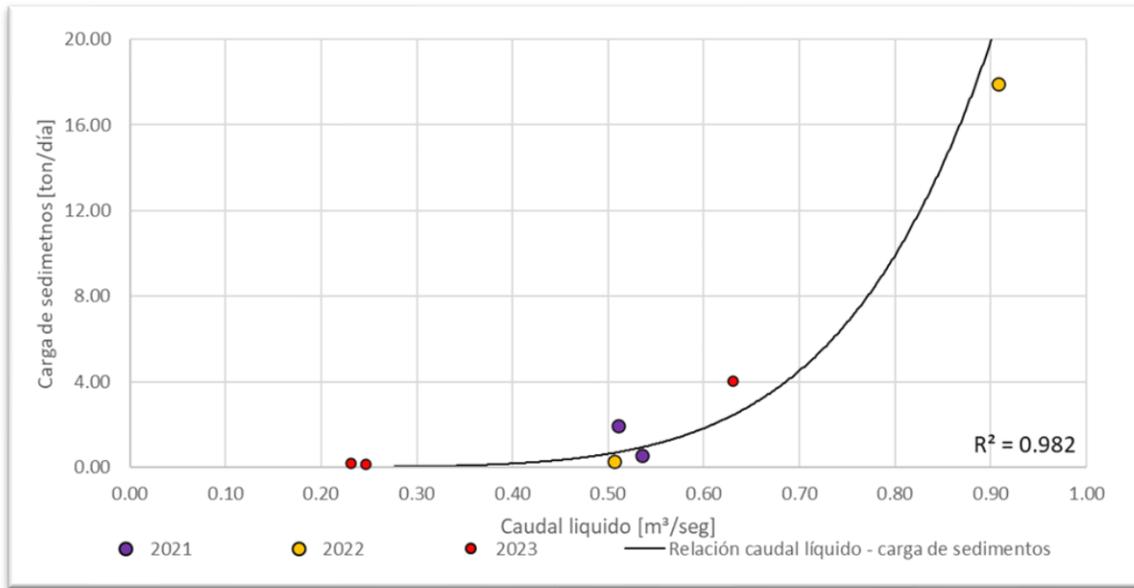


Figura 227. Relación caudal líquido - caudal sólido, quebrada California - Bocatoma

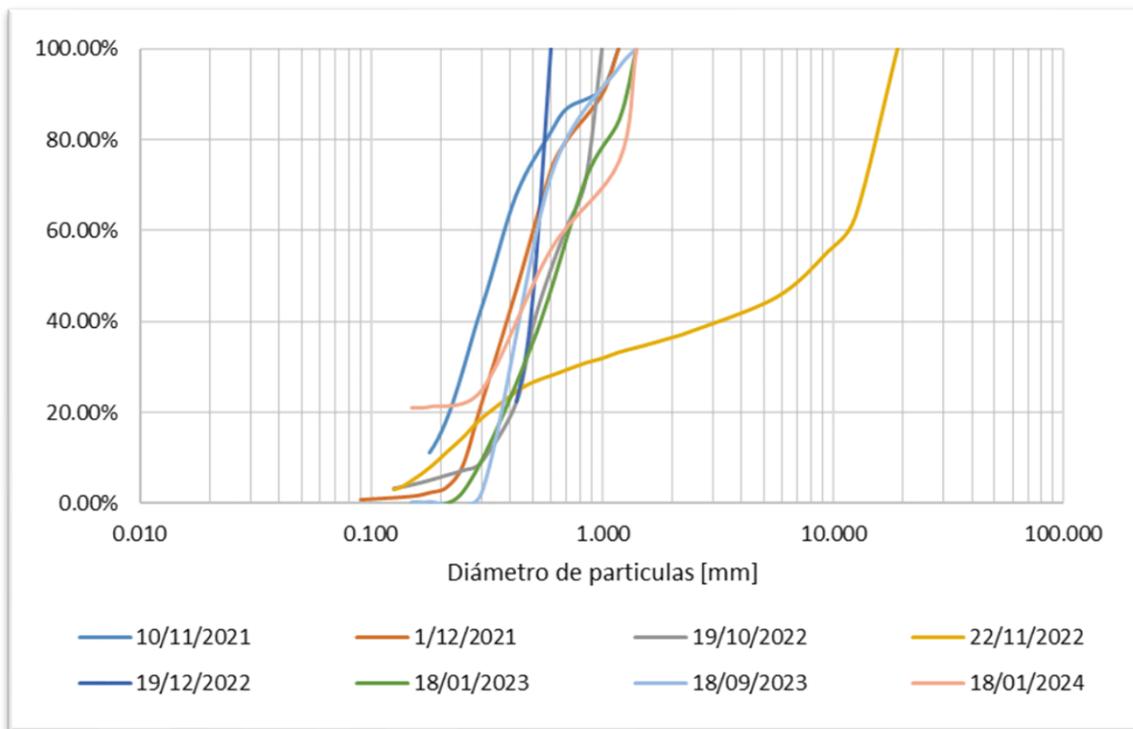


Figura 228. Granulometría sedimentos de fondo, quebrada California – Bocatoma.

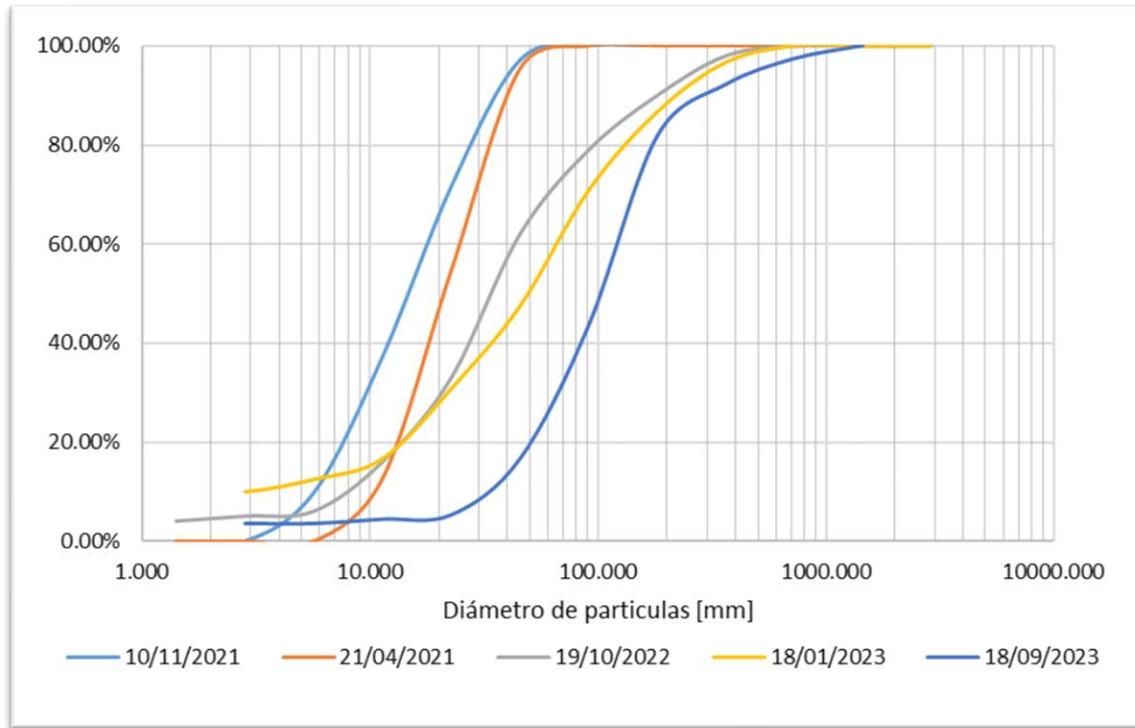


Figura 229. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), quebrada California – Bocatoma.

4.7 Quebrada La Ye - Bocatoma

Tabla 54. Resumen de resultados, quebrada La Ye – Bocatoma

ESTACIÓN		QUEBRADA LA YE - BOCATOMA							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
11/11/2021	0.130	2.800	6	6.031	97.29%	0.168	2.71%	6.199	0.168
1/12/2021	0.130	2.800	5	0.061	45.19%	0.074	54.81%	0.135*	0.186
19/10/2022	0.170	2.150	5	3.337	95.13%	0.171	4.87%	3.508	0.137
22/11/2022	0.150	2.200	5	1.155	87.50%	0.165	12.50%	1.320	0.186
19/12/2022	0.160	2.050	5	0.253	78.09%	0.071	21.91%	0.324	0.117
18/01/2023	0.200	2.300	5	3.387	81.83%	0.752	18.17%	4.139	0.235
20/09/2023	0.130	1.400	5	0.002	4.00%	0.048	96.00%	0.05	0.068
22/01/2024	0.080	2.800	5	0.006	18.18%	0.027	81.82%	0.033	0.065

*Relación de carga de sedimentos vs caudal líquido inconsistente con la regresión calculada

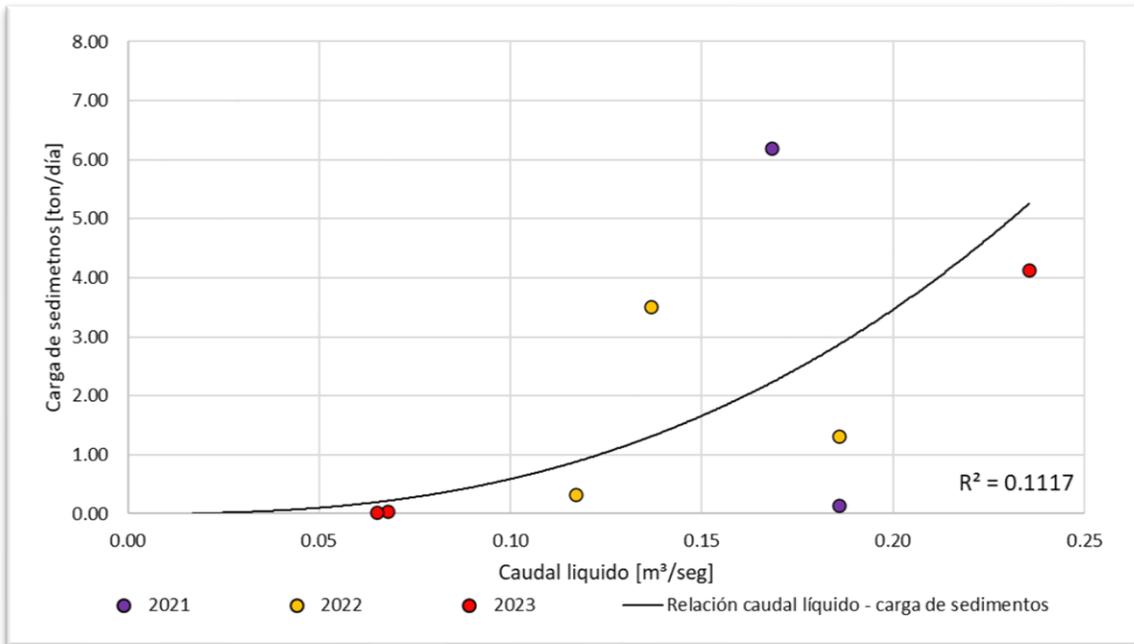


Figura 230. Relación caudal líquido - caudal sólido, quebrada La Ye - Bocatoma

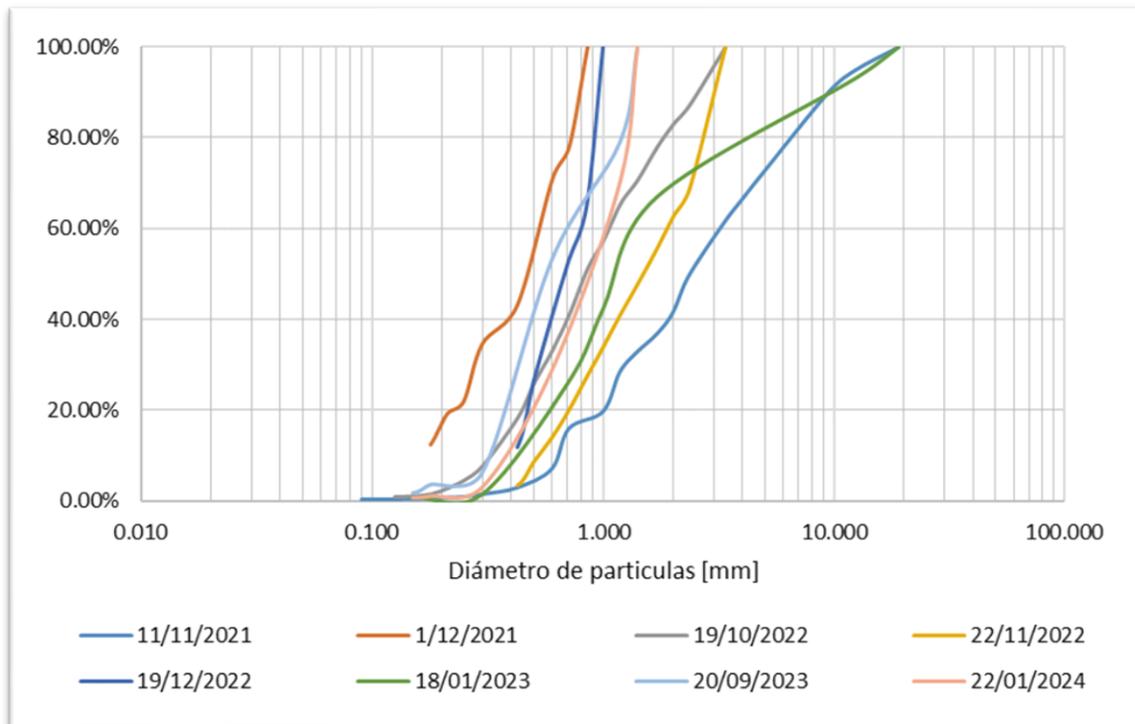


Figura 231. Granulometría sedimentos de fondo, quebrada La Ye – Bocatoma

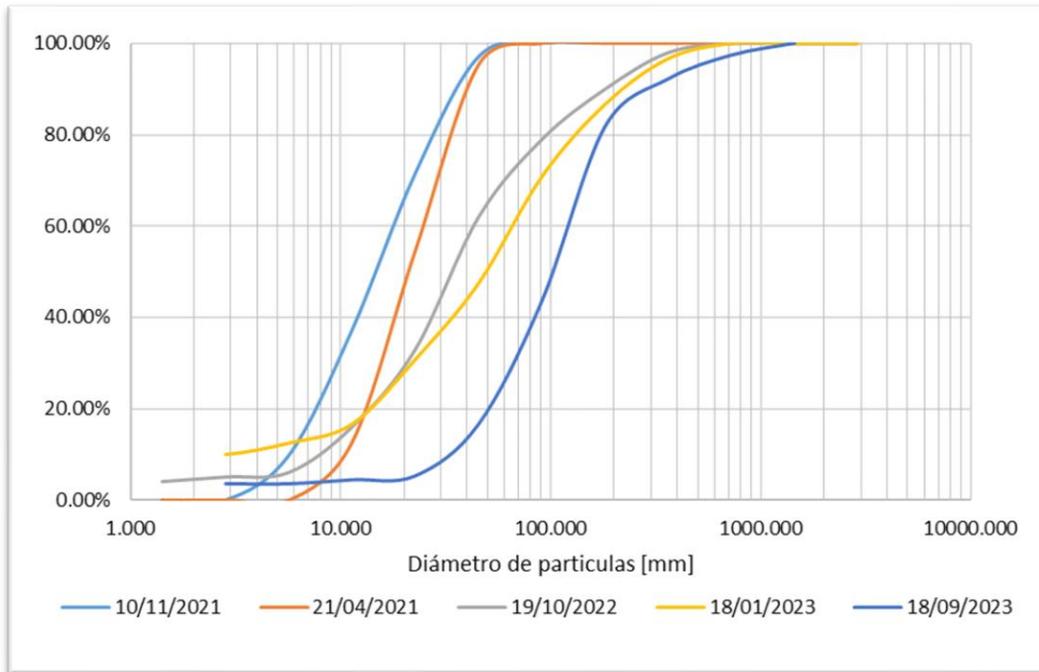


Figura 232. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), quebrada La Ye – Bocatoma.

4.8 Río Guacaica - Bocatoma

Tabla 55. Resumen de resultados, río Guacaica - Bocatoma

ESTACIÓN		RÍO GUACAICA - BOCATOMA							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
3/12/2021	0.723	17.000	10	91.509	80.76%	21.799	19.24%	113.308	6.214
6/12/2021	0.771	16.300	10	261.123	88.02%	35.544	11.98%	296.667	5.855
21/10/2022	1.410	13.600	5	1805.17	72.64%	680.015	27.36%	2485.185	10.945
23/11/2022	1.125	13.700	5	1477.284	56.59%	1133.032	43.41%	2610.316	11.241
20/12/2022	1.070	11.800	5	137.782	51.50%	129.762	48.50%	267.544	7.397
19/01/2023	1.050	13.750	5	4017.823	75.42%	1309.157	24.58%	5326.98	11.513
20/09/2023	0.607	7.700	5	2.244	81.25%	0.518	18.75%	2.762	1.554
22/01/2024	0.600	7.800	5	1.881	57.84%	1.371	42.16%	3.252	1.827

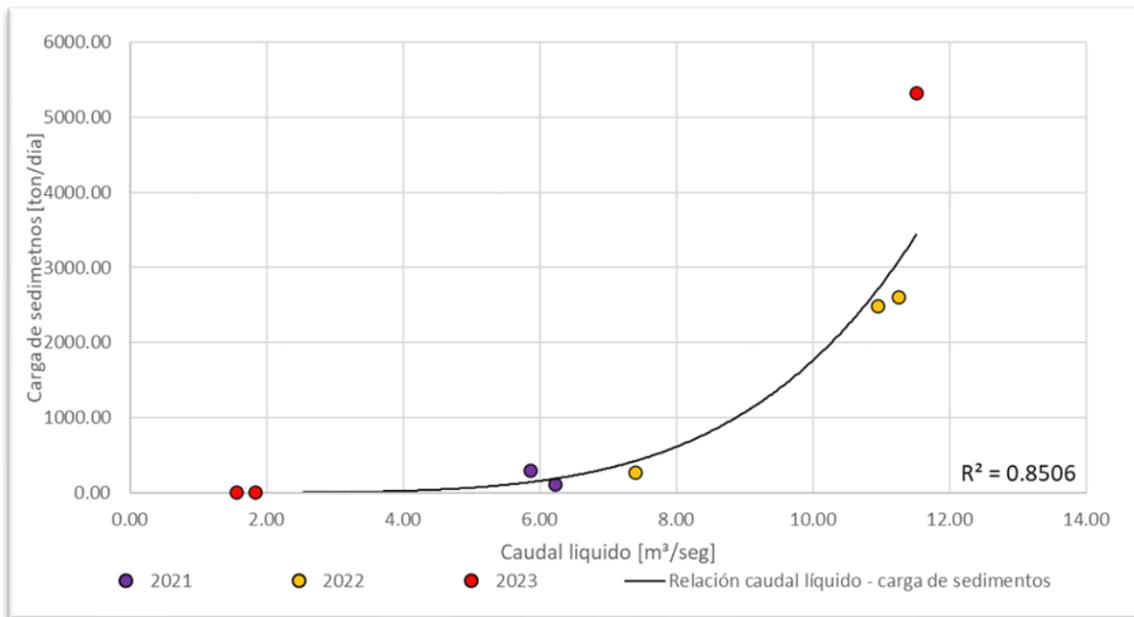


Figura 233. Relación caudal líquido - caudal sólido, río Guacaica - Bocatoma

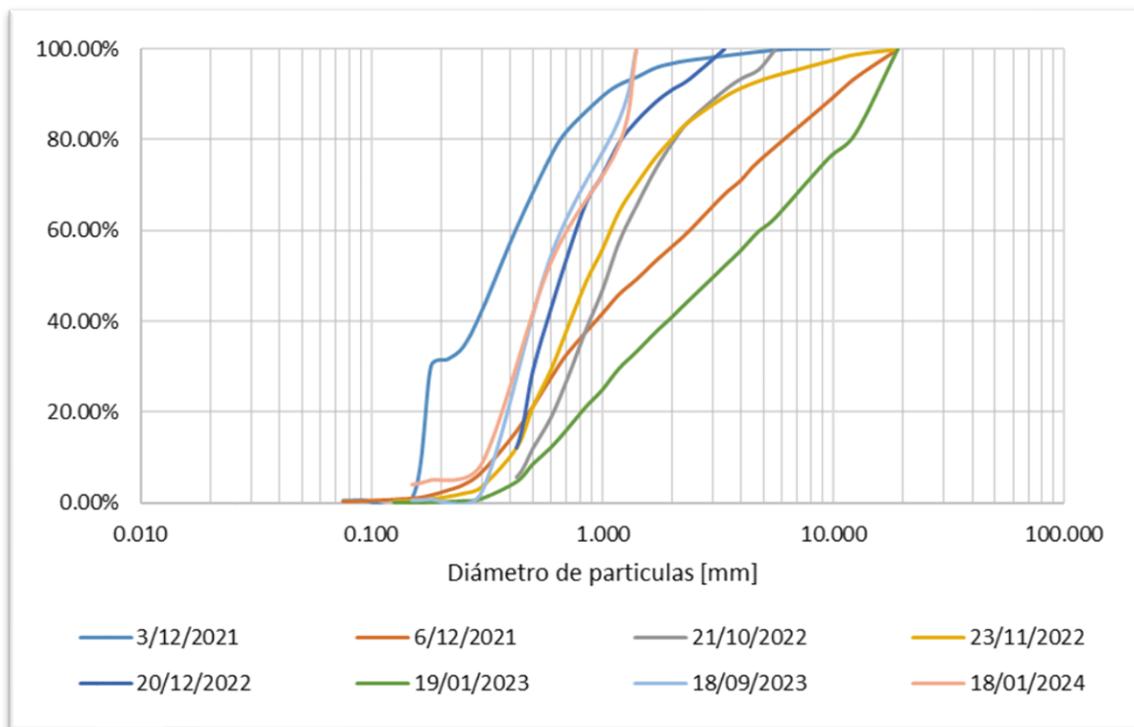


Figura 234. Granulometría sedimentos de fondo, río Guacaica - Bocatoma

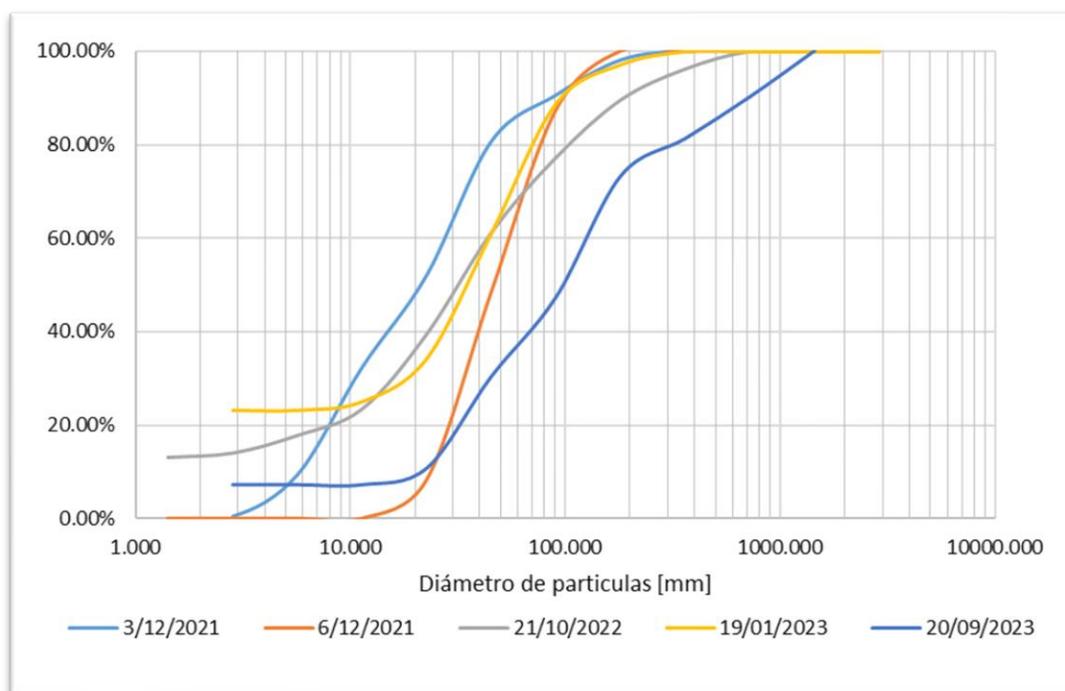


Figura 235. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), río Guacaica - Bocatoma.

4.9 Río Chinchiná - Bocatoma

Tabla 56. Resumen de resultados, río Chinchiná - Bocatoma

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINÁ - BOCATOMA							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
10/11/2021	0.300	10.700	7	3.958	59.43%	2.702	40.57%	6.66	1.494
2/12/2021	0.240	10.600	10	50.397	96.16%	2.010	3.84%	52.407	1.266
21/10/2022	0.735	8.600	5	60.084	86.74%	9.182	13.26%	69.266	1.577
22/11/2022	0.460	8.450	5	337.613	72.17%	130.183	27.83%	467.796	1.534
19/12/2022	0.510	9.750	5	63.223	71.67%	24.986	28.33%	88.209	1.683
18/01/2023	0.500	10.200	5	427.654	75.27%	140.499	24.73%	568.153	1.759
18/09/2023	0.470	10.300	5	0.868	15.28%	4.812	84.72%	5.68	1.039
18/01/2024	0.440	10.400	5	1.082	8.90%	11.08	91.10%	12.162	0.788

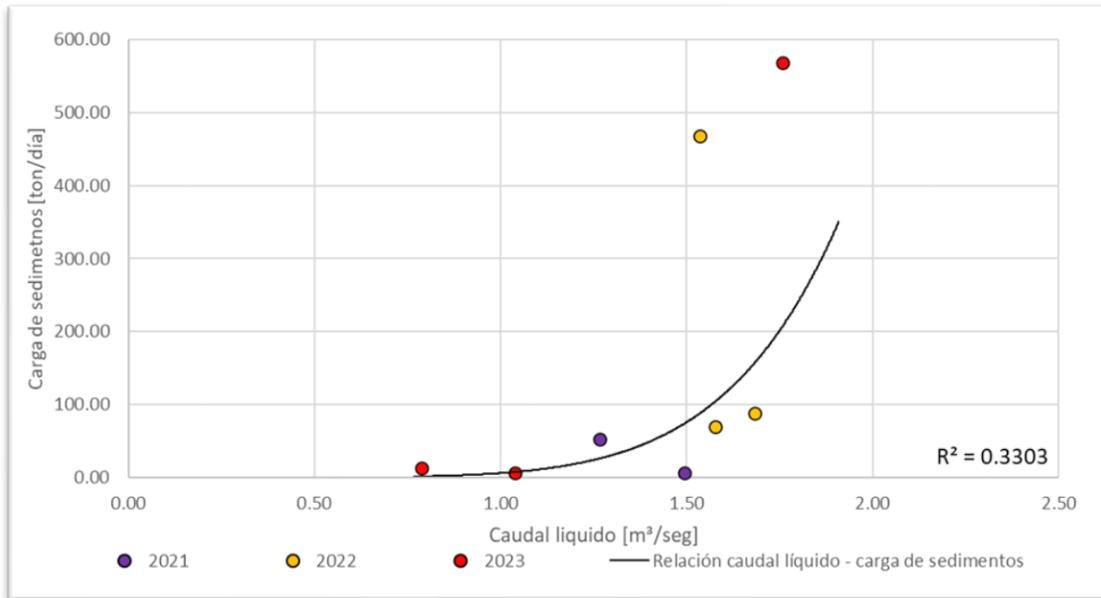


Figura 236. Relación caudal líquido - caudal sólido, río Chinchiná - Bocatoma

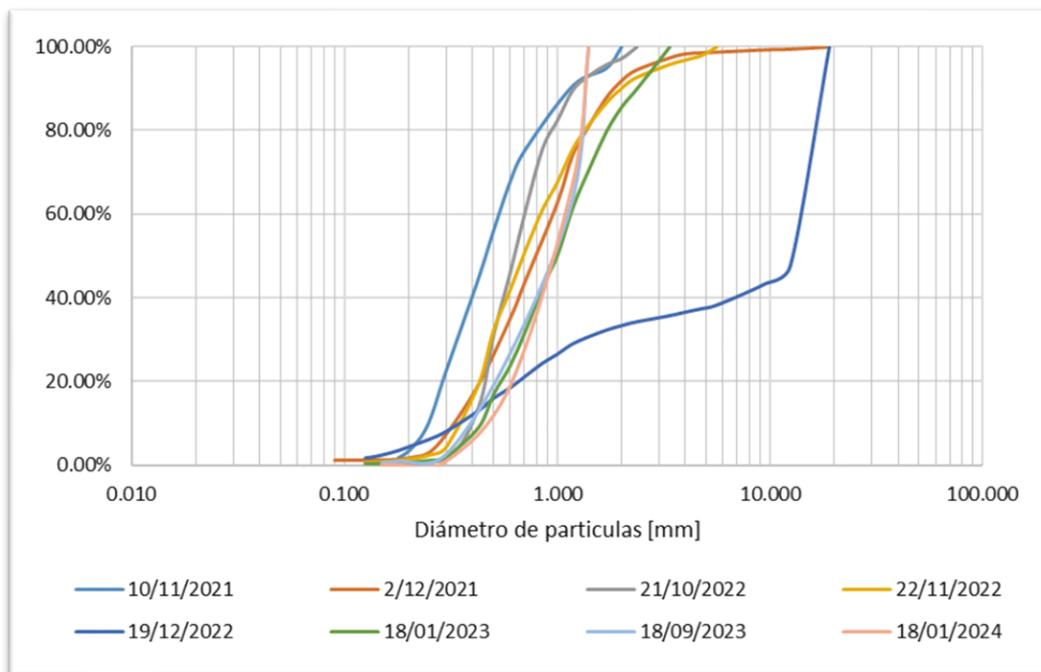


Figura 237. Granulometría sedimentos de fondo, río Chinchiná - Bocatoma

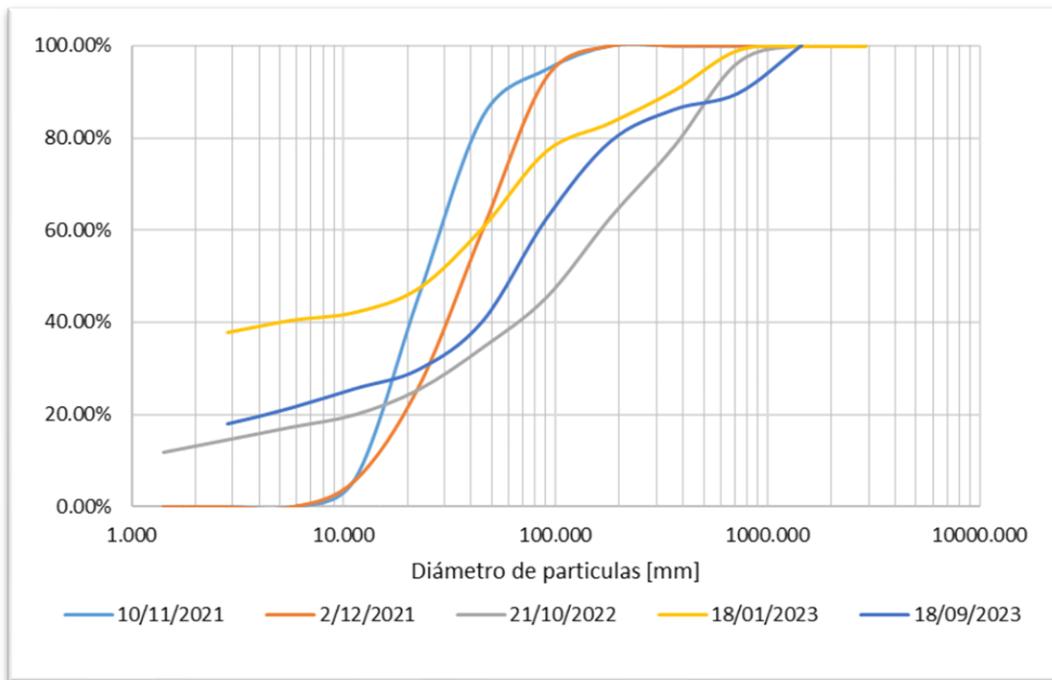


Figura 238. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), río Chinchiná - Bocatoma.

4.10 Río Chinchiná – Cenicafé

Tabla 57. Resumen de resultados, Río Chinchiná – Cenicafé

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINÁ - CENICAFÉ							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
21/10/2019	0.460	11.100	5	0.147	3.18%	4.470	96.82%	4.617	1.589
7/11/2019	0.590	12.000	6	0.091	1.26%	7.104	98.74%	7.195	1.717
10/12/2019	0.640	13.700	6	3.815	14.62%	22.274	85.38%	26.089	2.177
10/12/2020	0.780	11.800	5	0.195	28.63%	0.486	71.37%	0.681	0.455
18/11/2021	1.040	18.400	4	616.872	82.06%	134.819	17.94%	751.691	5.705
28/11/2021	1.085	18.460	3	326.040	61.02%	208.306	38.98%	534.346	8.168

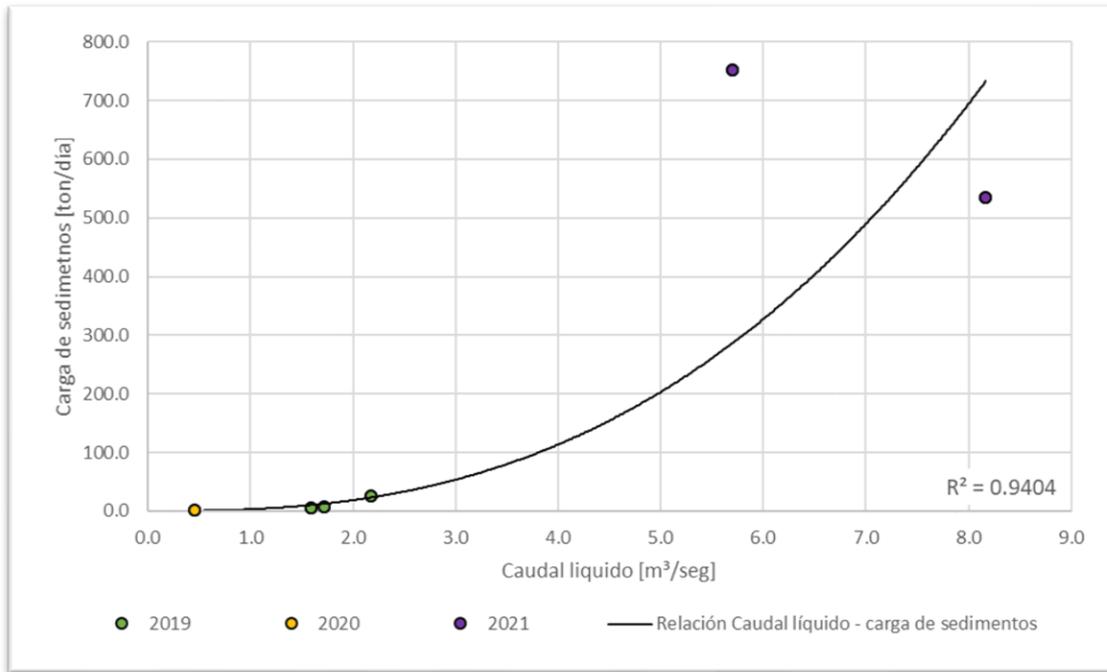


Figura 239. Relación caudal líquido - caudal sólido, Río Chinchiná - Cenicafé

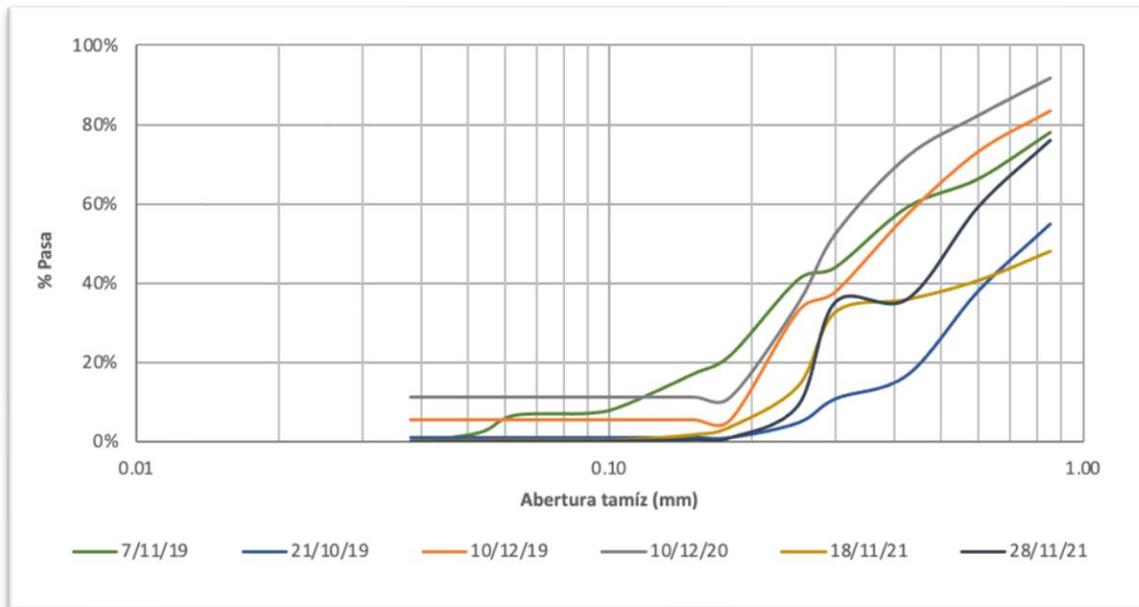


Figura 240. Granulometría sedimentos de fondo, Río Chinchiná - Cenicafé

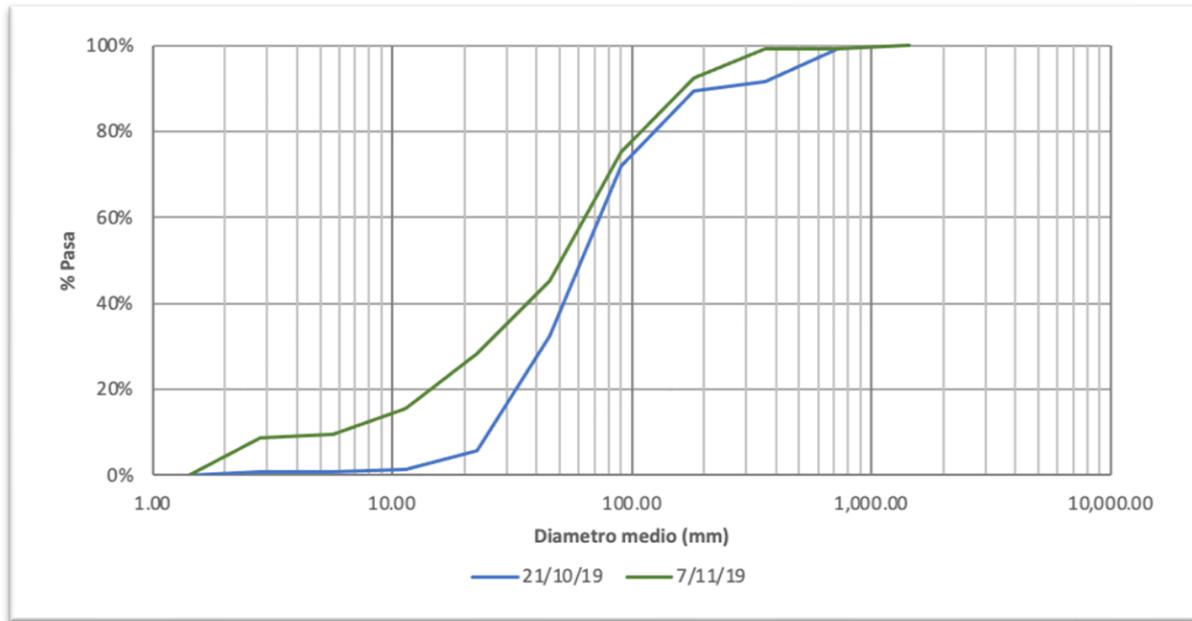


Figura 241. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), Río Chinchiná - Cenicafé

4.11 Río Chinchiná – El Bosque

Tabla 58. Resumen de resultados, Río Chinchiná – El Bosque

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINÁ - EL BOSQUE							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
7/11/2019	0.750	24.900	6	17.880	29.25%	43.256	70.75%	61.136	9.150
27/11/2019	0.820	25.600	6	63.341	53.43%	55.211	46.57%	118.552	12.095
11/12/2019	0.730	24.900	6	20.436	40.87%	29.571	59.13%	50.007	8.621
10/12/2020	0.860	25.800	6	14.773	50.86%	14.271	49.14%	29.044	4.762
4/12/2021	1.027	25.900	5	1383.560	59.39%	946.167	40.61%	2329.727*	12.988
4/12/2021	1.022	26.300	4	53.767	18.46%	237.427	81.54%	291.194	12.745

*Relación de carga de sedimentos vs caudal líquido inconsistente con la regresión calculada

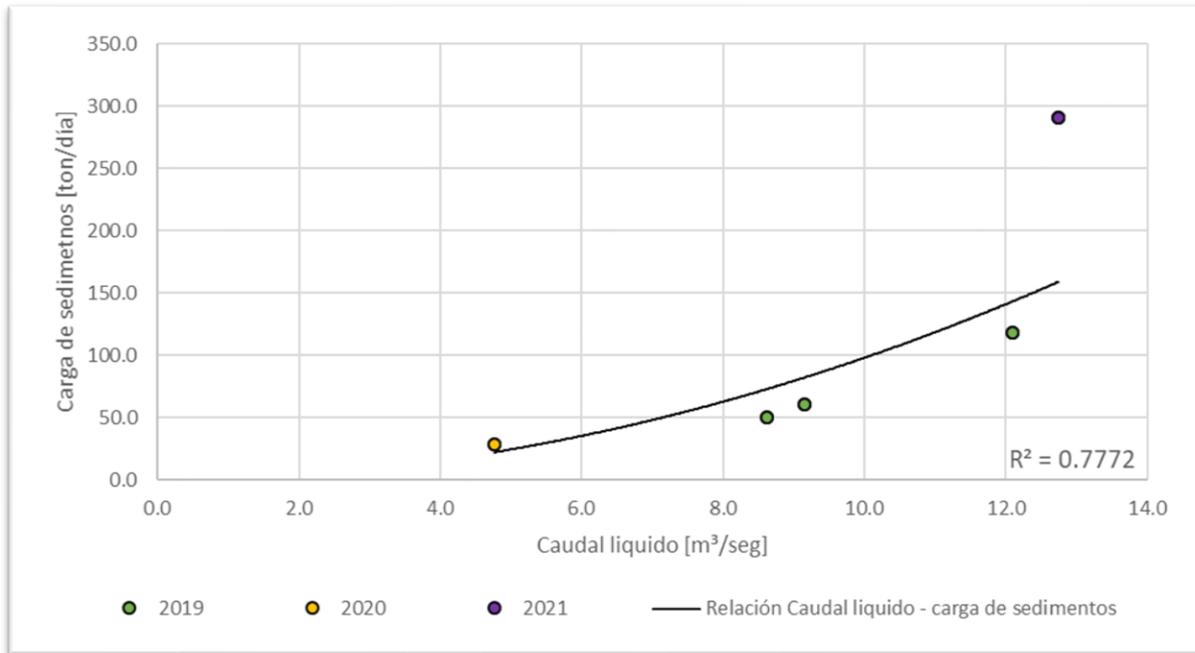


Figura 242. Relación caudal líquido - caudal sólido, Río Chinchiná - El Bosque

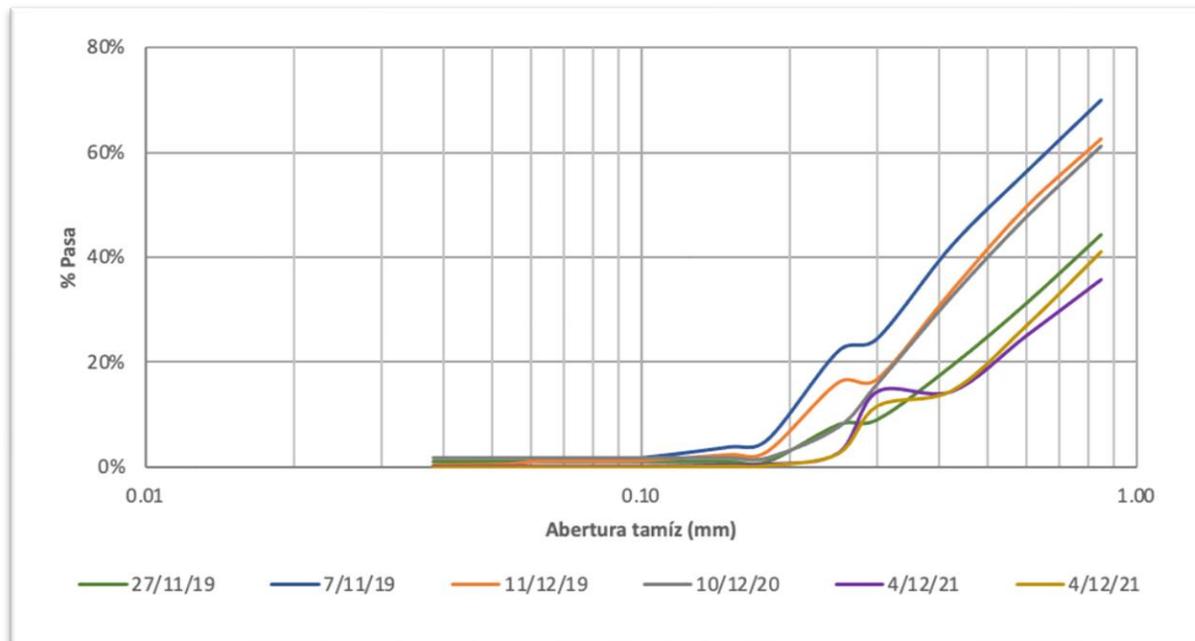


Figura 243. Granulometría sedimentos de fondo, Río Chinchiná – El Bosque

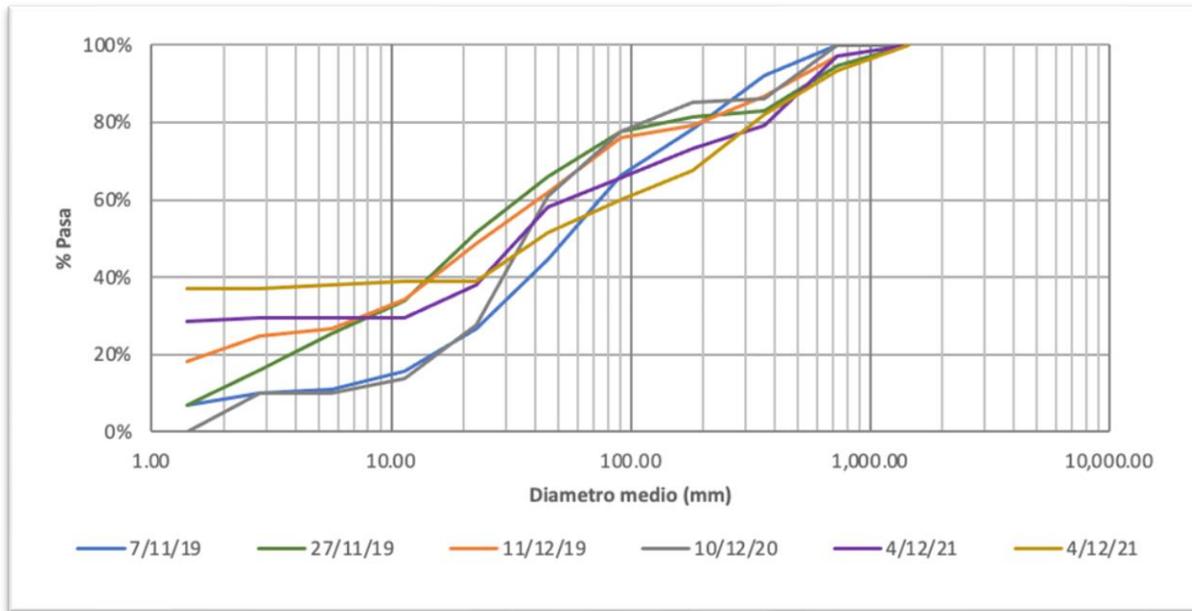


Figura 244. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), Río Chinchiná – El Bosque

4.12 Río Chinchiná – La Virginia

Tabla 59. Resumen de resultados, Río Chinchiná – La Virginia

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINÁ - LA VIRGINIA							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m ³ /s)
19/09/2023	0.490	2.500	5	0.295	80.60%	0.071	19.40%	0.366	0.115
18/01/2024	0.210	2.800	5	0.214	83.27%	0.043	16.73%	0.257	0.081
6/02/2024	0.250	2.600	5	0.035	33.98%	0.068	66.02%	0.103	0.087

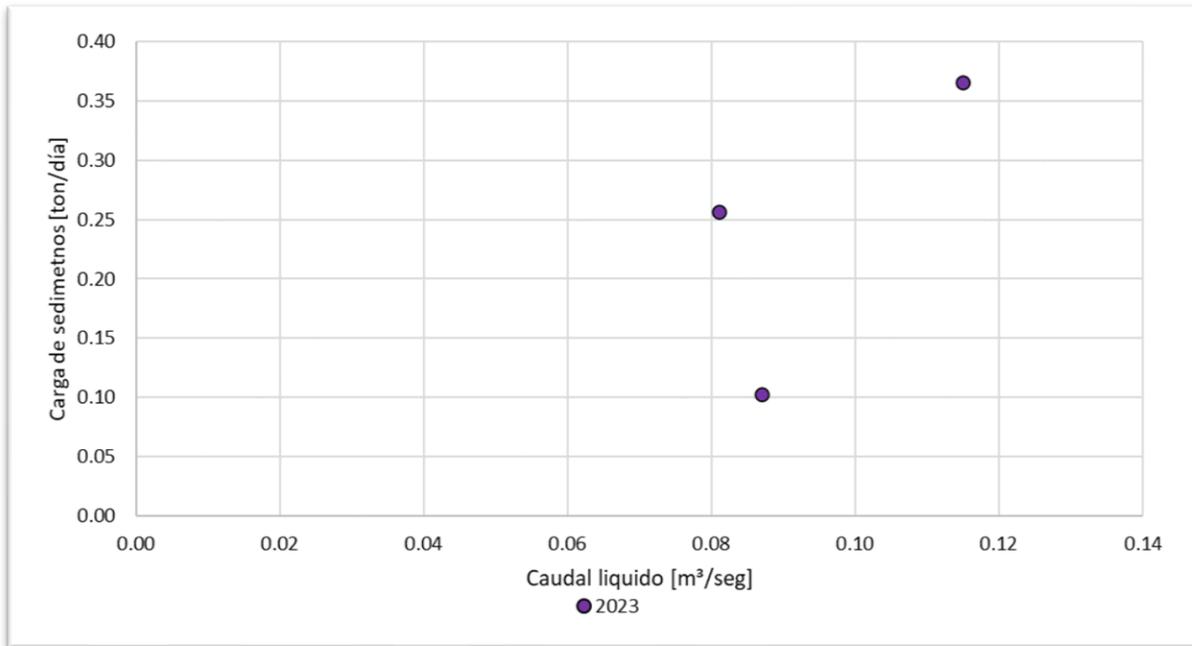


Figura 245. Relación caudal líquido - caudal sólido, Río Chinchiná – La Virginia

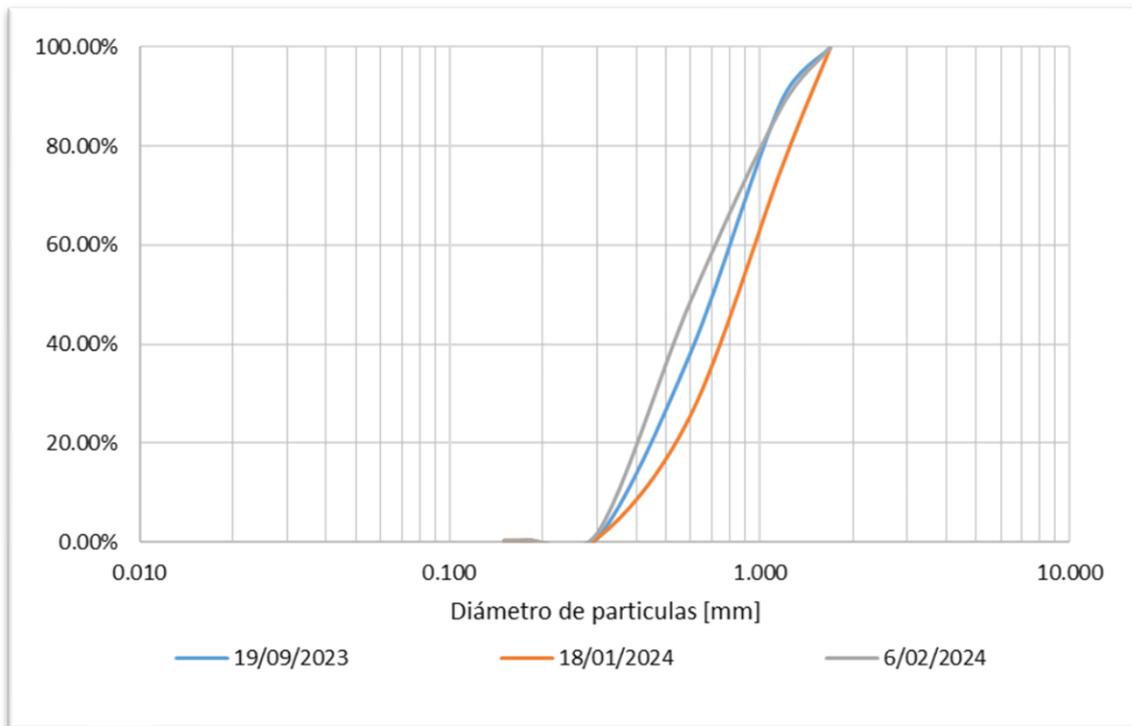


Figura 246. Granulometría sedimentos de fondo, Río Chinchiná – La Virginia

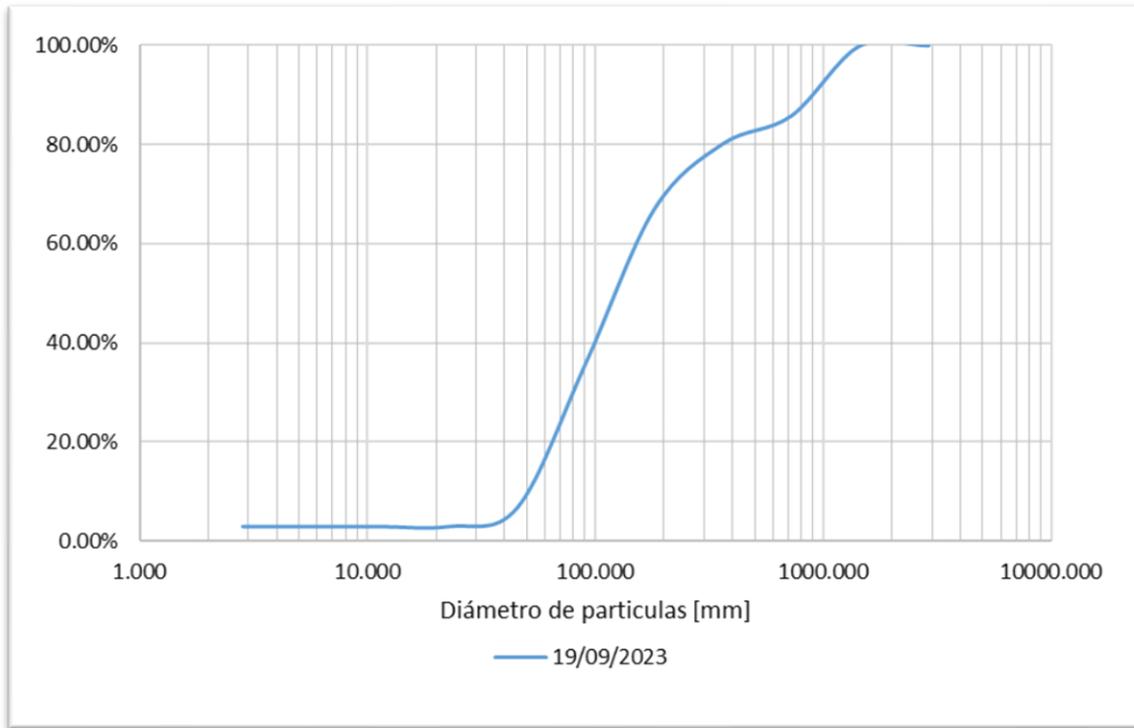


Figura 247. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), Río Chinchiná – La Virginia

4.13 Río Chinchiná – La Zulia

Tabla 60. Resumen de resultados, Río Chinchiná – La Virginia

ESTACIÓN		RÍO CHINCHINÁ - LA ZULIA							
Fecha aforo (dd-mm-aa)	Profundidad máxima (m)	Ancho de la sección mojada (m)	Cantidad de muestras	Carga sedimentos de fondo (ton/día)	Sedimentos de fondo (%)	Carga sedimentos suspendidos (ton/día)	Sedimentos suspendidos (%)	Carga Total (ton/día)	Caudal líquido (m³/s)
19/09/2023	0.540	4.800	5	0.084	13.59%	0.534	86.41%	0.618	0.534
18/01/2024	0.410	4.500	5	10.26	94.49%	0.598	5.51%	10.858	0.505
6/02/2024	0.430	4.200	5	23.861	95.99%	0.996	4.01%	24.857	0.545

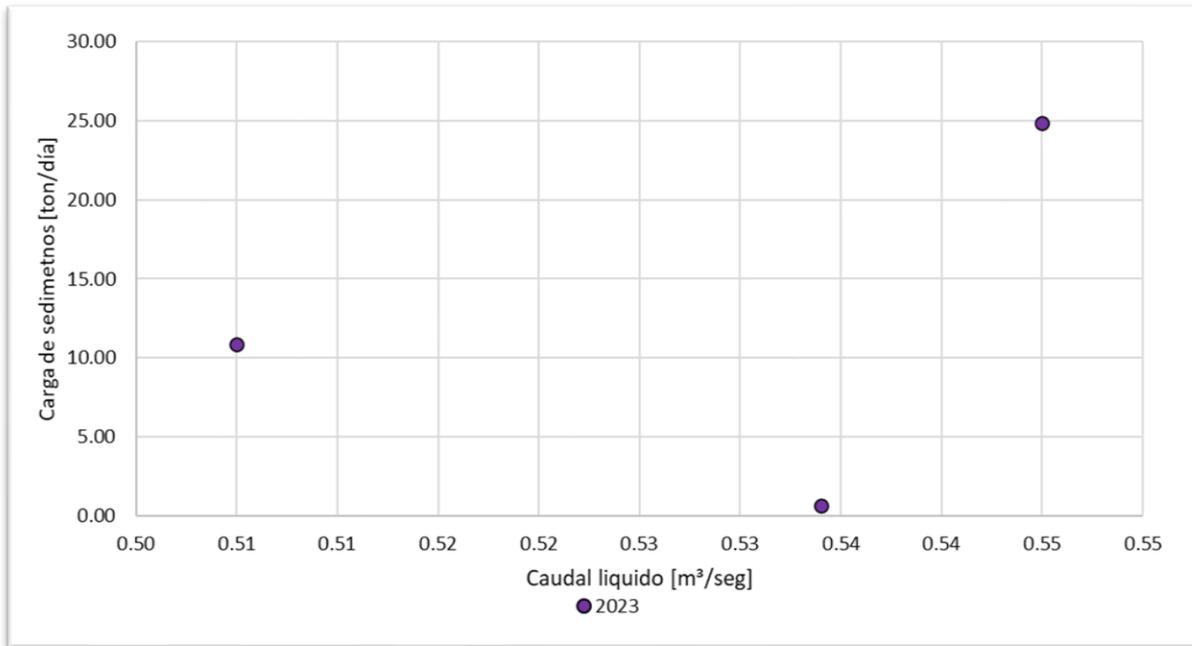


Figura 248. Relación caudal líquido - caudal sólido, Río Chinchiná – La Virginia

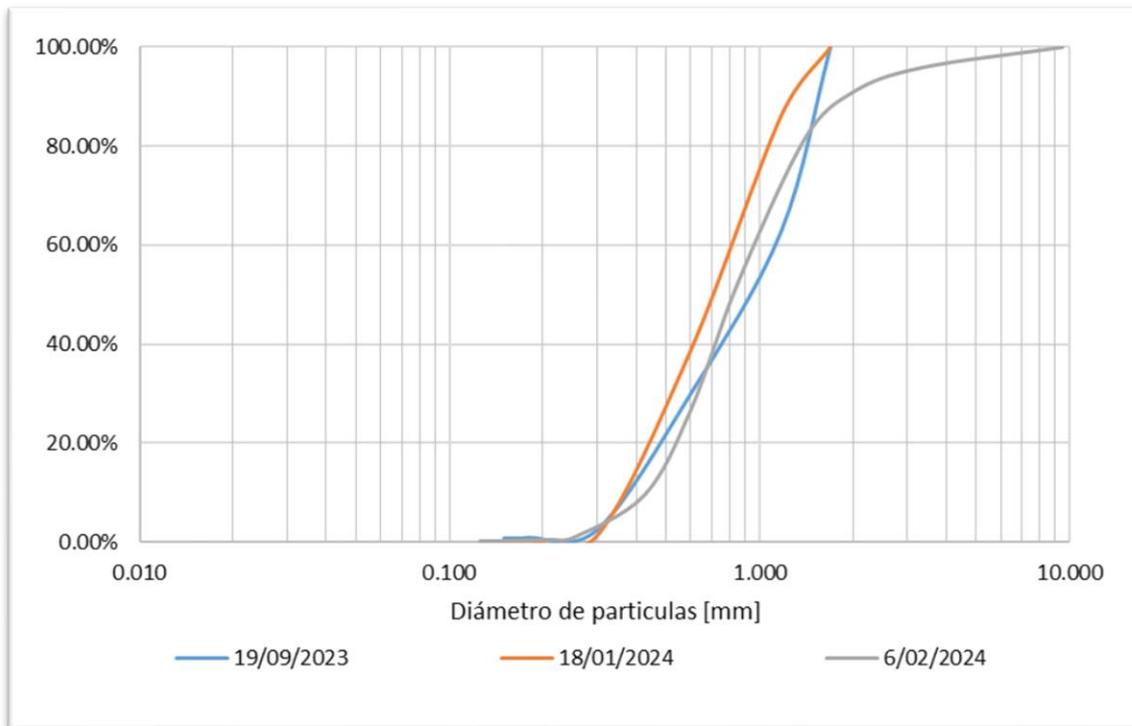


Figura 249. Granulometría sedimentos de fondo, Río Chinchiná – La Zulia

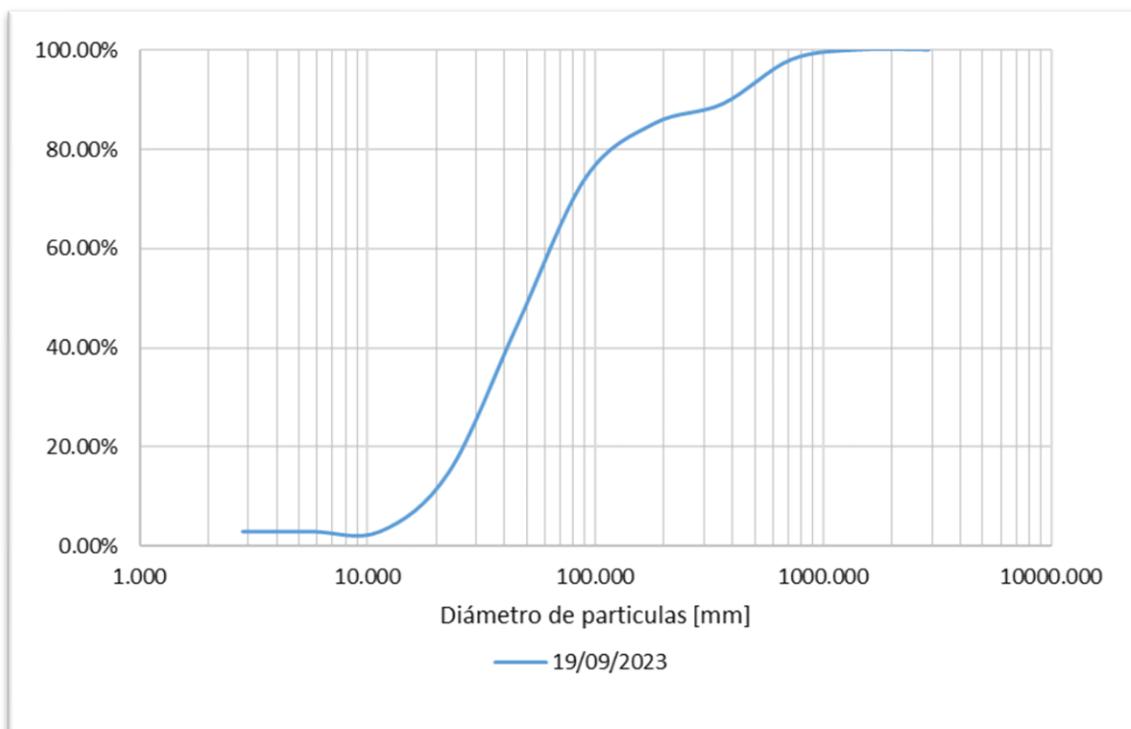


Figura 250. Granulometría material del lecho (conteo de Wolman), Río Chinchiná – La Zulia

5. RESUMEN ECUACIONES DE RELACION CAUDAL LÍQUIDO – CAUDAL SÓLIDO

En las estaciones que se muestran en la **Tabla 61** es posible obtener la relación entre caudal líquido y la carga de sedimentos ya que estas estaciones tienen 4 o más aforos.

Tabla 61. Resumen de ecuaciones caudal sólido - caudal líquido

Estación	Caudal sólido (Ton/día)	R ²
1 Quebrada El Rosario - Autopistas	71.533 $QL^{4.9109}$	0.1561
2 Quebrada Olivares - Bocatoma	54.009 $QL^{1.9252}$	0.6884
3 Quebrada Olivares – El Popal	7.3954 $QL^{0.7042}$	0.8157
4 Quebrada Termales - Bocatoma	5.7837 $QL^{1.7335}$	0.3733
5 Quebrada California - Bocatoma	36.95 $QL^{5.8952}$	0.982
6 Quebrada La Ye - Bocatoma	211.35 $QL^{2.5546}$	0.1117
7 Río Guacaica - Bocatoma	0.0319 $QL^{4.7429}$	0.8506
8 Río Chinchiná - Bocatoma	5.761 $QL^{6.3552}$	0.3303
9 Río Chinchiná – Cenicafé	3.0252 $QL^{2.6141}$	0.9404
10 Río Chinchiná – El Bosque	1.0001 $QL^{1.9918}$	0.7772

6. CLASIFICACIÓN DE LOS RÍOS

El objetivo de esta parte del informe es clasificar los ríos fragmentando las unidades más complejas en otras más discretas, facilitando los estudios de cada una de las corrientes; existen tantas clasificaciones como características tienen los cuerpos de agua; una de las primeras clasificaciones es la de Davis, 1909, quien clasificó los ríos según su edad, en ríos jóvenes, maduros y viejos, **Figura 251**; luego, Leopold & Maddock, 1953, clasificaron los ríos relacionando el caudal con la forma del canal.

Más adelante, otros autores como (Schumm, 1977) y (Rosgen, 1994) clasificaron los ríos teniendo en cuenta otros parámetros propios de la geomorfología del cauce como el arrastre y deposición de sedimentos, el tipo, forma y material del lecho, el nivel de banca llena, entre otros. Una clasificación más reciente la proporcionan (Fryirs & Brierley, 2013), la cual tiene una visión

más amplia ya que, además de la geomorfología del río, tiene en cuenta la topografía propia de la cuenca, clasificando los cauces en tramos más pequeños. Adicionalmente, está basada en la clasificación de Rosgen.

Todas las clasificaciones se relacionan entre sí, y algunas definiciones son similares. Por ejemplo, un cauce joven es un cauce de montaña, y suele ser encañonado, con pendiente pronunciada y tramos rectos o sinuosos según las formas del relieve, pero, adicionalmente, transporta sedimentos de tamaños considerables producto de la erosión de las montañas.

A su vez, un río maduro, deja las montañas con pendientes altas y empieza a moverse entre una topografía menos pronunciada, lo que le permite generar meandros pequeños, depositando material en una de las márgenes mientras erosiona la margen opuesta; la geometría y material del lecho cambian; en esta zona comienzan a depositarse los materiales de gran tamaño arrastrados en la etapa joven del río.

Por último, un río adulto ha recorrido grandes extensiones de terreno; generalmente, se presenta en explanaciones que le permiten formar meandros, dejando zonas de inundaciones de mayor tamaño que un río maduro, la geometría de la sección transversal es mayor, el cauce más ancho y profundo, producto de los afluentes que durante su recorrido ha recibido y, adicionalmente, la forma y material del lecho es variada.

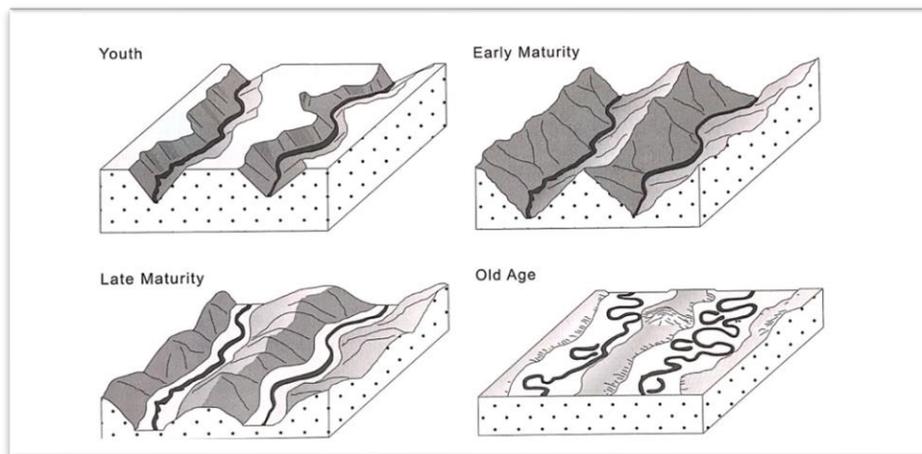


Figura 251. Clasificación de los ríos según su edad. (Fryirs & Brierley, 2013)

6.1 Clasificación aplicada a los ríos de Caldas

Para realizar la clasificación geomorfológica de los ríos analizados se utilizó como base la zonificación hidrológica propuesta por el IDEAM (2013) de cinco (5) grandes áreas hidrográficas (**Figura 252**) (Caribe, Pacífico, Magdalena - Cauca, Orinoco y Amazonas) divididas a su vez en diferentes zonas hidrográficas. Los ríos y quebradas de las redes: red Sistema de Alerta SAT Manizales, red Caldas y red SAT en el área de influencia del Nevado del Ruiz cuencas de los ríos Rioclaro y Chinchiná - JDEGER se encuentran en las zonas Medio Magdalena y Cauca del área hidrográfica Magdalena – Cauca, como se observa en la **Tabla 62**, con los cuales se realizó una clasificación teniendo en cuenta parámetros de (Rosgen, 1994) y (Fryirs & Brierley, 2013).

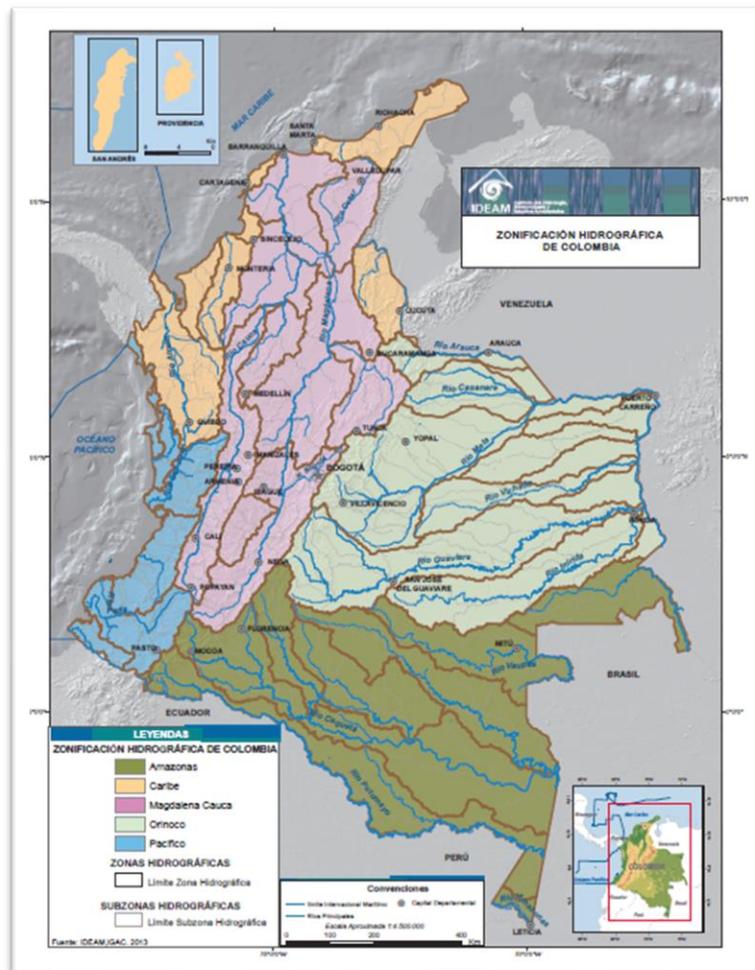


Figura 252. Zonificación hidrográfica de Colombia, (IDEAM, 2013)

Tabla 62. Ubicación de los ríos y quebradas aforadas según zonificación del (IDEAM, 2013)

ZH	Nombre zona hidrográfica	SZH	Nombre Subzona hidrográfica	Id Cuenca	Cuenca	Río /Quebrada	Estación
26	Cauca	2615	Río Chinchiná	234	Quebrada Manizales	Quebrada Manizales	Skinco
						Quebrada Tesorito	Vía al Magdalena
						Quebrada Guayabal	Recinto del pensamiento
						Quebrada Cristales	Valles de la alhambra
				253	Río Claro	Río Rioclaro	Vereda la Guayana
						Río Rioclaro	La Batea
				216	Río Chinchiná	Río Chinchiná	Bosque Popular
						Río Chinchiná	El Bosque
						Río Chinchiná	Cenicafé
						Quebrada El Perro	Expoferias
						Quebrada Palogrande	Terminal de transportes
						Quebrada Palogrande	Ruta 30
						Quebrada Marmato	Planta Intermedia CHEC
						Quebrada Las Pavas	Autopistas del Café
				235	Quebrada el Rosario	Quebrada El Rosario	San Marcos de León
						Quebrada La Francia	Los puentes
				227	Quebrada Manzanares	Quebrada Manzanares	Industrias básicas de Caldas
				224	Quebrada Olivares	Quebrada Olivares	Bocatoma río Blanco
						Quebrada Olivares	El Popal
						Quebrada Olivares	Aguas de Manizales
						Quebrada El Guamo	CDI San Sebastián
						Quebrada El Guamo	Lavadero Los puentes
						Quebrada Olivares	Bomberos voluntarios
Quebrada Salinas	EMAS						
Quebrada El Triunfo	Mirador de Villapilar						
Quebrada El Bohío	Vereda el Águila						
206	Río Guacaica	Río Guacaica	CHEC				
		Río Guacaica	El Jordán				
2614	Río Risaralda	247	Río Risaralda	Río Risaralda	Camping La Palmera		
2616	Río Tapias y otros directos al Cauca	194	Río Tapias	Río Tapias			
		108	Río Pozo	Río Pozo	Vía La Merced Pácora		
		73	Río Pácora	Río Pácora			
2617	Río Frío y otros directos al Cauca	126	Río Supía	Río Supía	Supía		
				Río Supía	Los Piononos		

ZH	Nombre zona hidrográfica	SZH	Nombre Subzona hidrográfica	Id Cuenca	Cuenca	Río /Quebrada	Estación
23	Medio Magdalena	2302	Río Guarinó	191	Río Santo Domingo	Río Santo Domingo	Manzanares
		2304	Directos al Magdalena (MI)	81	Río Doña Juana	Río Doña Juana	Vía La Dorada Norcasia
		2305	Río Samaná	138	Río Pensilvania	Río Pensilvania	Microcentral

La clasificación de los ríos busca homogenizar hasta donde sea posible las características de cauces similares, encontrando relaciones hidráulicas y de sedimentos para una geomorfología específica de los canales; todo esto, con el fin de extrapolar la información para cauces con características similares en los cuales no se tienen datos.

Dentro de la clasificación que se presenta en este apartado, se tuvieron en cuenta los parámetros de (Rosgen, 1994) para los cauces aforados (**Tabla 62**); estos parámetros tienen en cuenta el material del lecho, sinuosidad, relaciones ancho-profundidad y de encajonamiento, teniendo en cuenta el nivel a banca llena de cada una de las secciones; este nivel corresponde a los caudales que se presentan en promedio 5 veces en 10 años (Posada García, 1994). Los indicadores propuestos en la metodología de Rosgen son:

- **Índice de encajonamiento:** se refiere a la relación del cauce con su valle, cuantifica el confinamiento que se presenta producto de las formas del terreno, distinguiendo si la llanura adyacente al canal es de inundación frecuente, una terraza abandonada o si el río se ubica en un área que no es propensa a inundaciones. El índice de encajonamiento es la relación que existe entre el ancho del cauce en nivel de inundación de periodo de retorno de 50 años y el ancho de banca llena. Un estimativo del ancho de 50 años de recurrencia es obtenerlo con el doble de la profundidad de banca llena. Entre menor sea esta relación, más encajonado es el río.

- **Relación ancho/profundidad:** permite conocer en cierta medida el confinamiento del cauce y la forma de su lecho; la relación se mantiene constante cuando el nivel y caudal del río es similar al promedio, pero varía con las crecientes que arrastran gran cantidad de material y pueden profundizar el lecho confinando el cauce, o también puede depositar sedimentos disminuyendo su profundidad y haciéndolo más ancho. La relación ancho/profundidad está dada por el ancho del río a nivel de banca llena, y la profundidad media de banca llena. Los ríos muy angostos y confinados tienden a tener valores bajos, mientras que los ríos más anchos generalmente presentan relaciones mayores a 12 (Rosgen, 1994).
- **Sinuosidad:** Los ríos naturales o poco intervenidos se comportan según las características del terreno, se acomodan a las montañas en la parte alta, y también serpentean en los valles cuando es posible; la sinuosidad relaciona la longitud de un río entre 2 puntos con la distancia que existe entre ambos puntos. Un río es considerado sinuoso cuando presenta valores mayores de 1.30, mientras que un río recto presenta valores entre 1.00 y 1.05.
- **Material del lecho:** El material del lecho es de vital importancia a la hora de clasificar un río; por ejemplo, los ríos con materiales finos tienden a ser más sinuosos, anchos y con llanuras de inundación grandes, mientras que los ríos con lecho en roca tienden a ser rectos y encajonados; en ocasiones, es diferente al material depositado en las orillas que corresponde al material de arrastre del río.
- **Pendiente:** Es de gran importancia para conocer la geomorfología de la zona, los ríos con pendientes bajas dan la posibilidad al cauce de cambiar el canal volviéndolo sinuoso y dejando meandros de diferentes dimensiones, mientras que las pendientes altas no permiten al agua hacer un recorrido con curvas diferentes a las que se presentan gracias a las montañas.

Los parámetros anteriores explican el comportamiento de los ríos en su dinámica espacial y temporal; con el fin de tener una clasificación más amplia, se recurre a (Fryirs & Brierley, 2013), quienes estudiaron el comportamiento de los ríos teniendo en cuenta los parámetros antes mencionados y encontraron correlaciones importantes.

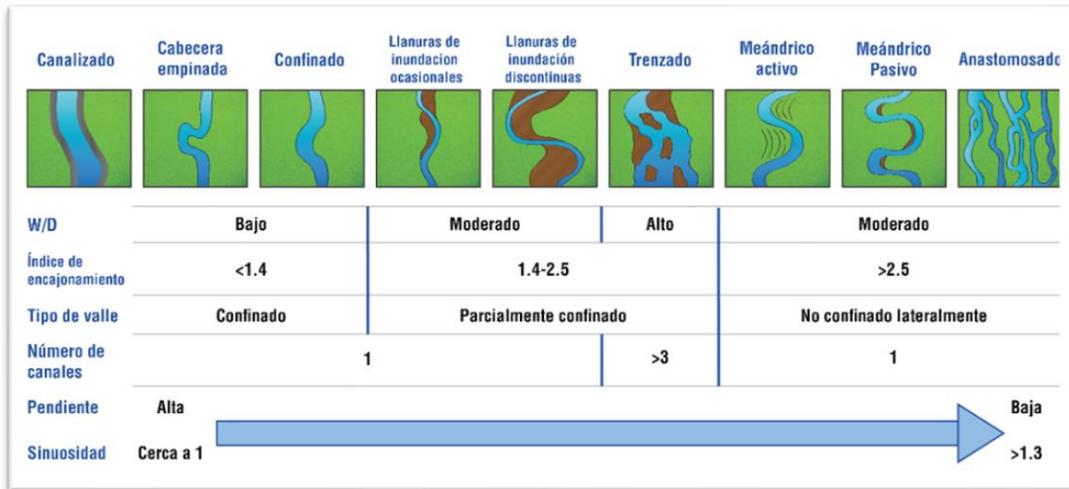


Figura 253. Clasificación de los ríos (Fryirs & Brierley, 2013), Fuente: Adaptada de Fryirs & Brierley, 2013

Tabla 63. Aplicación de la Clasificación por tramos para los ríos y quebradas de las redes SAT, Caldas y JDEGER, según Fryis y Brierly

	Clasificación por tramos	Descripción
1	Cabecera empinada	Se presenta generalmente en su nacimiento, es un cauce con pendiente pronunciada, por lo general son cauces de alta montaña.
2	Encajonado	La pendiente es menor que el cauce de cabecera, presenta laderas empinadas a ambos lados, adicionalmente tiene índices de encajonamiento bajos.
3	Llanuras de inundación ocasionales	Son cauces de menor pendiente que permite tener un canal más ancho, con lo cual se presentan llanuras de inundación en algunas zonas específicas del cauce.
4	Llanuras de inundación discontinuas	Presenta llanuras de inundación a lo largo de su tramo, pero estas se dan en una de las dos márgenes del río.
5	Trenzado	Es un río con múltiples canales (más de 3), que varían con las crecientes y el arrastre de material del río, generalmente se presentan en ríos con pendientes bajas.
6	Meándrico activo	Constituido por meandros que constantemente cambian debido a que se encuentra en lugares con pendiente baja y la energía del agua es moderada, son ríos muy sinuosos.
7	Meándrico pasivo	La energía del flujo es mejor que del río meándrico activo, lo que hace que los meandros se formen de manera lenta, permitiendo ver los meandros abandonados a cada lado del cauce.
8	Anastomosado	El agua se distribuye a través de vertientes pequeñas dentro de un canal definido, lo que facilita procesos como la avulsión, es un cauce de pendiente baja y sinuoso.
9	Canalizado	Se presenta generalmente cuando el tramo del río es urbano, en este caso el cauce no puede clasificarse como un río natural debido a las intervenciones que ha sufrido.

Con base en los parámetros de la **Figura 253**, se proponen 9 diferentes clasificaciones para los ríos y quebradas de las redes: red Sistema de Alerta SAT Manizales, red Caldas y red SAT en el área de influencia del Nevado del Ruiz cuencas de los ríos Rioclaro y Chinchiná – JDEGER, que se consignan en la **Tabla 63**. Por medio de los aforos realizados se determinaron los anchos y profundidades en diferentes niveles, incluyendo el nivel a banca llena, la pendiente promedio de los diferentes tramos aforados y el material del lecho (de manera visual); la sinuosidad puede ser determinada a través de fotografías aéreas o imágenes satelitales; estas últimas fueron las usadas en esta ocasión.

Los ríos Pensilvania y Santo Domingo no pudieron ser clasificados por la dificultad de encontrar imágenes satelitales de buena resolución donde se detalle el cauce, con lo cual no pueden determinarse parámetros importantes como la sinuosidad y la pendiente.

6.2 Mapas de clasificación

En la siguiente sección, se muestran en forma de mapas los ríos y quebradas por cuencas principales, así como las estaciones del SIMAC que se encuentran en cada cuenca, quebrada y río y en colores la clasificación según la metodología de Fryis y Brierly de cada tramo.

- **Quebrada Olivares:** En la **Figura 254** se encuentra el mapa de la cuenca Olivares, su quebrada se caracteriza en sus inicios por ser de cabecera empinada hasta la bocatoma río Blanco donde, a pesar de ser una zona montañosa, la quebrada tiene un valle un poco más amplio, lo que facilita la existencia de llanuras de inundación ocasionales, que se presentan hasta la zona de El Popal. A partir de ahí, la topografía es más pronunciada y hasta la Escuela de carabineros Alejandro Gutiérrez la quebrada presenta un grado alto de encajonamiento. Luego, se presentan llanuras de inundación discontinuas hasta las oficinas de Aguas de Manizales donde, a pesar de que la quebrada tiene muros de contención a ambos lados, deja llanuras de inundación ocasionales nuevamente; sin embargo, en su paso por el barrio Villa del Río el cauce está en

contacto directo con estos muros, con lo que se puede determinar que el cauce está canalizado. A la altura del barrio La Asunción el río presenta nuevamente llanuras de inundación discontinuas, lo que se observa en las crecientes cuando el río se desborda e inunda las calles aledañas; esto sucede hasta la glorieta ubicada en la salida hacia el municipio de Neira donde, gracias a la topografía, el río presenta un encajonamiento pronunciado hasta su desembocadura en el río Guacaica.

Dentro de la cuenca de la quebrada Olivares se tienen otras quebradas que se clasificaron, como es el caso de la quebrada El Guamo, que en gran parte de su recorrido se caracteriza por ser encajonada, pero a la altura de los barrios Solferino y Bosques del Norte está canalizada hasta desembocar en la quebrada Olivares.

La quebrada Salinas tiene una clasificación de cabecera empinada durante todo su trayecto; la quebrada El Bohío inicia su trayecto como de cabecera empinada, pero unos metros aguas arriba, antes de cruzar la vía Manizales – Neira, el cauce se encajona y presenta saltos y pozos hasta su desembocadura en la quebrada Olivares; por último, la quebrada El Triunfo se encuentra canalizada en su tramo inicial, hasta el paradero de busetas de Villapilar (Socobuses), donde el cauce se encuentra encajonado gracias a su topografía hasta llegar a la quebrada Olivares.

Tabla 64. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca de la quebrada Olivares

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Olivares	Nacimiento - Bocatoma río Blanco	Confinado	1	1.03	0.30 - 0.20
	Bocatoma río Blanco - El Popal	Confinado	1	1.05	0.15 - 0.10
	El popal - Escuela de Carabineros	Confinado	1	1.01	0.10 - 0.08
	Escuela de carabineros - Aguas de Manizales	Confinado	1	1.07	0.08 - 0.06
	Aguas de Manizales - Villa del Río	Confinado	1	1.12	0.08 - 0.06
	Villa del río – La Asunción	Canalizado	1	1.20	0.08 - 0.06
	La Asunción - salida Neira	Confinado	1	1.22	0.08 - 0.06
	Salida Neira - río Guacaica	Confinado	1	1.25	0.20 - 0.15
El Guamo	nacimiento - Bosques del Norte	Confinado	1	1.09	0.20 - 0.15
	Bosques del norte - Q. Olivares	Canalizado	1	1.06	0.10 - 0.08
Salinas	Toda la Quebrada	Confinado	1	1.10	0.20 - 0.10
El Triunfo	Nacimiento - Control Buses Villa pilar	Canalizado	1	1.06	0.15 - 0.10
	Control de Buses de Villa pilar - Q. Olivares	Confinado	1	1.10	0.15 - 0.10
El Bohío	Nacimiento - Vía Manizales Neira	Confinado	1	1.08	0.30 - 0.20
	Vía Manizales Neira - Q. Olivares	Confinado	1	1.06	0.20 - 0.15

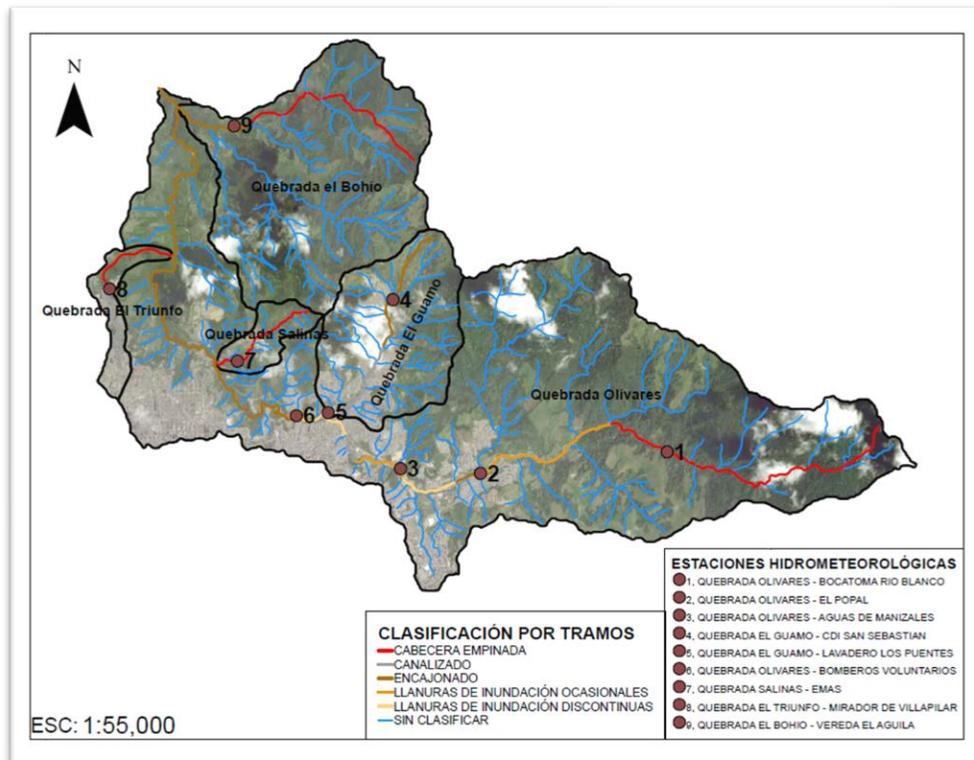


Figura 254. Clasificación cuenca de la quebrada Olivares

- **Río Guacaica:** durante sus primeros 10 km el río se caracteriza por ser de cabecera empinada (ver
- **Figura 255),** a su paso por la vereda Manga Bonita la cuenca tiene una topografía pronunciada lo que hace que el río sea encajonado y con tramos rectos, hasta la vereda Pueblo Hondo, donde el valle se amplía y facilita la generación de llanuras de inundación ocasionales durante casi toda la cuenca media, excepto por un tramo en la vereda Pueblo Rico que se encuentra encajonado. Entre las veredas La Honda y Los Cuervos el cauce tiene un valle más amplio y la pendiente disminuye, lo que favorece que el río sea trezado, para luego tener llanuras de inundación discontinuas en un tramo corto dentro de la vereda los Cuervos; la cuenca a esta altura se hace más angosta, sin embargo, se siguen presentado llanuras de inundación ocasionales hasta el sector de la Funeraria; a partir de ahí y hasta su desembocadura en el río Chinchiná, el Guacaica se caracteriza por tener llanuras de inundación discontinuas.

Tabla 65. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca del río Guacaica

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Guacaica	Nacimiento (10km)	Confinado	1	1.15	0.40 - 0.30
	Vereda Manga Bonita - Vereda Pueblo Hondo	Confinado	1	1.10	0.30 - 0.20
	Pueblo Hondo - Pueblo Rico	Confinado	1	1.13	0.15 - 0.10
	Pueblo Rico	Confinado	1	1.18	0.20 - 0.15
	Pueblo Rico - La Honda	Confinado	1	1.13	0.15 - 0.10
	La Honda - Los Cuervos	No confinado	3	1.07	0.10 - 0.08
	Los Cuervos	Parcialmente confinado	1	1.20	0.08 - 0.06
	Los Cuervos - Río Chinchiná	Confinado	1	1.08	0.08 - 0.06

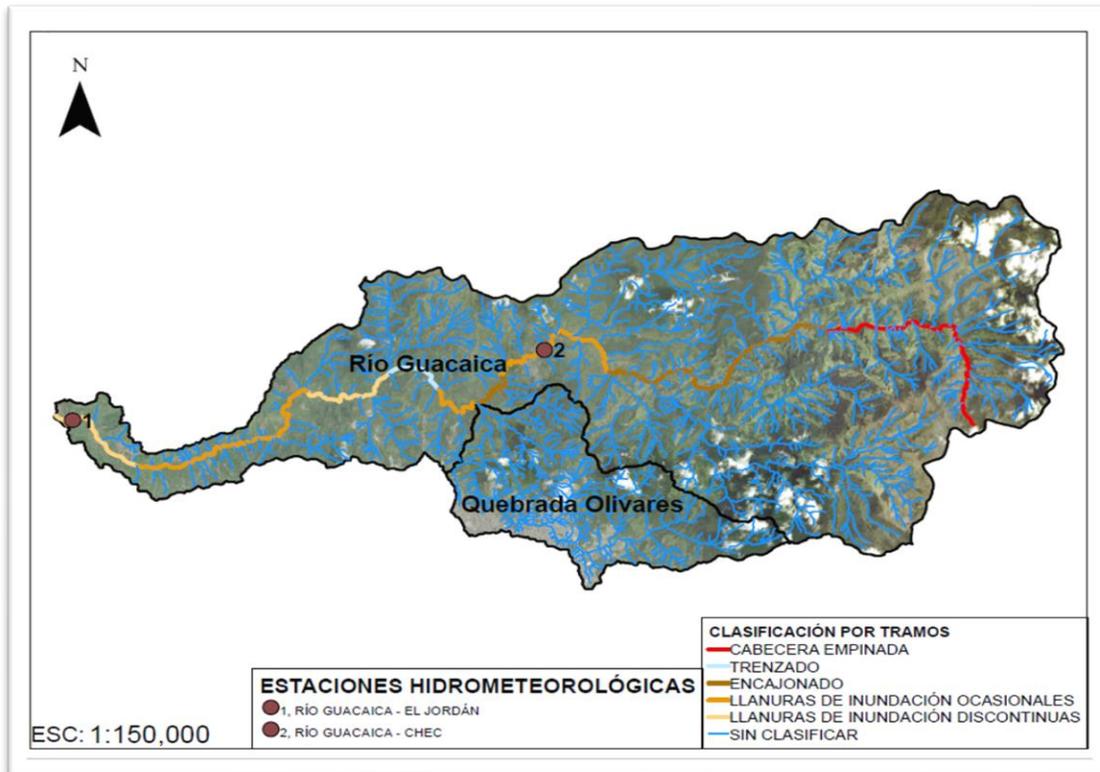


Figura 255. Clasificación cuenca del río Guacaica.

- **Quebrada Manizales:** dentro de la clasificación de la cuenca de la quebrada Manizales se incluyen otras subcuencas y la cuenca de la quebrada El Perro (a pesar de estar incluida en este mapa es una cuenca independiente, la quebrada El Perro desemboca directamente en el río Chinchiná) como se muestra en la **Figura 256**. La quebrada Manizales se clasifica inicialmente por ser de cabecera empinada hasta su llegada a la compañía Skinco (hoy llamada Etex Colombia S.A.), donde se encuentra canalizada; al salir de la empresa, el valle se hace más ancho y se presentan algunas llanuras de inundación ocasionales hasta el cruce con la vía que conduce al SENA, donde nuevamente se clasifica como un tramo canalizado, teniendo en cuenta que en algunos tramos sólo tiene muro de contención en una de las márgenes; sin embargo, esto le impide al río discurrir en forma natural.

En un tramo corto antes del sector de San Marcel y hasta la entrada al barrio La Enea el cauce presenta llanuras de inundación ocasionales, para luego encajonarse hasta su desembocadura en el río Chinchiná. En la zona alta de la cuenca también se encuentra la quebrada Tesorito, la

que inicia como quebrada de cabecera empinada hasta que cruza la vía Panamericana. A partir de allí presenta llanuras de inundación ocasionales hasta su desembocadura en la quebrada Manizales.

La quebrada Guayabal, durante todo su trayecto, es de cabecera empinada, desemboca en la quebrada Manizales a la altura del Recinto del Pensamiento.

La quebrada Cristales está clasificada en dos tramos, el inicial es un tramo de cabecera empinada y a su llegada al condominio Valles de la Alhambra intervienen directamente en el cauce muros de contención en por lo menos una de las márgenes hasta su desembocadura en la quebrada Manizales, por lo que se clasifica como tramo canalizado. Para finalizar, se clasificó la quebrada El Perro, iniciando con un tramo de cabecera empinada; a la altura de Expoferias se encuentra canalizada y luego pasa a ser un tramo encajonado.

Tabla 66. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca de las quebradas Manizales y El Perro

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Manizales	Nacimiento - Skinco	Confinado	1	1.15	0.20 - 0.15
	Skinco	Canalizado	1	1.03	0.08 - 0.05
	Skinco - Vía SENA	Confinado	1	1.10	0.10 - 0.08
	Vía SENA - San Marcel	Canalizado	1	1.00	0.08 - 0.06
	San Marcel	Confinado	1	1.04	0.06 - 0.04
	San Marcel - Río Chinchiná	Confinado	1	1.33	0.06 - 0.04
Tesorito	Nacimiento - vía Panamericana	Confinado	1	1.06	0.40 - 0.20
	Vía Panamericana - Q. Manizales	Confinado	1	1.07	0.20 - 0.10
Guayabal	Toda la quebrada	Confinado	1	1.06	0.20 - 0.15
Cristales	Nacimiento - Valles de la alhambra	Confinado	1	1.05	0.20 - 0.15
	Valles de la alhambra - Q. Manizales	Canalizado	1	1.04	0.10 - 0.08
El Perro	Nacimiento - Expoferias	Confinado	1	1.08	0.30 - 0.20
	Expoferias	Canalizado	1	1.09	0.15 - 0.10
	Expoferias - Río Chinchiná	Confinado	1	1.13	0.30 - 0.20

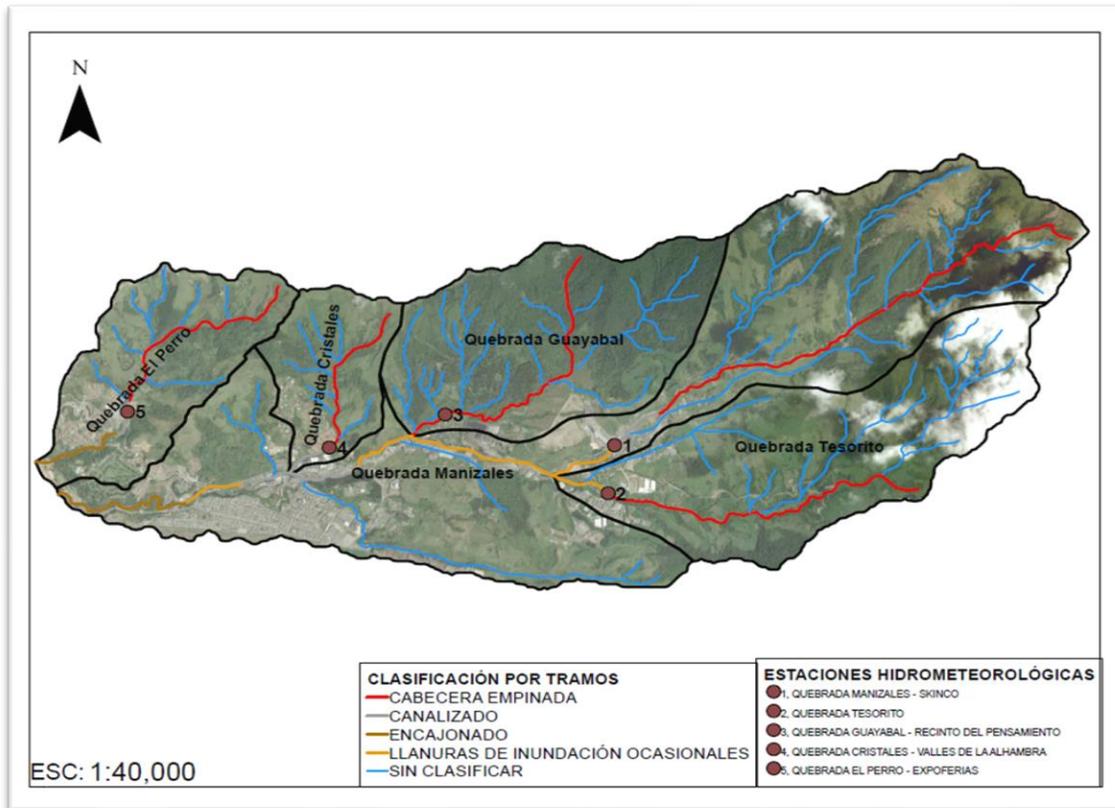


Figura 256. Clasificación cuencas de las quebradas Manizales y El Perro

- Quebradas Marmato y Palogrande:** En la **Figura 257** se presenta el mapa de clasificación de las cuencas de las quebradas Marmato y Palogrande, ambas tributarias del río Chinchiná. Las pendientes pronunciadas de la topografía propia de las cuencas hacen que en todo su recorrido sean clasificadas como quebradas de cabecera empinada; sin embargo, estas quebradas están urbanizadas en su parte alta. La quebrada Palogrande (antes quebrada San Luís) recoge el agua desde el sector de los Barrios Belén y La Estrella y el estadio Palogrande hasta llegar a la vía Panamericana, pasando por los barrios Fátima, Betania, Las Colinas y una parte del barrio El Guamal, entre otros, mientras que la quebrada Marmato recoge las aguas de los barrios aledaños al sector de Villa Hermosa.

Tabla 67. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca de las quebradas Palogrande y Marmato

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Palogrande	Nacimiento	Canalizado	1	1.06	0.30 - 0.20
	Parte baja y media de la cuenca	Confinado	1	1.08	0.30 - 0.20
Marmato	Nacimiento	Canalizado	1	1.04	0.30 - 0.20
	Parte baja y media de la cuenca	Confinado	1	1.03	0.20 - 0.10

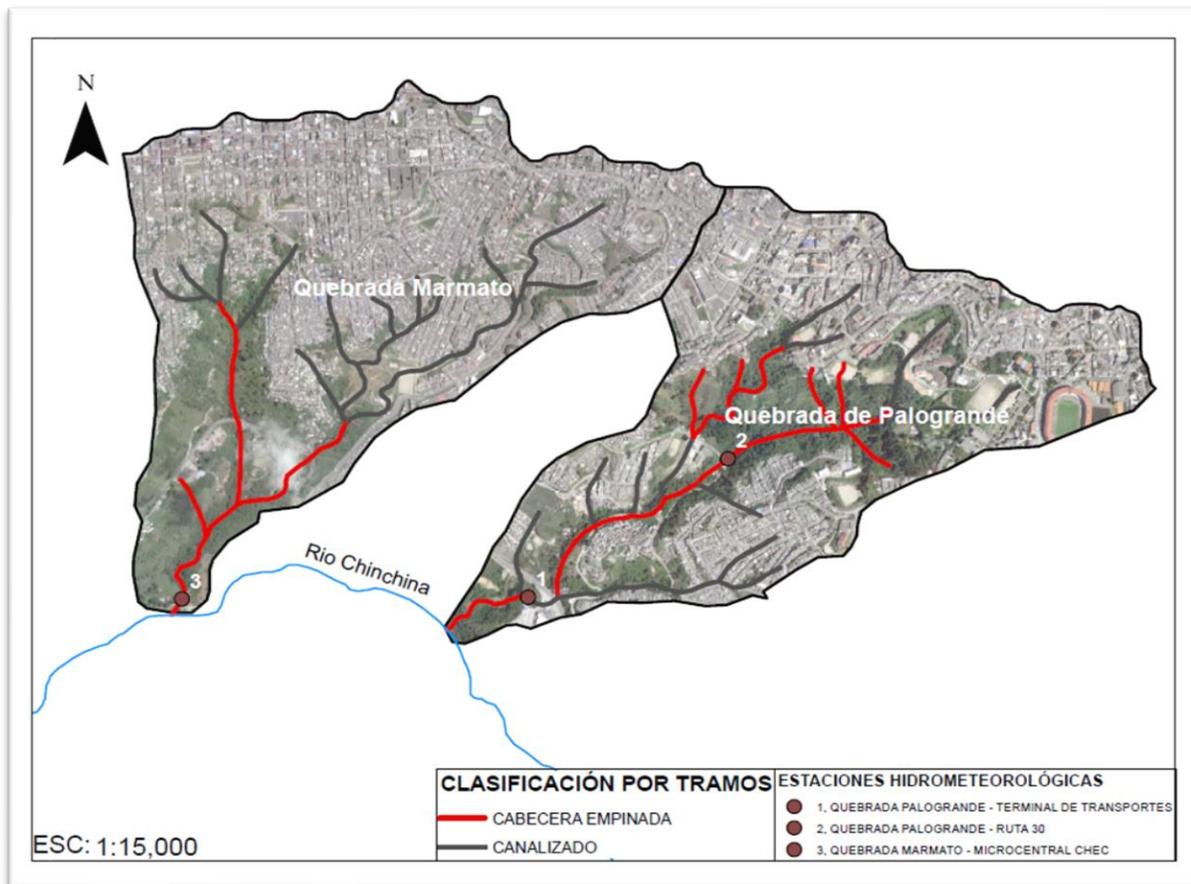


Figura 257. Clasificación cuencas de las quebradas Palogrande y Marmato

- **Río Rioclaro:** El río Rioclaro es uno de los grandes afluentes del río Chinchiná, en la **Figura 258** se encuentra clasificada su corriente principal. La parte alta tiene una pendiente fuerte y se clasifica en un río de cabecera empinada durante unos 5 km, donde la topografía disminuye gradualmente la pendiente. Después se presentan tramos rectos y el río se puede clasificar como encajonado hasta la vereda La Guayana, donde la ampliación del valle permite la formación de llanuras de inundación ocasionales hasta el sector del Guamal, en este punto el

cauce se presenta en un tramo corto con llanuras de inundación discontinuas, para encajonarse nuevamente hasta la vereda Llanitos; a partir de ahí, el valle se abre nuevamente, permitiendo llanuras de inundación discontinuas hasta su desembocadura en el río Chinchiná.

Tabla 68. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca del río Rioclaro

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Rioclaro	Nacimiento (5km)	Confinado	1	1.06	0.40 - 0.30
	Vereda la Guayana	Confinado	1	1.07	0.20 - 0.15
	La Guayana - El Guamal	Confinado	1	1.05	0.10 - 0.08
	El Guamal	Parcialmente confinado	1	1.11	0.10 - 0.08
	El Guamal - Llanitos	Confinado	1	1.15	0.10 - 0.08
	Llanitos - río Chinchiná	Parcialmente confinado	1	1.20	0.08 - 0.06

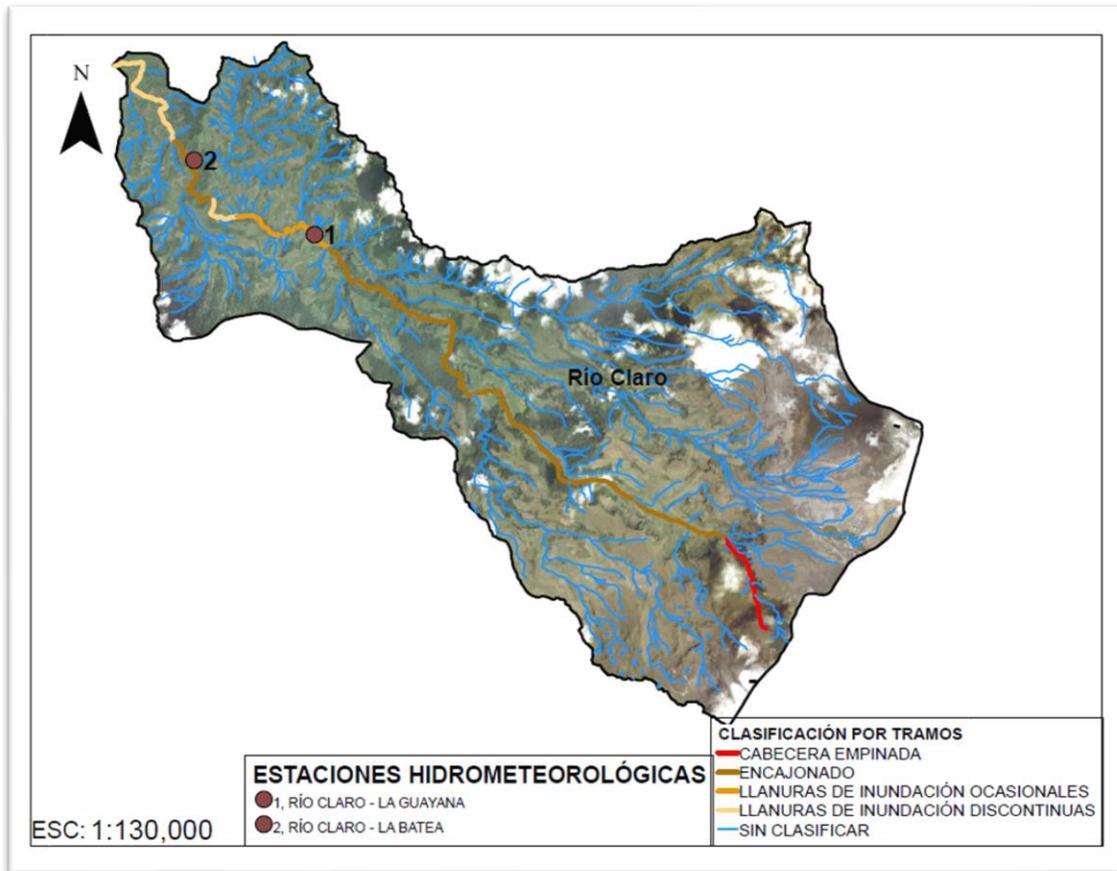


Figura 258. Clasificación cuenca del río Rioclaro

- Quebrada El Rosario:** En la **Figura 259** se encuentra la clasificación de la cuenca de la quebrada El Rosario y, a su vez, de las quebradas La Francia y Las Pavas, que son afluentes directos de la quebrada El Rosario, la cual se caracteriza en su parte más alta por ser un cauce de cabecera empinada, hasta unos metros aguas abajo del restaurante San Marcos de León, para encajonarse hasta el punto donde se encuentra con la Quebrada de Guacas. A partir de este punto se puede percibir un solo canal, pero diferentes cursos de agua, con lo que se puede decir que este tramo es trenzado; desde 1 km aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Las Pavas y 1.5 km aproximadamente aguas abajo de este punto El Rosario se caracteriza por ser una quebrada con llanuras de inundación discontinua. Su último tramo se clasifica como quebrada con llanuras de inundación ocasionales, hasta su desembocadura en el río Chinchiná. En la parte alta de la cuenca de la quebrada El Rosario se encuentra la quebrada La Francia, clasificada como un solo tramo de cabecera empinada y en la parte baja de la cuenca está ubicada la quebrada Las Pavas, la cual tiene una cuenca de cabecera empinada con un tramo muy corto a la altura del peaje Las Pavas que se encuentra canalizado; el tramo final se caracteriza por ser una quebrada encajonada hasta su desembocadura en la quebrada El Rosario.

Tabla 69. *Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca de la quebrada El Rosario*

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
El Rosario	Nacimiento - San Marcos de León	Confinado	1	1.01	0.30 - 0.20
	San Marcos de León - Q. las Guacas	Confinado	1	1.10	0.20 - 0.15
	Las Guacas - 1km aguas arriba de las pavas	No confinado	3	1.08	0.08 - 0.06
	1km Aguas arriba de Las Pavas - 1.5km Aguas abajo de Las Pavas	Confinado	1	1.12	0.06 - 0.04
	1.5km aguas abajo de Las Pavas -río Chinchiná	Confinado	1	1.11	0.06 - 0.04
La Francia	Toda la quebrada	Confinado	1	1.02	0.30 - 0.20
Las Pavas	Nacimiento - peaje Las Pavas	Confinado	1	1.10	0.30 - 0.20
	Peaje Las Pavas	Canalizado	1	1.05	0.10 - 0.08
	Peaje Las Pavas - Q. El Rosario	Confinado	1	1.12	0.10 - 0.08

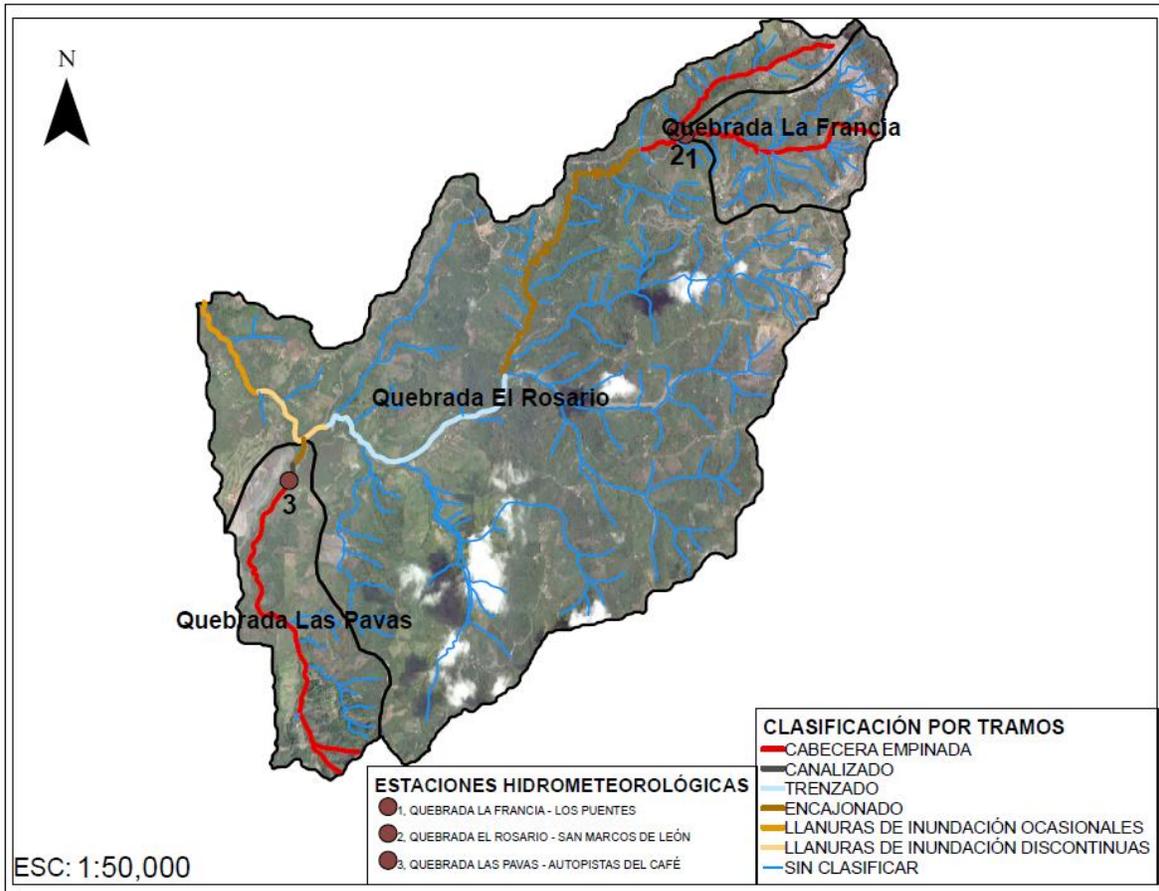


Figura 259. Clasificación cuenca de la quebrada El Rosario

- **Quebrada Manzanares:** La **Figura 260**, muestra el mapa de clasificación por tramos de la quebrada Manzanares. Gracias a la topografía pronunciada de su cuenca se caracteriza por ser un cauce de cabecera empinada desde su nacimiento hasta su paso cerca de la ciudadela La Linda, donde se encuentra con la quebrada Marula y a partir de ese punto puede decirse que la quebrada se comporta como un cauce encajonado, finalizando el mismo a la altura de industrias Básicas de Caldas y hasta su desembocadura en el río Chinchiná se puede caracterizar como un cauce con llanuras de inundación ocasionales.

Tabla 70. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca de la quebrada Manzanares

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Manzanares	Nacimiento - La Linda	Confinado	1	1.07	0.30 - 0.20
	La Linda – IBC	Confinado	1	1.09	0.15 - 0.10
	IBC - Río Chinchiná	Confinado	1	1.11	0.06 - 0.04

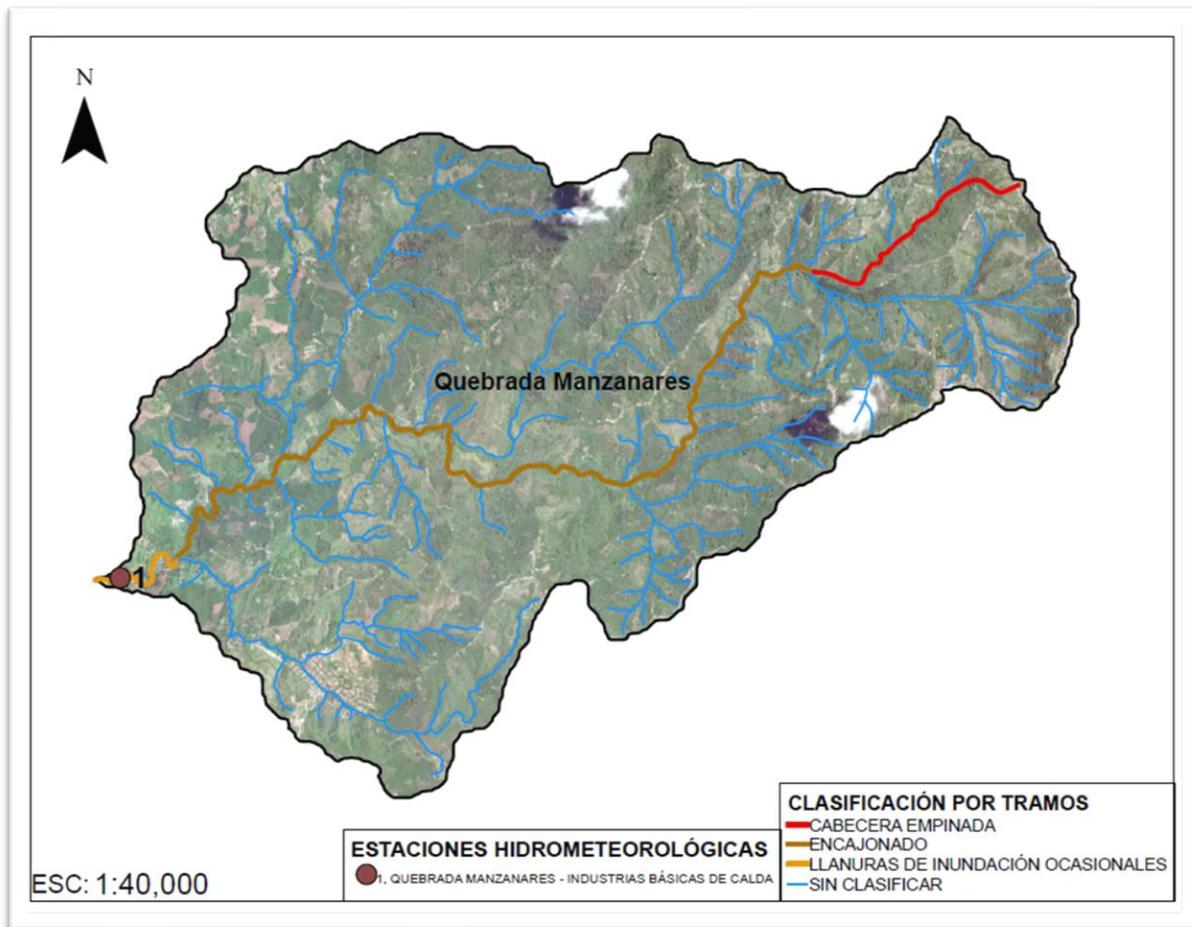


Figura 260. Clasificación cuenca de la quebrada Manzanares

- **Río Chinchiná:** Los ríos y quebradas clasificados hasta ahora son todos afluentes del río Chinchiná; en la **Figura 261** se presenta la clasificación de su cauce principal. En la parte alta de la cuenca es un río de cabecera empinada durante los primeros 6 km, para luego ser

encajonado hasta su llegada a un costado de la zona industrial de Maltería en Manizales, donde el valle se hace más ancho y se presentan llanuras de inundación ocasionales.

En su paso por el sur del barrio La Enea, el río Chinchiná presenta llanuras de inundación discontinuas hasta aguas abajo del municipio de Villamaría, donde el cauce se encajona nuevamente hasta la desembocadura del río Rioclaro, para aprovechar el valle que se amplía más y presenta llanuras de inundación discontinuas; en el último tramo, 2 km aguas arriba de la desembocadura del río Guacaica y dada la baja pendiente de la cuenca, el río Chinchiná se comporta como un río meándrico pasivo, con una sinuosidad considerable hasta su desembocadura en el río Cauca.

Tabla 71. *Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca del río Chinchiná*

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Chinchiná	Nacimiento (6 km)	Confinado	1	1.10	0.30 - 0.20
	Maltería	Confinado	1	1.04	0.10 - 0.08
	Maltería - La Enea	Confinado	1	1.10	0.10 - 0.08
	La Enea - Salida Villamaría	Parcialmente confinado	1	1.12	0.06 - 0.04
	Salida Villamaría – Rioclaro	Confinado	1	1.20	0.15 - 0.10
	Río Rioclaro - Río Guacaica	Parcialmente confinado	1	1.25	0.06 - 0.04
	Río Guacaica - Río Cauca	No confinado	1	1.65	0.04 - 0.02

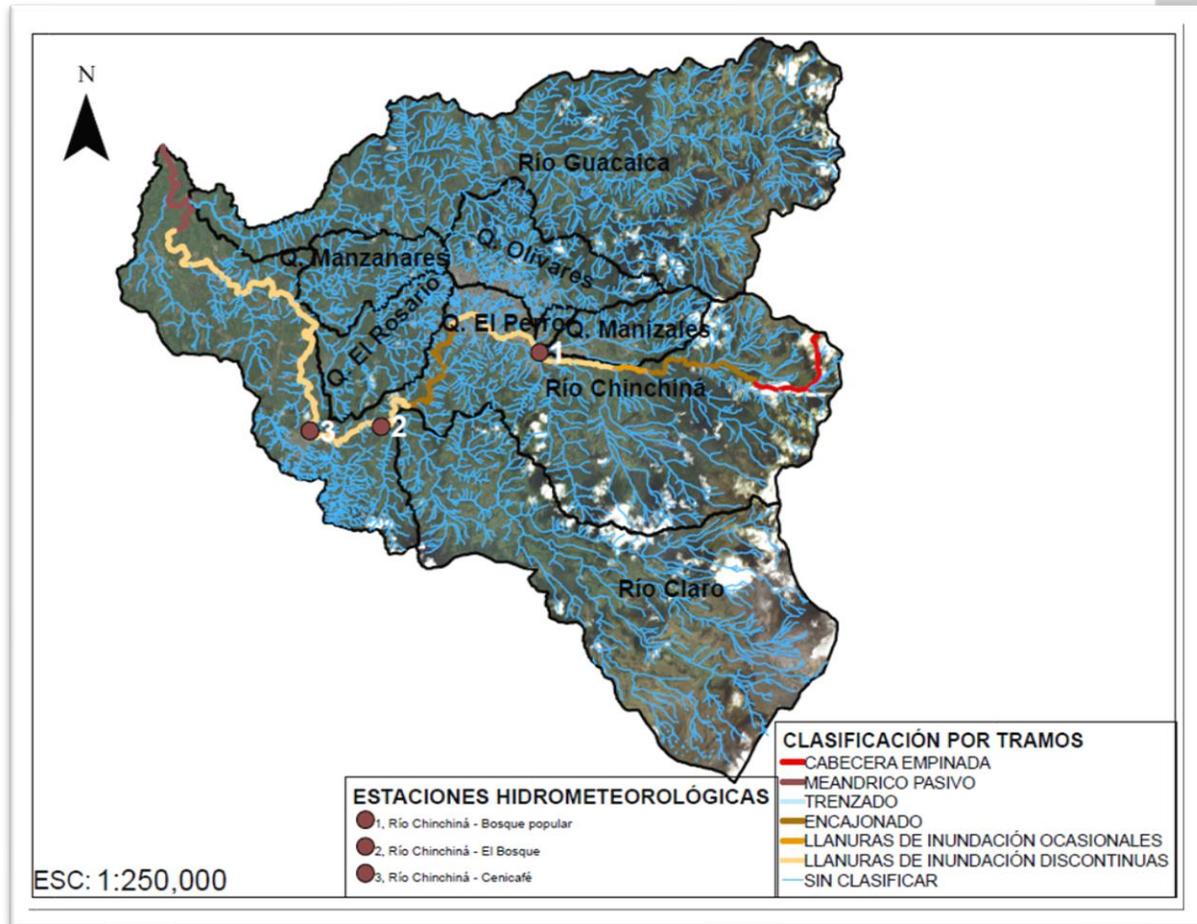


Figura 261. Clasificación cuenca del río Chinchiná

- Río Risaralda:** Una particularidad del río Risaralda es que su recorrido se desarrolla de norte a sur, cuando generalmente los ríos en Colombia recorren el territorio de sur a norte; en la **Figura 262** se presenta la clasificación del cauce principal de la cuenca del río Risaralda que en su tramo inicial se comporta como un río de cabecera empinada, con pendientes pronunciadas hasta llegar al sector de El Llano, entre los municipios de Riosucio (Caldas) y Quinchía (Risaralda). Allí inicia un tramo encajonado del río que continúa hasta ampliar su valle entre los municipios de Anserma (Caldas) y Belén de Umbría (Risaralda) para encontrar llanuras de inundación ocasionales hasta la vereda La Argentina del municipio de Viterbo (Caldas). En este tramo, la cuenca genera un valle amplio que le facilita al río Risaralda ser meándrico activo y percibir cómo los meandros van formándose; a su entrada al municipio de Viterbo, el río deja muestras

de meandros más consolidados y algunos que por la forma del terreno y la dinámica del río han ido quedando abandonados, con lo cual, desde este punto y hasta su desembocadura en el río Cauca, el río Risaralda es meándrico pasivo.

Tabla 72. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca del río Risaralda

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Risaralda	Nacimiento - Vereda El Llano	Confinado	1	1.03	0.30 - 0.20
	Vereda El Llano - Belén de Umbría	Confinado	1	1.05	0.20 - 0.15
	Belén de Umbría - Vereda La Argentina	Confinado	1	1.24	0.10 - 0.08
	La Argentina – Viterbo	No confinado	1	1.35	0.06 - 0.04
	Viterbo - Río Cauca	No confinado	1	1.70	0.06 - 0.04

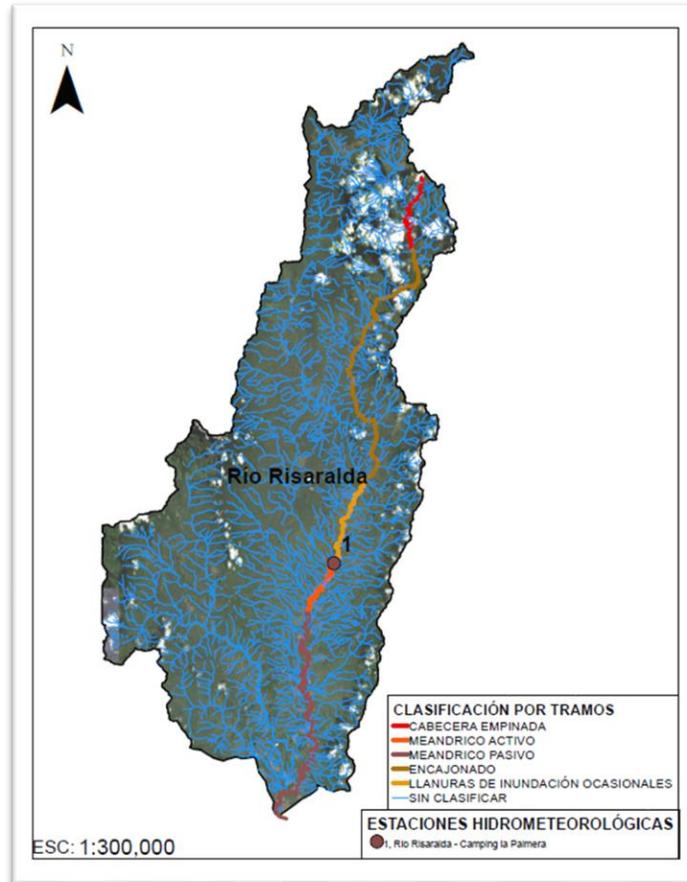


Figura 262. Clasificación cuenca del río Risaralda

- Río Doña Juana:** en la **Figura 263** se muestra el mapa de la cuenca del río Doña Juana y la clasificación del cauce. Su tramo inicial se clasifica en cabecera empinada hasta la vereda Cuba del municipio de Victoria (Caldas), a partir de esta zona el tramo siguiente del río Doña Juana es encajonado hasta la vereda que lleva su mismo nombre, donde el valle se abre y se presentan llanuras de inundación ocasionales hasta el sector América del mismo municipio. En este punto, la topografía de la cuenca es de pendiente baja y un valle más amplio, lo que favorece al río el ser meándrico activo hasta la vereda Vega Grande, donde se empiezan a ver muestras de algunos meandros abandonados; la característica del cauce en este tramo es la de un río meándrico pasivo y continúa de esta forma hasta su desembocadura en el río Magdalena.

Tabla 73. *Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca del río Doña Juana*

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Doña Juana	Nacimiento – Cuba	Confinado	1	1.09	0.20 - 0.10
	Cuba - Doña Juana	Confinado	1	1.10	0.30 - 0.20
	Doña Juana – América	Confinado	1	1.20	0.10 - 0.08
	América - Vega Grande	No confinado	1	1.40	0.04 - 0.02
	Vega Grande - río Magdalena	No confinado	1	1.60	0.02 - 0.00

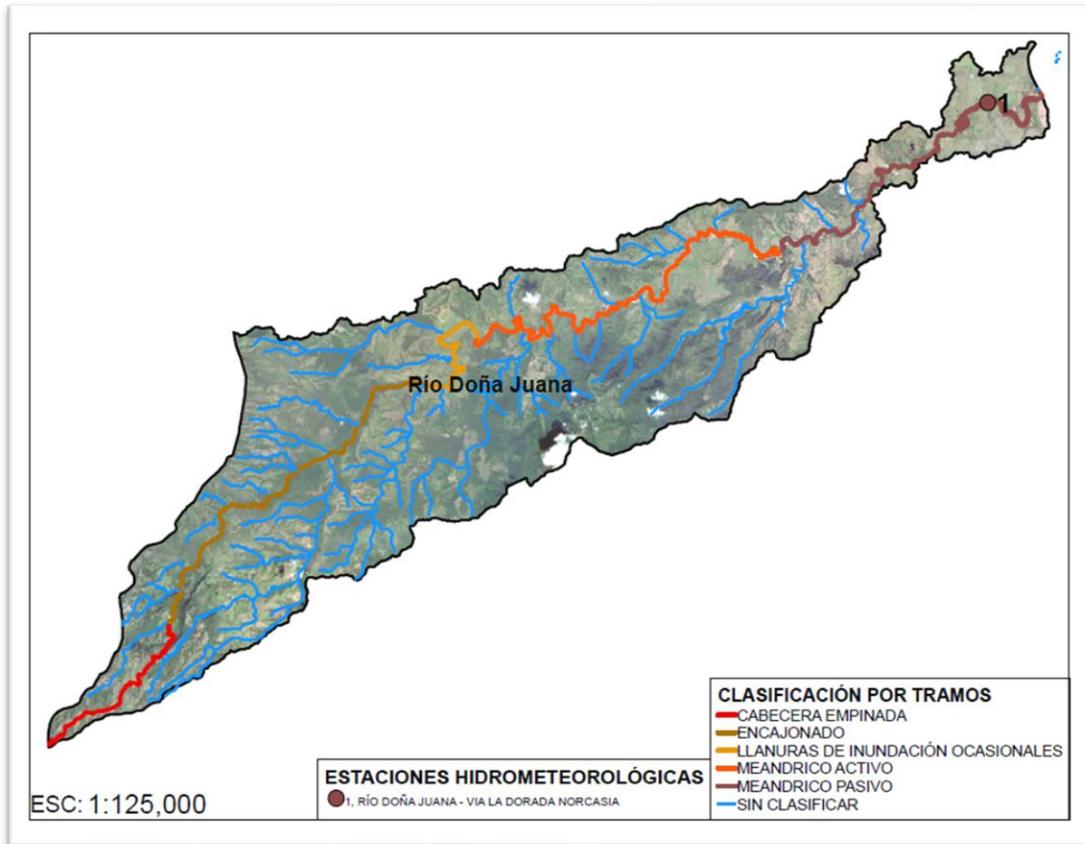


Figura 263. Clasificación cuenca del río Doña Juana

- Río Tapias:** El río Tapias es afluente del río Cauca (**Figura 264**). Inicialmente, es un río de cabecera empinada desde su nacimiento hasta la vereda La Granja del municipio de Neira (Caldas). A partir de ese punto, la forma de la cuenca lo obliga a encajonarse hasta la vereda el Cedrito. El tramo siguiente del río se ubica en un valle más amplio que facilita la formación de llanuras de inundación ocasionales; en el punto donde se unen el río Tapias y el río Tareas el cauce cambia a un tipo de río con llanuras de inundación discontinuas, que se presentan aleatoriamente en algunas de las márgenes. En el sector de El Guamo el río toma forma de cauce trezado hasta su desembocadura en el río Cauca cerca del corregimiento de Irra, Quinchía – Risaralda.

Tabla 74. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca del río Tapias

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Tapias	Nacimiento - Vereda La Granja	Confinado	1	1.15	0.30 - 0.20
	Vereda la Granja - Vereda El Cedrito	Confinado	1	1.17	0.20 - 0.15
	Vereda el Cedrito - río Tareas	Confinado	1	1.18	0.10 - 0.08
	Río Tareas - Vereda El Guamo	Confinado	1	1.20	0.08 - 0.06
	Vereda el Guamo - Río Cauca	No confinado	3	1.22	0.04 - 0.02

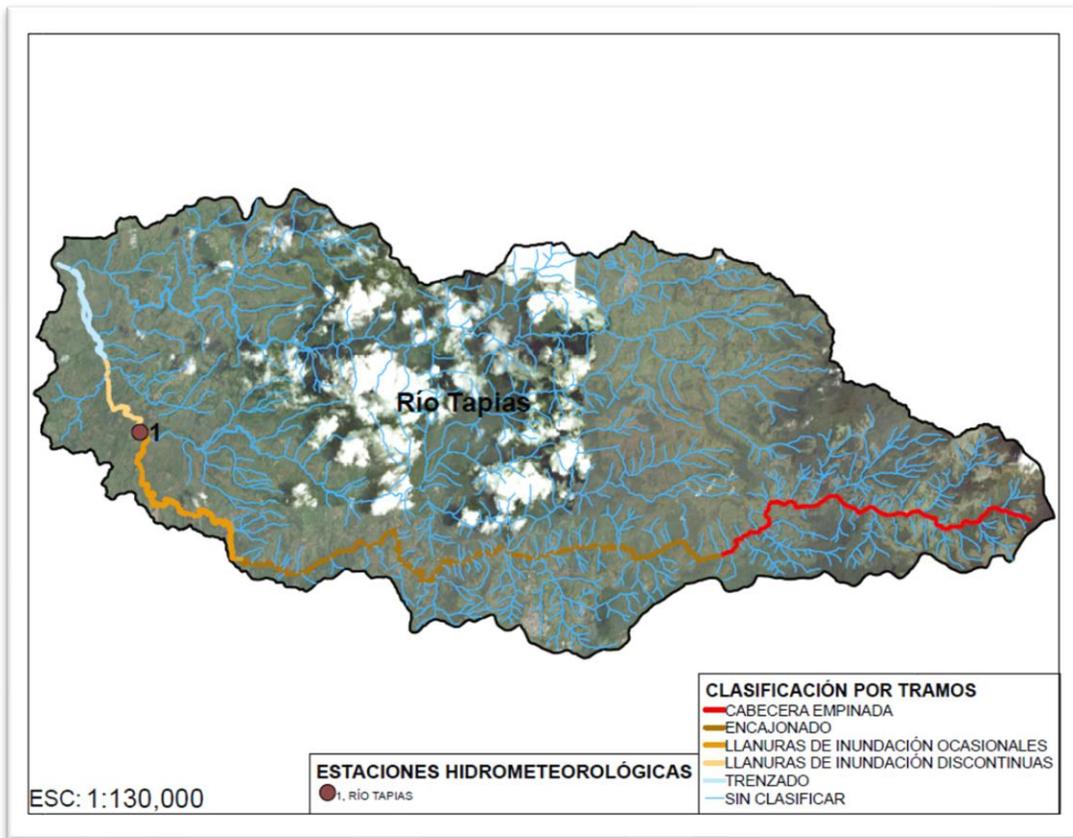


Figura 264. Clasificación cuenca del río Tapias

- **Río Pozo:** El río Pozo se clasifica en tres tramos diferentes (Figura 265). La parte alta de la cuenca es de cabecera empinada, hasta la vereda San Pablo del municipio de Salamina (Caldas) donde el río tiene características de cauce encajonado; en el punto donde se unen el río Pozo y el río Chambery el cauce es trezado, gracias no sólo a la

topografía sino también a que el cauce deposita gran cantidad de sedimentos en este tramo, y esta clasificación se mantiene hasta su desembocadura en el río Cauca.

Tabla 75. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca del río Pozo

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Pozo	Nacimiento - Vereda San Pablo	Confinado	1	1.08	0.20 - 0.15
	Vereda San Pablo - Salamina	Confinado	1	1.10	0.15 - 0.10
	Salamina - río Chambery	No confinado	3	1.24	0.08 - 0.06

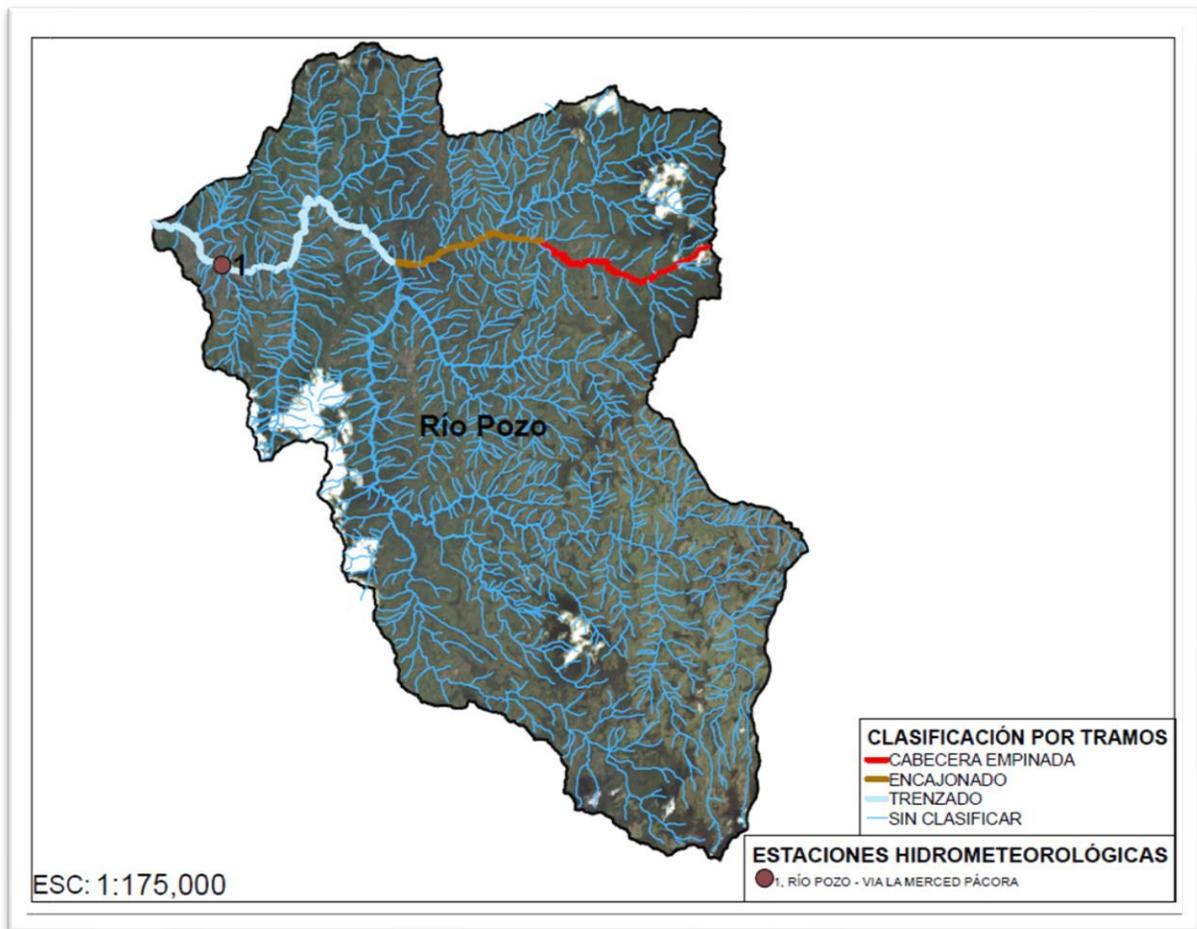


Figura 265. Clasificación cuenca del río Pozo

- Río Pácora:** La topografía de la cuenca del río Pácora es variada, como se puede ver en el mapa de la **Figura 266**. El río nace en la vereda Las Coles del Municipio de Pácora (Caldas) como un cauce de cabecera empinada, 2 kilómetros más adelante dentro de la misma vereda su clasificación cambia por un tramo encajonado. A la entrada del municipio de Pácora (Caldas) el río entra en un valle con llanuras de inundación ocasionales que se extiende hasta el sector de El Paraíso, donde nuevamente la topografía obliga al cauce a encajonarse; más adelante, en la vereda Viboral del municipio de Aguadas (Caldas) el cauce recorre un tramo corto con llanuras de inundación discontinuas en ambas márgenes, para luego nuevamente encajonarse hasta la vereda El Jordán; en este punto y a pesar de que la topografía es pronunciada el río se comporta como un cauce trezado hasta cercanías a la vereda California donde, una vez más, la topografía de la cuenca hace que el río sea encajonado hasta su desembocadura en el río Cauca.

Tabla 76. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca del río Pácora

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Pácora	Nacimiento - Vereda las Coles	Confinado	1	1.03	0.20 - 0.15
	Vereda las Coles - Pácora	Confinado	1	1.02	0.20 - 0.15
	Pácora - El Paraíso	Confinado	1	1.06	0.10 - 0.08
	El paraíso - El Viboral	Confinado	1	1.09	0.20 - 0.15
	El Viboral - El Jordán	Confinado	1	1.10	0.10 - 0.08
	El Jordán - California	No confinado	3	1.09	0.10 - 0.08
	California - Río Cauca	Confinado	1	1.16	0.08 - 0.04

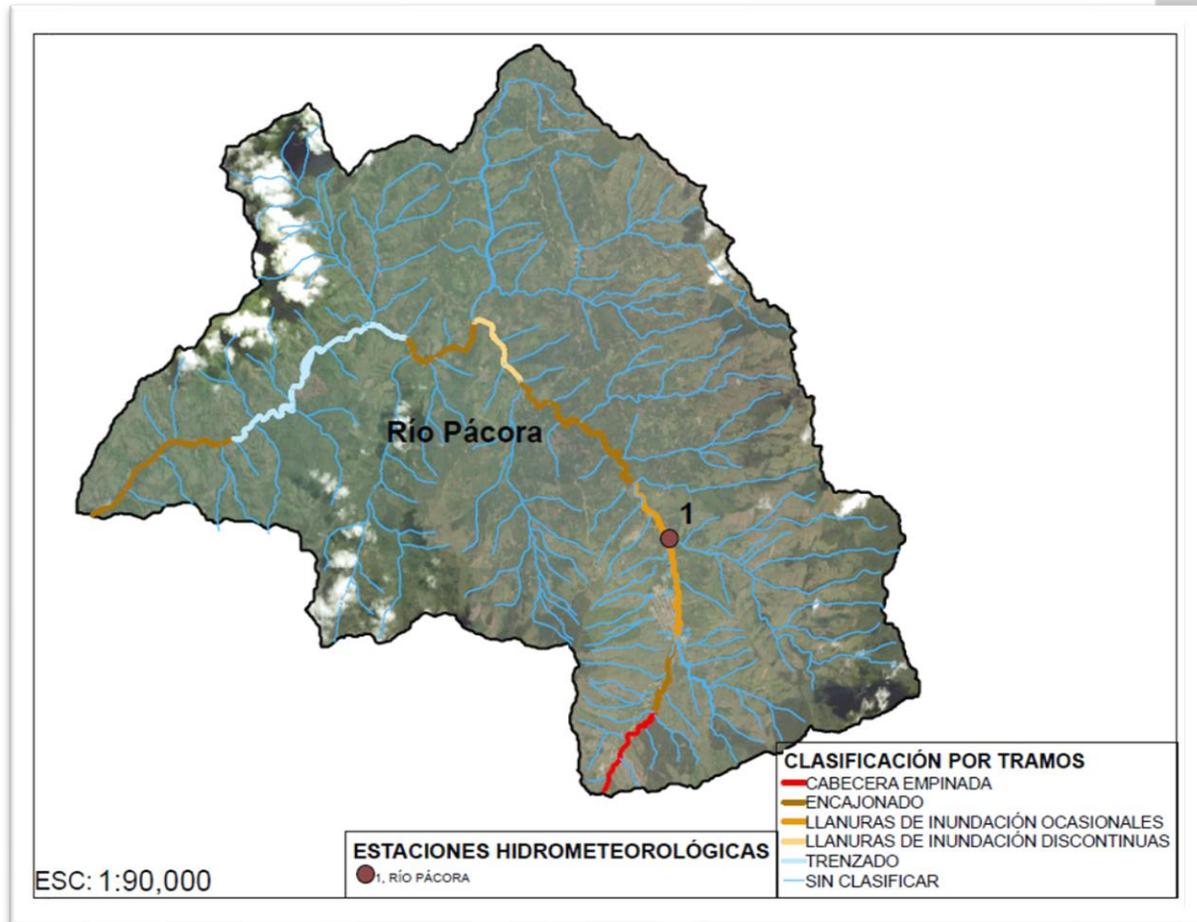


Figura 266. Clasificación cuenca del río Pácora

- Río Supía:** En la **Figura 267**, se encuentra la clasificación del río Supía, que se caracteriza por tener una cabecera empinada desde su nacimiento y hasta la vereda La Palma, donde el río se comporta como un cauce encajonado hasta su encuentro con la quebrada Estancias. A partir de este punto el cauce se abre un poco más y permite la formación de llanuras de inundación discontinuas hasta su entrada en el municipio de Supía; mientras recorre el municipio se puede decir que el cauce es trezado para luego encajonarse nuevamente desde la salida del municipio de Supía y hasta aproximadamente 2 km antes de su llegada al río Cauca; en estos últimos 2 km el río presenta nuevamente llanuras de inundación discontinuas.

Tabla 77. Parámetros de la clasificación por tramos - cuenca del río Supía

Río /Quebrada	Tramo	Tipo de valle	Número de canales	Sinuosidad	Rango de pendiente
Supía	Nacimiento - Vereda La Palma	Confinado	1	1.10	0.30 - 0.20
	Vereda La Palma - Q. estancias	Confinado	1	1.11	0.20 - 0.10
	Q. Estancias - Supía	Parcialmente confinado	1	1.08	0.08 - 0.06
	Supía	No confinado	1	1.15	0.06 - 0.04
	Supía - 2 km antes del río Cauca	Confinado	1	1.05	0.06 - 0.04
	Río Cauca	Confinado	1	1.14	0.04 - 0.02

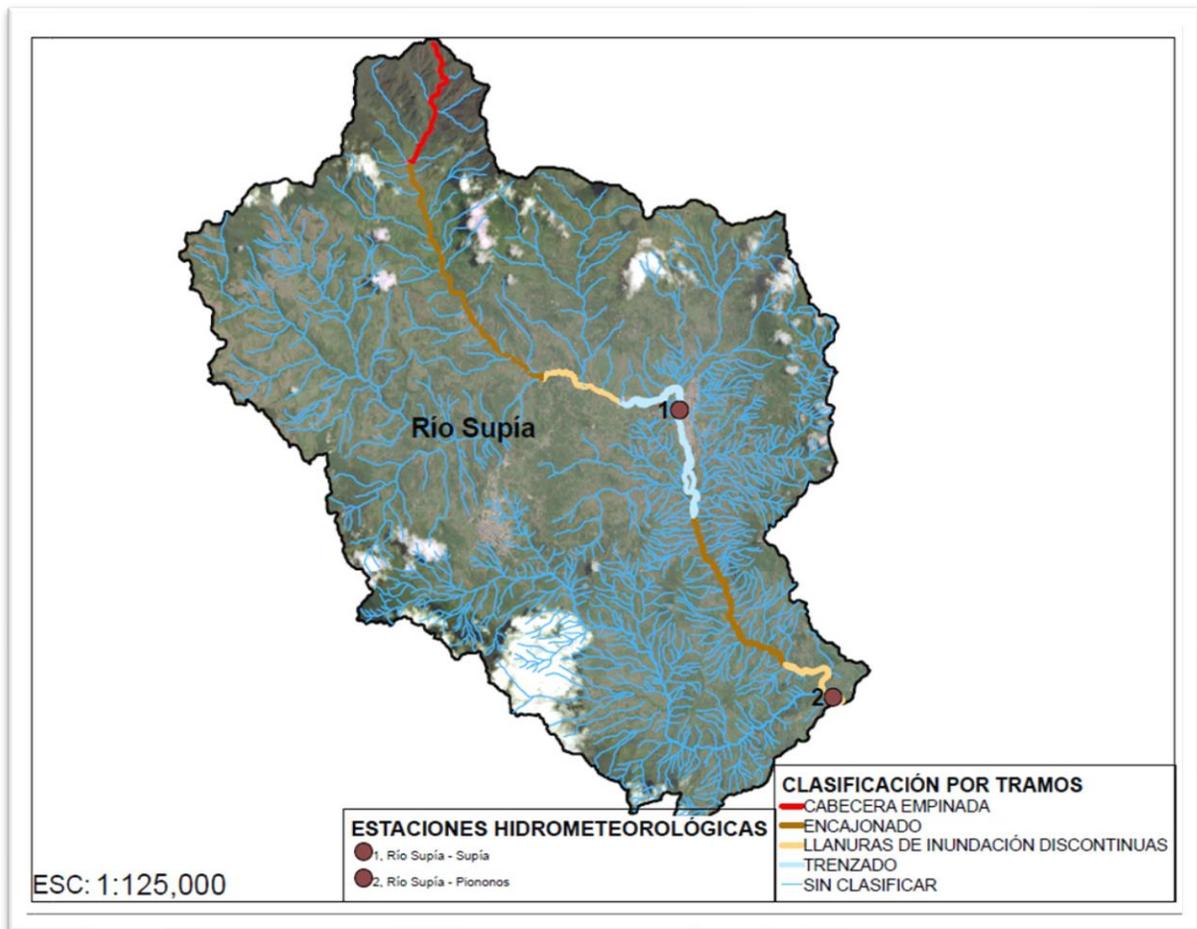


Figura 267. Clasificación cuenca del río Supía.

7. ANEXOS

ANEXO 1. Formatos para la realización de los aforos

ANEXO 2. Resultados de aforos

ANEXO 3. Registro fotográfico

8. REFERENCIAS

Davis, W. (1909). *The geographical cycle*. 14(5), 1–25.
papers2://publication/uuid/BB964727-ECD7-4494-AE34-D239FCB0FE85

Fryirs, Kirstie A., & Brierley, G. J. (2013). *geomorphic analysis of river systems* (1st ed.). Wiley-Blackwell.

Hersch, R. W. (2009). *Streamflow measurement*. Routledge.

Hidrólogo, I., Hidrometeorológica, E., Felipe Martínez Plata, J., Hidrometeorológica en Ciencias Técnicas, E., & de Grado Juan Felipe Martínez Plata, T. (n.d.). *PROPAGACIÓN DE ERRORES EN CÁLCULOS HIDROLÓGICOS CON CAUDALES OBTENIDOS CONSTRUIDAS CON UNA BAJA DENSIDAD EFRAÍN ANTONIO DOMÍNGUEZ CALLE*.

IDEAM. (2007). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua*. Imprenta Nacional de Colombia.

IDEAM. (2013). *Zonificación y Codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*.
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022655/022655.htm>

IDEAM, I. (2017). *Protocolo De Monitoreo Del Agua*. 65–86.
http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023773/PROTOCOLO_MONITOREO_AGUA_IDEAM.pdf

Leopold, L. B., & Maddock, T. J. (1953). The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. In *Professional Paper*.
<https://doi.org/10.3133/PP252>

Marbello Pérez, R. (2013). *MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE HIDRÁULICA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA*.

OMM. (2011). *Guía de prácticas hidrológicas: Vol. I* (Sexta). Organización Meteorológica Mundial.

Posada García, L. (1994). *Hidráulica fluvial: transporte de sedimentos*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad Nacional de Minas. Ingeniería civil.

Rosgen, D. L. (1994). A classification of natural rivers. *CATENA*, 22(3), 169–199.
[https://doi.org/10.1016/0341-8162\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0341-8162(94)90001-9)

Schumm, S. A. (1977). *The fluvial System*.

Shiklomanov, A. I., Yakovleva, T. I., Lammers, R. B., Karasev, I. P., Vörösmarty, C. J., & Linder, E. (2006). Cold region river discharge uncertainty-estimates from large Russian rivers. *Journal of Hydrology*, 326(1–4), 231–256.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.10.037>