



Alcaldía de
PEREIRA



EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PEREIRA SAS ESP
DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN TÉCNICA
DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD HIDRICA



SEGURIDAD HIDRICA

- PARTE 1: Actualización Balance Hídrico
- PARTE 2 : Análisis de Fuentes Alternas

Pereira, Septiembre 3 de 2024

Oscar Jiménez Pérez.
Adalberto Arroyave G.



ALCANCES DEL PROYECTO

ACTUALIZACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

- Actualización del modelo hidrológico
- Análisis de la demanda hídrica

- Oferta hídrica
- Demanda actual y futura

ANÁLISIS DE FUENTES ALTERNATIVAS

- Análisis de fuentes alternativas de abastecimiento de aguas superficiales
- Análisis de fuentes alternativas de abastecimiento de aguas subterráneas

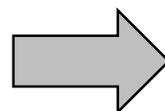
- Calidad de aguas superficiales
- Caracterización de sedimentos
- Regla de operación de embalses
- Caracterización hidrogeológica
- Caracterización isotópica
- Calidad del agua subterránea



Estudio de balance hídrico

Balances hídricos - actualizaciones

- 1998
- 2003
- 2008
- 2013
- 2018
- 2023



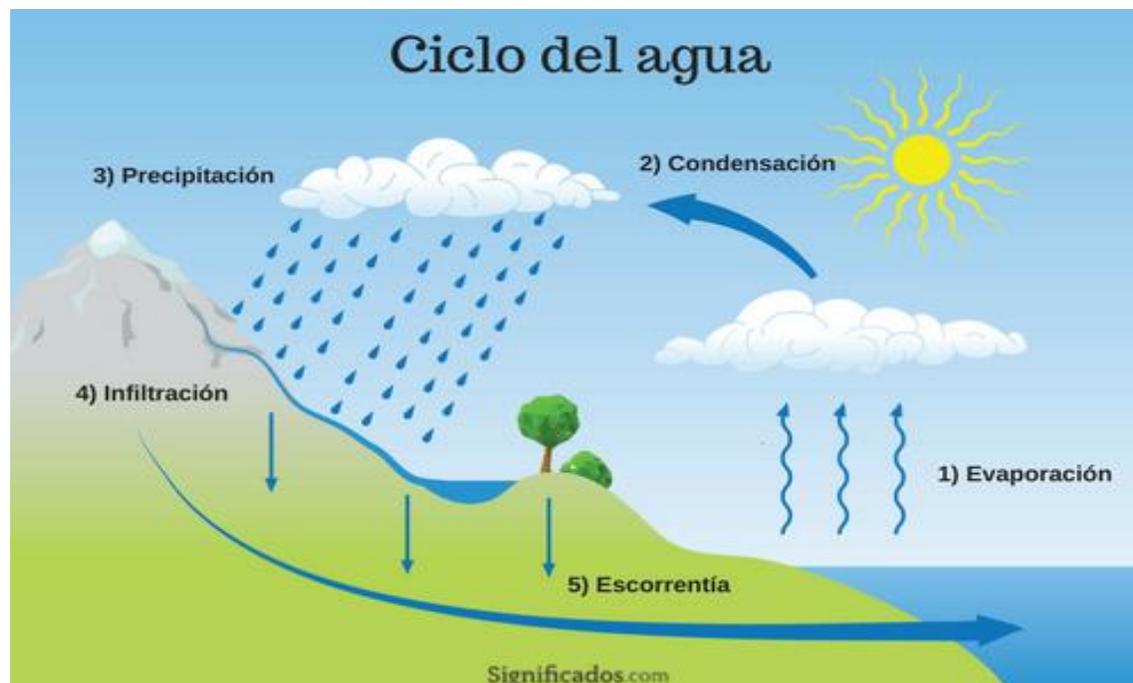
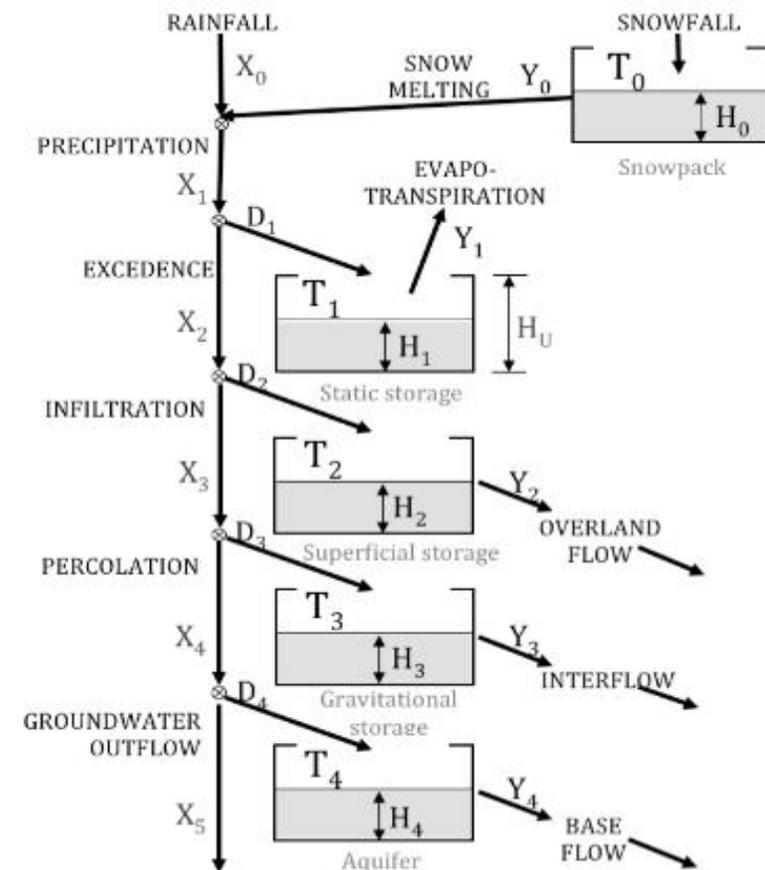
Entidades Involucradas:

Aguas y Aguas de Pereira, E.S.Ps., CARDER, UTP, CENICAFE, Alcaldías



Actualización del modelo hidrológico

Esquema conceptual de conexión vertical del Modelo TETIS



- Actualización del modelo TETIS
- Calibración y validación del modelo
- Predicción de series de caudales

ESCENARIOS

- **Optimista:** Aumenta la lluvia en 10%
- **Tendencial:** Se mantienen condiciones actuales
- **Pesimista:** Disminuye la lluvia en 10% y aumenta evaporación en 5%



Actualización del modelo hidrológico

OFERTA HÍDRICA TOTAL

Es el agua que fluye por la superficie del suelo, que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lénticos

Para efectos del balance se estima como el Q95, es decir, el caudal que mantiene la corriente el 95% del tiempo

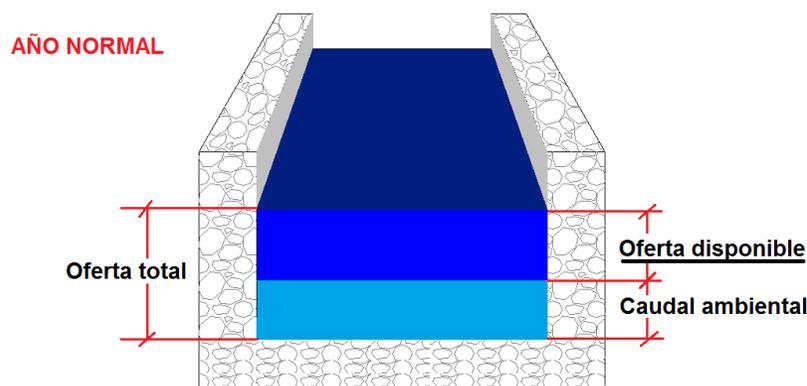
CAUDAL AMBIENTAL

Volumen de agua que garantizaría el uso para el funcionamiento de los ecosistemas y de los sistemas fluviales, y un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas

OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE

Volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la oferta hídrica total superficial el volumen de caudal ambiental

Se estima como Q95 – Q amb, siendo una condición crítica recurrente





Actualización del modelo hidrológico

CAUDALES MÍNIMOS

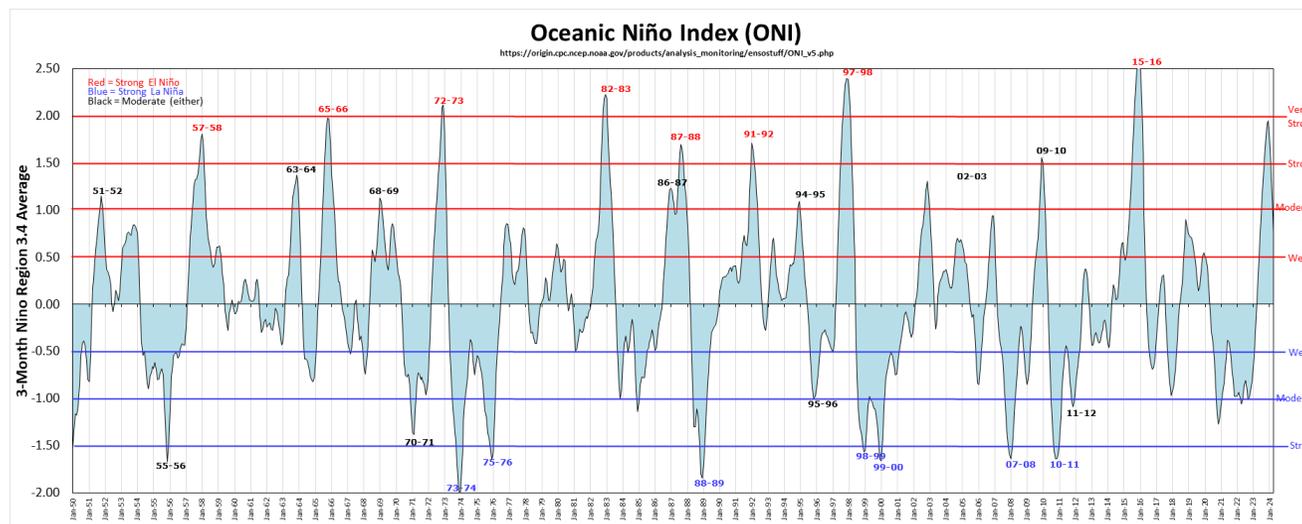
Con la estimación de caudales extremos mínimos se definen los periodos de contingencia que pueden tener los sistemas de abastecimiento

Se asocian a un periodo de recurrencia y significa que, estadísticamente, podrían ocurrir dentro de dicho periodo

Qmin Tr 10 años: Caudal mínimo asociado a un periodo de retorno de 10 años, es decir, que en un periodo de 10 años este sería estadísticamente el menor caudal de la corriente

¿Por qué seleccionar 10 años?

Se espera que en un periodo de 10 años haya un evento El Niño de magnitud fuerte, por tanto, este caudal puede estar relacionado con dicha condición





Actualización del modelo hidrológico

Bocatoma Nuevo Libaré

Bocatoma Nuevo Libare - Pereira			
Caudal Oferta	Tendencial	Pesimista	Optimista
Caudal Medio [m ³ /s]*	13.930	11.953	15.942
Caudal Ambiental [m ³ /s]	1.830 (**)	1.830 (**)	1.830 (**)
Oferta Media Disponible [m ³ /s]	12.100	10.123	14.082
Caudal concesión [m ³ /s]	2.350	2.350	2.350
Oferta hídrica total → Q95 [m ³ /s]	5.150	4.318	5.837
Oferta hídrica disponible → Q95 - Qamb [m ³ /s]	3.220	2.488	3.977
Oferta hídrica total → Qmin Tr 10 [m ³ /s]	3.099	2.524	3.515
Oferta hídrica disponible → Qmin Tr 10 años - Qamb [m ³ /s]	1.269	0.694	1.655

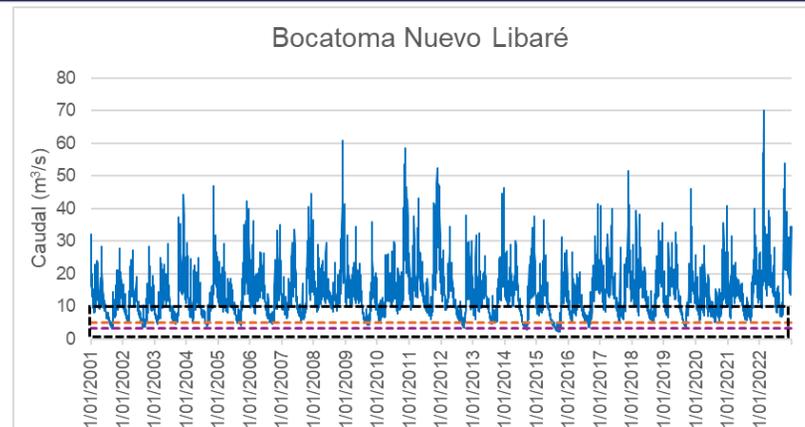
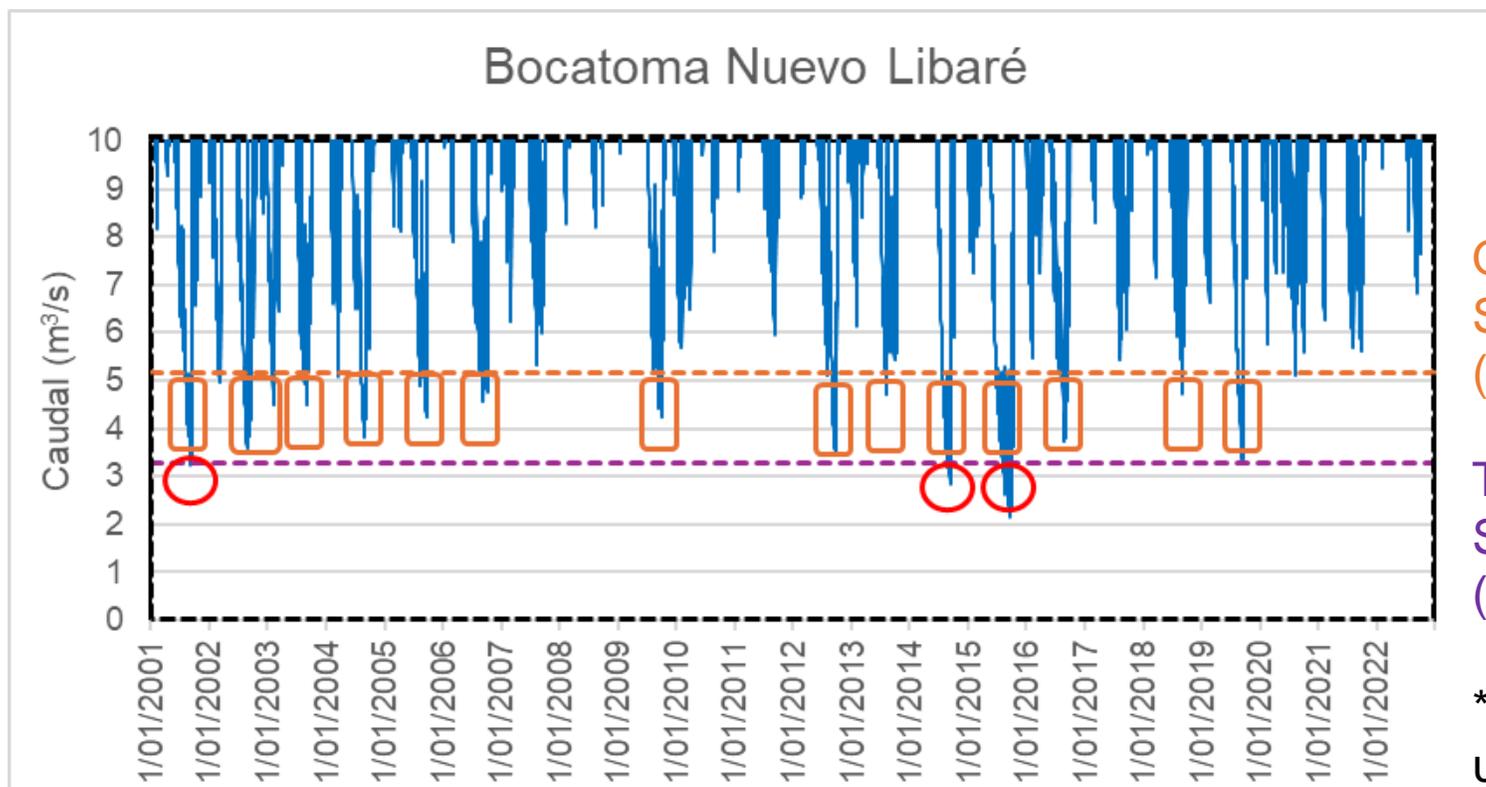
(*) Calibración con información IDEAM, mediciones directas en Bocatoma indican Q medio de 11.95 m³/s

(**) Caudal propuesto por CARDER



Actualización del modelo hidrológico

Bocatoma Nuevo Libaré



$Q_{95} = 5.15 \text{ m}^3/\text{s}$

Se tiene caudales menores en 15 años (27 días en promedio)

$Tr_{10} = 3.09 \text{ m}^3/\text{s}$

Se tienen caudales menores en 3 años (17 días en promedio)

* En septiembre 21 de 2023 se presentó un caudal en bocatoma de 3.35 m³/s.



Escenario de proyección de demanda

ESCENARIOS

- **Optimista:** Método creciente
- **Tendencial:** Método creciente
- **Pesimista:** Método exponencial

Tendencial:

- Dotación neta y pérdidas constantes
- Demanda comercial incrementa 1,3% anual
Demanda oficial incrementa 1,4% anual
Demanda industrial incrementa 1,2% anual

Pesimista:

- Dotación neta incrementa lineal hasta 140 l/hab/día
- IANC aumenta en 0,15% anual hasta 2035
- Demanda comercial incrementa 1,5% anual
Demanda oficial incrementa 1,5% anual
Demanda industrial incrementa 1,4% anual

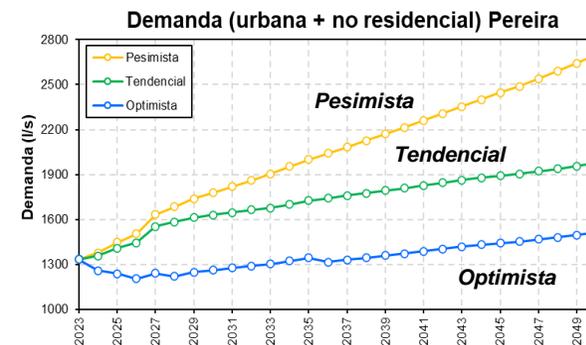
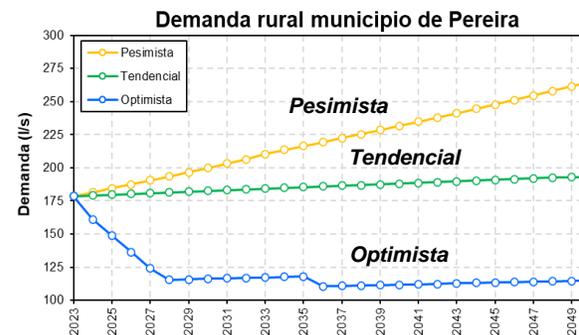
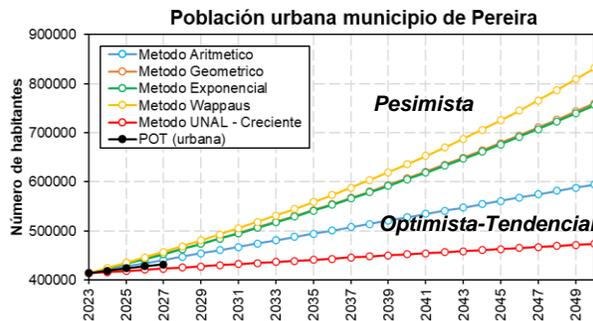
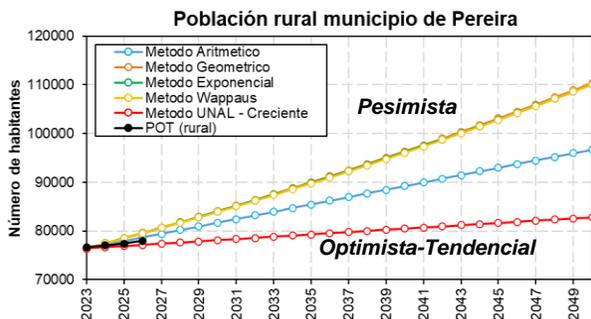
Optimista:

- Dotación neta disminuye al 80% de la actual
- IANC disminuye hasta el 30%
- Demanda comercial incrementa 1,0% anual
Demanda oficial incrementa 1,2% anual
Demanda industrial incrementa 1,0% anual



Escenario de proyección de demanda

Municipio de Pereira



Año	Población rural residencial – Pereira		
	Pesimista	Tendencial	Optimista
2023	76.421	76.421	76.421
2027	80.667	77.386	77.386
2035	89.880	79.297	79.297
2050	110.084	82.816	82.816
Año	Población urbana residencial – Pereira		
2023	414.043	414.043	414.043
2027	452.724	423.224	423.224
2035	541.265	441.281	441.281
2050	756.598	474.072	474.072

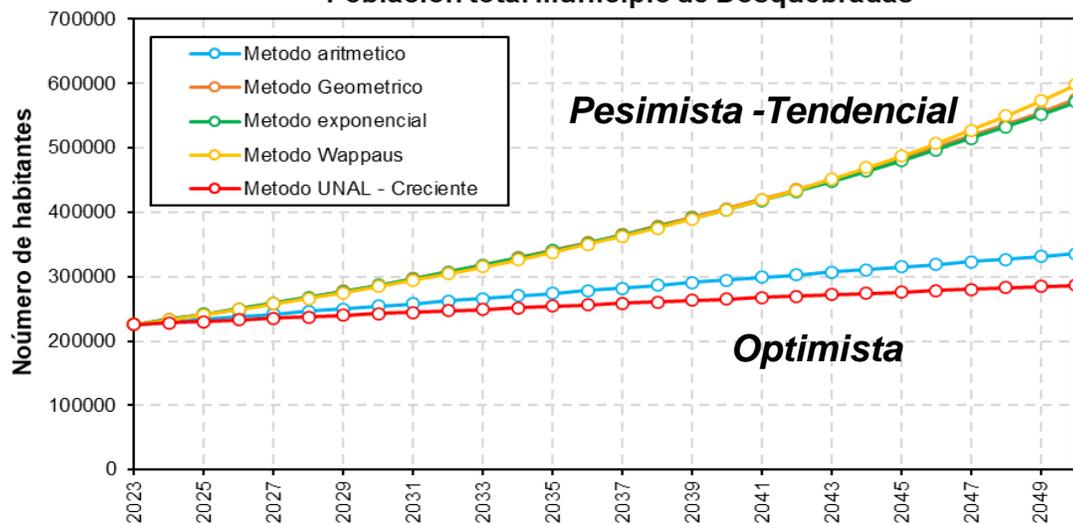
Año	Demanda rural (l/s)– Pereira		
	Pesimista	Tendencial	Optimista
2023	179	179	179
2027	190	124	181
2035	216	118	185
2050	265	115	194
Año	Demanda (urbana + no residencial) (l/s)– Pereira		
2023	1.335	1.335	1.335
2027	1.635	1.242	1.554
2035	2.000	1.346	1.725
2050	2.699	1.515	1.977



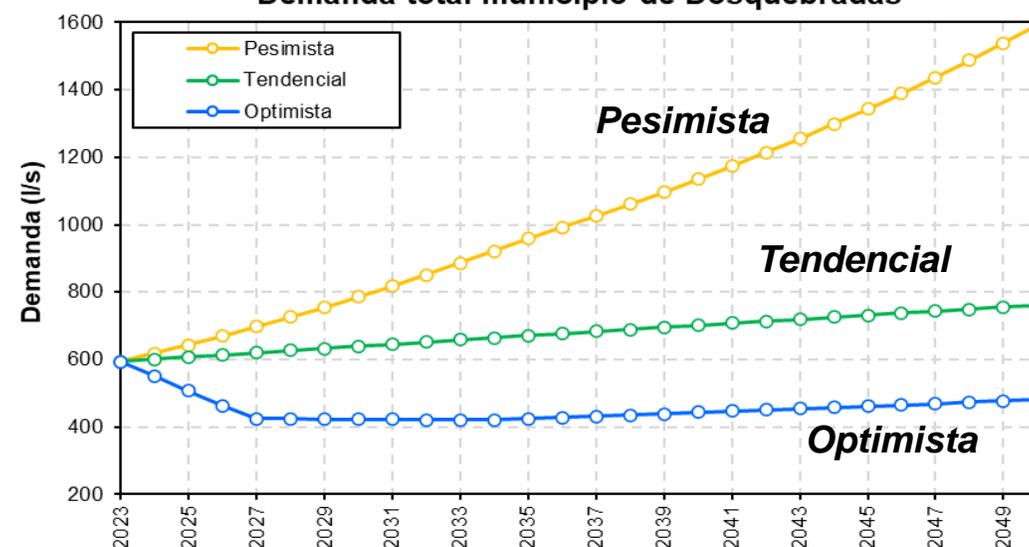
Escenario de proyección de demanda

Municipio de Dosquebradas

Población total municipio de Dosquebradas



Demanda total municipio de Dosquebradas



Población residencial – Dosquebradas

Año	Población residencial – Dosquebradas		
	Pesimista	Tendencial	Optimista
2023	225.540	225.540	225.540
2027	258.488	235.205	235.205
2035	340.073	253.901	253.901
2050	571.345	286.791	286.791

Demanda total (l/s) – Dosquebradas

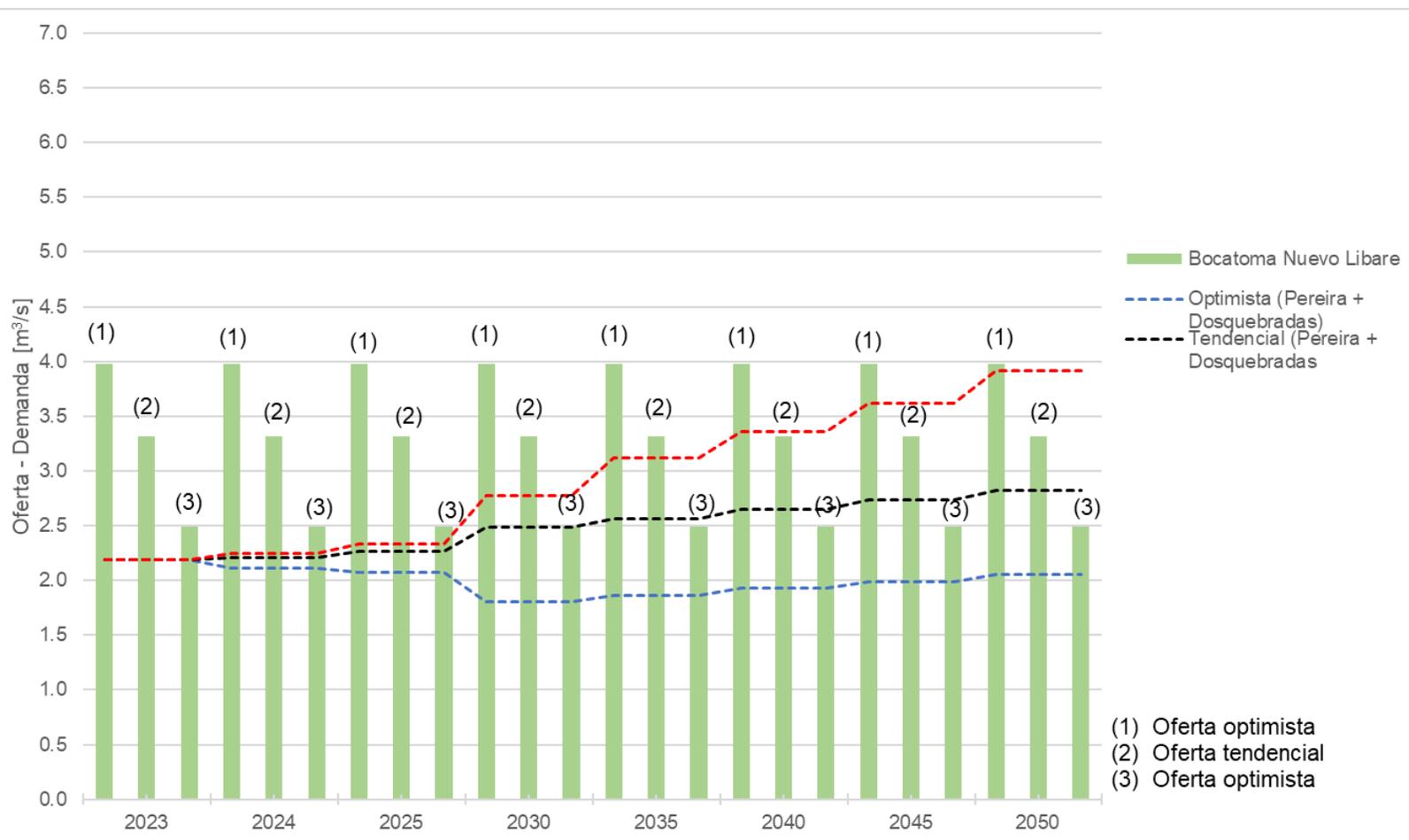
Año	Demanda total (l/s) – Dosquebradas		
	Pesimista	Tendencial	Optimista
2023	594	594	594
2027	697	620	424
2035	959	671	424
2050	1.592	761	480



Proyección del balance hídrico, río Otún

PEREIRA + DOSQUEBRADAS

Oferta estimada como Q95 - Qamb



- Para los escenarios pesimistas se requieren fuentes nuevas desde el año 2030
- Para los escenarios tendenciales se cumple con la demanda
- En promedio, se tienen años con una oferta menor durante 27 días
- En septiembre de 2023 se presentó un caudal de 3.35 m³/s

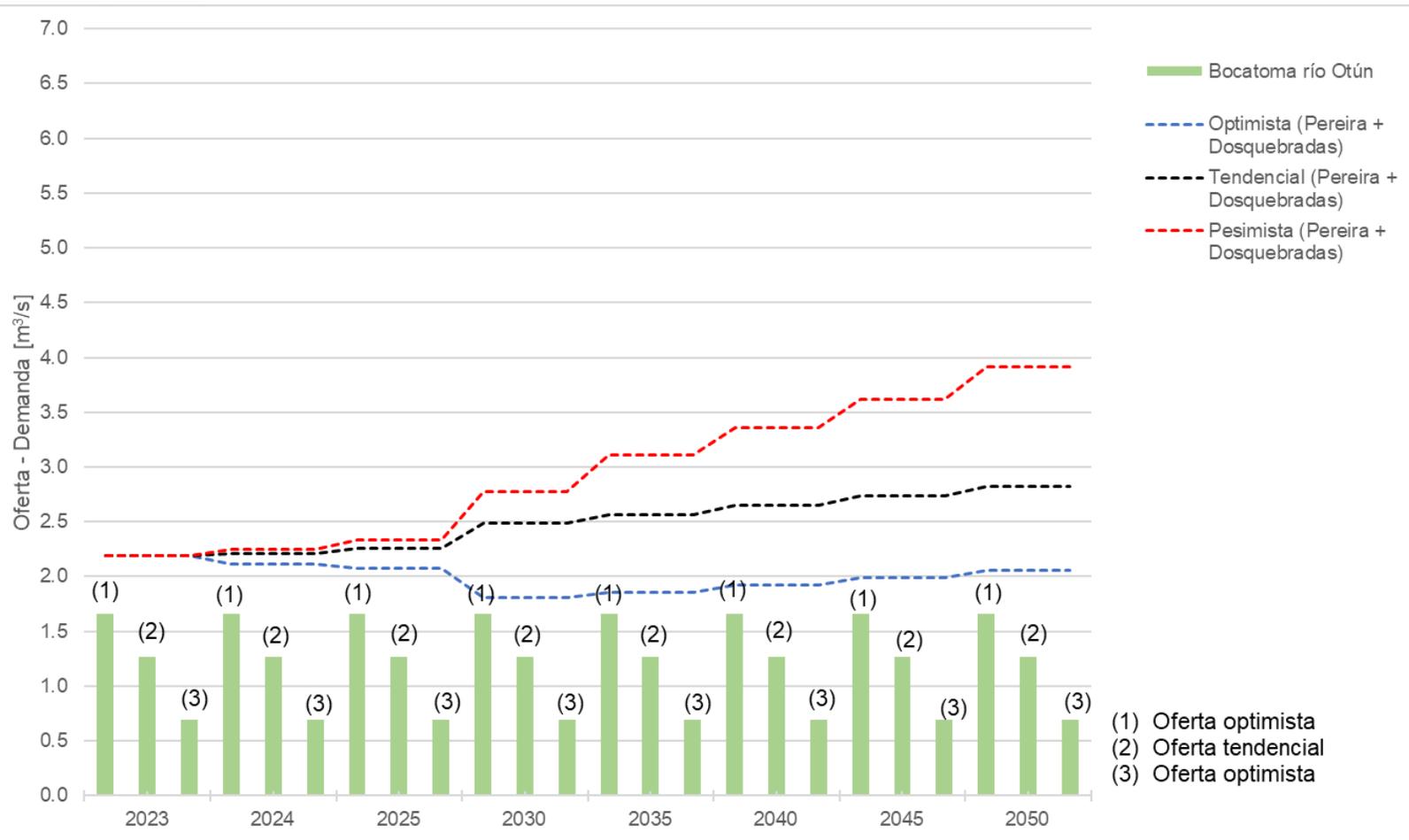


Proyección del balance hídrico

PEREIRA + DOSQUEBRADAS

Oferta estimada como $Q_{TR10} - Q_{amb}$

- No es posible satisfacer la demanda conjunta en estas condiciones





PARTE 2:

ANÁLISIS DE FUENTES ALTERNATIVAS

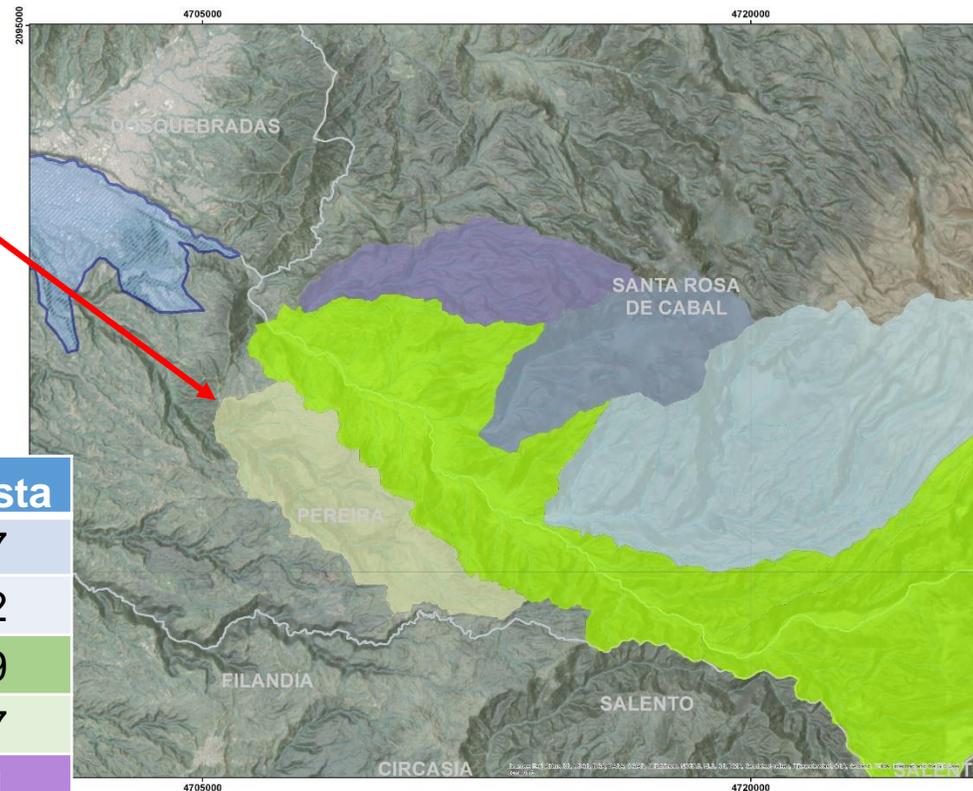
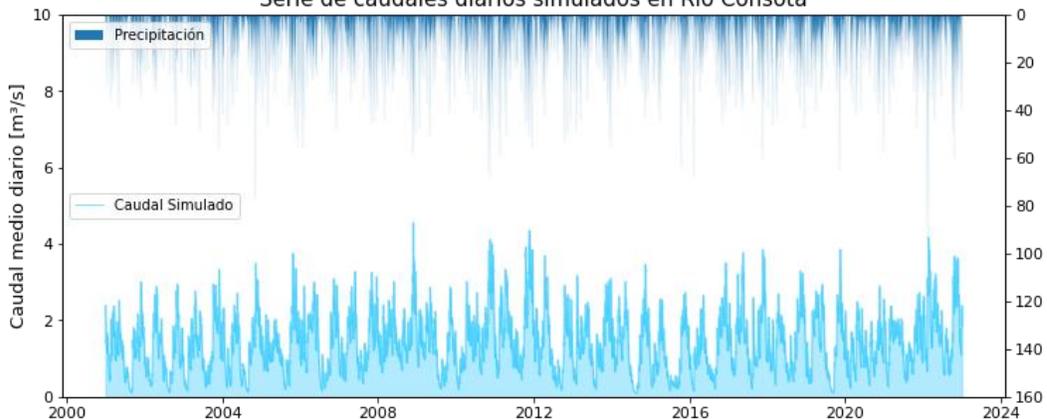




Oferta en fuentes alternativas-Pereira

Río Consota – Confluencia con la quebrada Mesa

Serie de caudales diarios simulados en Río Consota



ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DE LOS MUNICIPIOS DE PEREIRA, DOSQUEBRADAS, CARTAGO, LA VIRGINIA, MARSELLA Y SANTA ROSA DE CABAL

CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Modelo Digital de Elevación (m)
Alto: 4957
Bajo: 855

0 0.75 1.5 3 4.5 Km
1:55,000

Legenda

Red Hídrica
Drenajes Sencillo (blue line) Drenaje Doble (thick blue line)

CUENCAS

- CabeceraMunicipal_Pereira (blue hatched)
- Bocatoma Nuevo Libare - Río Otún (yellow)
- Quebrada Volcanes (purple)
- Río Barbo (light blue)
- Río Consota Mesa (light green)
- Río Otún Cedral (green)
- Río San Juan (dark blue)

Sistema de Coordenadas MAGNA Sirgas - Origen Nacional

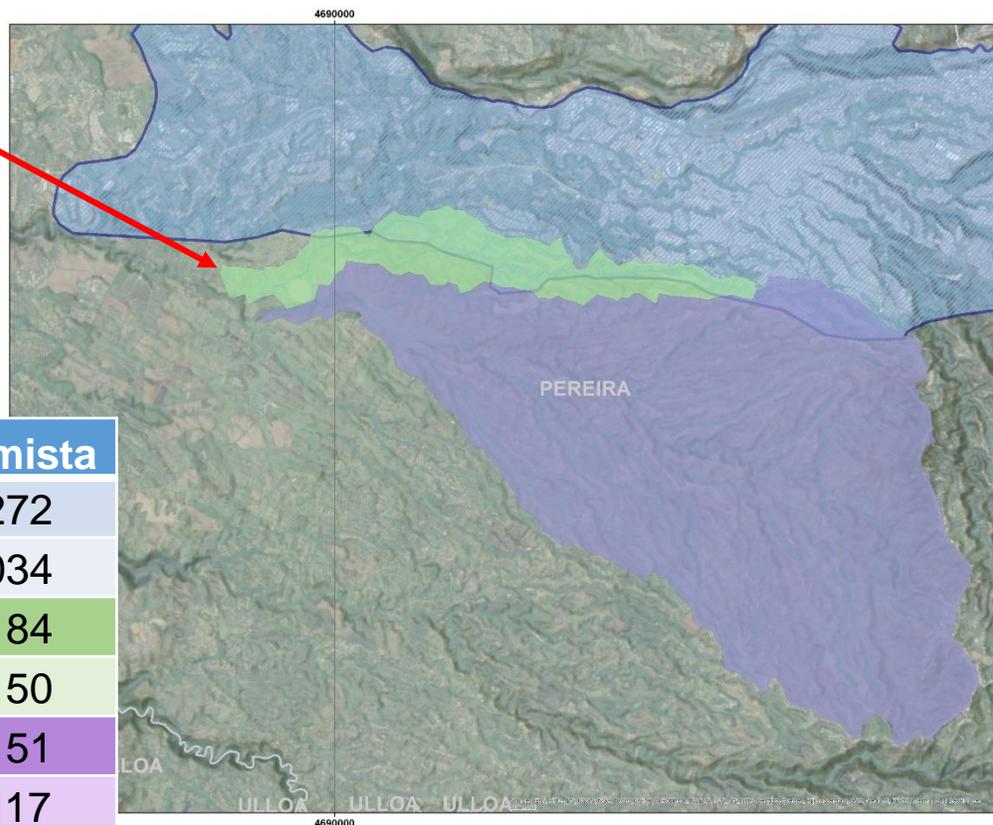
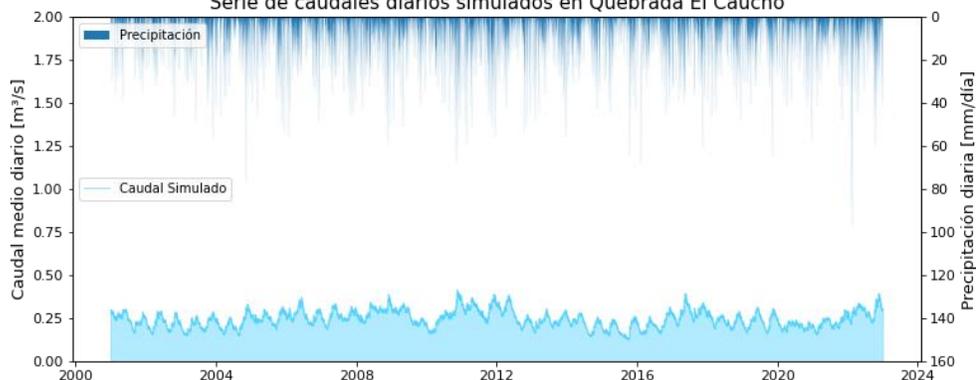
Caudal Oferta	Tendencial	Pesimista	Optimista
Q Medio [m³/s]	1.434	1.244	1.597
Q Ambiental [m³/s]	0.034	0.026	0.042
Q95 [m³/s]	0.316	0.246	0.359
Q95 - Qamb [m³/s]	0.282	0.221	0.317
Qmin Tr 10 [m³/s]	0.078	0.054	0.081
Qmin - Qamb [m³/s]	0.044	0.028	0.038



Oferta en fuentes alternativas-Pereira

Quebrada El Caucho

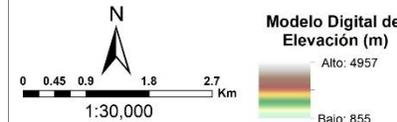
Serie de caudales diarios simulados en Quebrada El Caucho



ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DE LOS MUNICIPIOS DE PEREIRA, DOSQUEBRADAS, CARTAGO, LA VIRGINIA, MARSELLA Y SANTA ROSA DE CABAL



CUENCAS HIDROGRÁFICAS



Leyenda

Red Hídrica
 — Drenajes Sencillo ■ Drenaje Doble

CUENCAS

- Cabecera Municipal Pereira
- Quebrada La Cristalina - El Caucho
- Quebrada El Caucho

Sistema de Coordenadas: MAGNA Sirgas - Origen Nacional

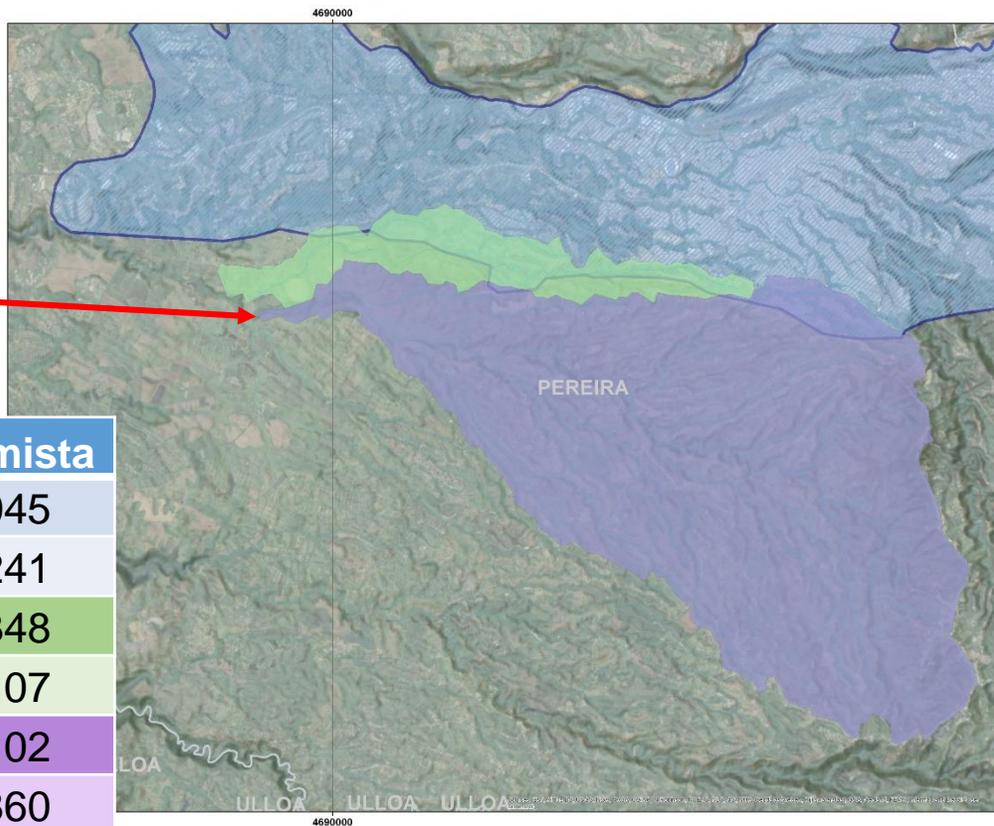
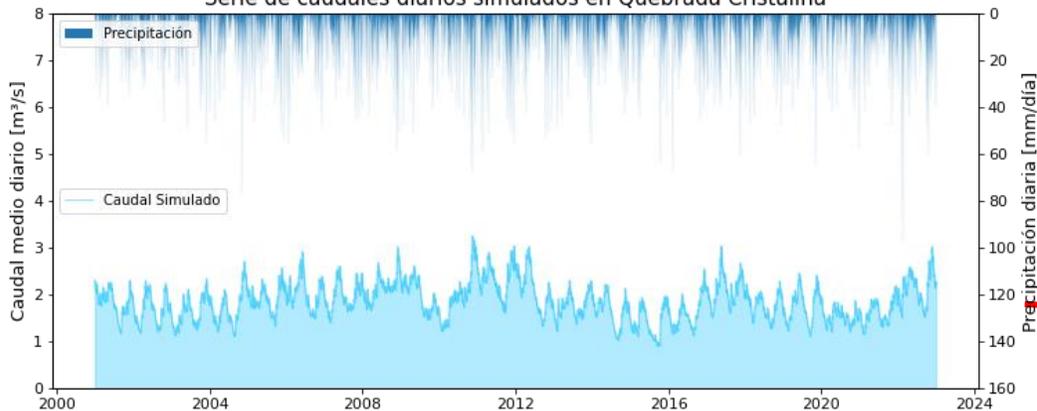
Caudal Oferta	Tendencial	Pesimista	Optimista
Q Medio [m³/s]	0.245	0.208	0.272
Q Ambiental [m³/s]	0.024	0.020	0.034
Q95 [m³/s]	0.168	0.137	0.184
Q95 - Qamb [m³/s]	0.144	0.117	0.150
Qmin Tr 10 [m³/s]	0.146	0.113	0.151
Qmin - Qamb [m³/s]	0.122	0.093	0.117



Oferta en fuentes alternativas-Pereira

Quebrada La Cristalina-Caucho

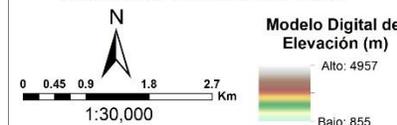
Serie de caudales diarios simulados en Quebrada Cristalina



ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DE LOS MUNICIPIOS DE PEREIRA, DOSQUEBRADAS, CARTAGO, LA VIRGINIA, MARSELLA Y SANTA ROSA DE CABAL



CUENCAS HIDROGRÁFICAS



Leyenda

Red Hídrica
 — Drenajes Sencillo ■ Drenaje Doble

CUENCAS

 Cabecera Municipal Pereira
 Quebrada La Cristalina - El Caucho
 Quebrada El Caucho

Sistema de Coordenadas: MAGNA Sirgas - Origen Nacional

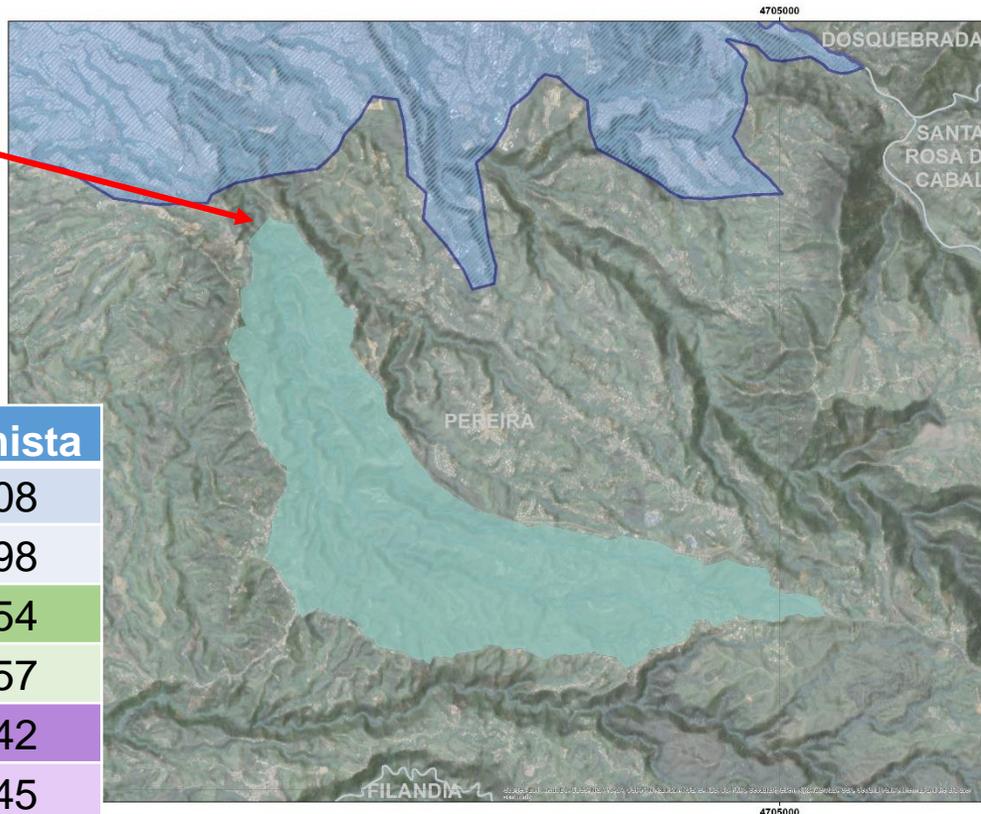
Caudal Oferta	Tendencial	Pesimista	Optimista
Q Medio [m³/s]	1.853	1.583	2.045
Q Ambiental [m³/s]	0.206	0.174	0.241
Q95 [m³/s]	1.248	1.020	1.348
Q95 - Qamb [m³/s]	1.042	0.845	1.107
Qmin Tr 10 [m³/s]	1.057	0.837	1.102
Qmin - Qamb [m³/s]	0.851	0.663	0.860



Oferta en fuentes alternativas-Pereira

Quebrada Tinajas (Cundina)

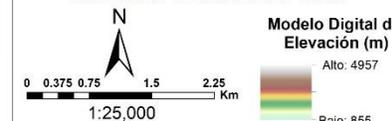
Serie de caudales diarios simulados en Quebrada Tinajas



ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DE LOS MUNICIPIOS DE PEREIRA, DOSQUEBRADAS, CARTAGO, LA VIRGINIA, MARSELLA Y SANTA ROSA DE CABAL



CUENCAS HIDROGRÁFICAS



Leyenda

Red Hídrica
 — Drenajes Sencillo ■ Drenaje Doble

CUENCAS

▨ Cabecera Municipal Pereira
 ■ Quebrada Tinajas

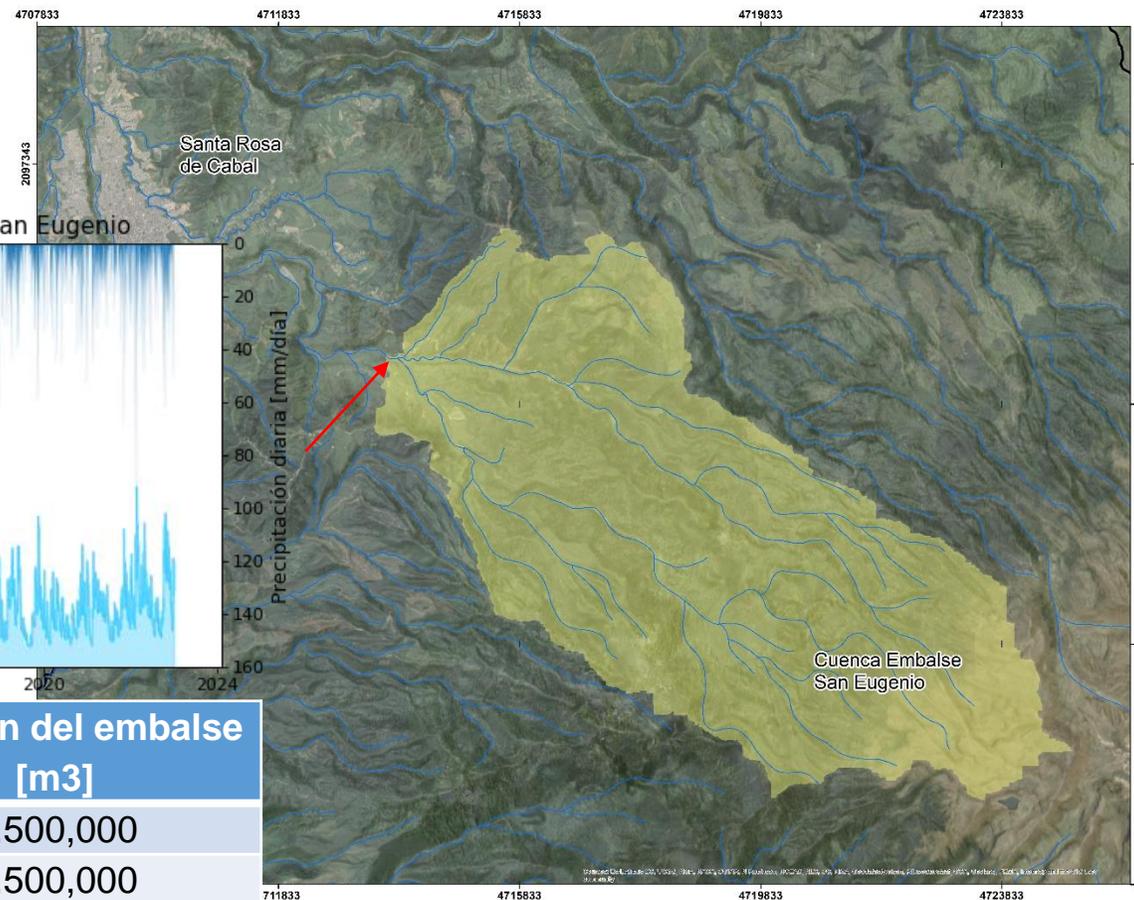
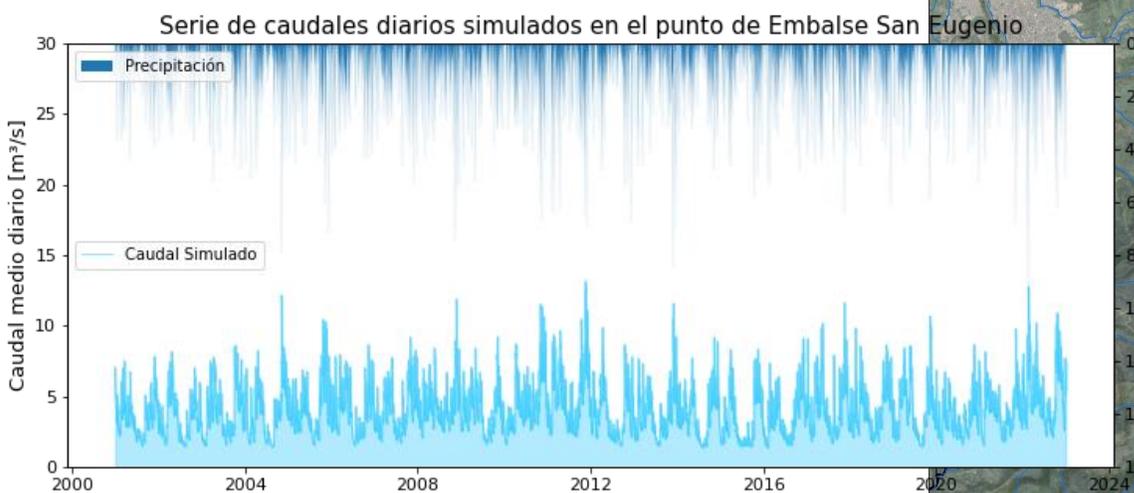
Sistema de Coordenadas: MAGNA Sirgas - Origen Nacional

Caudal Oferta	Tendencial	Pesimista	Optimista
Q Medio [m³/s]	0.731	0.622	0.808
Q Ambiental [m³/s]	0.063	0.056	0.098
Q95 [m³/s]	0.512	0.416	0.554
Q95 - Qamb [m³/s]	0.449	0.360	0.457
Qmin Tr 10 [m³/s]	0.440	0.337	0.442
Qmin - Qamb [m³/s]	0.377	0.280	0.345



Embalse San Eugenio-(Santa Rosa-Dosquebradas-Pereira -La Virginia)

Especificaciones del Sitio de embalse No.3. Fuente: CARDER (1998)



ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DE LOS MUNICIPIOS DE PEREIRA, DOSQUEBRADAS, CARTAGO, LA VIRGINIA, MARSELLA Y SANTA ROSA DE CABAL

CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Modelo Digital de Elevación (m)
Alto: 4957
Bajo: 655

1:38,000

Leyenda

Red Hídrica
Drenajes Sencillo (blue line) Drenaje Doble (thick blue line)

CUENCAS

Cuenca Embalse San Eugenio (yellow)

Limite Administrativo
Área de Estudio (white box)

Sistema de Coordenadas: MAGNA Sirgas - Origen Nacional

Altura de Presa [m]	Área superficial del embalse [m2]	Volumen del embalse [m3]
30	300,000	4,500,000
40	350,000	7,500,000

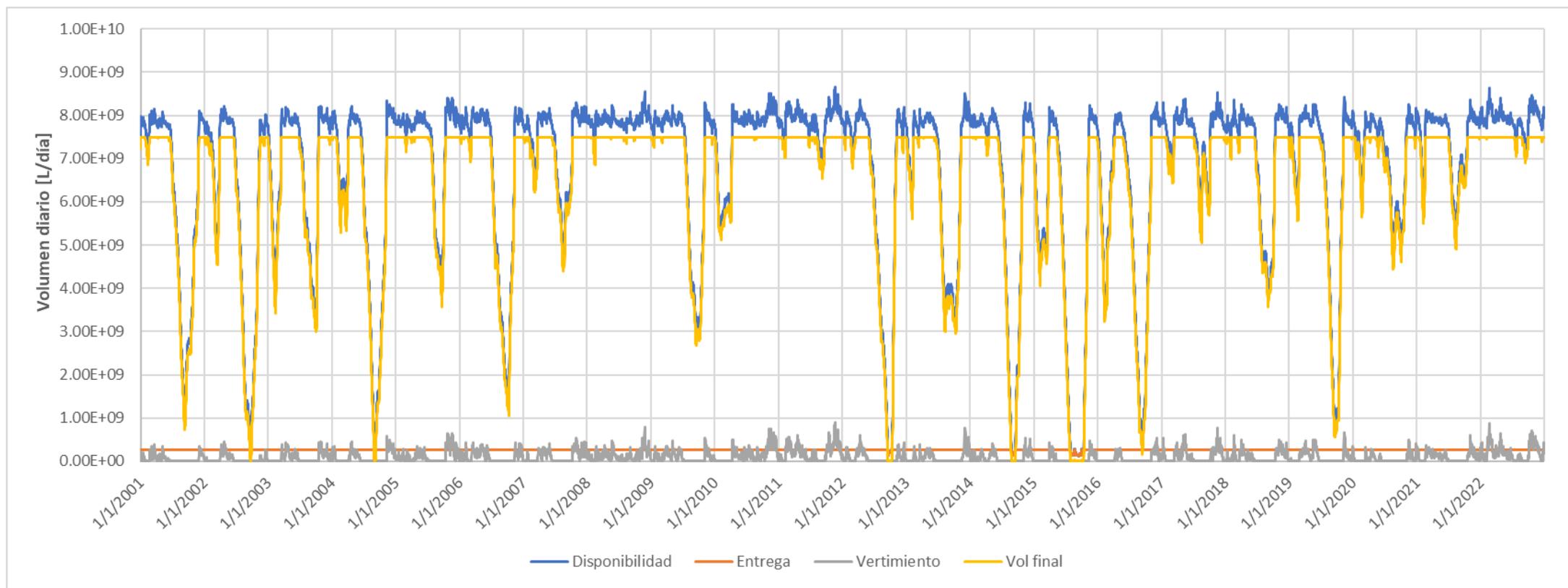


Embalse San Eugenio

SERIE DE REGULACIÓN DEL EMBALSE

Q = 3.0 m³/s

Confiabilidad 95%

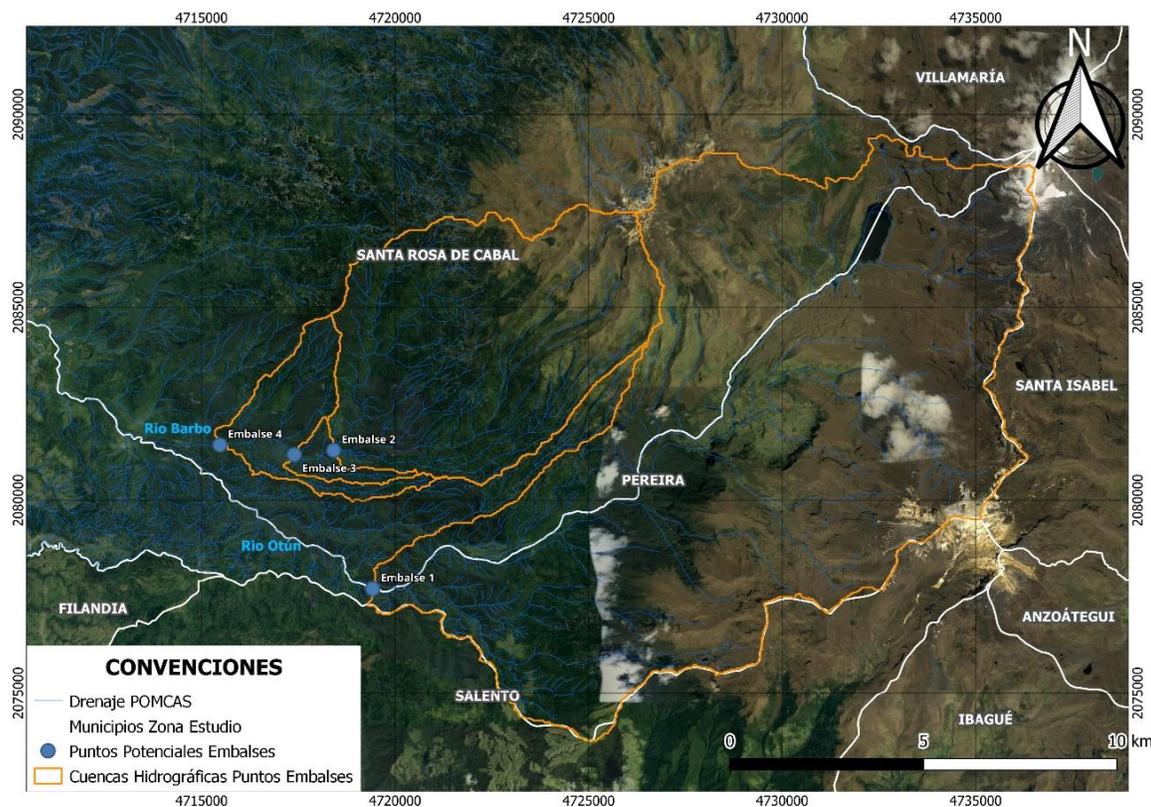




Embalses de regulación en río Otún

Solo abastecimiento

Tiempo de vaciado para poder suministrar el déficit identificado en 2023 y 2050



	Volumen (m ³)	Caudal (m ³ /s)	Días
Otún – El Cedral	192.659	0,08	27
Barbo arriba	91.482	0,04	27
Barbo medio	374.552	0,16	27
Barbo abajo	531.480	0,23	27
TOTAL	1'190.173	0,509	

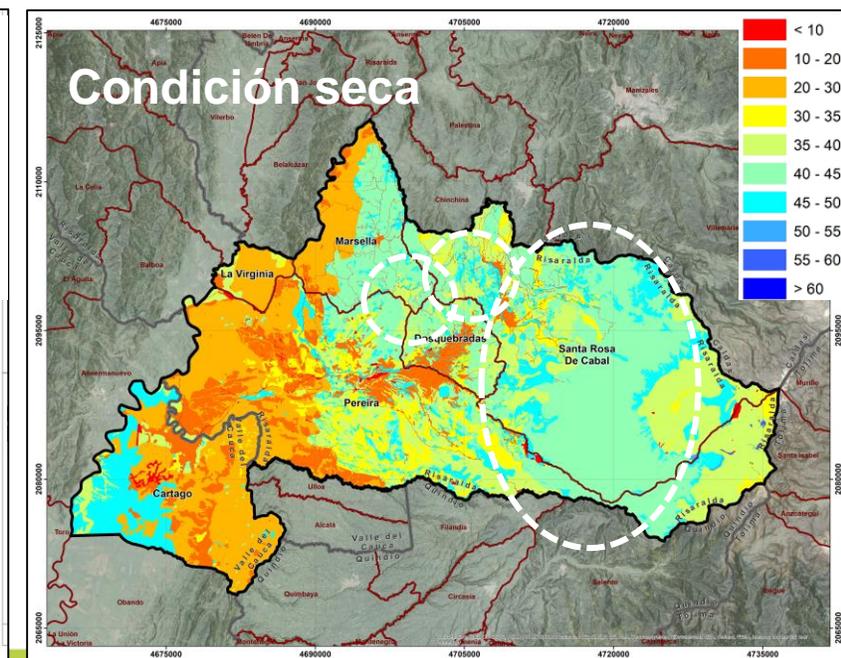
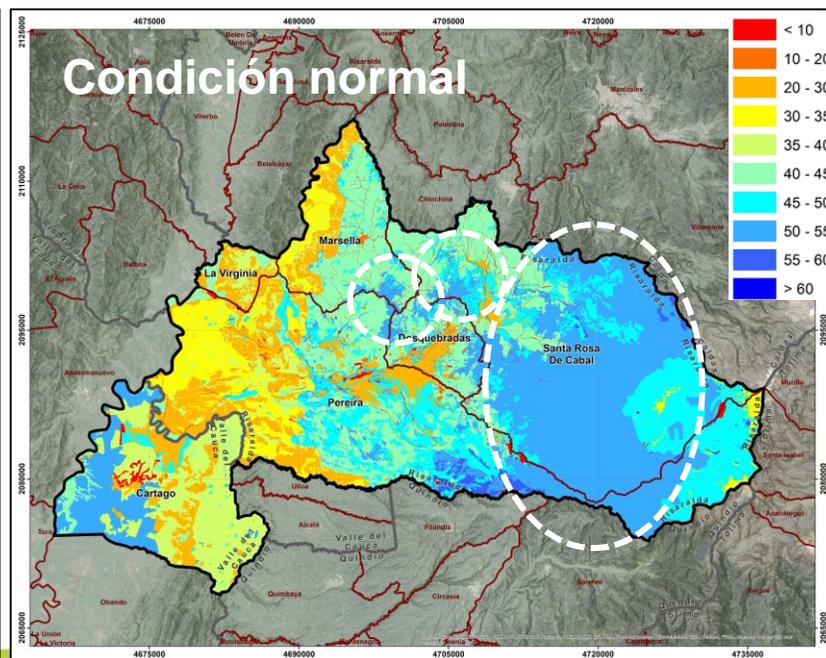
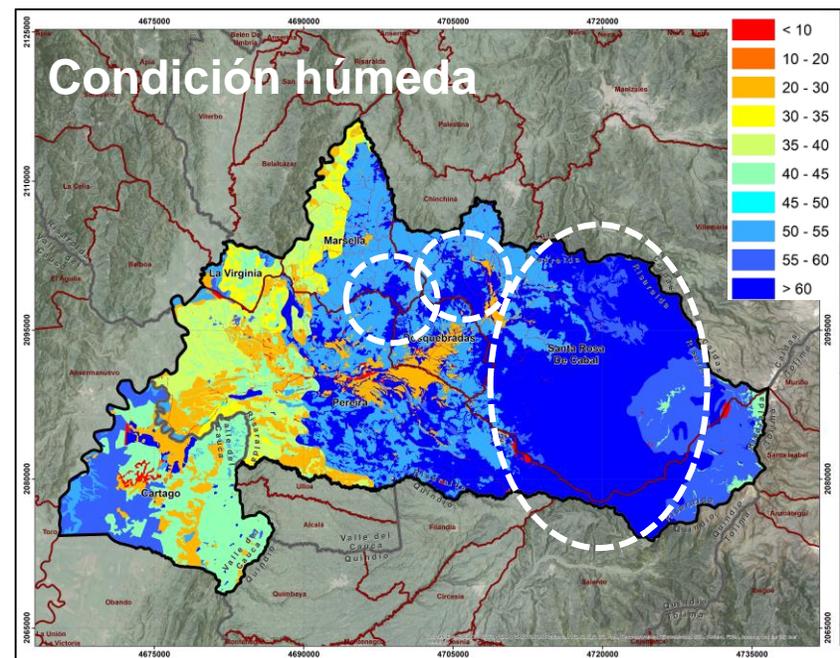
	Volumen (m ³)	Caudal (m ³ /s)	Días
Otún – El Cedral	192.659	0,18	12
Barbo arriba	91.482	0,09	12
Barbo medio	374.552	0,36	12
Barbo abajo	531.480	0,50	12
TOTAL	1'190.173	1,129	



Recarga de agua subterráneas

De acuerdo con los análisis isotópicos, la altura de recarga estimada para el agua subterránea, se sitúa aproximadamente entre 2200 – 2700 m.s.n.m.

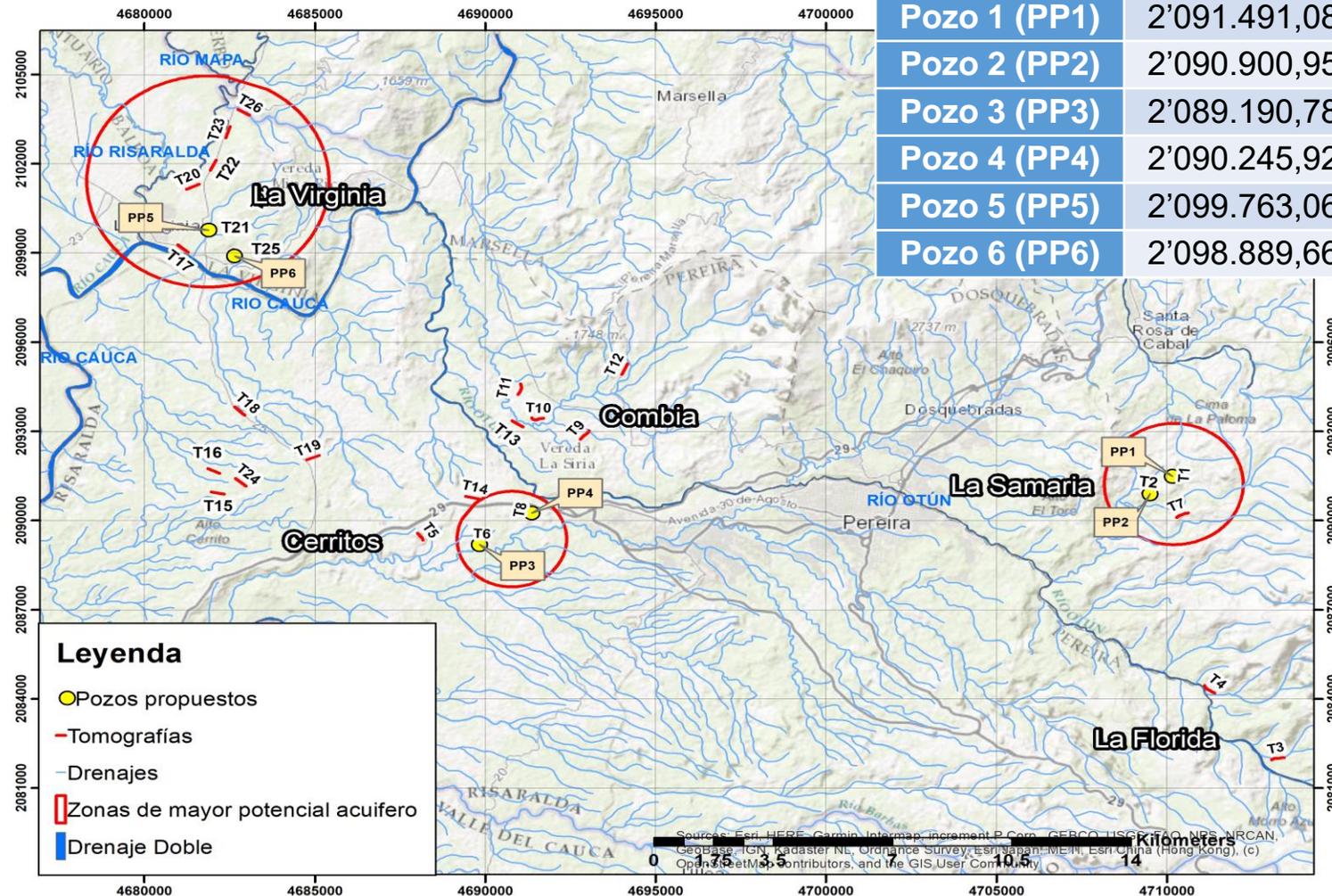
Período	Condición hidrológica	P (mm/año)
2010 – 2019	Media multianual	2224
Jun 2010 - May 2011	Año húmedo	2839
Jun 2018 - May 2019	Año normal	2235
Jun 2015 - May 2016	Año seco	1854





Fuentes alternativas de abastecimiento de aguas subterráneas

Pozo	Este	Norte	Profundidad (m)
Pozo 1 (PP1)	2'091.491,08	4'710.168,15	150
Pozo 2 (PP2)	2'090.900,95	4'709.514,13	150
Pozo 3 (PP3)	2'089.190,78	4'689.827,04	150
Pozo 4 (PP4)	2'090.245,92	4'689.827,04	150
Pozo 5 (PP5)	2'099.763,06	4'681.881,69	150
Pozo 6 (PP6)	2'098.889,66	4'682.653,07	150





Ya es hora de actuar, el momento de la
planificación pasó, llegó la coyuntura del
HACER !!!

