



# DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUNJUELO

## OFERTA HÍDRICA

### PRODUCTO 3

REALIZAR UNA PROPUESTA DE ESTRATEGIAS, METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS  
PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA, ASÍ COMO  
PARA DEFINIR LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DEL SISTEMA DE  
INFORMACIÓN REGIONAL DEL RECURSO HÍDRICO  
ORDEN DE SERVICIO No. 2-02-4300-908-2013 EAB - EPAM



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02  
epam sa esp

BOGOTÁ  
HUMANANA

APP/04-12

## Objetivo:

PRESENTAR AL IDEAM Y A LOS FUNCIONARIOS DEL DISTRITO LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE:

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUNJUELO

OFERTA DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANANA

# ASPECTOS GENERALES: OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02



BOGOTÁ  
HUMANANA

The Bogotá Humana logo consists of the word "BOGOTÁ" in a multi-colored, bold, sans-serif font. Below it, the word "HUMANANA" is written in a black, sans-serif font, with a heart symbol integrated into the letter 'A'.

# CONCEPTOS DE LA OFERTA HÍDRICA

**La precipitación:** Es el agua que cae sobre el suelo en forma líquida (lluvia) o en forma de cristales de nieve y/o granizo.

**Escorrentía superficial:** Parte de la lluvia que escurre sobre el suelo en forma laminar o concentrada y llega en forma más o menos rápida a los ríos, lagos y finalmente al mar. La precipitación sólida (nieve, granizo) se acumula sobre el suelo por períodos desde algunas horas a cientos de años (caso de los casquetes glaciares), pero luego, gracias a la temperatura ambiente, se transforma en líquido y llega también a los ríos, lagos y mar.

**Escorrentía subterránea:** Parte de la precipitación que se infiltra en el suelo (infiltración), alimentando los acuíferos o depósitos de agua subterránea, situados a veces a profundidades grandes, pero finalmente resurge a través de manantiales y llega también a los ríos y al mar.

**Evapotranspiración:** Parte de la precipitación y de la escorrentía que es absorbida por las plantas y luego transpirada a través de sus órganos aéreos, de donde se evapora a la atmósfera, y/o que se evapora directamente desde el suelo, los ríos, los lagos y el mar.

Una vez en la atmósfera, el vapor de agua se acumula durante algunas horas hasta máximo 1,5 semanas, y es transportado por los vientos y forzado a ascender, proceso en el cual se condensa y forma nubes que, al alcanzar un determinado desarrollo vertical, cae nuevamente en forma de lluvia o de precipitación sólida.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Fuente: IDEAM, 2013

# CONCEPTOS DE LA OFERTA HÍDRICA

**Oferta hídrica total superficial (OHTS):** Caudal total de escorrentía ( $Q_t$ ) o volumen total de agua que fluye sobre la superficie del terreno y se concentra en los cauces de los ríos y en los cuerpos de agua lénticos.

**Oferta hídrica disponible (OHTD):** Caudal disponible ( $Q_d$ ) o volumen promedio de agua que resulta de sustraer de la oferta total superficial (OHTS) el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental ( $Q_{amb}$ ).

**Oferta hídrica regional disponible (OHRD):** Caudal disponible ( $Q_{dr}$ ) o volumen promedio de agua que resulta de adicionar a la oferta hídrica disponible (OHTD) los volúmenes de agua de retorno ( $Q_r$ ) de los diferentes usos y de sumar o restar los caudales de trasvase ( $Q_{tr}$ ) desde o hacia otras cuencas. Es la oferta que se utiliza para el cálculo del índice de uso del agua (IUA).

**Oferta hídrica regional aprovechable (OHRA):** Caudal hídrico regional aprovechable ( $Q_{hra}$ ) o volumen promedio de agua que resulta de restar del volumen medido en la estación hidrométrica de referencia, representativa de la unidad de análisis, el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental.

**Caudal ambiental ( $Q_{amb}$ ):** Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad, para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas (Decreto 3930/2010).

**Caudal de retorno ( $Q_r$ ):** Caudal retornado a las corrientes o cuerpos de agua por cada usuario; depende del tipo de uso y de las condiciones climáticas y tecnológicas.

**Caudal de trasvase ( $Q_{tr}$ ):** Caudal de agua que se desvía de una cuenca a otra, para aumentar la disponibilidad. Puede ser positivo (si entra) o negativo (si sale hacia otra cuenca).

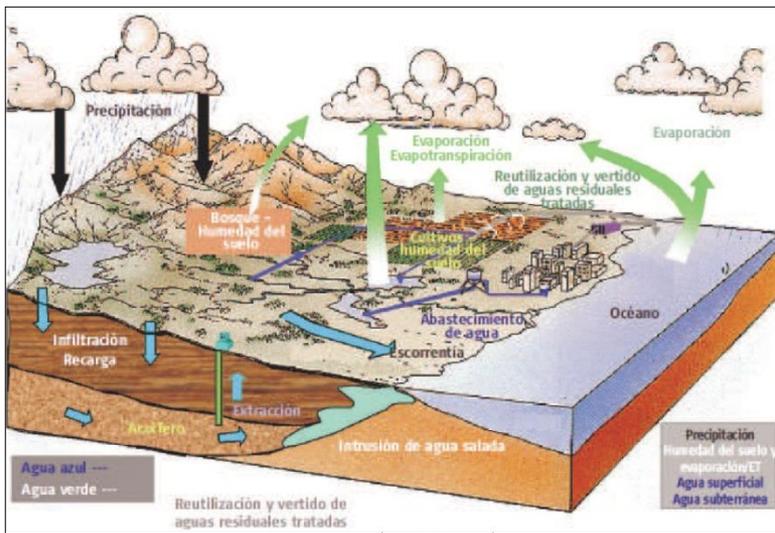
**Caudal medido en la estación representativa ( $Q_{est}$ ):** Caudal medido en la estación hidrométrica de referencia, que debe ser representativa de la unidad de análisis correspondiente.

**Caudal extraído ( $Q_{ex}$ ):** Caudal total extraído de una fuente para la atención de las demandas de los diferentes usos.

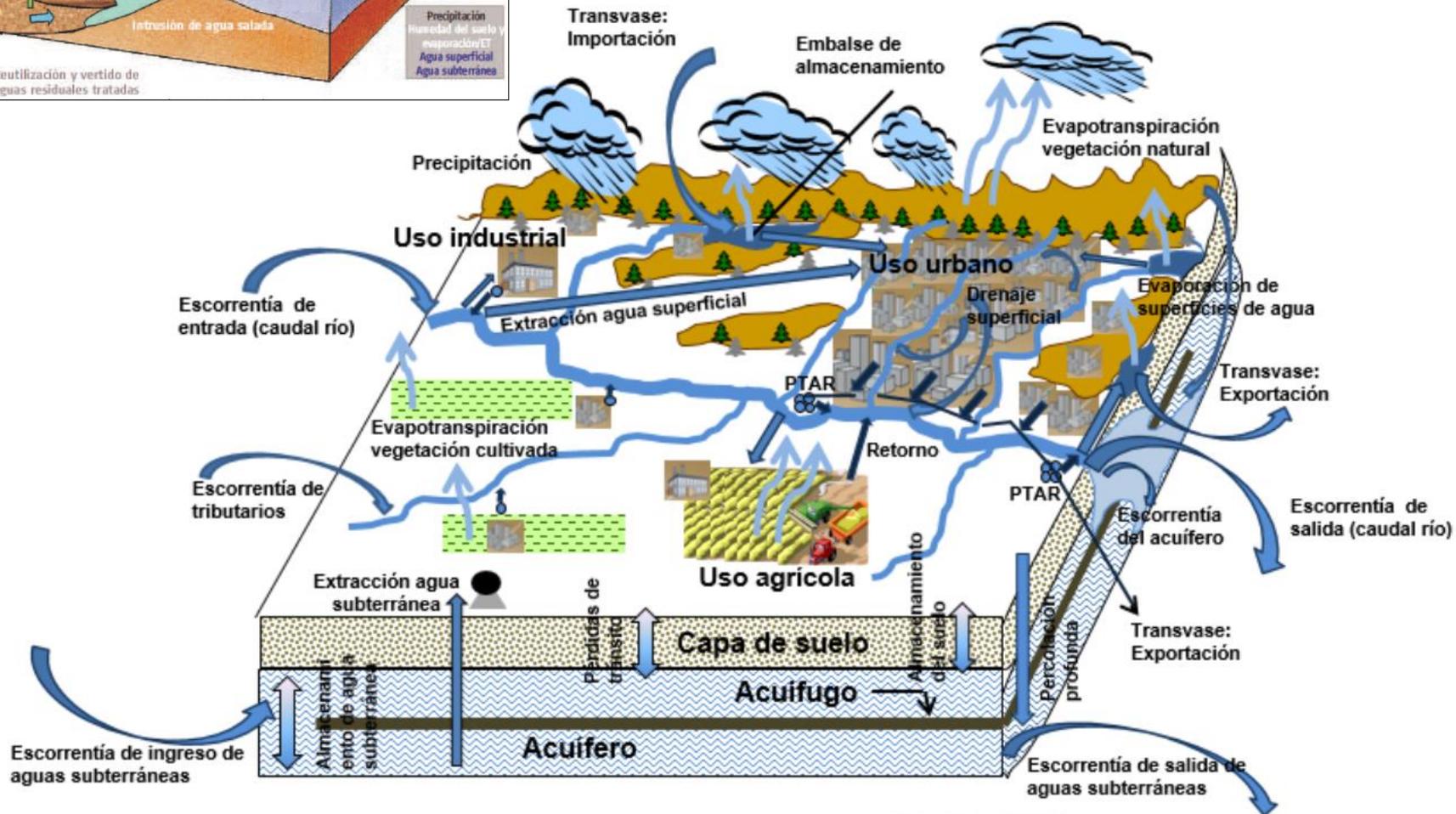
# CONCEPTOS DE LA OFERTA HÍDRICA

## Ciclo hidrológico

Fuente: IDEAM, 2013



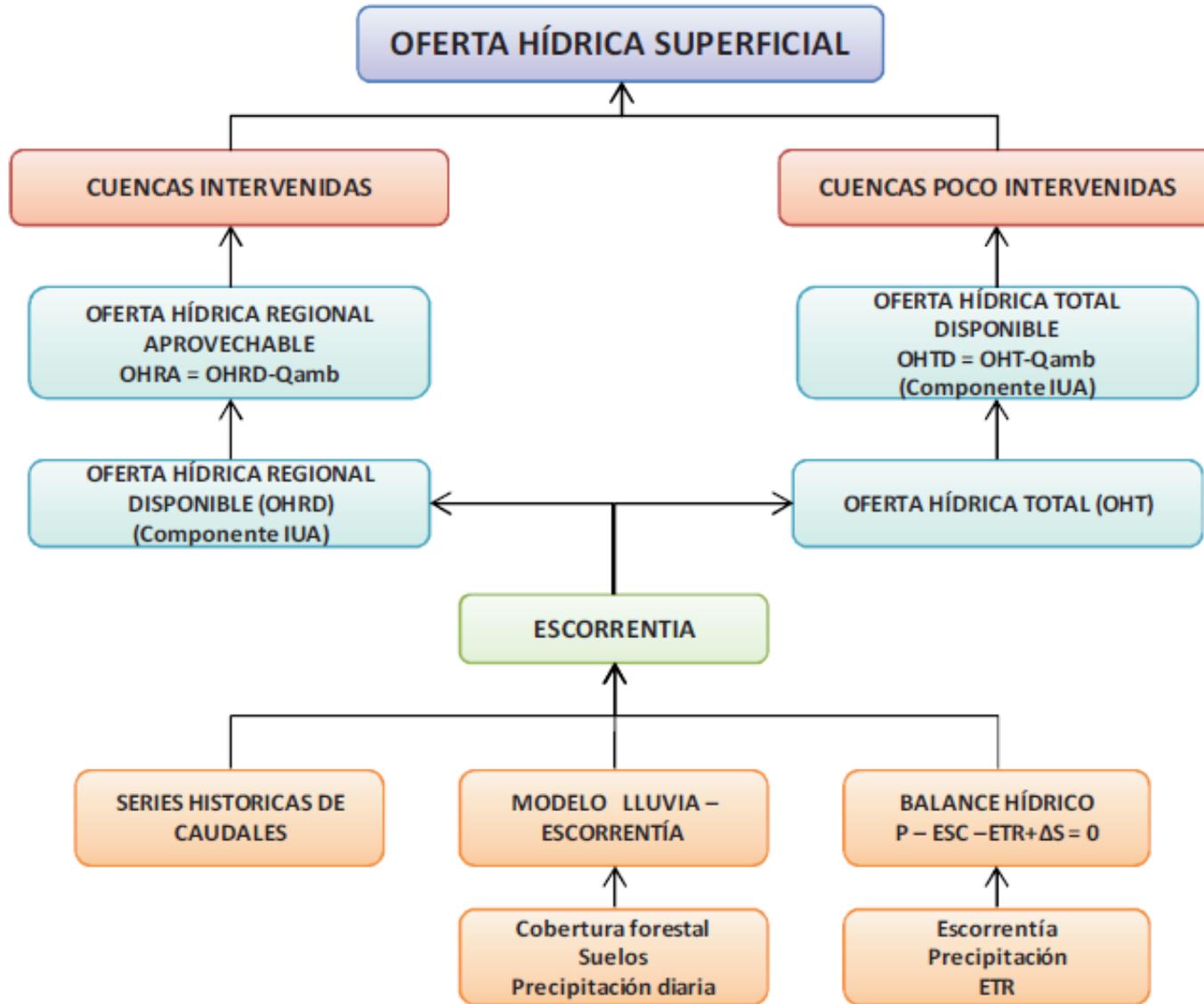
## Presupuesto de agua



ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

Formato: FIC

# METODOLOGÍA DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL



# GENERALIDADES CUENCA PILOTO DEL RÍO TUNJUELO



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02

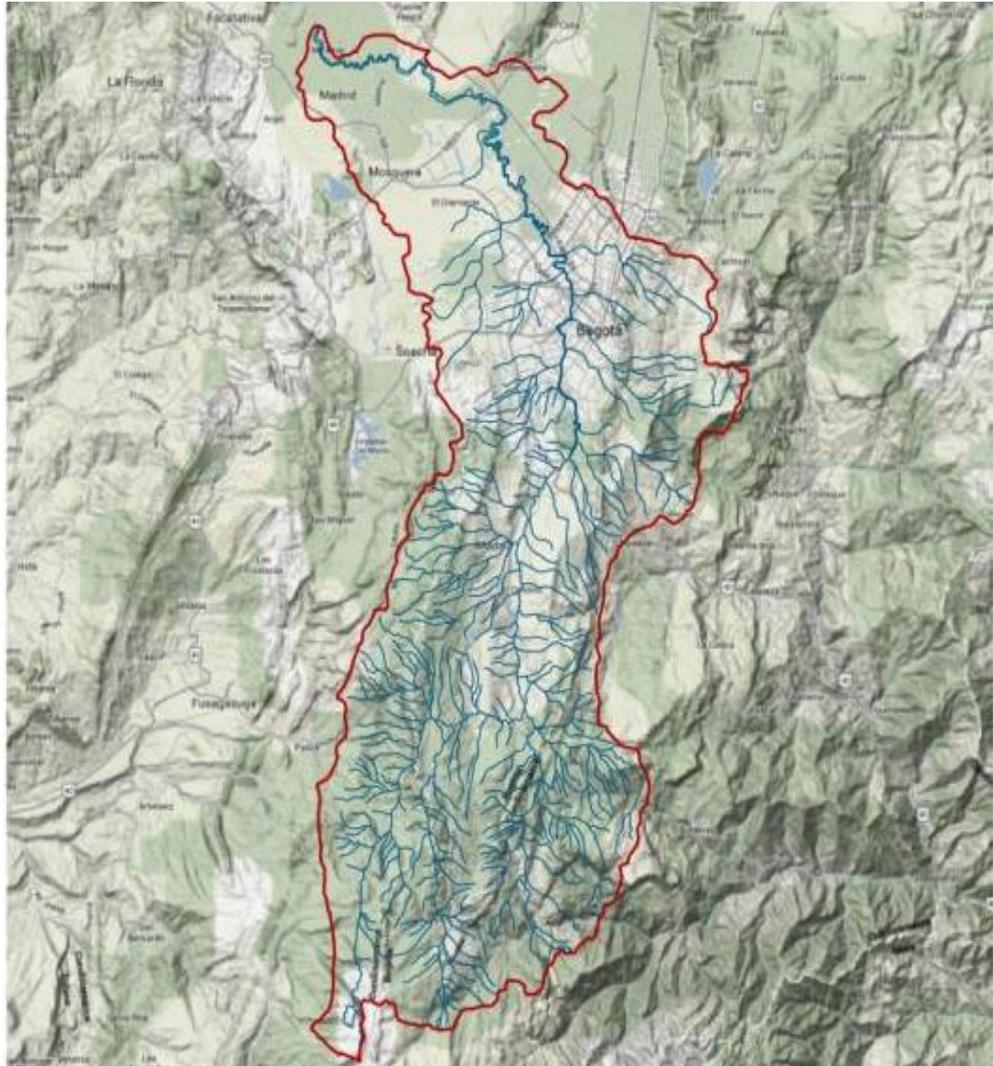


BOGOTÁ  
HUMANANA

The Bogotá Humana logo consists of the word "BOGOTÁ" in a multi-colored, bold, sans-serif font, with each letter in a different color. Below it, the word "HUMANANA" is written in a black, sans-serif font, with a heart symbol replacing the letter 'A'.

## Cuenca del Río Tunjuelo

Se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca y forma parte de la cuenca alta y media del río Bogotá. El río nace en el páramo de Sumapaz, a una altura de, aproximadamente, 3.450 msnm. Lo forman tres cauces principales, los ríos Mugroso, Chisacá y Curubital, que, al unirse, forman el cauce principal del río Tunjuelo.



# ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA

Jurisdicciones ambientales en el territorio de la cuenca

Entidad	Área (Ha)	(%) de Jurisdicción
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR	29.216,45	71,32
Secretaría Distrital de Ambiente – SDA	11.387,03	27,80
Unidad de Parques Nacionales Naturales - UAESPNN	358,80	0,88
<b>TOTALES</b>	<b>40.962,28</b>	<b>100,00</b>

Participación de las áreas urbana y rural en la cuenca

Localidad	Área total (ha)	Área dentro de la cuenca (ha)	% Área parcial dentro de la cuenca	% Área total dentro de cuenca
Bosa	1.938,32	1.271,88	65,62%	3,11%
Kennedy	1.383,00	794,92	57,48%	1,94%
Tunjuelito	1.049,16	1.017,80	97,01%	2,48%
Rafael Uribe	1.309,41	719,23	54,93%	1,76%
San Cristóbal	1.373,08	777,96	56,66%	1,90%
Usme	3.249,34	3.249,34	100,00%	7,93%
Ciudad Bolívar	3.502,71	3.502,71	100,00%	8,55%
Puente Aranda	692,00	53,18	7,69%	0,13%
<b>Subtotal urbano Bogotá</b>	<b>14.497,02</b>	<b>11.387,03</b>	<b>78,55%</b>	<b>27,80%</b>
Veredas Usme	28.444,13	27.506,43	96,70%	67,15%
<b>Subtotal en Bogotá</b>	<b>42.941,15</b>	<b>38.893,46</b>	<b>90,57%</b>	<b>94,95%</b>
Soacha urbano	2.679,00	1.106,04	41,29%	2,70%
Soacha rural	5.273,14	962,78	18,26%	2,35%
<b>Subtotal en Soacha</b>	<b>7.952,14</b>	<b>2.068,82</b>	<b>26,02%</b>	<b>5,05%</b>
<b>Total cuenca</b>	<b>50.893,29</b>	<b>40.962,28</b>	<b>80,49%</b>	<b>100,00%</b>



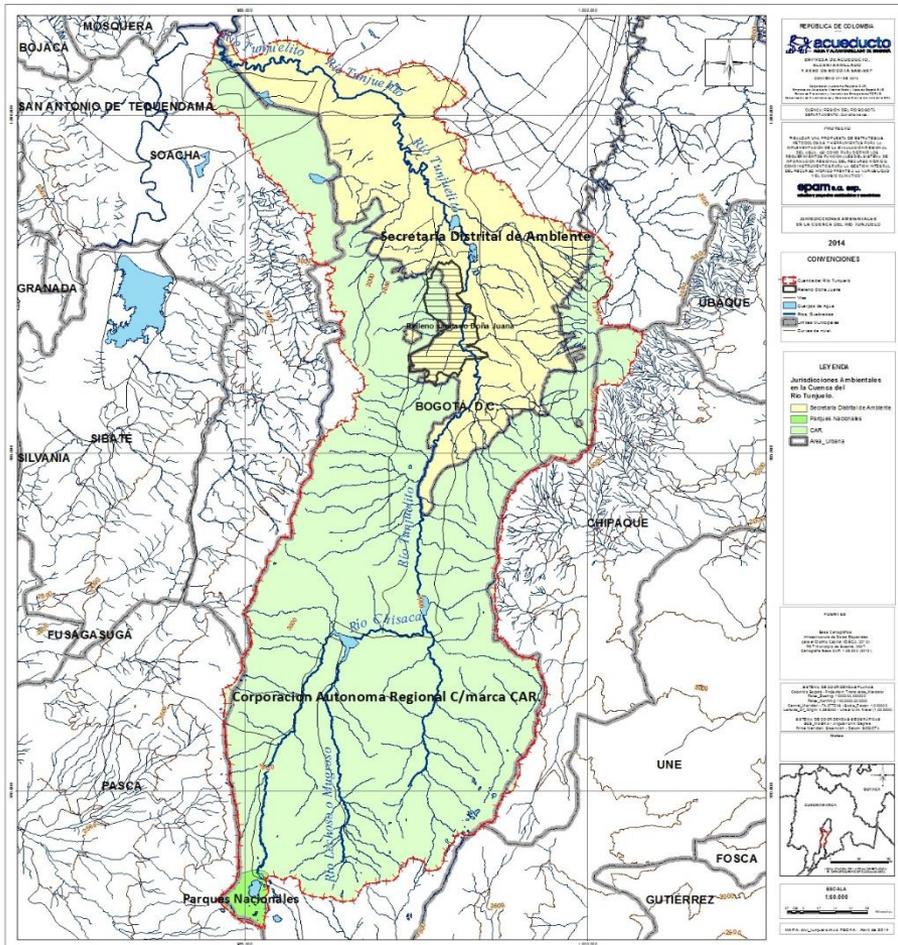
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.



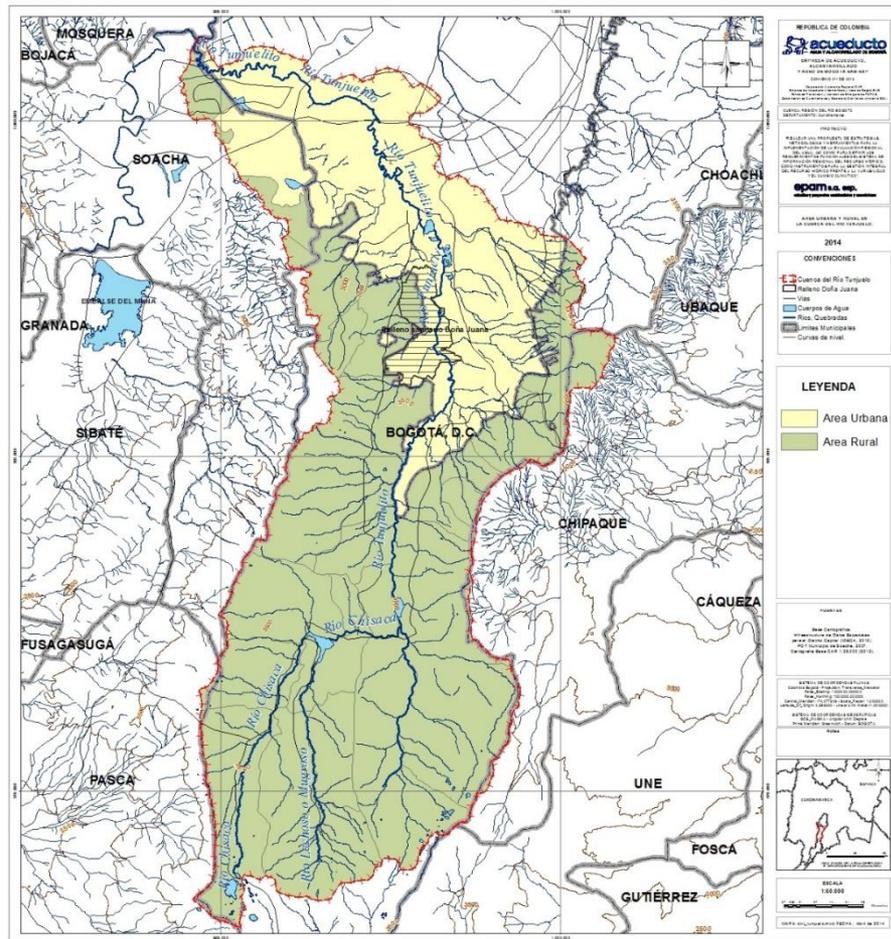
ACUEDUCTO AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA

Jurisdicciones ambientales en el territorio de la cuenca



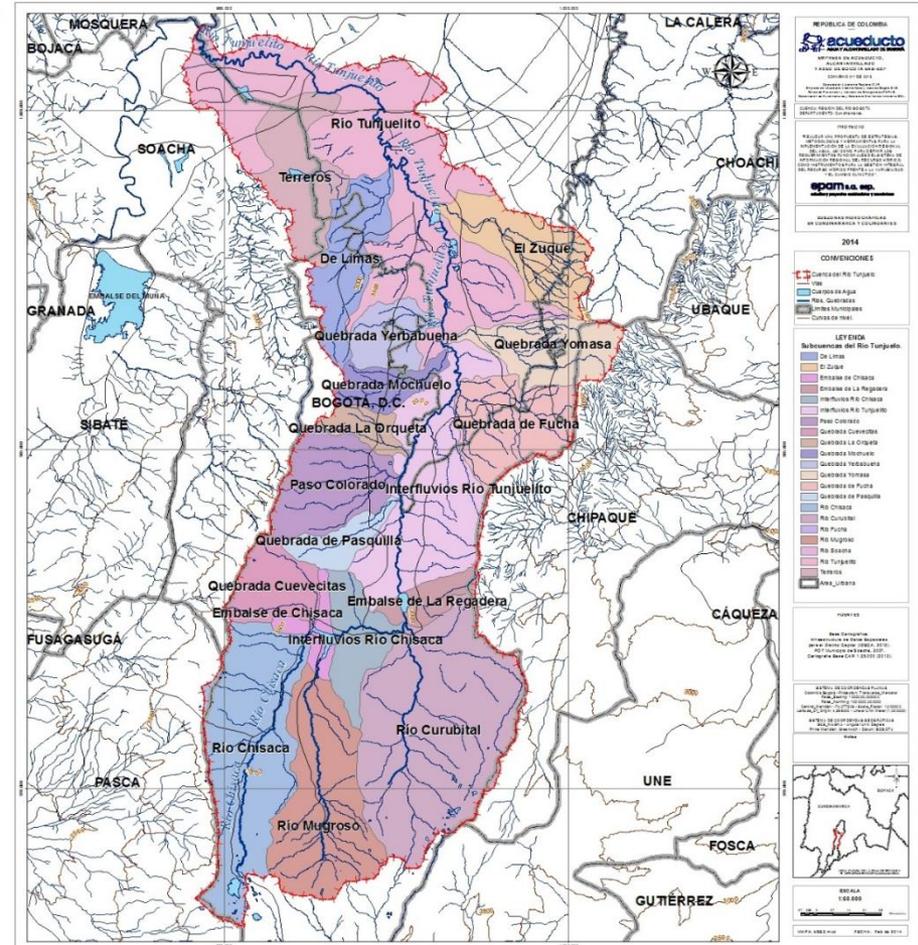
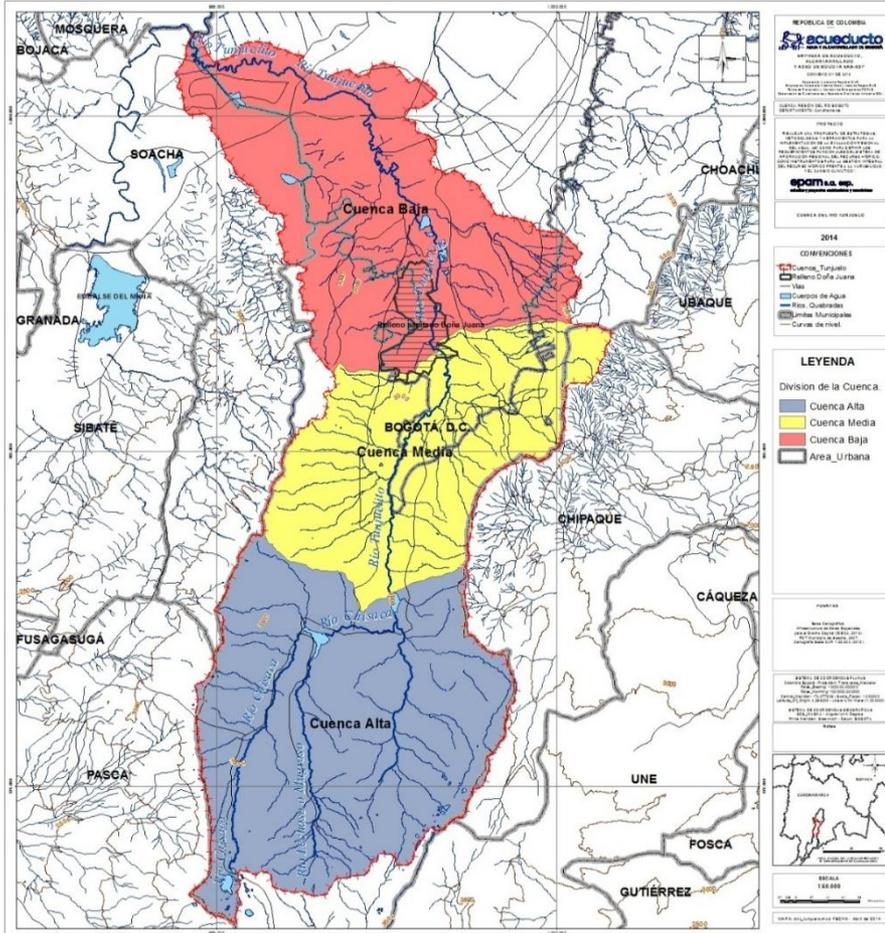
Participación de las áreas urbana y rural en la cuenca



# ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA

Cuenca alta, media y baja del río Tunjuelo

Subcuencas de la cuenca del río Tunjuelo



# INFORMACIÓN NECESARIA PARA OFERTA

Variable	Unidad	Índices ERA/Usos	
		IA	IRH
Precipitación diaria	mm	X	
Temperatura media diaria	°C	X	
Evapotranspiración potencial	mm	X	
Evapotranspiración real	mm	X	
Caudales medios diarios	L/s		X
Caudales máximos diarios	L/s	Crecidas	
Caudales mínimos diarios	L/s	Estiajes	
Caudales extraídos	L/s	Balance hídrico	
Caudales de retorno	L/s	Balance hídrico	
Caudales de transvase	L/s	Balance hídrico	
Morfometría (pendiente, área, longitud ríos, perímetro)	Varias	Modelos P-Q	
Geología, geomorfología, suelos, cobertura vegetal	Clases	Modelos P-Q	



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02

Fuente: Basado en IDEAM, 2013

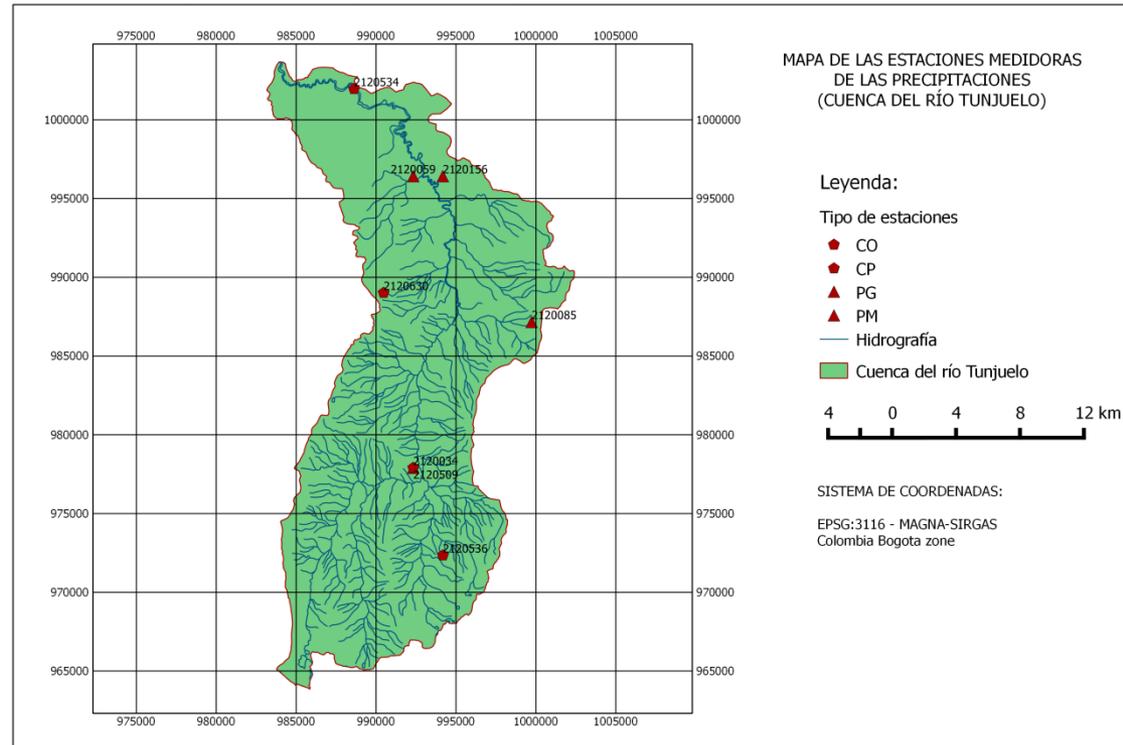
**BOGOTÁ**  
HUMANANA

# INFORMACIÓN UTILIZADA

Código	Nombre	Tipo	Coordenadas		Elevación (msnm)	Fecha de instalación	Entidad
			Y	X			
2120034	PM	La Regadera No 2	977902	992324	3056	1948.0	EAAB
2120059	PM	Tunal La Candelaria	996422	992324	2599	1957.0	EAAB
2120085	PG	Chisacá	987162	999732	2880	1962.0	CAR
2120156	PG	La Picota	996422	994176	2580	1980.0	CAR
2120509	CO	La Regadera No 1	977902	992324	3050	1941.0	EAAB
2120534	CO	Acueducto Bosa	1001958	988620	2585	1961.0	EAAB
2120630	CP	Doña Juana	989014	990472	2700	1989.0	CAR
2120536	CO	Bocagrande	972346	994176	3455	1951.0	EAAB

Código	Tipo	Nombre	Coordenadas		Entidad	Elevación (msnm)
			X	Y		
2120524	CO	VITELMA	996422	1001580	15	2800
2120534	CO	ACD TO BOSA	1001958	988620	15	2585
2120561	CP	MUNA	994570	981212	22	2565
2120630	CP	DONA JUANA	989014	990472	22	2700

## Estaciones meteorológicas



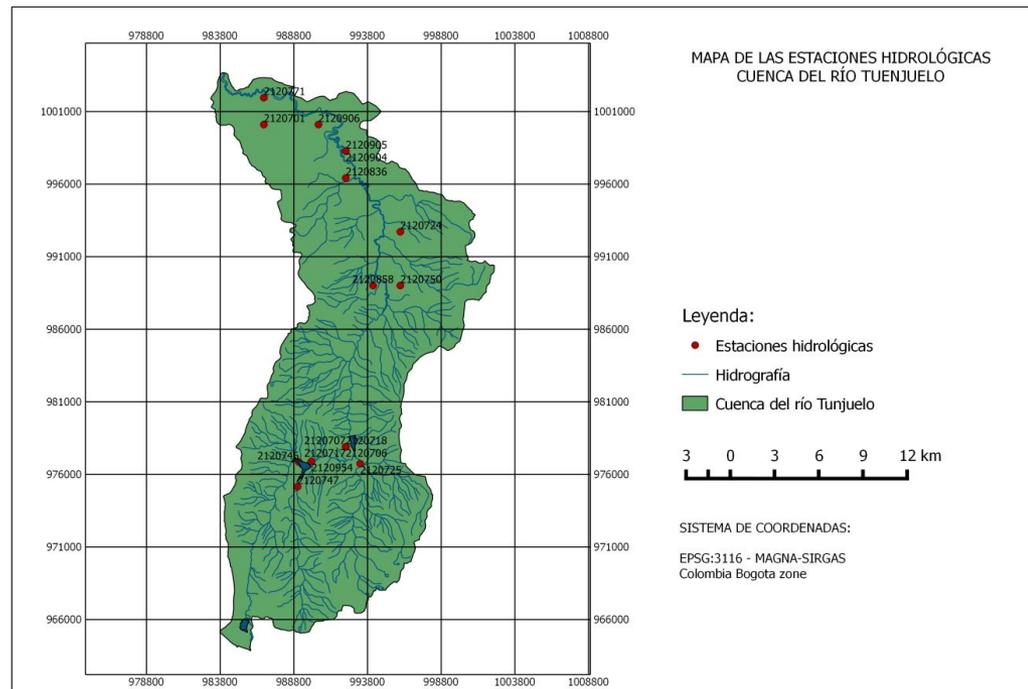
ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



# INFORMACIÓN UTILIZADA

N	Código	Tipo	Nombre	Y(norte)	X(este)	Elevación	Ent.*	Fecha instalación
1	2120701	LG	Puente Bosa	1000106	986768	2550	EAAB	1926
2	2120706	LM	Regadera	977902	992324	2970	EAAB	1928
3	2120707	LM	Hoya hasta represa	977902	992324	2970	EAAB	1928
4	2120717	LM	Regadera rebosadero	977902	992324	2590	EAAB	1939
5	2120718	LM	Suministro Bogotá	977902	992324	2590	EAAB	1938
6	2120724	LM	La Tolosa	992718	996028	2583	EAAB	1946
7	2120750	LM	Cantarrana	989014	996028	2643	EAAB	1955
8	2120771	LM	Puente La isla	1001958	986768	2569	CAR	1964
9	2120836	LG	Avenida Boyacá	996422	992324	2630	EAAB	1988
10	2120858	LM	La Fiscala	989014	994176	2460	EAAB	1988
11	2120904	LM	Canal embalse No 1	998274	992324	2586	EAAB	1990
12	2120905	LM	Canal embalse No 2	998274	992324	2583	EAAB	1990
13	2120906	LM	Canal embalse No 3	1000106	990472	2581	EAAB	1990
14	2120747	LG	El Herradero	975150	989060	3150	EAAB	1955
15	2120725	LG	Puente Australia	976740	993300	3056	EAAB	1930
16	2120746	LG	La Toma	976850	989150	3200	EAAB	1960
17	2120954	LG	Rio Chuza Pte. Carretera	976900	990000	3500	EAAB	1992

## Estaciones hidrométricas



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

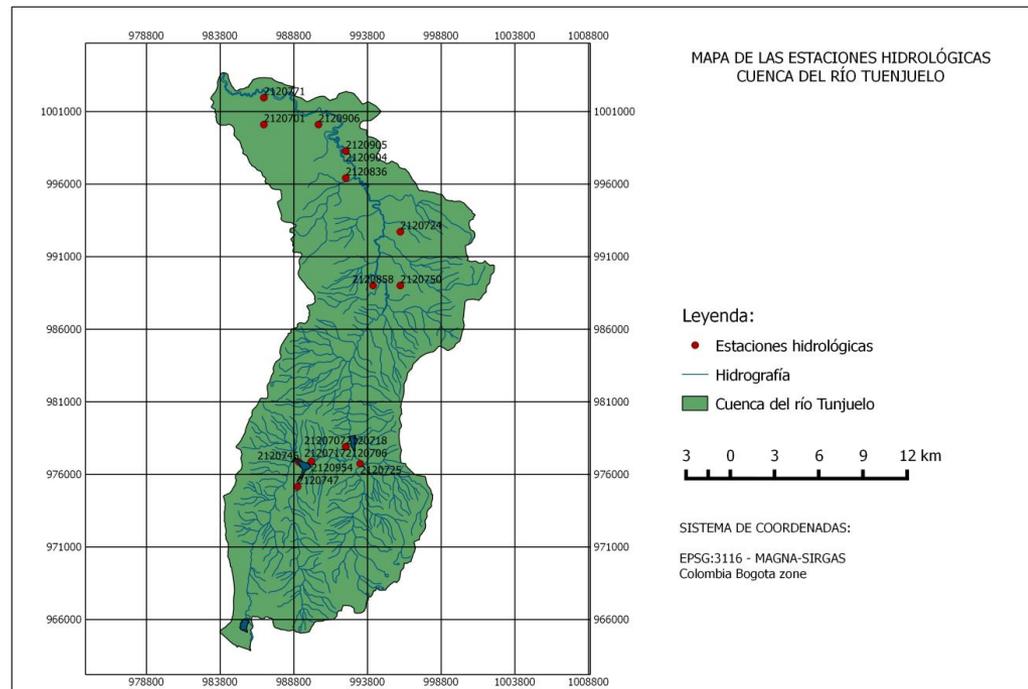


acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# INFORMACIÓN UTILIZADA

N	Código	Tipo	Nombre	Y(norte)	X(este)	Elevación	Ent.*	Fecha instalación
1	2120701	LG	Puente Bosa	1000106	986768	2550	EAAB	1926
2	2120706	LM	Regadera	977902	992324	2970	EAAB	1928
3	2120707	LM	Hoya hasta represa	977902	992324	2970	EAAB	1928
4	2120717	LM	Regadera rebosadero	977902	992324	2590	EAAB	1939
5	2120718	LM	Suministro Bogotá	977902	992324	2590	EAAB	1938
6	2120724	LM	La Tolosa	992718	996028	2583	EAAB	1946
7	2120750	LM	Cantarrana	989014	996028	2643	EAAB	1955
8	2120771	LM	Puente La isla	1001958	986768	2569	CAR	1964
9	2120836	LG	Avenida Boyacá	996422	992324	2630	EAAB	1988
10	2120858	LM	La Fiscala	989014	994176	2460	EAAB	1988
11	2120904	LM	Canal embalse No 1	998274	992324	2586	EAAB	1990
12	2120905	LM	Canal embalse No 2	998274	992324	2583	EAAB	1990
13	2120906	LM	Canal embalse No 3	1000106	990472	2581	EAAB	1990
14	2120747	LG	El Herradero	975150	989060	3150	EAAB	1955
15	2120725	LG	Puente Australia	976740	993300	3056	EAAB	1930
16	2120746	LG	La Toma	976850	989150	3200	EAAB	1960
17	2120954	LG	Rio Chuza Pte. Carretera	976900	990000	3500	EAAB	1992

## Estaciones hidrométricas



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# RESULTADOS OBTENIDOS

## EVALUACIÓN DE LA OFERTA DE AGUA SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO TUNJUELO



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

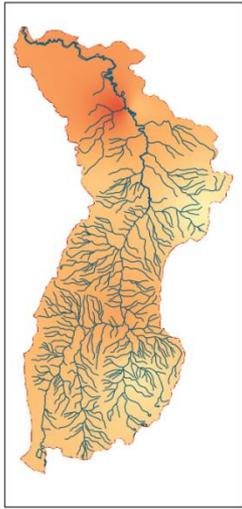


Formato: FI0203F08-02

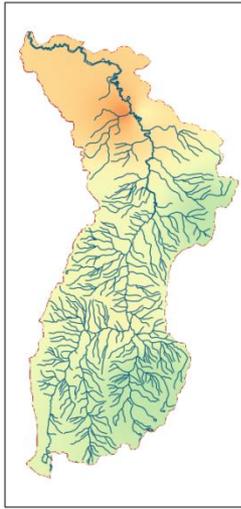
El logo de Bogotá Humana, que muestra el texto "BOGOTÁ" en colores (B: azul, O: naranja, G: verde, O: rojo, T: negro) y "HUMANA" en negro, con un corazón rojo entre las H y A.

BOGOTÁ  
HUMANA

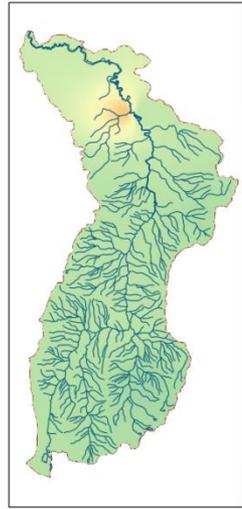
# MAPAS DE ISOYETAS MEDIAS MENSUALES



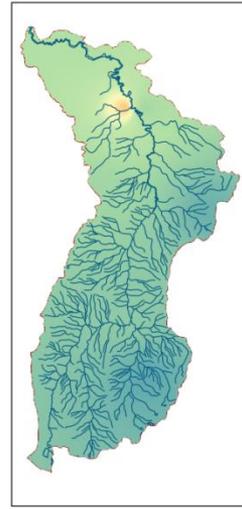
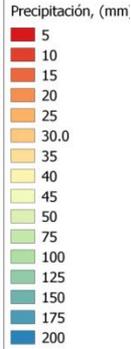
ENERO



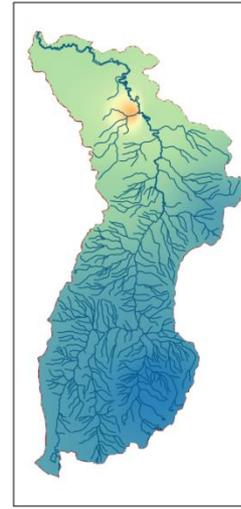
FEBRERO



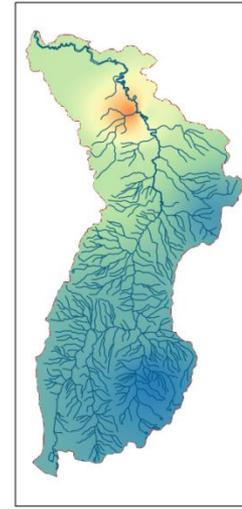
MARZO



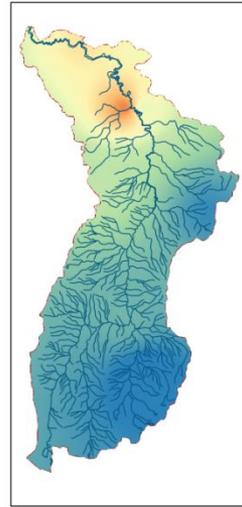
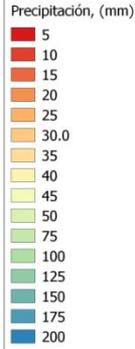
ABRIL



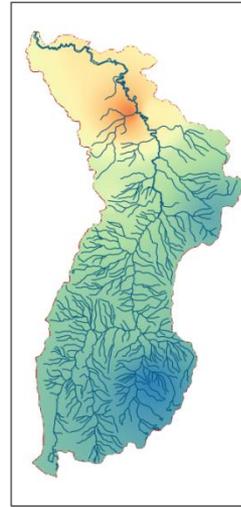
MAYO



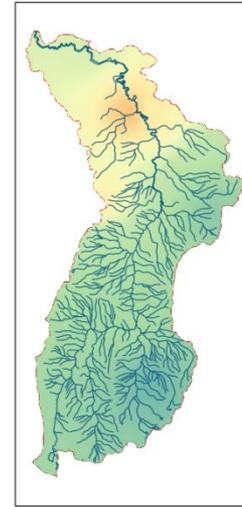
JUNIO



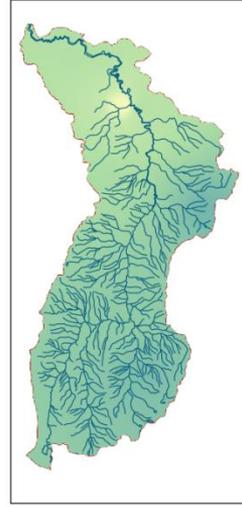
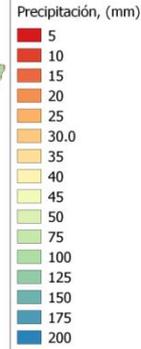
JULIO



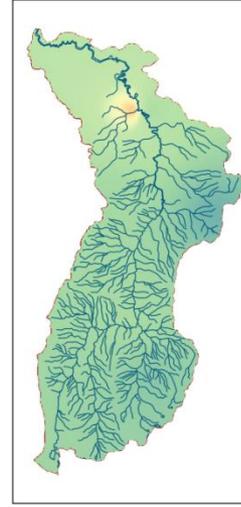
AGOSTO



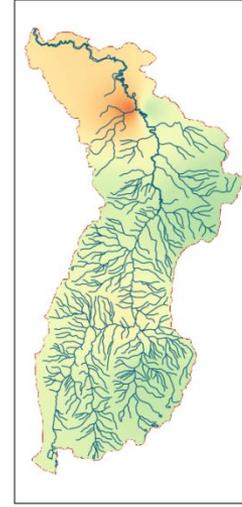
SEPTIEMBRE



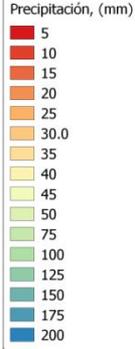
OCTUBRE



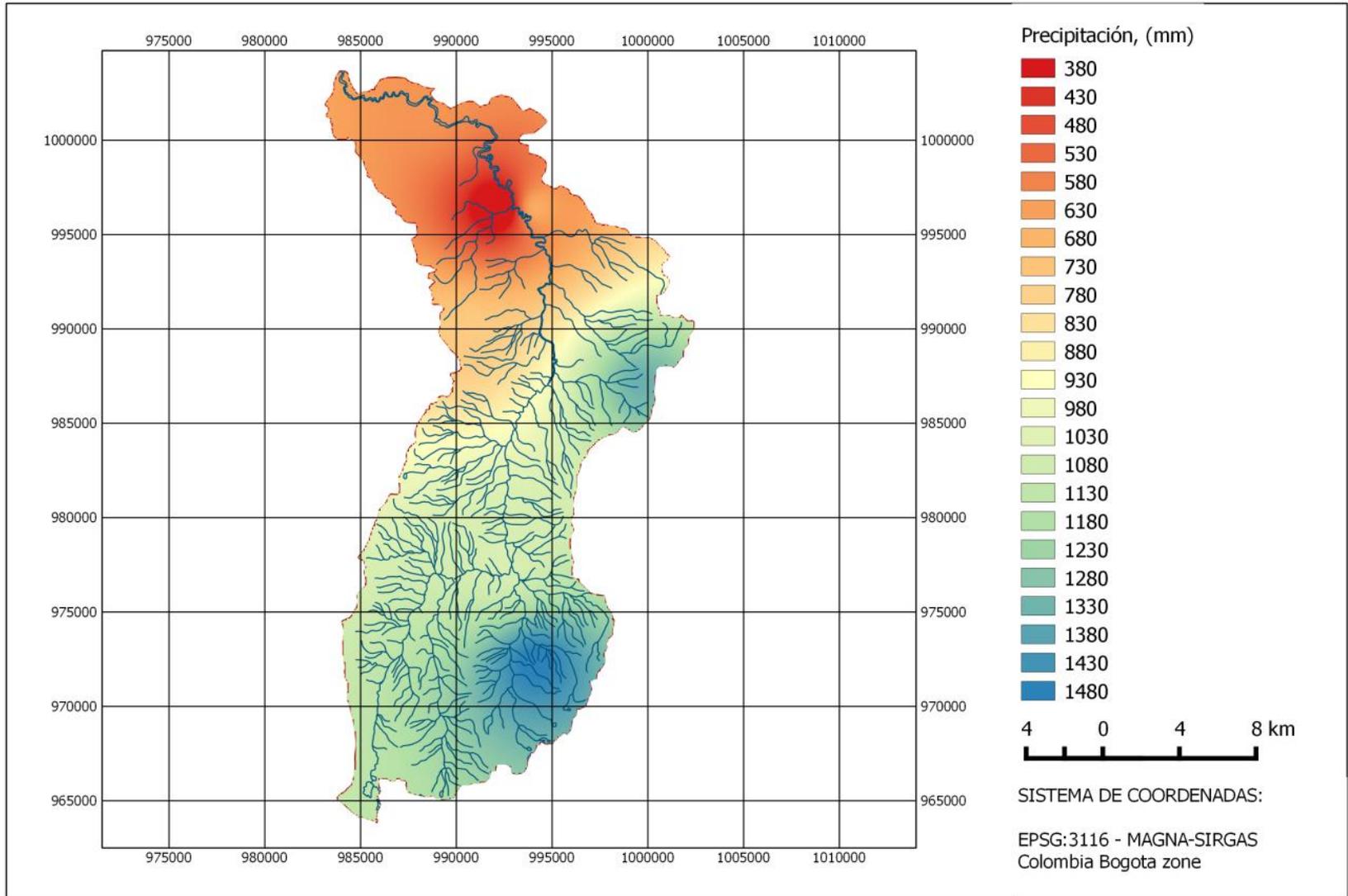
NOVIEMBRE



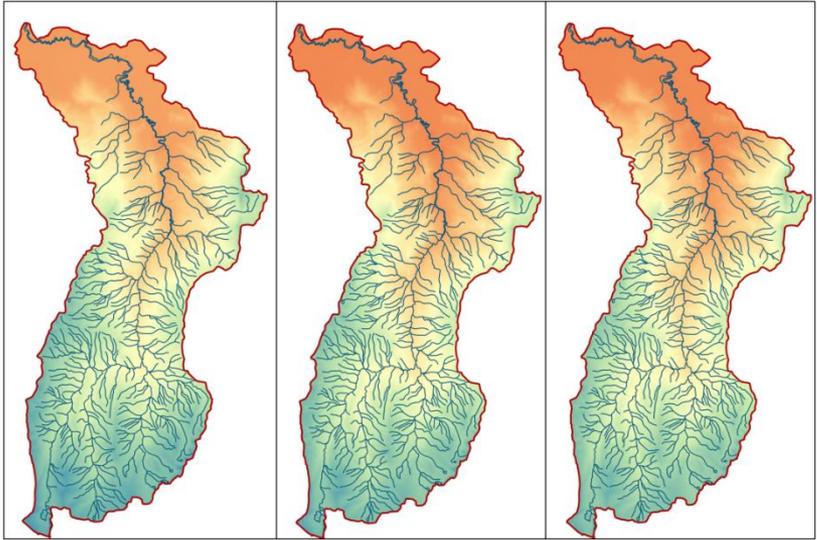
DICIEMBRE



# MAPA DE ISOYETAS MEDIAS ANUALES



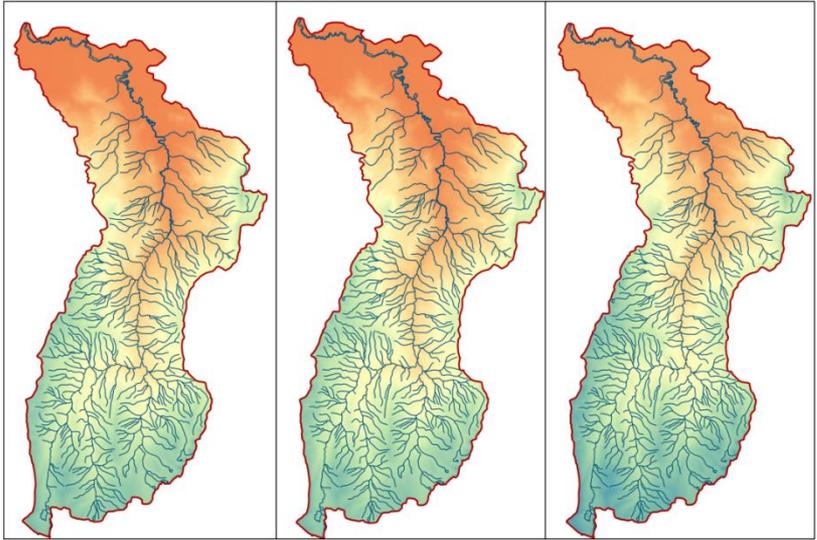
# MAPA DE ISOTERMAS MEDIAS MENSUALES



ENERO

FEBRERO

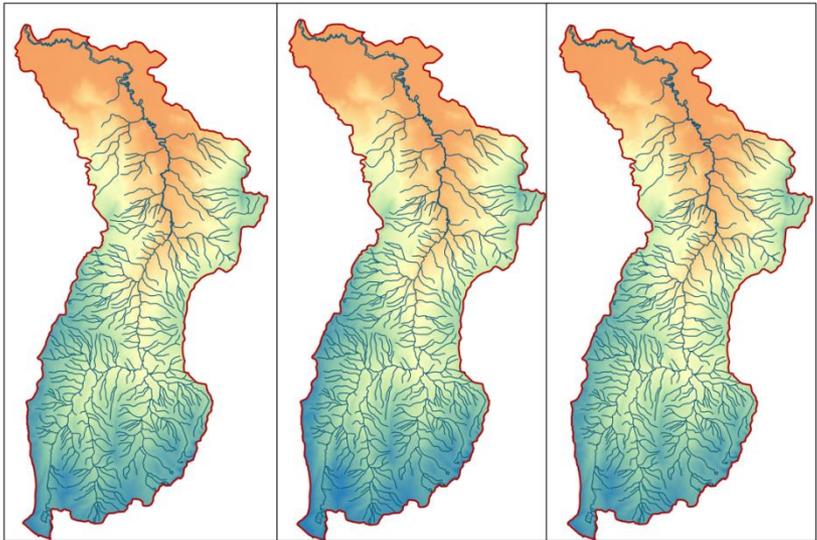
MARZO



ABRIL

MAYO

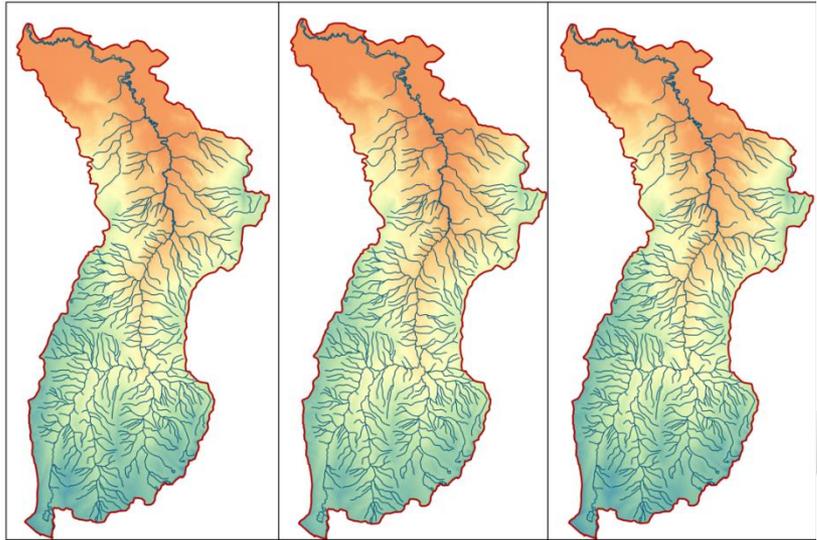
JUNIO



JULIO

AGOSTO

SEPTIEMBRE



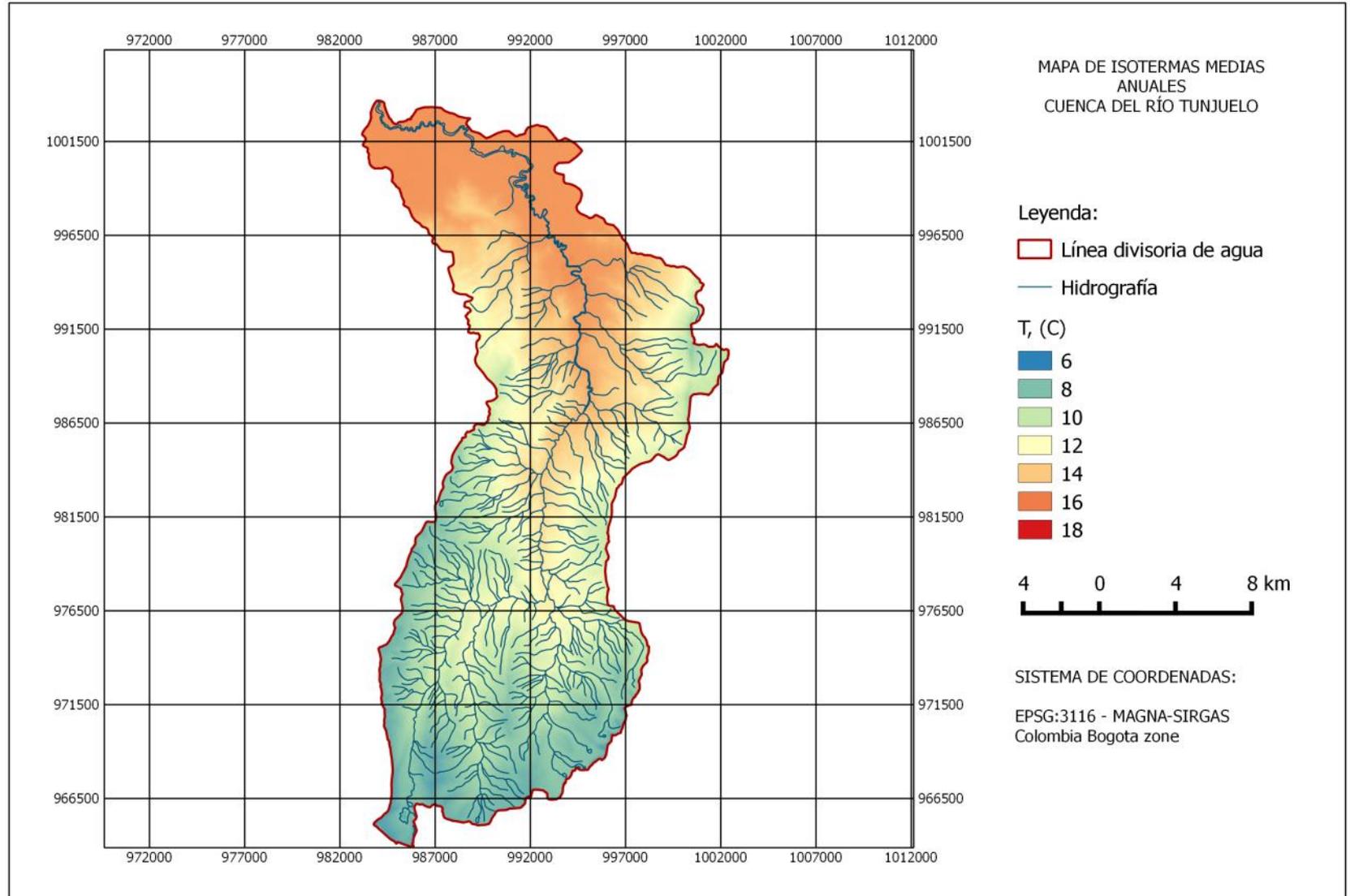
OCTUBRE

NOVIEMBRE

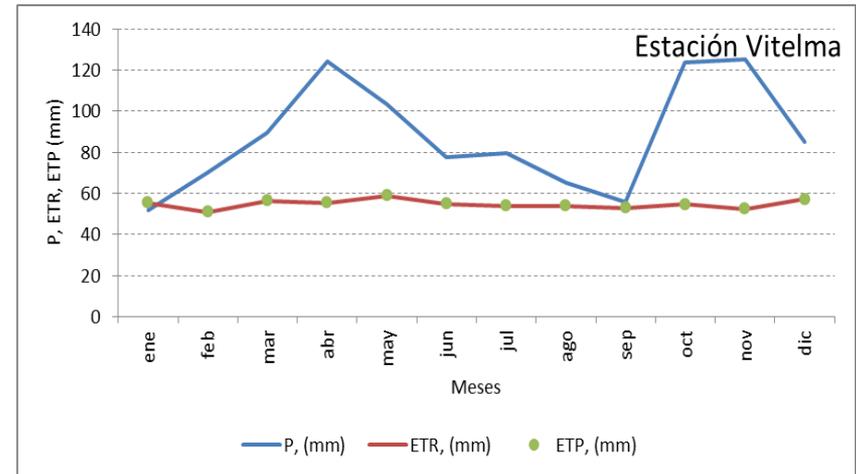
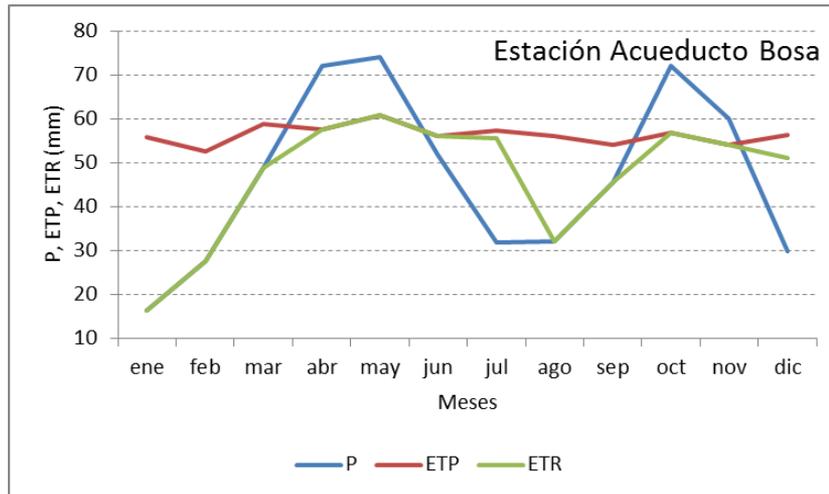
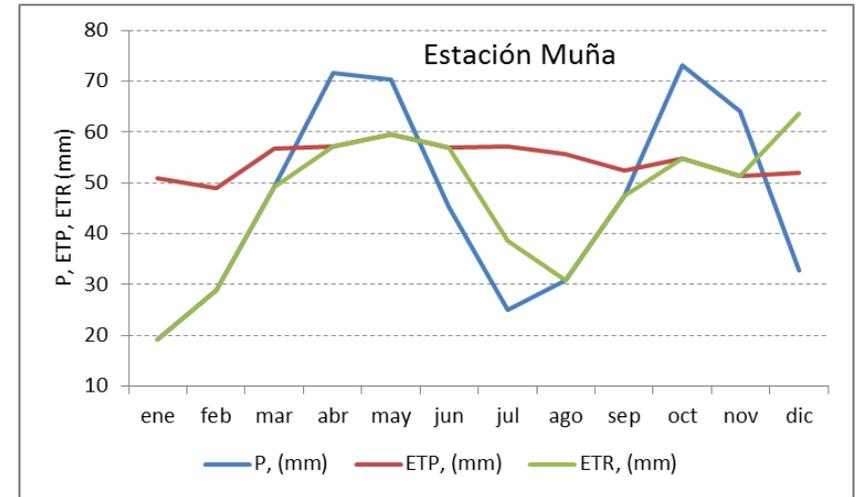
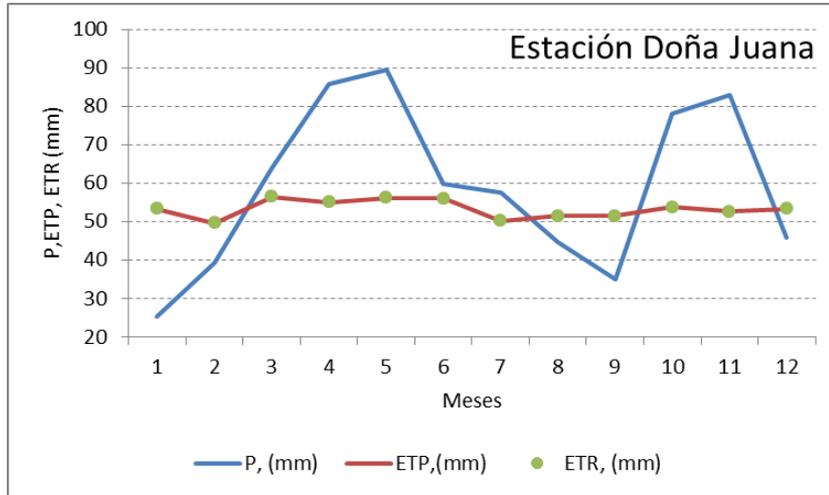
DICIEMBRE



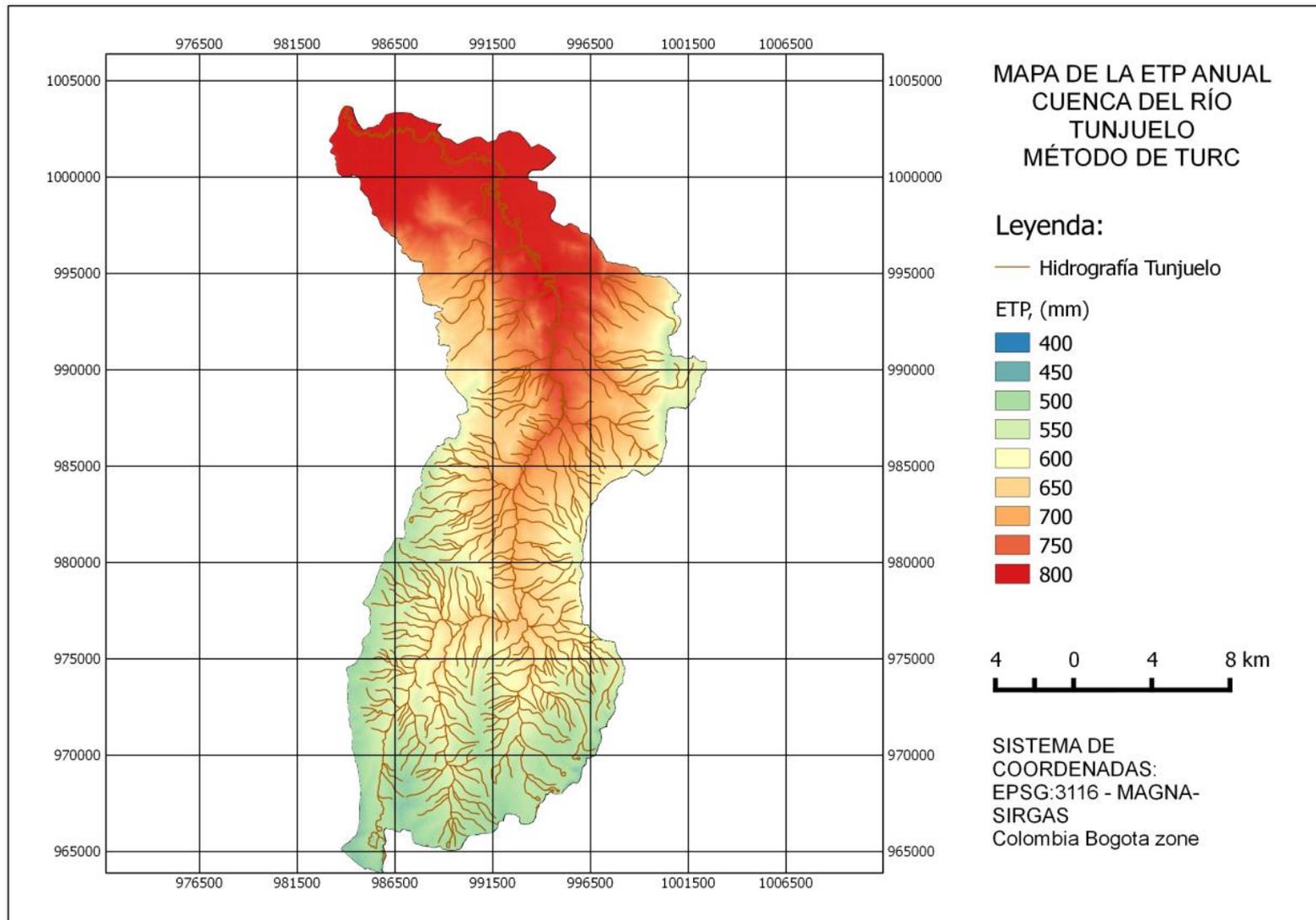
# MAPA DE ISOTERMAS MEDIAS ANUALES



# BALANCES HÍDRICOS DE ESTACIONES REPRESENTATIVAS



# MAPA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL ANUAL ETP



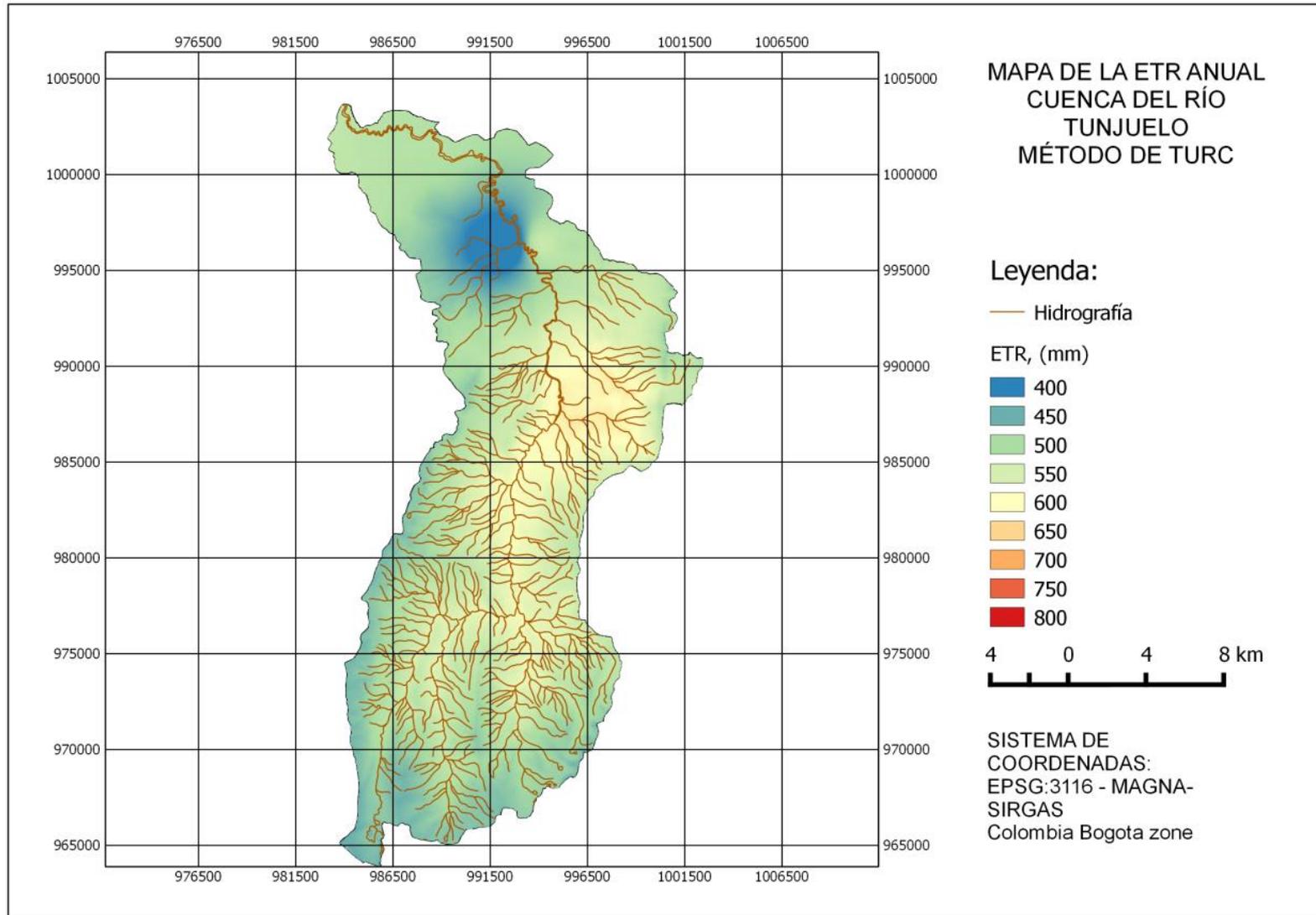
ALCALDÍA  
DE BOGOTÁ

AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

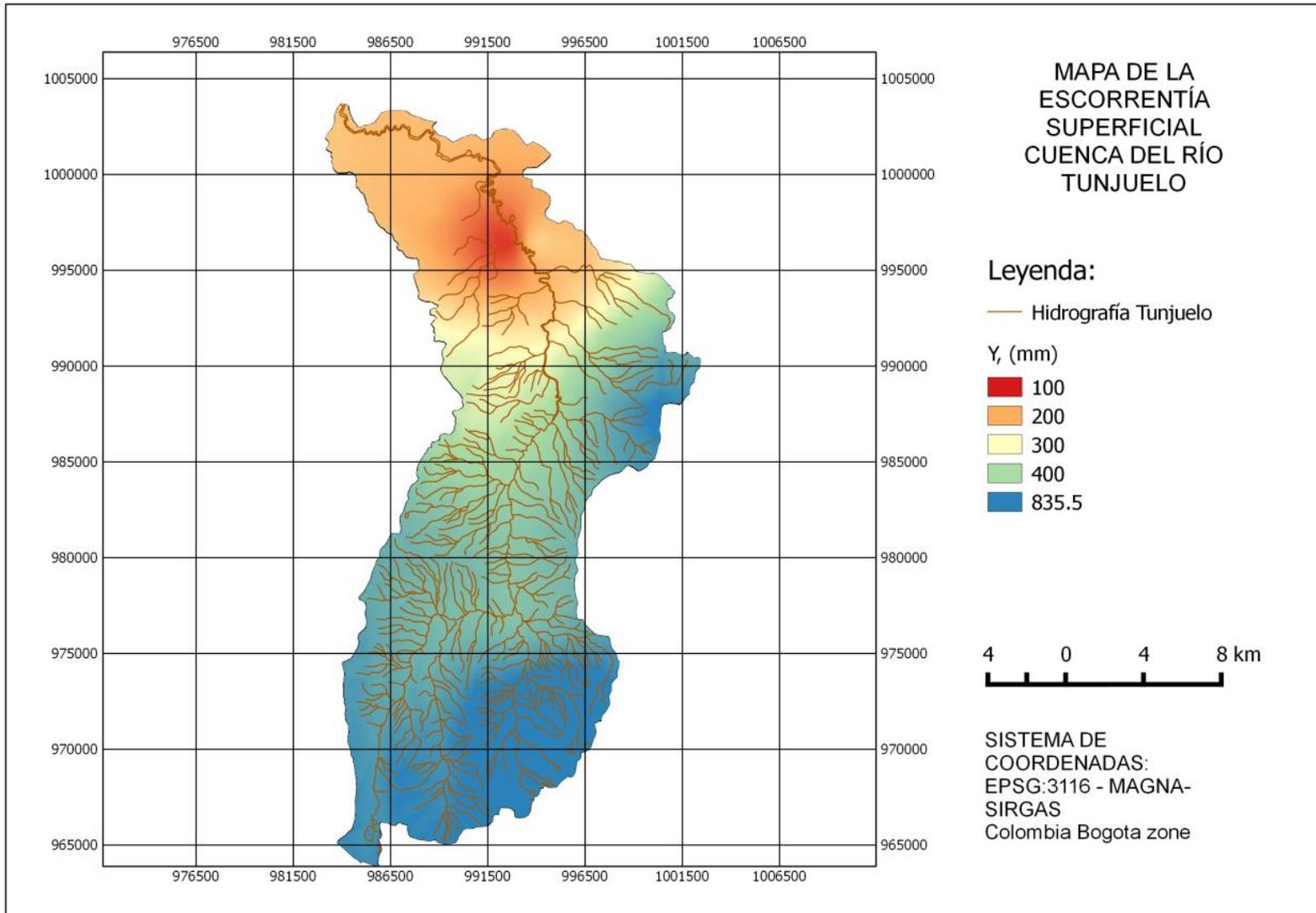
Formato: FI0203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANA

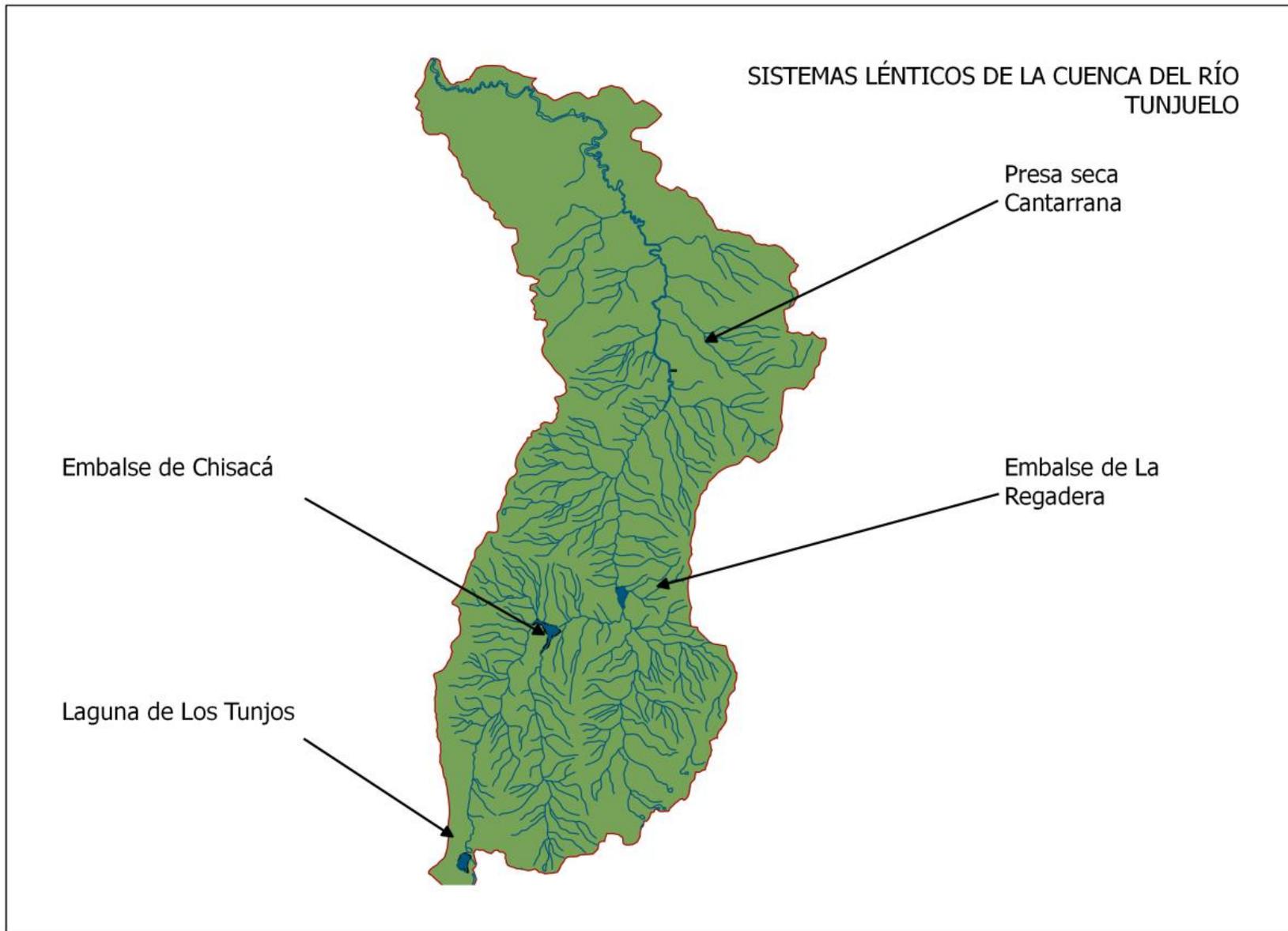
# MAPA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL ANUAL ETR



# MAPA DE ESCORRENTÍA MEDIA ANUAL

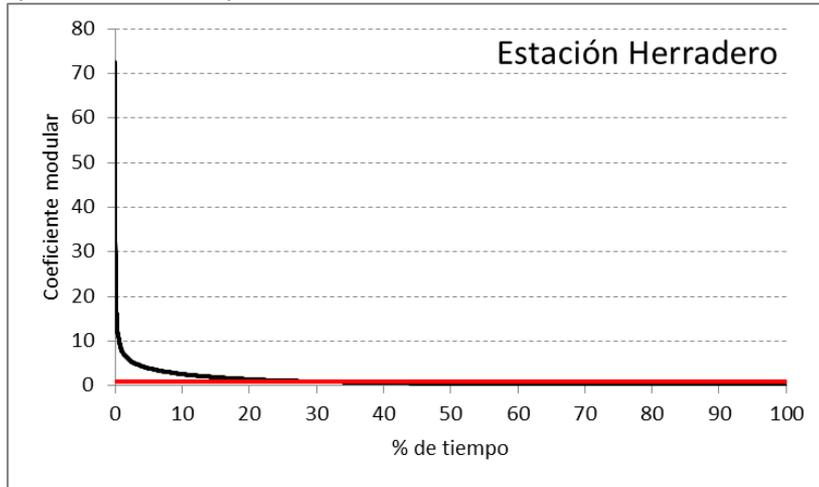


# MAPA DE SISTEMAS LÉNTICOS DE LA CUENCA

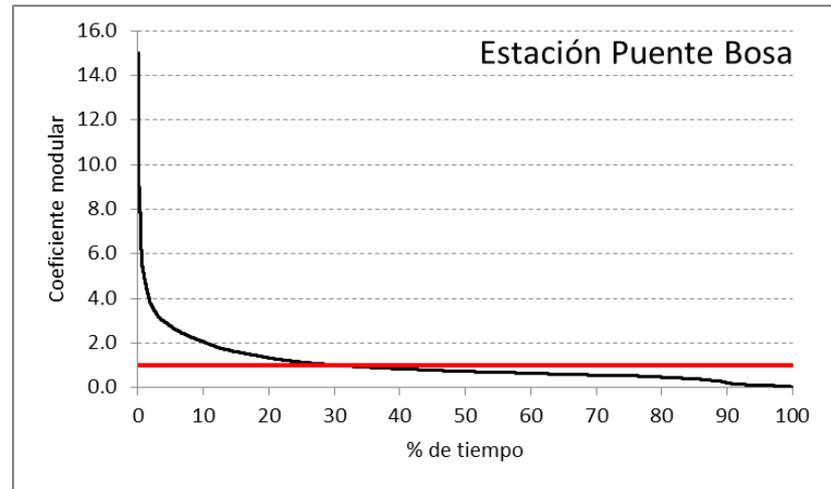


# CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS

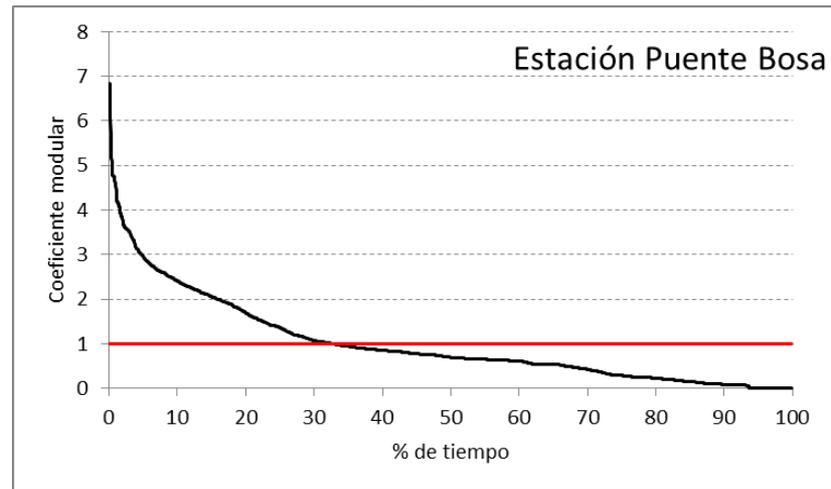
Estación Herradero  
(cuena alta)



Antes de la operación de la presa Cantarrana  
(antes del año 2007)



Después de la operación de la presa Cantarrana  
(después del año 2007)



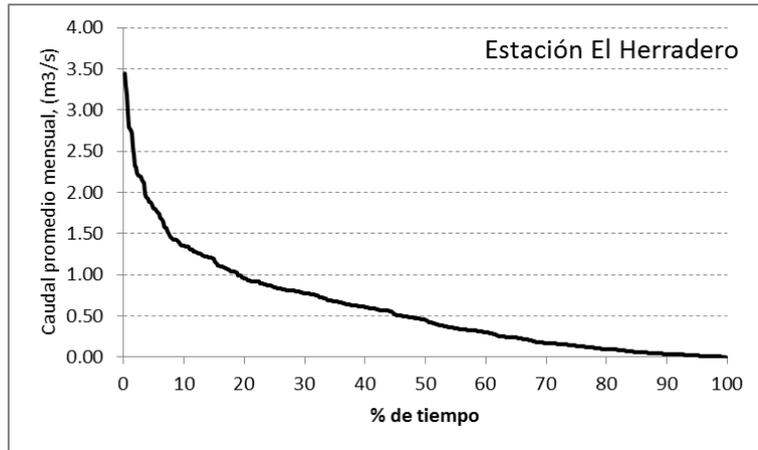
ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



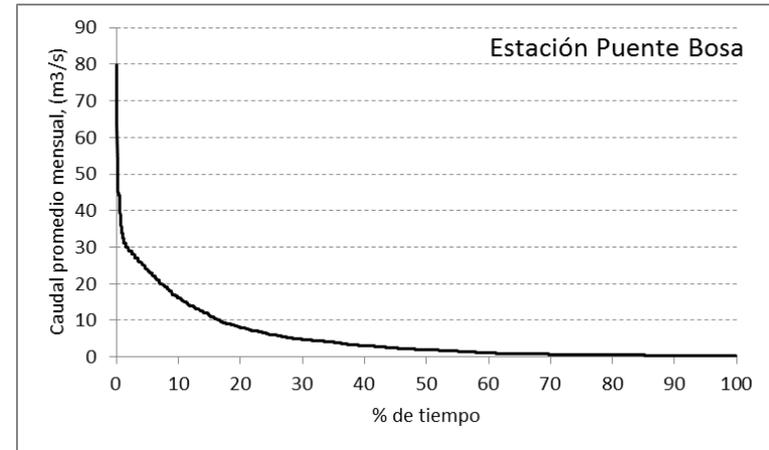
acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES

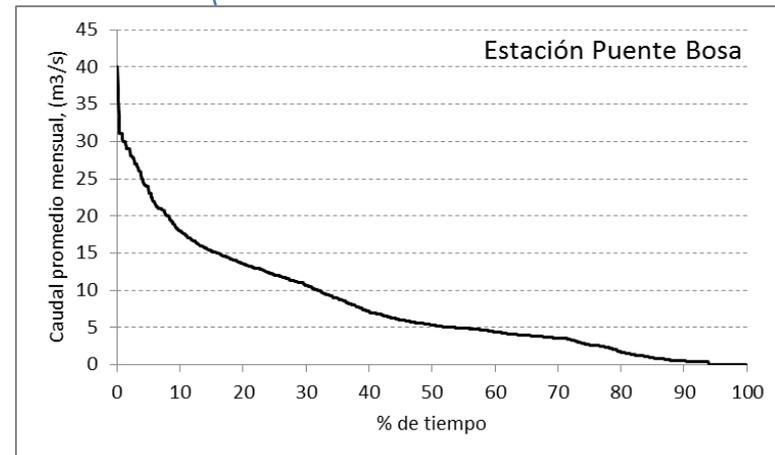
Estación Herradero  
(cuenca alta)



Antes de la operación de la presa Cantarrana  
(antes del año 2007)



Después de la operación de la presa Cantarrana  
(después del año 2007)



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# ERROR RELATIVO DE LAS CURVAS DE PROBABILIDADES CON RESPECTO A LA CURVA EMPÍRICA -ANÁLISIS DE CRECIENTES-

Estación	Error de Ajuste, (%)	Normal	Lognormal	Gamma	Loggamma	Gumbel	Gumbel	Weibull min	Weibull max	Pareto
El Herradero	Medio	31.2	13.9	8.5	30.8	19.8	40.9	92.5	119.9	-
	Máximo	100.1	64.7	74.3	104.5	99.4	146.5	100	502.4	-
Distribución probabilística seleccionada: Gamma										
Puente Bosa	Medio	18.4	22.8	11.1	17.9	11.9	23.7	87.2	108.1	-
	Máximo	83.7	57.7	35.8	82.4	39.9	94.2	100	352.6	-
Distribución probabilística seleccionada: Gamma										

✓



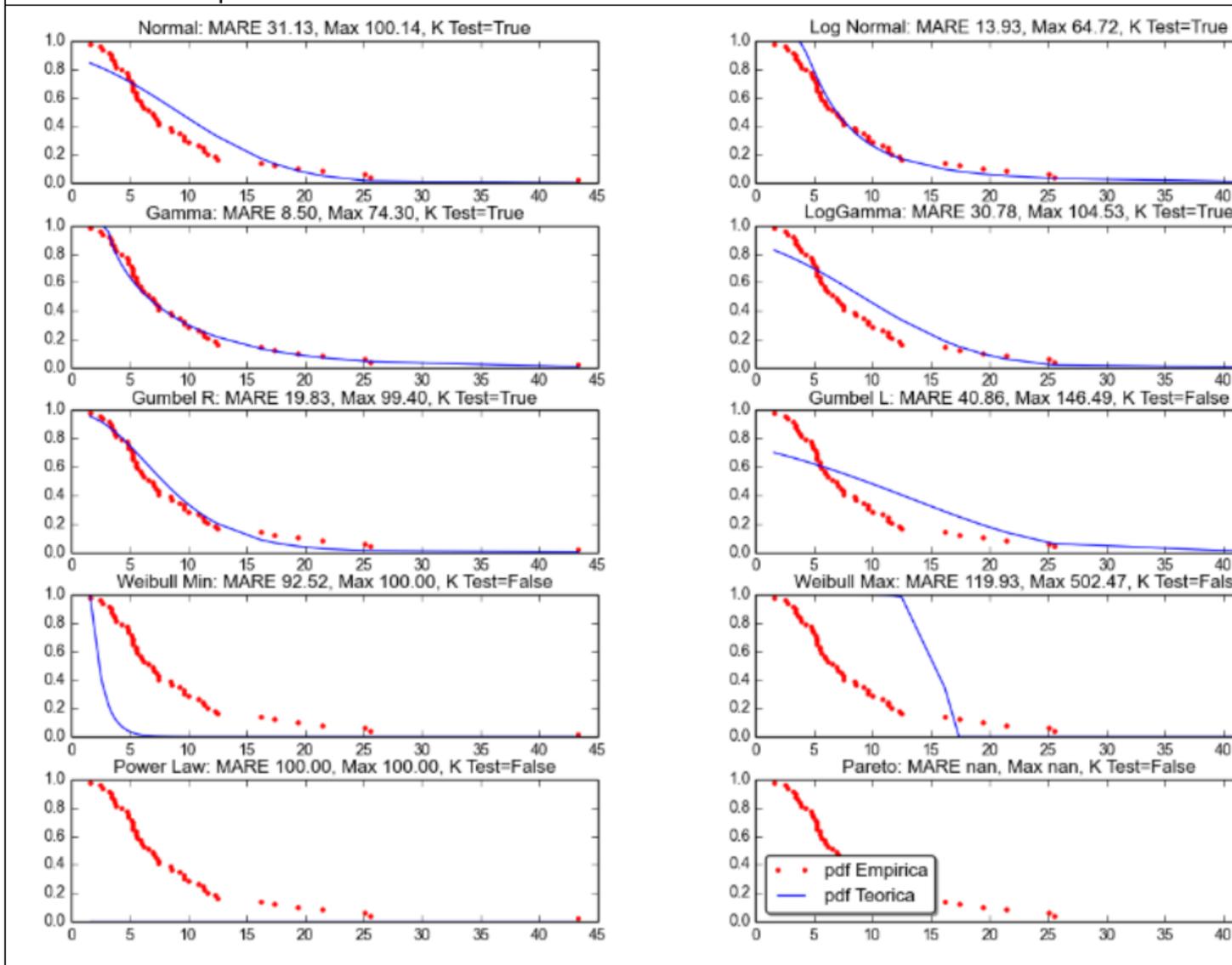
ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

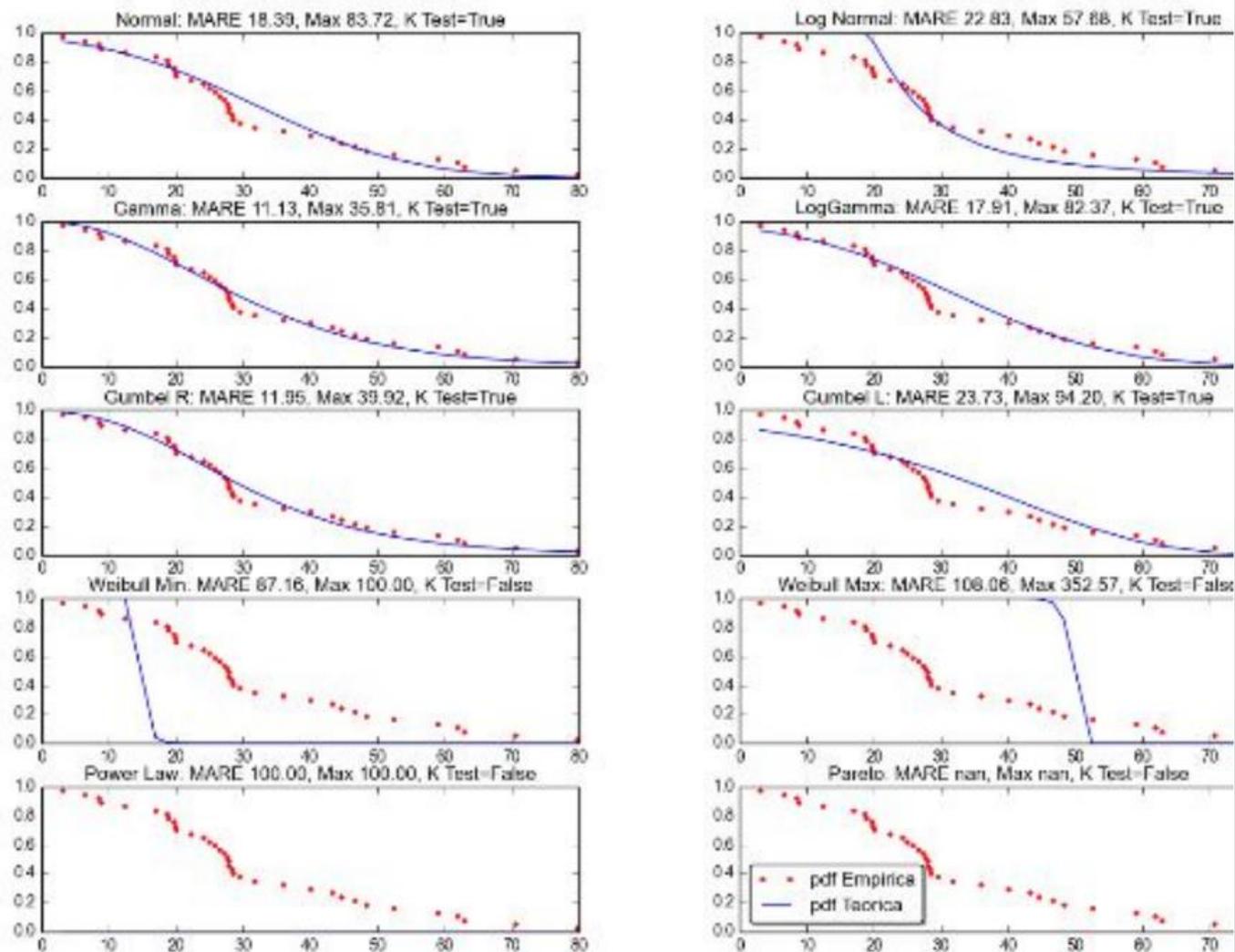
# CURVAS PROBABILÍSTICAS EMPÍRICAS Y TEÓRICAS -ANÁLISIS DE CRECIENTES-

## A. Curvas probabilísticas de la estación El Herradero



# CURVAS PROBABILÍSTICAS EMPÍRICAS Y TEÓRICAS -ANÁLISIS DE CRECIENTES-

## B. Curvas probabilísticas de la estación Puente Bosa



# PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA ESCORRENTÍA DE LA CUENCA

Parámetro	Estación El Herradero	Estación Puente Bosa antes de Cantarrana	Estación Puente Bosa después de Cantarrana
<b>Valores anuales y mensuales</b>			
Caudal medio anual multianual (m <sup>3</sup> /s)	0.600	5.30	5.61
Caudal medio mensual multianual (m <sup>3</sup> /s)	0.595	5.32	7.97
Caudal mínimo mensual multianual (m <sup>3</sup> /s)	0.00	0.006	0.0004
Caudal máximo mensual multianual (m <sup>3</sup> /s)	43.35	79.73	40.00
Diferencia entre caudal máximo y mínimo medio mensual (m <sup>3</sup> /s)	43.34	79.72	40.00
Mes del caudal mínimo en el año	enero	enero	mayo
Mes de caudal máximo en el año	junio	junio	abril
<b>Valores diarios</b>			
Percentil de excedencia del 50% curva caudales diarios (m <sup>3</sup> /s)	0.24	3.83	4.04
Percentil de excedencia del 10% curva caudales diarios (m <sup>3</sup> /s)	1.53	10.84	14.08
Percentil de excedencia del 90% curva caudales diarios (m <sup>3</sup> /s)	0.02	1.12	0.50
Diferencia entre caudales de percentiles del 10% y 90%	1.51	9.72	13.58
Caudal medio máximo diario multianual (m <sup>3</sup> /s)	43.35	79.73	40.00
Caudal medio mínimo diario multianual (m <sup>3</sup> /s)	0.00	0.003	0.004

# PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA ESCORRENTÍA DE LA CUENCA

Parámetro	Estación El Herradero	Estación Puente Bosa antes de Cantarrana	Estación Puente Bosa después de Cantarrana
<b>Valores máximos (avenidas)</b>			
Caudal rebasado 10 días al año	3.04	20.82	17.81
Percentil de excedencia del 5% curva caudales diarios ( $m^3/s$ )	2.32	14.63	17.30
Coefficiente de variación de caudales máximos diarios CV (%)	0.82	0.53	Registro corto para el análisis estadístico
Máximo número de días consecutivos con caudal medio diario $>Q_{5\%}$	14.0	10.0	12.0
<b>Valores mínimos (sequías)</b>			
Caudal rebasado 355 días al año	0.00	0.41	0.008
Percentil de excedencia del 95% curva caudales diarios ( $m^3/s$ )	0.01	0.52	0.009
Coefficiente de variación de caudales mínimos diarios CV (%)	1.11	0.74	Registro corto para el análisis estadístico
Promedio días al mes con caudal medio diario $<Q_{95\%}$	3.8	9.6	4.3
Máximo número de días consecutivos con caudal medio diario $<Q_{95\%}$	80.0	245	21.0
Promedio días al año con caudal medio diario = 0	3	0	0

# PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA ESCORRENTÍA DE LA CUENCA

Parámetro	Estación El Herradero	Estación Puente Bosa antes de Cantarrana	Estación Puente Bosa después de Cantarrana
<b>Valores para cálculo de caudal ambiental</b>			
Percentil de excedencia del 75% curva caudales diarios (m <sup>3</sup> /s)	0.07	2.78	1.67
Percentil de excedencia del 85% curva caudales diarios (m <sup>3</sup> /s)	0.04	2.07	0.84
Percentil de excedencia del 75% curva caudales mensuales (m <sup>3</sup> /s)	0.13	0.59	2.67
Percentil de excedencia del 85% curva caudales mensuales (m <sup>3</sup> /s)	0.06	0.45	0.99
<b>Valores extremos (análisis de frecuencia)</b>			
Caudal índice o máximo medio multianual (Qi)	9.15	31.96	18.30
Caudal de creciente para TR 2 años	6.47	28.95	Registro corto para el análisis estadístico
Caudal de creciente para TR 5 años.	13.04	47.80	
Caudal de creciente para TR 10 años.	18.05	60.21	
Caudal de creciente para TR 20 años.	24.16	71.87	
Caudal de creciente para TR 50 años.	31.85	86.57	
Caudal de creciente para TR 100 años	37.77	97.32	
Caudal de creciente para TR 200 años	43.76	107.84	

# CAUDAL DISPONIBLE

Río-Estación	Caudal medio multianual m <sup>3</sup> /s	Caudal ambiental curva Q medios diarios m <sup>3</sup> /s	Relación caudal ambiental/caudal medio	Caudal disponible m <sup>3</sup> /s
Río Chisacá – La Toma	0,72	0,178	0,2472	0,542
Río Mugroso – El Herradero	0,60	0,07	0,1167	0,53
Río Curubital – Puente Australia	1,97	0,018	0,0091	1,952
Toma+Herradero+Pte Australia	3,29	0,266	0,0809	3,024
Río Tunjuelo- Puente Bosa	5,30	2,78	0,5245	2,52
Río Tunjuelo con relación Qamb/Qmed cuenca alta	5,30	0,429	0,0809	4,871

**Conclusión: el método ERA de cálculo del caudal ambiental castiga fuertemente la regulación.  
Se recomienda calcular el caudal ambiental con la curva de duración anterior a la regulación**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# PARÁMETROS DE EXTRACCIÓN, RETORNO Y TRANSVASE

Sector	Área	Demanda parcial (L/s)	Extracciones (L/s)			Transvase Tr (L/s)	Retorno Rt (L/s)
			Extracción total (L/s)	Extracción cuenca (L/s)	Extracción Tr (L/s)		
Consumo humano Ch	Urbano	3.125,30	3.125,30	550,01	2.575,29	2.575,29	2.500,24
	Rural	49,80	49,80	49,80	0,00	0,00	39,84
Servicios Css	Educación	283,56	628,17*	110,55	517,62	517,62	502,54
	Salud	62,36					
	Servicios y comercio	138,94					
	Oficinas	40,64					
	Otros	45,47					
Preservación de fauna y flora Cpff	Caudal ambiental	429,00					
Agrícola Csa	Consumo agrícola	54,10	54,10	54,10	0,00	0,00	0,00
Pecuario Csp	Consumo pecuario	1.130,04	1.130,04	1.130,04	0,00	0,00	0,00
Recreativo Cr	Recreativo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industrial Csi	Sectores industriales	1.131,17	1.246,89*	219,44	1.027,45	1.027,45	884,56
	Construcción	2,32					
Energía Ce	Energía térmica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	En. hidroeléctrica	0,00					
Minería Cmm	Industria de arcillas	7,99	41,33*	41,33	0,00	0,00	5,57
	Industria gravillera	29,58					
Pesca y acuicultura Cspma	Pesca y acuicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Navegación y transporte Cnt	Navegación y transporte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>			<b>6.275,63</b>	<b>2.155,27</b>	<b>4.120,36</b>	<b>4.120,36</b>	<b>3.932,74</b>

\*Incluye ajuste por cobertura del 10% (no incluido en demanda parcial)

\*\*Extracción en % estimada con base en la extracción real de caudal del río (880 L/s) para los usos que consumen el agua de la red del acueducto de Bogotá.

# BALANCE HÍDRICO A NIVEL DE CUENCA

$$P - ETR - Ex + Rt \pm Tr \pm \Delta S \pm \Delta er = Esc$$

Donde:

**P:** Precipitación (mm).

**ETR:** Evapotranspiración real (mm) (evaporación + transpiración)

**Ex:** Sumatoria del volumen extraído expresado en mm (demanda) para el período en consideración.

**Tr:** Sumatoria del volumen de trasvase (mm) hacia (+) o desde (-) la cuenca.

**Rt:** Sumatoria del volumen de agua que retorna a la cuenca asociada a diferentes actividades, en el período considerado (mm).

**$\Delta S$ :** Cambio de almacenamiento (mm).

**$\Delta er$ :** Término residual de discrepancia (mm).

**Esc:** Escorrentía media a partir del caudal medido en la estación hidrométrica (mm) durante el período considerado.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

Fuente: Basado en IDEAM, 2013



BOGOTÁ  
HUMANANA

# BALANCE HÍDRICO A NIVEL DE CUENCA

Parámetro	Valor anual (mm)
P (precipitación)	911,6
ETR (evapotranspiración real)	471,8
Esc (escorrentía media)	408,04
Ex (extracción anual)	483,15
Tr (transvase)	317,22
Rt (retorno)	302,77
$911,6 \text{ mm} - 471,8 \text{ mm} - 483,15 \text{ mm} + 302,77 \text{ mm} + 317,22 \text{ mm} \pm \Delta_{er} = \text{Esc}$	408,04
$\Delta_{er}$	168,61mm = 2,19 m <sup>3</sup> /s



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANANA

# ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA IRH

Indicador	Fórmula	Significado, información necesaria y otros aspectos
<b>Índice de retención y regulación hídrica IRH</b>	$IRH = V_p/V_t$	<i>Significado:</i> Mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas. Varía entre 0 y 1. Mientras más bajos menor regulación.
	$V_p =$ Área por debajo del caudal medio en la curva de frecuencias	<i>Información necesaria:</i> Curva de frecuencias acumuladas de caudales medios diarios (o mensuales), para estaciones con más de 15 años de registro.
	$V_t =$ Área rotal bajo la curva de frecuencias acumuladas	Cartografía básica del IGAC a escala 1:100.000, 1:25.000 o mayor. <i>Forma de representación:</i> Mapa de isolíneas de IRH.

Rangos	Capacidad de regulación
> 0,85	Muy alta
0,75 – 0,85	Alta
0,65 – 0,75	Media
0,50 – 0,65	Baja
<0,50	Muy baja



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA IRH

$$IRH = V_p/V_t$$

$V_p$  = Área por debajo del caudal medio en la curva de frecuencias

$V_t$  = Área total bajo la curva de frecuencias acumuladas

Nombre de la estación	Período de registro	Índice de regulación	Clasificación de regulación
El Herradero – río Mugroso (cuenca alta del río Tunjuelo)	1953 – 2013	0,49	Muy baja
Pte. Bosa – río Tunjuelo (cuenca baja del río Tunjuelo)	1970 – 2006	0,70	Media
Pte. Bosa – río Tunjuelo (cuenca baja del río Tunjuelo)	2007 - 2013	0,63	Baja

# ÍNDICE DE ARIDEZ IA

Indicador	Fórmula	Significado, información necesaria y otros aspectos
<b>Índice de aridez IA</b>	$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$ <p>ETP = Evapotranspiración potencial (mm)</p> <p>ETR = Evapotranspiración real (mm)</p>	<p><i>Significado:</i> Mide el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. Varía entre 0 y 1. Mientras más altos mayor déficit de precipitación.</p> <p><i>Información necesaria:</i> Precipitación diaria, mensual y anual, para estaciones con más de 15 años de registro.</p> <p>Temperatura media diaria, mensual y anual, para estaciones con más de 15 años de registro.</p> <p>Parámetros necesarios para el cálculo de ETP.</p> <p>ETR se calcula por las fórmulas de Budyko o Turc.</p> <p>ETP se calcula por la fórmula de Penman-Montieh</p> <p>Cartografía básica del IGAC a escala 1:25.000 o mayor.</p> <p><i>Forma de representación:</i> Mapa de isolíneas de IA.</p>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

# ÍNDICE DE ARIDEZ IA

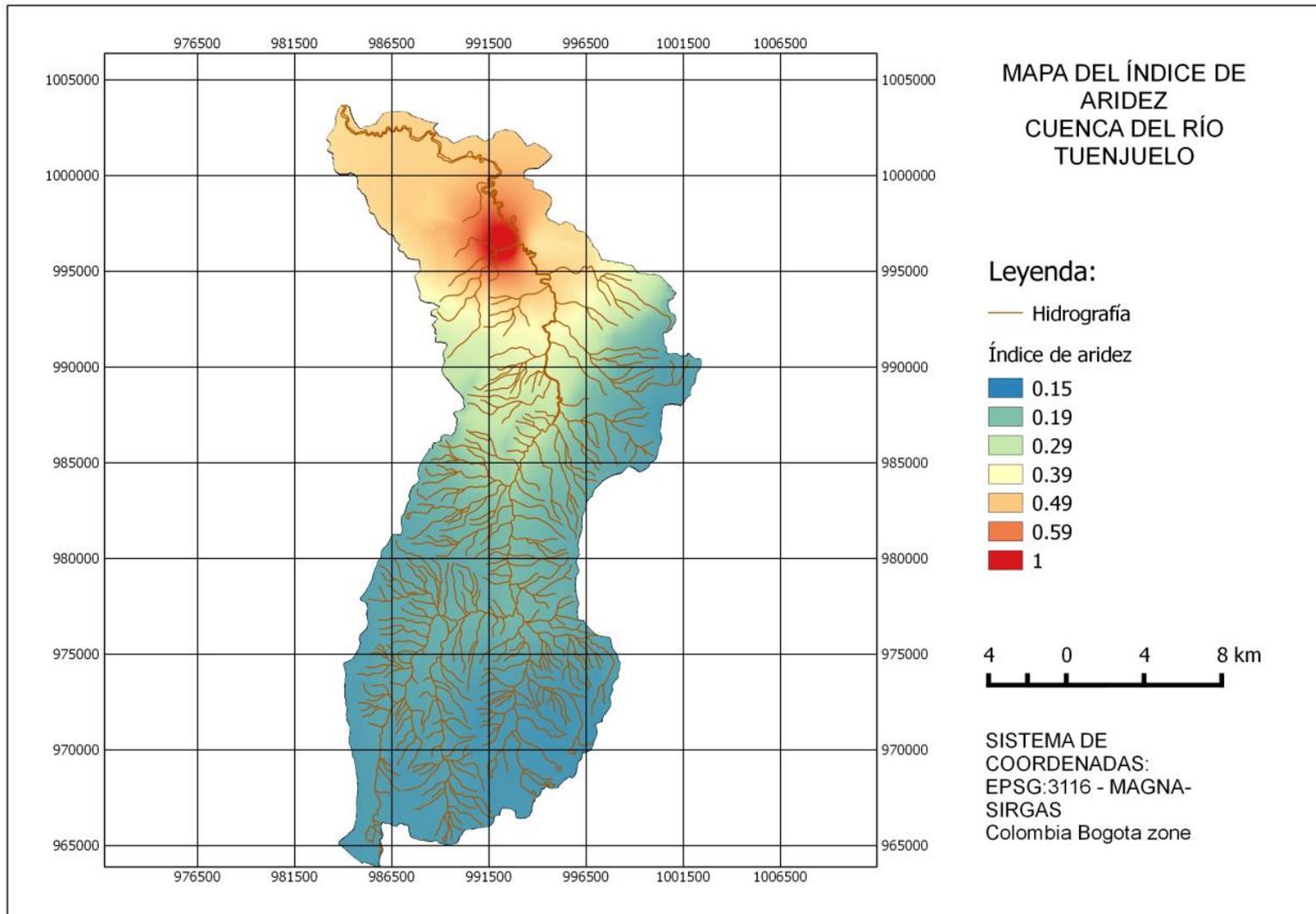
Rango del índice de aridez	Característica	Color de categoría
<0,15	Altos excedentes del agua	
0,15 – 0,19	Excedentes del agua	
0,20 – 0,29	<b>Entre moderado y excedentes de agua</b>	
0,30 – 0,39	Moderado	
0,40 – 0,49	Entre moderado y deficitario de agua	
0,50 – 0,59	Deficitario de agua	
>0.60	Altamente deficitario de agua	

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

$$IA = \frac{593,6 - 471,8}{593,6}$$

$$IA = 0,2052$$

# MAPA DEL ÍNDICE DE ARIDEZ IA



# RESULTADOS OBTENIDOS

## EVALUACIÓN DE LA OFERTA DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LA CUENCA DEL RÍO TUNJUELO



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

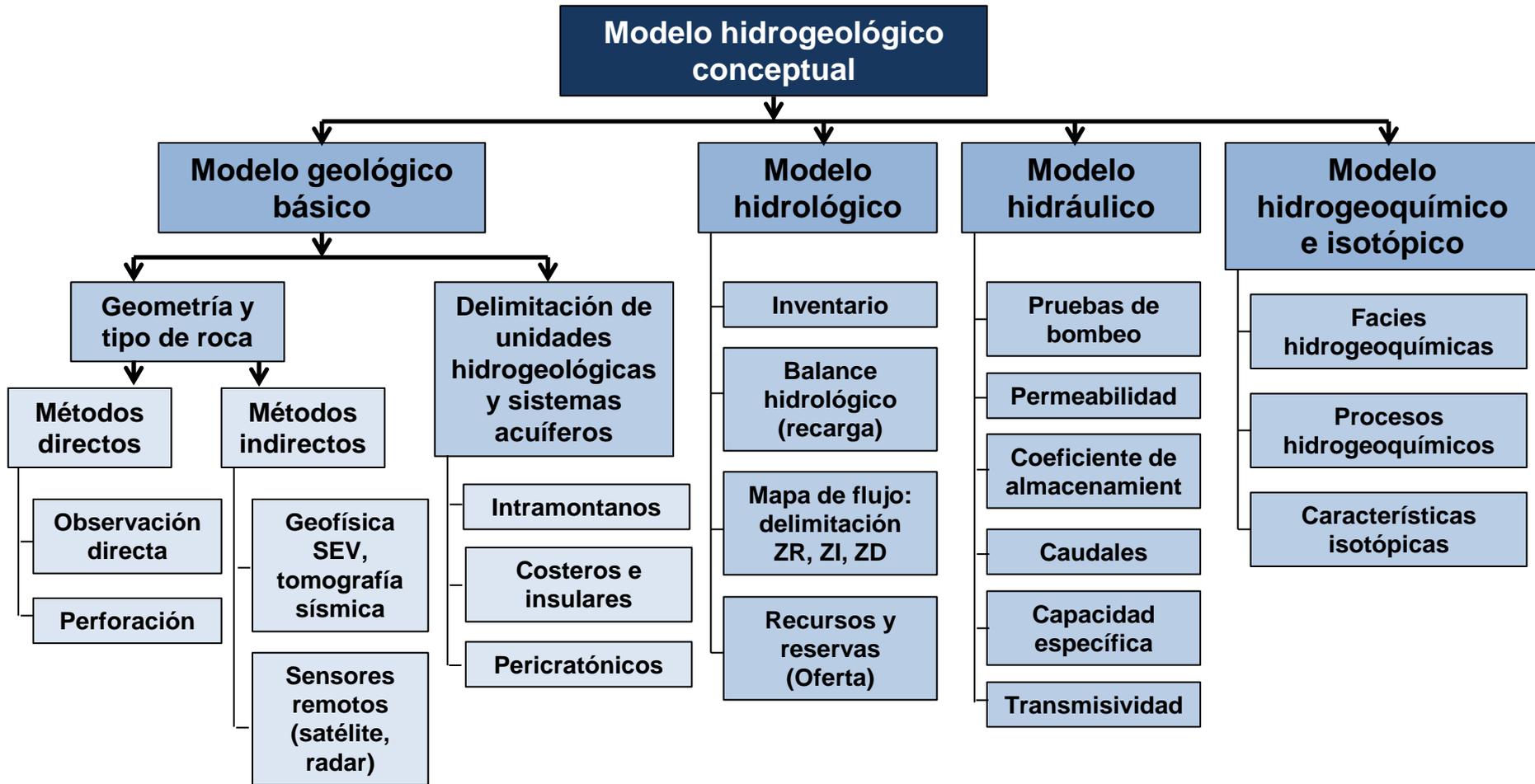


Formato: FI0203F08-02

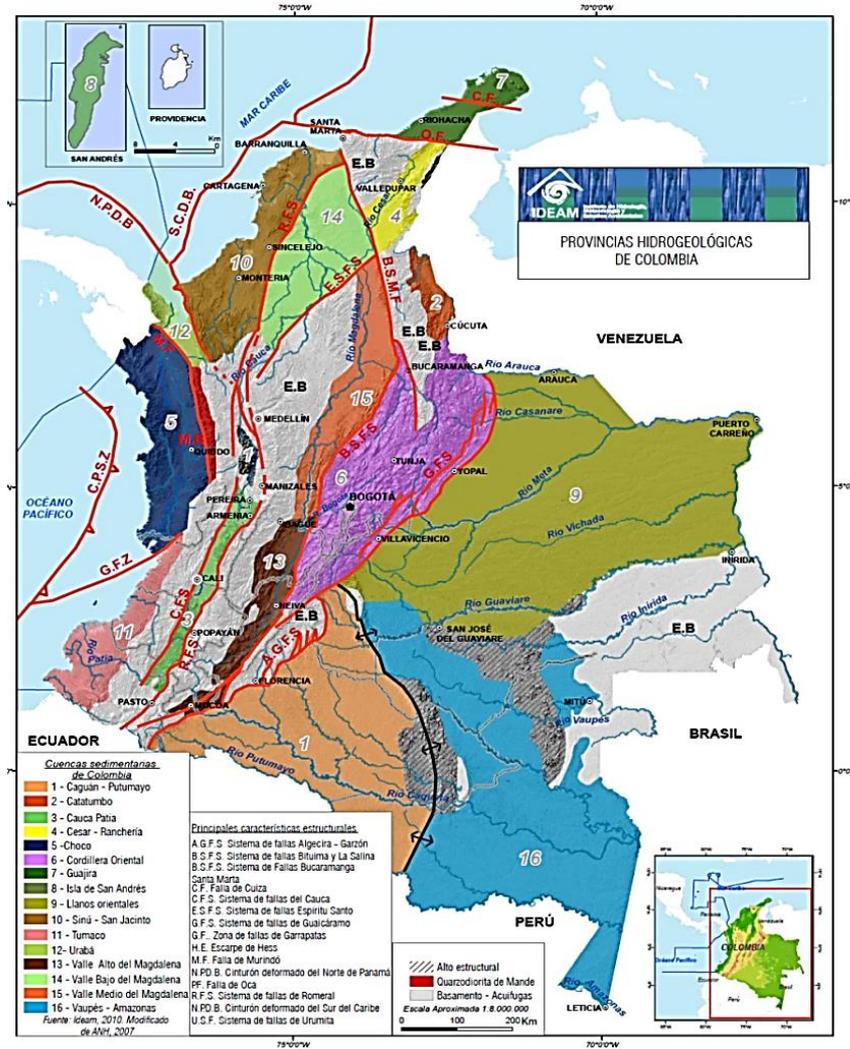
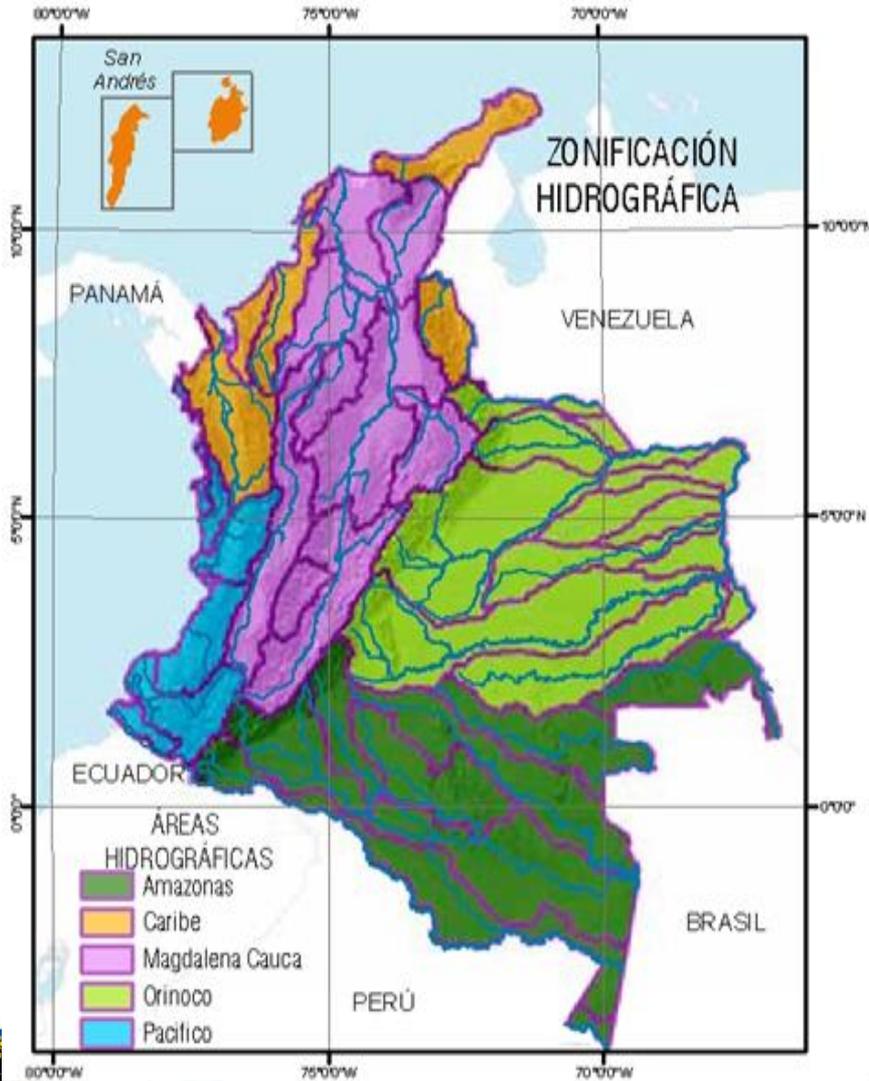
The Bogotá Humana logo consists of the word 'BOGOTÁ' in a multi-colored, uppercase font (B: blue, O: orange, G: green, O: red, T: yellow, Á: purple) above the word 'HUMANA' in a black, uppercase font. A small heart symbol is integrated into the letter 'U' of 'HUMANA'.

BOGOTÁ  
HUMANA

# MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL



# ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA VS ZONIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA



# PROVINCIA HIDROGEOLÓGICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL



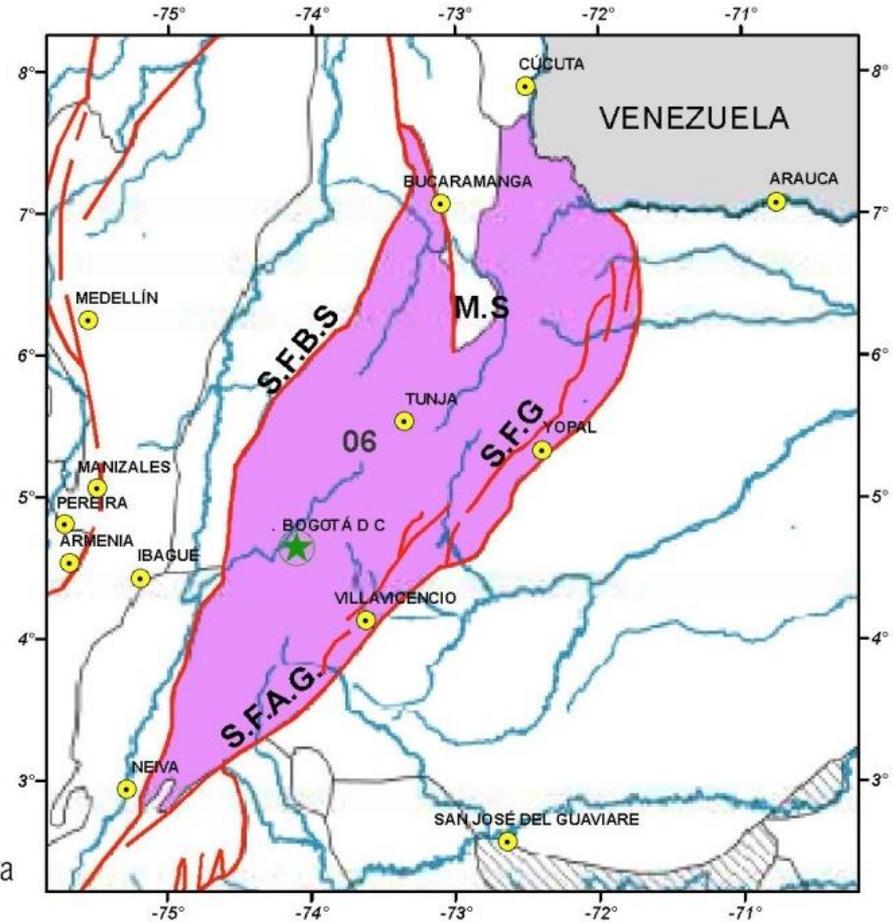
## LÍMITE

Norte: Rocas ígneas y metamórficas del Macizo de Santander (M.S.)

Sur: Sistema de fallas de Algeciras - Garzón (S.F.A.G.)

Oeste: Sistema de fallas de Bituima y La Salina (S.F.B.S.)

Este: Sistema frontal de empuje de la Cordillera Oriental



Fuente: Modificado de ANH, 2007



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



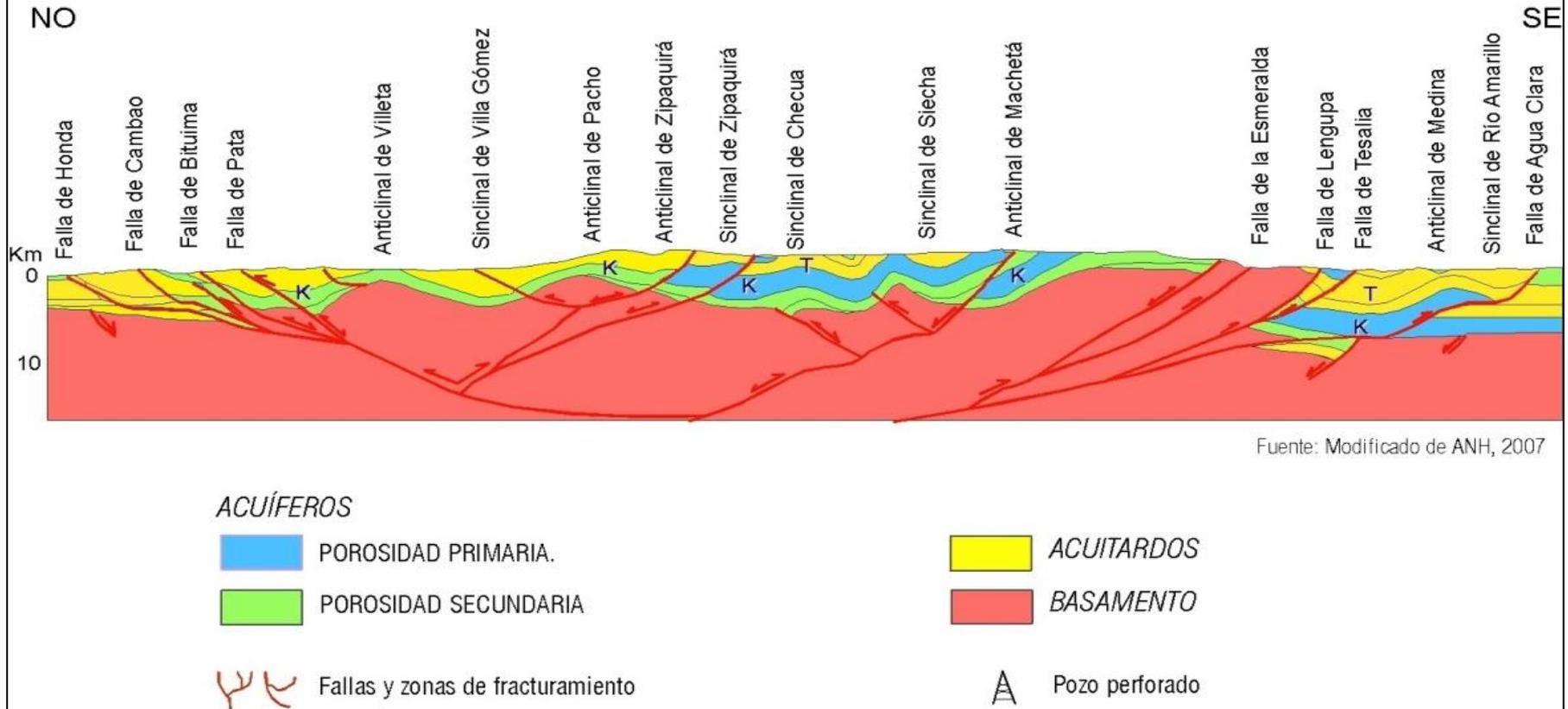
acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANANA

# MODELO HIDROGEOLÓGICO BÁSICO DE LA CORDILLERA ORIENTAL

Modelo hidrogeológico básico de la Cordillera Oriental



# COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LA CORDILLERA ORIENTAL

PERIODO	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	LITOLOGÍA PREDOMINANTE			
Q	DEPÓSITOS FLUVIO-LACUSTRES, TERRAZA ALTA, FM. TILATA		Depósitos aluviales, glaciares y lacustres			
	Terciario	FM. CONCENTRACIÓN		Lutitas		
		FM. BOGOTÁ		Lutitas y areniscas		
		FM. PICACHO		Areniscas y conglomerados		
		FM. SOCHA	Superior		Lutitas y areniscas	
			Inferior		Areniscas	
		FM. GUADUAS		Lutitas, areniscas y carbón		
		Cretáceo	GR. GUADALUPE		Areniscas con intercalaciones de lutitas	
			GR. VILLETA	FM. CHIPAQUE		Lutitas oscuras, calizas y areniscas
				FM. UNE		Areniscas con intercalaciones de lutitas
				FM. FÓMEQUE		Lutitas oscuras
	Jurásico	ARENISCAS LAS JUNTAS		Areniscas con intercalaciones de lutitas oscuras		
FM. MACANAL			Lutitas			

### LEYENDA HIDROGEOLÓGICA

- Acuífero porosidad primaria
- Acuífero porosidad secundaria
- Acuitardo
- Acuífuga

Fuente: Modificado de Ecopetrol, 1998.

Fuente: IDEAM, 2010



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



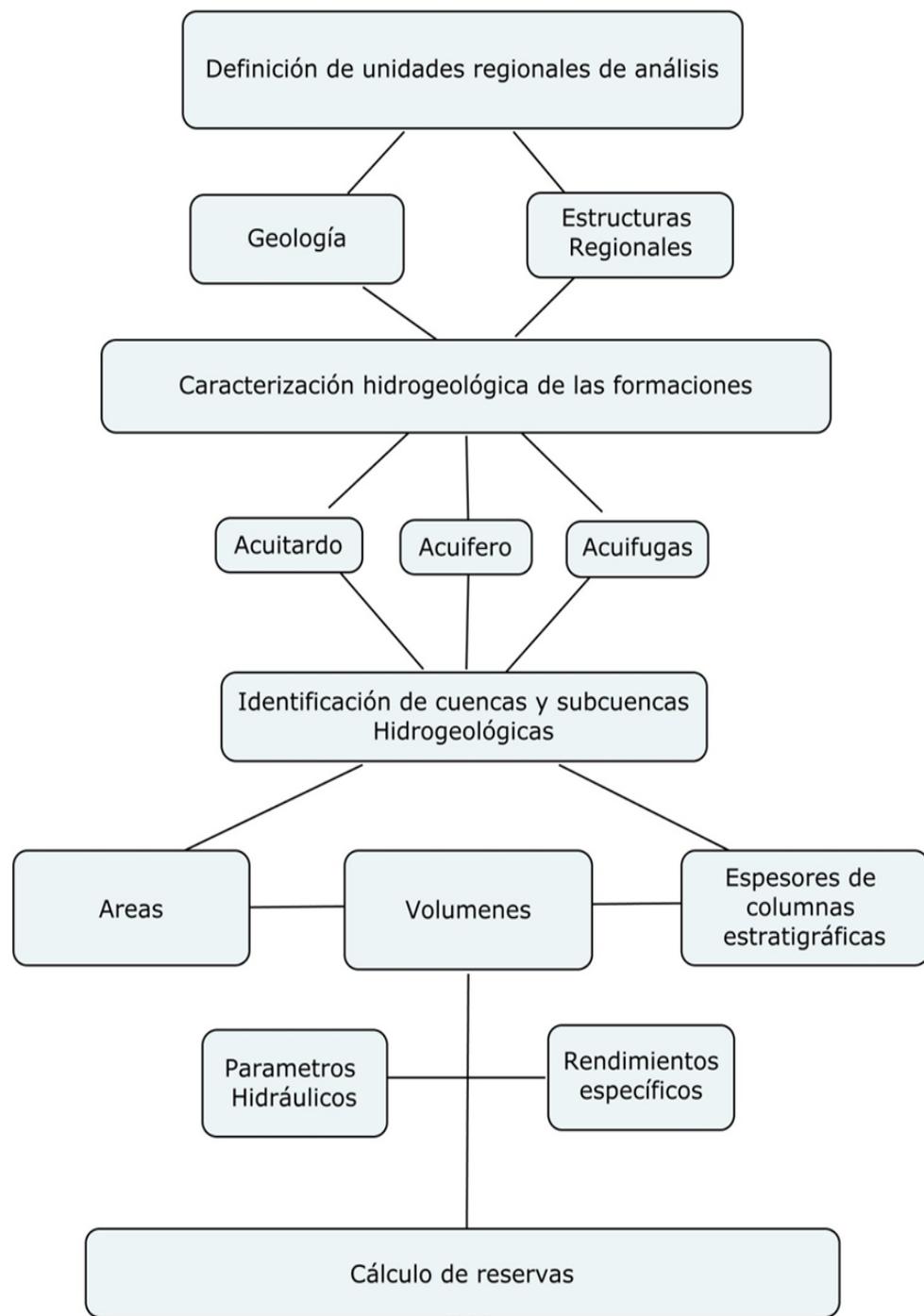
acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

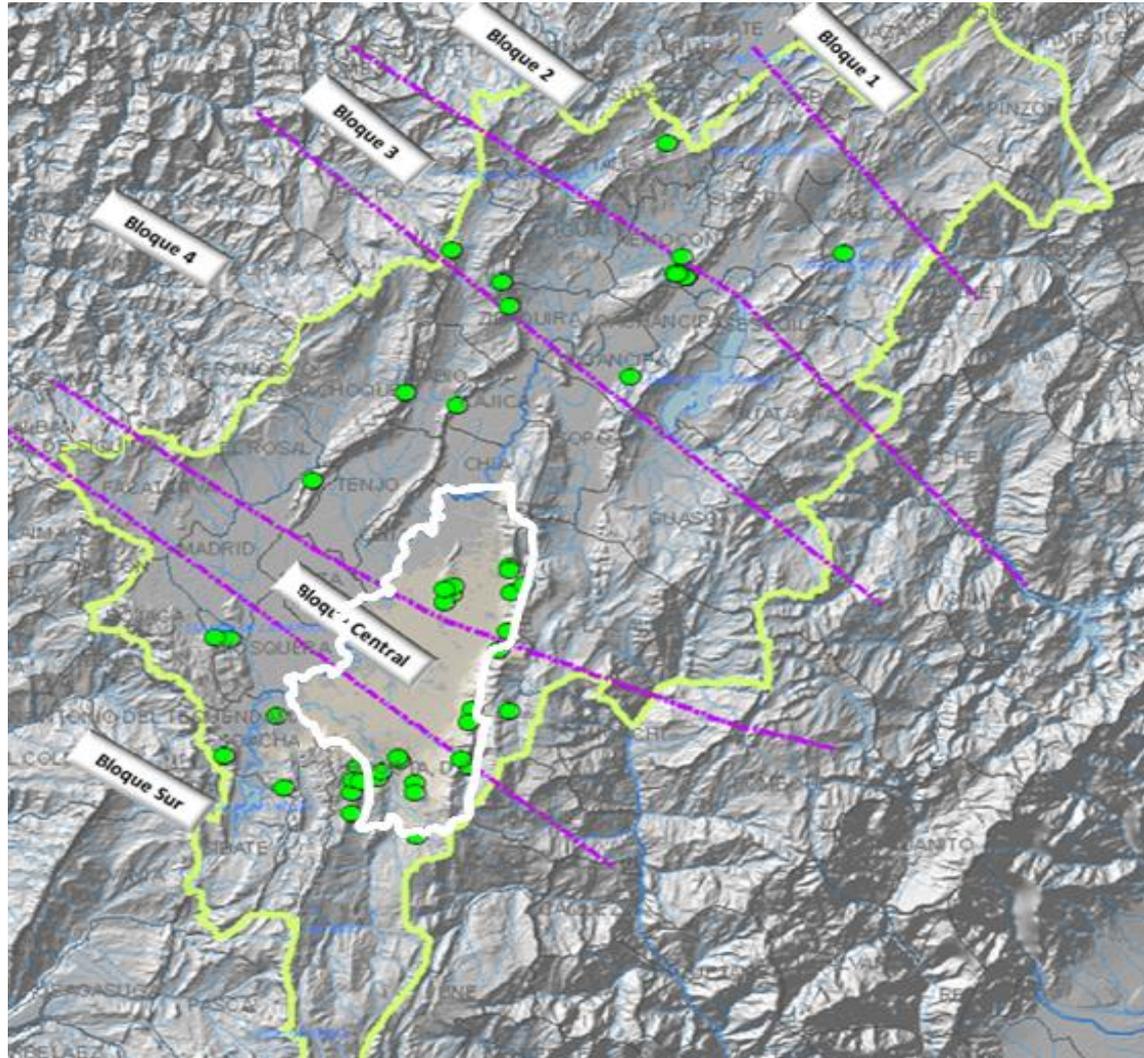
# CUENCAS SEDIMENTARIAS DE CUNDINAMARCA



# PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA ERA – AGUAS SUBTERRÁNEAS



# BLOQUES PROPUESTOS SEGÚN RASGOS TRANSVERSALES



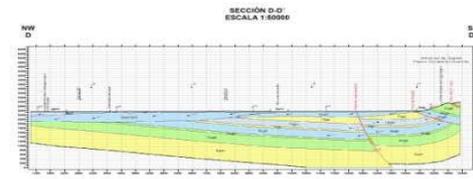
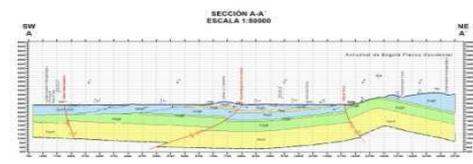
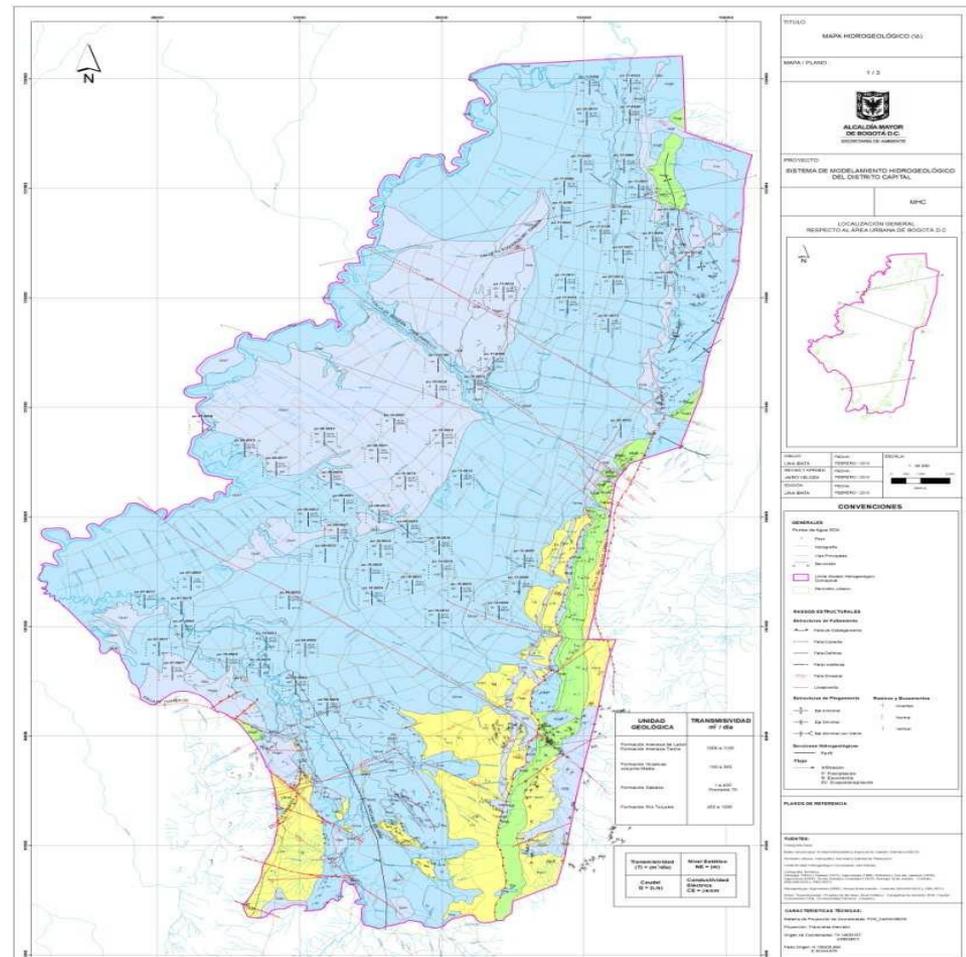
ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02

**BOGOTÁ**  
HUMANANA

# MAPA HIDROGEOLÓGICO DEL DISTRITO CAPITAL



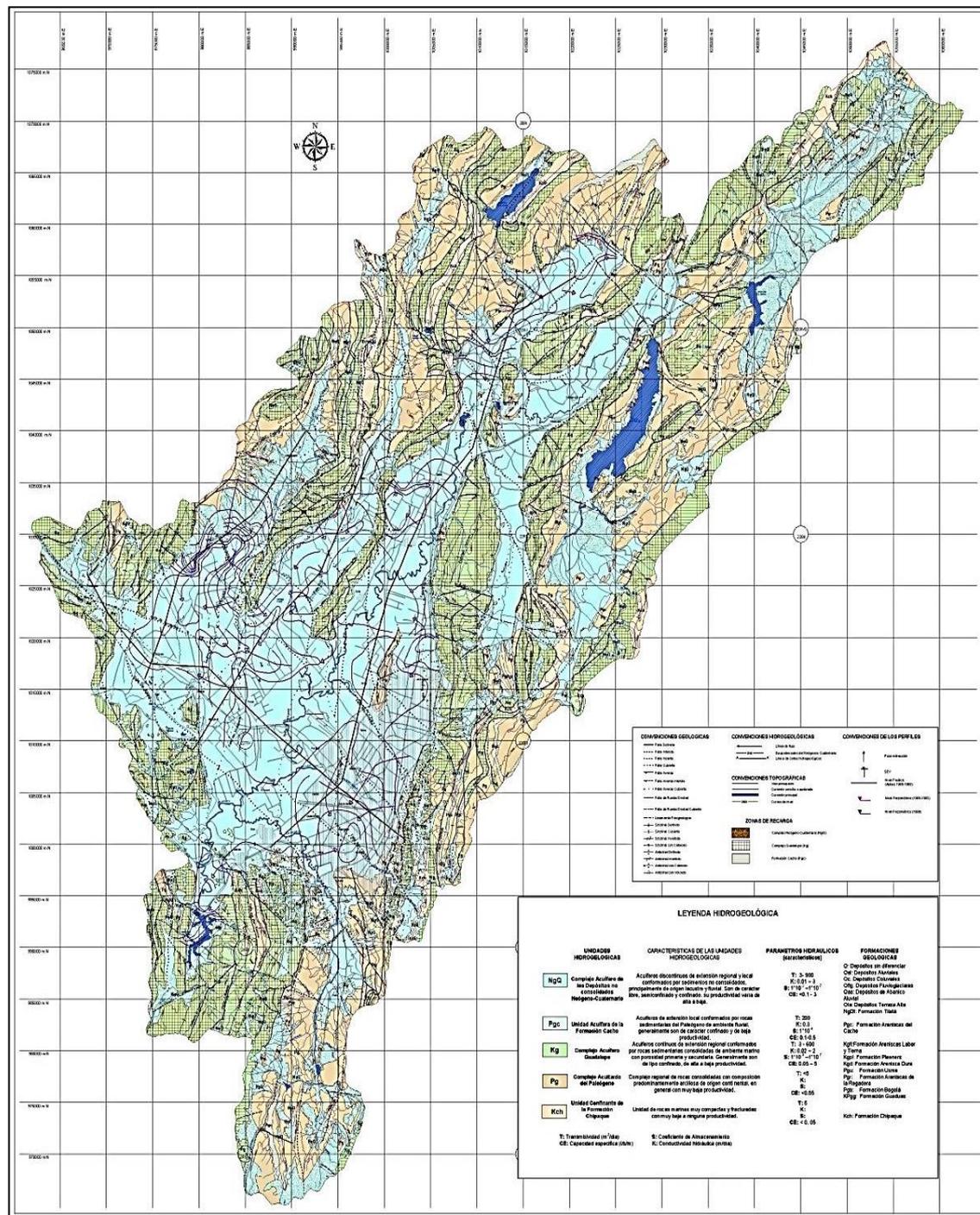
**LEYENDA HIDROGEOLÓGICA**

CONDUCTIVIDAD DE LAS CAPAS	IMPEDIMENTO HIDROLÓGICO
<b>ALTA</b> Mayor de 1000 con flujo lateral y a lo largo de la zona de infiltración	<b>ALTO</b> Mayor de 1000 con flujo lateral y a lo largo de la zona de infiltración
<b>INTERMEDIA</b> Entre 100 y 1000 con flujo lateral y a lo largo de la zona de infiltración	<b>INTERMEDIO</b> Entre 100 y 1000 con flujo lateral y a lo largo de la zona de infiltración
<b>BAJA</b> Menor de 100 con flujo lateral y a lo largo de la zona de infiltración	<b>BAJO</b> Menor de 100 con flujo lateral y a lo largo de la zona de infiltración



Fuente: SDA, 2013

# MAPA HIDROGEOLÓGICO DE LA SABANA DE BOGOTÁ



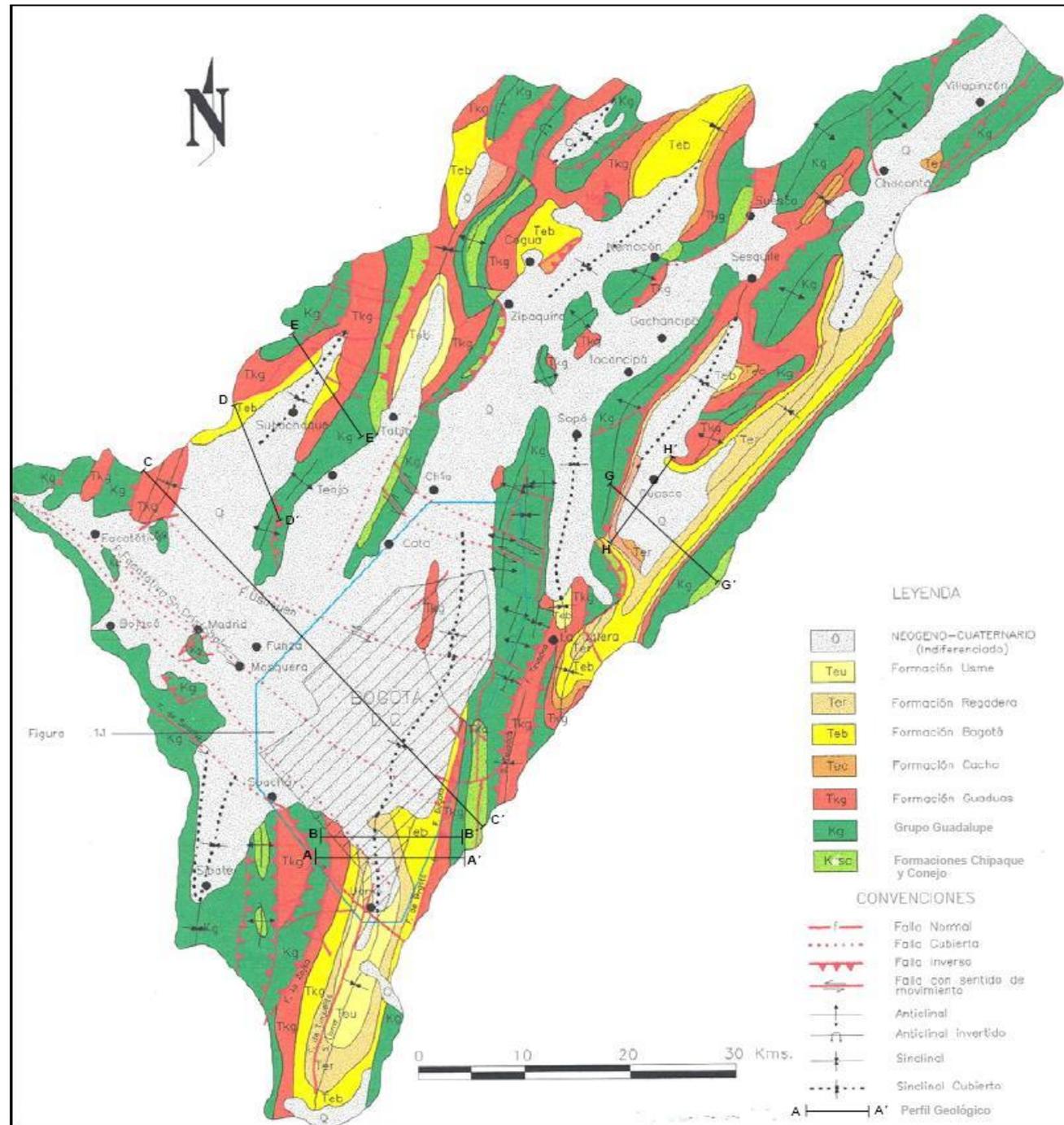
ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Fuente: INGEOMINAS,  
1999

Formato: FI0203F08-02

# MAPA GEOLÓGICO DE LA SABANA DE BOGOTÁ



Fuente: INGEOMINAS,  
2004



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

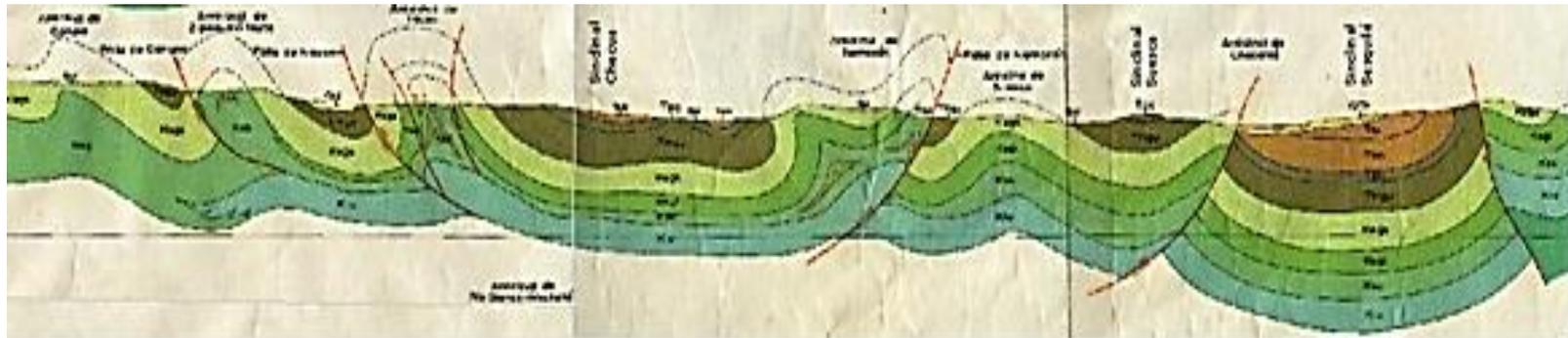


acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

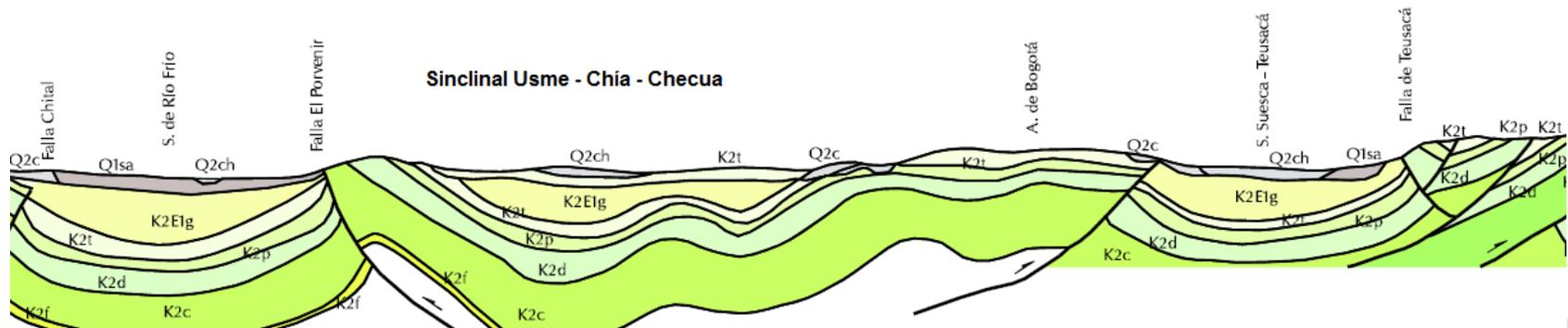
# CORTES GEOLÓGICOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ

Corte geológico A-A' cuadrángulo Zipaquirá – K11 (Ingeominas, 1975)



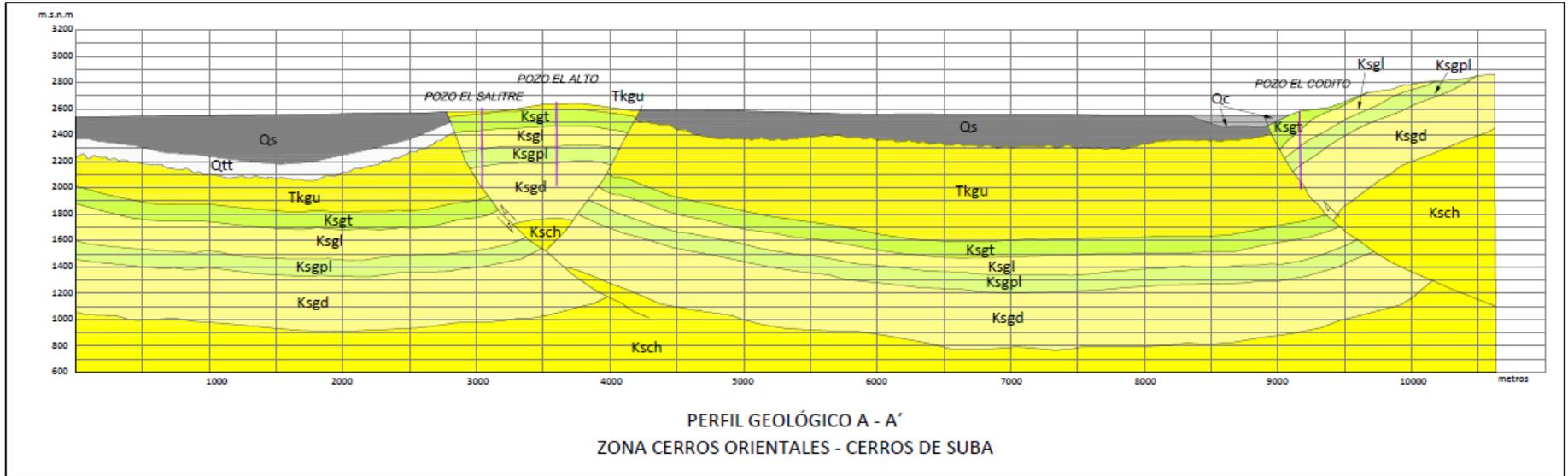
D. Aluviales      F. Regadera      F. Cacho      F. Guadalupe S.      F. Chipaque  
 F. Tilatá      F. Bogotá      F. Guaduas      F. Guadalupe I.      F. Une

Sección geológica elaborada por INGEOMINAS, 2005, en la cual se sugiere la presencia de un anticlinal dentro del sinclinal de Usme-Chía-Checua.

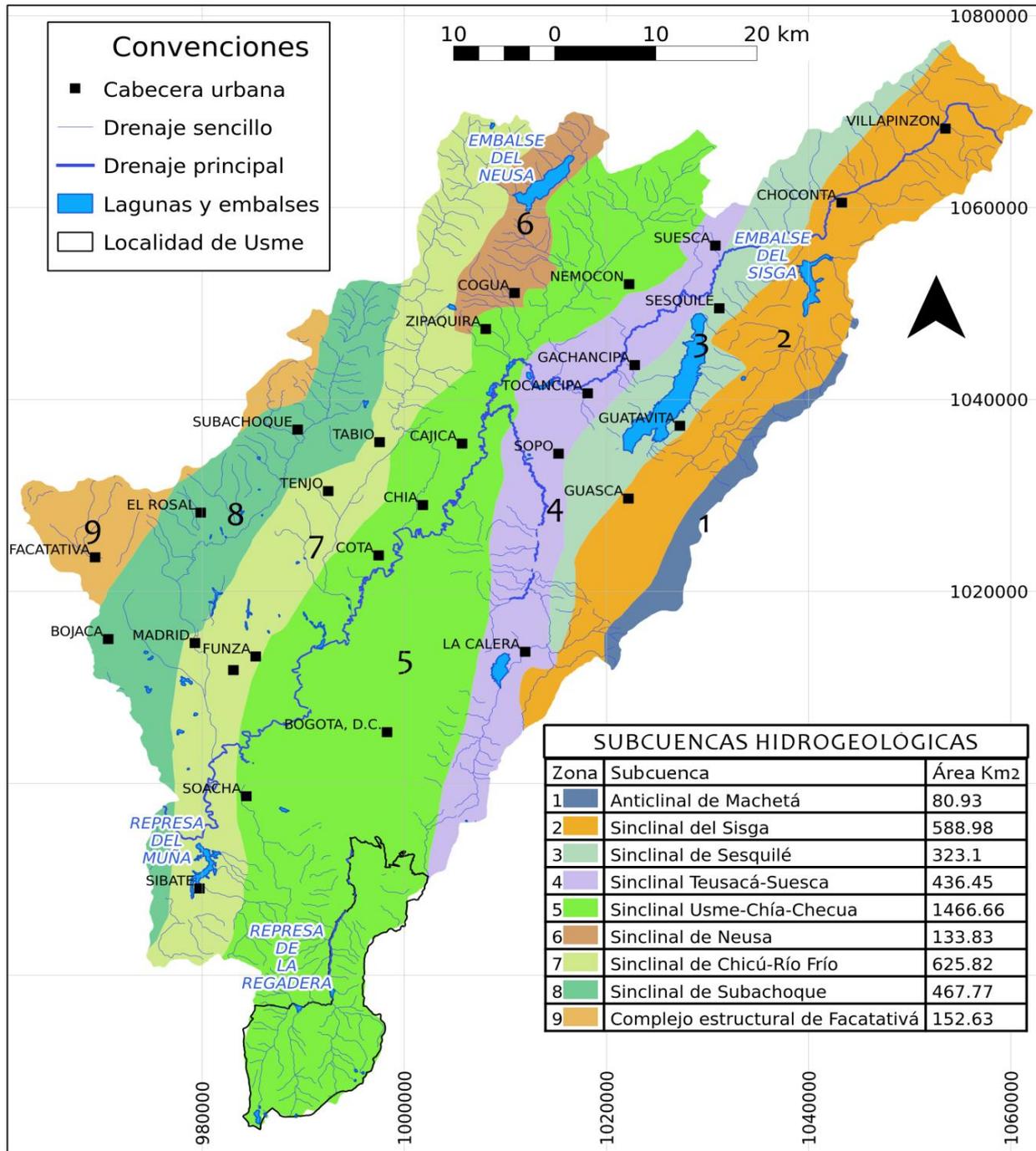


# CORTES GEOLÓGICOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ

La estructura geológica del cerro de Suba rompe la continuidad de los niveles de areniscas del Grupo Guadalupe (señalados en color verde).



# CUENCAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA SABANA DE BOGOTÁ



Fuente: CAR – ERA, César Rodríguez, 2014



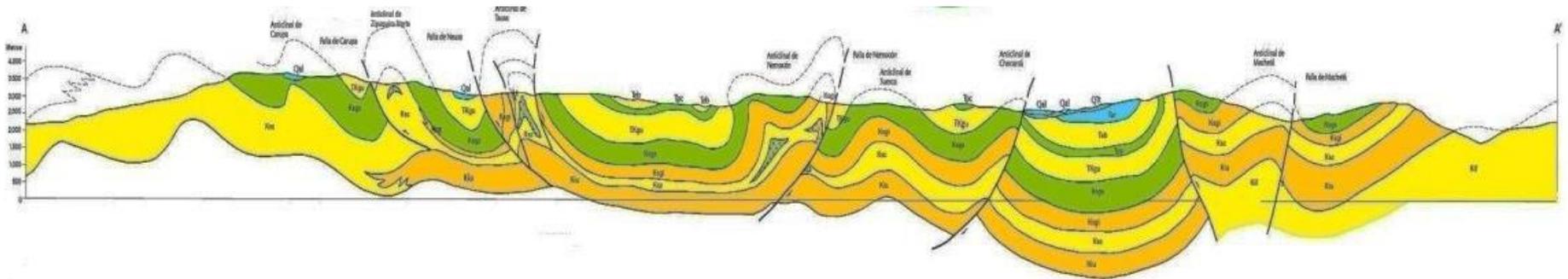
ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



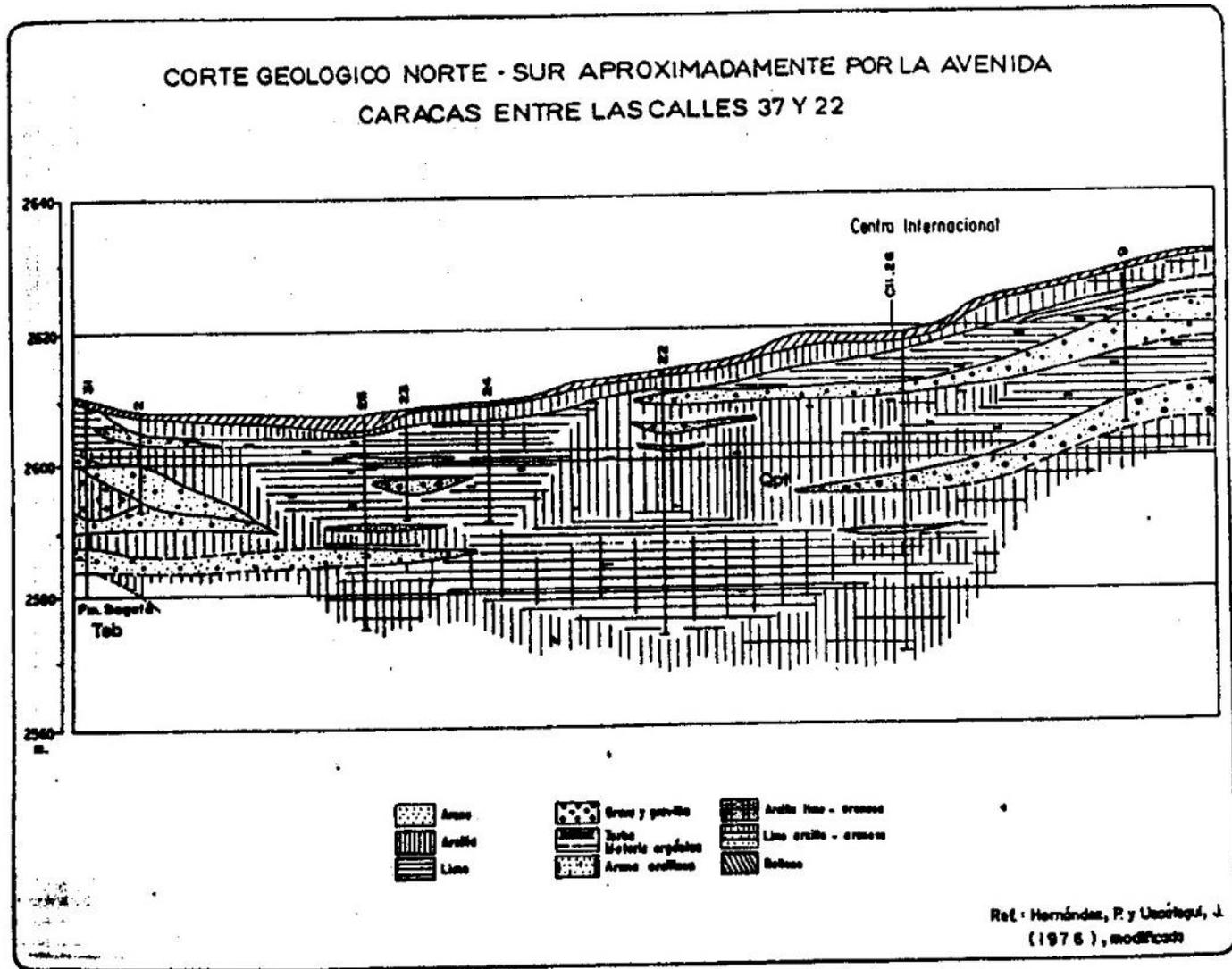
Formato: FI0203F08-02

# CORTES HIDROGEOLÓGICOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ

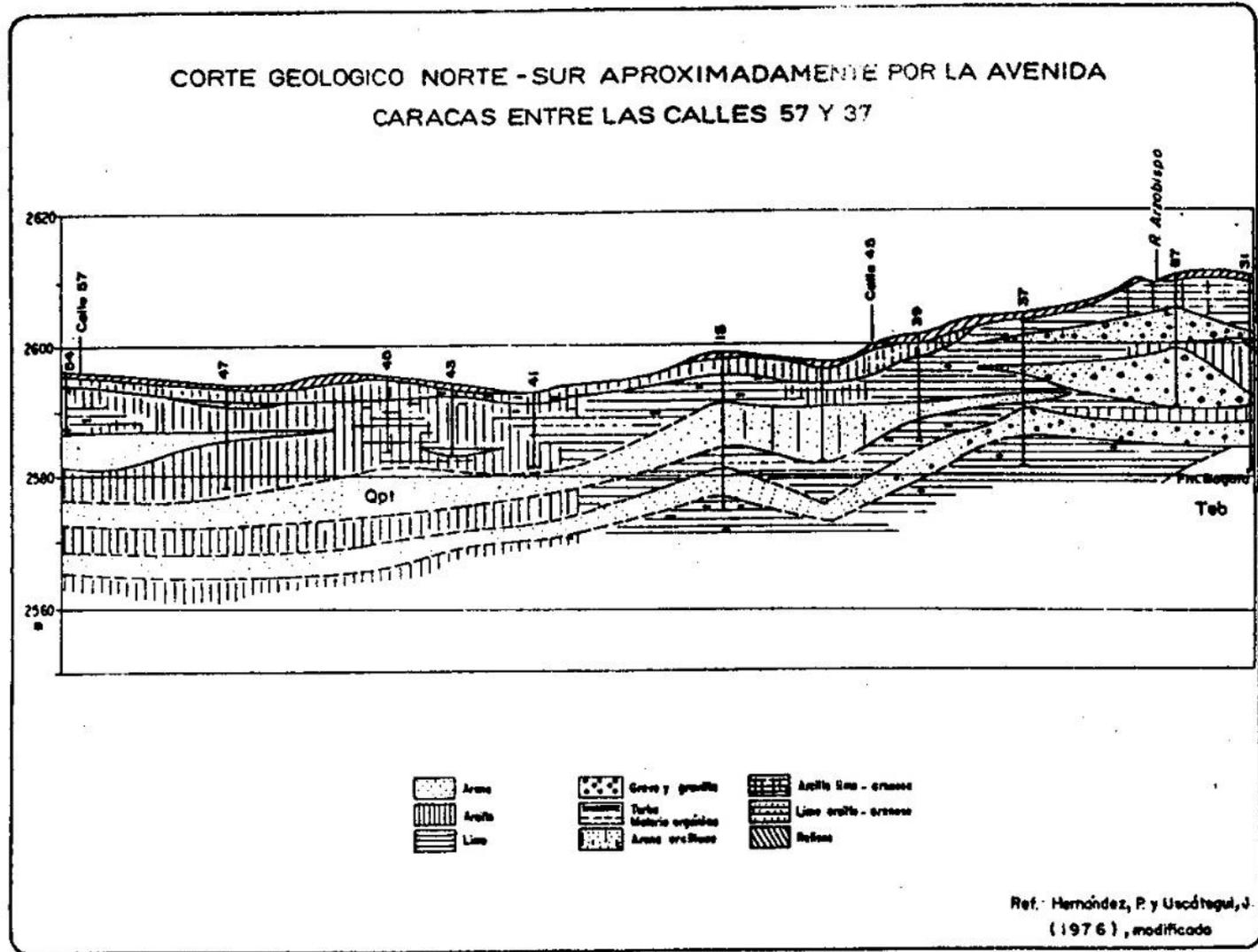
Sección hidrogeológica Sabana de Bogotá. Basada en el corte geológico A-A', de la plancha de INGEOMINAS Zipaquirá – K11.



# CORTES HIDROGEOLÓGICOS EN EL DISTRITO CAPITAL

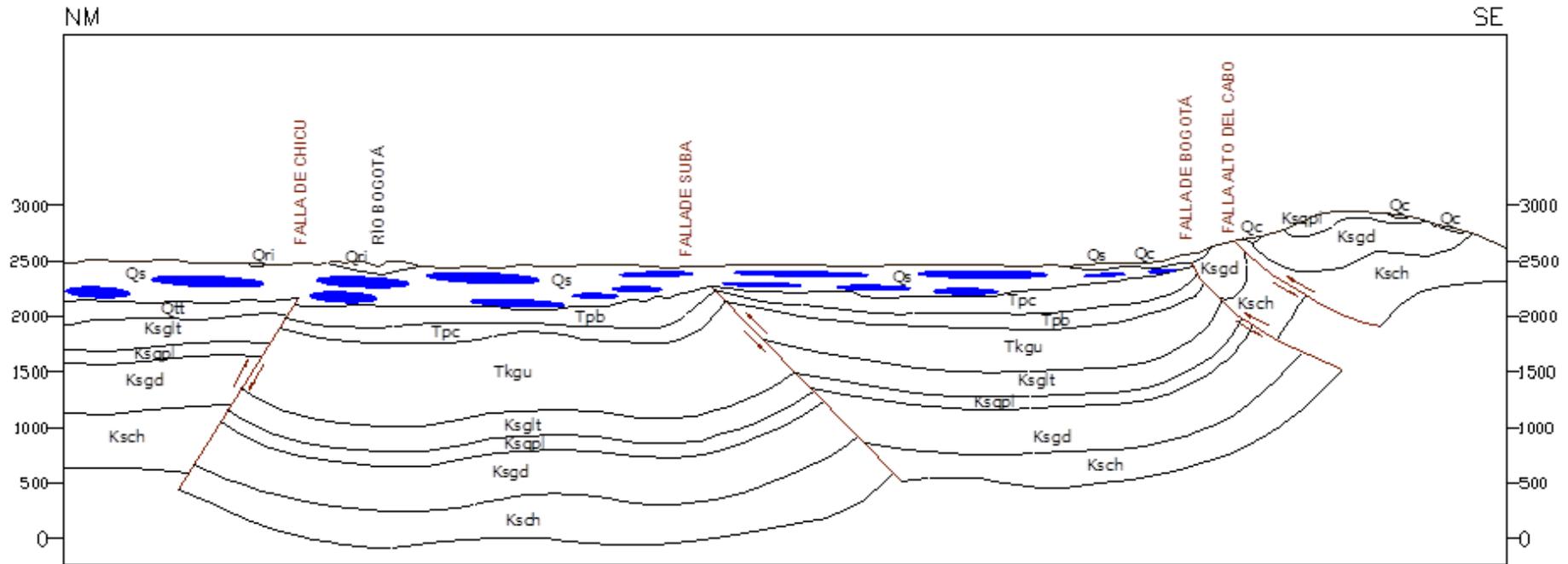


# CORTES HIDROGEOLÓGICOS EN EL DISTRITO CAPITAL





# MODELO GEOLÓGICO BÁSICO



## FORMACIONES GEOLÓGICAS

### CUATERNARIO

Qri	LLANURA ALUVIAL DE INUNDACIÓN
Qc	DEPOSITOS COLUVIALES
Qs	FORMACIÓN SABANA
Qtt	FORMACIÓN TILATA

### TERCIARIO

Tpb	FORMACIÓN BOGOTÁ C. INDEFERENCIADO
Tpc	FORMACIÓN CACHO
Tkgu	FORMACIÓN GUADUAS MEDIA

### CRETÁCICO

GRUPO GUADUPE	Ksglt	FORMACIÓN LABOR TIERNA
	Ksgpl	FORMACIÓN PLANERS
	Ksgd	FORMACIÓN ARENISCA DURA
	Ksch	FORMACIÓN CHIPAQUE

## CONVENCIONES

	FALLA
	CONTACTO
	NIVELES Y LENTES DE ARENA

PERFIL DEL ACUIFERO CORRESPONDIENTE A LA FORMACIÓN SABANA

La continuidad lateral, las profundidades y espesores de los lentes de arena no se conocen actualmente, con precisión y deben ser definidos mediante técnicas de exploración y evaluación

# RESERVAS Y RECARGAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Unidad Geológica	Área km <sup>2</sup>	Rendimiento específico (%)	Reservas m <sup>3</sup> *10 <sup>6</sup>
Grupo Guadalupe	540.053	6	24303
Depósitos no consolidados	391.088	3	6453

Método	Valor	Fuente
Mapa de isorecarga potencial	157 mm	SDA, 2013
Cheeturvedi (Sinha y Sharma, 1988)	143 mm	SDA, 2013
Zonas de mayor recarga (Cerros Orientales)	190 mm	SDA, 2013
Recarga potencial rocas del Cretáceo DC	18.332.841,3 m <sup>3</sup> /año	SDA, 2013
Recarga depósitos cuaternarios DC	39.108.856,8 m <sup>3</sup> /año	SDA, 2013
Recarga cuenca Tunjuelo ERA	168 mm	EPAM, 2014



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



acueducto  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Formato: FI0203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANANA

# RECOMENDACIONES AGUAS SUBTERRÁNEAS

- ✓ Para la siguiente fase de la ERA-Distrito Capital, queda pendientes por revisar, filtrar, analizar, integrar y complementar mediante métodos sísmicos y perforaciones, los modelos, geofísico, hidrológico, hidráulico, hidrogeoquímico e isotópico, que no pudieron ser objeto de análisis y verificación, en los cuatro primeros meses de actividades de la ERA-Distrito Capital, con el rigor técnico y científico exigido por el IDEAM.
- ✓ Igualmente, en la siguiente fase de la ERA, será necesario integrar toda la información evaluada y por evaluar, a la que presente la CAR en su documento de la ERA, con el fin de unificar conceptos, análisis y resultados, de tal manera que los documentos técnicos resultantes permitan analizar y proyectar la Región Capital como una sola unidad de análisis en todos los aspectos, oferta, demanda, calidad y riesgos.
- ✓ Para ello es necesario estructurar un equipo de trabajo Distrito - CAR, que cuente con hidrogeólogos y personal operativo adecuado



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.



Formato: FI0203F08-02

BOGOTÁ  
HUMANANA



**GRACIAS**

