

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO CALI

1. LOCALIZACIÓN

La cuenca del río Cali posee un área de 21.527 has; limita al norte con las cuencas de los ríos Dagua y Arroyohondo, al sur con las cuencas de los ríos Lili-Meléndez-Cañaveralejo, al occidente con la cuenca del río Anchicayá y al oriente con el casco urbano del municipio de Santiago de Cali y el río Cauca.

El río Cali nace en el alto del Buey en inmediaciones del Parque Natural Nacional Los Farallones a una altura aproximada de 4.000 msnm. El río recorre una distancia cercana a los 50 Kilómetros en jurisdicción del municipio de Cali y desemboca sobre la margen izquierda del río Cauca. El uso de las aguas de este río se encuentra reglamentado por la Resolución DG 596 del 2 de diciembre de 2004.

Con el propósito de determinar la demanda y oferta de agua en la cuenca, esta se dividió en dos zonas; productora y consumidora (Figura 1). La zona productora se extiende desde el nacimiento del río hasta el sitio donde se localiza la estación limnigráfica Bocatoma e incluye la zona de producción de la quebrada El Chocho y el río Aguacatal hasta la estación limnigráfica El Colegio, cuenta con un área aproximada de 16.664 has. La zona consumidora comprende la zona baja del río Cali hasta la desembocadura de la corriente en la margen izquierda del río Cauca, cuenta con un área 4.863 has.

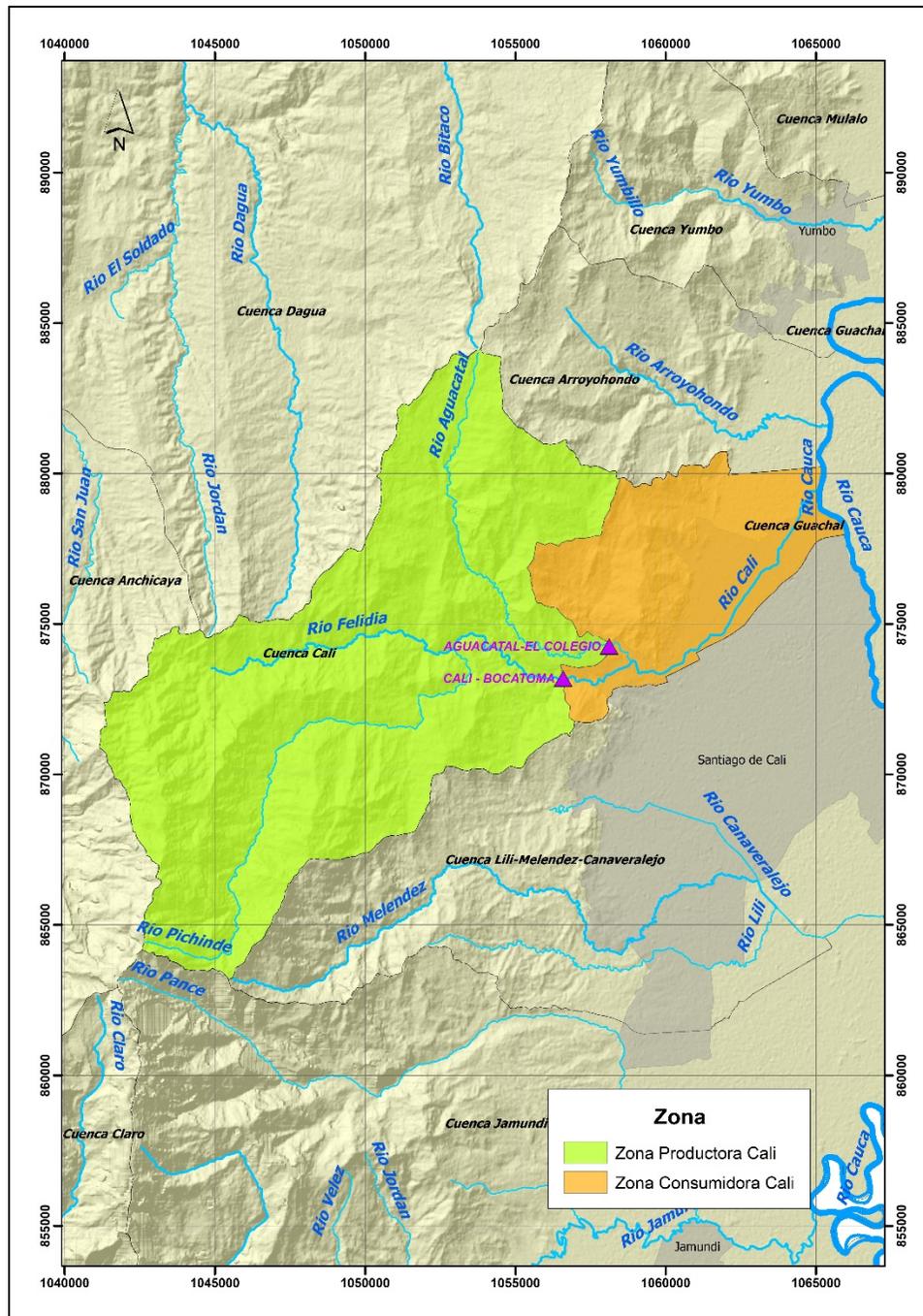


Figura 1. Localización cuenca del río Cali

2. USO DEL SUELO

De la información de uso y cobertura del suelo, suministrada por el grupo de Sistemas de Información Ambiental de la Corporación, se puede determinar que el uso del suelo en la zona productora (Figura 2), está representado principalmente por vegetación boscosa y de protección natural con 73% del área total, pastos cultivados con 30%, infraestructura residencial con 3%, cultivos mixtos con 3% y cultivos permanentes con 1%. La zona

consumidora tiene distribuido porcentualmente el uso del suelo así (Figura 3): infraestructura residencial con 52%, vegetación boscosa y de protección natural con 24%, pastos cultivados con 19% e infraestructura industrial y comercial con 4%.

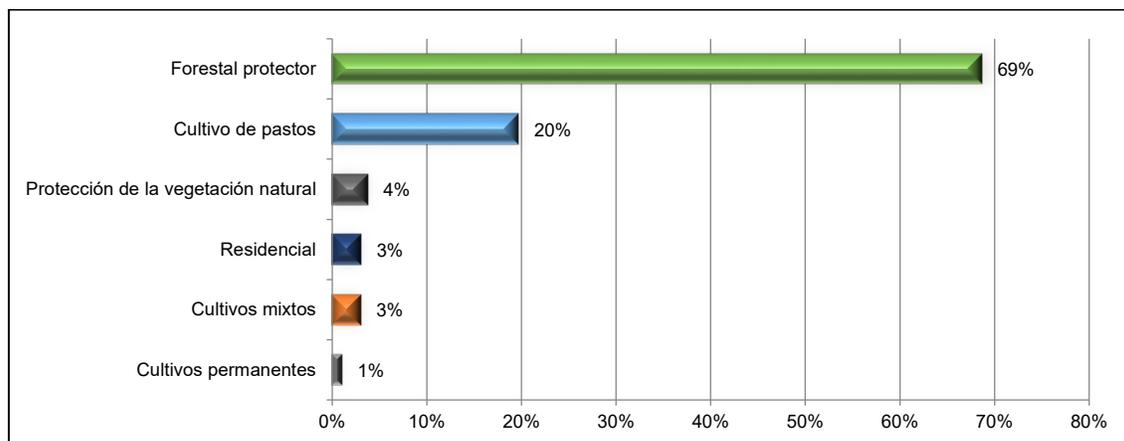


Figura 2. Uso del suelo en la zona productora del río Cali

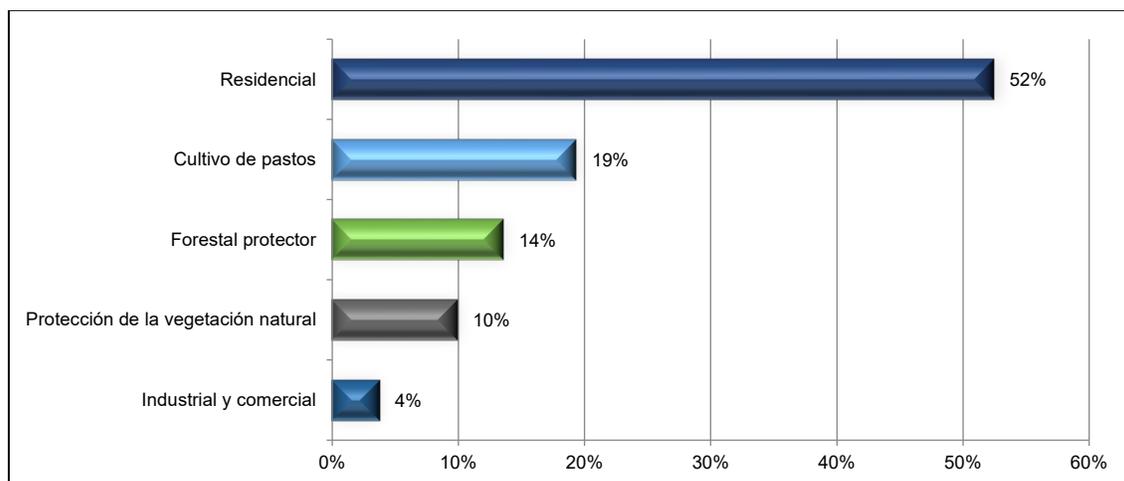


Figura 3. Uso del suelo en la zona consumidora del río Cali

3. DEMANDA DE AGUA

3.1. Demanda de agua para uso agrícola

Para la estimación de esta demanda, se tomaron las coberturas de cultivos permanentes, semipermanentes, transitorios, mixtos y el pasto de corte. En la Tabla 1, se resume la demanda agrícola para la zona productora y consumidora.

Tabla 1. Demanda agrícola, cuenca del río Cali

Zona	Demanda Agrícola (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Productora	68	53	71	69	71	68	73	61	70	68	64	67	803
Consumidora	91	77	95	91	94	90	98	89	94	90	85	89	1080

Se puede observar que la demanda de agua para uso agrícola es mayor en la zona consumidora, debido a la presencia de mayores áreas cultivadas con necesidad de riego, principalmente caña de azúcar. El valor máximo de demanda agrícola para ambas zonas se presenta en el mes de julio, ya que este es el mes con mayores registros de evapotranspiración.

En la Figura 4, se puede observar el comportamiento mensual de la demanda agrícola en las zonas productora y consumidora de la cuenca del río Cali.

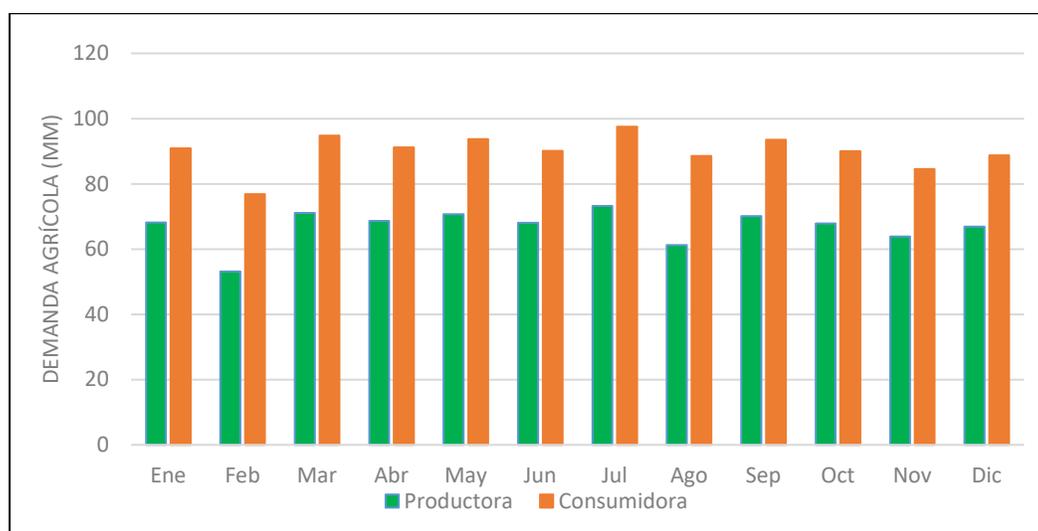


Figura 4. Demanda agrícola, cuenca del río Cali

3.2. Demanda de agua para uso doméstico

Para la estimación de esta demanda, se utilizó la información publicada por el DANE en el censo nacional de población y vivienda 2018 para cada municipio del territorio nacional, y la cartografía existente en la Corporación sobre información territorial administrativa, de la cual se determinó el área de cada municipio presente en la cuenca.

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos, la zona productora del río Cali cuenta con 67.245 habitantes y la zona consumidora con 330.960. Teniendo en cuenta lo estipulado en la reglamentación técnica del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, cuyo artículo 67 fue modificado por la resolución 2320 de 2009, que establece una dotación de agua para consumo doméstico de 150 litros/habitante/día, se estimó la demanda doméstica para la cuenca del río Cali (Tabla 3).

Tabla 2. División política, cuenca del río Cali

Zona	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2018	Hab. Cuenca
Productora	Cali	Rural	37%	55.115	20.647
Productora	Cali	Cabecera	2%	2.172.527	46.598
Consumidora	Cali	Rural	37%	55.115	2.548
Consumidora	Cali	Cabecera	2%	2.172.527	327.742
Consumidora	Yumbo	Rural	5%	14.704	670

Tabla 3. Demanda doméstica, cuenca del río Cali

Zona	Demanda Doméstica (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	1,9	1,7	1,9	1,8	1,9	1,8	1,9	1,9	1,8	1,9	1,8	1,9	22,1
Consumidora	31,6	28,6	31,6	30,6	31,6	30,6	31,6	31,6	30,6	31,6	30,6	31,6	372,6

3.3. Demanda de agua para uso pecuario

Para la estimación de esta demanda se descartaron las áreas correspondientes a las cabeceras municipales, ya que se asume que la producción pecuaria se realiza solo en las zonas rurales. Para determinar la población de especies pecuarias en la cuenca, se utilizó la información del censo realizado por el ICA a comienzos del año 2021, que se encuentra a nivel municipal y tiene en cuenta las especies aviares, bovinas, caprinas, equinas, ovinas y porcinas.

La dotación de agua para cada especie se adoptó de la resolución N°112-1183 del 8 de abril de 2005 de la Corporación Autónoma de los ríos Negro y Nare "CORNARE" que establece los módulos de consumo básicos para los sectores productivos de la industria pecuaria. En la tabla 4, se muestran los valores de demanda de agua para uso pecuario obtenidos para la cuenca del río Cali.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca del río Cali

Zona	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora													
D. Bovina	0,0280	0,0253	0,0280	0,0271	0,0280	0,0271	0,0280	0,0280	0,0271	0,0280	0,0271	0,0280	0,329
D. Caprina	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,002
D. Equina	0,0038	0,0035	0,0038	0,0037	0,0038	0,0037	0,0038	0,0038	0,0037	0,0038	0,0037	0,0038	0,045
D. Ovina	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,008
D. Porcina	0,0028	0,0025	0,0028	0,0027	0,0028	0,0027	0,0028	0,0028	0,0027	0,0028	0,0027	0,0028	0,032
D. Aviar	0,3614	0,3265	0,3614	0,3498	0,3614	0,3498	0,3614	0,3614	0,3498	0,3614	0,3498	0,3614	4,256
Consumidora													
D. Bovina	0,0173	0,0156	0,0173	0,0167	0,0173	0,0167	0,0173	0,0173	0,0167	0,0173	0,0167	0,0173	0,203
D. Caprina	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,002
D. Equina	0,0022	0,0020	0,0022	0,0021	0,0022	0,0021	0,0022	0,0022	0,0021	0,0022	0,0021	0,0022	0,026
D. Ovina	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,007
D. Porcina	0,0072	0,0065	0,0072	0,0070	0,0072	0,0070	0,0072	0,0072	0,0070	0,0072	0,0070	0,0072	0,085
D. Aviar	0,1603	0,1448	0,1603	0,1552	0,1603	0,1552	0,1603	0,1603	0,1552	0,1603	0,1552	0,1603	1,888
Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	4,7
Consumidora	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2,2

3.4. Demanda de agua para uso industrial

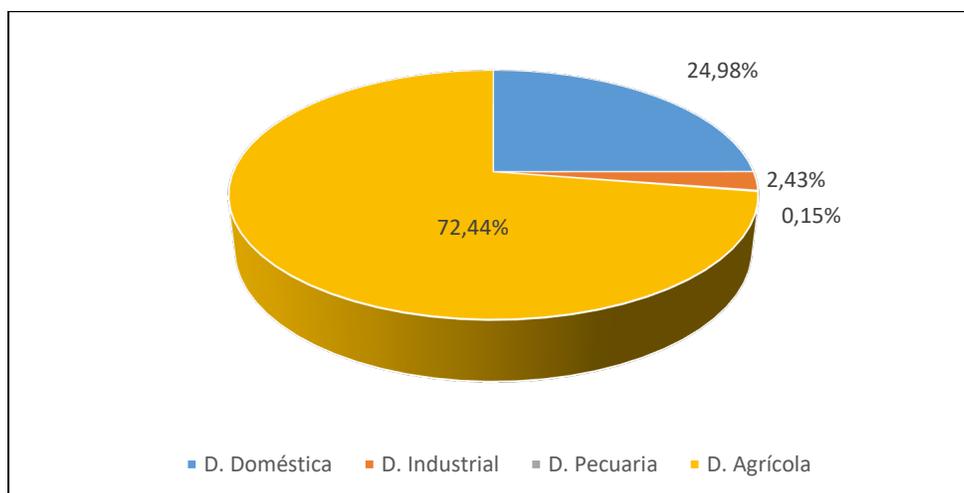
La demanda de agua para uso industrial se estimó con base en las concesiones de agua superficial y subterránea otorgadas para este uso en esta cuenca y que se encuentran vigentes a la fecha. El volumen de agua concesionado en la cuenca del río Cali es de 1'761.601 m³/año.

En la Tabla 5 se muestra la demanda industrial estimada para la zona consumidora del río Cali, en la zona productora no existe demanda de este tipo.

Tabla 5. Demanda industrial, cuenca del río Cali

Zona	Demanda Industrial (mm)												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Consumidora	3,1	2,8	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	36,2

La demanda de agua para uso agrícola es la que mayor aporte hace a la demanda total anual con un 72,4%, lo sigue la demanda doméstica con un 24,9%, la industrial con 2,4% y finalmente la pecuaria con poco más del 0,1%.



4. OFERTA DE AGUA

4.1. Precipitación

Se calculó la precipitación media mensual y anual multianual (período 1985-2020) para las zonas productora y consumidora de la cuenca por el método de las isoyetas. Para esto se utilizó información de las estaciones de la red hidroclimatológica de la CVC, así como información del IDEAM. En la Tabla 6 se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 6. Precipitación media, cuenca del río Cali

Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Productora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
113	111	154	218	206	122	75	69	119	177	173	122	1658
Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Consumidora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
82	80	122	176	155	85	52	47	94	136	144	98	1260

En la cuenca del río Cali, el régimen pluviométrico es bimodal, con dos periodos húmedos que se presentan en los meses marzo-abril-mayo y octubre-noviembre-diciembre; así como dos periodos secos en los meses enero-febrero y junio-julio-agosto-septiembre. Las dos zonas de la cuenca presentan su valor más bajo de precipitación media en el mes de agosto y alcanzan su valor máximo en el mes de abril.

4.2. Agua superficial

La cuenca del río Cali se encuentra instrumentada desde el año 1.946 por la estación limnigráfica Cali-Bocatoma, localizada a una altura de 1.074 msnm aproximadamente. Para el área de drenaje del río Aguacatal y la zona de la quebrada el Chocho, se generaron caudales diarios mediante el modelo hidrológico lluvia-escorrentía HBV-IHMS. Por lo tanto, la serie de caudales diarios de la cuenca del río Cali, corresponde a la suma de los datos registrados en la estación Cali-Bocatoma con los caudales generados mediante simulación hidrológica en el periodo 1985-2020.

4.2.1. Oferta Hídrica Total

La oferta hídrica total superficial (OHTS) corresponde al volumen de agua que escurre 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 de una unidad hidrográfica (área, zona y subzona), es decir, la escorrentía. Ésta es calculada de forma anual y mensual para condiciones hidrológicas de años típicos medio (promedio multianual), seco y húmedo.

En la Tabla 7, se presenta la oferta hídrica total estimada para la cuenca del río Cali bajo las condiciones hidrológicas de año seco, normal y húmedo.

Tabla 7. Oferta hídrica total, cuenca del río Cali

Año Hidrológico	Caudal Medio Mensual Multianual (m ³ /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	3,98	3,61	4,34	6,26	7,31	5,26	2,78	1,92	2,53	3,99	5,97	5,07	4,42
Seco	0,48	0,67	0,90	2,15	2,51	2,25	1,12	0,79	0,68	1,07	1,58	0,59	2,14
Húmedo	10,38	9,76	8,85	12,08	12,30	10,76	8,03	4,57	6,75	8,11	13,75	15,13	7,72

4.2.2. Oferta Hídrica Disponible

La Oferta Hídrica Disponible (OHTD) es el volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la OHTS el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental.

El caudal ambiental, de acuerdo con el decreto 3930 de 2010 publicado por el Ministerio de Ambiente, es el volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los sistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios, aguas debajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas. Para determinar el caudal ambiental, la CVC define un porcentaje de caudal que se debe mantener en la corriente, asociado al régimen de caudales característicos de la misma; para ello, desde hace varios años aplica los conceptos propuestos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM–, para determinar la oferta hídrica superficial neta, que considera un factor de reducción para mantener el régimen de estiaje, en el documento “*Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial*”. El factor de reducción para mantener el régimen de estiaje estimado para el río Cali es de 17%.

En la Tabla 8 se muestra el caudal ambiental determinado para el río Cali y en la Tabla 9, la oferta hídrica disponible.

Tabla 8. Caudal ambiental, río Cali

Caudal Ambiental (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0,68	0,61	0,74	1,06	1,24	0,89	0,47	0,33	0,43	0,68	1,02	0,86	0,75

Tabla 9. Oferta hídrica disponible, río Cali

Oferta Hídrica Año Normal (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
182,1	149,0	198,5	276,9	334,2	232,6	127,2	87,8	112,0	182,6	264,2	231,9	2379,0
Oferta Hídrica Año Seco (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
21,7	27,5	41,1	95,1	114,9	99,7	51,2	36,3	30,2	49,0	70,0	27,1	663,9
Oferta Hídrica Año Húmedo (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
474,5	402,8	404,7	534,6	562,5	476,2	367,1	208,9	298,6	370,9	608,2	691,9	5400,9

4.3. Agua subterránea

Para estimar la oferta de agua subterránea, se tuvo en cuenta la información disponible en la CVC sobre el caudal explotable del acuífero para cada cuenca. Esta información corresponde al caudal que puede ser explotado de un acuífero durante un tiempo sin provocar efectos no deseados, y está determinado por condiciones económicas (costo de inversión y operación del pozo, rentabilidad de la inversión, etc.), legales (legislación ambiental, derechos previamente adquiridos, etc.) o técnicas (infraestructura existente y características hidrológicas de la zona) que dependen de las circunstancias de cada región.

El volumen total de agua subterránea para la cuenca del río Cali es de 8,16 Mm³/año. En la tabla 9 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual.

Tabla 10. Oferta subterránea, cuenca del río Cali

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
14,3	12,9	14,3	13,8	14,3	13,8	14,3	14,3	13,8	14,3	13,8	14,3	167,8

5. BALANCE 1: PRECIPITACIÓN – DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA

Se realizó el primer balance con el fin de establecer las situaciones de déficit y/o excesos de agua en la cuenca. Este balance consiste en restar a la precipitación media de la cuenca, los valores de demanda agrícola; para de esta forma establecer los meses en los que la lluvia no cubre la totalidad de la demanda agrícola y por ende es necesario aplicar riego a los cultivos. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Balance 1, cuenca del río Cali

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	45	58	83	150	135	54	2	8	49	109	110	55	855
Consumidora	-9	4	27	85	61	-5	-46	-42	0	46	59	10	180

El balance 1 muestra déficit de agua en la zona consumidora para los meses de enero, junio, julio y agosto.

6. BALANCE 2: OFERTA TOTAL – DEMANDA TOTAL

El balance entre oferta y demanda de agua total, corresponde a la diferencia entre la oferta representada por el aporte de agua superficial y subterránea de la cuenca, y la demanda total correspondiente a la suma de la demanda doméstica, industrial, pecuaria y agrícola (en caso de no ser satisfecha por la precipitación). La demanda agrícola es afectada por un factor relacionado con la eficiencia del sistema de riego; en ella se incluye la eficiencia de aplicación, conducción y captación, para la cual se tomó un valor de 36% en caso de tener riego por gravedad y 50,4% en riego por aspersión. Los cultivos a los que se les afectó por el factor de riego por gravedad son caña de azúcar, caña panelera y arroz; para los restantes se asumió riego por aspersión, ya que no hay información detallada sobre cada uno de los cultivos asentados en el departamento.

El balance 2 se realizó para las tres condiciones de año hidrológico contempladas en este estudio (normal, seco y húmedo). En la Tabla 12 se muestran los valores obtenidos.

Tabla 12. Balance 2, cuenca del río Cali

ESCENARIO 1 (mm) - AÑO HIDROLOGICO NORMAL													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
O. Superficial	182,1	149,0	198,5	276,9	334,2	232,6	127,2	87,8	112,0	182,6	264,2	231,9	2379,0
O. Subterránea	14,3	12,9	14,3	13,8	14,3	13,8	14,3	14,3	13,8	14,3	13,8	14,3	167,8
O. TOTAL	196,3	161,9	212,8	290,6	348,4	246,4	141,5	102,0	125,8	196,9	278,0	246,2	2546,8
D. Doméstica	31,6	28,6	31,6	30,6	31,6	30,6	31,6	31,6	30,6	31,6	30,6	31,6	372,6
D. Industrial	3,1	2,8	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	36,2
D. Pecuaria	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2,2
D. Agrícola	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	90,5	83,0	0,0	0,0	0,0	0,0	201,9
D. TOTAL	52,7	31,5	34,9	33,8	34,9	44,4	125,4	117,9	33,8	34,9	33,8	34,9	613,0
BALANCE 2	143,7	130,4	177,9	256,9	313,5	201,9	16,0	-15,9	92,0	162,0	244,2	211,2	1933,8
ESCENARIO 2 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO SECO													
O. Superficial	21,7	27,5	41,1	95,1	114,9	99,7	51,2	36,3	30,2	49,0	70,0	27,1	663,9
O. Subterránea	14,3	12,9	14,3	13,8	14,3	13,8	14,3	14,3	13,8	14,3	13,8	14,3	167,8
O. TOTAL	36,0	40,4	55,4	108,8	129,2	113,5	65,5	50,6	44,0	63,2	83,8	41,4	831,7
D. Doméstica	31,6	28,6	31,6	30,6	31,6	30,6	31,6	31,6	30,6	31,6	30,6	31,6	372,6
D. Industrial	3,1	2,8	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	36,2
D. Pecuaria	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2,2
D. Agrícola	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	90,5	83,0	0,0	0,0	0,0	0,0	201,9
D. TOTAL	52,7	31,5	34,9	33,8	34,9	44,4	125,4	117,9	33,8	34,9	33,8	34,9	613,0
BALANCE 2	-16,7	8,8	20,5	75,1	94,3	69,1	-59,9	-67,4	10,2	28,3	50,0	6,5	218,7
ESCENARIO 3 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO HÚMEDO													
O. Superficial	474,5	402,8	404,7	534,6	562,5	476,2	367,1	208,9	298,6	370,9	608,2	691,9	5400,9
O. Subterránea	14,3	12,9	14,3	13,8	14,3	13,8	14,3	14,3	13,8	14,3	13,8	14,3	167,8
O. TOTAL	488,7	415,7	419,0	548,4	576,7	490,0	381,3	223,2	312,4	385,1	622,0	706,1	5568,7
D. Doméstica	31,6	28,6	31,6	30,6	31,6	30,6	31,6	31,6	30,6	31,6	30,6	31,6	372,6
D. Industrial	3,1	2,8	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	36,2
D. Pecuaria	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2,2
D. Agrícola	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	90,5	83,0	0,0	0,0	0,0	0,0	201,9
D. TOTAL	52,7	31,5	34,9	33,8	34,9	44,4	125,4	117,9	33,8	34,9	33,8	34,9	613,0
BALANCE 2	436,1	384,2	384,1	514,6	541,8	445,6	255,9	105,3	278,6	350,2	588,2	671,2	4955,8

Se puede observar que, en la condición de año hidrológico seco, los meses de enero, julio y agosto presentan déficit de agua. Esto se debe a que son meses que hacen parte de las temporadas secas del año, las cuales influyen en la disminución de las lluvias y el aumento de la evapotranspiración. En las condiciones de año hidrológico normal, solo se presenta déficit de agua en el mes de agosto; la demanda anual es de 613 mm y la oferta alcanza los 2.547 mm, por lo tanto, se presenta una lámina excedente de 1.934 mm.