

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO AMAIME

1. LOCALIZACIÓN

La cuenca del río Amaime posee un área de 104.291 has; limita al norte con las cuencas de los ríos El Cerrito, Sabaletas, Guabas y Tuluá, al sur con la cuenca del río Guachal, al oriente con el departamento del Tolima y al occidente con el río Cauca.

El río Amaime nace en la laguna La Negra en el páramo de La Estrella en la cordillera central a una altura aproximada de 4.100 msnm, desemboca sobre la margen derecha del río Cauca, posee como principal afluente al río Nima. El uso de las aguas de este río se encuentra reglamentado por la Resolución SGA 290 del 12 de diciembre de 2001. El río Nima, que es su principal afluente, se encuentra reglamentado por medio de la resolución DG 185 del 9 de mayo del 2000. Actualmente dichas reglamentaciones, se encuentran en proceso de actualización.

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). En la zona productora se considera la zona productora del río Amaime y la del río Nima, la primera se extiende desde el nacimiento del río hasta el sitio donde se localiza la estación limnigráfica Los Ceibos; la segunda, desde el nacimiento del río Nima hasta el punto de entrega a la primera derivación de aguas, acequia río Palmira, esta zona tiene un área aproximada de 56.302 has. La zona consumidora fue delimitada partiendo del punto de cierre de las zonas productoras, hasta la desembocadura en la margen derecha del río Cauca, cuenta con un área 47.989 has.

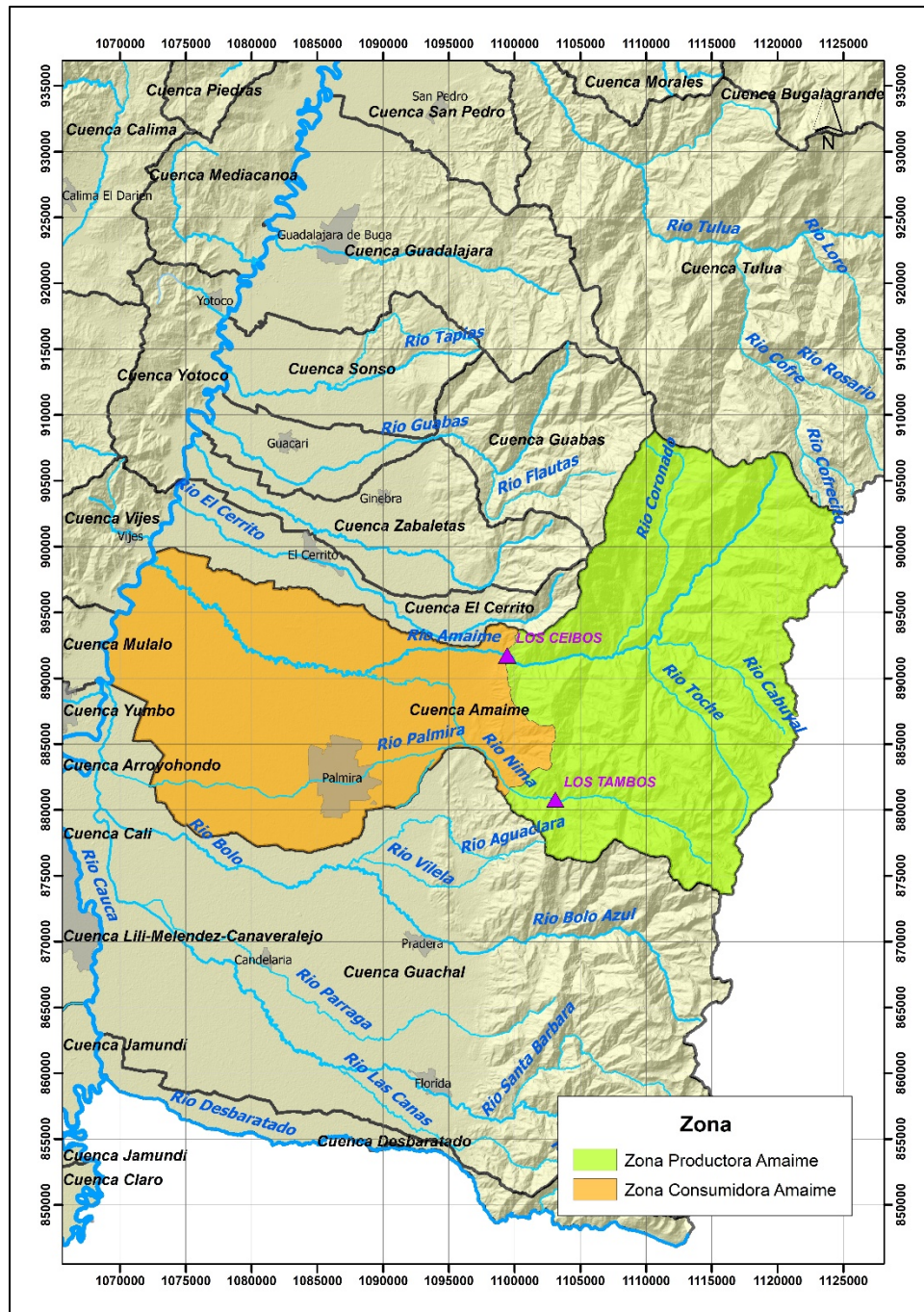


Figura 1. Localización cuenca del río Amaime

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 59% del área total, pastos para ganadería con 22%, cultivos semipermanentes con 11% y cultivos mixtos y permanentes con 6%. La zona consumidora

tiene distribuido porcentualmente el uso del suelo así (Figura 3): cultivos permanentes con 70%, pastos para ganadería con 6%, bosques con 6% e infraestructura residencial con 5%.

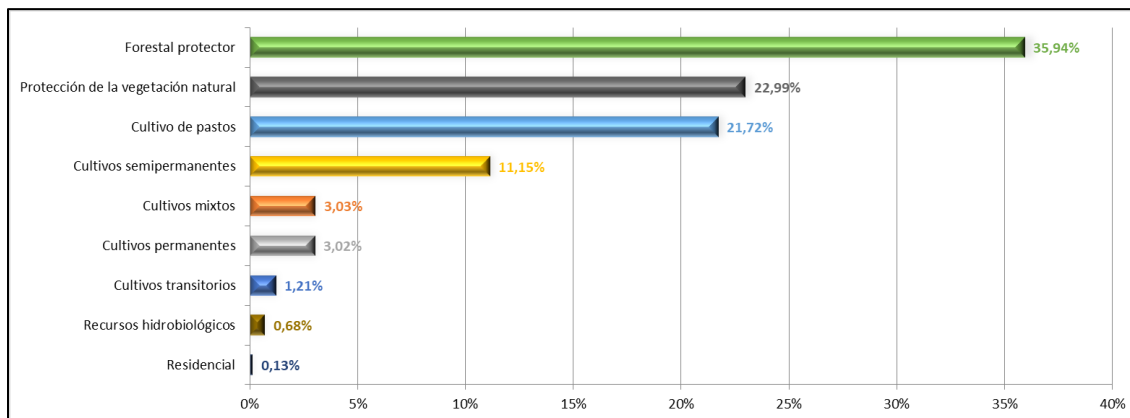


Figura 2. Uso del suelo en la zona productora del río Amaime

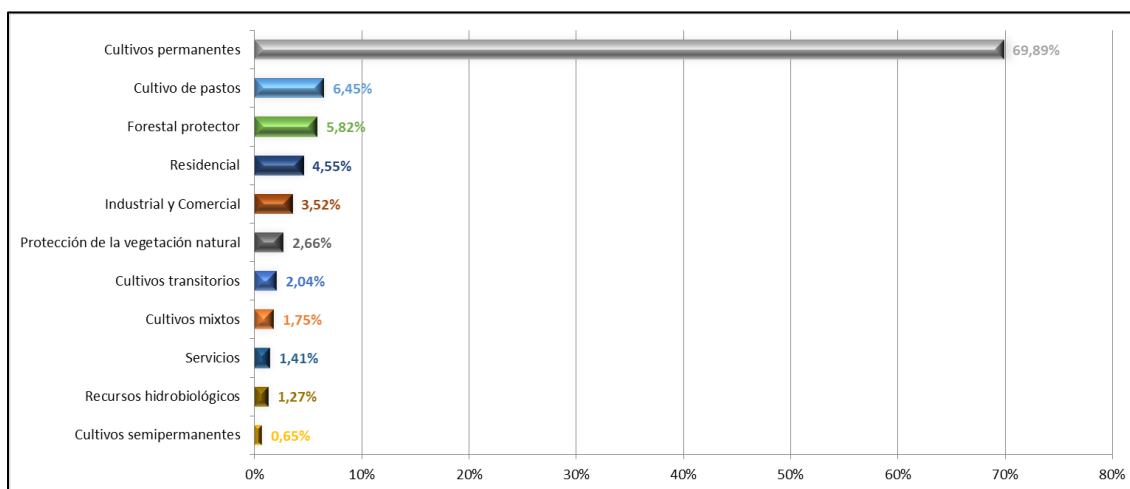


Figura 3. Uso del suelo en la zona consumidora del río Amaime

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 Amaime

Zona	Demanda Agrícola (mm)												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Productora	62	45	64	61	63	60	65	51	63	61	58	61	713
Consumidora	80	68	83	80	82	79	85	79	82	79	74	78	949

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 Amaime.

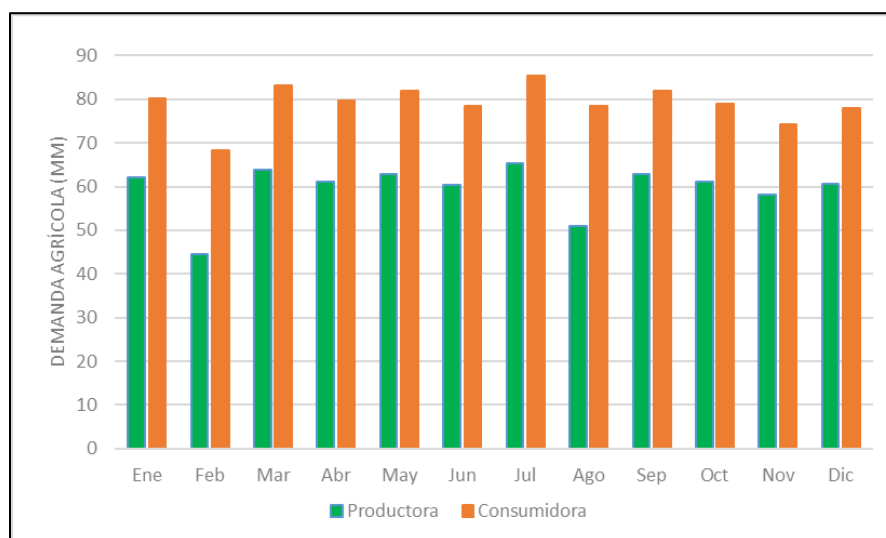


Figura 4. Demanda agrícola, cuenca del río Amaime

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 Amaime cuenta con 36.660 habitantes y la zona consumidora con 306.699. 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 Amaime (Tabla 3).

Tabla 2. División política, cuenca del río Amaime

Zona	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2018	Hab. Cuenca
Productora	El Cerrito	Rural	34%	20.493	6.871
Productora	Palmira	Rural	40%	74.040	29.788
Consumidora	El Cerrito	Rural	18%	20.493	3.646
Consumidora	Palmira	Rural	38%	74.040	27.799
Consumidora	Palmira	Cabecera	100%	275.254	275.254

Tabla 3. Demanda doméstica, cuenca del río Amaime

Zona	Demanda Doméstica (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	3,6
Consumidora	3,0	2,7	3,0	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	2,9	3,0	2,9	3,0	35,0

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 Amaime.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca del río Amaime

Zona	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora													
D. Bovina	0,0416	0,0376	0,0416	0,0403	0,0416	0,0403	0,0416	0,0416	0,0403	0,0416	0,0403	0,0416	0,4900
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	0,0026
D. Equina	0,0037	0,0033	0,0037	0,0036	0,0037	0,0036	0,0037	0,0037	0,0036	0,0037	0,0036	0,0037	0,0436
D. Ovina	0,0013	0,0011	0,0013	0,0012	0,0013	0,0012	0,0013	0,0013	0,0012	0,0013	0,0012	0,0013	0,0147
D. Porcina	0,0376	0,0339	0,0376	0,0364	0,0376	0,0364	0,0376	0,0376	0,0364	0,0376	0,0364	0,0376	0,4425
D. Aviar	1,4076	1,2714	1,4076	1,3622	1,4076	1,3622	1,4076	1,4076	1,3622	1,4076	1,3622	1,4076	16,5731
Consumidora													
D. Bovina	0,0396	0,0358	0,0396	0,0383	0,0396	0,0383	0,0396	0,0396	0,0383	0,0396	0,0383	0,0396	0,4664
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	0,0021
D. Equina	0,0032	0,0029	0,0032	0,0031	0,0032	0,0031	0,0032	0,0032	0,0031	0,0032	0,0031	0,0032	0,0376
D. Ovina	0,0011	0,0010	0,0011	0,0010	0,0011	0,0010	0,0011	0,0011	0,0010	0,0011	0,0010	0,0011	0,0126
D. Porcina	0,0380	0,0343	0,0380	0,0368	0,0380	0,0368	0,0380	0,0380	0,0368	0,0380	0,0368	0,0380	0,4474
D. Aviar	1,3565	1,2252	1,3565	1,3127	1,3565	1,3127	1,3565	1,3565	1,3127	1,3565	1,3127	1,3565	15,9713
Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	1,49	1,35	1,49	1,44	1,49	1,44	1,49	1,49	1,44	1,49	1,44	1,49	17,57
Consumidora	1,44	1,30	1,44	1,39	1,44	1,39	1,44	1,44	1,39	1,44	1,39	1,44	16,94

3.4. Demanda de agua para uso industrial

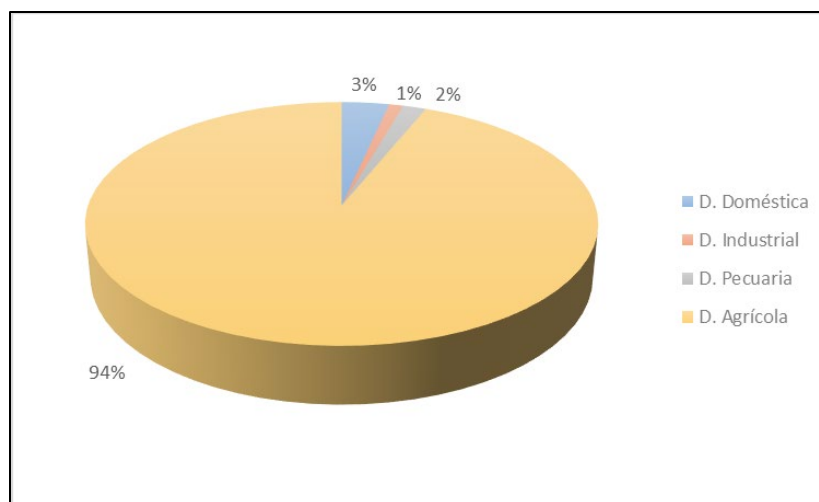
La demanda de agua para uso industrial se estimó con base en el Registro Único Ambiental -RUA- del año 2020, en el cual se reporta el volumen de agua consumido por las empresas inscritas; para la cuenca del río Amaime, se tuvo en cuenta el volumen de agua registrado para el municipio de Palmira, cuya cabecera municipal se ubica por completo dentro de la cuenca. El volumen de agua consumido por las industrias manufactureras del municipio de Palmira para el año 2020 fue de 5'061.017 m³/año.

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

Tabla 5. Demanda industrial, cuenca del río Amaime

Zona	Demanda Industrial (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Consumidora	0,90	0,81	0,90	0,87	0,90	0,87	0,90	0,90	0,87	0,90	0,87	0,90	10,55

La demanda de agua para uso agrícola es la que mayor aporte hace a la demanda total anual con un 94% (gráfico 4), lo sigue la demanda doméstica con un 3%, la pecuaria con 2% y finalmente la industrial con 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 Amaime

Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Productora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
101	105	140	144	114	57	44	38	74	170	194	131	1299
Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Consumidora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
72	78	120	153	114	60	39	39	82	138	145	95	1127

En la cuenca del río Amaime, 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 noviembre.

4.2. Agua superficial

La cuenca del río Amaime se encuentra instrumentada por la estación limnigráfica Los Ceibos, sin embargo, debido al corto periodo de registros disponibles en ésta, se optó por generar los caudales del río Amaime mediante el modelo hidrológico HBV-IHMS tomando como punto de cierre la estación Los Ceibos. El mismo proceso se siguió para generar los caudales del río Nima, tomando como punto de cierre la antigua estación denominada Los Tambos. El caudal medio mensual, surge de la adición de los caudales simulados en el río Amaime y los simulados para el río Nima. La simulación hidrológica se realizó para 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 Amaime bajo las condiciones hidrológicas de año seco, normal y húmedo.

Tabla 7. Oferta hídrica total, cuenca del río Amaime

Año Hidrológico	Caudal Medio Mensual Multianual (m ³ /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	9,47	9,28	9,94	10,52	10,37	9,05	7,74	6,51	5,97	7,85	10,10	10,49	8,94
Seco	3,27	3,07	3,55	4,30	3,22	2,95	2,53	2,09	2,04	1,90	2,41	3,56	2,99
Húmedo	14,57	15,39	18,28	20,70	18,54	13,49	12,38	10,07	10,61	14,36	20,20	24,17	14,05

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 Amaime es de 20%.

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

Tabla 8. Caudal ambiental, río Amaime

Caudal Ambiental (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1,89	1,86	1,99	2,10	2,07	1,81	1,55	1,30	1,19	1,57	2,02	2,10	1,79

Tabla 9. Oferta hídrica disponible, río Amaime

Oferta Hídrica Año Normal (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
42,28	37,43	44,39	45,45	46,29	39,09	34,57	29,09	25,79	35,06	43,64	46,86	469,93
Oferta Hídrica Año Seco (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
14,59	12,37	15,84	18,58	14,37	12,75	11,28	9,34	8,83	8,50	10,39	15,87	152,71
Oferta Hídrica Año Húmedo (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
65,08	62,05	81,61	89,44	82,77	58,27	55,29	44,95	45,86	64,10	87,30	107,90	844,62

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 Amaime es de 332,9 Mm³/año. En la tabla 9 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual.

Tabla 10. Oferta subterránea, cuenca del río Amaime

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
58,91	53,21	58,91	57,01	58,91	57,01	58,91	58,91	57,01	58,91	57,01	58,91	693,65

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 Amaime

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	38	61	76	83	51	-3	-21	-13	11	108	136	70	586
Consumidora	-8	9	37	73	32	-19	-47	-39	0	59	71	17	178

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

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 Amaime

ESCENARIO 1 (mm) - AÑO HIDROLOGICO NORMAL													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
O. Superficial	42,3	37,4	44,4	45,5	46,3	39,1	34,6	29,1	25,8	35,1	43,6	46,9	469,9
O. Subterránea	58,9	53,2	58,9	57,0	58,9	57,0	58,9	58,9	57,0	58,9	57,0	58,9	693,7
O. TOTAL	101,2	90,6	103,3	102,5	105,2	96,1	93,5	88,0	82,8	94,0	100,7	105,8	1163,6
D. Doméstica	3,0	2,7	3,0	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	2,9	3,0	2,9	3,0	35,0
D. Industrial	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10,5
D. Pecuaria	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	16,9
D. Agrícola	22,1	0,0	0,0	0,0	0,0	50,1	126,3	106,6	0,4	0,0	0,0	0,0	305,6
D. TOTAL	27,4	4,8	5,3	5,1	5,3	55,2	131,6	111,9	5,6	5,3	5,1	5,3	368,1
BALANCE 2	73,8	85,8	98,0	97,3	99,9	40,9	-38,1	-23,9	77,2	88,7	95,5	100,5	795,5
ESCENARIO 2 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO SECO													
O. Superficial	14,6	12,4	15,8	18,6	14,4	12,7	11,3	9,3	8,8	8,5	10,4	15,9	152,7
O. Subterránea	58,9	53,2	58,9	57,0	58,9	57,0	58,9	58,9	57,0	58,9	57,0	58,9	693,7
O. TOTAL	73,5	65,6	74,8	75,6	73,3	69,8	70,2	68,3	65,8	67,4	67,4	74,8	846,4
D. Doméstica	3,0	2,7	3,0	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	2,9	3,0	2,9	3,0	35,0
D. Industrial	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10,5
D. Pecuaria	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	16,9
D. Agrícola	22,1	0,0	0,0	0,0	0,0	50,1	126,3	106,6	0,4	0,0	0,0	0,0	305,6
D. TOTAL	27,4	4,8	5,3	5,1	5,3	55,2	131,6	111,9	5,6	5,3	5,1	5,3	368,1
BALANCE 2	46,1	60,8	69,4	70,5	68,0	14,5	-61,4	-43,7	60,3	62,1	62,3	69,5	478,3
ESCENARIO 3 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO HÚMEDO													
O. Superficial	65,1	62,0	81,6	89,4	82,8	58,3	55,3	44,9	45,9	64,1	87,3	107,9	844,6
O. Subterránea	58,9	53,2	58,9	57,0	58,9	57,0	58,9	58,9	57,0	58,9	57,0	58,9	693,7
O. TOTAL	124,0	115,3	140,5	146,5	141,7	115,3	114,2	103,9	102,9	123,0	144,3	166,8	1538,3
D. Doméstica	3,0	2,7	3,0	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	2,9	3,0	2,9	3,0	35,0
D. Industrial	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10,5
D. Pecuaria	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	16,9
D. Agrícola	22,1	0,0	0,0	0,0	0,0	50,1	126,3	106,6	0,4	0,0	0,0	0,0	305,6
D. TOTAL	27,4	4,8	5,3	5,1	5,3	55,2	131,6	111,9	5,6	5,3	5,1	5,3	368,1
BALANCE 2	96,6	110,5	135,2	141,3	136,4	60,1	-17,4	-8,1	97,3	117,7	139,2	161,5	1170,2

Se puede observar que, en las tres condiciones de año hidrológico, los meses de julio y agosto presentan déficit de agua. Esto se debe a que son meses que hacen parte de la segunda temporada seca del año, la cual se ve reflejada en la disminución de las lluvias y el aumento de la evapotranspiración. En las condiciones de año hidrológico normal, la demanda anual es de 368 mm y la oferta alcanza los 1.164 mm, por lo tanto, se presenta una lámina excedente de 796 mm.

De acuerdo con los resultados anteriores, en la cuenca del río Amaime se hace necesario implementar alternativas que permitan suplir las necesidades de agua en los meses que presentan déficit, por ejemplo, el manejo adecuado del recurso a través del mejoramiento

de las eficiencias de los proyectos de riego, la regulación de agua mediante el almacenamiento en épocas de lluvia para emplear este recurso en épocas de verano y la captación de agua de otras fuentes.