

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DE LA QUEBRADA MULALÓ

1. LOCALIZACIÓN

La cuenca de la quebrada Mulaló posee un área de 4.767 has; limita al norte con la cuenca del río Vijes, al sur con la cuenca del río Yumbo, al occidente con la cuenca del río Dagua y al oriente con el río Cauca. El uso de las aguas de esta corriente no se encuentra reglamentado.

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 la línea de piedemonte, incluyendo el área de la quebrada Bermejál, con un área aproximada de 2.296 has. La zona consumidora comprende desde el cierre de la zona productora hasta la desembocadura de la corriente en la margen izquierda del río Cauca, cuenta con un área 2.471 has.

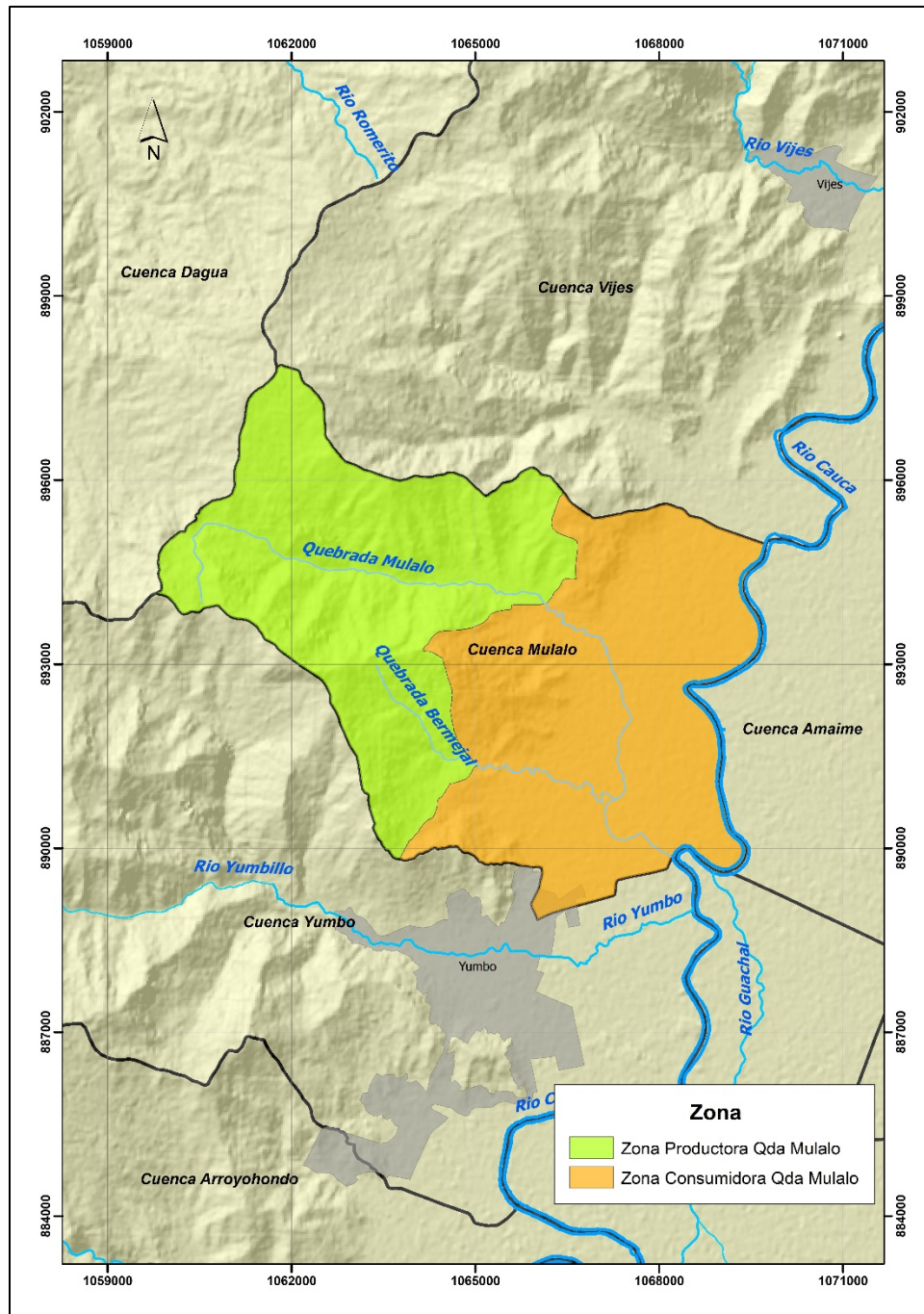


Figura 1. Localización cuenca de la quebrada Mulaló

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 57% del área total, pastos cultivados con 31%, cultivos permanentes con 6%, cultivos mixtos con 2% e infraestructura residencial con 1%. La zona consumidora

tiene distribuido porcentualmente el uso del suelo así (Figura 3): cultivos permanentes con 46%, vegetación de protección natural con 21%, pastos cultivados con 10%, minería con 6%, cultivos semipermanentes con 5%, cuerpos de agua con 3% e infraestructura industrial y comercial con 2%.

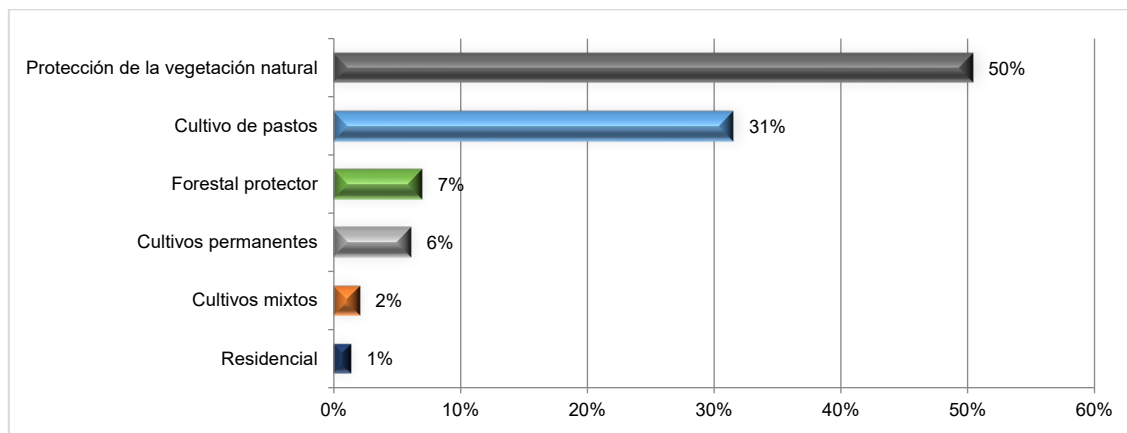


Figura 2. Uso del suelo en la zona productora de la quebrada Mulaló

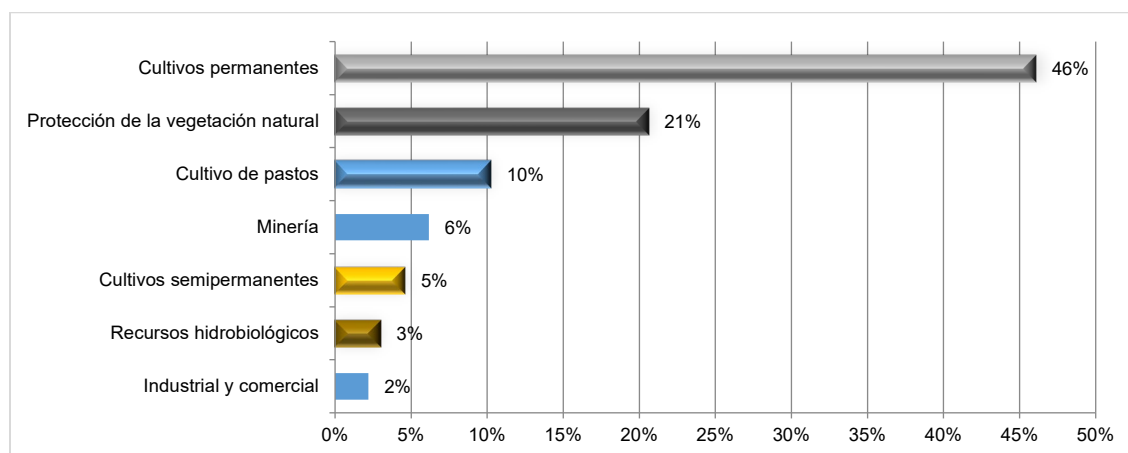


Figura 3. Uso del suelo en la zona consumidora de la quebrada Mulaló

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 de la quebrada Mulaló

Zona	Demanda Agrícola (mm)												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Productora	83	68	86	83	85	82	89	79	85	82	77	81	979
Consumidora	79	67	82	79	81	78	85	77	81	78	73	77	937

Se puede observar que la demanda de agua para uso agrícola es muy similar en las dos zonas, donde predominan los cultivos de frutales y 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 de la quebrada Mulaló.

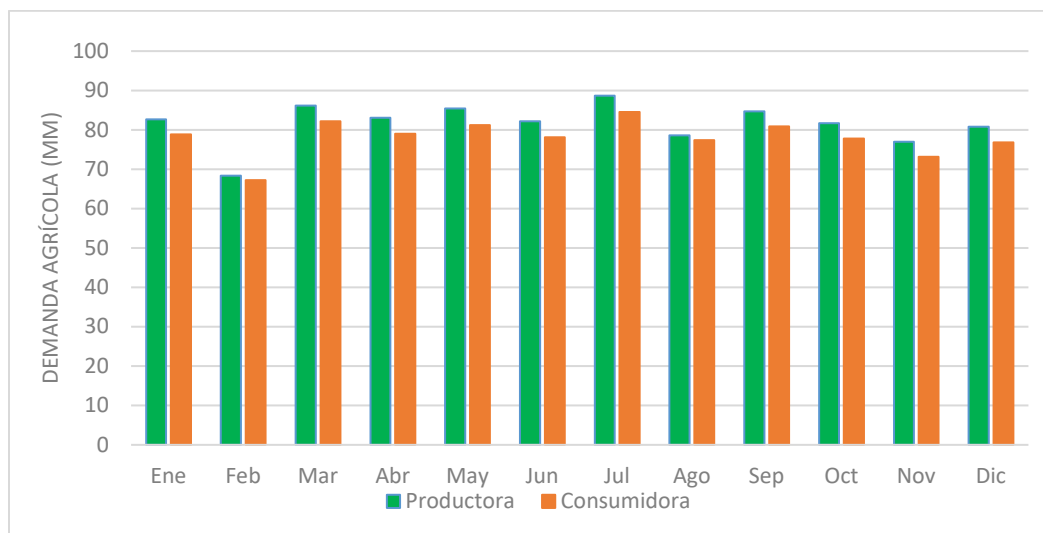


Figura 4. Demanda agrícola, cuenca de la quebrada Mulaló

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 de la quebrada Mulaló cuenta con 1.516 habitantes y la zona consumidora con 2.275. 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 de la quebrada Mulaló (Tabla 3).

Tabla 2. División política, cuenca de la quebrada Mulaló

Zona	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2018	Hab. Cuenca
Productora	Yumbo	Rural	10%	14.704	1.516
Consumidora	Yumbo	Rural	11%	14.704	1.629
Consumidora	Yumbo	Cabecera	1%	92.630	646

Tabla 3. Demanda doméstica, cuenca de la quebrada Mulaló

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	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	5,0

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 de la quebrada Mulaló.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca de la quebrada Mulaló

Zona	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora													
D. Bovina	0,0260	0,0235	0,0260	0,0252	0,0260	0,0252	0,0260	0,0260	0,0252	0,0260	0,0252	0,0260	0,3062
D. Caprina	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0034
D. Equina	0,0026	0,0024	0,0026	0,0025	0,0026	0,0025	0,0026	0,0026	0,0025	0,0026	0,0025	0,0026	0,0307
D. Ovina	0,0016	0,0015	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0193
D. Porcina	0,0291	0,0263	0,0291	0,0282	0,0291	0,0282	0,0291	0,0291	0,0282	0,0291	0,0282	0,0291	0,3427
D. Aviar	0,0359	0,0325	0,0359	0,0348	0,0359	0,0348	0,0359	0,0359	0,0348	0,0359	0,0348	0,0359	0,4233
Consumidora													
D. Bovina	0,0260	0,0235	0,0260	0,0251	0,0260	0,0251	0,0260	0,0260	0,0251	0,0260	0,0251	0,0260	0,3057
D. Caprina	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0034
D. Equina	0,0026	0,0023	0,0026	0,0025	0,0026	0,0025	0,0026	0,0026	0,0025	0,0026	0,0025	0,0026	0,0306
D. Ovina	0,0016	0,0015	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0193
D. Porcina	0,0291	0,0262	0,0291	0,0281	0,0291	0,0281	0,0291	0,0291	0,0281	0,0291	0,0281	0,0291	0,3421
D. Aviar	0,0359	0,0324	0,0359	0,0347	0,0359	0,0347	0,0359	0,0359	0,0347	0,0359	0,0347	0,0359	0,4226
Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	1,13
Consumidora	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	1,12

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 de la quebrada Mulaló es de 220.752 m³/año.

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

Tabla 5. Demanda industrial, cuenca de la quebrada Mulaló

Zona	Demanda Industrial (mm)												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Consumidora	0,76	0,69	0,76	0,73	0,76	0,73	0,76	0,76	0,73	0,76	0,73	0,76	8,93

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 de la quebrada Mulaló

Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Productora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
61	64	106	148	127	70	53	48	87	146	127	82	1124
Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Consumidora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
55	58	100	140	116	63	44	40	76	123	115	78	1000

En la cuenca de la quebrada Mulaló 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 menos lluviosos 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 de la quebrada Mulaló no se encuentra instrumentada. Por lo tanto, para estimar la oferta de agua superficial de la cuenca, se realizó una transposición de caudales, con base en los datos de la estación limnigráfica Pasoancho, localizada en la cuenca del río Yumbo. El caudal medio mensual, se obtiene de la serie de registros diarios generados para el periodo 1986-2020.

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 de la quebrada Mulaló bajo las condiciones hidrológicas de año seco, normal y húmedo.

Tabla 7. Oferta hídrica total, cuenca de la quebrada Mulaló

Año Hidrológico	Caudal Medio Mensual Multianual (m ³ /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	0,16	0,15	0,16	0,18	0,20	0,16	0,12	0,10	0,10	0,12	0,15	0,16	0,15
Seco	0,01	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04
Húmedo	0,89	0,84	1,32	0,68	0,47	0,48	0,33	0,29	0,25	0,41	0,50	0,43	0,43

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 la quebrada Mulaló es de 18%.

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

Tabla 8. Caudal ambiental, quebrada Mulaló

Caudal Ambiental (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03

Tabla 9. Oferta hídrica disponible, quebrada Mulaló

Oferta Hídrica Año Normal (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
14,2	11,7	14,4	15,1	17,6	13,5	10,3	9,1	8,9	10,6	12,8	14,4	152,8
Oferta Hídrica Año Seco (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0,8	1,3	3,4	3,6	4,2	3,6	2,8	1,8	1,4	1,6	1,1	1,1	26,7
Oferta Hídrica Año Húmedo (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
78,7	67,7	117,5	58,2	41,9	41,2	29,7	25,7	21,8	36,9	42,9	38,1	600,2

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 de la quebrada Mulaló es de 3,39 Mm³/año. En la tabla 9 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual.

Tabla 10. Oferta subterránea, cuenca de la quebrada Mulaló

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
11,65	10,52	11,65	11,28	11,65	11,28	11,65	11,65	11,28	11,65	11,28	11,65	137,20

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 de la quebrada Mulaló

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	-22	-5	20	65	42	-12	-36	-30	3	64	50	1	145
Consumidora	-24	-10	18	61	35	-15	-41	-38	-5	45	41	1	63

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

ESCENARIO 1 (mm) - AÑO HIDROLOGICO NORMAL													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
O. Superficial	14,2	11,7	14,4	15,1	17,6	13,5	10,3	9,1	8,9	10,6	12,8	14,4	152,8
O. Subterránea	11,7	10,5	11,7	11,3	11,7	11,3	11,7	11,7	11,3	11,7	11,3	11,7	137,2
O. TOTAL	25,9	22,3	26,1	26,4	29,2	24,8	22,0	20,8	20,2	22,3	24,1	26,1	290,0
D. Doméstica	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	5,0
D. Industrial	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	8,9
D. Pecuaria	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1
D. Agrícola	62,3	24,7	0,0	0,0	0,0	39,6	104,8	96,6	12,8	0,0	0,0	0,0	340,9
D. TOTAL	63,6	25,9	1,3	1,2	1,3	40,8	106,1	97,9	14,1	1,3	1,2	1,3	356,0
BALANCE 2	-37,7	-3,6	24,8	25,2	28,0	-16,0	-84,1	-77,1	6,1	21,0	22,9	24,8	-66,0
ESCENARIO 2 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO SECO													
O. Superficial	0,8	1,3	3,4	3,6	4,2	3,6	2,8	1,8	1,4	1,6	1,1	1,1	26,7
O. Subterránea	11,7	10,5	11,7	11,3	11,7	11,3	11,7	11,7	11,3	11,7	11,3	11,7	137,2
O. TOTAL	12,5	11,8	15,1	14,9	15,9	14,9	14,5	13,4	12,7	13,2	12,4	12,8	163,9
D. Doméstica	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	5,0
D. Industrial	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	8,9
D. Pecuaria	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1
D. Agrícola	62,3	24,7	0,0	0,0	0,0	39,6	104,8	96,6	12,8	0,0	0,0	0,0	340,9
D. TOTAL	63,6	25,9	1,3	1,2	1,3	40,8	106,1	97,9	14,1	1,3	1,2	1,3	356,0
BALANCE 2	-51,1	-14,1	13,8	13,6	14,6	-25,9	-91,6	-84,5	-1,4	11,9	11,2	11,5	-192,1
ESCENARIO 3 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO HÚMEDO													
O. Superficial	78,7	67,7	117,5	58,2	41,9	41,2	29,7	25,7	21,8	36,9	42,9	38,1	600,2
O. Subterránea	11,7	10,5	11,7	11,3	11,7	11,3	11,7	11,7	11,3	11,7	11,3	11,7	137,2
O. TOTAL	90,3	78,2	129,1	69,5	53,5	52,4	41,4	37,3	33,1	48,5	54,2	49,7	737,4
D. Doméstica	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	5,0
D. Industrial	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	8,9

D. Pecuaria	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1
D. Agrícola	62,3	24,7	0,0	0,0	0,0	39,6	104,8	96,6	12,8	0,0	0,0	0,0	340,9
D. TOTAL	63,6	25,9	1,3	1,2	1,3	40,8	106,1	97,9	14,1	1,3	1,2	1,3	356,0
BALANCE 2	26,8	52,3	127,8	68,3	52,2	11,6	-64,7	-60,6	19,0	47,3	53,0	48,5	381,4

Se puede observar que, en las condiciones de año hidrológico normal y seco, los meses de enero, febrero, junio, 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, la demanda anual es de 356 mm y la oferta alcanza los 290 mm, por lo tanto, se presenta déficit de 66 mm.

De acuerdo con los resultados anteriores, en la cuenca de la quebrada Mulaló presenta déficit de agua en cinco meses del año, además de excedentes muy bajos en los restantes. Por lo tanto, se hace necesario un buen manejo y gestión del recurso hídrico en la cuenca, a través del mejoramiento de las eficiencias de los sistemas de riego (teniendo en cuenta que la demanda agrícola es muy alta), la regulación de agua mediante el almacenamiento en épocas de lluvia y la captación de fuentes alternativas.