

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO LA PAILA

1. LOCALIZACIÓN

La cuenca del río La Paila posee un área de 43.977 has; limita al norte con la cuenca del río Las Cañas, al sur con la cuenca del río Bugalagrande, al oriente con la cuenca del río La Vieja y al occidente con el río Cauca.

El río La Paila nace a una altura aproximada de 1.320 msnm en el corregimiento de Ceylan, municipio de Bugalagrande y entrega sus aguas al río Cauca en el corregimiento de La Paila municipio de Zarzal, después de recorrer una longitud de aproximadamente 64 Km. El uso de las aguas de este río se encuentra reglamentado por la Resolución 0100 N° 0600-0600-0151 de 2015.

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 La Sorpresa, con un área aproximada de 31.883 has. La zona consumidora comprende desde la estación La Sorpresa hasta la desembocadura de la corriente en la margen derecha del río Cauca, cuenta con un área 12.094 has.

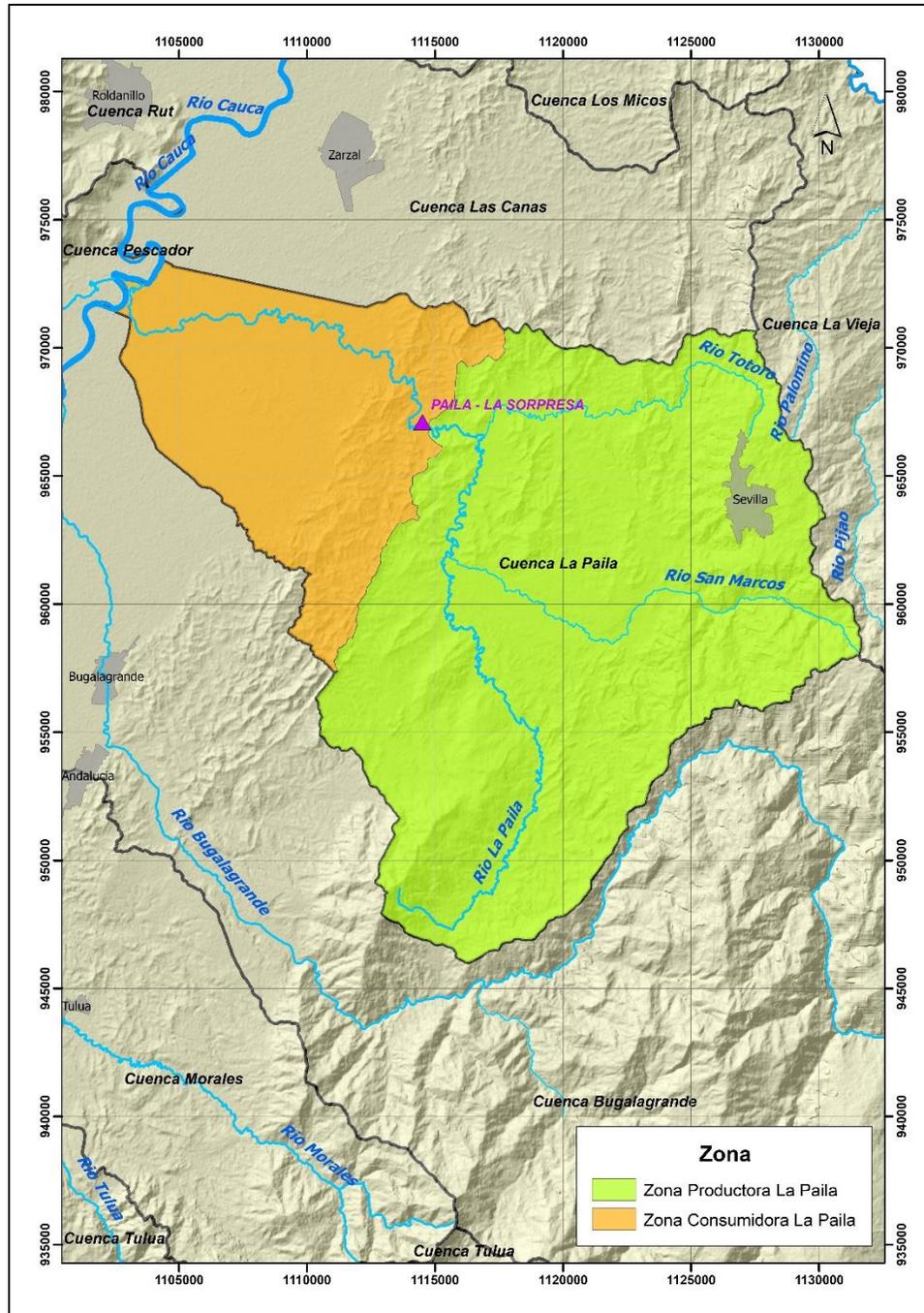


Figura 1. Localización cuenca del río La Paila

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 pastos cultivados con 46% del área total, vegetación boscosa y de protección natural con 27%, cultivos permanentes con 18%, cultivos mixtos con 8% e infraestructura residencial con 1%. La zona

consumidora tiene distribuido porcentualmente el uso del suelo así (Figura 3): cultivos permanentes con 41%, pastos cultivados con 33%, vegetación boscosa y de protección natural con 26%, cuerpos de agua con 2% y cultivos mixtos con 2%.

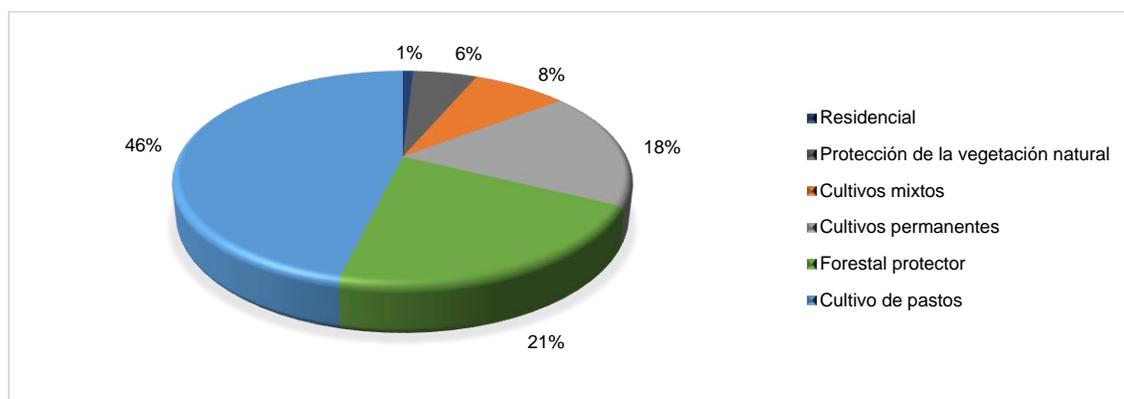


Figura 2. Uso del suelo en la zona productora del río La Paila

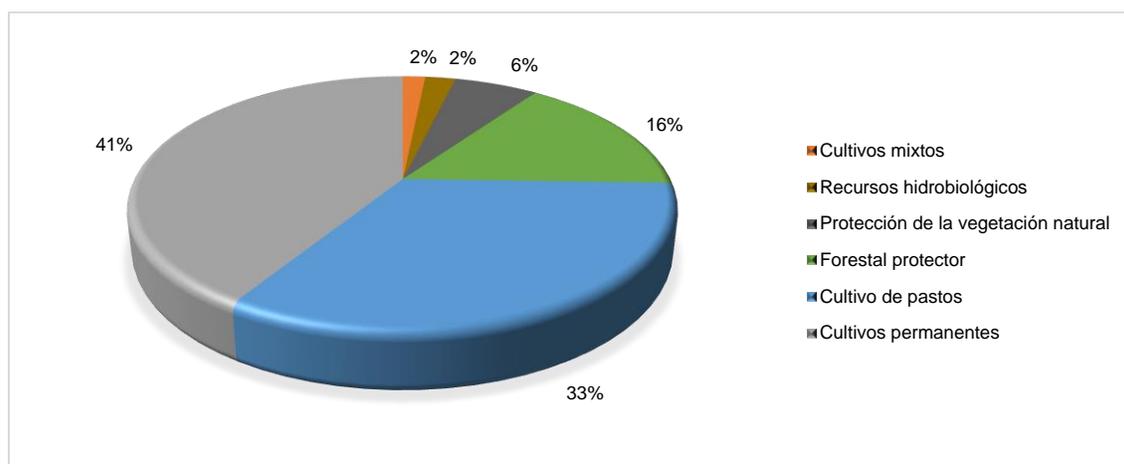


Figura 3. Uso del suelo en la zona consumidora del río La Paila

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 La Paila

Zona	Demanda Agrícola (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	89	75	92	88	91	87	94	85	90	87	83	87	1048
Consumidora	92	79	96	92	94	90	98	90	92	89	85	89	1086

Se puede observar que la demanda de agua para uso agrícola es muy similar en ambas zonas, debido a la presencia de grandes 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 La Paila.

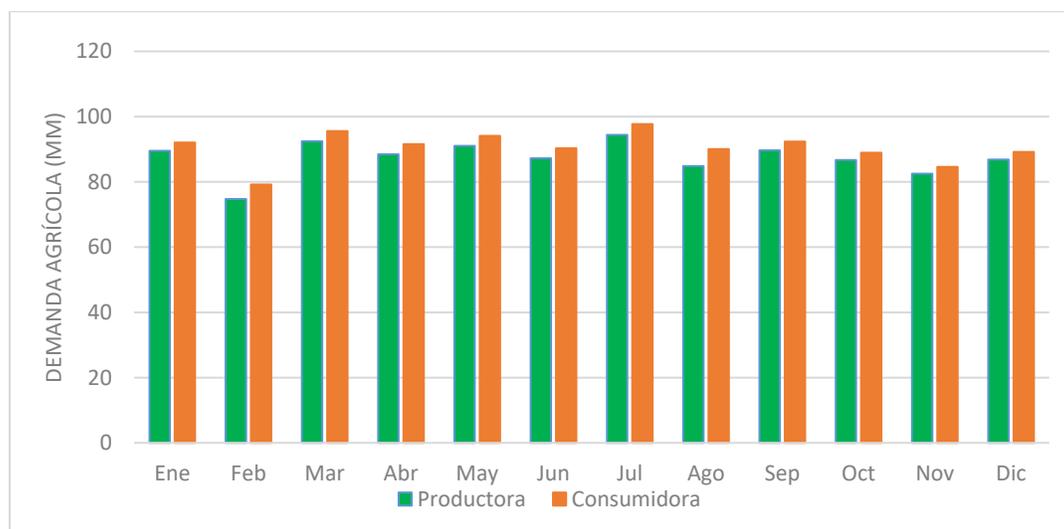


Figura 4. Demanda agrícola, cuenca del río La Paila

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 La Paila cuenta con 39.419 habitantes y la zona consumidora con 3.572. 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 La Paila (Tabla 3).

Tabla 2. División política, cuenca del río La Paila

Zona	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2018	Hab. Cuenca
Productora	Bugalagrande	Rural	34%	11.648	3.962
Productora	Sevilla	Rural	28%	10.317	2.905
Productora	Sevilla	Cabecera	100%	31.816	31.816
Productora	Zarzal	Rural	7%	10.113	736
Consumidora	Bugalagrande	Rural	6%	11.648	715
Consumidora	Zarzal	Rural	28%	10.113	2.857

Tabla 3. Demanda doméstica, cuenca del río La Paila

Zona	Demanda Doméstica (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,57	0,52	0,57	0,56	0,57	0,56	0,57	0,57	0,56	0,57	0,56	0,57	6,77
Consumidora	0,14	0,12	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	1,62

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 La Paila.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca del río La Paila

Zona	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora													
D. Bovina	0,0925	0,0836	0,0925	0,0895	0,0925	0,0895	0,0925	0,0925	0,0895	0,0925	0,0895	0,0925	1,089
D. Caprina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000
D. Equina	0,0060	0,0054	0,0060	0,0058	0,0060	0,0058	0,0060	0,0060	0,0058	0,0060	0,0058	0,0060	0,071
D. Ovina	0,0009	0,0008	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,011
D. Porcina	0,0161	0,0146	0,0161	0,0156	0,0161	0,0156	0,0161	0,0161	0,0156	0,0161	0,0156	0,0161	0,190
D. Aviar	0,2239	0,2022	0,2239	0,2166	0,2239	0,2166	0,2239	0,2239	0,2166	0,2239	0,2166	0,2239	2,636
Consumidora													
D. Bovina	0,1371	0,1238	0,1371	0,1326	0,1371	0,1326	0,1371	0,1371	0,1326	0,1371	0,1326	0,1371	1,614
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	0,001
D. Equina	0,0084	0,0076	0,0084	0,0081	0,0084	0,0081	0,0084	0,0084	0,0081	0,0084	0,0081	0,0084	0,099
D. Ovina	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,010
D. Porcina	0,0423	0,0382	0,0423	0,0409	0,0423	0,0409	0,0423	0,0423	0,0409	0,0423	0,0409	0,0423	0,498
D. Aviar	0,1720	0,1553	0,1720	0,1664	0,1720	0,1664	0,1720	0,1720	0,1664	0,1720	0,1664	0,1720	2,025
Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,34	0,31	0,34	0,33	0,34	0,33	0,34	0,34	0,33	0,34	0,33	0,34	4,00
Consumidora	0,36	0,33	0,36	0,35	0,36	0,35	0,36	0,36	0,35	0,36	0,35	0,36	4,25

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 La Paila es de 5'488.841 m³/año.

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

Tabla 5. Demanda industrial, cuenca del río La Paila

Zona	Demanda Industrial (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Consumidora	3,85	3,48	3,85	3,73	3,85	3,73	3,85	3,85	3,73	3,85	3,73	3,85	45,39

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 La Paila

Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Productora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
93	105	168	202	164	96	78	74	130	207	199	130	1651
Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Consumidora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
59	70	119	159	140	83	74	63	108	143	143	87	1245

En la cuenca del río La Paila, el régimen pluviométrico es bimodal, con dos periodos húmedos que se presentan en los meses marzo-abril-mayo y septiembre-octubre-noviembre; así como dos periodos menos lluviosos en los meses diciembre-enero-febrero y junio-julio-agosto. La zona productora de la cuenca presenta su valor más bajo de precipitación media en el mes de agosto y alcanza su valor máximo en octubre; mientras que en la zona consumidora el mes más lluvioso es abril y en enero se registran los valores más bajos.

4.2. Agua superficial

La cuenca del río La Paila se encuentra instrumentada desde el año 1.972 por la estación limnigráfica La Sorpresa, localizada a una altura de 947 msnm aproximadamente. El caudal medio mensual, se obtiene de la serie de registros diarios de la estación en el periodo 1984-2020.

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 La Paila bajo las condiciones hidrológicas de año seco, normal y húmedo.

Tabla 7. Oferta hídrica total, cuenca del río La Paila

Año Hidrológico	Caudal Medio Mensual Multianual (m ³ /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	3,73	3,51	4,33	7,38	7,04	4,61	2,98	1,95	2,48	6,04	8,86	7,81	5,01
Seco	0,41	0,47	0,75	1,37	1,17	0,79	0,61	0,19	0,51	1,02	2,18	1,07	1,52
Húmedo	10,73	16,86	13,78	25,57	15,59	10,54	16,77	5,82	11,11	19,46	33,59	24,97	10,43

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 el río La Paila es de 26%.

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

Tabla 8. Caudal ambiental, río La Paila

Caudal Ambiental (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0,97	0,91	1,13	1,92	1,83	1,20	0,78	0,51	0,65	1,57	2,30	2,03	1,30

Tabla 9. Oferta hídrica disponible, río La Paila

Oferta Hídrica Año Normal (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
61,1	51,9	71,0	117,0	115,3	73,2	48,9	31,9	39,4	99,0	140,6	127,9	977,1
Oferta Hídrica Año Seco (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
6,7	7,0	12,3	21,7	19,1	12,5	9,9	3,1	8,0	16,7	34,7	17,6	169,3
Oferta Hídrica Año Húmedo (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
175,9	249,5	225,9	405,5	255,5	167,2	274,9	95,5	176,3	318,9	532,7	409,2	3287,0

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 La Paila es de 9,45 Mm³/año. En la tabla 9 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual

Tabla 10. Oferta subterránea, cuenca del río La Paila

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
6,6	6,0	6,6	6,4	6,6	6,4	6,6	6,6	6,4	6,6	6,4	6,6	78,1

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 La Paila

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	3	30	76	114	73	9	-16	-11	41	120	116	44	603
Consumidora	-33	-9	23	67	46	-8	-24	-27	16	54	59	-2	160

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

ESCENARIO 1 (mm) - AÑO HIDROLOGICO NORMAL													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
O. Superficial	61,1	51,9	71,0	117,0	115,3	73,2	48,9	31,9	39,4	99,0	140,6	127,9	977,1
O. Subterránea	6,6	6,0	6,6	6,4	6,6	6,4	6,6	6,6	6,4	6,6	6,4	6,6	78,1
O. TOTAL	67,8	57,9	77,6	123,4	121,9	79,6	55,5	38,6	45,8	105,6	147,0	134,6	1055,3
D. Doméstica	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,6
D. Industrial	3,9	3,5	3,9	3,7	3,9	3,7	3,9	3,9	3,7	3,9	3,7	3,9	45,4
D. Pecuaria	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	4,2
D. Agrícola	80,7	21,3	0,0	0,0	0,0	18,2	56,8	64,9	0,0	0,0	0,0	4,1	246,1
D. TOTAL	85,1	25,3	4,4	4,2	4,4	22,5	61,2	69,2	4,2	4,4	4,2	8,4	297,3
BALANCE 2	-17,3	32,7	73,3	119,2	117,6	57,2	-5,7	-30,7	41,6	101,3	142,8	126,1	757,9
ESCENARIO 2 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO SECO													
O. Superficial	6,7	7,0	12,3	21,7	19,1	12,5	9,9	3,1	8,0	16,7	34,7	17,6	169,3
O. Subterránea	6,6	6,0	6,6	6,4	6,6	6,4	6,6	6,6	6,4	6,6	6,4	6,6	78,1
O. TOTAL	13,3	13,0	19,0	28,1	25,7	19,0	16,6	9,7	14,5	23,3	41,1	24,2	247,4
D. Doméstica	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,6
D. Industrial	3,9	3,5	3,9	3,7	3,9	3,7	3,9	3,9	3,7	3,9	3,7	3,9	45,4
D. Pecuaria	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	4,2
D. Agrícola	80,7	21,3	0,0	0,0	0,0	18,2	56,8	64,9	0,0	0,0	0,0	4,1	246,1
D. TOTAL	85,1	25,3	4,4	4,2	4,4	22,5	61,2	69,2	4,2	4,4	4,2	8,4	297,3
BALANCE 2	-71,7	-12,2	14,6	23,9	21,4	-3,5	-44,6	-59,5	10,3	18,9	36,9	15,8	-49,9
ESCENARIO 3 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO HÚMEDO													
O. Superficial	175,9	249,5	225,9	405,5	255,5	167,2	274,9	95,5	176,3	318,9	532,7	409,2	3287,0
O. Subterránea	6,6	6,0	6,6	6,4	6,6	6,4	6,6	6,6	6,4	6,6	6,4	6,6	78,1
O. TOTAL	182,5	255,5	232,5	411,9	262,1	173,7	281,5	102,1	182,7	325,6	539,1	415,9	3365,2
D. Doméstica	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,6

D. Industrial	3,9	3,5	3,9	3,7	3,9	3,7	3,9	3,9	3,7	3,9	3,7	3,9	45,4
D. Pecuaria	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	4,2
D. Agrícola	80,7	21,3	0,0	0,0	0,0	18,2	56,8	64,9	0,0	0,0	0,0	4,1	246,1
D. TOTAL	85,1	25,3	4,4	4,2	4,4	22,5	61,2	69,2	4,2	4,4	4,2	8,4	297,3
BALANCE 2	97,5	230,3	228,2	407,7	257,8	151,2	220,4	32,9	178,5	321,2	534,9	407,4	3067,9

Se puede observar que, en las condiciones de año hidrológico normal y seco, los meses de enero, julio y agosto presentan los mayores déficits de agua. Esto se debe a que son meses que hacen parte de las temporadas secas del año, la cual influye en la disminución de las lluvias y el aumento de la evapotranspiración. En las condiciones de año hidrológico normal, la demanda anual es de 297 mm y la oferta alcanza los 1.055 mm, por lo tanto, se presenta una lámina excedente de 758 mm.

De acuerdo con los resultados anteriores, en la cuenca del río La Paila 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.