

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO PIEDRAS

1. LOCALIZACIÓN

La cuenca del río Piedras posee un área de 11.674 has; limita al norte con la cuenca del río Riofrío, al sur con la cuenca del río Mediacanoa, al occidente con la cuenca del río Calima y al oriente con el río Cauca.

El río Piedras nace en la región conocida como La Concha, en la cordillera occidental, tiene un recorrido de 18 kilómetros en sentido occidente-oriente. Desemboca en el río Cauca a una altura aproximada de 950 msnm, y es el límite entre los municipios de Yotoco y Riofrío.

El uso de las aguas de este río se encuentra reglamentado por la Resolución SGA N° 013 del 30 de enero de 2002.

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 derivación de aguas, acequia El Establo, con un área aproximada de 5.768 has. La zona consumidora comprende desde el punto de cierre de la zona productora hasta la desembocadura de la corriente en la margen izquierda del río Cauca, cuenta con un área 5.907 has.

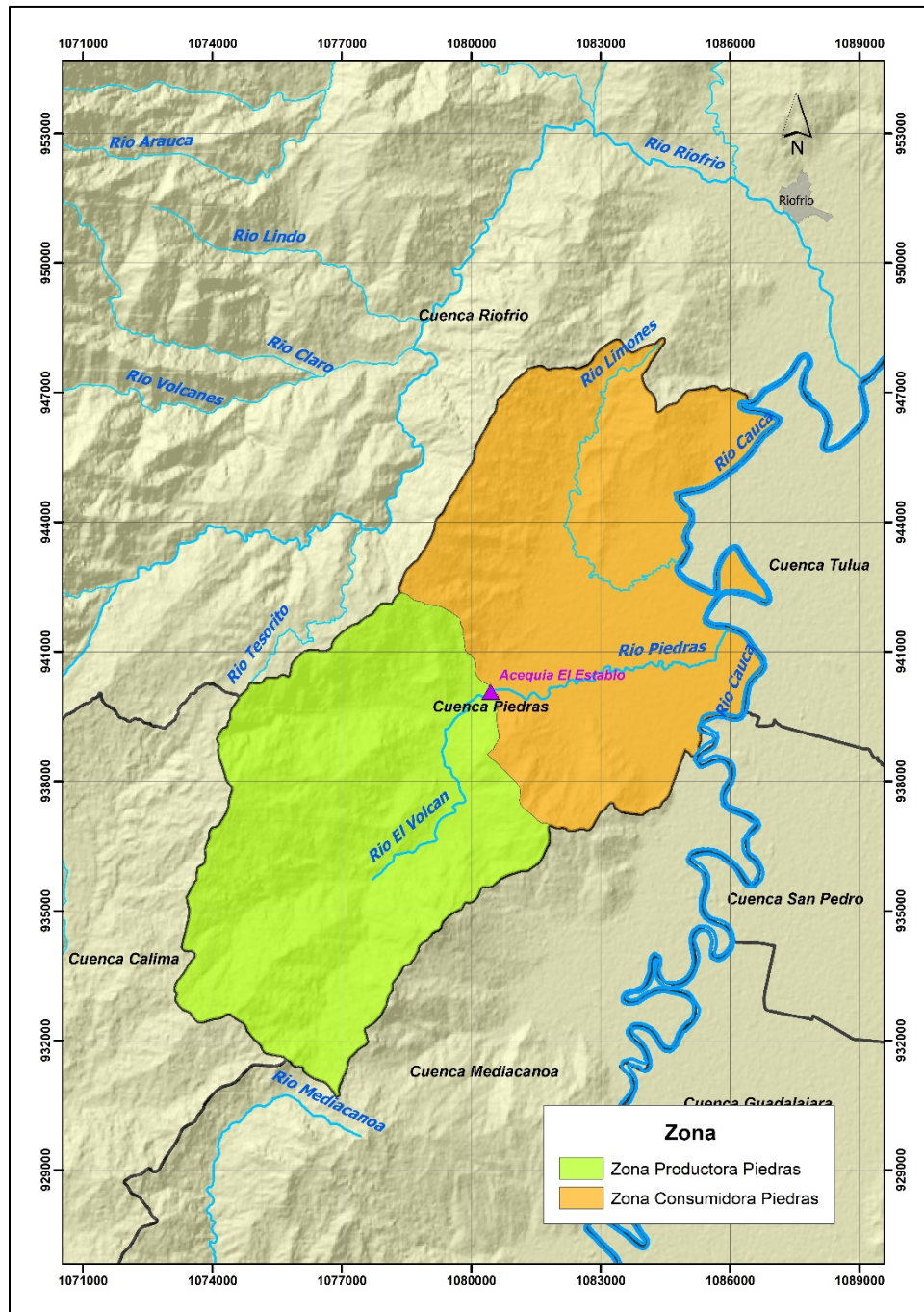


Figura 1. Localización cuenca del río Piedras

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 37% del área total, vegetación boscosa y de protección natural con 35%, cultivos permanentes con 23% y cultivos mixtos con 4%. La zona consumidora tiene distribuido

porcentualmente el uso del suelo así (Figura 3): cultivos permanentes con 34%, pastos cultivados con 29%, vegetación boscosa y de protección natural con 29%, cuerpos de agua con 4% y cultivos mixtos con 1%.

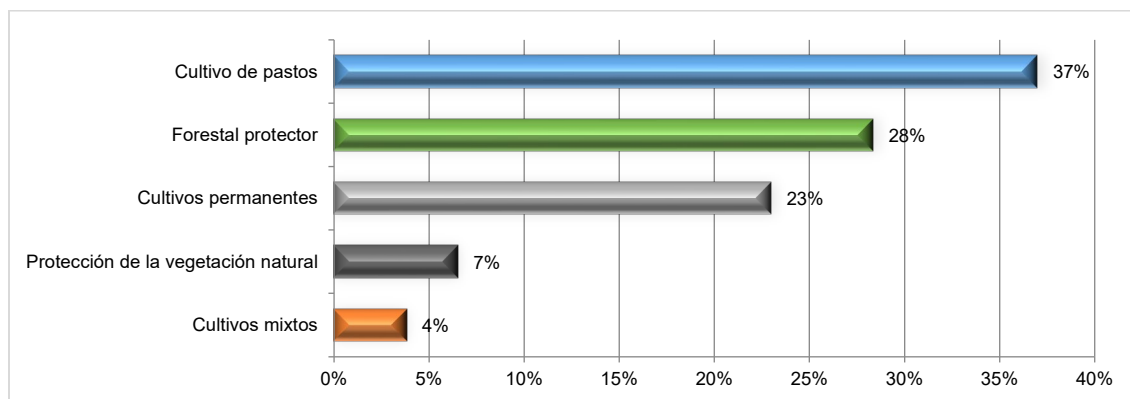


Figura 2. Uso del suelo en la zona productora del río Piedras

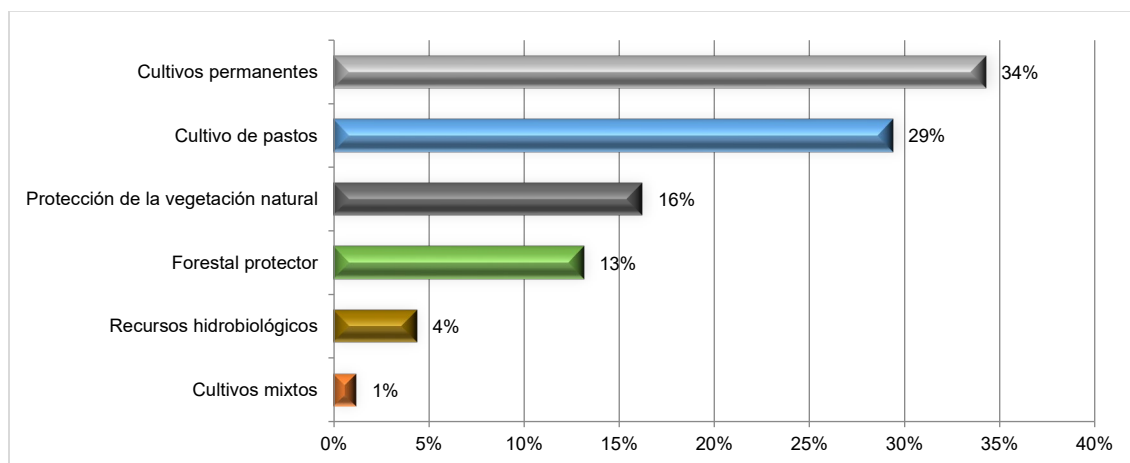


Figura 3. Uso del suelo en la zona consumidora del río Piedras

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 Piedras

Zona	Demanda Agrícola (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	79	65	83	80	82	79	85	75	80	78	74	77	937
Consumidora	85	72	88	85	87	84	90	82	86	83	78	82	1002

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 Piedras.

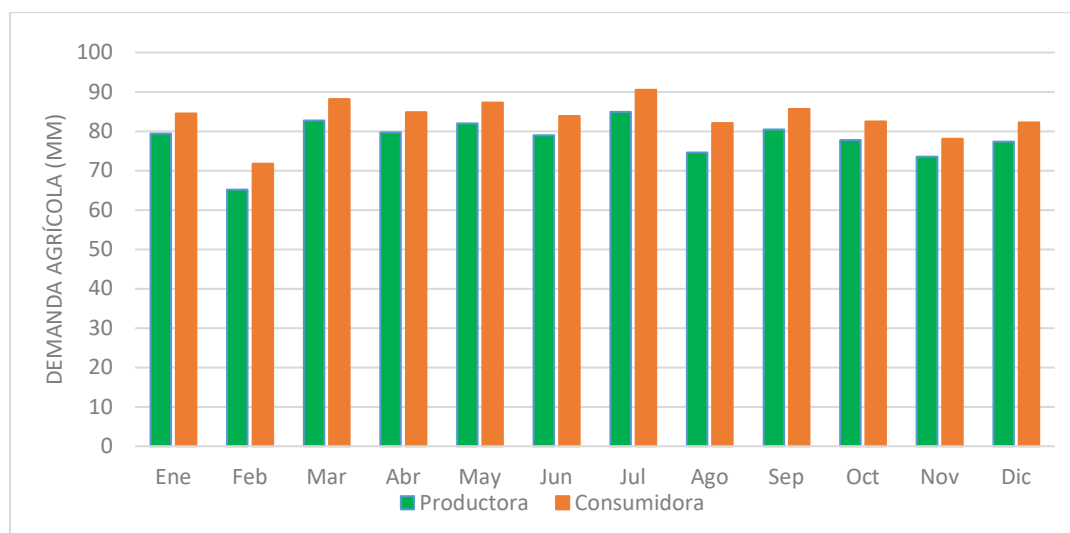


Figura 4. Demanda agrícola, cuenca del río Piedras

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 Piedras cuenta con 1.495 habitantes y la zona consumidora con 1.584. 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 Piedras (Tabla 3).

Tabla 2. División política, cuenca del río Piedras

Zona	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2018	Hab. Cuenca
Productora	Riofrio	Rural	10%	8.196	852
Productora	Yotoco	Rural	8%	7.693	643
Consumidora	Riofrio	Rural	15%	8.196	1.210
Consumidora	Yotoco	Rural	5%	7.693	374

Tabla 3. Demanda doméstica, cuenca del río Piedras

Zona	Demanda Doméstica (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	1,42
Consumidora	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	1,47

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 Piedras.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca del río Piedras

Zona	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora													
D. Bovina	0,0795	0,0718	0,0795	0,0769	0,0795	0,0769	0,0795	0,0795	0,0769	0,0795	0,0769	0,0795	0,936
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	0,0051	0,0046	0,0051	0,0049	0,0051	0,0049	0,0051	0,0051	0,0049	0,0051	0,0049	0,0051	0,059
D. Ovina	0,0015	0,0013	0,0015	0,0014	0,0015	0,0014	0,0015	0,0015	0,0014	0,0015	0,0014	0,0015	0,017
D. Porcina	0,0104	0,0094	0,0104	0,0100	0,0104	0,0100	0,0104	0,0104	0,0100	0,0104	0,0100	0,0104	0,122
D. Aviar	1,0402	0,9395	1,0402	1,0066	1,0402	1,0066	1,0402	1,0402	1,0066	1,0402	1,0066	1,0402	12,247
Consumidora													
D. Bovina	0,0644	0,0582	0,0644	0,0624	0,0644	0,0624	0,0644	0,0644	0,0624	0,0644	0,0624	0,0644	0,759
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	0,0040	0,0036	0,0040	0,0039	0,0040	0,0039	0,0040	0,0040	0,0039	0,0040	0,0039	0,0040	0,047
D. Ovina	0,0010	0,0009	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,012
D. Porcina	0,0081	0,0073	0,0081	0,0078	0,0081	0,0078	0,0081	0,0081	0,0078	0,0081	0,0078	0,0081	0,095
D. Aviar	0,7469	0,6746	0,7469	0,7228	0,7469	0,7228	0,7469	0,7469	0,7228	0,7469	0,7228	0,7469	8,794
Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	1,14	1,03	1,14	1,10	1,14	1,10	1,14	1,14	1,10	1,14	1,10	1,14	13,38
Consumidora	0,82	0,74	0,82	0,80	0,82	0,80	0,82	0,82	0,80	0,82	0,80	0,82	9,71

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 Piedras es de 1'471.785 m³/año.

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

Tabla 5. Demanda industrial, cuenca del río Piedras

Zona	Demanda Industrial (mm)												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Consumidora	2,12	1,91	2,12	2,05	2,12	2,05	2,12	2,12	2,05	2,12	2,05	2,12	24,92

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 Piedras

Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Productora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
75	85	128	166	140	71	60	56	108	166	168	106	1324
Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Consumidora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
73	79	125	163	145	75	61	54	104	156	161	99	1293

En la cuenca del río Piedras, 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 noviembre; mientras que en la zona consumidora el mes más lluvioso es abril y en agosto se registran los valores más bajos.

4.2. Agua superficial

La cuenca del río Piedras no se encuentra instrumentada. Por lo tanto, para estimar la oferta de agua superficial de la cuenca, se realizó una modelación hidrológica mediante el modelo lluvia-escurrentía HBV-IHMS. El caudal medio mensual, se obtiene de la serie de registros diarios simulados 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 del río Piedras bajo las condiciones hidrológicas de año seco, normal y húmedo.

Tabla 7. Oferta hídrica total, cuenca del río Piedras

Año Hidrológico	Caudal Medio Mensual Multianual (m ³ /s)												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Normal	0,76	0,66	1,00	1,25	1,47	0,91	0,49	0,36	0,47	1,01	1,50	1,21	0,92
Seco	0,11	0,07	0,21	0,33	0,46	0,22	0,08	0,05	0,05	0,22	0,46	0,34	0,46
Húmedo	1,79	1,99	4,76	2,99	5,65	2,16	1,67	0,73	1,28	3,46	4,51	3,94	2,48

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 Piedras es de 15%.

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

Tabla 8. Caudal ambiental, río Piedras

Caudal Ambiental (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0,11	0,10	0,15	0,19	0,22	0,14	0,07	0,05	0,07	0,15	0,23	0,18	0,14

Tabla 9. Oferta hídrica disponible, río Piedras

Oferta Hídrica Año Normal (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
29,19	23,08	38,49	46,47	56,82	34,04	18,72	13,86	17,41	38,81	55,98	46,78	419,64
Oferta Hídrica Año Seco (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
4,15	2,54	7,97	12,19	17,72	8,20	3,20	1,79	1,83	8,63	17,16	13,27	98,64
Oferta Hídrica Año Húmedo (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
68,91	69,44	183,28	111,51	217,78	80,39	64,56	27,97	47,68	133,33	168,25	151,94	1325,04

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 Piedras es de 11,18 Mm³/año. En la tabla 9 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual

Tabla 10. Oferta subterránea, cuenca del río Piedras

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
16,08	14,52	16,08	15,56	16,08	15,56	16,08	16,08	15,56	16,08	15,56	16,08	189,27

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 Piedras

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	-4	20	45	87	58	-8	-25	-19	27	88	94	28	387
Consumidora	-11	7	37	78	57	-9	-30	-28	19	74	83	17	291

El balance 1 muestra déficit de agua tanto en la zona productora como en la 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 Piedras

ESCENARIO 1 (mm) - AÑO HIDROLOGICO NORMAL													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
O. Superficial	29,2	23,1	38,5	46,5	56,8	34,0	18,7	13,9	17,4	38,8	56,0	46,8	419,6
O. Subterránea	16,1	14,5	16,1	15,6	16,1	15,6	16,1	16,1	15,6	16,1	15,6	16,1	189,3
O. TOTAL	45,3	37,6	54,6	62,0	72,9	49,6	34,8	29,9	33,0	54,9	71,5	62,9	608,9
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	1,5
D. Industrial	2,1	1,9	2,1	2,0	2,1	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1	2,0	2,1	24,9
D. Pecuaria	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	9,7
D. Agrícola	27,2	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	70,1	65,6	0,0	0,0	0,0	0,0	183,8
D. TOTAL	30,2	2,8	3,1	3,0	3,1	23,8	73,2	68,7	3,0	3,1	3,0	3,1	219,9
BALANCE 2	15,0	34,8	51,5	59,1	69,8	25,7	-38,4	-38,8	30,0	51,8	68,6	59,8	389,0
ESCENARIO 2 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO SECO													
O. Superficial	4,1	2,5	8,0	12,2	17,7	8,2	3,2	1,8	1,8	8,6	17,2	13,3	98,6
O. Subterránea	16,1	14,5	16,1	15,6	16,1	15,6	16,1	16,1	15,6	16,1	15,6	16,1	189,3
O. TOTAL	20,2	17,1	24,0	27,8	33,8	23,8	19,3	17,9	17,4	24,7	32,7	29,3	287,9
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	1,5
D. Industrial	2,1	1,9	2,1	2,0	2,1	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1	2,0	2,1	24,9
D. Pecuaria	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	9,7
D. Agrícola	27,2	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	70,1	65,6	0,0	0,0	0,0	0,0	183,8
D. TOTAL	30,2	2,8	3,1	3,0	3,1	23,8	73,2	68,7	3,0	3,1	3,0	3,1	219,9
BALANCE 2	-10,0	14,3	21,0	24,8	30,7	-0,1	-53,9	-50,8	14,4	21,6	29,8	26,3	68,0
ESCENARIO 3 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO HÚMEDO													
O. Superficial	68,9	69,4	183,3	111,5	217,8	80,4	64,6	28,0	47,7	133,3	168,2	151,9	1325,0
O. Subterránea	16,1	14,5	16,1	15,6	16,1	15,6	16,1	16,1	15,6	16,1	15,6	16,1	189,3
O. TOTAL	85,0	84,0	199,4	127,1	233,9	95,9	80,6	44,0	63,2	149,4	183,8	168,0	1514,3
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	1,5
D. Industrial	2,1	1,9	2,1	2,0	2,1	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1	2,0	2,1	24,9

D. Pecuaria	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	9,7
D. Agrícola	27,2	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	70,1	65,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	183,8
D. TOTAL	30,2	2,8	3,1	3,0	3,1	23,8	73,2	68,7	3,0	3,1	3,0	3,1	3,1	219,9
BALANCE 2	54,8	81,2	196,3	124,1	230,8	72,1	7,5	-24,6	60,3	146,3	180,8	165,0	1294,4	

Se puede observar que, en las tres condiciones de año hidrológico, los meses de julio y agosto presentan déficit de agua o excedentes muy bajos (en el caso de año hidrológico húmedo). 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 220 mm y la oferta alcanza los 609 mm, por lo tanto, se presenta una lámina excedente de 389 mm.

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