

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DE LA QUEBRADA SAN PEDRO

1. LOCALIZACIÓN

La cuenca de la quebrada San Pedro posee un área de 11.692 has; limita al norte y al oriente con la cuenca del río Tuluá, al sur con la cuenca del río Guadalajara y al occidente con el río Cauca.

La quebrada San Pedro nace en la cordillera Central, en el corregimiento de Buenos Aires a una altura aproximada de 2.000 msnm. Entrega sus aguas al zanjón Burriá, el cual entrega posteriormente al río Cauca.

El uso de las aguas de esta quebrada se encuentra reglamentado por la Resolución SGA 014 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 el punto de entrega a la primera derivación de aguas, esta zona tiene un área aproximada de 2.477 has. La zona consumidora fue delimitada partiendo del punto de cierre de la zona productora, hasta la desembocadura en la margen derecha del río Cauca, cuenta con un área 9.215 has.

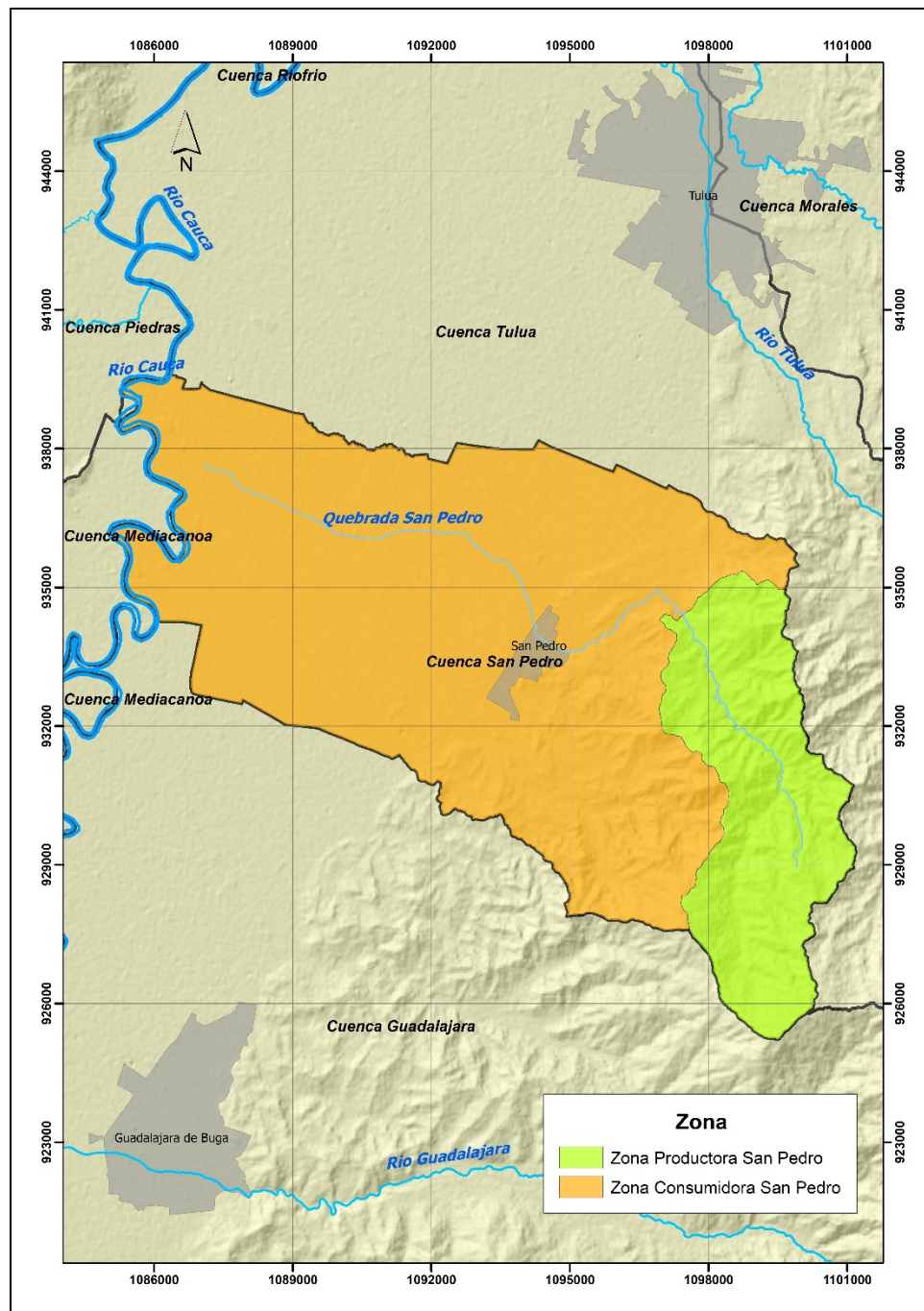


Figura 1. Localización cuenca de la quebrada San Pedro

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 56% del área total, pastos cultivados con 26%, cultivos permanentes con 8%, cultivos mixtos con 6% y cuerpos de agua con 1%. La zona consumidora tiene

distribuido porcentualmente el uso del suelo así (Figura 3): cultivos permanentes con 48%, pastos cultivados con 20%, vegetación boscosa y de protección natural con 18% y cuerpos de agua con 3%.

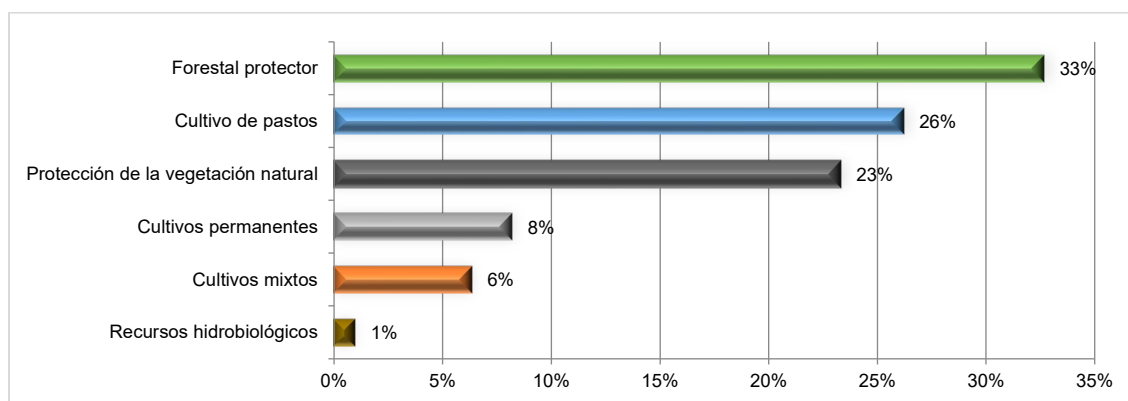


Figura 2. Uso del suelo en la zona productora de la quebrada San Pedro

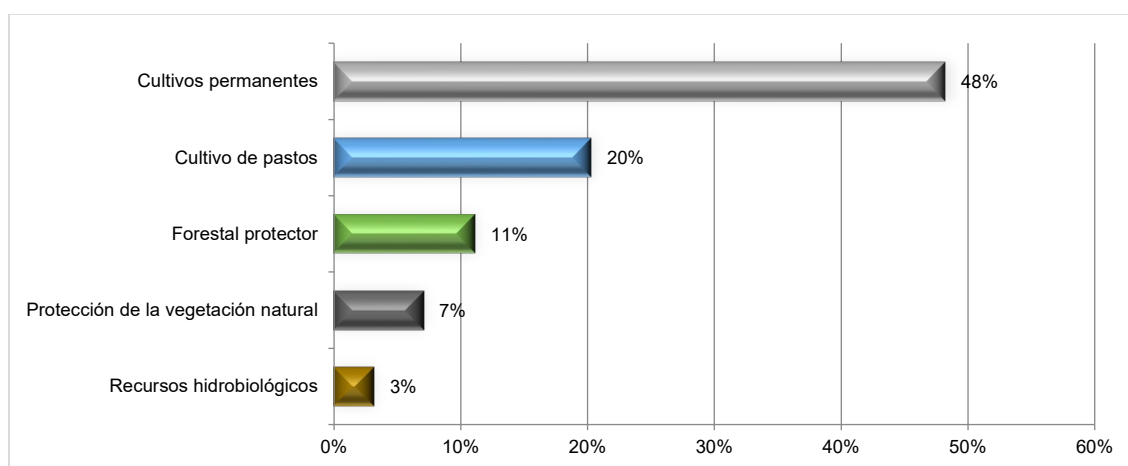


Figura 3. Uso del suelo en la zona consumidora de la quebrada San Pedro

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 San Pedro

Zona	Demanda Agrícola (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	83	69	86	83	85	82	89	78	84	82	77	81	981
Consumidora	85	73	89	85	88	84	91	84	87	83	79	83	1011

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 de la quebrada San Pedro.

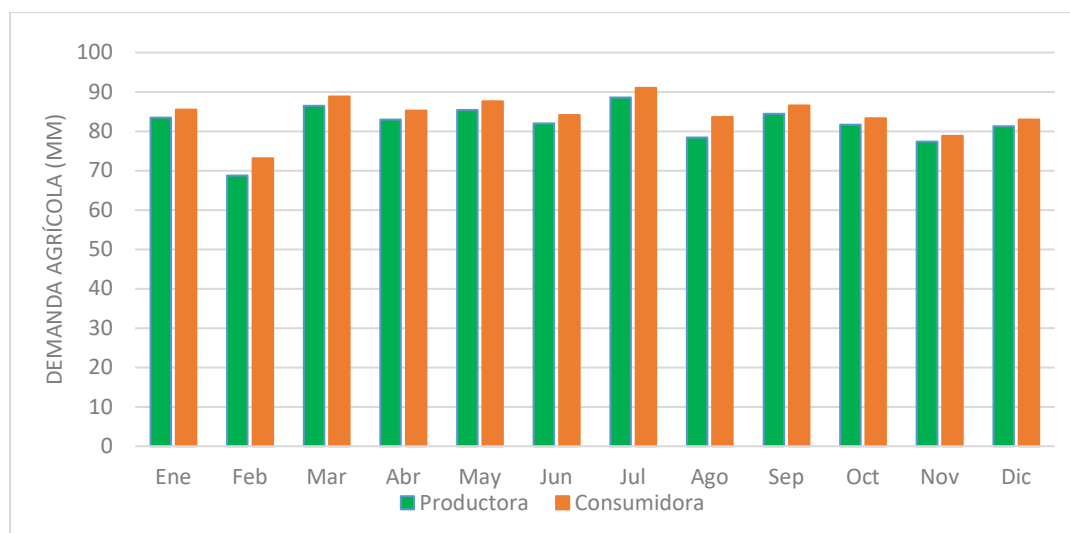


Figura 4. Demanda agrícola, cuenca de la quebrada San Pedro

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 San Pedro cuenta con 1.139 habitantes y la zona consumidora con 11.757. 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 San Pedro (Tabla 3).

Tabla 2. División política, cuenca de la quebrada San Pedro

Zona	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2018	Hab. Cuenca
Productora	San Pedro	Rural	12%	9.371	1.139
Consumidora	San Pedro	Rural	45%	9.371	4.186
Consumidora	San Pedro	Cabecera	100%	7.571	7.571

Tabla 3. Demanda doméstica, cuenca de la quebrada San Pedro

Zona	Demanda Doméstica (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,21	0,19	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	2,52
Consumidora	0,59	0,54	0,59	0,57	0,59	0,57	0,59	0,59	0,57	0,59	0,57	0,59	6,98

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 San Pedro.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca de la quebrada San Pedro

Zona	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora													
D. Bovina	0,0925	0,0835	0,0925	0,0895	0,0925	0,0895	0,0925	0,0925	0,0895	0,0925	0,0895	0,0925	1,089
D. Caprina	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,003
D. Equina	0,0068	0,0061	0,0068	0,0066	0,0068	0,0066	0,0068	0,0068	0,0066	0,0068	0,0066	0,0068	0,080
D. Ovina	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,004
D. Porcina	0,0125	0,0113	0,0125	0,0121	0,0125	0,0121	0,0125	0,0125	0,0121	0,0125	0,0121	0,0125	0,148
D. Aviar	6,4078	5,7877	6,4078	6,2011	6,4078	6,2011	6,4078	6,4078	6,2011	6,4078	6,2011	6,4078	75,446
Consumidora													
D. Bovina	0,0913	0,0825	0,0913	0,0884	0,0913	0,0884	0,0913	0,0913	0,0884	0,0913	0,0884	0,0913	1,076
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	0,003
D. Equina	0,0067	0,0060	0,0067	0,0065	0,0067	0,0065	0,0067	0,0067	0,0065	0,0067	0,0065	0,0067	0,079
D. Ovina	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,004
D. Porcina	0,0124	0,0112	0,0124	0,0120	0,0124	0,0120	0,0124	0,0124	0,0120	0,0124	0,0120	0,0124	0,146
D. Aviar	6,3306	5,7180	6,3306	6,1264	6,3306	6,1264	6,3306	6,3306	6,1264	6,3306	6,1264	6,3306	74,538
Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	6,52	5,89	6,52	6,31	6,52	6,31	6,52	6,52	6,31	6,52	6,31	6,52	76,77
Consumidora	6,44	5,82	6,44	6,23	6,44	6,23	6,44	6,44	6,23	6,44	6,23	6,44	75,84

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 de la quebrada San Pedro, se tuvo en cuenta el volumen de agua registrado para el municipio de San Pedro, cuya cabecera municipal se ubica por completo dentro de la cuenca. El volumen de agua consumido por las industrias manufactureras del municipio de San Pedro para el año 2020 fue de 8.804 m³/año.

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

Tabla 5. Demanda industrial, cuenca de la quebrada San Pedro

Zona	Demanda Industrial (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Consumidora	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10

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 San Pedro

Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Productora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
102	114	155	188	149	72	59	59	105	184	196	125	1503
Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Consumidora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
91	100	145	176	148	71	58	58	106	170	182	115	1411

En la cuenca de la quebrada San Pedro, 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 noviembre.

4.2. Agua superficial

La cuenca de la quebrada San Pedro no se encuentra instrumentada, por esta razón, para estimar la oferta hídrica superficial se procedió a realizar transposición de caudales con

base en los registros de la estación limnigráfica El Vergel, localizada en la cuenca del río Guadalajara. La transposición de caudales se realizó para 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 de la quebrada San Pedro bajo las condiciones hidrológicas de año seco, normal y húmedo.

Tabla 7. Oferta hídrica total, cuenca de la quebrada San Pedro

Año Hidrológico	Caudal Medio Mensual Multianual (m ³ /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	0,78	0,87	1,15	1,14	0,94	0,68	0,73	0,59	0,61	0,83	1,12	0,99	0,87
Seco	0,26	0,15	0,37	0,50	0,36	0,27	0,32	0,28	0,28	0,33	0,47	0,27	0,41
Húmedo	1,84	1,61	4,03	2,18	1,52	1,20	1,57	1,26	1,20	1,76	2,58	2,35	1,30

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 San Pedro es de 31%.

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

Tabla 8. Caudal ambiental, quebrada San Pedro

Caudal Ambiental (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0,24	0,27	0,36	0,35	0,29	0,21	0,23	0,18	0,19	0,26	0,35	0,31	0,27

Tabla 9. Oferta hídrica disponible, quebrada San Pedro

Oferta Hídrica Año Normal (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
15,61	15,69	23,14	22,15	18,90	13,11	14,64	11,76	11,77	16,68	21,83	19,85	205,12
Oferta Hídrica Año Seco (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
5,12	2,64	7,44	9,75	7,20	5,26	6,38	5,52	5,43	6,56	9,03	5,45	75,76
Oferta Hídrica Año Húmedo (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
36,85	29,18	80,89	42,30	30,49	23,25	31,56	25,35	23,38	35,26	50,11	47,05	455,68

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 San Pedro es de 3,84 Mm³/año. En la tabla 9 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual

Tabla 10. Oferta subterránea, cuenca de la quebrada San Pedro

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
3,54	3,20	3,54	3,42	3,54	3,42	3,54	3,54	3,42	3,54	3,42	3,54	41,67

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 San Pedro

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	19	45	69	105	63	-9	-30	-20	20	102	118	43	522
Consumidora	5	27	56	91	61	-13	-33	-26	20	87	103	32	400

El balance 1 muestra déficit de agua tanto en la zona productora como en la consumidora para los meses de 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 de la quebrada San Pedro

ESCENARIO 1 (mm) - AÑO HIDROLOGICO NORMAL													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
O. Superficial	15,6	15,7	23,1	22,1	18,9	13,1	14,6	11,8	11,8	16,7	21,8	19,9	205,1
O. Subterránea	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,7
O. TOTAL	19,1	18,9	26,7	25,6	22,4	16,5	18,2	15,3	15,2	20,2	25,3	23,4	246,8
D. Doméstica	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	7,0
D. Industrial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
D. Pecuaria	6,4	5,8	6,4	6,2	6,4	6,2	6,4	6,4	6,2	6,4	6,2	6,4	75,8
D. Agrícola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,5	82,6	65,8	0,0	0,0	0,0	0,0	181,8
D. TOTAL	7,0	6,4	7,0	6,8	7,0	40,3	89,6	72,8	6,8	7,0	6,8	7,0	264,7
BALANCE 2	12,1	12,5	19,6	18,8	15,4	-23,7	-71,4	-57,5	8,4	13,2	18,4	16,3	-17,9
ESCENARIO 2 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO SECO													
O. Superficial	5,1	2,6	7,4	9,8	7,2	5,3	6,4	5,5	5,4	6,6	9,0	5,5	75,8
O. Subterránea	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,7
O. TOTAL	8,7	5,8	11,0	13,2	10,7	8,7	9,9	9,1	8,9	10,1	12,5	9,0	117,4
D. Doméstica	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	7,0
D. Industrial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
D. Pecuaria	6,4	5,8	6,4	6,2	6,4	6,2	6,4	6,4	6,2	6,4	6,2	6,4	75,8
D. Agrícola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,5	82,6	65,8	0,0	0,0	0,0	0,0	181,8
D. TOTAL	7,0	6,4	7,0	6,8	7,0	40,3	89,6	72,8	6,8	7,0	6,8	7,0	264,7
BALANCE 2	1,6	-0,5	3,9	6,4	3,7	-31,6	-79,7	-63,8	2,0	3,1	5,6	1,9	-147,3
ESCENARIO 3 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO HÚMEDO													
O. Superficial	36,9	29,2	80,9	42,3	30,5	23,2	31,6	25,3	23,4	35,3	50,1	47,0	455,7
O. Subterránea	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,7
O. TOTAL	40,4	32,4	84,4	45,7	34,0	26,7	35,1	28,9	26,8	38,8	53,5	50,6	497,3
D. Doméstica	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	7,0
D. Industrial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

D. Pecuaria	6,4	5,8	6,4	6,2	6,4	6,2	6,4	6,4	6,2	6,4	6,2	6,4	75,8
D. Agrícola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,5	82,6	65,8	0,0	0,0	0,0	0,0	181,8
D. TOTAL	7,0	6,4	7,0	6,8	7,0	40,3	89,6	72,8	6,8	7,0	6,8	7,0	264,7
BALANCE 2	33,3	26,0	77,4	38,9	27,0	-13,6	-54,5	-43,9	20,0	31,8	46,7	43,5	232,6

Se puede observar que, en las tres condiciones de año hidrológico, los meses de junio, 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. Además, en las condiciones de año hidrológico seco, los meses que no presentan déficit de agua tienen excedentes muy bajos, por lo tanto, es una cuenca muy susceptible a problemas de disponibilidad del recurso hídrico. En las condiciones de año hidrológico normal, la demanda anual es de 265 mm y la oferta alcanza los 247 mm, por lo tanto, se presenta un déficit de 18 mm.

De acuerdo con los resultados anteriores, en la cuenca de la quebrada San Pedro 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.