

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO PÁRRAGA

1. LOCALIZACIÓN

La cuenca del río Párraga es una cuenca de cuarto orden, pertenece a la cuenca del río Guachal, pero debido a su alto interés para la región se realiza el estudio independiente de ella. La cuenca posee un área de 22.194 has; limita al norte con la cuenca del río Bolo, al sur, oriente y occidente con la cuenca del río Fraile.

El río Párraga nace en la cordillera central a una altura aproximada de 3.000 msnm. Corre en sentido Este-Oeste y desemboca en el río Fraile entre los predios Las Palmas y Los Ranchos. El uso de las aguas de este río se encuentra reglamentado por la Resolución 0100 N° 0630-0778 de 2017.

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 Palestina, con un área aproximada de 10.910 has. La zona consumidora comprende desde punto de cierre de la zona productora hasta la desembocadura de la corriente en el río Fraile, cuenta con un área 11.284 has.

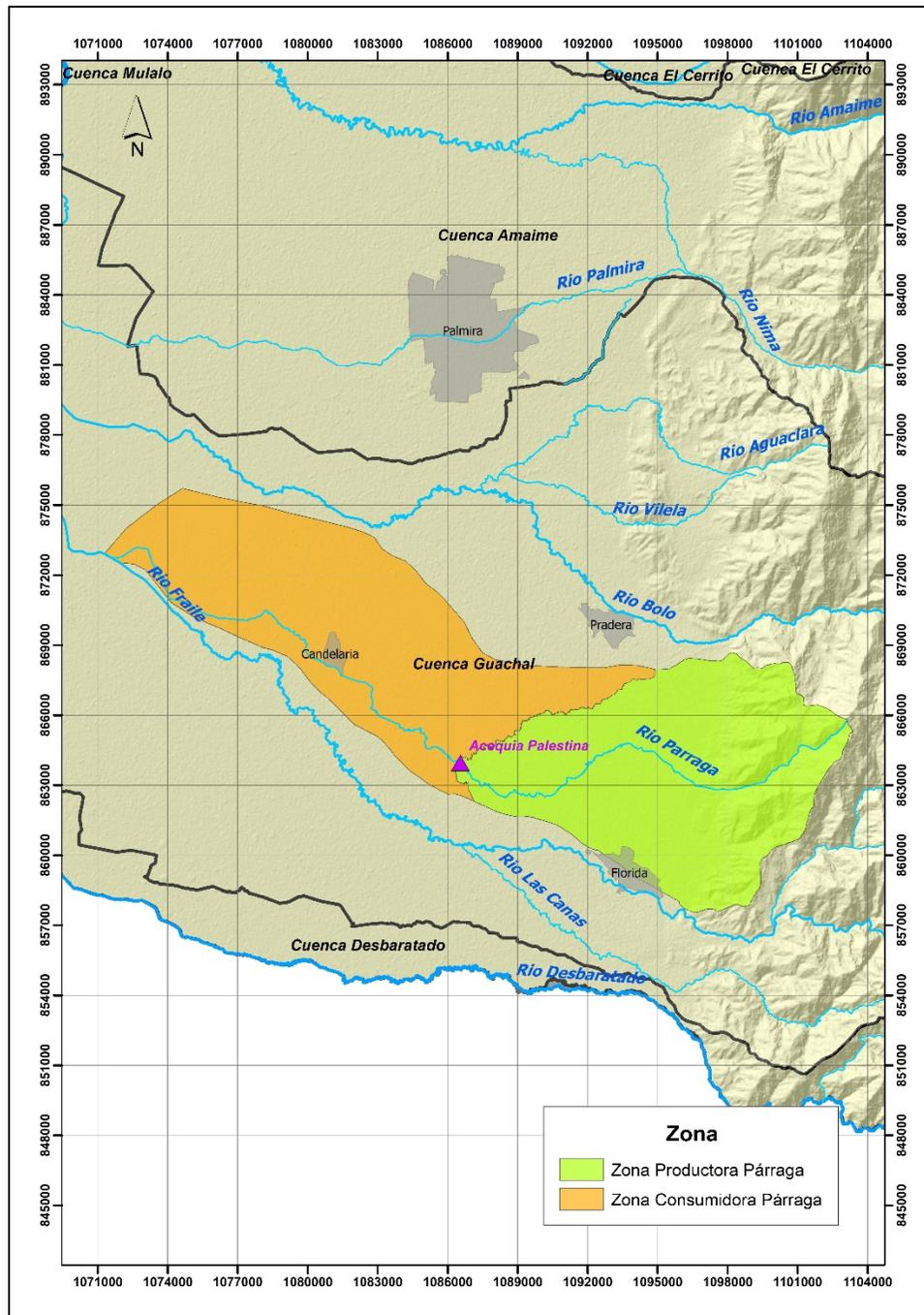


Figura 1. Localización cuenca del río Párraga

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 cultivos permanentes con 48% del área total, vegetación boscosa y de protección natural con 26%, pastos cultivados con 18%, cultivos transitorios con 2% e infraestructura residencial con 2%. La zona

consumidora tiene distribuido porcentualmente el uso del suelo así (Figura 3): cultivos permanentes con 91%, infraestructura residencial, cultivos transitorios y cuerpos de agua con 2% cada uno e infraestructura industrial y comercial con 1%.

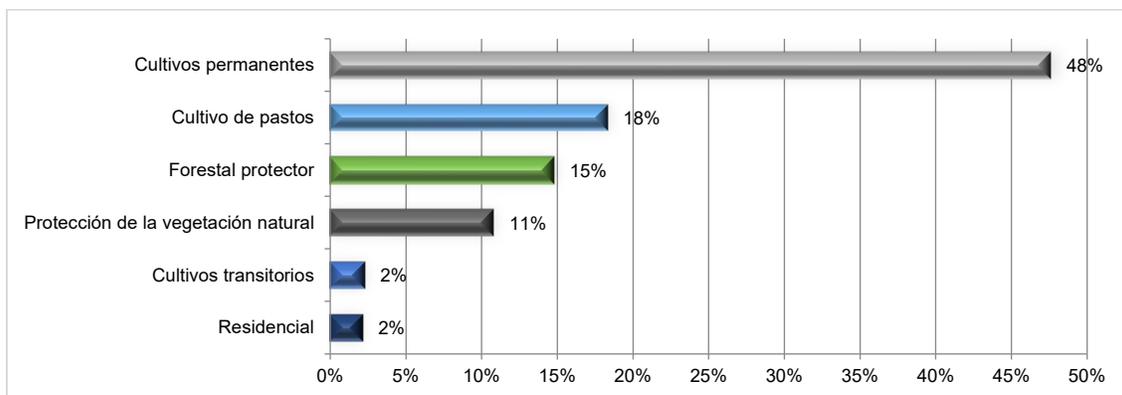


Figura 2. Uso del suelo en la zona productora del río Párraga

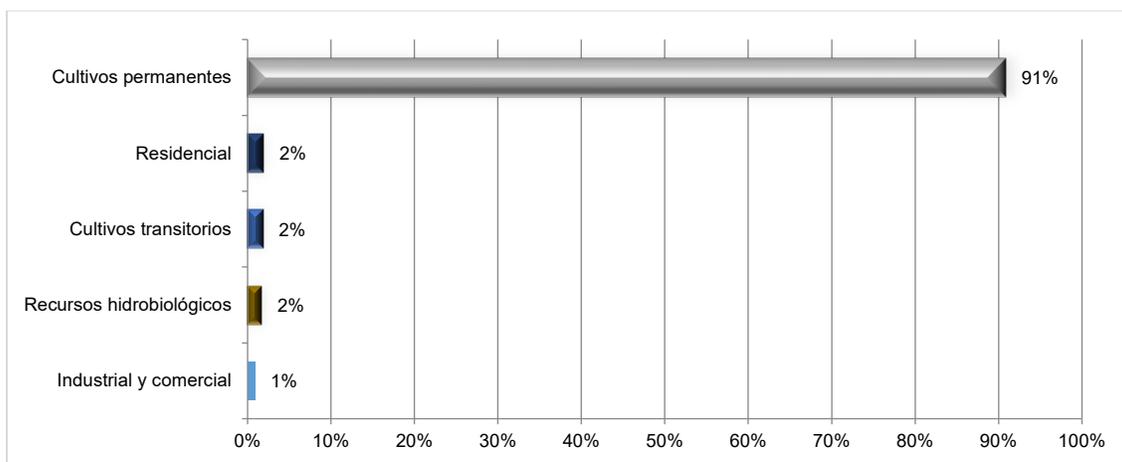


Figura 3. Uso del suelo en la zona consumidora del río Párraga

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 Párraga

Zona	Demanda Agrícola (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	76	63	78	75	77	74	80	72	78	75	71	74	894
Consumidora	80	69	83	79	82	78	85	79	82	79	74	78	950

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 Párraga.

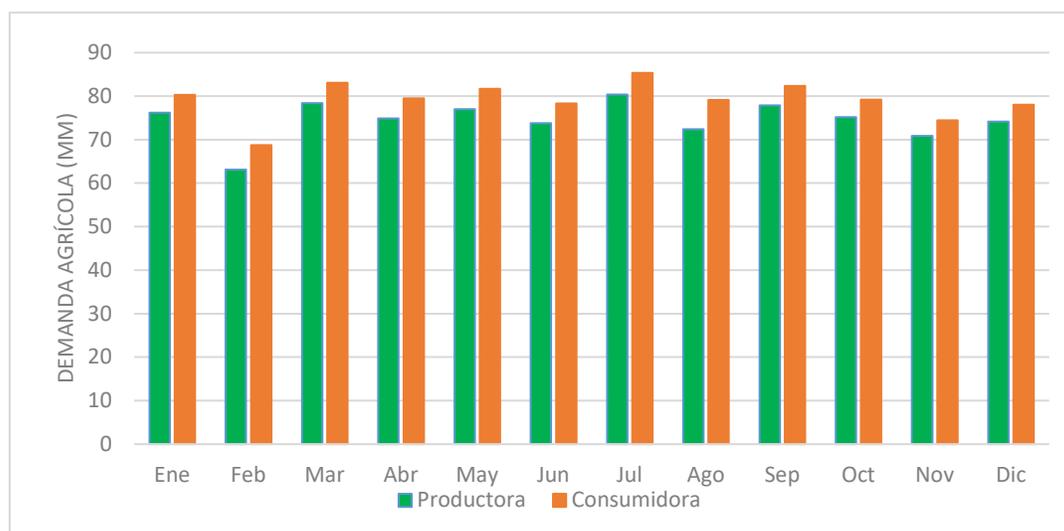


Figura 4. Demanda agrícola, cuenca del río Párraga

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 Párraga cuenta con 19.399 habitantes y la zona consumidora con 40.930. 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 Párraga (Tabla 3).

Tabla 2. División política, cuenca del río Párraga

Zona	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2018	Hab. Cuenca
Productora	Florida	Rural	14%	17.179	2.325
Productora	Florida	Cabecera	40%	40.195	16.127
Productora	Pradera	Rural	15%	6.193	947
Consumidora	Candelaria	Rural	23%	68.246	15.982
Consumidora	Candelaria	Cabecera	100%	23.579	23.579
Consumidora	Florida	Rural	0%	17.179	32
Consumidora	Palmira	Rural	1%	74.040	771
Consumidora	Pradera	Rural	9%	6.193	566

Tabla 3. Demanda doméstica, cuenca del río Párraga

Zona	Demanda Doméstica (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	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
Consumidora	1,7	1,5	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	19,9

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 Párraga.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca del río Párraga

Zona	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Zona Productora													
D. Bovina	0,0303	0,0274	0,0303	0,0293	0,0303	0,0293	0,0303	0,0303	0,0293	0,0303	0,0293	0,0303	0,357
D. Caprina	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,006
D. Equina	0,0028	0,0026	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,0028	0,033
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	0,0029	0,0026	0,0029	0,0028	0,0029	0,0028	0,0029	0,0029	0,0028	0,0029	0,0028	0,0029	0,034
D. Aviar	0,6456	0,5832	0,6456	0,6248	0,6456	0,6248	0,6456	0,6456	0,6248	0,6456	0,6248	0,6456	7,602
Zona Consumidora													
D. Bovina	0,0282	0,0254	0,0282	0,0272	0,0282	0,0272	0,0282	0,0282	0,0272	0,0282	0,0272	0,0282	0,331
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	0,002
D. Equina	0,0039	0,0035	0,0039	0,0038	0,0039	0,0038	0,0039	0,0039	0,0038	0,0039	0,0038	0,0039	0,046
D. Ovina	0,0007	0,0006	0,0007	0,0006	0,0007	0,0006	0,0007	0,0007	0,0006	0,0007	0,0006	0,0007	0,008
D. Porcina	0,0817	0,0738	0,0817	0,0791	0,0817	0,0791	0,0817	0,0817	0,0791	0,0817	0,0791	0,0817	0,962
D. Aviar	4,2043	3,7974	4,2043	4,0686	4,2043	4,0686	4,2043	4,2043	4,0686	4,2043	4,0686	4,2043	49,502
Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,68	0,62	0,68	0,66	0,68	0,66	0,68	0,68	0,66	0,68	0,66	0,68	8,04
Consumidora	4,32	3,90	4,32	4,18	4,32	4,18	4,32	4,32	4,18	4,32	4,18	4,32	50,85

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 Párraga, se tuvo en cuenta el volumen de agua registrado para el municipio de Candelaria, cuya cabecera municipal se ubica por completo dentro de la cuenca. El volumen de agua consumido por las industrias manufactureras del municipio de Candelaria para el año 2020 fue de 3'588.465 m³/año.

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

Tabla 5. Demanda industrial, cuenca del río Párraga

Zona	Demanda Industrial (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Consumidora	2,70	2,44	2,70	2,61	2,70	2,61	2,70	2,70	2,61	2,70	2,61	2,70	31,80

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 Párraga

Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Productora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
140	134	180	200	146	66	49	38	105	235	249	156	1708
Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Consumidora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
77	85	123	155	128	57	34	32	70	116	134	90	1095

En la cuenca del río Párraga, 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. 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 Párraga 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-escorrentía 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 Párraga bajo las condiciones hidrológicas de año seco, normal y húmedo.

Tabla 7. Oferta hídrica total, cuenca del río Párraga

Año Hidrológico	Caudal Medio Mensual Multianual (m ³ /s)												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Normal	2,79	2,56	3,30	4,09	3,74	2,21	1,10	0,76	1,02	2,46	4,10	3,50	2,64
Seco	0,73	0,80	0,64	1,30	0,87	0,51	0,26	0,17	0,16	0,82	1,79	1,26	1,35
Húmedo	7,42	8,38	10,05	8,98	7,29	5,47	2,77	2,79	4,43	6,64	10,72	6,41	4,62

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 Párraga es de 15%.

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

Tabla 8. Caudal ambiental, río Párraga

Caudal Ambiental (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0,42	0,38	0,50	0,61	0,56	0,33	0,17	0,11	0,15	0,37	0,62	0,52	0,40

Tabla 9. Oferta hídrica disponible, río Párraga

Oferta Hídrica Año Normal (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
56,27	46,62	66,67	79,92	75,36	43,18	22,25	15,32	20,01	49,72	80,06	70,58	625,96
Oferta Hídrica Año Seco (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
14,78	14,50	12,85	25,37	17,50	10,02	5,23	3,45	3,20	16,60	34,89	25,47	183,87
Oferta Hídrica Año Húmedo (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
149,78	152,64	202,76	175,43	147,14	106,71	55,85	56,29	86,46	134,00	209,26	129,36	1605,67

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 Párraga es de 60,20 Mm³/año. En la tabla 9 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual

Tabla 10. Oferta subterránea, cuenca del río Párraga

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
45,31	40,93	45,31	43,85	45,31	43,85	45,31	45,31	43,85	45,31	43,85	45,31	533,51

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 Párraga

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	63	71	101	125	69	-8	-32	-34	27	160	178	82	814
Consumidora	-3	16	40	76	46	-21	-51	-47	-12	36	60	12	145

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 y 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 del río Párraga

ESCENARIO 1 (mm) - AÑO HIDROLOGICO NORMAL													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
O. Superficial	56,3	46,6	66,7	79,9	75,4	43,2	22,2	15,3	20,0	49,7	80,1	70,6	626,0
O. Subterránea	45,3	40,9	45,3	43,9	45,3	43,9	45,3	45,3	43,9	45,3	43,9	45,3	533,5
O. TOTAL	101,6	87,5	112,0	123,8	120,7	87,0	67,6	60,6	63,9	95,0	123,9	115,9	1159,5
D. Doméstica	1,7	1,5	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	19,9
D. Industrial	2,7	2,4	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	31,8
D. Pecuaria	4,3	3,9	4,3	4,2	4,3	4,2	4,3	4,3	4,2	4,3	4,2	4,3	50,9
D. Agrícola	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	58,7	140,6	128,5	33,7	0,0	0,0	0,0	369,3
D. TOTAL	16,6	7,9	8,7	8,4	8,7	67,1	149,3	137,2	42,1	8,7	8,4	8,7	471,8
BALANCE 2	85,0	79,7	103,3	115,3	112,0	19,9	-81,7	-76,6	21,7	86,3	115,5	107,2	687,7
ESCENARIO 2 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO SECO													
O. Superficial	14,8	14,5	12,8	25,4	17,5	10,0	5,2	3,4	3,2	16,6	34,9	25,5	183,9
O. Subterránea	45,3	40,9	45,3	43,9	45,3	43,9	45,3	45,3	43,9	45,3	43,9	45,3	533,5
O. TOTAL	60,1	55,4	58,2	69,2	62,8	53,9	50,5	48,8	47,0	61,9	78,7	70,8	717,4
D. Doméstica	1,7	1,5	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	19,9
D. Industrial	2,7	2,4	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	31,8
D. Pecuaria	4,3	3,9	4,3	4,2	4,3	4,2	4,3	4,3	4,2	4,3	4,2	4,3	50,9
D. Agrícola	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	58,7	140,6	128,5	33,7	0,0	0,0	0,0	369,3
D. TOTAL	16,6	7,9	8,7	8,4	8,7	67,1	149,3	137,2	42,1	8,7	8,4	8,7	471,8
BALANCE 2	43,5	47,6	49,5	60,8	54,1	-13,2	-98,7	-88,4	4,9	53,2	70,3	62,1	245,6
ESCENARIO 3 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO HÚMEDO													
O. Superficial	149,8	152,6	202,8	175,4	147,1	106,7	55,9	56,3	86,5	134,0	209,3	129,4	1605,7
O. Subterránea	45,3	40,9	45,3	43,9	45,3	43,9	45,3	45,3	43,9	45,3	43,9	45,3	533,5
O. TOTAL	195,1	193,6	248,1	219,3	192,4	150,6	101,2	101,6	130,3	179,3	253,1	174,7	2139,2
D. Doméstica	1,7	1,5	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	19,9
D. Industrial	2,7	2,4	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	31,8

D. Pecuaria	4,3	3,9	4,3	4,2	4,3	4,2	4,3	4,3	4,2	4,3	4,2	4,3	50,9
D. Agrícola	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	58,7	140,6	128,5	33,7	0,0	0,0	0,0	369,3
D. TOTAL	16,6	7,9	8,7	8,4	8,7	67,1	149,3	137,2	42,1	8,7	8,4	8,7	471,8
BALANCE 2	178,5	185,7	239,4	210,9	183,7	83,5	-48,1	-35,6	88,2	170,6	244,7	166,0	1667,4

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 472 mm y la oferta alcanza los 1.160 mm, por lo tanto, se presenta una lámina excedente de 688 mm.

De acuerdo con los resultados anteriores y teniendo en cuenta que más del 90% del área de la zona consumidora de la cuenca corresponde a producción agrícola (principalmente caña de azúcar), se hace necesario un buen manejo y gestión del recurso hídrico, con el fin de aumentar las eficiencias de captación, almacenamiento y aplicación de los sistemas de riego de los cultivos.