

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO BUGALAGRANDE

1. LOCALIZACIÓN

La cuenca del río Bugalagrande posee un área de 91.357 has; limita al norte con las cuencas de los ríos La Paila y La Vieja, al sur con las cuencas de los ríos Morales y Tuluá, al oriente con el departamento del Tolima y al occidente con el río Cauca.

El río Bugalagrande nace en la cordillera central a una altura aproximada de 4.000 msnm, en el páramo La Cascada, subcuenca Peñas Blancas; después de un recorrido de aproximadamente 80 Km, desemboca sobre la margen derecha del río Cauca. El uso de las aguas de este río se encuentra reglamentado por la Resolución 0100 N° 0600-0606 de 2016.

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 El Placer, con un área aproximada de 63.820 has. La zona consumidora comprende desde la estación El Placer hasta la desembocadura de la corriente en la margen derecha del río Cauca, cuenta con un área 27.537 has.

distribuido porcentualmente el uso del suelo así (Figura 3): pastos con 41%, cultivos permanentes con 38%, cultivos transitorios con 8% y vegetación forestal con 6%.

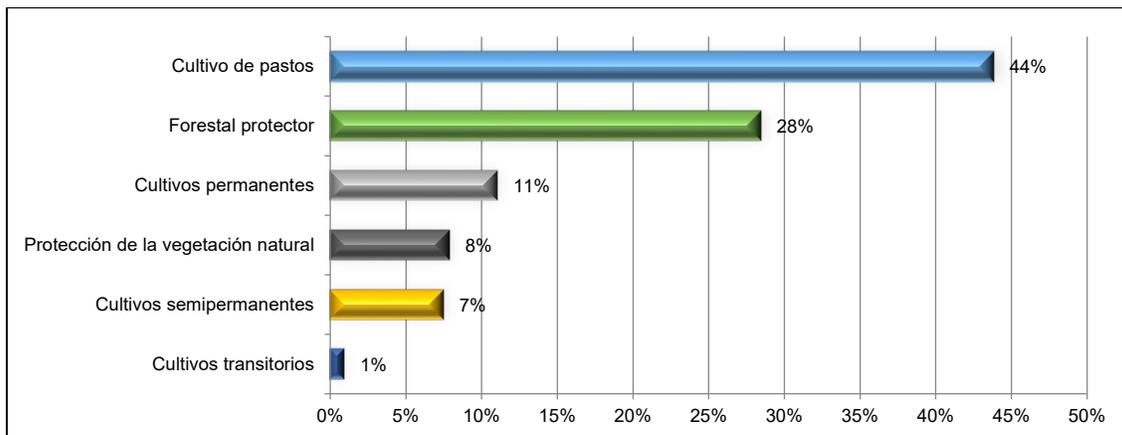


Figura 2. Uso del suelo en la zona productora del río Bugalagrande

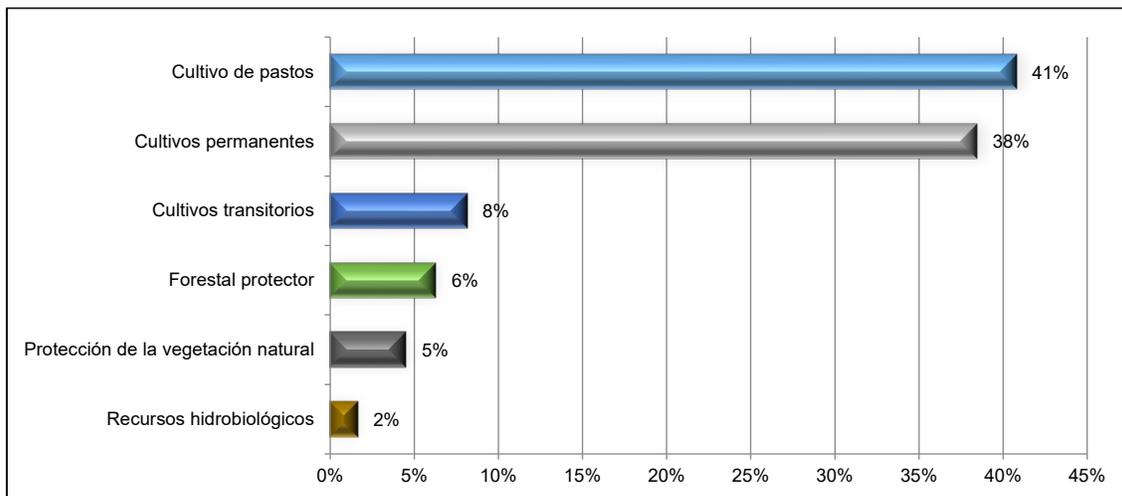


Figura 3. Uso del suelo en la zona consumidora del río Bugalagrande

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 Bugalagrande

Zona	Demanda Agrícola (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	65	48	67	64	66	63	68	54	65	63	60	63	746
Consumidora	90	77	94	90	92	89	96	88	91	88	83	88	1066

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 febrero, 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 Bugalagrande.

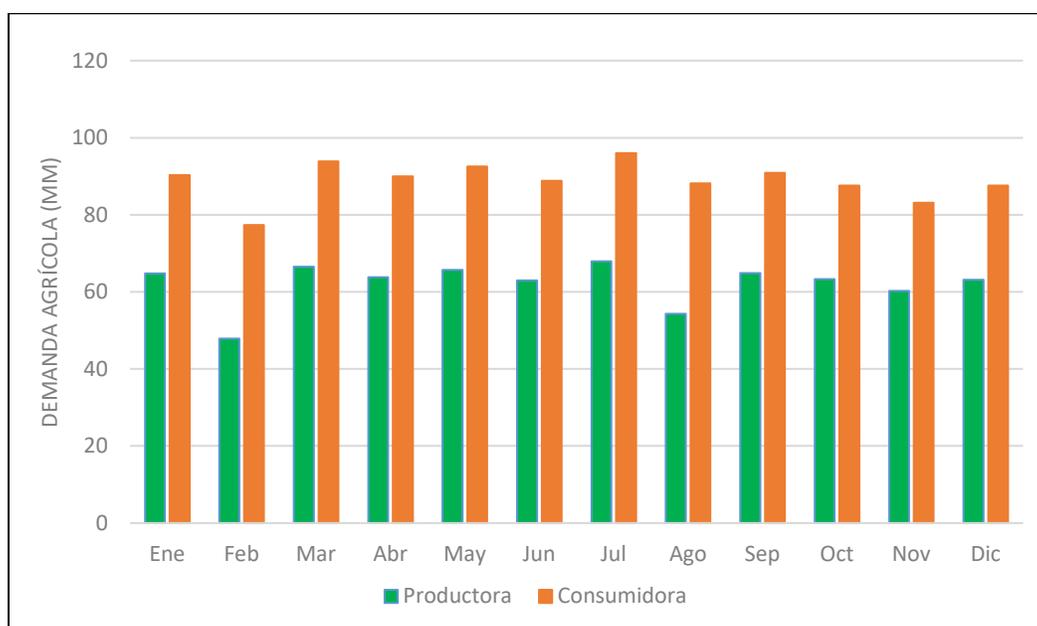


Figura 4. Demanda agrícola, cuenca del río Bugalagrande

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 Bugalagrande cuenta con 21.547 habitantes y la zona consumidora con 27.846. 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 Bugalagrande (Tabla 3).

Tabla 2. División política, cuenca del río Bugalagrande

Zona	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2018	Hab. Cuenca
Productora	Andalucía	Rural	4%	5.023	187
Productora	Bugalagrande	Rural	6%	11.648	682
Productora	Caicedonia	Rural	0,1%	4.985	6

Productora	Sevilla	Rural	42%	10.317	4.329
Productora	Tuluá	Rural	43%	37.734	16.343
Consumidora	Andalucía	Rural	43%	5.023	2.179
Consumidora	Andalucía	Cabecera	39%	17.413	6.707
Consumidora	Bugalagrande	Rural	54%	11.648	6.289
Consumidora	Bugalagrande	Cabecera	100%	12.670	12.670

Tabla 3. Demanda doméstica, cuenca del río Bugalagrande

Zona	Demanda Doméstica (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,8
Consumidora	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	5,5

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 Bugalagrande.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca del río Bugalagrande

Zona Productora	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
D. Bovina	0,0792	0,0715	0,0792	0,0766	0,0792	0,0766	0,0792	0,0792	0,0766	0,0792	0,0766	0,0792	0,9324
D. Caprina	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0006
D. Equina	0,0049	0,0044	0,0049	0,0047	0,0049	0,0047	0,0049	0,0049	0,0047	0,0049	0,0047	0,0049	0,0576
D. Ovina	0,0009	0,0008	0,0009	0,0008	0,0009	0,0008	0,0009	0,0009	0,0008	0,0009	0,0008	0,0009	0,0101
D. Porcina	0,0075	0,0068	0,0075	0,0073	0,0075	0,0073	0,0075	0,0075	0,0073	0,0075	0,0073	0,0075	0,0886
D. Aviar	0,4561	0,4120	0,4561	0,4414	0,4561	0,4414	0,4561	0,4561	0,4414	0,4561	0,4414	0,4561	5,3704
Zona Consumidora	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
D. Bovina	0,1016	0,0918	0,1016	0,0983	0,1016	0,0983	0,1016	0,1016	0,0983	0,1016	0,0983	0,1016	1,1964
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	0,0007
D. Equina	0,0082	0,0074	0,0082	0,0080	0,0082	0,0080	0,0082	0,0082	0,0080	0,0082	0,0080	0,0082	0,0969
D. Ovina	0,0015	0,0014	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0178
D. Porcina	0,0233	0,0210	0,0233	0,0225	0,0233	0,0225	0,0233	0,0233	0,0225	0,0233	0,0225	0,0233	0,2743
D. Aviar	0,1185	0,1070	0,1185	0,1147	0,1185	0,1147	0,1185	0,1185	0,1147	0,1185	0,1147	0,1185	1,3951

Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,55	0,50	0,55	0,53	0,55	0,53	0,55	0,55	0,53	0,55	0,53	0,55	6,46
Consumidora	0,25	0,23	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	2,98

3.4. Demanda de agua para uso industrial

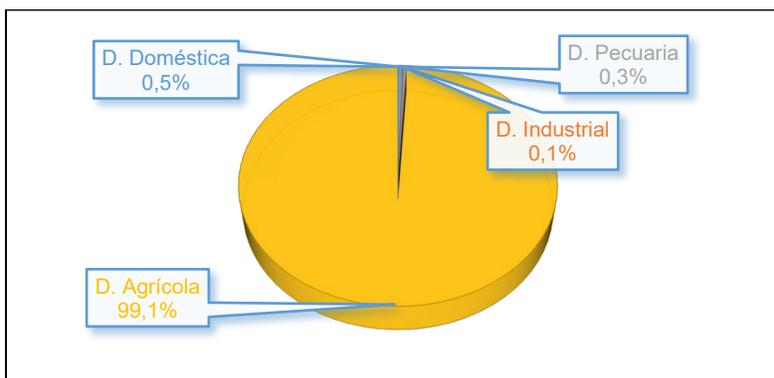
La demanda de agua para uso industrial se estimó con base en el Registro Único Ambiental -RUA- del año 2020, en el cual se reporta el volumen de agua consumido por las empresas inscritas; para la cuenca del río Bugalagrande, se tuvo en cuenta el volumen de agua registrado para el municipio de Bugalagrande, cuya cabecera municipal se ubica por completo dentro de la cuenca. El volumen de agua consumido por las industrias manufactureras del municipio de Bugalagrande para el año 2020 fue de 399.855 m³/año.

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

Tabla 5. Demanda industrial, cuenca del río Bugalagrande

Zona	Demanda Industrial (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
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	1,45

La demanda de agua para uso agrícola es la que mayor aporte hace a la demanda total anual con un 99% (gráfico 4), lo sigue la demanda doméstica con un 0,5%, la pecuaria con 0,3% y finalmente la industrial con 0,1%.



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 Bugalagrande

Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Productora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
115	115	161	188	150	83	59	60	103	210	213	145	1600
Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Consumidora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
68	77	127	162	140	81	69	59	106	151	159	94	1290

En la cuenca del río Bugalagrande, 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 los meses de julio y agosto, mientras que el valor máximo lo registran en noviembre y abril.

4.2. Agua superficial

La cuenca del río Bugalagrande se encuentra instrumentada desde el año 1.976 por la estación limnigráfica El Placer, localizada a una altura de 1.089 msnm aproximadamente. El caudal medio mensual, se obtiene de la serie de registros diarios de la estación en el periodo 1985-2020.

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

Tabla 7. Oferta hídrica total, cuenca del río Bugalagrande

Año Hidrológico	Caudal Medio Mensual Multianual (m ³ /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	16,32	14,27	15,88	20,61	21,18	16,37	11,99	9,19	8,85	15,36	24,01	21,62	16,30
Seco	5,04	3,10	4,67	6,81	7,79	7,32	3,10	3,82	2,25	4,24	8,27	5,23	8,21
Húmedo	46,99	55,68	39,35	64,53	56,70	34,53	24,07	18,08	21,28	37,70	57,65	57,29	32,05

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 Bugalagrande es de 29%.

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

Tabla 8. Caudal ambiental, río Bugalagrande

Caudal Ambiental (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
4,73	4,14	4,61	5,98	6,14	4,75	3,48	2,67	2,57	4,45	6,96	6,27	4,73

Tabla 9. Oferta hídrica disponible, río Bugalagrande

Oferta Hídrica Año Normal (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
112,73	89,03	109,67	137,77	146,24	109,41	82,82	63,47	59,13	106,05	160,44	149,28	1326,04
Oferta Hídrica Año Seco (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
34,83	19,34	32,22	45,50	53,83	48,91	21,38	26,38	15,04	29,29	55,27	36,12	418,11
Oferta Hídrica Año Húmedo (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
324,50	347,31	271,72	431,25	391,56	230,74	166,20	124,86	142,22	260,37	385,27	395,62	3471,60

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 Bugalagrande es de 120,38 Mm³/año. En la tabla 9 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual.

Tabla 10. Oferta subterránea, cuenca del río Bugalagrande

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
37,13	33,54	37,13	35,93	37,13	35,93	37,13	37,13	35,93	37,13	35,93	37,13	437,16

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 Bugalagrande

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	50	67	95	124	84	20	-8	6	38	147	153	82	854
Consumidora	-22	-1	33	72	48	-8	-27	-29	16	64	76	7	224

El balance 1 muestra déficit de agua tanto en la zona productora para el mes de julio, mientras que la zona consumidora para los meses de enero, febrero, 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 Bugalagrande

ESCENARIO 1 (mm) - AÑO HIDROLOGICO NORMAL													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
O. Superficial	112,7	89,0	109,7	137,8	146,2	109,4	82,8	63,5	59,1	106,0	160,4	149,3	1326,0
O. Subterránea	37,1	33,5	37,1	35,9	37,1	35,9	37,1	37,1	35,9	37,1	35,9	37,1	437,2
O. TOTAL	149,9	122,6	146,8	173,7	183,4	145,3	120,0	100,6	95,1	143,2	196,4	186,4	1763,2
D. Doméstica	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	5,5
D. Industrial	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. Pecuaria	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	3,0
D. Agrícola	50,8	1,6	0,0	0,0	0,0	18,0	63,2	66,2	0,0	0,0	0,0	0,0	199,9
D. TOTAL	51,7	2,4	0,8	0,8	0,8	18,8	64,0	67,1	0,8	0,8	0,8	0,8	209,8
BALANCE 2	98,2	120,2	146,0	172,9	182,5	126,5	55,9	33,5	94,2	142,3	195,6	185,6	1553,4
ESCENARIO 2 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO SECO													
O. Superficial	34,8	19,3	32,2	45,5	53,8	48,9	21,4	26,4	15,0	29,3	55,3	36,1	418,1
O. Subterránea	37,1	33,5	37,1	35,9	37,1	35,9	37,1	37,1	35,9	37,1	35,9	37,1	437,2
O. TOTAL	72,0	52,9	69,3	81,4	91,0	84,8	58,5	63,5	51,0	66,4	91,2	73,2	855,3
D. Doméstica	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	5,5
D. Industrial	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. Pecuaria	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	3,0
D. Agrícola	50,8	1,6	0,0	0,0	0,0	18,0	63,2	66,2	0,0	0,0	0,0	0,0	199,9
D. TOTAL	51,7	2,4	0,8	0,8	0,8	18,8	64,0	67,1	0,8	0,8	0,8	0,8	209,8
BALANCE 2	20,3	50,5	68,5	80,6	90,1	66,0	-5,5	-3,6	50,1	65,6	90,4	72,4	645,4
ESCENARIO 3 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO HÚMEDO													
O. Superficial	324,5	347,3	271,7	431,2	391,6	230,7	166,2	124,9	142,2	260,4	385,3	395,6	3471,6
O. Subterránea	37,1	33,5	37,1	35,9	37,1	35,9	37,1	37,1	35,9	37,1	35,9	37,1	437,2
O. TOTAL	361,6	380,8	308,8	467,2	428,7	266,7	203,3	162,0	178,2	297,5	421,2	432,7	3908,8
D. Doméstica	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	5,5
D. Industrial	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. Pecuaria	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	3,0
D. Agrícola	50,8	1,6	0,0	0,0	0,0	18,0	63,2	66,2	0,0	0,0	0,0	0,0	199,9
D. TOTAL	51,7	2,4	0,8	0,8	0,8	18,8	64,0	67,1	0,8	0,8	0,8	0,8	209,8
BALANCE 2	310,0	378,5	308,0	466,4	427,8	247,9	139,3	94,9	177,3	296,6	420,4	431,9	3698,9

Se puede observar que tan solo en la condición de año hidrológico seco, se presenta déficit de agua en dos meses (julio y agosto). En las condiciones de año hidrológico normal, la demanda anual es de 210 mm y la oferta alcanza los 1.763 mm, por lo tanto, se presenta una lámina excedente de 1.553 mm.

De acuerdo con los resultados anteriores, la cuenca del río Bugalagrande no presenta déficit de agua en ningún mes del año (bajo condición de año hidrológico normal), debido a que cuenta con una muy buena oferta de agua superficial y subterránea para cubrir las demandas de la cuenca. Sin embargo, es necesario mantener un constante seguimiento sobre los usuarios de agua y usos de suelo en la zona, ya que, por ejemplo, un aumento

en el área destinada para producción agrícola, que es el uso del agua que mayor presión ejerce sobre la demanda total, podría afectar el balance en meses como agosto, que es el que menos excedentes presenta.