

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO MORALES

1. LOCALIZACIÓN

La cuenca del río Morales posee un área de 20.395 has; limita al norte con la cuenca del río Bugalagrande, al sur y oriente con la cuenca del río Tuluá y al occidente con el río Cauca.

El río Morales nace en el corregimiento de Venus, a una altura de 2800 msnm aproximadamente y desemboca en la margen derecha del río Cauca en el corregimiento de bocas de Tuluá dentro del predio Bilbao. El uso de las aguas de esta corriente se encuentra reglamentada mediante la resolución SGA N° 051 del 27 de febrero 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 primera derivación de aguas, captación predio San José, con un área aproximada de 3.327 has. La zona consumidora comprende desde el cierre de la zona productora hasta la desembocadura de la corriente en la margen derecha del río Cauca, cuenta con un área 16.960 has.

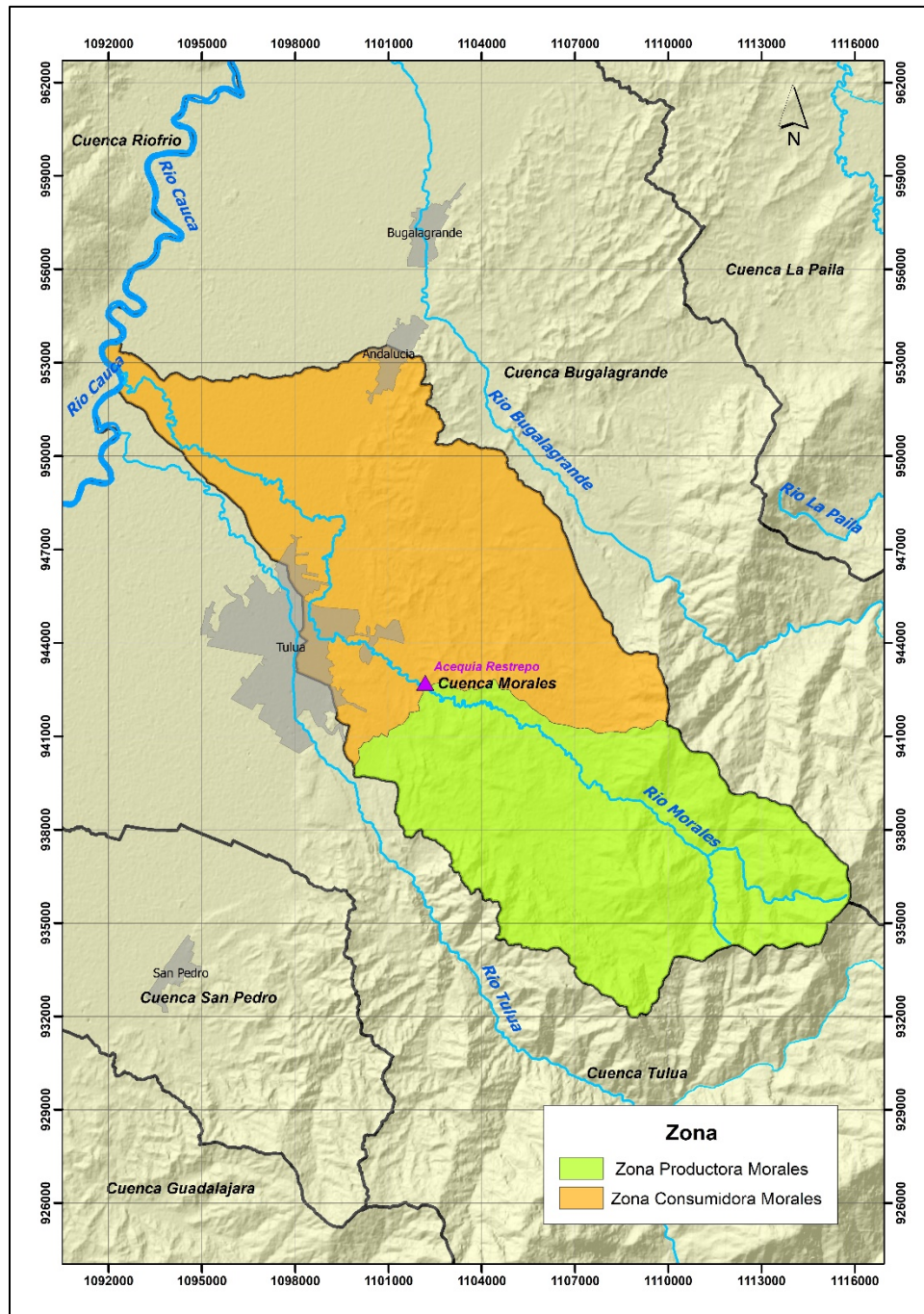


Figura 1. Localización cuenca del río Morales

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 44% del área total, pastos cultivados con 41%, cultivos permanentes con 9%, cultivos mixtos con 3% e infraestructura residencial con 1%. La zona consumidora

tiene distribuido porcentualmente el uso del suelo así (Figura 3): pastos cultivados con 37%, cultivos permanentes con 31%, vegetación boscosa y de protección natural con 19% e infraestructura residencial con 3%.

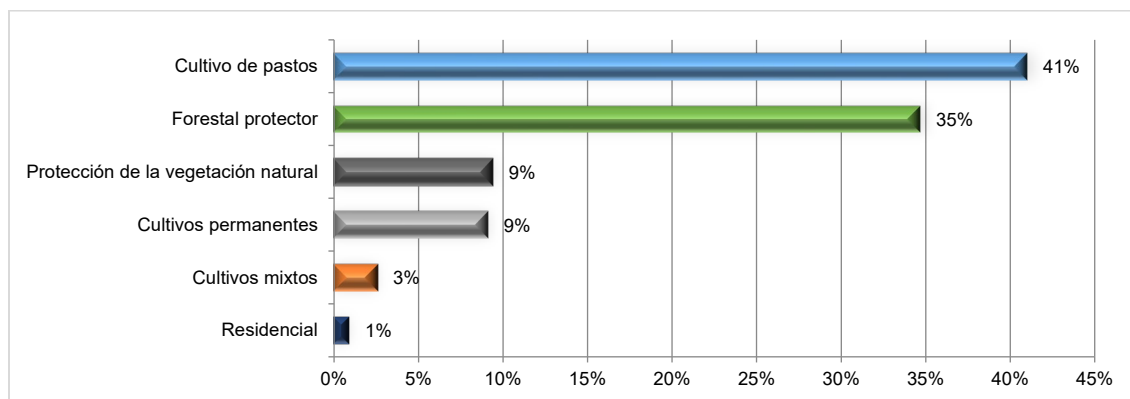


Figura 2. Uso del suelo en la zona productora del río Morales

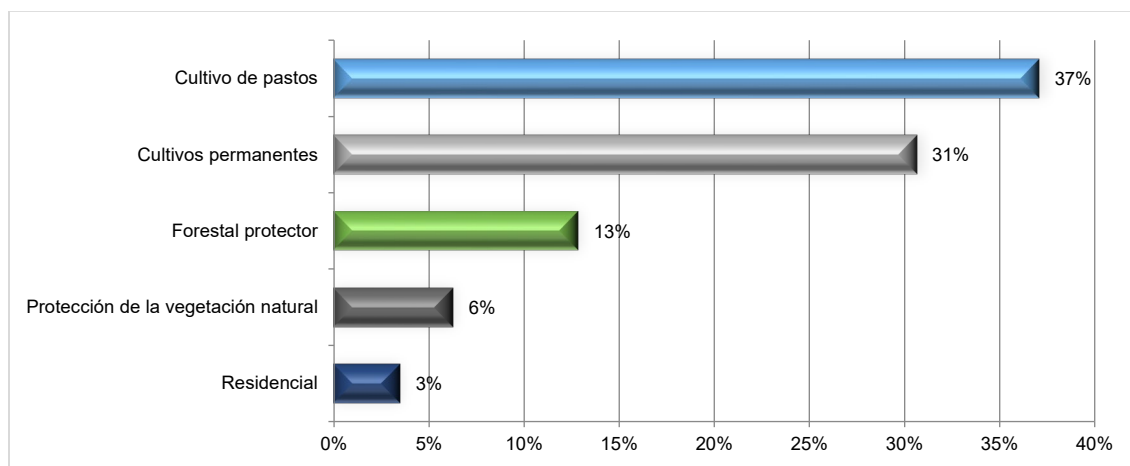


Figura 3. Uso del suelo en la zona consumidora del río Morales

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 Morales

Zona	Demanda Agrícola (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	78	63	81	77	80	76	83	72	79	76	72	76	913
Consumidora	91	78	95	91	93	89	97	89	92	89	84	88	1076

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 Morales.

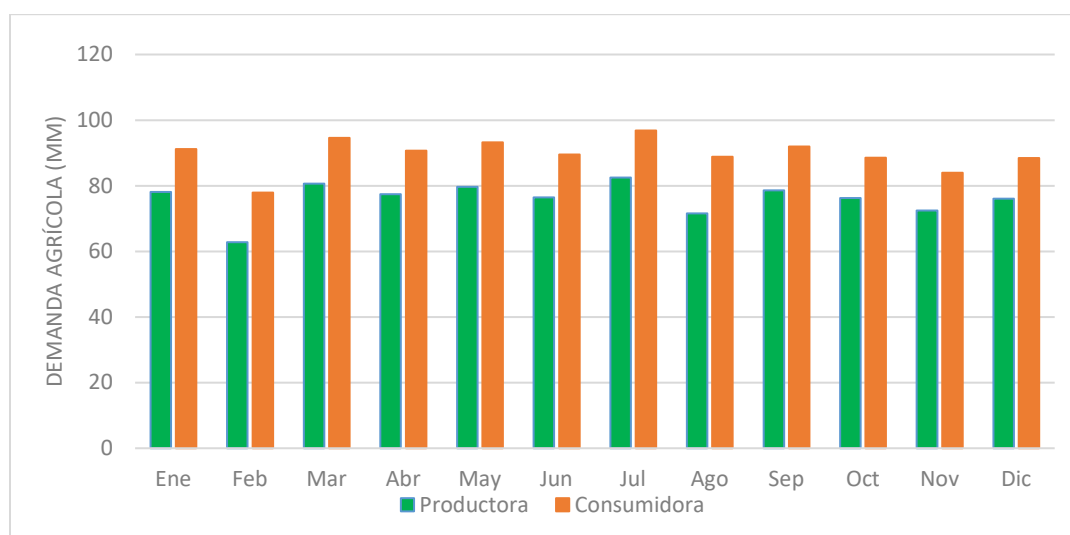


Figura 4. Demanda agrícola, cuenca del río Morales

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 Morales cuenta con 3.902 habitantes y la zona consumidora con 53.624. 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 Morales (Tabla 3).

Tabla 2. División política, cuenca del río Morales

Zona	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2018	Hab. Cuenca
Productora	Tuluá	Rural	10%	37.734	3.902
Consumidora	Andalucía	Rural	53%	5.023	2.657
Consumidora	Andalucía	Cabecera	61%	17.413	10.706
Consumidora	Tuluá	Rural	6%	37.734	2.124
Consumidora	Tuluá	Cabecera	22%	174.951	38.136

Tabla 3. Demanda doméstica, cuenca del río Morales

Zona	Demanda Doméstica (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,20	0,18	0,20	0,19	0,20	0,19	0,20	0,20	0,19	0,20	0,19	0,20	2,32
Consumidora	2,23	2,01	2,23	2,15	2,23	2,15	2,23	2,23	2,15	2,23	2,15	2,23	26,21

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 Morales.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca del río Morales

Zona	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Zona Productora													
D. Bovina	0,0814	0,0735	0,0814	0,0788	0,0814	0,0788	0,0814	0,0814	0,0788	0,0814	0,0788	0,0814	0,958
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	0,0053	0,0048	0,0053	0,0051	0,0053	0,0051	0,0053	0,0053	0,0051	0,0053	0,0051	0,0053	0,062
D. Ovina	0,0012	0,0011	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,015
D. Porcina	0,0074	0,0067	0,0074	0,0071	0,0074	0,0071	0,0074	0,0074	0,0071	0,0074	0,0071	0,0074	0,087
D. Aviar	0,5264	0,4754	0,5264	0,5094	0,5264	0,5094	0,5264	0,5264	0,5094	0,5264	0,5094	0,5264	6,198
Zona Consumidora													
D. Bovina	0,0812	0,0734	0,0812	0,0786	0,0812	0,0786	0,0812	0,0812	0,0786	0,0812	0,0786	0,0812	0,957
D. Caprina	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,002
D. Equina	0,0075	0,0067	0,0075	0,0072	0,0075	0,0072	0,0075	0,0075	0,0072	0,0075	0,0072	0,0075	0,088
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	0,0195	0,0176	0,0195	0,0188	0,0195	0,0188	0,0195	0,0195	0,0188	0,0195	0,0188	0,0195	0,229
D. Aviar	0,4279	0,3865	0,4279	0,4141	0,4279	0,4141	0,4279	0,4279	0,4141	0,4279	0,4141	0,4279	5,038
Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,62	0,56	0,62	0,60	0,62	0,60	0,62	0,62	0,60	0,62	0,60	0,62	7,32
Consumidora	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	6,32

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 Morales es de 590.039 m³/año. En la tabla 5 se muestra la demanda industrial estimada para la zona consumidora del río Morales, en la zona productora no existe demanda de este tipo.

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

Tabla 5. Demanda industrial, cuenca del río Morales

Zona	Demanda Industrial (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Consumidora	0,45	0,40	0,45	0,43	0,45	0,43	0,45	0,45	0,43	0,45	0,43	0,45	5,27

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 Morales

Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Productora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
125	123	186	222	179	120	92	95	144	238	219	152	1904
Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Consumidora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
83	91	148	175	150	84	66	68	115	168	173	111	1428

En la cuenca del río Morales, 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 julio y alcanza su valor máximo en octubre; mientras que en la zona consumidora el mes más lluvioso es abril y en julio se registran los valores más bajos.

4.2. Agua superficial

La cuenca del río Morales se encontraba instrumentada por la estación limnimétrica Santa Librada (940 msnm), la cual funcionó hasta el año 1996 y se encontraba muy cerca a la entrega de esta corriente al río Cauca. 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 Morales bajo las condiciones hidrológicas de año seco, normal y húmedo.

Tabla 7. Oferta hídrica total, cuenca del río Morales

Año Hidrológico	Caudal Medio Mensual Multianual (m ³ /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	2,31	2,06	2,56	3,48	3,31	2,50	1,78	1,59	1,77	2,91	3,80	3,13	2,60
Seco	0,89	0,79	0,80	0,80	0,97	1,39	1,12	0,86	0,65	0,64	0,76	1,02	1,20
Húmedo	5,12	5,97	6,16	6,48	5,65	5,69	4,10	3,32	3,95	5,90	7,63	7,02	3,69

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 el caso del río Morales no se definió un porcentaje para mantener el régimen de estiaje, debido a que los resultados obtenidos con esta metodología no corresponden con lo esperado. Por lo tanto, se asignó un caudal correspondiente al 30% del caudal mensual multianual más bajo presentado en el río.

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

Tabla 8. Caudal ambiental, río Morales

Caudal Ambiental (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48

Tabla 9. Oferta hídrica disponible, río Morales

Oferta Hídrica Año Normal (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual

43,75	34,23	49,70	69,49	67,65	46,71	31,19	26,68	29,99	58,03	76,85	63,38	597,65
Oferta Hídrica Año Seco (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
16,57	12,80	14,52	13,99	18,57	27,66	22,24	15,96	10,65	10,74	13,14	19,85	196,69
Oferta Hídrica Año Húmedo (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
98,5	107,5	123,4	126,9	111,2	108,6	74,3	55,6	68,3	117,2	153,6	144,1	1289,2

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 Morales es de 14,24 Mm³/año. En la tabla 9 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual

Tabla 10. Oferta subterránea, cuenca del río Morales

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
10,80	9,75	10,80	10,45	10,80	10,45	10,80	10,80	10,45	10,80	10,45	10,80	127,12

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 Morales

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	47	60	105	145	99	44	9	23	65	162	146	76	990
Consumidora	-8	13	54	84	56	-6	-31	-21	23	79	89	23	352

El balance 1 muestra déficit de agua en la zona 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 Morales

	ESCENARIO 1 (mm) - AÑO HIDROLOGICO NORMAL												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
O. Superficial	43,8	34,2	49,7	69,5	67,7	46,7	31,2	26,7	30,0	58,0	76,8	63,4	597,7
O. Subterránea	10,8	9,8	10,8	10,4	10,8	10,4	10,8	10,8	10,4	10,8	10,4	10,8	127,1
O. TOTAL	54,5	44,0	60,5	79,9	78,4	57,2	42,0	37,5	40,4	68,8	87,3	74,2	724,8
D. Doméstica	2,2	2,0	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	26,2
D. Industrial	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	5,3
D. Pecuaria	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,3
D. Agrícola	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	70,0	48,5	0,0	0,0	0,0	0,0	149,4
D. TOTAL	21,2	2,9	3,2	3,1	3,2	16,1	73,2	51,7	3,1	3,2	3,1	3,2	187,2
BALANCE 2	33,4	41,1	57,3	76,8	75,2	41,1	-31,2	-14,3	37,3	65,6	84,2	71,0	537,6
	ESCENARIO 2 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO SECO												
O. Superficial	16,6	12,8	14,5	14,0	18,6	27,7	22,2	16,0	10,7	10,7	13,1	19,8	196,7
O. Subterránea	10,8	9,8	10,8	10,4	10,8	10,4	10,8	10,8	10,4	10,8	10,4	10,8	127,1
O. TOTAL	27,4	22,6	25,3	24,4	29,4	38,1	33,0	26,8	21,1	21,5	23,6	30,6	323,8
D. Doméstica	2,2	2,0	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	26,2
D. Industrial	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	5,3
D. Pecuaria	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,3
D. Agrícola	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	70,0	48,5	0,0	0,0	0,0	0,0	149,4
D. TOTAL	21,2	2,9	3,2	3,1	3,2	16,1	73,2	51,7	3,1	3,2	3,1	3,2	187,2
BALANCE 2	6,2	19,7	22,1	21,3	26,2	22,0	-40,1	-25,0	18,0	18,3	20,5	27,4	136,6
	ESCENARIO 3 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO HÚMEDO												
O. Superficial	98,5	107,5	123,4	126,9	111,2	108,6	74,3	55,6	68,3	117,2	153,6	144,1	1289,2
O. Subterránea	10,8	9,8	10,8	10,4	10,8	10,4	10,8	10,8	10,4	10,8	10,4	10,8	127,1
O. TOTAL	109,3	117,3	134,2	137,3	122,0	119,0	85,1	66,4	78,8	128,0	164,0	154,9	1416,3
D. Doméstica	2,2	2,0	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	26,2
D. Industrial	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	5,3

D. Pecuaria	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,3
D. Agrícola	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	70,0	48,5	0,0	0,0	0,0	0,0	149,4
D. TOTAL	21,2	2,9	3,2	3,1	3,2	16,1	73,2	51,7	3,1	3,2	3,1	3,2	187,2
BALANCE 2	88,2	114,4	131,0	134,2	118,8	102,9	11,9	14,6	75,6	124,8	160,9	151,7	1229,1

Se puede observar que, en las condiciones de año hidrológico normal y seco, 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 187 mm y la oferta alcanza los 725 mm, por lo tanto, se presenta una lámina excedente de 538 mm.

De acuerdo con los resultados anteriores, en la cuenca del río Morales se hace necesario una buena planificación y administración del recurso hídrico en la cuenca, a través del seguimiento a los usuarios del agua, mejoramiento de las eficiencias de los sistemas de riego, la regulación de agua mediante el almacenamiento en épocas de lluvia y la captación de fuentes alternativas.