

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO LILI

1. LOCALIZACIÓN

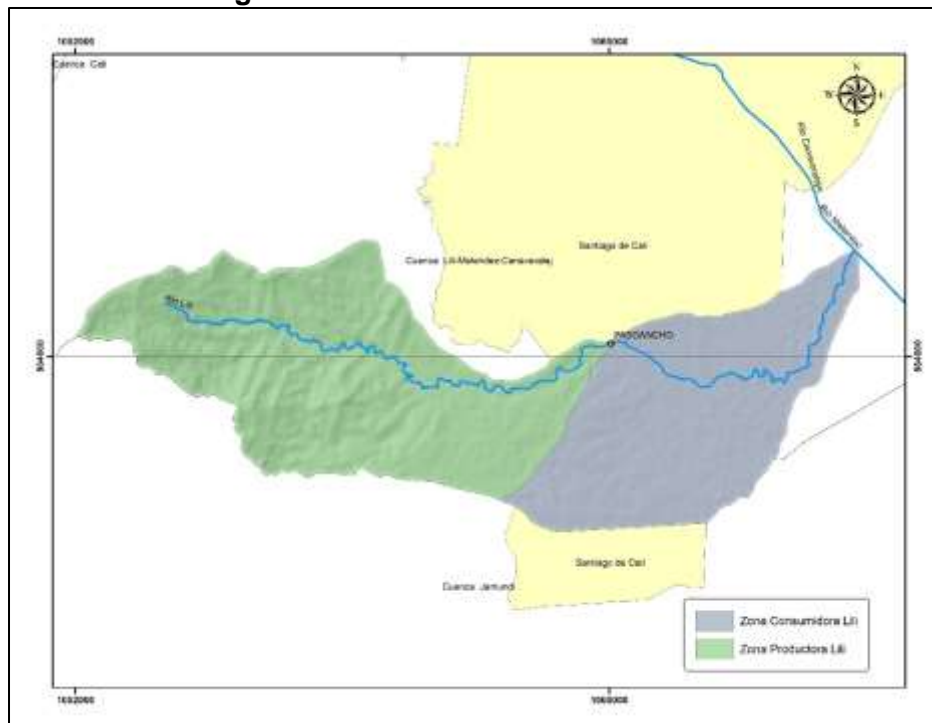
La cuenca del río Lili posee un área de 2.726 has; limita al norte y occidente con la cuenca del río Meléndez, al sur con la cuenca del río Pance y al oriente con el casco urbano del municipio de Santiago de Cali.

El río Lili nace en la cordillera occidental y entrega sus aguas al canal interceptor sur, en el casco urbano de la ciudad de Cali, que finalmente desemboca en la margen izquierda del río Cauca; esta cuenca pertenece a la cuenca de tercer orden denominada Lili-Meléndez-Cañaveralejo.

El uso de las aguas de este río se encuentra reglamentado por la Resolución DG 592 del 2 de diciembre de 2004.

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 Pasoancho, esta zona tiene un área aproximada de 1.596 has. La zona consumidora fue delimitada partiendo del punto de cierre de la zona productora, hasta la desembocadura de la corriente en el canal interceptor sur, cuenta con un área 1.131 has.

Figura 1. Localización cuenca del río Lili.



2. USO DEL SUELO

De la información de uso y cobertura del suelo del año 2010, suministrada por el grupo de Sistemas de Información Ambiental de la Corporación, se puede determinar que el uso del suelo en la zona productora (gráfico 1), está representado principalmente por pastos para ganadería con 43% del área total, vegetación boscosa y de protección natural con 40%, infraestructura residencial con 10%, minería con 6% e infraestructura recreativa y turística con 1%. La zona consumidora tiene distribuido porcentualmente el uso del suelo así (gráfico 2): infraestructura residencial con 73%, pastos para ganadería con 17% cultivos permanentes con 5% e infraestructura recreativa y turística con 5%.

Gráfico 1. Uso del suelo de la zona productora del río Lili.



Gráfico 2. Uso del suelo de la zona consumidora del río Lili.



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.

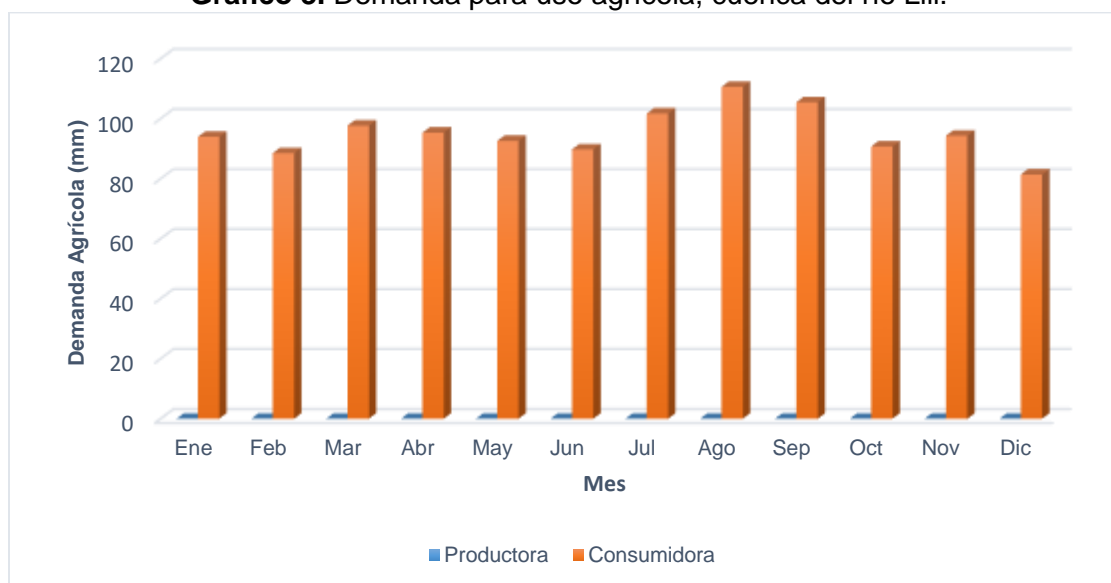
Tabla 1. Demanda para uso agrícola, cuenca del río Lili.

Zona	Demanda Agrícola (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Consumidora	94,0	88,5	97,7	95,4	92,6	89,8	101,8	110,6	105,5	90,7	94,3	81,4	1.143,8

Se puede observar que la zona productora no presenta demanda de agua para uso agrícola, ya que no posee coberturas que requieran la aplicación de riego; en la zona consumidora, la demanda agrícola es alta, debido a la presencia de áreas cultivadas con necesidad de riego, principalmente caña de azúcar. El valor máximo de demanda agrícola para la zona consumidora se presenta en el mes de agosto, ya que este es el mes con mayores registros de evaporación.

En el gráfico 3, se puede observar el comportamiento mensual de la demanda agrícola en las zonas productora y consumidora de la cuenca del río Lili.

Gráfico 3. Demanda para uso agrícola, cuenca del río Lili.



3.2. Demanda de agua para uso doméstico

Para la estimación de esta demanda, se utilizó la información publicada por el DANE referente a las estimaciones y proyecciones de población del año 2005 al 2020 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 Lili cuenta con 11.989 habitantes y la zona consumidora con 150.488. 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 Lili (tabla 3).

Tabla 2. División política cuenca del río Lili.

Cuenca	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2016	Hab. Cuenca
Zona Productora Lili	Santiago de Cali	Rural	3,5%	36.623	1.289
Zona Productora Lili	Santiago de Cali	Cabecera	0,5%	2.358.302	10.701
Zona Consumidora Lili	Santiago de Cali	Rural	0,8%	36.623	302
Zona Consumidora Lili	Santiago de Cali	Cabecera	6,4%	2.358.302	150.187

Tabla 3. Demanda de agua para uso doméstico, cuenca del río Lili.

Zona	Demanda Doméstica (mm)												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Productora	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,1
Consumidora	61,9	55,9	61,9	59,9	61,9	59,9	61,9	61,9	59,9	61,9	59,9	61,9	728,8

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 2016, 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 Lili.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca del río Lili.

Zona Productora	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
D. Bovina	0,0333	0,0301	0,0333	0,0322	0,0333	0,0322	0,0333	0,0333	0,0322	0,0333	0,0322	0,0333	0,3919
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	0,0012
D. Equina	0,0017	0,0016	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0203
D. Ovina	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0022
D. Porcina	0,0117	0,0105	0,0117	0,0113	0,0117	0,0113	0,0117	0,0117	0,0113	0,0117	0,0113	0,0117	0,1373
D. Aviar	0,3286	0,2968	0,3286	0,3180	0,3286	0,3180	0,3286	0,3286	0,3180	0,3286	0,3180	0,3286	3,8696
Zona Consumidora	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	
D. Bovina	0,0110	0,0099	0,0110	0,0106	0,0110	0,0106	0,0110	0,0110	0,0106	0,0110	0,0106	0,0110	0,1294
D. Caprina	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004
D. Equina	0,0006	0,0005	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0067
D. Ovina	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. Porcina	0,0039	0,0035	0,0039	0,0037	0,0039	0,0037	0,0039	0,0039	0,0037	0,0039	0,0037	0,0039	0,0454
D. Aviar	0,1085	0,0980	0,1085	0,1050	0,1085	0,1050	0,1085	0,1085	0,1050	0,1085	0,1050	0,1085	1,2779
Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	
Productora	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	4,4
Consumidora	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

3.4. Demanda de agua para uso industrial

La cuenca del río Lili no presenta demanda industrial, debido a que gran parte de su superficie se encuentra en zonas residenciales del municipio de Santiago de Cali; además como se puede observar en el uso del suelo de la cuenca, no existen áreas con infraestructura industrial.

3.5. Demanda Ambiental

La demanda ambiental se refiere a la utilización de agua en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos. Para determinar la demanda 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*”.

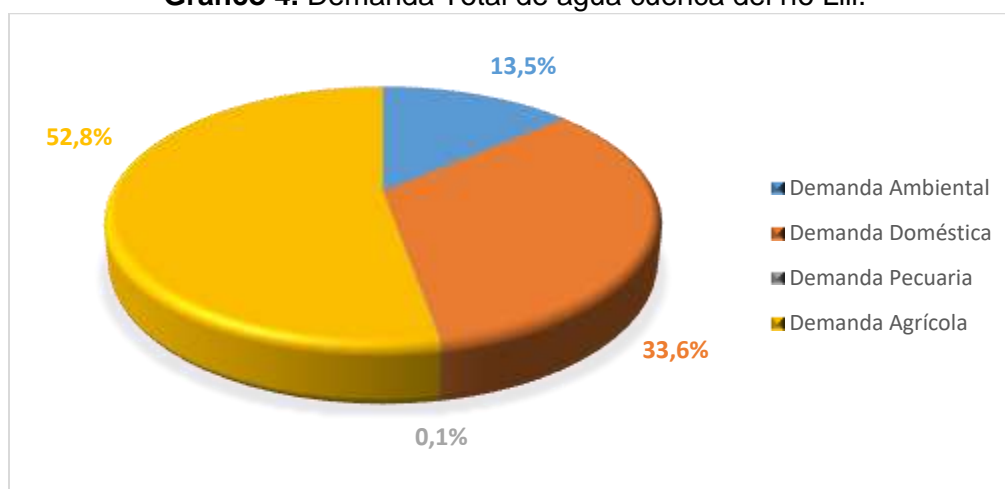
El factor de reducción para mantener el régimen de estiaje estimado para el río Lili es de 20%. En la tabla 5, se resumen los resultados del cálculo de la demanda ambiental para el río Lili.

Tabla 5. Demanda ambiental, cuenca del río Lili.

Demanda Ambiental (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
27,0	22,8	26,1	33,0	37,4	25,9	17,8	16,0	13,6	19,7	25,9	27,9	293,1

Es necesario aclarar que la demanda ambiental no se tiene en cuenta en el balance final, debido a que ya se consideró para calcular la oferta neta superficial.

La demanda de agua para uso agrícola, es la que mayor aporte hace a la demanda total anual con un 52,8% (gráfico 4), lo sigue la demanda doméstica con un 33,6%, la ambiental con 13,5%, y finalmente la pecuaria con 0,1%.

Gráfico 4. Demanda Total de agua cuenca del río Lili.

4. OFERTA DE AGUA

4.1. Precipitación

Se calculó la precipitación media mensual y anual multianual (período 1984-2014) para las zonas productora y consumidora de la cuenca por el método de las isoyetas; además de esto se calculó la precipitación efectiva media y la precipitación media asociada a una probabilidad de ocurrencia del 90%. Para calcular la precipitación efectiva, se utilizó el método propuesto por Cenicaña en el documento “*Manejo eficiente del riego en el cultivo de caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca*” el cual consiste en calcular la precipitación media asociada a una probabilidad de ocurrencia del 75% y luego aplicar un factor establecido para cada mes del año. En la tabla 6 se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 6. Precipitación media, cuenca del río Lili.

Precipitación (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Zona Productora												
Prec. Media	138	142	175	237	207	119	71	62	127	208	219	158	1.861
Prec. Efectiva	107	112	120	161	143	93	56	49	98	144	151	124	1.361
Prec. 90% Probabilidad	111	115	139	184	161	92	56	49	100	168	179	131	1.468
	Zona Consumidora												
Prec. Media	107	109	146	205	183	103	61	53	103	173	184	129	1.528
Prec. Efectiva	82	83	99	136	122	78	46	39	77	115	124	102	1.073
Prec. 90% Probabilidad	84	84	111	158	140	78	46	40	78	136	151	113	1.233

En la cuenca del río Lili, 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 secos 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 abril.

4.2. Agua superficial

La cuenca del río Lili se encuentra instrumentada por la estación limnigráfica Pasoancho, la cual posee registros desde el año 1994. Para la determinación de la oferta de este río, se utilizó la serie de registros de la estación Pasoancho correspondiente al periodo 1994-2014. A la serie obtenida, se le restó el valor correspondiente al caudal ambiental, el cual fue calculado mediante el método descrito en el punto 3.5 (demanda ambiental). De esta manera, se obtuvo la serie de caudal **neto** mensual multianual que se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Oferta superficial, cuenca del río Lili.

Caudal Neto Mensual Multianual (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0,46	0,43	0,44	0,58	0,63	0,45	0,30	0,27	0,24	0,33	0,45	0,47	0,42
Oferta Superficial (mm)												
108,2	91,5	104,6	132,6	150,1	104,1	71,5	64,4	54,5	78,9	104,1	112,1	1.176,5

El mayor valor de caudal se presenta en el mes de mayo con 0,63 m³/s. El mes con menor caudal es septiembre con 0,24 m³/s.

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 Lili es de 2,78 Mm³/año. En la tabla 8 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual.

Tabla 8. Oferta subterránea, cuenca del río Lili.

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
20,884	18,863	20,884	20,21	20,884	20,21	20,884	20,884	20,21	20,884	20,21	20,884	245,89

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 se desarrolló bajo tres escenarios de ocurrencia de la precipitación media, así:

- ◆ **Escenario 1.** Balance entre la demanda de agua por uso agrícola y el aporte por precipitación media mensual.
- ◆ **Escenario 2.** Balance entre la demanda de agua por uso agrícola y la precipitación efectiva.
- ◆ **Escenario 3.** Balance entre la demanda de agua por uso agrícola y la precipitación correspondiente al 90% de probabilidad de ocurrencia.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 9. En la zona productora no se realizó balance, puesto que no existe demanda agrícola. En el escenario de precipitación media, la zona consumidora presenta déficit de agua en los meses de julio, agosto y septiembre, con excedentes de 384 mm anuales. Se puede observar que el escenario más crítico es el 2 (precipitación efectiva) ya que presenta un déficit anual de 71 mm en la zona consumidora.

Tabla 9. Balance 1, cuenca del río Lili.

Zona	Balance 1 (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Esc. 1	Productora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Consumidora	13	20	49	110	90	14	-41	-58	-3	82	90	48
Esc. 2	Productora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Consumidora	-12	-5	1	41	29	-12	-56	-72	-28	24	30	21
Esc. 3	Productora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Consumidora	-10	-4	13	63	47	-12	-56	-71	-27	45	57	32

Como se puede observar, en la zona consumidora es necesario aplicar riego para cubrir los requerimientos de los cultivos en los meses de julio, agosto y septiembre, ya que la precipitación no es suficiente para cubrir dichas necesidades. En la zona productora no se presenta ningún déficit, debido a que no existe demanda agrícola en esta zona.

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; los restantes se les supuso riego por aspersión, ya que no hay información detallada sobre cada uno de los cultivos asentados en el departamento.

En la tabla 10 se presenta el resultado del balance 2 para la cuenca del río Lili, se puede observar que bajo las condiciones del escenario 1, la oferta total de agua (superficial y subterránea) es suficiente para cubrir las necesidades de agua de la cuenca, salvo en los meses de julio y agosto, que son los más susceptibles a cualquier aumento en la demanda. Anualmente la demanda es de 949 mm y la oferta alcanza los 1.422 mm, por lo tanto, se presenta una lámina excedente de 473 mm.

Bajo las condiciones del escenario 2 y 3, el balance muestra un excedente anual de 294 mm y 305 mm respectivamente, sin embargo, la oferta no cubre las necesidades de agua en los meses de julio, agosto y septiembre.

Tabla 10. Balance 2, cuenca del río Lili.

	Escenario 1 (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Oferta Superficial	108,2	91,5	104,6	132,6	150,1	104,1	71,5	64,4	54,5	78,9	104,1	112,1	1.176,5
Oferta Subterránea	20,9	18,9	20,9	20,2	20,9	20,2	20,9	20,9	20,2	20,9	20,2	20,9	245,9
OFERTA TOTAL	129,1	110,4	125,5	152,8	170,9	124,3	92,4	85,3	74,7	99,8	124,3	133,0	1.422,4
Demanda Doméstica	61,9	55,9	61,9	59,9	61,9	59,9	61,9	61,9	59,9	61,9	59,9	61,9	728,8
Demanda 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	0,0
Demanda Pecuaria	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
Demanda Agrícola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,7	124,7	6,4	0,0	0,0	0,0	218,8
DEMANDA TOTAL	62,0	56,0	62,0	60,0	62,0	60,0	149,7	186,7	66,4	62,0	60,0	62,0	949,0
BALANCE 2	67,1	54,4	63,5	92,8	108,9	64,3	-57,3	-101,5	8,3	37,7	64,3	71,0	473,4

	Escenario 2 (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Oferta Superficial	108,2	91,5	104,6	132,6	150,1	104,1	71,5	64,4	54,5	78,9	104,1	112,1	1.176,5
Oferta Subterránea	20,9	18,9	20,9	20,2	20,9	20,2	20,9	20,9	20,2	20,9	20,2	20,9	245,9
OFERTA TOTAL	129,1	110,4	125,5	152,8	170,9	124,3	92,4	85,3	74,7	99,8	124,3	133,0	1.422,4
Demanda Doméstica	61,9	55,9	61,9	59,9	61,9	59,9	61,9	61,9	59,9	61,9	59,9	61,9	728,8
Demanda 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	0,0
Demanda Pecuaria	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
Demanda Agrícola	25,8	11,8	0,0	0,0	0,0	25,3	119,9	154,0	61,2	0,0	0,0	0,0	398,0
DEMANDA TOTAL	87,8	67,8	62,0	60,0	62,0	85,3	181,9	216,0	121,2	62,0	60,0	62,0	1.128,2
BALANCE 2	41,3	42,6	63,5	92,8	108,9	39,0	-89,5	-130,8	-46,5	37,7	64,3	71,0	294,2

	Escenario 3 (mm)												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Oferta Superficial	108,2	91,5	104,6	132,6	150,1	104,1	71,5	64,4	54,5	78,9	104,1	112,1	1.176,5
Oferta Subterránea	20,9	18,9	20,9	20,2	20,9	20,2	20,9	20,9	20,2	20,9	20,2	20,9	245,9
OFERTA TOTAL	129,1	110,4	125,5	152,8	170,9	124,3	92,4	85,3	74,7	99,8	124,3	133,0	1.422,4
Demanda Doméstica	61,9	55,9	61,9	59,9	61,9	59,9	61,9	61,9	59,9	61,9	59,9	61,9	728,8
Demanda 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	0,0
Demanda Pecuaria	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
Demanda Agrícola	21,5	9,6	0,0	0,0	0,0	25,3	119,9	151,9	59,0	0,0	0,0	0,0	387,2
DEMANDA TOTAL	83,5	65,6	62,0	60,0	62,0	85,3	181,9	213,9	119,1	62,0	60,0	62,0	1.117,4
BALANCE 2	45,6	44,7	63,5	92,8	108,9	39,0	-89,5	-128,6	-44,4	37,7	64,3	71,0	305,0

Dados los resultados anteriores en la cuenca del río Lili 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. Además, como se puede observar en el segundo balance, la demanda de agua para uso doméstico, ejerce una fuerte presión sobre la demanda total, por lo tanto, se hace necesario mejorar la eficiencia de captación, almacenamiento y distribución del agua para el consumo humano.