

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE AGUA CUENCA DEL RÍO GUADALAJARA

1. LOCALIZACIÓN

La cuenca del río Guadalajara posee un área de 31.156 has; limita al norte con la cuenca del río San Pedro, al sur con las cuencas de los ríos Sonso y Guabas, al oriente con la cuenca del río Tuluá y al occidente con el río Cauca.

El río Guadalajara nace en el páramo de El Saldo en la cordillera Central, tiene un recorrido aproximado de 36 kilómetros en dirección Este-Oeste y desemboca en la margen derecha del río Cauca. El uso de las aguas de este río se encuentra reglamentado por la Resolución 0100 No. 0600-0292 del 23 de abril de 2019.

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 Vergel, con un área aproximada de 12.917 has. La zona consumidora comprende desde la estación El Vergel hasta la desembocadura de la corriente en la margen derecha del río Cauca, cuenta con un área 18.239 has.

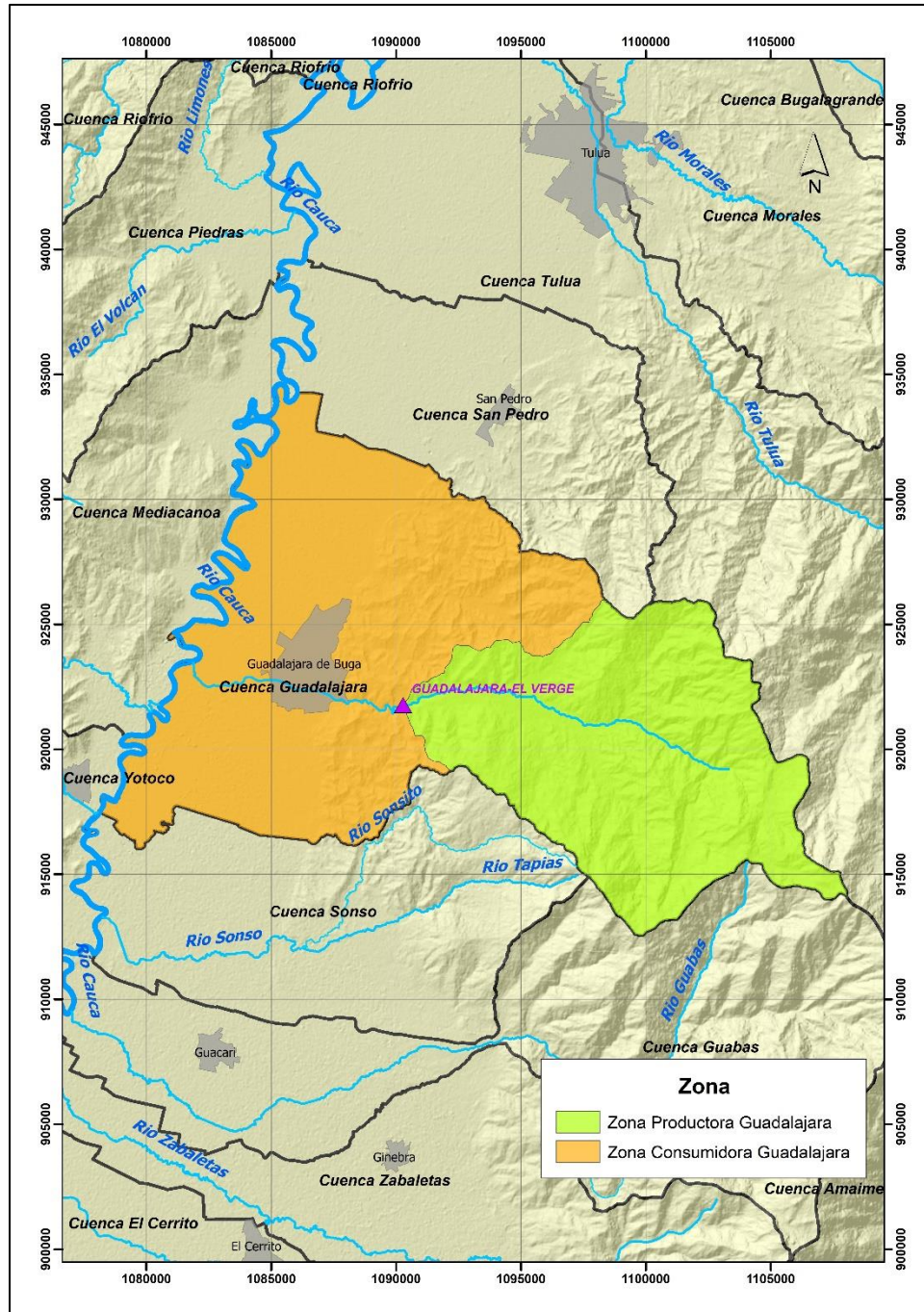


Figura 1. Localización cuenca del río Guadalajara

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 62% del área total, pastos cultivados con 32%, cultivos mixtos con 3% y cultivos permanentes con 1%. La zona consumidora tiene distribuido porcentualmente

el uso del suelo así (Figura 3): pastos cultivados con 41%, cultivos permanentes con 27%, vegetación boscosa y de protección natural con 10%, cuerpos de agua con 9%, infraestructura residencial con 5% y cultivos transitorios con 4%.

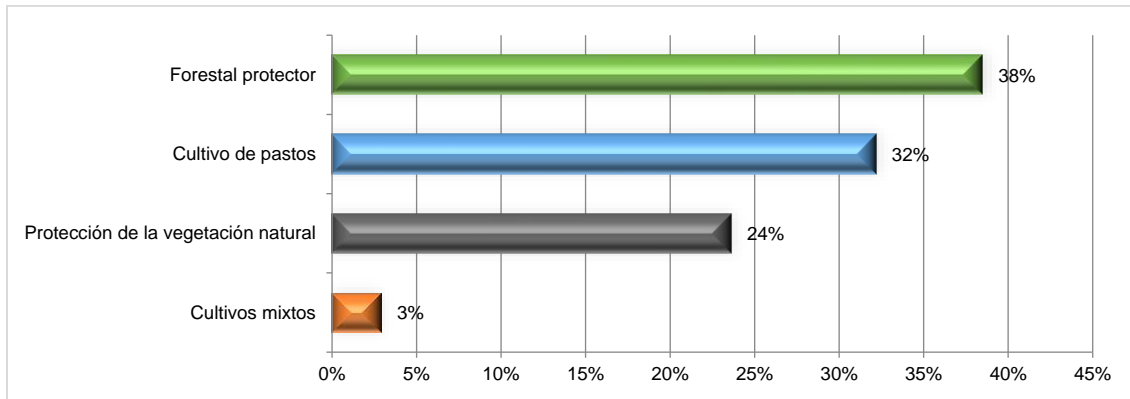


Figura 2. Uso del suelo en la zona productora del río Guadalajara

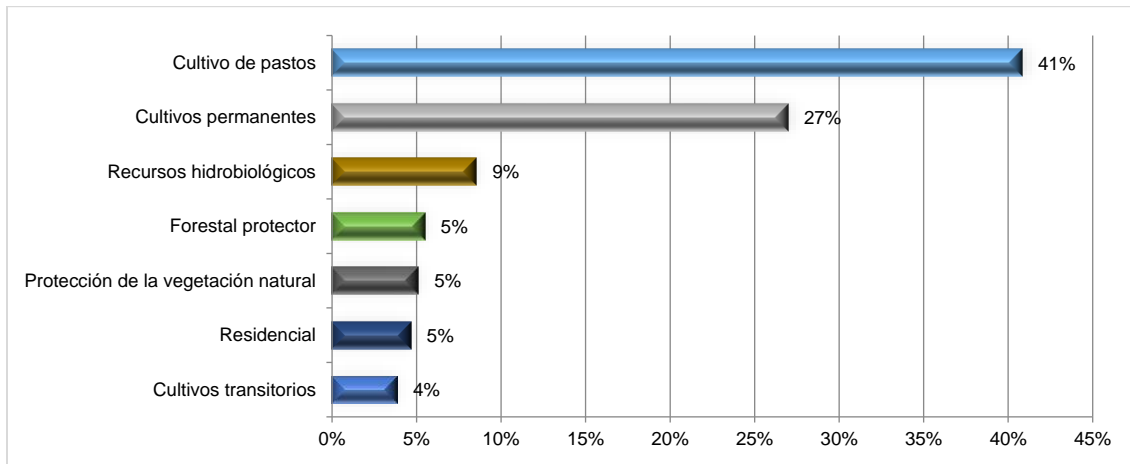


Figura 3. Uso del suelo en la zona consumidora del río Guadalajara

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 Guadalajara

Zona	Demanda Agrícola (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	73	57	76	73	75	72	77	65	74	72	68	71	853
Consumidora	90	77	94	90	93	89	96	88	92	88	83	88	1068

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 Guadalajara.

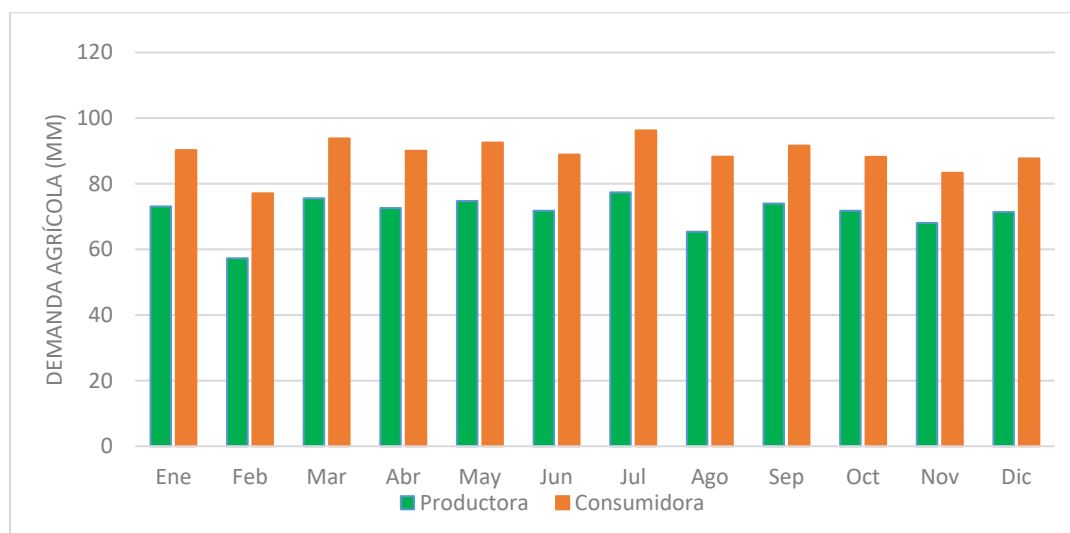


Figura 4. Demanda agrícola, cuenca del río Guadalajara

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 Guadalajara cuenta con 2.879 habitantes y la zona consumidora con 115.051. 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 Guadalajara (Tabla 3).

Tabla 2. División política, cuenca del río Guadalajara

Zona	Municipio	Zona	% Mcpio	Población 2018	Hab. Cuenca
Productora	Guacarí	Rural	0,04%	12.770	5
Productora	Guadalajara de Buga	Rural	17%	16.640	2.874
Consumidora	Guadalajara de Buga	Rural	20%	16.640	3.270
Consumidora	Guadalajara de Buga	Cabecera	100%	110.905	110.905
Consumidora	San Pedro	Rural	9%	9.371	876

Tabla 3. Demanda doméstica, cuenca del río Guadalajara

Zona	Demanda Doméstica (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,2
Consumidora	2,9	2,6	2,9	2,8	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	2,8	2,9	34,5

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 Guadalajara.

Tabla 4. Demanda pecuaria, cuenca del río Guadalajara

Zona	Demanda por actividad pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Zona Productora													
D. Bovina	0,0642	0,0580	0,0642	0,0621	0,0642	0,0621	0,0642	0,0642	0,0621	0,0642	0,0621	0,0642	0,755
D. Caprina	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,002
D. Equina	0,0041	0,0037	0,0041	0,0039	0,0041	0,0039	0,0041	0,0041	0,0039	0,0041	0,0039	0,0041	0,048
D. Ovina	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,005
D. Porcina	0,0092	0,0083	0,0092	0,0089	0,0092	0,0089	0,0092	0,0092	0,0089	0,0092	0,0089	0,0092	0,108
D. Aviar	1,9887	1,7963	1,9887	1,9246	1,9887	1,9246	1,9887	1,9887	1,9246	1,9887	1,9246	1,9887	23,416
Zona Consumidora													
D. Bovina	0,0613	0,0554	0,0613	0,0594	0,0613	0,0594	0,0613	0,0613	0,0594	0,0613	0,0594	0,0613	0,722
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	0,002
D. Equina	0,0040	0,0036	0,0040	0,0039	0,0040	0,0039	0,0040	0,0040	0,0039	0,0040	0,0039	0,0040	0,047
D. Ovina	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,005
D. Porcina	0,0086	0,0078	0,0086	0,0083	0,0086	0,0083	0,0086	0,0086	0,0083	0,0086	0,0083	0,0086	0,102
D. Aviar	2,2702	2,0505	2,2702	2,1969	2,2702	2,1969	2,2702	2,2702	2,1969	2,2702	2,1969	2,2702	26,730
Zona	Demanda Pecuaria (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	2,1	1,9	2,1	2,0	2,1	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1	2,0	2,1	24,3
Consumidora	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	27,6

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 Guadalajara, se tuvo en cuenta el volumen de agua registrado para el municipio de Guadalajara de Buga, cuya cabecera municipal se ubica por completo dentro de la cuenca. El volumen de agua consumido por las industrias manufactureras del municipio de Buga para el año 2020 fue de 1'907.956 m³/año.

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

Tabla 5. Demanda industrial, cuenca del río Guadalajara

Zona	Demanda Industrial (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Consumidora	0,89	0,80	0,89	0,86	0,89	0,86	0,89	0,89	0,86	0,89	0,86	0,89	10,46

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 Guadalajara

Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Productora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
124	125	176	211	169	93	68	66	121	226	233	148	1768
Precipitación Media Mensual Multianual (mm) - Zona Consumidora												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
82	93	138	169	138	74	58	56	105	171	173	107	1352

En la cuenca del río Guadalajara, 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 del río Guadalajara se encuentra instrumentada desde el año 1.972 por la estación limnigráfica El Vergel, localizada a una altura de 1.081 msnm aproximadamente. El caudal medio mensual, se obtiene de la serie de registros diarios de la estación en 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 del río Guadalajara bajo las condiciones hidrológicas de año seco, normal y húmedo.

Tabla 7. Oferta hídrica total, cuenca del río Guadalajara

Año Hidrológico	Caudal Medio Mensual Multianual (m ³ /s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	3,55	3,34	4,28	4,76	4,72	3,75	2,81	2,35	2,52	3,79	5,02	4,56	3,79
Seco	1,18	0,56	1,38	2,10	1,82	1,49	1,22	1,10	1,16	1,50	2,05	1,25	1,79
Húmedo	8,35	6,20	14,94	9,08	7,72	6,66	6,05	5,07	4,98	7,99	11,23	10,66	5,68

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 Guadalajara es de 27%.

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

Tabla 8. Caudal ambiental, río Guadalajara

Caudal Ambiental (m ³ /s)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0,96	0,90	1,16	1,29	1,28	1,01	0,76	0,63	0,68	1,02	1,36	1,23	1,02

Tabla 9. Oferta hídrica disponible, río Guadalajara

Oferta Hídrica Año Normal (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
38,0	32,3	45,9	49,4	50,6	38,9	30,1	25,2	26,2	40,6	52,1	48,9	478,1
Oferta Hídrica Año Seco (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
12,7	5,4	14,8	21,8	19,5	15,4	13,1	11,8	12,0	16,1	21,2	13,4	177,3
Oferta Hídrica Año Húmedo (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
89,5	60,0	160,1	94,2	82,7	69,0	64,9	54,4	51,6	85,7	116,5	114,3	1043,1

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 Guadalajara es de 56,32 Mm³/año. En la tabla 9 se muestran los valores de oferta subterránea a nivel mensual

Tabla 10. Oferta subterránea, cuenca del río Guadalajara

Oferta Subterránea (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
26,2	23,7	26,2	25,4	26,2	25,4	26,2	26,2	25,4	26,2	25,4	26,2	308,8

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 Guadalajara

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Productora	51	67	100	138	94	22	-10	0	47	155	165	77	915
Consumidora	-8	16	44	79	45	-15	-39	-32	13	83	89	20	284

El balance 1 muestra déficit de agua tanto en la zona productora como en la consumidora para los meses de julio, así como en enero, junio y agosto 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 Guadalajara

ESCENARIO 1 (mm) - AÑO HIDROLOGICO NORMAL													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
O. Superficial	38,0	32,3	45,9	49,4	50,6	38,9	30,1	25,2	26,2	40,6	52,1	48,9	478,1
O. Subterránea	26,2	23,7	26,2	25,4	26,2	25,4	26,2	26,2	25,4	26,2	25,4	26,2	308,8
O. TOTAL	64,3	56,0	72,1	74,8	76,9	64,2	56,3	51,4	51,5	66,8	77,5	75,1	786,9
D. Doméstica	2,9	2,6	2,9	2,8	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	2,8	2,9	34,5
D. Industrial	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10,5
D. Pecuaria	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	27,6
D. Agrícola	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	34,4	88,4	74,3	0,0	0,0	0,0	0,0	216,2
D. TOTAL	25,4	5,6	6,2	6,0	6,2	40,4	94,5	80,4	6,0	6,2	6,0	6,2	288,8
BALANCE 2	38,9	50,4	65,9	68,8	70,7	23,9	-38,2	-29,0	45,6	60,7	71,5	69,0	498,1
ESCENARIO 2 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO SECO													
O. Superficial	12,7	5,4	14,8	21,8	19,5	15,4	13,1	11,8	12,0	16,1	21,2	13,4	177,3
O. Subterránea	26,2	23,7	26,2	25,4	26,2	25,4	26,2	26,2	25,4	26,2	25,4	26,2	308,8
O. TOTAL	38,9	29,1	41,0	47,2	45,8	40,8	39,3	38,0	37,4	42,3	46,6	39,6	486,1
D. Doméstica	2,9	2,6	2,9	2,8	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	2,8	2,9	34,5
D. Industrial	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10,5
D. Pecuaria	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	27,6
D. Agrícola	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	34,4	88,4	74,3	0,0	0,0	0,0	0,0	216,2
D. TOTAL	25,4	5,6	6,2	6,0	6,2	40,4	94,5	80,4	6,0	6,2	6,0	6,2	288,8
BALANCE 2	13,5	23,5	34,9	41,2	39,6	0,5	-55,2	-42,4	31,4	36,1	40,6	33,4	197,3
ESCENARIO 3 (mm) - AÑO HIDROLÓGICO HÚMEDO													
O. Superficial	89,5	60,0	160,1	94,2	82,7	69,0	64,9	54,4	51,6	85,7	116,5	114,3	1043,1
O. Subterránea	26,2	23,7	26,2	25,4	26,2	25,4	26,2	26,2	25,4	26,2	25,4	26,2	308,8
O. TOTAL	115,8	83,7	186,4	119,6	109,0	94,4	91,1	80,6	77,0	111,9	141,9	140,5	1351,8
D. Doméstica	2,9	2,6	2,9	2,8	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	2,8	2,9	34,5
D. Industrial	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10,5

D. Pecuaria	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	27,6
D. Agrícola	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	34,4	88,4	74,3	0,0	0,0	0,0	0,0	216,2
D. TOTAL	25,4	5,6	6,2	6,0	6,2	40,4	94,5	80,4	6,0	6,2	6,0	6,2	288,8
BALANCE 2	90,4	78,1	180,2	113,6	102,8	54,1	-3,4	0,2	71,0	105,7	135,9	134,4	1063,0

Se puede observar que en las condiciones de año hidrológico seco y normal, 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 289 mm y la oferta alcanza los 787 mm, por lo tanto, se presenta una lámina excedente de 498 mm.

De acuerdo con los resultados anteriores, en la cuenca del río Guadalajara 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.