

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 1 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

**PROYECTO “. INSTRUMENTOS
 ECONÓMICOS PARA EL MANEJO
 EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN
 LERMA CHAPALA, EN DOS
 SUBCUENCAS CON ALTA
 INDUSTRIALIZACIÓN”
 DP1617.1
 Informe final**

COORDINACIÓN DE DESARROLLO PROFESIONAL E INSTITUCIONAL
 SUBCOORDINACIÓN DE PLANEACIÓN, ECONOMÍA Y FINANZAS DEL
 AGUA

Supervisora del proyecto: M.I. Flor Virginia Cruz Gutiérrez
 Jefe de proyecto: M.I. José Dolores Magaña Zamora
 Colaboradora: Jazmín Hernández Gen

México, 2016

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 2 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Contenido

Índice de figuras	3
Índice de gráficos.....	3
Índice de cuadros	4
Índice de tablas	4
Introducción	6
La zona de estudio	7
Distrito de riego 011 Alto Río Lerma.....	8
Distrito de riego 087 Rosario Mezquite.....	13
Disponibilidad de agua en la zona de estudio	16
La agricultura en la zona de estudio.....	19
Acuerdo de Coordinación para utilizar los recursos del Río Lerma	22
El análisis de la demanda de agua para uso agrícola	24
La escasez del agua y propuesta de regulación.....	37
La escasez del agua y la competencia por el recurso. La aplicación de la metodología en el caso de la industria.....	43
Funciones demanda de agua en las industrias de la zona de estudio	43
Metodología.....	45
Estimación de las funciones de producción de la industria en el estado de Guanajuato...	46
Conclusiones	50
Bibliografía.....	51
ANEXO A. Estimación econométrica de las funciones de demanda para los cultivos del DR 011.	55
ANEXO B. Estimación econométrica de las funciones de demanda para los cultivos de los DR 011 y 087.	133
ANEXO C. Municipios en que se ubican las industrias de las subramas consideradas en el estado de Guanajuato.....	197
ANEXO D. Estimación de funciones de producción industrial, con prueba de panel.....	209

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 3 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Índice de figuras

Figura 1. Localización de la zona de estudio.....	7
Figura 2. Localización del DR 011 en la zona de estudio	8
Figura 3. Ubicación de las presas.....	10
Figura 4. Ubicación de los acuíferos	11
Figura 5. Disponibilidad de acuíferos.....	18
Figura 6. Volumen de producción de los cultivos en los módulos del distrito de riego 011 Alto Río Lerma ..	19
Figura 7. Volumen de producción de los cultivos en los módulos del distrito de riego 087 Rosario Mezquite	21
Figura 8. Cultivos más consumidores de agua en los módulos los distritos de riego 011 Alto Río Lerma y 087 Rosario Mezquite	22
Figura 9. Ubicación de las industrias manufactureras en las DR 011 y 087	44

Índice de gráficos

Gráfica 1. Ubicación de los módulos en el DR 087 Rosario mezquite	14
Gráfica 2. Función de producción del Maíz, con riego superficial.....	27
Gráfica 3. Función de producción del Maíz, con riego de bombeo	27
Gráfica 4. Función de producción del Trigo, con riego superficial	28
Gráfica 5. Función de producción del Trigo, con riego de bombeo	28
Gráfica 6. Función de producción del Brócoli, con riego superficial	29
Gráfica 7. Función de producción del Brócoli, con riego de bombeo	29
Gráfica 8. Función de demanda del Sorgo, con riego superficial	31
Gráfica 9. Función de demanda del Sorgo, con riego de bombeo	32
Gráfica 10. Función de demanda del Trigo, con riego superficial	32
Gráfica 11. Función de demanda del Trigo, con riego de bombeo	33
Gráfica 12. Función de demanda de la Cebada, con riego superficial	33
Gráfica 13. Función de producción del Brócoli, con riego superficial	34
Gráfica 14. Función de demanda del Brócoli, con riego de bombeo	34
Gráfica 15. Función de demanda del Maíz, con riego superficial.....	35

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 4 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Índice de cuadros

Cuadro 1. Superficie y número de usuarios, por tipo de propiedad, de cada módulo del DR 011.	9
Cuadro 2. Concesiones de agua para cada módulo del distrito de riego 011 Alto Río Lerma	12
Cuadro 3. Superficies totales, de pozos particulares, de gravedad, y de volúmenes asignados de presas y de extracción de pozos oficiales por el REPDA	13
Cuadro 4. Concesiones de agua para cada módulo del distrito de riego 087 Rosario-Mezquite	16

Índice de tablas

Tabla 1. Volúmenes de agua concesionados y superficies dominadas	14
Tabla 2. Disponibilidad media anual de aguas superficiales (hm ³ /año). Subregión Hidrológica Lerma-Chapala, subcuencas que integran la zona de estudio.	17
Tabla 3. Disponibilidad media anual de aguas subterráneas (hm ³ /año). Subregión Hidrológica Lerma-Chapala, subcuencas que integran la zona de estudio.	18
Tabla 4. Estadísticas de producción del DR-011 Alto Río Lerma	19
Tabla 5. Superficie cosechada en los agrícolas 2009 al 2014 en el DR 011	20
Tabla 6. Superficie cosechada en los ciclos agrícolas 2011 al 2014 en el DR 087	21
Tabla 7. Cultivos con mayor consumo de agua	21
Tabla 8. Funciones de Producción estimadas por Cultivo y Tipo de Riego.	25
Tabla 9. La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA).	30
Tabla 10. Las Funciones de Demanda Derivada de Agua por cultivo y total de los módulos de riego.	36
Tabla 11. Precios del agua por tipo de riego (\$/m ³)	39
Tabla 12. Exceso de demanda de agua por Módulo de producción en DR 011 (precios del agua opción 1).	39
Tabla 13. Exceso de demanda de agua por Módulo de producción en DR 011 (precios del agua opción 2).	40
Tabla 14. Precios del agua por tipo de riego (\$/m ³)	42
Tabla 15. Exceso de demanda de agua por Módulo de producción en DR 087 (precios del agua opción 2).	42
Tabla 16. Subramas de la industria modeladas econométricamente en panel	47
Tabla 17. Variables consideradas en la estimación de las funciones de producción industrial	48
Tabla 18. Funciones de producción industrial estimadas por subrama	49

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 5 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

AGRADECIMIENTOS

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) desea expresar su agradecimiento, a la Dirección Local de Guanajuato, de la Comisión Nacional del Agua, por proporcionar información hidro agrícola utilizada en el desarrollo del este estudio de investigación: Instrumentos económicos para el manejo eficiente del agua en la región Lerma Chapala, en dos subcuencas con alta industrialización, cuyo objetivo fue estimar la demanda derivada de agua por tipo de cultivo y utilizarla como un instrumento económico que permita verificar si se está utilizando o no eficientemente el recurso.

La zona que comprendió el estudio la integran las subcuencas Río Lerma 4 (Salamanca), Río Lerma 5 (Corrales), Río Lerma 6 (Yurecuaro) y Río Lerma 7 (Chapala), en donde se localizan dos importantes zonas de riego: el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma y el Distrito de Riego 087 Rosario-Mezquite, en la cual se utiliza agua en la agricultura, tanto superficial como subterránea. En particular fue fundamental para los fines del estudio mencionado, contar con información de las estadísticas agrícolas de los módulos Acámbaro, Salvatierra, Jaral, Valle de Santiago, Cortázar, Salamanca, Irapuato, Abasolo, Huanímaro, Corralejo y La Purísima, del distrito de riego 011, y Angamacutiro, Yurécuaro, Vista Hermosa, La Piedad, La Barca, Pastor Ortiz y Zacapú, del distrito de riego 087.

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 6 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Introducción

La agricultura es por mucho, el sector usuario de agua más grande en México con 75.7% del volumen total concesionado (Conagua, 2014), a pesar de esto y de que cada vez se pone mayor énfasis en la utilización de los instrumentos económicos para racionalizar la demanda de agua, existen pocos estudios econométricos enfocados en la estimación de la función de demanda de agua para uso agrícola y la respuesta de ésta ante las modificaciones de los precios.

En Gúzman E. et al (2010), se estiman los factores que afectan al consumo de agua subterránea en los sectores agrícola de riego y pecuario, en el estado de Guanajuato, mediante un modelo de ecuaciones simultáneas, para lo cual se utilizó información estadística anual de 1980 a 2007.

Los resultados encontrados muestran que la cantidad consumida de agua responde de manera inelástica a cambios en el precio, con elasticidades de -0.0527 para la agricultura de riego y de -0.00486 para la ganadería. Estas elasticidades indican que en el sector pecuario el consumo de agua es más insensible a cambios en el precio, en comparación a la agricultura de riego y, por ende, las políticas de administración del consumo deberán considerar aumentos en el precio del agua en este sector.

Asimismo, en Guzmán E. et al (2006), se determinan los factores que afectan entre otras, a la demanda de agua en los sectores agrícola de riego por bombeo, agrícola de riego por gravedad y pecuario de la Comarca Lagunera, México, para ello se estimó un modelo de ecuaciones simultáneas compuesto de cinco ecuaciones de demanda y seis identidades.

Los resultados muestran que la cantidad demandada de agua responde de manera inelástica a cambios en el precio con elasticidades de -0.002 para la ganadería, -0.108 para la agricultura de riego por bombeo y -0.023 para la agricultura de riego por gravedad. Dichas elasticidades indican que una disminución en 1% en la cantidad consumida de la agricultura de riego por bombeo y la agricultura de riego por gravedad podría lograrse aumentando el precio del agua en 9.3% y 43.9% respectivamente.

El objetivo de este trabajo consiste en estimar la demanda derivada de agua por tipo de cultivo y utilizarla como un instrumento económico que permita verificar si se está utilizando o no eficientemente el recurso -se entiende por eficiencia en el uso de agua aquella situación en la cual el exceso de demanda sea cero (demanda y oferta de agua son iguales). La recomendación de política consiste entonces en ejecutar una política de cantidades, es decir que las autoridades podrían reasignar los volúmenes, disminuyéndolos cuando se

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 7 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

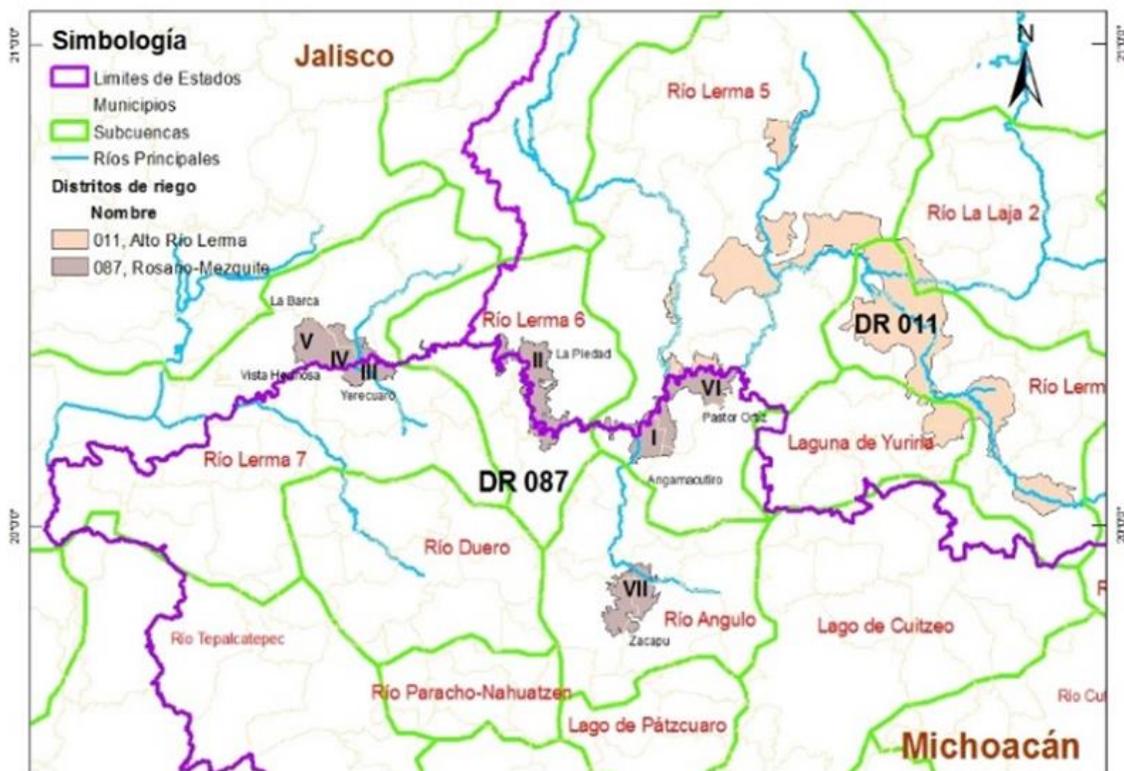
establezca la existencia de un exceso de demanda de agua negativo e incrementándolos en caso contrario.

En la primera parte se caracteriza la zona de estudio. En la segunda se presentan los resultados de la estimación de la demanda y en la tercera, se muestran los resultados y una propuesta de política, finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones.

La zona de estudio

El área de estudio comprende las subcuencas Río Lerma 4 (Salamanca), Río Lerma 5 (Corrales), Río Lerma 6 (Yurecuaro) y Río Lerma 7 (Chapala), en donde se localizan dos importantes zonas de riego: el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma y el Distrito de Riego 087 Rosario-Mezquite.

Figura 1. Localización de la zona de estudio.



Fuente: Elaborado a partir de: Conagua. Programa Nacional Hídrico 2007-2010, febrero 2008

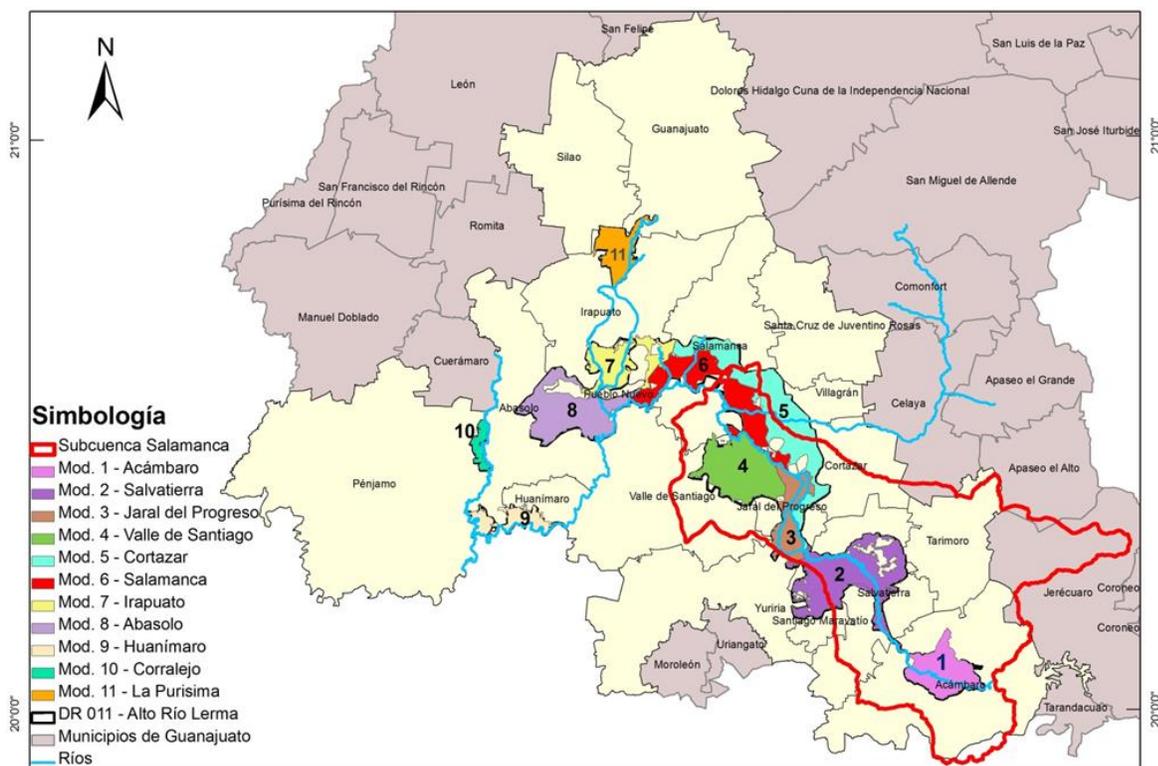
Distrito de riego 011 Alto Río Lerma

Dentro del área de estudio se localiza el Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. El cuál es el más grande de los nueve distritos que integran la cuenca Lerma-Chapala. Se encuentra localizado en el tramo superior de esta cuenca hidrológica, al sur del estado de Guanajuato.

De acuerdo con el Plan Director para la Modernización Integral del Distrito de Riego 011 (2010), este Distrito se ubica geográficamente entre los paralelos 19°55' y 21°52' de longitud norte y los meridianos 99°39' y 102°05' de longitud oeste, a una altitud de 1,700 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con una extensión de 114,002 has., de las cuales son regables 109,417 has., para beneficiar a 25,430 usuarios.

En el área de este Distrito de Riego 011, se comprenden los siguientes municipios: Acámbaro, Salvatierra, Santiago Maravatío, Jaral, Yuriria, Valle de Santiago, Villagrán, Cortazar, Salamanca, Irapuato, Guanajuato, Silao, Tarimoro, Pueblo Nuevo, Abasolo, Huanímario y Pénjamo.

Figura 2. Localización del DR 011 en la zona de estudio



Fuente: Elaborado a partir de: Conagua. Programa Nacional Hídrico 2007-2010, febrero 2008.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 9 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Este distrito comprende once módulos de riego: Acámbaro, Salvatierra, Jaral, Valle de Santiago, Cortázar, Salamanca, Irapuato, Abasolo, Huanímaro, Corralejo y La Purísima, asentados en la subcuenca de Salamanca, y en la subcuenca Corrales, Guanajuato.

La superficie actual del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma es de 121,042 hectáreas, con una superficie de riego de 112,137 hectáreas, está conformado por once módulos de riego, con un total de 112,137 hectáreas, de las cuales, 61,748 hectáreas, son de propiedad ejidal y 50,389 son de propiedad privada. El número total de usuarios es de 23,469, de los cuales, el 71.72% son ejidatarios, esto es, 16,832, y el 28.28%, esto es, 6,637 son pequeños propietarios.

La superficie que comprende cada uno de los once módulos de riego, así como el número de usuarios por módulo, se pueden apreciar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Superficie y número de usuarios, por tipo de propiedad, de cada módulo del DR 011.

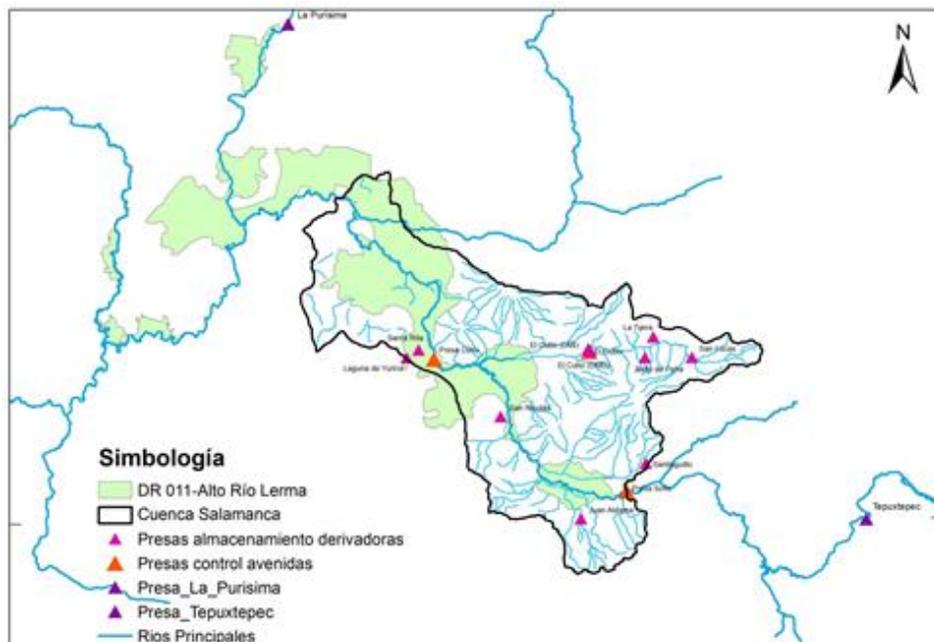
Módulo	Número de módulo	Municipios	Superficie (ha)		No. Usuarios	
			Ejidal	Pequeña Propiedad	Ejidal	Pequeña Propiedad
Acámbaro	1	Acámbaro	6,545	2,304	1,622	308
Salvatierra	2	Salvatierra, Santiago, Maravatío y Yuriria.	13,562	2,335	5,083	971
Jaral	3	Jaral del Progreso, Salvatierra y Yuriria.	3,235	3,453	1,062	401
Valle	4	Valle de Santiago y Jaral del Progreso.	7,236	6,441	1,759	528
Cortazar	5	Cortazar, Jaral del Progreso, Salamanca, Villagrán, Pueblo Nuevo.	9,781	8,667	2,169	993
Salamanca	6	Salamanca, Jaral del Progreso, Pueblo Nuevo e Irapuato.	5,165	8,992	1,178	1,534
Irapuato	7	Irapuato y Pueblo Nuevo.	4,078	4,312	984	285
Abasolo	8	Abasolo, Irapuato y Pueblo Nuevo.	5,229	11,136	1,164	1,259
Huanímaro	9	Huanímaro y Abasolo.	2,261	1,469	611	229
Corralejo	10	Pénjamo.	1,219	298	264	11
La Purísima	11	Irapuato y Guanajuato.	3,437	982	936	118
Total			61,748	50,389	16,832	6,637

Fuente: Salcedo Baca Irma (2006). "Burocracia hidráulica y transferencia: El caso del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato". Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados.

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 10 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Las fuentes de abastecimiento agua del DR 011 de aguas superficiales concesionadas, son presa Tepuxtepec, presa Solís, laguna de Yuriría y presa Purísima; que mediante las presas derivadoras: Chamácuaro, Reforma, Lomo del Toro, Santa Julia Y Markazuza, alimentan una red de 422 km de canales y 1,183 km de canales laterales, y 13,293 estructuras de control. Además, se tiene otra fuente de suministro con aguas subterráneas concesionadas extraídas con equipo de bombeo. Los acuíferos que sirven de aguas subterráneas al DR 01 son: Valle de Acámbaro, Valle de la Cuevita, Salvatierra-Acámbaro, Irapuato-Valle, Valle de Celaya y Penjamo-Abasolo, fundamentalmente.

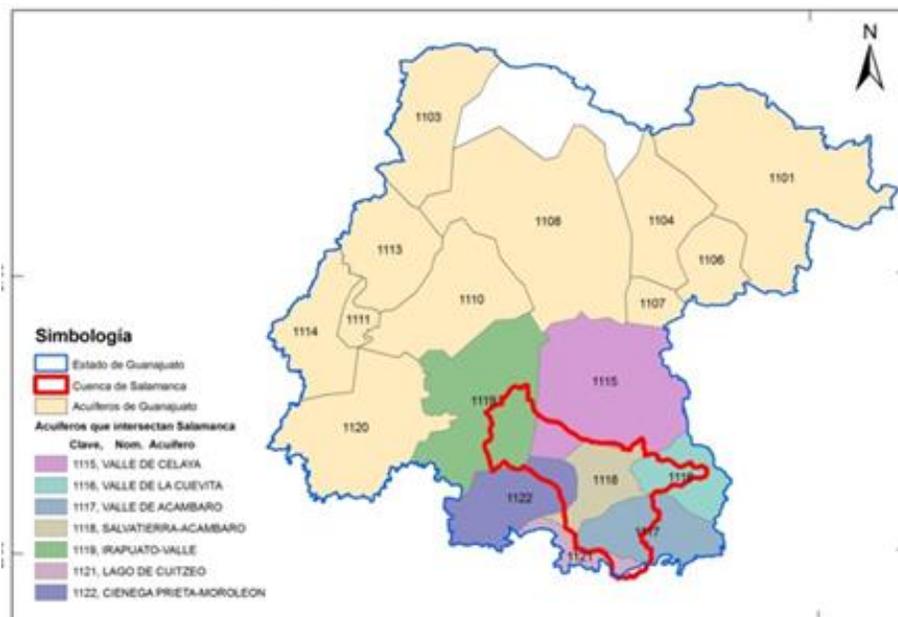
Figura 3. Ubicación de las presas



Fuente: Elaborado a partir de: Conagua. Sistema de Información de Seguridad de Presas. Subdirección técnica

Las superficies totales, de pozos particulares, de gravedad, y de volúmenes asignados en el REPDA de presas y de extracción de pozos oficiales, para cada módulo del DR 011, se presentan en el cuadro 2 que está a continuación.

Figura 4. Ubicación de los acuíferos



Fuente: Elaborado a partir de: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Estadísticas del Agua en México, Edición 2010.

El volumen total de agua concesionada a cada uno de los módulos de riego del DR 011 por el REPDA, es de 897.39 millones de m³, de los cuales el 91% es de origen superficial y sólo el restante 8% corresponde a agua subterránea.

El volumen total de aguas superficiales, concesionado al DR 011, es de 821.14 millones de m³, de los cuales el 72% es asignado a seis módulos: Salvatierra, Valle de Santiago, Cortázar, Salamanca y Abasolo; ese volumen proviene principalmente de la presa Solís. Las aguas subterráneas concesionadas al DR 011 integran un volumen total de 76.25 millones de m³, a este volumen contribuyen los acuíferos Irapuato-Valle y Penjamo-Abasolo, con el 48.52%, siendo el acuífero Irapuato-Valle el que aporta el 29% de las aguas subterráneas que utiliza el DR 011.

Cuadro 2. Concesiones de agua para cada módulo del distrito de riego 011 Alto Río Lerma

Núm.	Titular	Fuente			Fuente	
		Acuífero	Volumen subterráneo (Mm ³)	Presas		Volumen superficial (Mm ³)
1	PRODUCTORES AGRÍCOLAS DEL MÓDULO ACÁMBARO DEL DISTRITO DE RIEGO NÚMERO 011 ALTO RÍO LERMA, GTO., A.C.	VALLE DE ACAMBARO	3.3	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA, CANAL SAN CRISTÓBAL	75.95	REPDA
2	PRODUCTORES AGRÍCOLAS DEL MÓDULO SALVATIERRA DEL DISTRITO DE RIEGO NÚMERO 011 ALTO RÍO LERMA, GTO., A.C.	SALVATIERRA-ACAMBARO	8.7	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA; PRESAS DERIVADORAS: CHAMÁCUARO Y REFORMA	130.47	REPDA
3	PRODUCTORES AGRÍCOLAS DEL MÓDULO JARAL DEL DISTRITO DE RIEGO NÚMERO 011 ALTO RÍO LERMA, GTO., A.C.	IRAPUATO	5.6	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA	48.88	REPDA
4	PRODUCTORES AGRÍCOLAS DEL MÓDULO VALLE, DEL DISTRITO DE RIEGO NÚMERO 011, ALTO RÍO LERMA, GTO. A.C.	IRAPUATO	8.3	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA, PRESA DERIVADORA LOMO DE TORO	100.32	REPDA
5	PRODUCTORES AGRÍCOLAS DEL MÓDULO CORTÁZAR DEL DISTRITO DE RIEGO NÚMERO 011 ALTO LERMA, GTO. A.C.	VALLE DE CELAYA	15.9	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA, PRESA DERIVADORA LOMO DE TORO	137.27	REPDA
6	PRODUCTORES AGRÍCOLAS DEL MÓDULO SALAMANCA DEL DISTRITO DE RIEGO NÚMERO 011 ALTO RÍO LERMA, GTO. A.C.	IRAPUATO	8.1	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA, PRESA DERIVADORA SANTA JULIA	111.05	REPDA
7	PRODUCTORES AGRÍCOLAS DEL MÓDULO IRAPUATO DEL DISTRITO DE RIEGO NÚMERO 011 ALTO RÍO LERMA, GTO. A.C.	IRAPUATO	6.8	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA, PRESA DERIVADORA LOMO DE TORO	46.45	REPDA
8	AGRUPACIÓN DE PRODUCTORES DEL MÓDULO ABASOLO, DISTRITO DE RIEGO II, A.C.	PENJAMO-ABASOLO	11	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA	109.05	REPDA
9	PRODUCTORES AGRÍCOLAS DEL MÓDULO HUANÍMARO DEL DISTRITO DE RIEGO NÚMERO 011 ALTO RÍO LERMA, GTO. A.C.	PENJAMO-ABASOLO	5.2	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA	29.34	REPDA
10	PRODUCTORES AGRÍCOLAS DEL MÓDULO CORRALEJO DEL DISTRITO DE RIEGO NÚMERO 011 ALTO RÍO LERMA, GTO., A.C.	PENJAMO-ABASOLO	3.35	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA	7.16	Evaluación del DR-011 Alto Río Lerma a 20 años de su transferencia (2013), Martínez P.R.
11	PRODUCTORES AGRÍCOLAS DE LA PRESA LA PURÍSIMA, A.C.	-	-	PRESA LA PURÍSIMA	25.2	REPDA
Total			76.25	Total	821.14	

Fuente: Evaluación del DR-011 Alto Río Lerma a 20 años de su transferencia (2013), Martínez P.R.

Cuadro 3. Superficies totales, de pozos particulares, de gravedad, y de volúmenes asignados de presas y de extracción de pozos oficiales por el REPDA

No. Modulo	Superficie Total (ha)	Superficie de Bombeo de Pozos particulares (ha)	Superficie Gravedad (ha)	Porcentaje (%)	Volumen asignado	
					Presas (m ³ x 106)	Pozos Oficiales (m ³ x 106)
1 Acámbaro	8,707.91	1,688.00	7,039.02	9.54	72.634	1.73
2 Salvatierra	16,168.15	4,075.87	12,092.28	16.39	124.777	7.86
3 Jaral	6,685.82	2,155.96	4,529.86	6.14	46.742	4.16
4 Valle	13,253.35	3,955.10	9,298.25	12.60	95.946	6.24
5 Cortazar	18,385.01	5,662.65	12,722.36	17.24	131.278	9.13
6 Salamanca	14,064.06	3,771.85	10,292.21	13.95	106.202	5.66
7 Irapuato	8,320.55	4,015.05	4,305.50	5.83	44.427	4.39
8 Abasolo	14,960.05	4,853.45	10,106.60	13.69	104.287	8.78
9 Huanimaro	3,777.47	1,058.62	2,718.85	3.68	28.055	4.39
10 Corralejo	1,525.20	831.15	694.05	0.94	7.162	3.35
Pastor Ortiz **					45.090	
Subtotal	105,847.57	32,067.70	73,798.98	100.00	806.600	55.69
11 Purísima	42,772.65	798.85	3,973.80		24.900	
Total	148,620.22	32,866.55	77,772.78	100.00	831.500	55.69

Fuente. Datos proporcionados por el Distrito de riego 011 Alto Río Lerma, Gto.

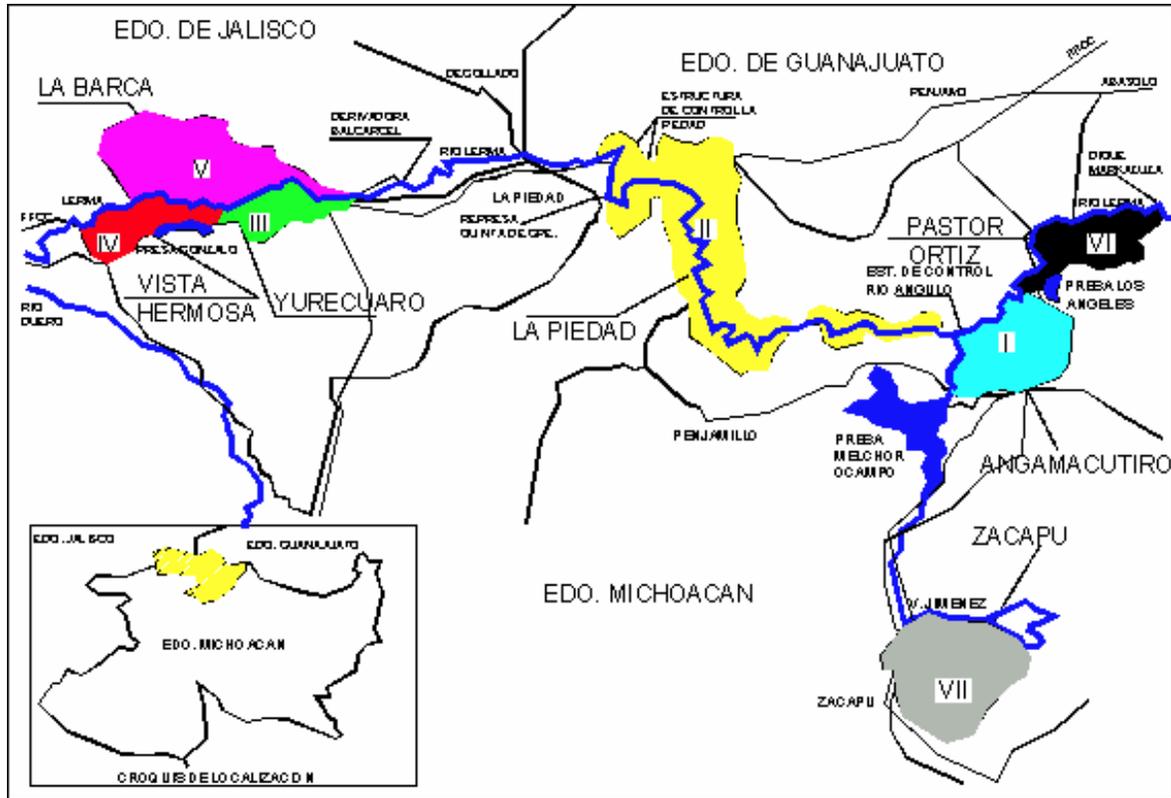
Del total de la superficie regada de los once módulos del DR 011 de 148,620.22 ha, el 80% lo integran los seis módulos Salvatierra, Valle, Cortázar, Salamanca, Abasolo y La Purísima, donde este último módulo por sí sólo comprende el 29% de esa superficie y es el único módulo que no se riega con agua subterránea.

Distrito de riego 087 Rosario Mezquite

Los municipios en los que se encuentra ubicada la superficie de riego de 63,113 ha que integra el distrito de riego 087 “Rosario–Mezquite” son: Degollado, Ayotlán, La Barca y Atotonilco, del estado de Jalisco; Yurécuaro, Tanhuato, Vista Hermosa, Angamacutiro, Puruándiro, Numarán, La Piedad, Penjamillo, Sixto Verduzco, Huaniqueo, Coeneo, Villa Jiménez y Zacapu, pertenecientes a Michoacán; y Pénjamo y Abasolo en Guanajuato. Para fines operativos, el distrito de riego se divide en tres sistemas: Rosario-Mezquite, Pastor Ortiz y Zacapu, los cuáles a su vez, se subdividen en seis unidades de riego constituidas en siete módulos que son administrados por los usuarios.

Los módulos con sus superficies dominadas y el número de usuarios son los siguientes: Angamacutiro, con una superficie de 7,689 ha y 2,116 usuarios; La Piedad, con una superficie de 16,096 ha y 3,159 usuarios; Yurécuaro con una superficie de 4,235 ha y 770 usuarios; Vista Hermosa con una superficie de 3,865 ha y 805 usuarios; La Barca, con una superficie de 12,837 ha y 3,014 usuarios; Pastor Ortiz, con una superficie de 7,233 ha y 2,337 usuarios; y, el séptimo y último, Zacapu, con una superficie de 11,160 ha y 3,834 usuarios.

Gráfica 1. Ubicación de los módulos en el DR 087 Rosario mezquite



Fuente: Distrito de riego 087.

Tabla 1. Volúmenes de agua concesionados y superficies dominadas

MÓDULO	NÚMERO DE TÍTULO DE CONCESIÓN	VOLUMEN SUPERFICIAL CONCESIONADO (millones de m ³)	VOLUMEN SUBTERRANEO CONCESIONADO (millones de m ³)	AREA DE AGUAS GRAVEDAD (ha)	AREA DE AGUAS SUBTERRANEAS (ha)
ANGAMACUTIRO	08MCH408701/12ATGC00	37.790	6.300	6,489	1,050
LA PIEDAD	08MCH408702/12ATGC00	84.840	0.534	14,566	65
YURÉCUARO	08MCH408703/12ATGC00	8.070	0.800	1,385	101
VISTA HERMOSA	08MCH408704/12ATGC00	14.350	5.600	2,464	601
LA BARCA	08MCH408705/12ATGC00	57.990	14.136	9,957	1,440
SUBTOTAL Rosario-Mezquite		203.040	27.370	34,861	3,257
PASTOR ORTIZ	08MCH408706/12ATGC00	38.770	33.200	3,593	1,280
ZACAPU GRAV.	08MCH408707/12ATGC00	55.366	0.000	3,000	0
TOTAL		297.176	60.570	41,413	4,537
ZACAPÚ SUB-IRR	08MCH408707/12ATGC00		0.000	8,160.15	0

Fuente: Distrito de riego 087.

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 15 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Del total de la superficie regada, en promedio, de los siete módulos del DR 087 de 54,110 ha, regada tanto por aguas superficiales como subterráneas ha, el 72% de esa superficie consume agua de fuentes superficiales por medio de tres módulos La Piedad, La Barca y Zacapú, donde este último módulo es el único módulo que no se riega con agua subterránea.

La superficie dominada en el distrito de riego es de 63,113 hectáreas; los tipos de tenencia de la tierra que existe son el ejidal y la pequeña propiedad; la primera cubre una superficie de 52,418 hectáreas que equivale al 80.89% del total, mientras que la pequeña propiedad está asentada en 10,694 hectáreas que comprende 19.11% del total estudiado

La superficie dominada del Distrito de Riego 087 Rosario Mezquite es de 63,113 hectáreas, con una superficie de riego de 54,110 hectáreas, conformada por siete módulos de riego. El número total de usuarios es de 16,035. los tipos de tenencia de la tierra que existe son el ejidal y la pequeña propiedad; la primera cubre una superficie de 52,418 hectáreas que equivale al 80.89% del total, mientras que la pequeña propiedad está asentada en 10,695 hectáreas que comprende 19.11% del área del DR 087 estudiada.

El volumen total de agua concesionada a cada uno de los módulos de riego del DR 087 por el REPDA, es de 358.05 Mm³, de los cuales el 83% es de origen superficial y sólo el restante 17% corresponde a agua subterránea.

El volumen total de aguas superficiales, concesionado al DR 087, es de 297.176 millones de m³, de los cuales el 72% es asignado a seis módulos: Salvatierra, Valle de Santiago, Cortázar, Salamanca y Abasolo; ese volumen proviene principalmente de la presa Solís. Las aguas subterráneas concesionadas al DR 087 integran un volumen total de 60.57 millones de m³, a este volumen contribuyen los acuíferos Pastor Ortiz-La Piedad y Briseñas-Yurecuaro, con casi la totalidad de las aguas subterráneas que utiliza el DR 011.

Cuadro 4. Concesiones de agua para cada módulo del distrito de riego 087 Rosario-Mezquite

Núm.	Módulo	Fuente				Fuente
		Acuífero	Volumen subterráneo (Mm ³)	Presas	Volumen superficial (Mm ³)	
1	SOCIACIÓN DE USUARIOS DE RIEGO DEL VALLE DE ANGAMACÚTIRO, A.C.	PASTOR ORTIZ-LA PIEDAD	6.3	PRESA MELCHOR OCAMPO	37.79	REPDA
2	ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE RIEGO LA PIEDAD, A.C.	PASTOR ORTIZ-LA PIEDAD; IRAPUATO-VALLE	0.534	PRESA MELCHOR OCAMPO (PRESA DERIVADORA QUINTA GUADALUPE, ESTRUCTURA NÚM. 3)	84.84	REPDA
3	ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE LA JUNTA DE AGUAS YURECUARO, A.C.	BRISEÑAS-YURECUARO	0.8	PRESA MELCHOR OCAMPO (PRESA DERIVADORA BLAS BALCÁRCEL)	8.07	REPDA
4	ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE RIEGO LÁZARO CÁRDENAS, A.C. (VISTA HERMOSA)	BRISEÑAS-YURECUARO	5.6	PRESA MELCHOR OCAMPO (PRESA DERIVADORA BLAS BALCÁRCEL)	14.35	REPDA
5	La Barca	BRISEÑAS-YURECUARO	14.136	PRESA MELCHOR OCAMPO (PRESA DERIVADORA BLAS BALCÁRCEL)	57.99	DOCUMENTO DR 087
6	ASOCIACIÓN DE USUARIOS DEL BAJÍO MICHOACANO, A.C. (PASTOR ORTIZ)	PASTOR ORTIZ-LA PIEDAD	33.2	SISTEMA DE PRESAS TEPUXTEPEC-SOLÍS-LAGUNA DE YURIRIA	38.77	REPDA
7	ASOCIACIÓN DE USUARIOS CIÉNEGA DE ZACAPU, A.C.	-	-	PRESA COPÁNDARO; MANANTIALES: ECUARUM, EL MARIJO, EL TANQUE, EL MOLINO, NARANJA, BELLAS FUENTES, TAREJERO, ZACAPU, AGUA BLANCA, BUENA VISTA Y TANQUE CHICO	55.366	REPDA
Total			60.57	Total	297.176	

Fuente: Distrito de riego 087 Rosario Mezquite.

Disponibilidad de agua en la zona de estudio

Del balance de la disponibilidad de agua publicado en el Diario Oficial (DOF) para las 19 subcuencas hidrológicas que integran la Subregión Hidrológica Lerma-Chapala y donde se encuentran la subcuencas de Salamanca, Corrales, Yurecuaro y Chapala, se encuentra que 15 de estas se encuentran en déficit; en otras palabras, prácticamente casi toda la subregión se encuentra en déficit de agua. Dentro de las subcuencas en déficit se ubican la subcuenca de Salamanca, Corrales, Yurecuaro y Chapala, zonas de interés de este estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Disponibilidad media anual de aguas superficiales (hm³/año). Subregión Hidrológica Lerma-Chapala, subcuencas que integran la zona de estudio.

Cuenca	Nombre descripción y	Cp	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	Ab - Rxy	D	CLASIFICACION
VI	Río Lerma 4: Desde la presa Solís hasta la EH Salamanca	102.62	830.83	436.9	56.89	115.57	574.97	6.42	0	87.62	91.42	-3.8	0	deficit
XIII	Río Lerma 5: Desde la EH Salamanca hasta la EH Corrales	286.89	432.09	676.96	95.2	491.21	0	19.83	0	608.6	665.33	-56.73	0	deficit
XIV	Río Lerma 6: Desde la EH Corrales hasta la EH Yurecuaro	324.76	608.59	295.75	14.7	0	92.39	27.11	0	532.8	621.2	-88.4	0	deficit
XVII	Río Lerma 7: Desde las EH Yurecuaro, Estanzuela y Zula hasta el Lago de Chapala	818.37	922	462.61	30.81	92.39	325.72	1416.03	-31.64	0	0	0	0	deficit
Totales		1,532.64		1,872.22	197.60	699.17	993.08	1,469.39	-31.64				0	deficit

Nomenclatura: Cp: Volumen medio anual de escurrimiento natural; Ar: Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba; Uc: Volumen anual de extracción de agua superficial; R: Volumen anual de retornos; Im: Volumen anual de importaciones; Ex: Volumen anual de exportaciones; Ev: Volumen anual de evaporación en embalses; Av: Volumen anual de variación de almacenamiento en embalses; Ab: Volumen medio anual de la cuenca hacia aguas abajo; Rxy: volumen anual actual comprometido aguas abajo; D: Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica. **Fuente:** DOF del 19 de abril del 2010.

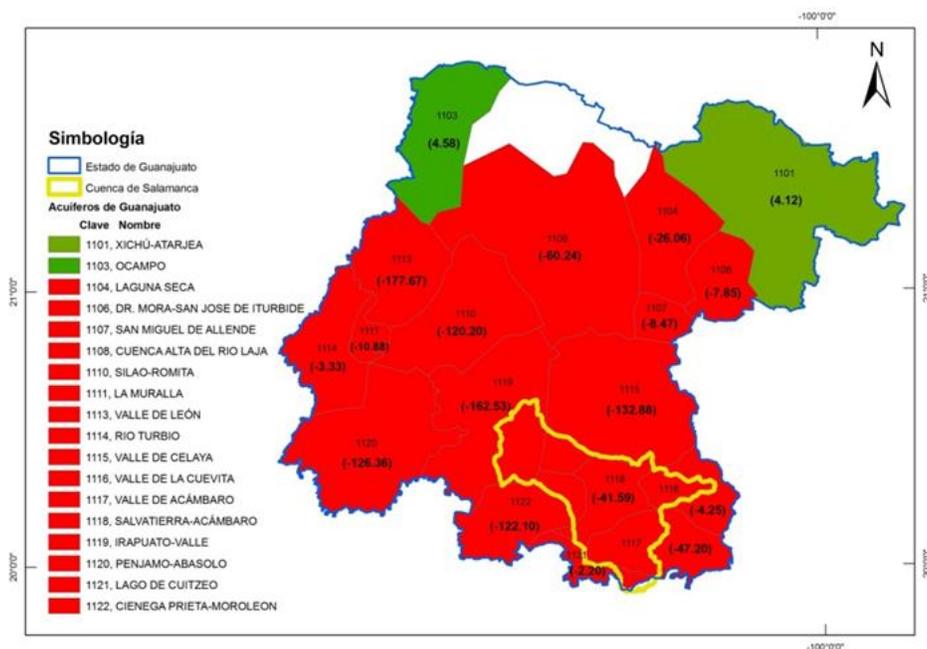
De los 18 acuíferos que se ubican en el estado de Guanajuato solo dos se encuentran con disponibilidad (Figura 16). Los siete acuíferos que caen dentro de la subcuenca se encuentran en déficit, siendo Irapuato-Valle el que presenta el mayor déficit con -162.53 hm³, seguido de los acuíferos Valle de Celaya y Penjamo-Guanajuato, con déficits de -132.88 hm³ y -126.36 hm³, respectivamente, siendo estos tres acuíferos de los más grandes, en cuanto a área abarcada, del estado de Guanajuato (Tabla 3).

Tabla 3. Disponibilidad media anual de aguas subterráneas (hm³/año). Subregión Hidrológica Lerma-Chapala, subcuencas que integran la zona de estudio.

CLAVE	NOMBRE DEL ACUÍFERO	Área km ²	RECARGA	DNCOM	DEFICIT
1115	VALLE DE CELAYA	2,793.81	286.6	0	-132.88
1116	VALLE DE LA CUEVITA	782.84	5.9	0.7	-4.25
1117	VALLE DE ACÁMBARO	1,123.24	102.5	0	-47.2
1118	SALVATIERRA-ACÁMBARO	747.57	28.4	0	-41.59
1119	IRAPUATO-VALLE	2,436.93	522.2	132.4	-162.53
1120	PENJAMO-ABASOLO	2,413.67	225	0	-126.36
1121	LAGO DE CUITZEO	340.81	7.1	0.3	-2.2
1122	CIENEGA PRIETA-MOROLEON	1,220.11	85	9	-122.1
1605	PASTOR ORTIZ-LA PIEDAD	1,490.29	28.7	0.1	-68.98
1609	BRISEÑAS-YURECUARO	593.45	114	2	-24.85

Nomenclatura: R: Recarga total media anual; DNC: Descarga natural comprometida; VC: Volumen concesionado de agua subterránea; VEXT: Volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; D: Disponibilidad media anual de agua subterránea. **Fuente:** Elaborado a partir de: Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, DOF diciembre 2013.

Figura 5. Disponibilidad de acuíferos



Fuente: Elaborado a partir de: Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, DOF diciembre 2013.

La agricultura en la zona de estudio

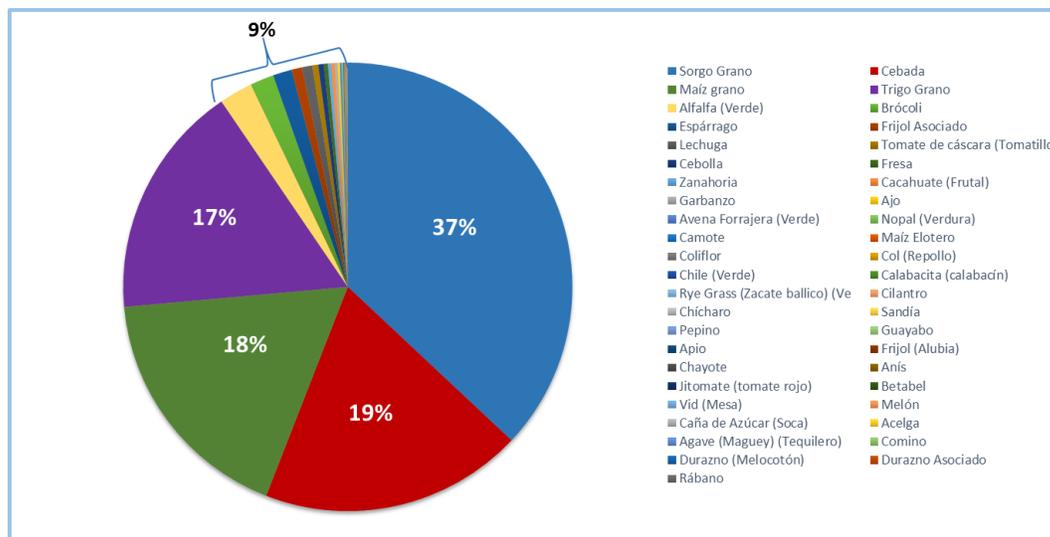
La producción en el DR 011 Alto Río Lerma en promedio desde 2001-2014 es de 1,416 miles de toneladas, el periodo agrícola donde se presentó la menor producción fue en el periodo de 2009-2010 con 1,238.5 miles de toneladas y el periodo con mayor producción fue 2008-2009 con 1,600.2 miles de toneladas. Pero en cuanto al valor de la producción el ciclo agrícola que fue más redituables fue 2010-2011 con 6,095,089.6 miles de pesos (Tabla 4).

Tabla 4. Estadísticas de producción del DR-011 Alto Río Lerma

Ciclo	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Miles de Ton)	PMR (\$/Ton)	Valor de la Producción (Miles de \$)
2013-2014	154,450.7	154,450.7	9.0	1,387.4	3,001.5	4,164,299.0
2012-2013	133,229.3	133,229.3	9.6	1,276.5	3,300.5	4,213,104.8
2011-2012	147,338.6	147,338.6	9.2	1,356.0	3,816.6	5,175,143.9
2010-2011	164,183.5	164,183.5	9.2	1,517.6	4,016.3	6,095,089.6
2009-2010	126,419.7	126,419.7	9.8	1,238.5	3,010.0	3,728,016.5
2008-2009	178,444.2	178,444.2	9.0	1,600.2	2,615.8	4,185,701.4
2007-2008	171,819.0	171,817.0	8.7	1,491.6	2,864.8	4,273,071.5
2006-2007	162,080.0	162,077.6	8.9	1,439.6	2,596.3	3,737,574.7
2005-2006	126,960.1	126,960.2	9.8	1,239.5	1,967.6	2,438,830.4
2004-2005	173,549.3	173,549.3	9.1	1,577.4	1,699.6	2,680,879.7
2003-2004	166,622.0	166,619.0	9.3	1,543.0	1,732.4	2,672,967.0
2002-2003	168,119.0	161,768.0	8.0	1,290.2	1,659.3	2,140,875.2
2001-2002	161,694.0	161,689.0	9.0	1,450.2	1,607.5	2,331,229.9

Fuente: Estadísticas agrícolas de los Distritos de Riego, CONAGUA. <http://www.edistritos.com/DR/estadisticaAgricola/estado.php>

Figura 6. Volumen de producción de los cultivos en los módulos del distrito de riego 011 Alto Río Lerma



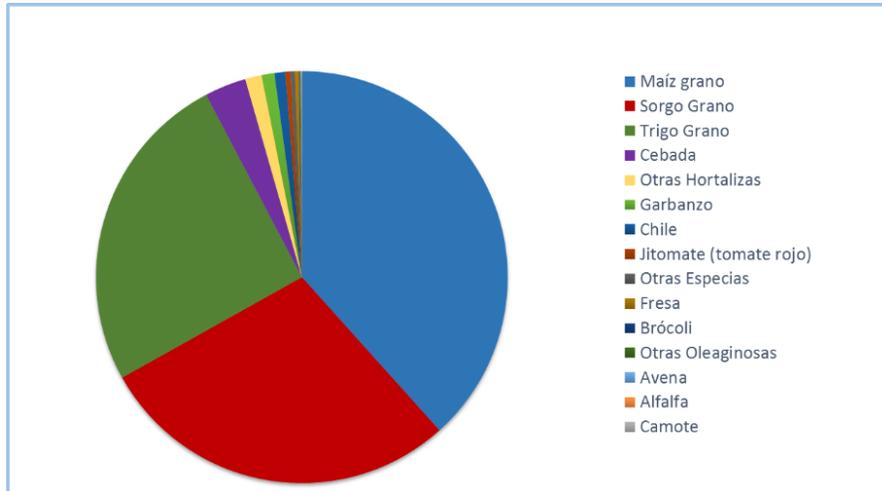
Fuente: elaboración propia partir de estadísticas agrícolas de la jefatura del DR 011.

Tabla 5. Superficie cosechada en los agrícolas 2009 al 2014 en el DR 011

Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Volumen (dam ³)	Producción (ton)
Sorgo Grano	333,572	997,797	3,080,440
Cebada	170,611	955,870	984,488
Maíz grano	159,187	617,835	1,696,789
Trigo Grano	152,466	1,086,163	967,005
Alfalfa (Verde)	21,735	172,018	626,642
Brócoli	15,430	122,196	207,163
Espárrago	12,322	104,161	66,067
Frijol Asociado	6,775	43,490	14,791
Lechuga	6,623	42,175	152,535
Tomate de cáscara	3,918	40,960	85,191
Cebolla	3,560	23,863	103,024
Fresa	2,603	68,869	78,535
Zanahoria	2,227	17,981	81,516
Cacahuete (Frutal)	2,176	7,120	10,632
Garbanzo	1,879	5,275	7,334
Ajo	1,436	12,206	13,753
Avena Forrajera	1,297	5,981	11,437
Nopal (Verdura)	764	2,536	11,366
Camote	546	2,460	14,692
Maíz Elotero	528	4,464	10,435
Coliflor	459	3,493	7,769
Col (Repollo)	291	2,437	9,559
Chile (Verde)	253	1,538	3,716
Calabacita	183	1,059	2,824
Rye Grass (Zacate)	144	1,617	4,740
Cilantro	118	792	1,543
Chícharo	88	622	525
Sandía	67	412	1,671
Pepino	64	246	1,175
Guayabo	55	249	303
Apio	50	420	930
Frijol (Alubia)	47	264	117
Chayote	38	343	1,122
Anís	35	151	40
Jitomate(tomate rojo)	19	157	405
Betabel	15	134	255
Vid (Mesa)	8	42	35
Melón	6	31	114
Caña de Azúcar	4	26	442
Acelga	4	26	41
Agave (Maguey)	3	8	0
Comino	3	11	3
Durazno (Melocotón)	2	5	4
Durazno Asociado	2	11	7
Rábano	2	14	16
Total	901,613	4,347,527	8,261,192

Fuente: elaboración propia partir de estadísticas agrícolas de la jefatura del DR 087 y el DR 011.

Figura 7. Volumen de producción de los cultivos en los módulos del distrito de riego 087 Rosario Mezquite



Fuente: elaboración propia partir de estadísticas agrícolas de la jefatura del DR 087.

Tabla 6. Superficie cosechada en los ciclos agrícolas 2011 al 2014 en el DR 087

Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Volumen (dam ³)	Producción (ton)
Maíz grano	105,670	259,317	1,200,211
Sorgo Grano	78,673	176,130	734,049
Trigo Grano	70,011	509,255	396,234
Cebada	8,992	49,819	48,307
Otras Hortalizas	3,587	17,821	62,766
Garbanzo	2,771	4,874	8,228
Chile	2,349	7,941	237,225
Jitomate (tomate rojo)	1,099	5,584	97,961
Otras Especies	975	6,013	8,414
Fresa	836	11,343	21,400
Brócoli	197	563	2,266
Otras Oleaginosas	165	385	429
Avena	133	825	2,618
Alfalfa	77	659	3,350
Camote	45	77	599
Total general	275,579	1,050,605	2,824,056

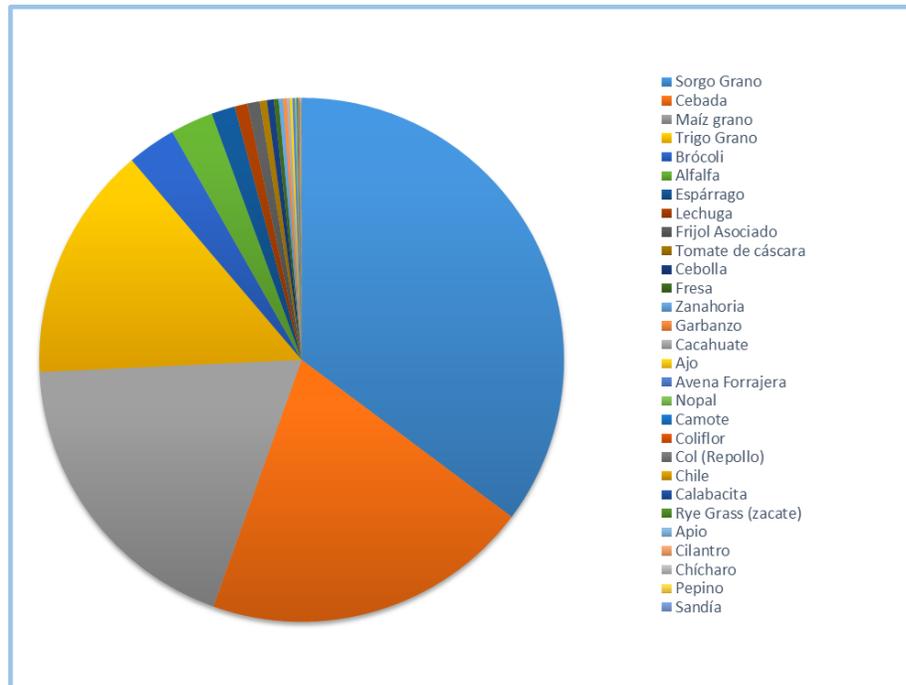
Fuente: elaboración propia partir de estadísticas agrícolas de la jefatura del DR 087 y DR 011.

Tabla 7. Cultivos con mayor consumo de agua

Cultivo	% del Volumen total consumido
Trigo	25
Sorgo	23
Cebada	22
Maíz	14
Otros	16

Fuente: elaboración propia partir de estadísticas agrícolas de la jefatura del DR 087 y DR 011.

Figura 8. Cultivos más consumidores de agua en los módulos los distritos de riego 011 Alto Río Lerma y 087 Rosario Mezquite



Fuente: elaboración propia partir de estadísticas agrícolas de la jefatura del DR 087 y el DR 011.

Acuerdo de Coordinación para utilizar los recursos del Río Lerma

En esta zona el clima es templado prácticamente todo el año, la estación lluviosa está bien definida de junio a septiembre y los inviernos son secos y benignos. El déficit de lluvia respecto a la Evapotranspiración Potencial (ETP) se presenta desde el mes de octubre hasta mediados de junio. En los meses de julio, agosto y septiembre, la lluvia es superior a la ETP. Se tiene de esta manera, una estación lluviosa bien definida, de junio a septiembre, con inviernos secos y benignos, y en general, con déficits de agua en casi todo el tiempo, por lo que la agricultura segura solo prospera con el riego y las demás actividades económicas y productivas están sujetas a la disponibilidad del agua.

En general Distrito de Riego 011, se abastece en un considerable porcentaje de agua superficial, de esta forma, el 79% de la superficie con derecho a riego, se abastece con agua superficial y el 21% restante con agua subterránea.

La subcuenca de Salamanca se localiza dentro de la Cuenca Lerma-Chapala, la cual es una de las cuencas más competidas y explotadas, con amplia variación espacial y temporal en la disponibilidad de agua.

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 23 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

La escasez del agua en esta cuenca, ha creado una compleja red de intereses sobre este recurso en términos de calidad y cantidad en períodos de estiaje prolongado ante un crecimiento continuo de la demanda; se crea un ambiente de competencia por este recurso que acentúa los conflictos entre usuarios y autoridades de la región.

Como consecuencia de este problema, se crea el primer Acuerdo de Coordinación firmado por la federación y los gobiernos de los estados que utilizan los recursos del Río Lerma, el 13 de abril de 1989. Con el objeto de dar seguimiento a los compromisos contraídos y de evaluar los avances, se crea el Consejo Consultivo de Evaluación y Seguimiento. Este consejo está formado por representantes de las diversas Dependencias del Gobierno Federal relacionadas con el tema, representantes de los Gobiernos Locales (Gobiernos Estatales de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, México y Querétaro) y representantes de los usuarios del recurso.

Como parte de sus actividades este Consejo se encarga de dar seguimiento a las acciones para cumplir los objetivos planteados: sanear la cuenca; ordenar y reglamentar el uso del agua entre las entidades; lograr el uso eficiente del agua, y manejar y conservar las cuencas y corrientes.

Posteriormente, en el marco de la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales, en diciembre de 1992, este consejo se convirtió formalmente en el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala el 28 de enero de 1993.

En el marco de este acuerdo, se estableció un convenio para definir la fórmula de asignación anual de agua para cada usuario. Pero a pesar del establecimiento de este convenio, siguen persistiendo los conflictos sociales.

En el mes de noviembre de cada año, el Consejo, apoyado en el boletín que para tal efecto publica la CONAGUA, determina y asigna el volumen que de las fuentes superficiales podrán disponer los usuarios de la Cuenca a lo largo del año. El volumen de extracción se calcula de acuerdo con el almacenamiento del día primero de noviembre, y con las demandas medias.

En el caso del Distrito de Riego 011, por las restricciones que impone el Convenio en la asignación del agua, los usuarios de los módulos se ven afectados por la reducción de los volúmenes que se les asigna en cada ciclo agrícola. Por lo tanto, la superficie que se riega en la zona de estudio por gravedad, está en función de la disponibilidad de agua que exista en las presas. De esta forma, la variación de la superficie regada de los cultivos que se producen en la zona es una variable dependiente de la cantidad de agua que se les asigne cada año agrícola a los módulos de riego.

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 24 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

La superficie regada por gravedad en esta zona ocupa el 90.7% de la superficie con derecho a riego dentro del Distrito de Riego 011, la cual es de 109,417 has. La superficie regada por gravedad ha variado en cada uno de los años agrícolas que comprende el período histórico analizado en este estudio, el cual fue de 6 años: del 2008-2009 al 2013-2014; esta variación es más acentuada en el ciclo otoño-invierno.

El análisis de la demanda de agua para uso agrícola

Primero se determinaron las funciones de producción de los cultivos de los ocho módulos que integran la zona de estudio considerando por separado las tecnologías de riego: por gravedad (agua superficial) y por bombeo (agua subterránea).

Debe señalarse que para el caso del riego por gravedad en dos de los productos principales del ciclo otoño-invierno: la cebada y el trigo, no fue posible realizar las estimaciones de las funciones de producción pues en ninguno de los módulos existe la información correspondiente a los años 2010 y 2013, dicha situación se debe al racionamiento del agua para riego, ejercido con base en el Acuerdo de Distribución de Aguas Superficiales de la Cuenca Lerma Chapala (D.O.F., 2003), por la misma razón tampoco fue posible estimar sus funciones de demanda derivada de agua.

La situación fue diferente en el caso del riego por bombeo, para estos mismos cultivos, puesto que no aplica el Acuerdo, sí se tiene información suficiente para llevar a cabo la estimación de las funciones de producción, así como de las funciones de demanda derivada de agua.

Por su parte para el caso de riego por gravedad en dos de los productos principales del ciclo de primavera-verano y segundos cultivos: el maíz y el sorgo, sí fue posible realizar las estimaciones de las funciones de producción y de las funciones de demanda derivada de agua ya que precisamente los segundos cultivos permitieron completar la información, no obstante que tampoco hubo información para los años 2010 y 2013, debido al racionamiento ejercido a través del Acuerdo de Distribución de Aguas Superficiales de la Cuenca Lerma Chapala.

En el caso del riego por bombeo para dichos cultivos, también se cuenta con la información suficiente para realizar la estimación de las funciones de producción y de demanda de agua correspondientes. En el caso del riego por gravedad tres cultivos importantes son la avena forrajera verde, la alfalfa verde y el espárrago, de los cuales únicamente se pudieron estimar la función de producción y la función de demanda derivada de agua para la alfalfa verde debido a la carencia de información para los otros cultivos.

Respecto al bombeo, sobresalen también los cultivos de ajo y brócoli y dentro de los perennes; la alfalfa, el espárrago y la fresa. Sin embargo, por falta de información sólo fue posible realizar las estimaciones de las funciones de producción y de demanda de agua, para el brócoli, el espárrago y la alfalfa. Para realizar las estimaciones de las funciones de producción se escogió una forma funcional correspondiente a la tecnología Cobb-Douglas de corto plazo, en la cual se supone que el capital y el trabajo se mantienen constantes mientras que el insumo agua es el único factor de la producción variable:

$$1) Y = \alpha A^\beta \varepsilon$$

Donde Y es el producto agrícola en unidades físicas; α es el coeficiente que representa la eficiencia tecnológica y se considera un parámetro; A es el volumen de agua; β es el coeficiente que representa los rendimientos del insumo agua; ε representa el término del error o perturbación aleatoria.

La estimación se hizo de dos formas: tomando directamente la función y realizando una regresión no lineal y por medio de logaritmos, es decir estimando la función:

$$2) \ln Y = \ln \alpha + \beta \ln A + \ln \varepsilon$$

Se corrió la regresión en forma de *pool* con los datos totales por cultivo, para todos los módulos de producción que integran la zona de estudio, utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios.

En la tabla siguiente se presentan las funciones de producción estimadas a partir del análisis econométrico (las tablas con los estadísticos de las regresiones, así como las pruebas de los supuestos clásicos del modelo de regresión se presentan en el Anexo A).

Tabla 8. Funciones de Producción estimadas por Cultivo y Tipo de Riego.

Cultivo	Tipo de riego	Función de Producción Estimada (Y)
1. Sorgo	Gravedad	$Y = 4.7559A^{0.9536}$
	Bombeo	$Y = 3.8747A^{0.9599}$
2. Cebada	Gravedad	$Y = 1.5036A^{0.9440}$
	Bombeo	$Y = 1.0851A^{0.9855}$
3. Maíz	Gravedad	$Y = 4.9845A^{0.9371}$
	Bombeo	$Y = 9.8616A^{0.8550}$

Cultivo	Tipo de riego	Función de Producción Estimada (Y)
4. Trigo	Gravedad	$Y=1.1787A^{0.9662}$
	Bombeo	$Y=1.4679A^{0.9384}$
5. Alfalfa	Gravedad	$Y=27.8276A^{0.7008}$
	Bombeo	$Y=6.03867A^{0.8779}$
6. Brócoli	Gravedad	$Y=7.3147A^{0.7638}$
	Bombeo	$Y=9.5561A^{0.7941}$
7. Espárrago	Gravedad	$Y=2.6616A^{0.8924}$
	Bombeo	$Y=4.0944A^{0.7762}$
8. Frijol Asociado	Gravedad	$Y=1.6432A^{0.7940}$
	Bombeo	$Y=1.7102A^{0.7824}$
9. Lechuga	Bombeo	$Y=1.0939A^{1.1609}$
10. Tomate	Gravedad	$Y=4.8381A^{0.8629}$
	Bombeo	$Y=7.0029A^{0.8272}$
11. Cebolla	Gravedad	$Y=11.7133A^{0.8411}$
	Bombeo	$Y=6.9648A^{0.9107}$
12. Fresa	Gravedad	$Y=18.9931A^{0.6992}$
	Bombeo	$Y=13.1806A^{0.7147}$
13. Zanahoria	Gravedad	$Y=25.0640A^{0.7102}$
	Bombeo	$Y=7.1068A^{0.9331}$
14. Cacahuete	Gravedad	$Y=2.2205A^{0.9250}$
	Bombeo	$Y=2.0311A^{0.8752}$
15. Garbanzo	Gravedad	$Y=1.0404A^{1.0061}$
	Bombeo	$Y=1.7214A^{0.8701}$
16. Ajo	Bombeo	$Y=1.9563A^{0.9062}$
17. Avena	Gravedad	$Y=1.7903A^{0.9584}$
	Bombeo	$Y=5.3539A^{0.7952}$

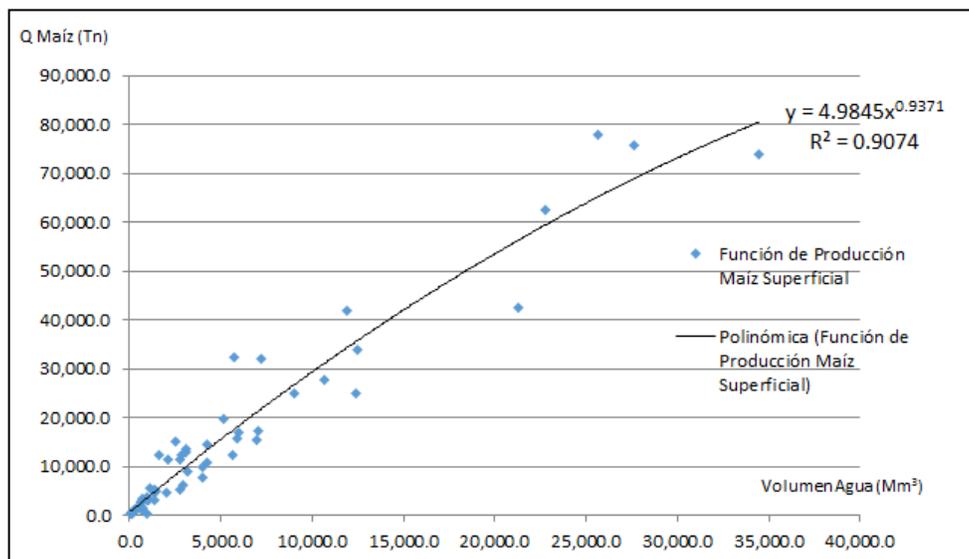
Fuente: elaboración propia.

En el caso del riego por bombeo, sobresalen también los cultivos de ajo y brócoli. Por otra parte, dentro de los perennes, sobresalen, la alfalfa, el espárrago y la fresa. Sin embargo, por falta de información sólo fue posible realizar las estimaciones de las funciones de producción y de demanda de agua, para el brócoli, el espárrago y la alfalfa.

Existen algunos cultivos que además de utilizar la gravedad, en algún ciclo, son regados con aguas subterráneas para segundos cultivos, por ejemplo, el maíz, el sorgo y la alfalfa.

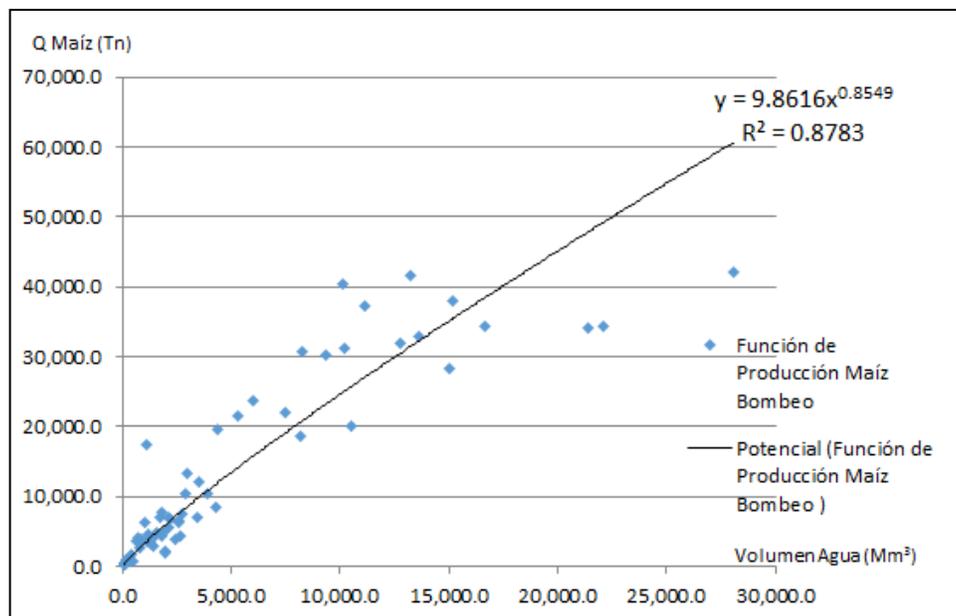
A continuación, se presentan las gráficas de las funciones de producción estimadas correspondientes a los cultivos que se riegan con agua superficial.

Gráfica 2. Función de producción del Maíz, con riego superficial



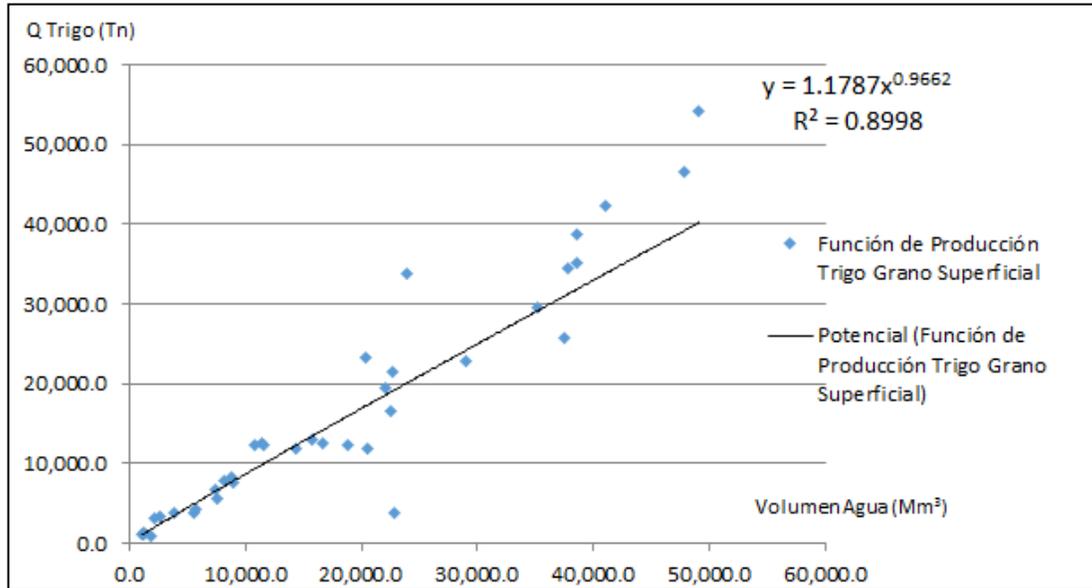
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 3. Función de producción del Maíz, con riego de bombeo



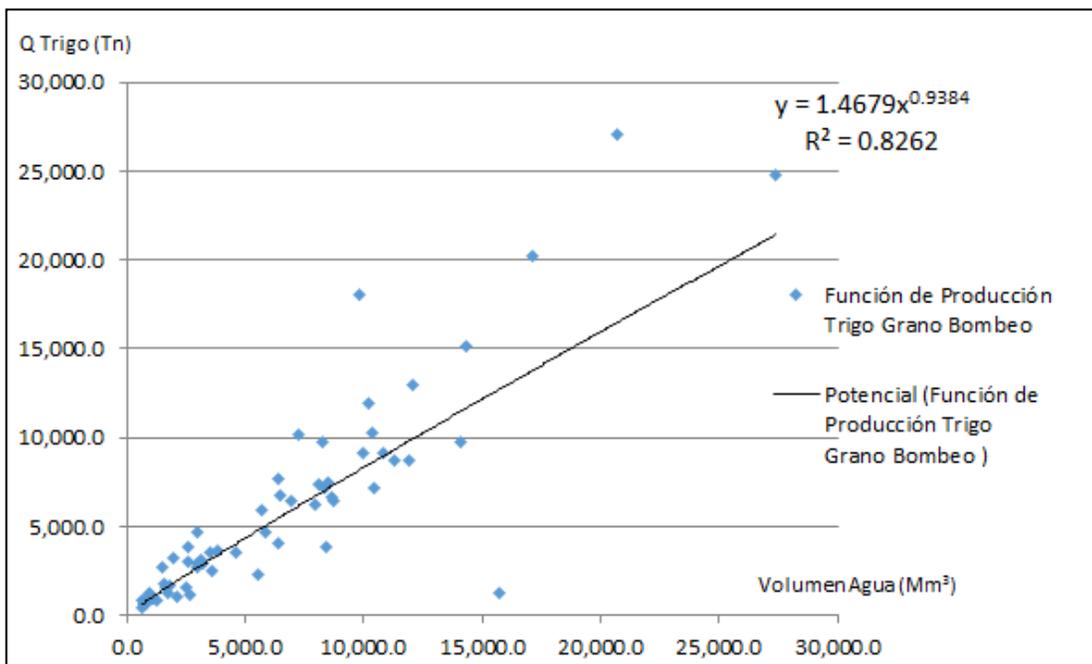
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 4. Función de producción del Trigo, con riego superficial



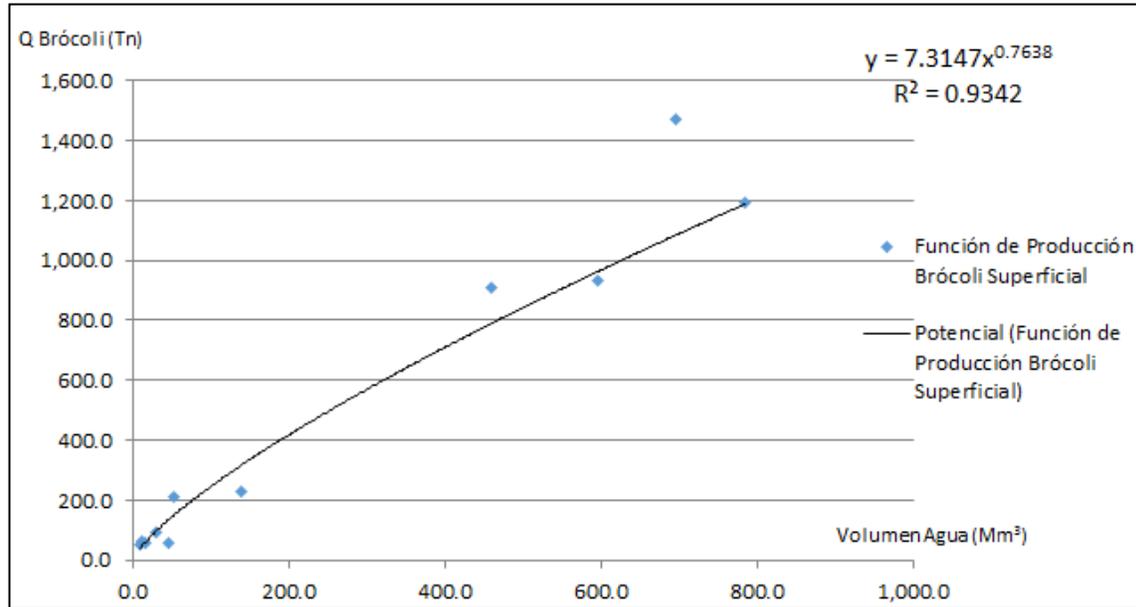
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 5. Función de producción del Trigo, con riego de bombeo



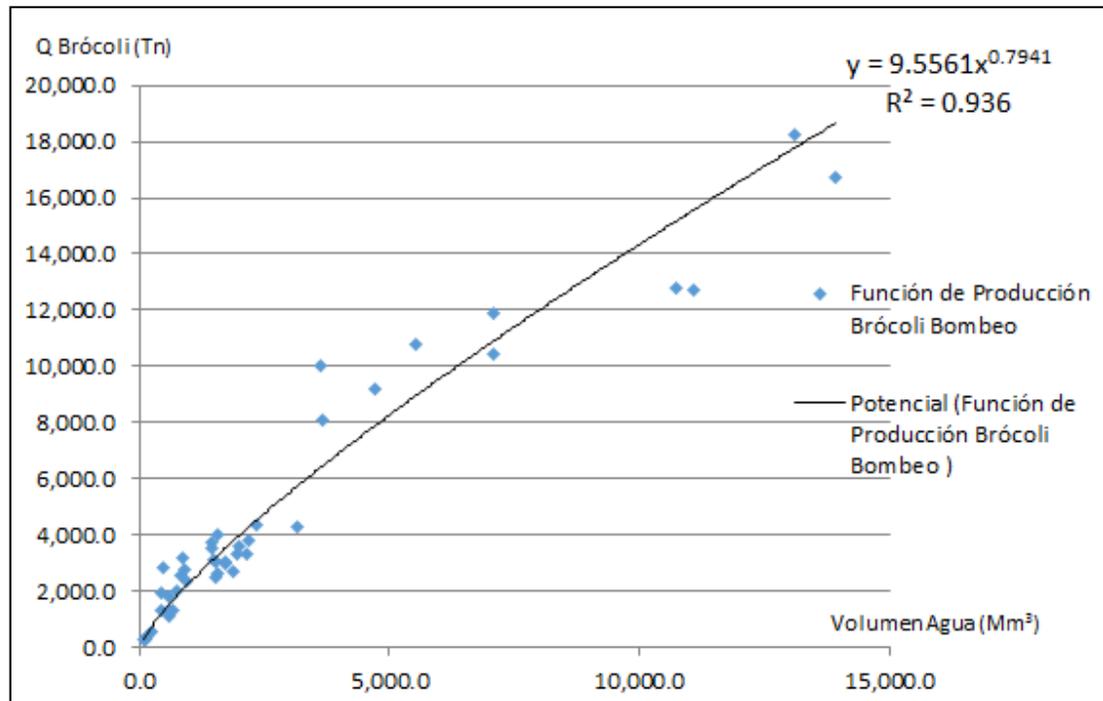
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 6. Función de producción del Brócoli, con riego superficial



Fuente: elaboración propia

Gráfica 7. Función de producción del Brócoli, con riego de bombeo



Fuente: elaboración propia

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 30 de 236	México, 2016	Clave: F.CO.2.04.01

Para obtener la función de demanda derivada del agua, debe calcularse primero la productividad marginal del agua, es decir el aumento en la producción ante un incremento del insumo agua y posteriormente el valor de la productividad marginal del agua, es decir, la productividad marginal del agua multiplicada por el precio del producto (se utilizó el Precio Medio Rural para cada cultivo), como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA).

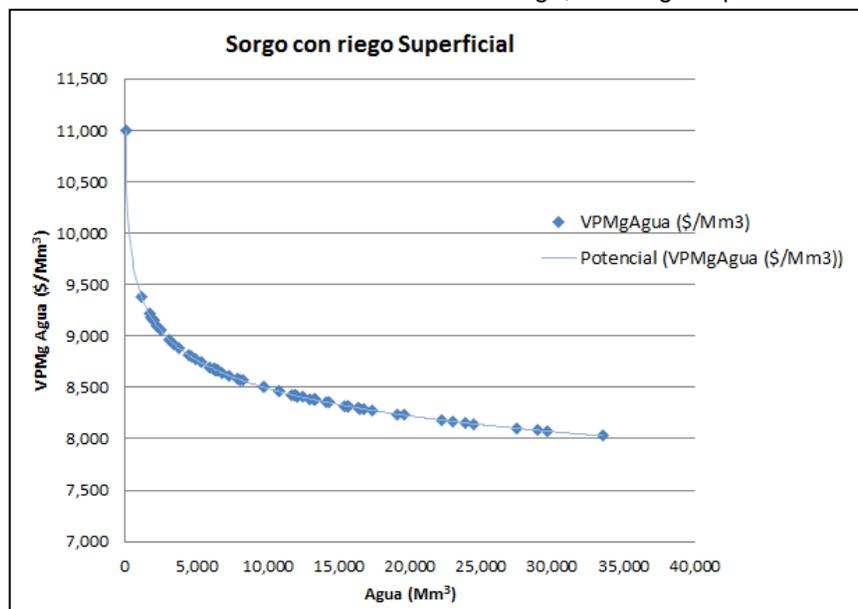
Cultivo	Tipo de riego	PMgA = dY/dA	VPMgA = $P \cdot PMgA$
1. Sorgo	Gravedad	$4.5352A^{-0.0464}$	$2,871.0 \cdot 4.5352A^{-0.0464}$
	Bombeo	$3.7194A^{-0.0401}$	$2,930.7 \cdot 3.7194A^{-0.0401}$
2. Cebada	Gravedad	$1.4194A^{-0.0559}$	$3,580.2 \cdot 1.4194A^{-0.0559}$
	Bombeo	$1.0694A^{-0.0145}$	$3,636.4 \cdot 1.0694A^{-0.0145}$
3. Maíz	Gravedad	$4.6709A^{-0.0629}$	$3,291.8 \cdot 4.6709A^{-0.0629}$
	Bombeo	$8.4316A^{-0.1450}$	$3,238.9 \cdot 8.4316A^{-0.1450}$
4. Trigo	Gravedad	$1.1389A^{-0.0338}$	$3,275.0 \cdot 1.1389A^{-0.0338}$
	Bombeo	$1.3774A^{-0.0616}$	$3,336.7 \cdot 1.3774A^{-0.0616}$
5. Alfalfa	Gravedad	$19.5022A^{-0.2992}$	$2,529.7 \cdot 19.5022A^{-0.2992}$
	Bombeo	$5.3019A^{-0.1220}$	$2,410.7 \cdot 5.3019A^{-0.1220}$
6. Brócoli	Gravedad	$5.5871A^{-0.2362}$	$4,465.0 \cdot 5.5871A^{-0.2362}$
	Bombeo	$7.5882A^{-0.2059}$	$4,539.2 \cdot 7.5882A^{-0.2059}$
7. Espárrago	Gravedad	$2.3752A^{-0.1076}$	$24,233.5 \cdot 2.3752A^{-0.1076}$
	Bombeo	$3.1780A^{-0.2238}$	$28,049.4 \cdot 3.1780A^{-0.2238}$
8. Frijol Asociado	Gravedad	$1.3048A^{-0.2059}$	$10,030.3 \cdot 1.3048A^{-0.2059}$
	Bombeo	$1.3379A^{-0.2176}$	$11,945.7 \cdot 1.3379A^{-0.2176}$
9. Lechuga	Bombeo	$1.2699A^{0.1609}$	$4,053.4 \cdot 1.2699A^{0.1609}$
10. Tomate	Gravedad	$4.1748A^{-0.1371}$	$2,966.0 \cdot 4.1748A^{-0.1371}$
	Bombeo	$5.7931A^{-0.1728}$	$2,987.9 \cdot 5.7931A^{-0.1728}$
11. Cebolla	Gravedad	$9.8515A^{-0.1589}$	$3,378.3 \cdot 9.8515A^{-0.1589}$
	Bombeo	$6.3429A^{-0.0893}$	$4,267.7 \cdot 6.3429A^{-0.0893}$
12. Fresa	Gravedad	$13.2817A^{-0.3007}$	$6,500.0 \cdot 13.2817A^{-0.3007}$
	Bombeo	$9.4574A^{-0.2806}$	$8,120.0 \cdot 9.4574A^{-0.2806}$
13. Zanahoria	Gravedad	$17.8015A^{-0.2898}$	$1,855.6 \cdot 17.8015A^{-0.2898}$
	Bombeo	$6.6314A^{-0.0669}$	$1,976.4 \cdot 6.6314A^{-0.0669}$

Cultivo	Tipo de riego	PMgA = dY/dA	VPMgA = P*PMgA
14. Cacahuete	Gravedad	$2.0539A^{-0.0750}$	$10,536.7 * 2.0539A^{-0.0750}$
	Bombeo	$1.7777A^{-0.1248}$	$10,337.5 * 1.7777A^{-0.1248}$
15. Garbanzo	Gravedad	$0.9319A^{0.0639}$	$6,508.0 * 1.0143A^{0.0266}$
	Bombeo	$1.4978A^{-0.1299}$	$6,414.0 * 1.4978A^{-0.1299}$
16. Ajo	Bombeo	$1.7728A^{-0.0938}$	$14,507.9 * 1.7728A^{-0.0938}$
17. Avena	Gravedad	$1.71583A^{-0.0416}$	$2,602.0 * 1.71583A^{-0.0416}$
	Bombeo	$4.2573A^{-0.2048}$	$2,222.3 * 4.2573A^{-0.2048}$
18. Camote	Gravedad	$20.4300A^{-0.2637}$	$2,325.8 * 20.4300A^{-0.2637}$
	Bombeo	$7.7572A^{-0.0491}$	$3,260.1 * 7.7572A^{-0.0491}$
19. Coliflor	Bombeo	$3.7162A^{-0.1513}$	$4,095.8 * 3.7162A^{-0.1513}$
20. Col	Bombeo	$7.8128A^{-0.1700}$	$2,307.9 * 7.8128A^{-0.1700}$
21. Chile	Gravedad	$9.4639A^{-0.7518}$	$5,449.6 * 9.4639A^{-0.7518}$
	Bombeo	$9.93210A^{-0.8036}$	$5,238.8 * 9.93210A^{-0.8036}$
22. Calabacita	Gravedad	$6.4739A^{-0.2849}$	$3,057.1 * 6.4739A^{-0.2849}$
	Bombeo	$4.0539A^{-0.1101}$	$2,851.0 * 4.0539A^{-0.1101}$

Fuente: elaboración propia.

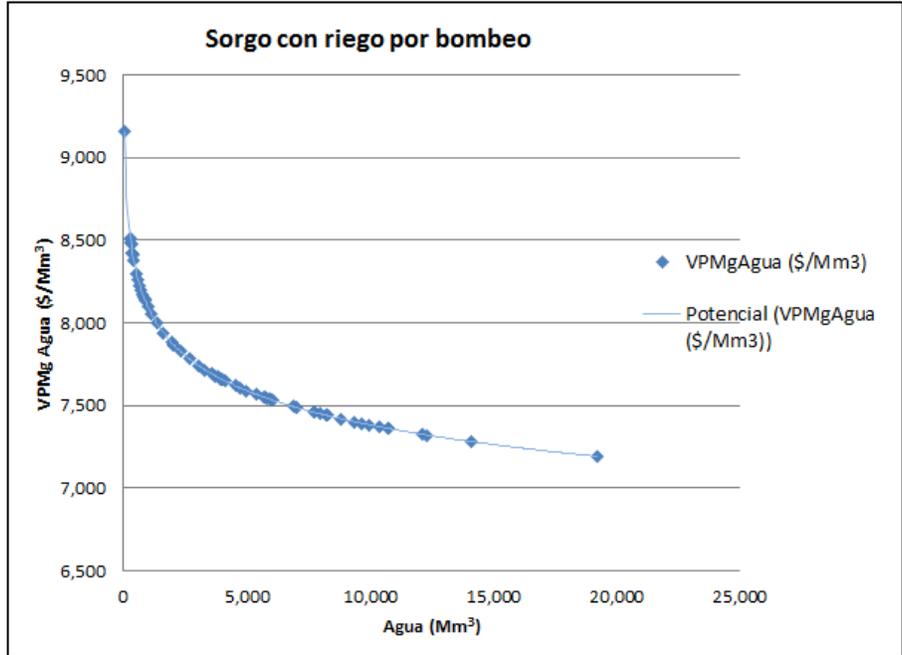
Y sus correspondientes gráficas se presentan a continuación:

Gráfica 8. Función de demanda del Sorgo, con riego superficial



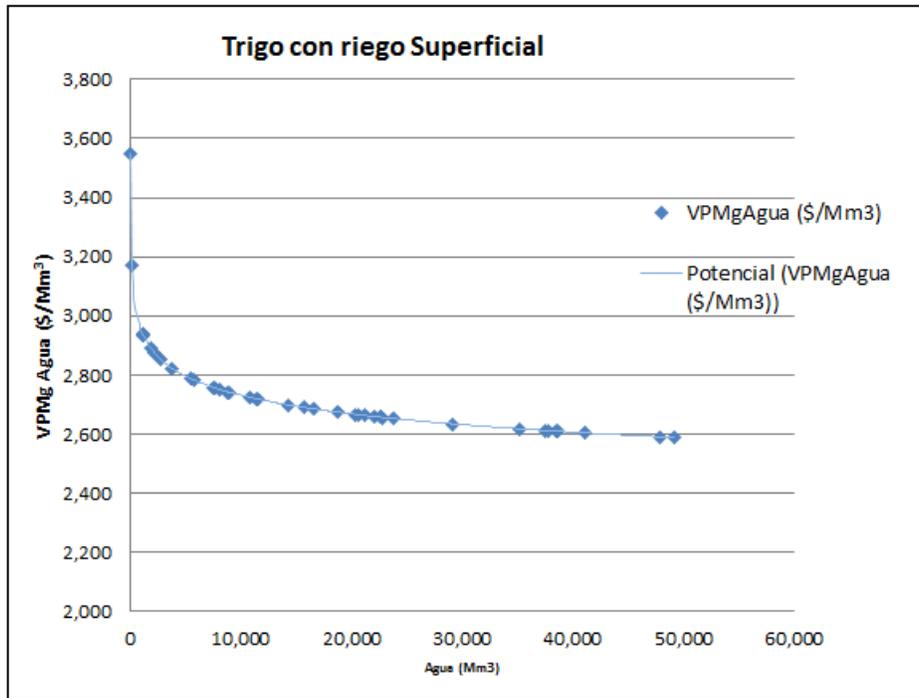
Fuente: elaboración propia

Gráfica 9. Función de demanda del Sorgo, con riego de bombeo



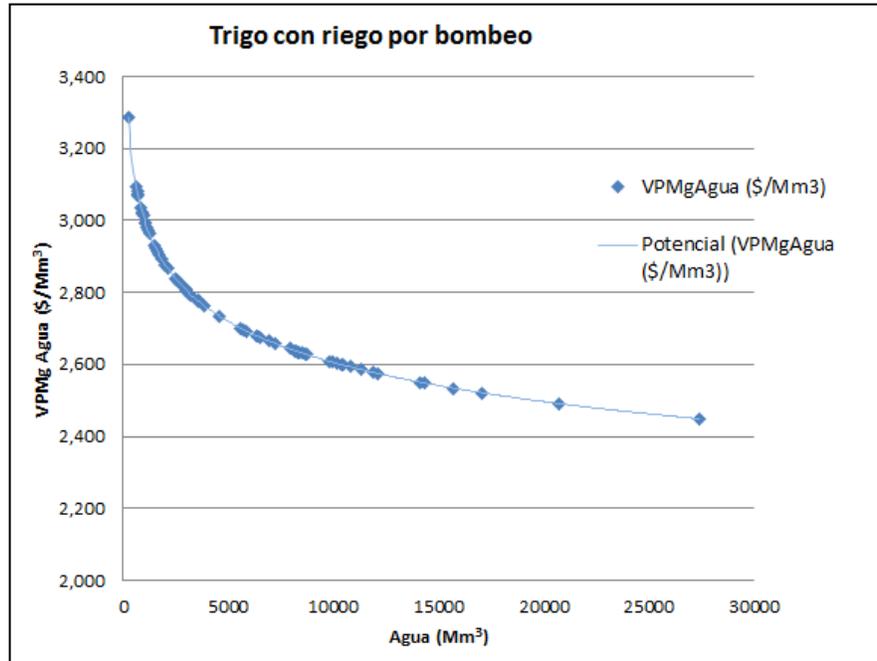
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 10. Función de demanda del Trigo, con riego superficial



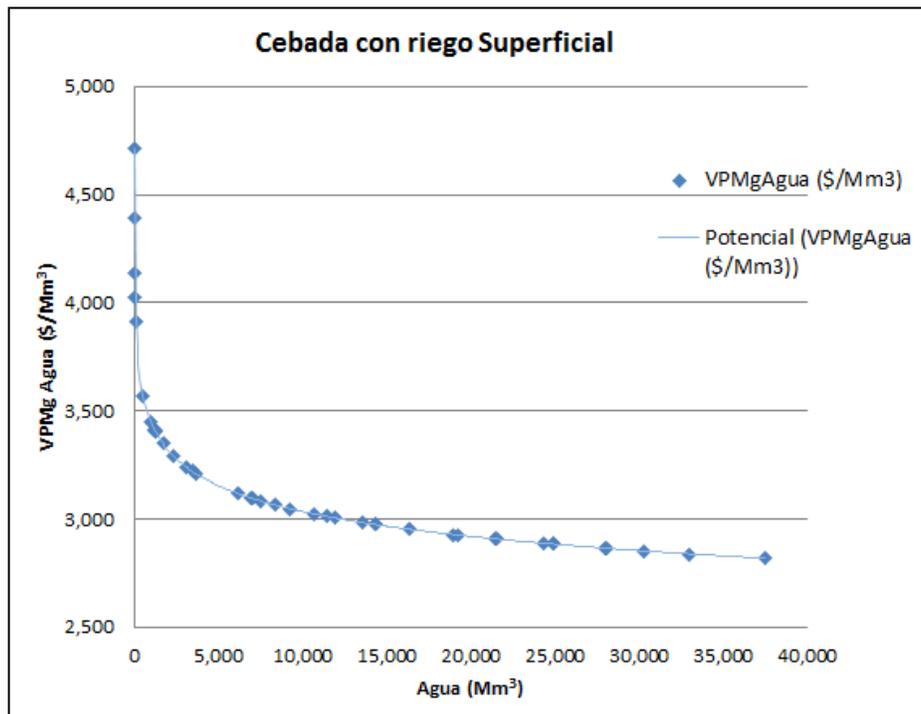
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 11. Función de demanda del Trigo, con riego de bombeo



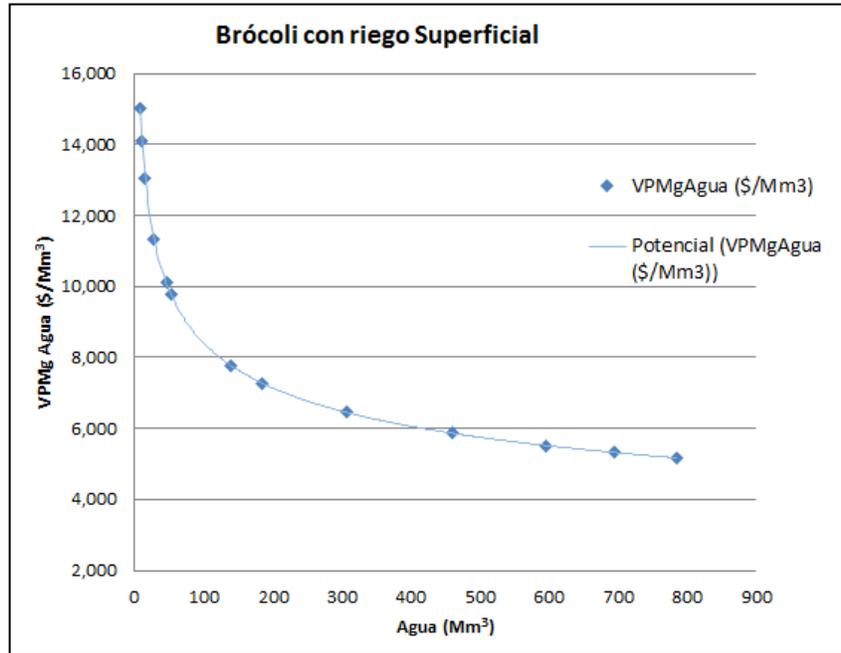
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 12. Función de demanda de la Cebada, con riego superficial



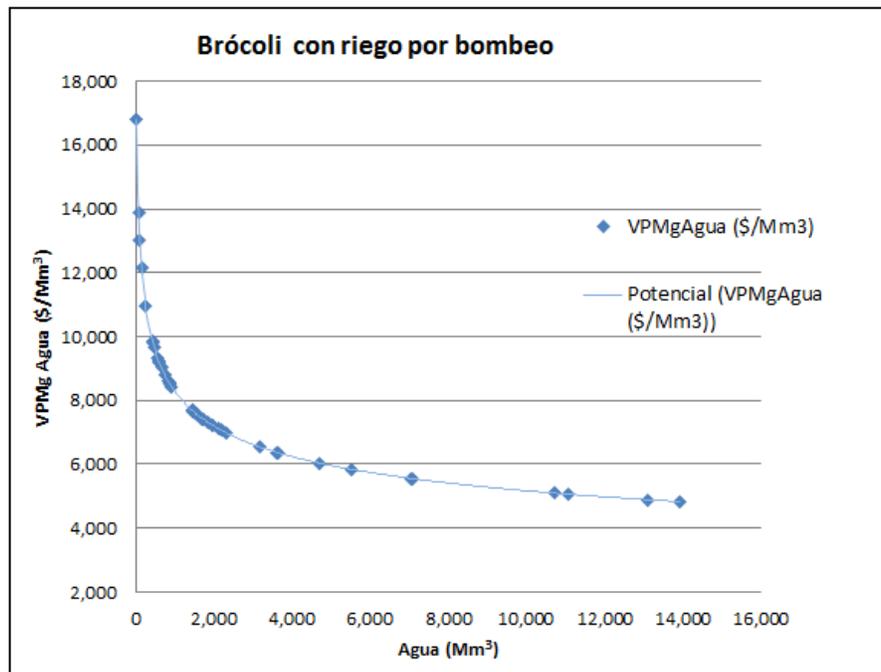
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 13. Función de producción del Brócoli, con riego superficial



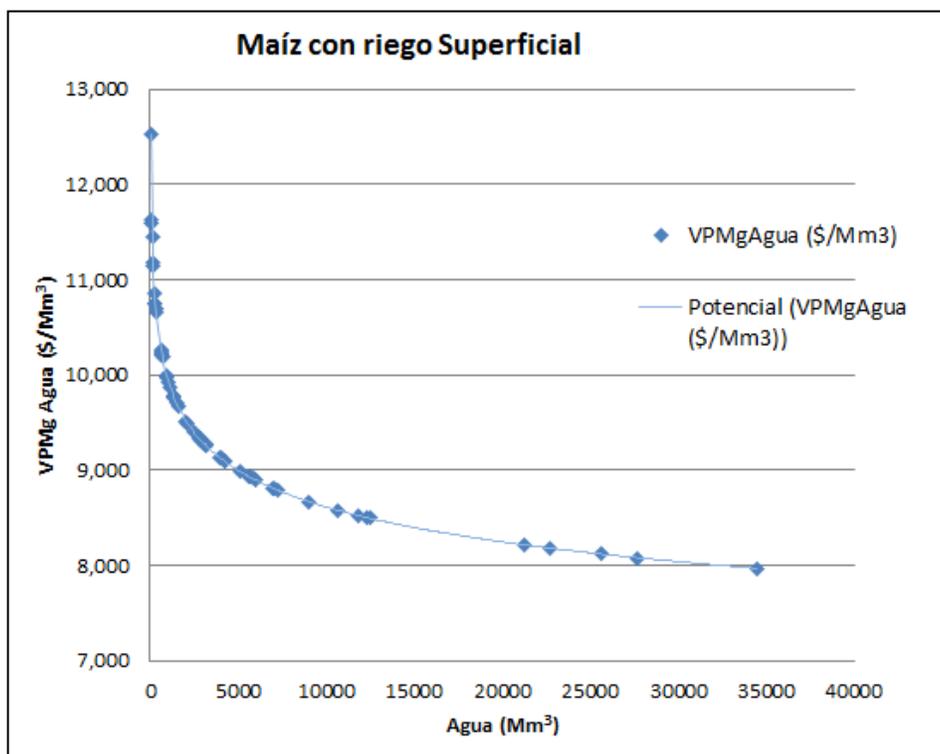
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 14. Función de demanda del Brócoli, con riego de bombeo



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 15. Función de demanda del Maíz, con riego superficial



Fuente: elaboración propia

En la Tabla 10 se muestran las formas y los coeficientes estimados de las funciones de demanda derivada de agua por cultivo y por tipo de riego para un agente representativo, es decir la producción promedio de todos los módulos, representado por los agricultores que producen un cultivo determinado utilizando un tipo de riego (gravedad o bombeo) sin importar a cuál módulo de producción agrícola pertenece.

Para realizar dicha estimación se realizó una prueba de datos de panel en la cual se muestra que los agricultores que producen un mismo cultivo por tipo de riego se comportan de manera homogénea lo cual permite suponer que reaccionan de manera similar ante los cambios exógenos de los precios relativos.

Los resultados del análisis econométrico para estimar las funciones de producción de los cultivos sembrados en el distrito de riego 011 Alto río Lerma, sus correspondientes gráficas y las gráficas de las funciones de demanda de todos los cultivos del distrito de riego 011 que fueron estimadas en este trabajo se muestran en el Anexo A.

Tabla 10. Las Funciones de Demanda Derivada de Agua por cultivo y total de los módulos de riego.

Cultivo	Tipo de riego	Demanda de agua representativo
1. Sorgo	Gravedad	$(13,020.5592/P_A)^{21.54142}$
	Bombeo	$(10,900.446/P_A)^{24.9479}$
2. Cebada	Gravedad	$(5,081.736/P_A)^{17.8587}$
	Bombeo	$(3,888.766/P_A)^{68.8743}$
3. Maíz	Gravedad	$(15,375.669/P_A)^{15.8958}$
	Bombeo	$(27,309.109/P_A)^{6.8961}$
4. Trigo	Gravedad	$(3,729.8975/P_A)^{29.5630}$
	Bombeo	$(4,595.971/P_A)^{16.2254}$
5. Alfalfa	Gravedad	$(49,334.715/P_A)^{3.3425}$
	Bombeo	$(12,781.290/P_A)^{8.1964}$
6. Brócoli	Gravedad	$(24,946.402/P_A)^{4.2340}$
	Bombeo	$(34,444.357/P_A)^{4.8558}$
7. Espárrago	Gravedad	$(37,600.88/P_A)^{9.1491}$
	Bombeo	$(89,140.993/P_A)^{4.4681}$
8. Frijol Asociado	Gravedad	$(13,087.535/P_A)^{4.8547}$
	Bombeo	$(15,982.152/P_A)^{4.5947}$
9. Lechuga	Bombeo	$(5,147.413/P_A)^{-6.2142}$
10. Tomate	Gravedad	$(12,382.457/P_A)^{7.2934}$
	Bombeo	$(17,309.203/P_A)^{5.7884}$
11. Cebolla	Gravedad	$(33,281.322/P_A)^{6.2915}$
	Bombeo	$(27,069.594/P_A)^{11.1992}$
12. Fresa	Gravedad	$(86,331.05/P_A)^{3.3255}$
	Bombeo	$(76,794.088/P_A)^{3.5636}$
13. Zanahoria	Gravedad	$(33,032.463/P_A)^{3.4512}$
	Bombeo	$(13,106.299/P_A)^{14.9462}$
14. Cacahuete	Gravedad	$(21,641.328/P_A)^{13.3327}$
	Bombeo	$(18,376.974/P_A)^{8.0137}$
15. Garbanzo	Gravedad	$(6,064.805/P_A)^{-37.5263}$
	Bombeo	$(9,606.889/P_A)^{7.6984}$
16. Ajo	Bombeo	$(25,719.605/P_A)^{10.6623}$

Cultivo	Tipo de riego	Demanda de agua representativo
17. Avena	Gravedad	$(4,464.589/P_A)^{24.0331}$
	Bombeo	$(9,460.998/P_A)^{4.8822}$
18. Camote	Gravedad	$(47,516.094/P_A)^{3.7922}$
	Bombeo	$(25,289.248/P_A)^{20.3616}$
19. Coliflor	Bombeo	$(15,220.812/P_A)^{6.6095}$
20. Col	Bombeo	$(180.3116/P_A)^{5.8816}$
21. Chile	Gravedad	$(28,382.607/P_A)^{1.3302}$
	Bombeo	$(52,141.776/P_A)^{1.2443}$
22. Calabacita	Gravedad	$(19,791.359/P_A)^{3.5103}$
	Bombeo	$(11,557.669/P_A)^{9.0864}$

Fuente: elaboración propia.

La escasez del agua y propuesta de regulación

Los títulos de concesión por el uso o aprovechamiento de aguas nacionales no se otorgan por agricultor ni tampoco por tipo de cultivo sino a cada uno de los módulos de producción, por lo tanto pueden utilizarse las funciones de demanda derivadas de agua ya obtenidas para calcular los volúmenes demandados por cada Módulo de producción a precios predeterminados en distintos escenarios y así poder compararlos con los volúmenes asignados para verificar si existe o no exceso de demanda de agua en cada uno de los Módulos de producción.

El primer escenario que podría considerarse para realizar las simulaciones del uso eficiente del recurso es aquel en el que el precio del agua sea la cuota de riego para los cultivos regados con agua superficial y la cuota de bombeo para los cultivos regados con aguas subterráneas.

Sin embargo, en las funciones de demanda derivada de agua que aparecen en la Tabla 3, se observa que dicha cuota sería tan considerablemente baja (tendría un rango por cultivo que se ubicaría en general entre 1 centavo y los 20 centavos por m³, Conagua, 2010), que la cantidad demandada por los agricultores de los cultivos regados con agua superficial y por lo tanto por los módulos, sería inconmensurable respecto a los volúmenes concesionados a cada módulo. Y aunque son más elevadas las cuotas de bombeo,

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 38 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

resultaría estéril, por la misma razón, su utilización como precio para estimar las demandas de agua, para los cultivos regados con agua subterránea.

La conclusión resulta evidente: en todos los casos, el Valor del Producto Marginal del Agua (VPMgA) resultaría mayor al precio del agua, por lo cual ninguno de estos usuarios agrícolas estaría en equilibrio ni se estaría utilizando de manera eficiente el agua asignada por la Conagua a cada Módulo del Distrito de Riego. Si existiera un mercado, el agua no sería empleada en el mejor uso alternativo ni su asignación sería óptima, esto sería una señal para que se reasignara el recurso, ya sea al interior de cada módulo entre los diferentes cultivos o incluso entre los diferentes módulos, de acuerdo al VPMgA, a través de los mecanismos de mercado.

Sin embargo, este precio no es de mercado, se trata de una cuota establecida institucionalmente por las autoridades del distrito de riego y puede considerarse entonces como un precio que distorsiona las señales de uso óptimo de los recursos y la no asignación de eficiencia del agua. Queda por explorar en un futuro trabajo, las cantidades demandadas a un precio de reventa de agua al interior del distrito; un precio negociado por ejemplo entre las compañías desarrolladoras de vivienda y los agricultores de la zona quizá logre capturar las condiciones de escasez del recurso.

En todos los casos las funciones de demanda presentan relaciones inversas entre las cantidades demandadas de agua y su precio. Se deben realizar las simulaciones buscando precios del agua que permitan estimar las cantidades demandadas de agua por cada módulo, agregando sus cantidades demandadas de acuerdo a sus cultivos y así inferir si se está utilizando eficientemente el recurso. Asimismo, deben buscarse precios al interior del mercado del agua, que capturen el problema de escasez y permitan diseñar escenarios alternativos.

Con la única finalidad de ilustrar la metodología propuesta en este trabajo y para verificar si existe o no exceso de demanda de agua, se presenta a continuación el escenario alternativo con precios hipotéticos que permitan calcular las cantidades demandadas de agua y poder hacerlas de magnitudes comparables con los volúmenes concesionados.

Para lograr lo anterior se propusieron los precios por m³, para los cultivos regados por gravedad y los cultivos regados por bombeo que se presentan en la tabla 3. Con los precios mostrados en la tabla 3, se calcularon, en dos escenarios alternativos, a partir de las funciones de demanda derivadas de agua, los volúmenes demandados por tipo de cultivo y se agruparon por Módulo.

En la siguiente tabla se realiza el comparativo, con base en la información de las demandas totales por módulo - considerando sólo los cultivos más consumidores de agua-, con la oferta de agua, es decir los volúmenes concesionados por módulo de acuerdo con la información contenida en el Acuerdo de Cooperación de Aguas Superficiales (D.O.F., 2003).

Tabla 11. Precios del agua por tipo de riego (\$/m³)

Cultivo	Tipo de riego	Precio agua (\$/m ³)	
		Opción 1	Opción 2
1. Sorgo	Gravedad	8	8.3
	Bombeo	7.25	7.6
2. Cebada	Gravedad	3.2	3.2
	Bombeo	3.5	3.5
3. Maíz	Gravedad	8	8.1
	Bombeo	7.5	7.5
4. Trigo	Gravedad	2.7	2.8
	Bombeo	2.7	2.7
5. Alfalfa	Gravedad	3.5	3.5
	Bombeo	4	4.5
6. Brócoli	Gravedad	2.5	3.5
	Bombeo	6	6
7. Espárrago	Gravedad	12.5	12.5
	Bombeo	12.5	12.5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Exceso de demanda de agua por Módulo de producción en DR 011 (precios del agua opción 1).

Módulo	Volumen superficial demandado (Miles m ³)	Volumen Concesionado Superficial (Miles m ³)	Volumen subterráneo demandado (Miles m ³)	Volumen Concesionado Subterráneo (Miles m ³)	Volumen demandado Total (Miles m ³)	Volumen Concesionado Total (Miles m ³)	Exceso Demanda (Miles m ³)
Acámbaro	75,215	75,950	59,040	3,300	134,255	79,250	55,005
Salvatierra	75,215	130,470	59,040	8,700	134,255	139,170	-4,915
Jaral	75,215	48,880	59,040	5,600	134,255	54,480	79,775
Valle de Santiago	75,215	100,320	65,527	8,300	140,742	108,620	32,122
Cortazar	75,215	137,270	65,527	15,900	140,742	153,170	-12,428
Salamanca	75,215	111,050	65,527	8,100	140,742	119,150	21,592
Irapuato	75,215	46,450	65,527	6,800	140,742	53,250	87,492
Abasolo	75,215	109,050	65,527	11,000	140,742	120,050	20,692
Huanimaro	93,132	29,340	54,243	5,200	147,375	34,540	112,835
Corralejo	86,201	7,160	54,243	3,350	140,444	10,510	129,934
La Purisima	120,878	25,200	60,730	0	181,608	25,200	156,408

Fuente: elaboración propia.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 40 de 236	México, 2016		Clave: F.C0.2.04.01

De acuerdo a la aplicación propuesta con los precios del agua por m³ dados en la opción 1, puede observarse en la tabla 5 anterior, que existe un exceso de demanda negativo (demanda menor que la oferta) para los Módulos de Salvatierra y Cortazar. Pero, que existe un exceso de demanda positivo (demanda mayor que la oferta) para los Módulos de Acámbaro, Jaral, Valle de Santiago, Salamanca, Irapuato, Abasolo, Huanímaro, Corralejo y La Purísima.

Tabla 13. Exceso de demanda de agua por Módulo de producción en DR 011 (precios del agua opción 2).

	Volumen superficial demandado (Miles m ³)	Volumen Concesionado Superficial (Miles m ³)	Volumen subterráneo demandado (Miles m ³)	Volumen Concesionado Subterráneo (Miles m ³)	Volumen demandado Total (Miles m ³)	Volumen Concesionado Total (Miles m ³)	Exceso Demanda (Miles m ³)
Acámbaro	49,714	75,950	32,447	3,300	82,160	79,250	2,910
Salvatierra	49,714	130,470	32,447	8,700	82,160	139,170	-57,010
Jaral	49,714	48,880	32,447	5,600	82,160	54,480	27,680
Valle de Santiago	49,714	100,320	38,933	8,300	88,647	108,620	-19,973
Cortazar	49,714	137,270	38,933	15,900	88,647	153,170	-64,523
Salamanca	49,714	111,050	38,933	8,100	88,647	119,150	-30,503
Irapuato	49,714	46,450	38,933	6,800	88,647	53,250	35,397
Abasolo	49,714	109,050	38,933	11,000	88,647	120,050	-31,403
Huanímaro	58,364	29,340	27,649	5,200	86,014	34,540	51,474
Corralejo	51,433	7,160	27,649	3,350	79,082	10,510	68,572
La Purísima	82,122	25,200	34,136	0	116,258	25,200	91,058

Fuente: elaboración propia

Cuando la aplicación del modelo de eficiencia económica se realiza con los precios del agua por m³ dados en la opción 2, puede observarse en la tabla 13 anterior, que existe un exceso de demanda positivo (demanda mayor que la oferta) para los Módulos de Acámbaro, Jaral, Irapuato, Huanímaro, Corralejo y La Purísima, mientras que existe un exceso de demanda negativo (demanda menor que la oferta) para los Módulos de Salvatierra, Valle de Santiago, Cortazar, Salamanca y Abasolo. Es importante notar que los volúmenes de agua subterránea estimados en todos los módulos del DR 011, son demasiado grandes comparados con los volúmenes de agua subterránea concesionada en cada módulo.

Cuando se han considerado precios del agua más bajos (opción 1) las estimaciones de los volúmenes superficiales demandados son en promedio un 51% mayores a los volúmenes superficiales estimados bajo los precios de la opción 2, los cuales son menores por poco a los de la opción 1. De manera análoga, con base a precios del agua más bajos (opción 1) las estimaciones de los volúmenes subterráneos demandados son en promedio un 80% mayores a los volúmenes superficiales estimados bajo los precios de la opción 2.

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 41 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

El total de demanda excedente en el DR 011 es de 678,510.52 Mm³, con los precios de la opción 1, y de 73,680.66 Mm³, con precios opción 2, por lo que, aún con precios positivos para el agua, el problema de escasez de agua prevalece. Ante esta situación, una posible estrategia sería reasignar el recurso, es decir, disminuir los volúmenes asignados para los Módulos con exceso de demanda negativo e incrementar los volúmenes asignados para los Módulos con exceso de demanda positivo y/o diseñar una sinergia de cooperación con las autoridades de los módulos para que juntos adopten políticas de uso eficiente del agua al interior del Distrito de Riego y al interior de los Módulos.

Con respecto a la estimación de las funciones de demanda de agua de los cultivos sembrados en el distrito de riego 087 Rosario-Mezquite, se calcularon las funciones de demanda de sólo los cuatro cultivos con mayor consumo de agua: sorgo, cebada, maíz y trigo. La estimación de estas funciones se realizó con base en las estadísticas agrícolas históricas, de los ciclos agrícolas de los años de 1999 hasta 2014, de los distritos de riego 011 y 087 conjuntamente, debido a que las series de las estadísticas agrícolas registradas sólo en el DR 087 no fueron suficientes para obtener estimaciones econométricas significativas estadísticamente de las funciones de producción.

Por tanto, las funciones de demanda de agua de los cultivos más consumidores de agua, estimadas con estadísticas históricas conjuntas de los DR 011 y 87, se presentan en el Anexo B, así como sus funciones de producción, estimaciones econométricas, y gráficas asociadas.

Para analizar si existe o no exceso de demanda de agua en el DR 087, se propone un escenario con precios hipotéticos que permitan calcular las cantidades demandadas de agua y poder hacerlas de magnitudes comparables con los volúmenes concesionados.

De manera que se propusieron los precios por m³, para los cultivos regados por gravedad y los cultivos regados por bombeo que se presentan en la tabla 7, para calcular a partir de las funciones de demanda derivadas de agua, los volúmenes demandados por tipo de cultivo y se agruparon por Módulo.

Tabla 14. Precios del agua por tipo de riego (\$/m³)

Cultivo	Tipo de riego	Precio de agua (\$/m ³)	Demanda de agua (miles m ³)
1. Sorgo	Gravedad	8.3	51,135
	Bombeo	8.3	58,895
2. Cebada	Gravedad	3.2	15,038
	Bombeo	3.5	572
3. Maíz	Gravedad	8.1	105
	Bombeo	7.5	8,557
4. Trigo	Gravedad	2.8	1
	Bombeo	2.9	44,144

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Exceso de demanda de agua por Módulo de producción en DR 087 (precios del agua opción 2).

Módulo	Volumen superficial demandado (Miles m ³)	Volumen Concesionado Superficial (Miles m ³)	Volumen subterráneo demandado (Miles m ³)	Volumen Concesionado Subterráneo (Miles m ³)	Volumen demandado Total (Miles m ³)	Volumen Concesionado Total (Miles m ³)	Exceso Demanda (Miles m ³)
Agamacutiro	51,239	37,790	103,039	6,300	154,278	44,090	110,188
La Piedad	51,239	84,840	111,595	534	162,835	85,374	77,461
Yurecuaro	51,240	8,070	52,701	800	103,941	8,870	95,071
Vista Hermosa	106	14,350	52,701	5,600	52,807	19,950	32,857
La Barca	105	57,990	52,701	14,136	52,806	72,126	-19,320
Pastor Ortíz	66,173	38,770	103,039	33,200	169,212	71,970	97,242
Zacapu	51,239	46,450	0	0	51,239	46,450	4,789

Fuente: elaboración propia

De la tabla 15, puede observarse que existe un exceso de demanda positivo (demanda mayor que la oferta) para los Módulos de Agamacutiro, La Piedad, Yurecuaro, Vista Hermosa, Pastor Ortíz y Zacapu, mientras que para el Módulo de La Barca existe un exceso de demanda negativo (demanda menor que la oferta). Además, los volúmenes de agua

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 43 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

subterránea estimados en todos los módulos del DR 087, son más comparados con los volúmenes de agua subterránea concesionada en cada módulo.

El total de demanda excedente en el DR 087 es de 398,288 Mm³, con los precios de la tabla 6, aún con precios positivos para el agua, el problema de escasez de agua prevalece en el distrito.

La escasez del agua y la competencia por el recurso. La aplicación de la metodología en el caso de la industria

El agua es uno de los más importantes insumos en la industria, donde se utiliza como fuente de energía primaria, como medio de reacción, y solvente o como regulador térmico en calderas y torres de refrigeración, el agua es un recurso fundamental para la actividad industrial.

“El agua como materia prima del proceso productivo, mantiene un crecimiento constante, lo que también significa que la evolución tecnológica requiere un mayor volumen de agua, y que al mismo tiempo exigen una calidad más alta, lo que significa el que los de acondicionamientos de la misma han de ser más intensos y en consecuencia más caros”.

El agua es uno de los más importantes insumos en los procesos de producción industrial. No obstante, a diferencia de las numerosas investigaciones existentes sobre la demanda de agua para uso urbano y agrícola, para la industria autoabastecida existen pocos trabajos donde se estimen funciones de demanda de agua, esto se debe en parte a la dificultad para acceder a la información, no sólo en nuestro país sino internacionalmente, tal vez por esa razón se elaboran más investigaciones sobre las industrias y las empresas que demandan su agua a los organismos operadores de agua potable.

Funciones demanda de agua en las industrias de la zona de estudio

Los títulos de concesión para uso industrial, vigentes en la zona de estudio, muestran que casi la totalidad de las empresas que se autoabastecen lo hacen principalmente de agua subterránea, de acuerdo a la información del Repda. Véase el Anexo B.

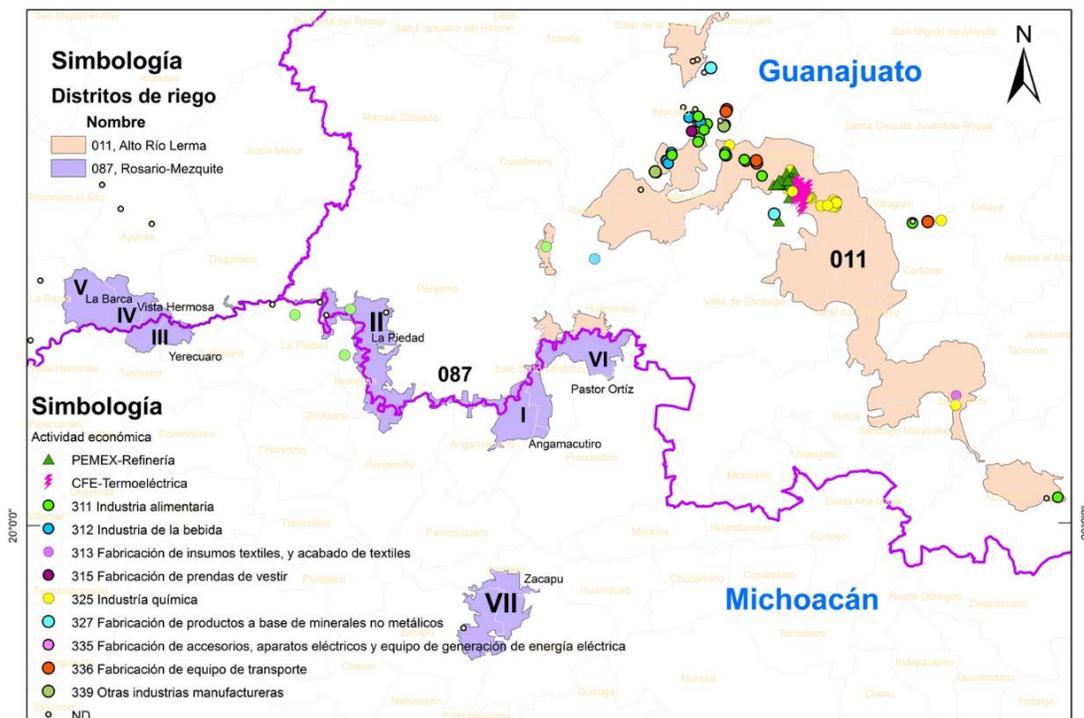
El 75.6% del volumen de agua titulado en la cuenca, para uso industrial, lo demandan dos empresas: la termoeléctrica de CFE ubicada en el municipio de Salamanca y la refinería de Pemex localizada en el mismo municipio. Ambas demandan e total un volumen de 40,555,605 m³ al año. Véase Anexo B.

Se buscó información en los Censos Económicos del INEGI, referente al sector 221 Generación de Energía Eléctrica y al Sector 32411 Refinación de Petróleo, pero no se reporta información del primero, aunque sólo el municipio de Salamanca la contempla y respecto a la información referente a la industria de refinación de petróleo esta si aparece para el municipio de Salamanca pero la información resulta insuficiente para estimar una función de producción.

Una vez que se descuentan los volúmenes consumidos por la industria termoeléctrica y la de refinación de petróleo, el restante 22.7% del volumen concesionado en la Cuenca, para uso industrial se demanda por un grupo de usuarios privados, véase Anexo B1.

Se hizo una búsqueda por el nombre que aparece en el título para identificar qué tipo de productos producen estas empresas y la industria a la que pertenecen, los resultados se muestran en el cuadro 1. Allí mismo se incluyeron al total de empresas faltantes es decir las que demandan el 1.7% restante del volumen total concesionado en la Cuenca, para uso industrial. Véase Anexo B.

Figura 9. Ubicación de las industrias manufactureras en las DR 011 y 087



Fuente: INEGI.

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 45 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

En este apartado se presenta el marco teórico y la metodología que posibilitan la estimación de los valores del agua para usos industriales con funciones producción y de demanda de agua. Primero, se desarrolla un enfoque de productividad marginal para valoración del uso industrial del agua, para distintos tipos de industria en México, donde el agua, así como el capital o el trabajo, son insumo de una función de producción; también, se estiman relaciones funcionales sobre elasticidad precio de la demanda de agua, asociados con el enfoque de la productividad marginal.

Metodología

Para estimar el valor del agua para la industria manufacturera del estado de Guanajuato, definida de acuerdo al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), se utilizó un enfoque de productividad, por lo que se supone que es posible modelar su proceso productivo de esa industria mediante una función de producción translogarítmica, la cual se caracteriza por retornos constantes a escala. Al realizar la estimación econométrica de una función de producción translogarítmica de la producción (Y), donde el agua (A) se incluye como un factor de producción fundamental, al igual que el trabajo (T) (o el capital (C)), se deriva el valor de la productividad marginal del agua para cada uno de los subsectores de la industria manufacturera seleccionados.

$$\ln Y = \alpha + \beta \ln A + \gamma \ln T + \theta \frac{1}{2} (\ln A)^2 + \eta \frac{1}{2} (\ln T)^2 + \sigma \ln A \ln T \quad (1)$$

Donde:

α es el coeficiente que representa la eficiencia tecnológica y se considera un parámetro

$\ln Y$ = log del valor de la producción industrial¹ (Y en pesos constantes por año);

$\ln A$ = log del agua (A agua consumida en m³ por año);

$\ln T$ = log del trabajo (T personal remunerado, trabajadores por año)

$\ln C$ = log del capital (C valor de los activos al final del año).

¹ El valor de la producción industrial (Y) y el valor de los activos (C) deben traerse a pesos de un año de referencia como 2012, de acuerdo con el INPC del Banco de México (base junio de 1999 = 100).

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 46 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

En la función translogarítmica las elasticidades del producto respecto al agua y al trabajo pueden ser derivadas de la siguiente manera², respectivamente:

$$\varepsilon_A = \frac{\partial Y}{\partial A} = \beta + \theta \ln A + \sigma \ln T \quad (2)$$

$$\varepsilon_T = \frac{\partial Y}{\partial T} = \beta + \eta \ln T + \sigma \ln A \quad (3)$$

El valor privado de la productividad marginal del agua:

$$\varepsilon_A = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln A} = \frac{\rho_A A}{Y} \Rightarrow \rho_A = \varepsilon_A \frac{Y}{A} \quad (4)$$

Las industrias, considerando la teoría económica, desean maximizar su beneficio, bajo esta situación, los precios de los factores productivos (agua, trabajo, capital, energía) y los productos serán fijos y dados por el mercado y la maximización del beneficio se da cuando se cumple la siguiente condición: $\rho_A = \partial Y / \partial \varepsilon_A = P_A$, donde ρ_A es la productividad marginal del agua y P_A es el precio de mercado del agua.

Para obtener las elasticidades agua-precio directas, se linealiza (4) mediante logaritmo natural, y deriva respecto al factor agua (o al trabajo en dado caso) y asumiendo las condiciones de mercado dadas en el párrafo anterior, se obtiene la elasticidad agua-precio directa (β_A), cuyo valor se puede aproximar por la relación derivada en Wang y Lall (1999):

$$\beta_A = \frac{\partial \ln A}{\partial \ln P_A} = - \frac{\varepsilon_A}{(\varepsilon_A - \varepsilon_A^2 - \theta)} \quad (5)$$

Estimación de las funciones de producción de la industria en el estado de Guanajuato

La información utilizada en este estudio proviene de los censos Económicos de los años 2009 y 2014, agrupada a nivel subsectorial en cinco conjuntos de datos panel:

² Metodología aplicable al capital si este se introduce en (1) en lugar del trabajo, o para otro insumo que hayan sido introducido en la función de producción

Tabla 16. Subramas de la industria modeladas econométricamente en panel

Tipos Industria estimado en panel de datos
311 Industria alimentaria y 312 Industria de las bebidas y del tabaco
313 Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles; 314 Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir; 315 Fabricación de prendas de vestir; 316 Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos
321 Industria de la madera; 322 Industria del papel y 323 Impresión e industrias conexas
325 Industria química; 326 Industria del plástico y del hule; 327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos; 331 Industrias metálicas básicas; 332 Fabricación de productos metálicos
333 Fabricación de maquinaria y equipo; 334 Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos; 335 Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica; 336 Fabricación de equipo de transporte; 337 Fabricación de muebles, colchones y persianas; 339 Otras industrias manufactureras

Fuente: elaboración propia.

El modelo translogarítmico incluye a la función Cobb-Douglas linealizada, la diferencia radica en ésta última función de producción no hay efectos de segundo orden, y con estimación de función translogarítmica es conocer si las productividades marginales de las subramas de la industria son crecientes o decrecientes y la relación existente entre los factores de producción, para conocer si son complementarios o sustitutos. La función de producción translogarítmica no supone elasticidad de sustitución constante como la Cobb-Douglas, para la cual la elasticidad de sustitución es igual a uno.

Por (2) y (3) se puede deducir qué si el modelo correcto es el translogarítmico, entonces las elasticidades son variables, dependiendo de los valores de agua y trabajo (o capital) con los cuales se midan. Generalmente para estos valores se toman las medias de las variables.

El primer paso en la estimación de las funciones de demanda, fue localizar en que municipio se ubican las industrias de las subramas consideradas, para lo cual se elaboraron mapas del estado de Guanajuato con la ubicación de las industrias por subrama e identificar la fuente de agua subterránea que los suministra, para posteriormente ligar la demanda de agua, estimada con funciones de demanda, con la disponibilidad del acuífero (Anexo C).

En la integración se integran de los archivos con la información requerida como producción industrial, agua consumida, personal remunerado y valor de los activos (formación bruta de capital fijo), obtenida de los censos de 2004 y 2014 de INEGI y del REPDA, sobre cada una de las subramas industriales en los municipios de interés para el estudio, se deduce que en la especificación econométrica a considerar dado que los datos son tanto de corte transversal como de series de tiempo, el modelo a estimar es de datos panel. Bajo la especificación de datos panel³, Greene (2001) establece que hay tres posibilidades: un modelo sin efectos, un modelo con efectos fijos o un modelo con efectos aleatorios.

Como ya se mencionó, el modelo (1) incluye al modelo Cobb Douglas, entonces econométricamente lo que se hace es encontrar la mejor especificación del modelo translogarítmico, para luego estadísticamente demostrar si éste o el Cobb-Douglas, es la función que mejor se acondiciona a los datos del sector financiero. En este estudio se ha trabajado econométricamente la versión linealizada de la función Cobb Douglas:

$$\ln Y = \alpha + \beta \ln A + \gamma \ln T \quad (6)$$

Esto para tener una primera visión del comportamiento econométrico de las funciones de producción de las subramas industriales en consideración. Por lo que, un modelo econométrico sin efectos se estima por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) como una regresión lineal simple y el modelo supone que no hay diferencias significativas entre las industrias.

Las funciones de producción estimadas econométricamente y las variables consideradas se presentan en las tablas 17 y 18. Los resultados de las estimaciones econométricas de las funciones de producción en cada una de las subramas consideradas se presentan en detalle en el Anexo D

Tabla 17. Variables consideradas en la estimación de las funciones de producción industrial

Trabajo	Y = VACB (\$) T= Personal (No. Personas) R= Remuneraciones (\$)
Capital	C = PBT (\$) formación bruta de Capital A = Agua (m ³)

³ Un modelo econométrico de datos de panel es uno que incluye una muestra de agentes económicos o de interés (individuos, empresas, bancos, industrias, ciudades, países, etc) para un período determinado de tiempo, esto es, combina ambos tipos de datos (dimensión temporal y estructural)

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 49 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Tabla 18. Funciones de producción industrial estimadas por subrama

Tipo Industria	Variables	Función de Producción Estimada (Y) personal/VACB	Función de Producción Estimada (Y) remuneraciones
311 Industria alimentaria y 312 Industria de las bebidas y del tabaco	Trabajo (T) Capital (C)	$Y = 36,468 * T^{0.0629} * A^{0.4291}$ $Y = 0.7470 * C^{0.6272} * A^{0.2098}$	$Y = 10,780 * R^{0.4703} * A^{0.1121}$
313 Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles; 314 Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir; 315 Fabricación de prendas de vestir; 316 Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	Trabajo Capital	$Y = 68.5845 * T^{0.4965} * A^{0.4801}$ $Y = 0.0128 * C^{0.7287} * A^{0.3066}$	$Y = 7.6867 * R^{0.5821} * A^{0.401}$
321 Industria de la madera; 322 Industria del papel y 323 Impresión e industrias conexas	Trabajo Capital	$Y = 75.3672 * T^{0.3579} * A^{0.5912}$ $Y = 0.4275 * C^{0.5408} * A^{0.3712}$	$Y = 17.6953 * R^{0.5418} * A^{0.4024}$
325 Industria química; 326 Industria del plástico y del hule; 327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos; 331 Industrias metálicas básicas; 332 Fabricación de productos metálicos	Trabajo Capital	$Y = 267.3734 * T^{0.0079} * A^{0.7504}$ $Y = 0.0068 * C^{0.8812} * A^{0.1319}$	$Y = 29.5086 * R^{0.6005} * A^{0.3293}$
333 Fabricación de maquinaria y equipo; 334 Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos; 335 Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica; 336 Fabricación de equipo de transporte; 337 Fabricación de muebles, colchones y persianas; 339 Otras industrias manufactureras	Trabajo Capital	$Y = 1,420.63 * T^{0.7129} * A^{0.1631}$ $Y = 0.0022 * C^{1.0095} * A^{0.0016}$	$Y = 3.1236 * R^{1.2002} * A^{-0.1502}$

Fuente: elaboración propia.

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 50 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Conclusiones

La metodología propuesta en este trabajo permite mostrar de qué manera el uso de ciertos instrumentos económicos podría coadyuvar a la toma de decisiones respecto a las políticas de asignaciones de volúmenes de agua, cuando ésta se usa como insumo para la producción, en la agricultura.

Las autoridades que manejan las políticas hídricas podrían beneficiarse de un criterio auxiliar y como apoyo a los que tradicionalmente se han considerado al momento de la determinación del otorgamiento de un título de concesión, para los sectores económicos que se autoabastecen de agua para utilizarla como insumo en sus procesos productivos.

Por ser un bien escaso el agua se le considera un bien económico. No se trata de un bien público, en el sentido de ser un bien colectivo, ni tiene la característica de que su consumo no afecte la disponibilidad del recurso para otros consumidores. En cuanto a su distribución la pueden hacer agentes públicos o privados; en cuanto a consideraciones de su disponibilidad, se considera un bien de propiedad pública por dos razones fundamentales: es limitada y su uso es vital para los seres humanos.

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 51 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Bibliografía

Amir, I. y Fisher, F. M. (1999), “Analyzing agricultural demand for water with an optimizing model”, *Agricultural Systems*, Vol. 61, Número 1, julio, pp. 45–56.

Baldovín, M. y Berbel, J. (2002), “Una revisión de metodologías de estimación de la demanda del agua de riego”, *Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas*, Sevilla, España, La directiva marco del agua, realidades y futuros: (comunicaciones), ISBN 84-699-9558-8, págs. 267-273.

Bontemps, C. y Couture, S. (2002), “Irrigation water demand for the decision maker”, *Environment and Development Economics*, Cambridge University Press, pp. 643-657.

CONAGUA (2015), “Producción agrícola por tenencia de los módulos que integran el Distrito de Riego 011”. Dirección Local de Guanajuato. Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. Sociedad de Responsabilidad Limitada. Celaya, Guanajuato.

CONAGUA (2015), “Resultados del plan de riegos de los módulos que integran el Distrito de Riego 011”. Dirección Local de Guanajuato. Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. Sociedad de Responsabilidad Limitada. Celaya, Guanajuato, 2015.

Conagua (2014), *Estadísticas del Agua en México*.

CONAGUA (2010), “Actualización del Plan Director para la Modernización Integral del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. Subgerencia de Conservación Gto.” Gobierno del Estado de Guanajuato, México. Avances de Septiembre del 2010.

CONCAMIN (2012), *Estadísticas del uso de agua por los parques industriales de la zona bajo [en línea]*. Confederación de Cámaras Industriales, Comisión de Agua y Ecología.

Cruz, M., Uribe, E. y Coronado, H. (2003), “El valor de la productividad marginal del aguas en la industria manufacturera colombiana”, Documento CEDE 2003-38 ISSN 1657-7191 (Edición Electrónica), Diciembre de 2003.

C.P.N.H. (1985), *Plan Nacional Hidráulico*, Comisión del Plan Nacional Hidráulico, México.

D.O.F. (2004), *Convenio de Coordinación y Concertación que celebran el Ejecutivo Federal y los Ejecutivos de los Estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro, y los representantes de los usuarios de los Servicios Público Urbano, Pecuario, Agrícola Industrial, Acuícola y Servicios para llevar a cabo el Programa sobre la Disponibilidad, Distribución y Usos de las Aguas Superficiales de propiedad nacional del Área Geográfica Lerma-Chapala*, Diciembre, Secretaría de Gobernación, México.

D.O.F. (2003), “Acuerdo por el que se dan a conocer las denominaciones y la ubicación geográfica de las diecinueve cuencas localizadas en la zona hidrológica denominada Río

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 52 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Lerma Chapala, así como la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas que comprende dicha zona hidrológica”, 15 de octubre, Secretaría de Gobernación, México.

EAG (2012), Diagnóstico del sector agua potable y saneamiento del estado de Guanajuato [en línea]. Comisión Estatal del Agua, Guanajuato.

Greene, W. (2001). Análisis econométrico. Capítulo 14. Editorial Prentice Hall. New Jersey.

Guzmán E., De la Garza M., Rebollar S y Hernández, J., Terrones, A. (2013), “Modelo econométrico del consumo urbano e industrial de agua subterránea en Guanajuato, México: 1980-2011”, Tecnología y Ciencias del Agua, vol. IV, núm. 3, julio-agosto de 2013, pp. 187-193

Guzmán, E., García, J. A., Rebollar S y Hernández, J. (2011), “Determinantes del consumo de agua por los sectores urbano e industrial en Guanajuato, México”, Análisis Económico, Núm. 63, vol. XXVI, pp. 199-213.

Guzmán E., De la Garza M., Hernández J., Rebollar S., González F. y García J. A. (2010), “Análisis econométrico sobre el consumo de agua subterránea por el sector agropecuario en Guanajuato, México”, Ciencia ergo-sum, Vol. 17-2, julio-octubre, UAEM, Toluca, México, pp. 159–164.

Guzmán E., García J. A., Mora, J., Fortis, M., Valdivia, R., Portillo, M. (2006), La demanda de agua en la Comarca Lagunera, México, Agrociencia, Vol. 40, noviembre-diciembre, Núm. 6, págs. 793-804.

INEGI (2007), VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007.

Madueño C., Baldovín M. y Rodríguez J.A. (2000) “Obtención de la curva de demanda de agua de riego generada por una hipotética política de tarifas sobre el agua”, Estudios Agrosociales y Pesqueros, España, Núm. 188, pp. 67-92.

Mayorga M. Mauricio y Muñoz, Evelyn (2000). La técnica de datos de panel una guía para su uso e interpretación. Documento de trabajo del Banco Central de Costa Rica, elaborado en la División Económica, Departamento de Investigaciones Económicas

Moore, M. y Gollehon, N.R. y Carey, M. (1994), “Multicrop Production Decisions in Western Irrigated Agriculture: The Role of Water Price”, American Journal of Agricultural Economics, 76 (4): 859-874.

Ramírez Vigoya, Alejandro (2014). Ajuste de una función de producción al sector financiero en Colombia, Universidad Militar Nueva Granada, Dialnet, rev.fac.cienc.econ., Vol. XXIII (1), Junio 2015, 141-156

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 53 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

Renzetti, S. (1988), "An econometric study of industrial water demands in British Columbia, Canada", Water Resources Research. Vol. 24 (10), pp. 1569-1573.

Reynaud, A. (2003), "An econometric estimation of industrial water demand in France". Environmental & Resource Economics. Vol. 25, No. 2, 2003.

Se-Ju Ku, Seung-Hoon Yoo (2012), "Economic Value of Water in the Korean Manufacturing Industry", Water Resources Management, January 2012, Volume 26, Núm. 1, pp. 81-88.

Schoengold, K., Sunding, D., Moreno, G., (2004) "Panel Estimation of Agricultural Water Demand, Based on an Episode of Rate Reform", Selected Paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics, Association Annual Meeting, Denver, Colorado, August 1-4.

Surender, K. (2006), "Analysing industrial water demand in India: An input distance function approach", Water Policy Núm. 8, pp. 15-29.

Vargas Ovando, Leonardo Javier (2015). Valor económico del agua en la industria manufacturera chilena: enfoque de productividad marginal de factores. Tesis para optar al grado de Magíster en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Universidad de Concepción. Chile.

Wang, H., Lall, S. (1999), "Valuing water for Chinese industries: a marginal productivity assessment", Policy Research Working Paper 2236, Development Research Group, The World Bank.

 	DP1617.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN LA REGIÓN LERMA CHAPALA, EN DOS SUBCUENCAS CON ALTA INDUSTRIALIZACIÓN.	 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 54 de 236	México, 2016	Clave: F.C0.2.04.01

ANEXO A. Estimación econométrica de las funciones de demanda para los cultivos del DR 011.

ANEXO B. Estimación econométrica de las funciones de demanda para los cultivos de los DR 011 y 087.

ANEXO C. Municipios en que se ubican las industrias de las subramas consideradas en el estado de Guanajuato.

ANEXO D. Estimación de funciones de producción industrial, con prueba de panel.