

 <small>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</small>	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 1 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

# PROYECTO “VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA”

## DP1716.1

### 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  
Especialista: Fidel Celis Rodríguez  
Especialista: Javier Lambarri Beléndez

**México, 2017**

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 2 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

## Contenido

<a href="#">RESUMEN</a> .....	3
<a href="#">Introducción</a> .....	4
<a href="#">La zona de estudio</a> .....	4
<a href="#">Sistema Lerma-Chapala</a> .....	14
<a href="#">Distrito de Riego 033, Estado de México</a> .....	16
<a href="#">Distrito de Riego 045, Tuxpan</a> .....	23
<a href="#">Distrito de Riego 020, Morelia-Queréndaro</a> .....	30
<a href="#">Zona de estudio de los distritos de riego 011 y 087</a> .....	35
<a href="#">Distrito de riego 011 Alto Río Lerma</a> .....	35
<a href="#">Distrito de riego 087 Rosario Mezquite</a> .....	41
<a href="#">Disponibilidad de agua en la zona de estudio</a> .....	44
<a href="#">La agricultura en la zona de estudio de los DR 011 y 087</a> .....	47
<a href="#">Distrito de Riego 085, La Begoña</a> .....	51
<a href="#">Problemática de la zona de estudio</a> .....	56
<a href="#">El análisis de la demanda de agua para uso agrícola</a> .....	57
<a href="#">La escasez del agua y propuesta de regulación</a> .....	108
<a href="#">Conclusiones</a> .....	111
<a href="#">Bibliografía</a> .....	112
Anexo	

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 3 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

## RESUMEN

Para cada uno de los cultivos que se cosechan en los distritos de riego 011 Río Lerma, 020 Morelia-Queréndaro, 033 Estado de México, 045 Tuxpan, 061 Zamora, 085 La Begoña, 087 Rosario Mezquite y 094 Jalisco Sur, ubicados en la Cuenca Lerma Chapala, en la Región Hidrológica Lerma – Chapala – Santiago, se estimaron sus funciones de demanda de agua.

Se estimaron las funciones de demanda derivada de agua para cada uno de los cultivos seleccionados de entre los más consumidores de agua en la zona de estudio, salvo donde no existió información suficiente para realizar la estimación, en cuyo caso, donde fue posible, se resarcó la falta de información considerando la utilización de datos de otras tecnologías, como utilizar algunos datos de la agricultura de riego por bombeo para complementar la serie de datos de la agricultura por gravedad o como último recurso, replicar alguna de las funciones de demanda estimadas para algún cultivo similar con la información de la zona de estudio.

Para ello primeramente se obtuvieron las estimaciones de las funciones de producción para cada uno de los cultivos, las curvas de productividad marginal y del valor de la productividad marginal correspondientes al considerar el precio medio rural por tonelada o el precio medio del producto industrial respectivo.

La metodología aplicada 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, ya sea en la agricultura o en la industria.

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.

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 4 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

## Introducción

El 2016 en el IMTA se estableció una metodología que permitió estimar los volúmenes demandados de agua, tanto para el uso agrícola como para el uso industrial y la comparación con sus respectivos volúmenes asignados y de esta manera contar con un criterio económico que coadyuve a verificar cuál es la asignación eficiente del agua para esos usos. con el fin de analizar regionalmente el comportamiento del uso eficiente del agua, se estimarán las funciones de demanda de los cultivos en la cuenca Lerma Chapala, así como las huellas hídricas azul y verde, resultados que han posibilitado hacer un uso más eficiente del agua en la producción de alimentos, y así contribuir con la seguridad hídrica del país.

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 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 la Cuenca Lerma-Chapala pero en concreto los Distritos de Riego que en ella se ubican.

La Cuenca Lerma-Chapala se ubica entre los meridianos 99° 18´ a 103° 45´ (longitud) y los paralelos 19° 25´ a 21° 32´ (latitud). Se localiza en el centro oeste de la República Mexicana, hacia el norte colinda con la Cuenca Santiago Pacífico, al este con la Región Hidrológica Pánuco, al sur con la Región Hidrológica Balsas, al suroeste con la Región Hidrológica Armería-Coahuayana y al este con la Región Hidrológica del Río Ameca.

La Cuenca Lerma-Chapala tiene una superficie total de 58,725 km<sup>2</sup>; lo que representa 3% del territorio nacional, 31% de la región administrativa y 44% de la Región Hidrológica

Lerma Santiago. Políticamente la cuenca está conformada por los estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro. En la Figura se muestra la ubicación de la cuenca Lerma-Chapala dentro de la República Mexicana.

### Ubicación de la Cuenca Lerma-Chapala

### Ubicación de la cuenca Lerma-Chapala



Fuente: Elaboración propia.

**La superficie que le corresponde de la Cuenca en cada uno de los estados en la que se ubica.**

Estado	Superficie (km2)	Nacional (%)	Cuenca (%)	No. Municipios
Guanajuato	24270	1.23	41.33	41
Jalisco	10560	0.54	17.98	34
México	5654	0.29	9.63	29
Michoacán	15731	0.8	26.79	62
Querétaro	2480	0.13	4.22	7
<b>Total Lerma</b>	<b>58695</b>	<b>2.99</b>	<b>100</b>	<b>173</b>
<b>Total Nacional</b>	<b>1,972,597</b>			

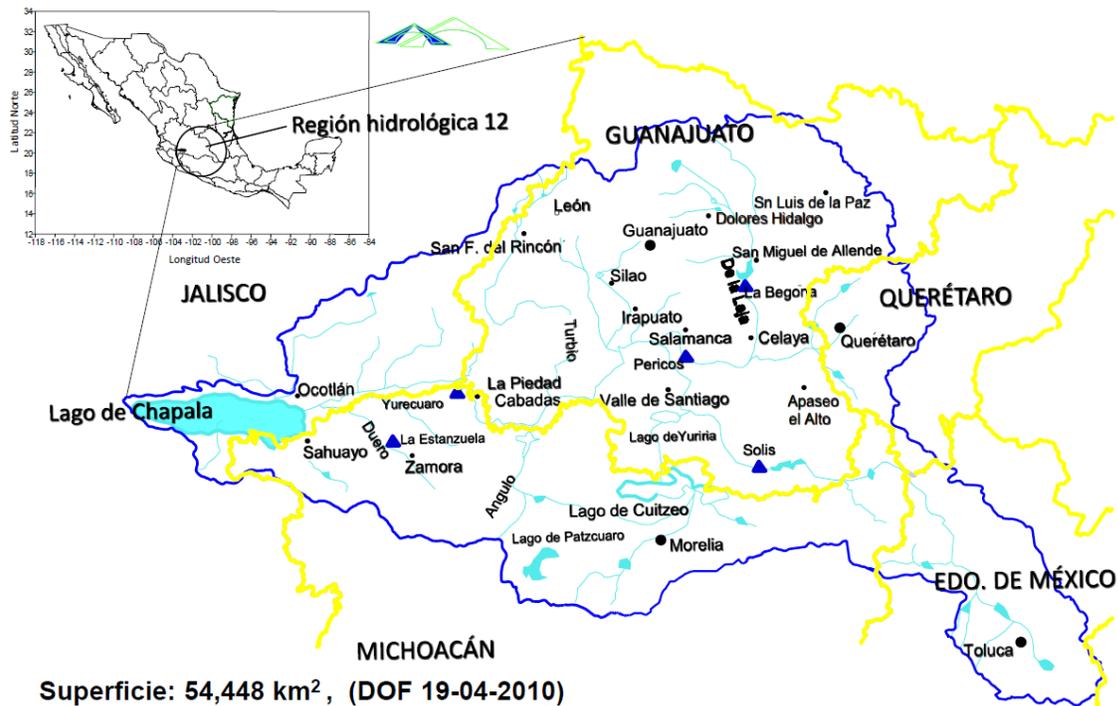
 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 6 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

La cuenca del río Lerma-Chapala pertenece a la región hidrológica núm. 12. Está limitada al norte por las cuencas de los ríos Verde y Juchipila de la misma región hidrológica núm. 12 y por la cuenca del río Extóraz, perteneciente a la región hidrológica núm. 26; al sur por la región hidrológica núm. 18, al este por la región hidrológica núm. 26; y al oeste por las cuencas hidrológicas del río Santiago y Cerrada de Sayula, pertenecientes también a la región hidrológica núm. 12 y por la región hidrológica núm. 16 (DOF, 2006).

El cauce principal de la cuenca es el río Lerma, que nace en las laderas del Nevado de Toluca, a 4,690 metros sobre el nivel del mar (msnm) tiene una longitud que sobrepasa los 700 km y corre a lo largo de la cuenca hasta desembocar en el lago de Chapala, a 1,600 msnm. En su recorrido se integran como tributarios importantes los ríos La Gavia, Jaltepec, La Laja, Silao, Guanajuato, Turbio, Angulo y Duero. Los principales cuerpos de agua naturales son el lago de Chapala (el más grande de México con una longitud de 77.1 km y un ancho de 22 km,) y los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Yuriria (DOF, 2006).

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 7 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

## Ubicación de la Cuenca Lerma-Chapa en su región hidrológica



Fuente: Taller de intercambio de experiencias entre consejos de cuenca de Perú, Colombia y México. Cartagena, octubre 2015.

## Subregiones de la Cuenca Lerma-Chapala

La cuenca Lerma-Chapala se divide en tres subregiones: Alto Lerma, Medio Lerma y Bajo Lerma, que contienen a las 22 subcuencas en las que la Comisión del Agua (CONAGUA) divide el territorio de la cuenca.

### Subregión Alto Lerma

Esta subregión tiene una superficie de 14,551 km<sup>2</sup>, que representa 25% de la cuenca; en ella se localizan 7 subcuencas de las cuales la de Cuitzeo es la de mayor extensión con una superficie de 4,170.61 km<sup>2</sup>. Los estados que la forman son México, Michoacán, Querétaro y Guanajuato. Siendo el estado de Michoacán el que aporta mayor porcentaje en esta subregión. Comprende el área drenada por el cauce principal, desde los orígenes

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 8 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

del propio Río Lerma, en Almoloya del Río, hasta la Presa Solís; incluyendo en ésta, las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Cuitzeo.

### Subregión Medio Lerma

Esta subregión es la que presenta mayor superficie (30,221 km<sup>2</sup>), representa 51% del área de estudio. Está conformada por 9 subcuencas de las cuales la de Corrales y La Begoña son las de mayor superficie con 7,150 y 6,985 km<sup>2</sup> respectivamente. Las entidades federativas que la forman son: Guanajuato, Michoacán y Querétaro. Contempla el área drenada por el cauce principal, desde aguas abajo de la Presa Solís hasta la estación hidrométrica Yurécuaro.

### Subregión Bajo Lerma

El territorio de la subregión Bajo Lerma es el más pequeño de la región, con una superficie de 13,953 km<sup>2</sup>, que representa 24% de la cuenca, comprende los estados de Jalisco y Michoacán y en ella se localiza el Lago de Chapala el más grande del país, del cual la cuenca recibe su nombre.

Subcuenca		Área de subcuencas		
No.	Nombre	Km2	% de la Cuenca	% de la Subregión
<b>Subregión</b>		<b>Alto Lerma</b>		
1	Lerma 1 (Alzate)	2,280.15	4	15.67
2	Lago de Cuitzeo	4170.61	7	28.66
3	Río La Gavia (Ramírez)	735.98	1	5.06
4	Lago de Pátzcuaro	1106.45	2	7.6
5	Río Lerma 3 (Solís)	2807.08	5	19.29
6	Río Jaltepec (Tepetitlán)	542.74	1	3.73
7	Río Lerma 2 (Tepuxtepec)	2907.99	5	19.98
<b>Total</b>		<b>14,551.00</b>	<b>25.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Subregión</b>		<b>Medio Lerma</b>		
8	Río Turbio (Adjuntas)	3252.92	6	10.76
9	Río Querétaro (Ameche)	3115.58	5	10.31
10	Río Angulo (Angulo)	2063.11	4	6.83
11	Río Lerma 5 (Corrales)	7150.05	12	23.66
12	Río Laja 1 (La Begoña)	6984.77	12	23.11
13	Río La Laja 2 (Pericos)	2078.13	4	6.88
14	Río Lerma 4 (Salamanca)	2352.7	4	7.78
15	Río Lerma 6 (Yurécuaro)	2022.15	3	6.69
16	Laguna de Yuriria	1201.57	2	3.98
<b>Total</b>		<b>30220.98</b>	<b>52</b>	<b>100</b>

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 9 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

Subcuenca		Área de subcuencas		
No.	Nombre	Km <sup>2</sup>	% de la Cuenca	% de la Subregión
<b>Subregión</b>		<b>Bajo Lerma</b>		
17	Río Lerma 7 (Chapala)	6300.8	11	45.16
18	Río Duero	2126.94	4	15.24
19	San Marcos	1123.96	2	8.06
20	Sayula	1413.31	2	10.13
21	Zapotlán	380.57	1	2.73
22	Río Zula	2607.45	4	18.69
<b>Total</b>		<b>13953.03</b>	<b>24</b>	<b>100.01</b>

#### Subcuenca Río Lerma 1 (Alzate)

La subcuenca Alzate se localiza completamente en el Estado de México y pertenece a la subregión del Alto Lerma. Representa la parte más alta de la cuenca, al poniente en el Nevado de Toluca a más de 4,560 m.s.n.m., el colector principal es el río Lerma desde sus orígenes en la zona lagunar hasta donde la cortina de la presa José Antonio Alzate, que opera desde 1962, con una capacidad de 35.6 Mm<sup>3</sup>. Recibiendo por la margen izquierda las descargas de los ríos Verdiguél y Tejalpa y en su margen derecha el río Oztolotepec. El área drenada por la presa es de 2,540 km<sup>2</sup>.

#### Subcuenca Río La Gavia (Ramírez)

Al igual que todos los apartadores de la parte alta de la cuenca del río Lerma, río de La Gavia tiene una pequeña cuenca de aportación de sólo 390 km<sup>2</sup>, hasta 15 km. Antes de su confluencia con el río Lerma en donde se contruyó en la década de los sesenta la presa Ignacio Ramírez, que inició en 1965, con una capacidad de 20 Mm<sup>3</sup>.

#### Subcuenca Río Jaltepec (Tepetitlán)

Su colector principal el río Jaltepec, con un área de aportación de 650 km<sup>2</sup>, hasta donde se construyó en la época de la Colonia una presa que se conoció con el nombre de Tepetitlán Antigua. En 1964 inició la operación de una nueva presa situada 300 m aguas debajo de la cortina antigua, con el fin de satisfacer las crecientes demandas de riego. El vaso de esta nueva presa, llamada Tepetitlán Nueva, inundo la presa vieja y tiene una capacidad de 70 Mn<sup>3</sup>.

#### Subcuenca Río Lerma 2 (Tepuxtepec)

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 10 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

Aguas abajo de la presa Alzate, el río Lerma recibe por la margen izquierda las aportaciones de los ríos de la Gavia y Jaltepec, continuando en su recorrido dentro del estado de México, se localizan las zonas de riego de las unidades Atlacomulco y Temascalcingo del distrito de riego Estado de México, posteriormente el río sirve de límite entre los estados de Querétaro y Michoacán tramo en donde se ubica el vaso de la presa Tepuxtepec. Esta presa con una capacidad de almacenamiento de 538 Mm<sup>3</sup>, tiene como propósito principal la generación de energía eléctrica, además de apoyar el riego de la zona de Maravatio y forma parte del sistema Tepuxtepec-Solís-Yuriria, que proporciona agua para el distrito de riego Alto Lerma, el más grande de la región.

### **Subcuenca Río Lerma 3 (Solís)**

El tramo entre la presa Tepuxtepec y la presa Solís, drena un área de 2,807 km<sup>2</sup>, encontrándose aguas abajo de la presa una caída de 150 m, lugar en donde se encuentra la planta de generación de energía eléctrica, posteriormente el río Lerma recibe las aportaciones del río Tlapujahua por la margen izquierda. Finalmente se ubica la presa Solís, que representa el embalse artificial más grande de la cuenca Lerma-Chapala con una capacidad total de 800 Mm<sup>3</sup>.

### **Subcuenca Lago de Pátzcuaro**

Tiene una extensión de 1,106 km<sup>2</sup> y está formada por una serie de pequeños arroyos que descargan al lago de Pátzcuaro, el cual ocupa una superficie de 92 km<sup>2</sup>.

### **Subcuenca Lago de Cuitzeo**

La cuenca del lago de Cuitzeo se considera por separado de la del río Lerma, pese a su esporádica aportación a Yuriria. La cuenca de aportación al lago es de 4,171 km<sup>2</sup>, de los cuales 1,577 km<sup>2</sup> son drenados por el río Grande de Morelia y sus afluentes, 549 km<sup>2</sup> pertenecen a la cuenca del río Queréndaro y el resto a diversas corrientes que descargan directamente al lago.

### **Subcuenca Río La Laja 1 (Begoña)**

Su colector principal es el río La Laja, desde su nacimiento en el cerro de San Juan, a unos 2,950 msnm y a 22 km al noreste de la ciudad de León, Gto. Hasta donde se ubica la presa Ignacio Allende, con una capacidad de captación de 150 Mm<sup>3</sup> y 100 Mm<sup>3</sup> más para control de avenidas.

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 11 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

### **Subcuenca Río La Querétaro (Ameche)**

Como afluente izquierdo del río La Laja destaca especialmente el río Apaseo-Querétaro, que drena casi toda la superficie del estado de Querétaro que se encuentra en la cuenca del río Lerma, desde su nacimiento hasta la estación hidrométrica Ameche, drenando un área de 3,116 km<sup>2</sup>.

### **Subcuenca Río La Laja 2 (Pericos)**

El colector principal es el río La Laja, desde la presa Ignacio Allende hasta la estación hidrométrica Pericos antes de su confluencia con el río Lerma, tiene una longitud de 250 km y drena un área de 2,078 km<sup>2</sup>.

### **Subcuenca Laguna de Yuriria**

La laguna de Yuriria con una capacidad de 188 Mm<sup>3</sup>, es una de las cuencas cerradas del sistema, recibe las aportaciones de varias corrientes y que desde la época colonial artificialmente recibe derivaciones del río Lerma mediante un canal alimentador, además de los excedentes de la laguna de Cuitzeo desde mediados de este siglo mediante un dren llamado la Cinta, aportaciones que han sido esporádicas y no deseables, dadas las características de salinidad de las aguas. Debido a esto, la cuenca de la laguna de Yuriria se considera como parte formadora de la cuenca del río Lerma, además junto con las presas Solís, la Purísima y con el apoyo de Tepuxtepec, forman las obras de cabeza del distrito de riego Alto Lerma. El área de la cuenca propia de esta laguna es de 1,202 km<sup>2</sup>.

### **Subcuenca Río Lerma 4 (Salamanca)**

Consta de un área de 2,353 km<sup>2</sup> drenada por el tramo del río Lerma acotado desde la presa Solís hasta la estación hidrométrica de Salamanca. Este tramo tiene dirección general hacia el noroeste. En él se encuentra una bifurcación de 20 km que forma dos brazos, aguas abajo de la cual descargan las aguas del río de la Laja, que drena toda la porción noreste de la cuenca del río Lerma. En este tramo comienzan los principales canales que alimentan la zona de riego del Bajío guanajuatense, así como el canal que alimenta artificialmente la laguna de Yuriria, un poco antes del inicio de la bifurcación citada. La longitud medida a lo largo del colector principal es de 118 km.

### **Subcuenca Río Angulo (Angulo)**

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 12 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

El colector principal del río Angulo se origina en el cerro Nahuatzen, hasta unos 8 km aguas arriba de la desembocadura donde se ubica la presa Melchor Ocampo, cuya capacidad es de 200 Mm<sup>3</sup>, el área drenada es de 2,063 km<sup>2</sup>.

### **Subcuenca Río Lerma 5 (Corrales)**

El tramo del río Lerma que comprende de la estación hidrométrica Salamanca hasta la estación de nombre Corrales, drenando un área de 7,150 km<sup>2</sup>, recibe por su margen derecha las aportaciones de los ríos Temascalatío, Guanajuato y Turbio y las descargas del río Ángulo aportando por margen izquierda. En este tramo se ubica la derivadora Markazuza donde nacen los canales Huanímaro y Santa Ana, que riegan las unidades Huanímaro del distrito de riego Alto Lerma y Pastor Ortiz del 087.

### **Subcuenca Río Lerma 6 (Yurécuaro)**

Otro tramo del río Lerma desde la estación hidrométrica Corrales hasta la de Yurécuaro, con sólo 42 km de desarrollo y dirección general hacia el norte, drenado una cuenca de 2,022 km<sup>2</sup>.

### **Subcuenca Río Duero**

Es el último apartador importante del río Lerma, debe mencionarse que a principios del siglo el río descargaba directamente al lago de Chapala, pero mediante la desecación de lo que hoy se conoce como la Ciénega de Chapala y obras de rectificación del río Duero, convirtieron a éste en un afluente izquierdo del Lerma; de esta manera, la cuenca de aportación al río Lerma es de 2,238 km<sup>2</sup>, medido hasta la estación La Estanzuela.

### **Subcuenca Río Turbio (Las Adjuntas)**

La Subcuenca del Río Turbio se localiza al noroeste del Estado de Guanajuato, entre los 20°29' y 21° 20' de latitud norte y los 101°06' 102°20' de longitud oeste. Abarca parte de los municipios de Abasolo, Cuerámara, Dolores Hidalgo, Guanajuato, Silao, León, Irapuato, Manuel Doblado, Pénjamo, Purísima del Rincón, Romita y San Felipe en el estado de

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 13 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

Guanajuato; Arandas Jesús María, Lagos de Moreno, San Diego de Alejandría, San Julián, San Miguel el Alto, Unión de San Antonio, en el estado de Jalisco. Drena una superficie de 3,253 km<sup>2</sup>.

### **Subcuenca Río Zula**

El río Zula descarga sobre el río Santiago a la altura de Ocotlán, población donde nace el río Santiago, en el lago de Chapala. La cercanía de estos puntos permite que mediante la operación de compuertas, el río Zula descargue directamente al lago o al río Santiago. Su cuenca de aportación mide 2,607 km<sup>2</sup>, hasta la estación hidrométrica del mismo nombre.

### **Subcuenca Río Lerma 7 (Chapala)**

Último tramo del río Lerma de 120 km desde la estación hidrométrica de Yurécuaro hasta su desembocadura en el lago de Chapala, referenciando el límite de la subcuenca hasta la estación hidrométrica Corona, sobre el río Santiago. El área drenada es de 6,301 km<sup>2</sup>, recibe por su margen derecha las aportaciones del río Huáscato y por la margen izquierda el río Duero. En ella se ubica el Lago de Chapala, vaso natural que opera como el principal regulador de los escurrimientos del río Lerma con una capacidad de almacenamiento de 8,125 Mm<sup>3</sup>.

### **Subcuenca Sayula**

Esta cuenca se conforma con varias cuencas ceradas, lagunas de San Marcos, Atoyac y Zapotlán, que tienen la particularidad de poseer uno o varios depósitos centrales a donde confluyen pequeñas corrientes intermitentes. En conjunto drenan un área de 1,413 km<sup>2</sup>.

### **Subcuenca San Marcos**

La Subcuenca San Marcos se localiza entre las coordenadas 20.35 de latitud norte y los -103.57 de longitud oeste, en el Estado de Jalisco, abarca diferentes porciones de los municipios de Zapotlán, Tala, Tlajomulco, San Martín Hidalgo, Villa Corona, Acatlán de Juárez, Jocotepec, Zacoalco de Torres, Atemajac, Teocuitlán de Corona, Techaluta de Montenegro. Esta Subcuenca drena una superficie de 1,124 km<sup>2</sup>.

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 14 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

## Subcuenca Zapotlán

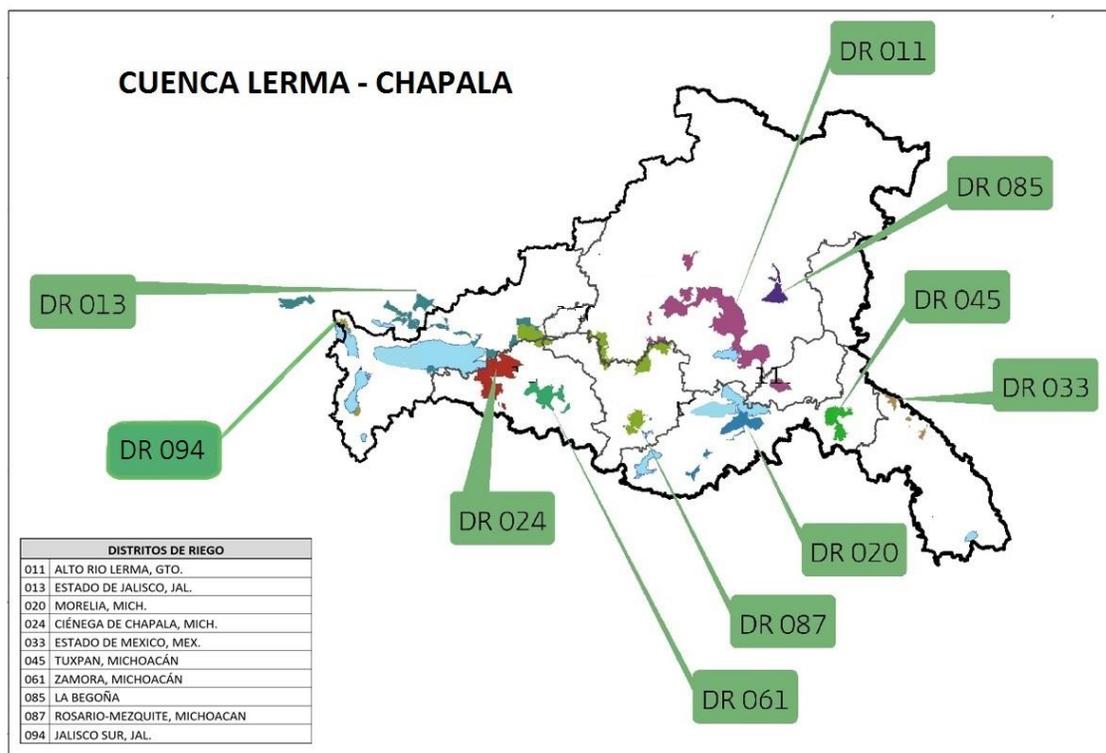
La Subcuenca Zapotlán se localiza en el Estado de Jalisco, entre los 19.73 de latitud norte y los -103.52 de longitud oeste, abarca los municipios de Gómez Farías, Ciudad Guzmán, Ciudad Venustiano Carranza y Tamazula de Gordiano. Drena una superficie de 381 km<sup>2</sup>.

## Sistema Lerma-Chapa

La Cuenca Lerma-Chapa cuenta con un sistema de distribución de agua el cual inicia con su cauce principal que es el río Lerma, que nace en las laderas del Nevado de Toluca, a 4,690 metros sobre el nivel del mar (msnm) tiene una longitud que sobrepasa los 700 km y corre a lo largo de la cuenca hasta desembocar en el lago de Chapala, a 1,600 msnm. En su recorrido distribuye agua a los Distritos de Riego (DR) 033 Estado de México, 045 Maravatio, 011 Alto Río Lerma, 085 Begoña, 087 Rosario-Mezquite, 061 Zamora, 024 Ciénega Chapala, 013 Estado de Jalisco y 094 Jalisco Sur (Ver figura XX).



### Ubicación de los Distritos de Riego que se localizan en la Cuenca Lerma-Chapala



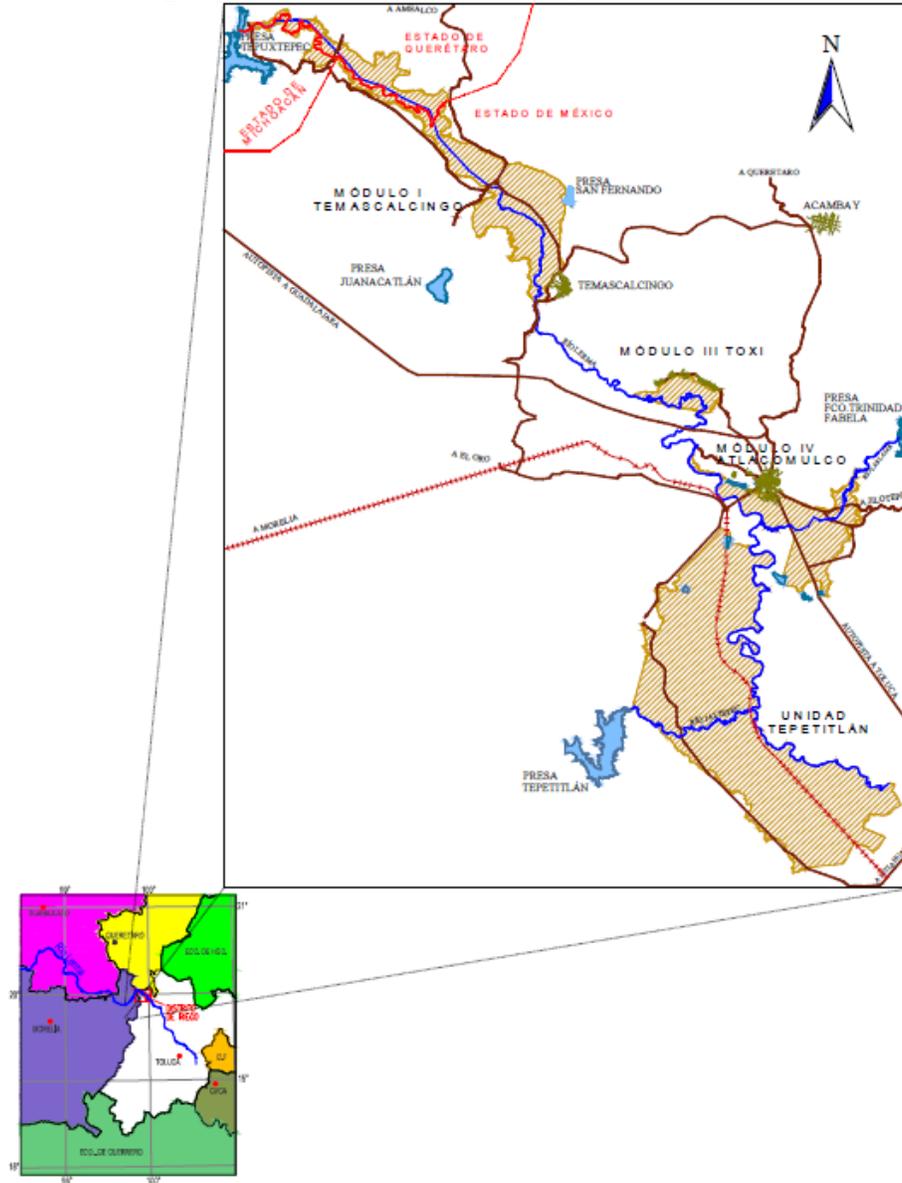
Fuente: Programa Hídrico Regional Visión 2030, Región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico. Marzo 2012.

Así que siguiendo el sistema de distribución de agua que se da en la Cuenca Lerma-Chapala se comenzara a describir cada uno de los Distritos de Riego (DR) que en ella se ubican.

### Distrito de Riego 033, Estado de México

El Distrito de Riego 033 “Estado de México” se localiza en el noroeste del Estado de México, abarcando una pequeña parte del sureste del estado de Querétaro y el noreste del estado de Michoacán, en la parte alta de la Cuenca Hidrográfica del Río Lerma, quedando definidos sus límites entre los paralelos 19° 33’ 44” y 20° 05’ 01” de latitud norte y los meridianos 99° 47’ 15” y 100° 12’ 05” de longitud, según se muestra en la figura, en la que se presenta la localización general del Distrito de Riego.

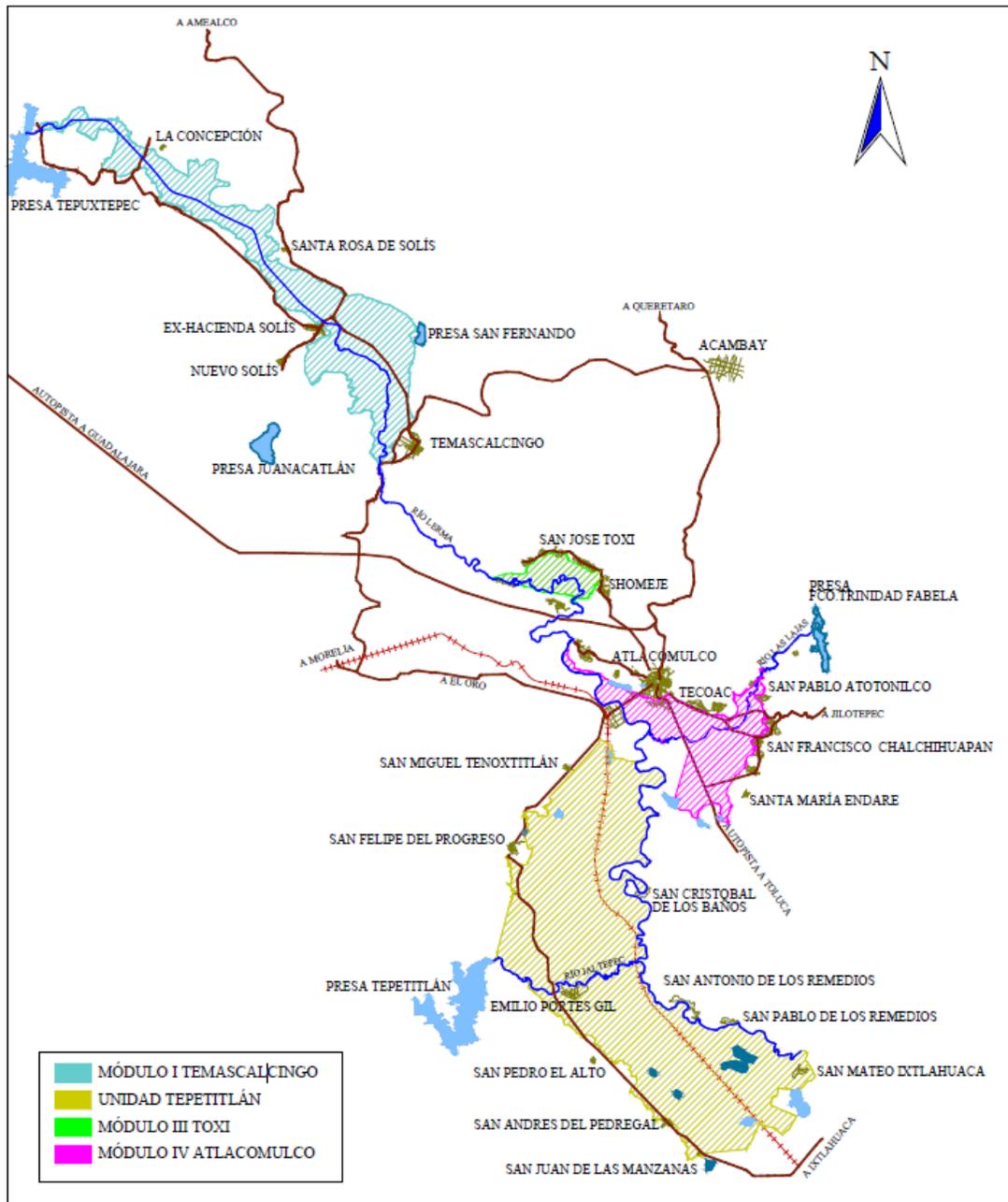
**Localización geográfica del Distrito de Riego 033 “Estado de México”**



Fuente:

En Distrito 033 cuenta con tres módulos y una unidad como se muestra en la siguiente figura.

**Ubicación de los módulos y unidad en el Distrito de Riego 033.**



Fuente:

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 19 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

En las tablas siguientes se muestran las concesiones a las Asociaciones Civiles de Usuarios de Distrito de Riego 033 Estado de México, así como el título de concesión de la infraestructura hidroagrícola

**Datos de los títulos de concesión a la Asociaciones Civiles de Usuarios del Distrito de Riego 033 Estado de México**

Módulo o unidad	Del título de concesión de infraestructura hidroagrícola			Registro Federal de Contribuyentes
	Número del título de concesión	Registro en el REPDA	Número de registro	
Temascalcingo	08MEX603301/12AUGC02	25-jul-02	08MEX600004	SRT 931130B89
Tepetitlán	08MEX106871/12ABGE00	13-nov-00	*	*
Toxi	08MEX603303/12AUGC00	25-ago-00	08MEX600001	SRT 931217H72
Atlacomulco	08MEX603304/12AUGC00	25-ago-00	08MEX600002	SRJ 940214FS8

Módulo o unidad	Del título de concesión de infraestructura hidroagrícola				
	Número del título de concesión	Fecha de registro	Número de registro	Volumen (miles de m <sup>3</sup> )	Periodo (años)
Temascalcingo	08MEX403301/12ATGC03	30-jun-03	08MEX400003	16,822.00	20
Tepetitlán	08MEX106871/12ABGE00	29-ene-00	08MEX100925	27,510.00	10
Toxi	08MEX403303/12ATGC00	21-ene-00	*	2,098.00	20
Atlacomulco	08MEX403304/12ATGC00	21-ene-00	08MEX400002	4,560.00	20

En la tabla siguiente se muestra el título de concesión que se tiene ante el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA).

**Número de Título de Concesión del DR 033 Estado de México**

Módulo o De Unidad	Título de concesión ante el REPDA			
	No. título de concesión	Fecha de registro	Volumen (miles de m <sup>3</sup> )	Periodo (años)
Temascalcingo	08MEX403301/12ATGC03	30-jun-03	16,822	20
Tepetitlán	08MEX106871/12ABGE00	29-ene-00	27,510	10
Toxi	08MEX403303/12ATGC00	21-ene-00	2,098	20
Atlacomulco	08MEX403304/12ATGC00	21-ene-00	4,560	20

Fuente:

En la tabla XX se muestra la superficie total, física y de riego de los módulos que se localizan en el Distrito.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 20 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

**Superficies total, física y de riego de los Módulos y de la Unidad de Riego del DR 033  
Estado de México**

Módulo o Unidad	Superficie (ha)		
	Total	Física o dominada	Regable
Módulo I Temascalcingo	6,283.00	6,283.00	5,248.22
Unidad Tepetitlán	15,176.00		9,721.80
Módulo III Toxi	897.00	897.00	784.14
<b>Módulo IV Atlacomulco</b>	<b>3,246.78</b>	<b>3,246.78</b>	<b>2,115.62</b>
Bloque Presa Derivadora Atotonilco	3,093.00	3,093.00	1,424.45
Bloque Tic-ti			238.71
Bloque El Junco			106.89
Bloque El Cote			208.15
Bloque El Salto	115.38	115.38	100.94
Bloque La Joya	38.40	38.40	36.48
<b>Total</b>	<b>25,602.78</b>	<b>10,426.78</b>	<b>17,869.78</b>

Fuente:

### Agua Superficial

Las fuentes de agua para el DR, son totalmente de origen superficial; así, los Módulos Temascalcingo y Toxi, aprovechan el agua del Río Lerma, que es almacenada y regulada en las presas José Antonio Alzate e Ignacio Ramírez, de donde se extraen los volúmenes necesarios para cada uno, dichos volúmenes, recorren 104 km a través del Río Lerma desde la cortina de la presa Alzate, para ser derivados en dos Presas Derivadoras: Toxi Margen Derecha y Toxi Margen Izquierda para el riego del Módulo Toxi. Los volúmenes que se extraen para el Módulo Temascalcingo recorren 124 km, desde el mismo lugar, sobre el Río Lerma para derivarse en la Presa Derivadora Andaró para ambas márgenes del módulo.

El Módulo Atlacomulco, tiene como fuente principal las aguas del Río Las Lajas, tributario del Río Lerma y varios pequeños afluentes que se originan en el parteaguas entre las cuencas del Río Lerma y el Río Pánuco, y que son almacenadas y reguladas en la presa J. Francisco T. Fabela, de donde se extraen y se derivan en la Presa Derivadora Atotonilco, por ambas márgenes del módulo. Una fuente adicional, son las aguas concesionadas que escurren por arroyos y que almacenan pequeños vasos auxiliares como Ojo de Agua, el Junco y las Ánimas, así como las aguas superficiales del manantial Las Fuentes que son almacenadas en el vaso Tic-ti y las aguas superficiales que se aprovechan de los manantiales El Salto y San Pablo Atotonilco, que son derivadas en forma directa a canales.

Y, la Unidad Tepetitlán, se abastece de las aguas del Río Jaltepec, que son almacenadas y derivadas en la presa Tepetitlán.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 21 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

### Volumen de aportación de las fuentes de agua del DR

Corriente	Presa	Aportación media anual (Mm <sup>3</sup> )
Río Jaltepec	Tepetitlán	71.30
Río Las Lajas	J. Francisco T. Fabela	5.40
Río Lerma	José A. Alzate	214.30
Río La Gavia	Ignacio Ramírez	79.00
Manantial Ojo de Agua	Vaso de Ojo de Agua	0.15
Manantial El Junco	Vaso El Junco	0.05
Arroyo Las Ánimas	Vaso Las Ánimas	0.09
Arroyo Las Fuentes	Vaso Tic-ti	0.60
Manantiales El Salto y San Pablo Atotonilco		0.07
<b>Total</b>		<b>370.96</b>

De acuerdo con la tabla XX, los volúmenes de agua concesionados para los tres módulos y la Unidad Tepetitlán que integran el Distrito, son de 50.99 millones de metros cúbicos anuales de agua de presas, para ser entregados en los puntos de control. Para suministrar el volumen de agua solicitada por los usuarios, se requiere extraer de las presas Tepetitlán, J. Francisco T. Fabela, José Antonio Alzate e Ignacio Ramírez y de los vasos auxiliares Tic-ti, Ojo de Agua, El Junco y Las Ánimas, así como de los manantiales El Salto, San Pedro del Rosal y San Pablo Atotonilco, un promedio de 58.21 millones de metros cúbicos anuales.

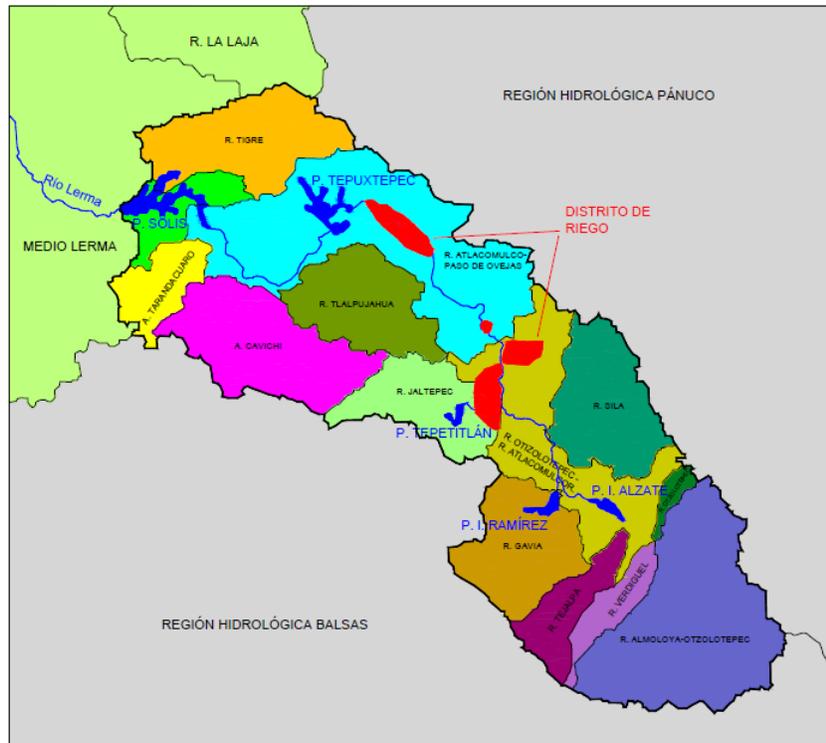
### Volúmenes concesionado y utilizado para los módulos y Unidad Tepetitlán

Módulo/Unidad	Volumen concesionado (miles de m <sup>3</sup> )	Volumen utilizado (miles de m <sup>3</sup> )	Fuente
Temascalcingo	16,822.00	19,551.94	Río Lerma
Tepetitlán	27,510.00	33,208.32	Río Jaltepec
Toxi	2,098.00	2,286.07	Río Lerma
Atlacomulco	4,560.00	3,159.61	Río Las Lajas
<b>Total</b>	<b>50,990.00</b>	<b>58,205.94</b>	

Así mismo la asignación de volumen que hasta la fecha se ha autorizado por la Gerencia Regional de la Cuenca Lerma-Chapala y el Consejo de Cuenco para el DR es de 90.0 millones de metros cúbicos que es el máximo volumen que podría aplicarse en el DR.

### Integración de la cuenca hidrográfica (A) Río Lerma-Toluca

Estado	% de la Sup. Estatal	Km <sup>2</sup>
Estado de México	23.9	5,308.01
Michoacán	3.6	2,101.30
Guanajuato	1.7	698.06
Querétaro	2.3	195.33



## Agua Subterránea

En el DR, actualmente no se utilizan aguas subterráneas para riego. Después de realizar los estudios geohidrológicos necesarios para definir la disponibilidad segura y con el incremento de la demanda de agua para los diferentes usos, en el futuro podría esperarse la utilización de esa fuente de agua en complemento o sustitución de la superficial que pueda llegar a ser insuficiente o destinarse a otros usos más vitales.

Núm. Módulo	Titular	Fuente			
		Acuífero	Volumen subterráneo (Mm <sup>3</sup> )	Presas	Volumen superficial (Mm <sup>3</sup> )
1	SISTEMA DE RIEGO TEMASCALCINGO, A.C.	-	0	RÍO LERMA (PRESA DERIVADORA ANDARO)	16.822
2	UNION RURAL DE LA PRESA DE TEPETITLAN, A. C.	-	0	PRESA TEPETITLAN	27.51
3	SISTEMA DE RIEGO TOXI, A.C.	-	0	RÍO LERMA (PRESA DERIVADORA TOXI)	2.098
4	SISTEMA DE RIEGO J. TRINIDAD FABELA, A.C.	-	0	PRESA FABELA	4.56
<b>Total</b>					<b>50.99</b>

## Distrito de Riego 045, Tuxpan

En el Distrito de Riego 045, Tuxpan cuenta con 7 Módulos de Riego, pero de ellos solamente 3 se encuentran dentro de los límites de la Cuenca Lerma-Chapala.

La superficie total regable dentro del Distrito de Riego es de 19,696 hectáreas.

### Superficie total, regable y superficie regada

Módulo	Superficie total	Superficie regable	No. de secciones	No. de usuarios
1	4,015	4,015	6	1,315
2	2,214	2,214	3	685
3	3,530	3,530	4	824
4	3,583	3,583	5	1,352
5	1,172	1,172	3	365
6	2,889	2,889	4	922
7	2,293	2,293	1	682
<b>Total</b>	<b>19,696</b>	<b>19,696</b>	<b>26</b>	<b>6,145</b>

Fuente: Datos proporcionados por el DR 045, Tuxpan.

Para fines operativos, el DR-045 se integra de 2 unidades de riego y 7 módulos que son administrados por los usuarios. La organización se describe a continuación:

### Unidad Maravatío

Comprende una superficie de 9,759 hectáreas y 2,824 usuarios organizados en 13 secciones de riego, donde se tienen constituidos 3 módulos, que son los siguientes:

Módulo No.1 Derivaciones directas del Río Lerma Melchor Ocampo, A. C.: Se localiza al norte de la Unidad Maravatío; limitado al norte por el Canal Paquisihuato, al sur y este por el Canal Huaracha y al oeste por el módulo No.2: Comprende una superficie de riego de 4,015 hectáreas y 1,315 usuarios, en 6 secciones de riego.

Módulo No.2 Laguna San José del Fresno, A. C.: Se localiza al noroeste de la Unidad Maravatío, limitado al norte con el poblado San Juan Yurécuaro, al sur y oeste por el Canal Laguna del Fresno, al este con el módulo I, Canal El Tejocote y el Río Cachiví. Comprende una superficie de riego de 2,214 hectáreas y 685 usuarios, en 3 secciones de riego.

Módulo No.3 Presa del Tercer Mundo (antes Chincua), A. C.: Se localiza al sur de la Unidad Maravatío, limitado al norte por el Río Cachiví, al sur por el Canal Principal Pinzán, al este por el Río Cachiví y el Canal Juana María, y al oeste por el Canal Canedo y terrenos agrícolas de temporal y de agostadero de los poblados de La Huerta y Emiliano Zapata.

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 24 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

Comprende una superficie de riego de 3,530 hectáreas y 824 usuarios, en 4 secciones de riego.

### **Unidad Hidalgo**

Comprende una superficie de 9,937 hectáreas y 3,321 usuarios organizados en 13 secciones de riego, donde se tienen constituidos 4 módulos, que son los siguientes:

Módulo No.4 Taximaroa-Pucuate-Sabaneta-Agostitlán, A. C.: Se localiza al noroeste de la Unidad Hidalgo, limitado al norte por el Canal Hidalgo, al sur por los Canales El Porvenir, Tecolotillo, Chaparro, Adobes y San Lucas, y el Río Taximaroa – Turundeo; al este por módulo 5, al oeste por el Canal Cuchipitío. Comprende una superficie de riego de 3,583 hectáreas y 1,352 usuarios, en 5 secciones de riego.

Módulo No.5 Los Zarcos, A. C.: Se localiza al centro de la Unidad Hidalgo, limitado al norte por el Módulo 4, Al sur con el Módulo 6, y el Río Taximaroa; al este con el Río Áporo y al oeste con el Río Taximaroa. Comprende una superficie de riego de 1,172 hectáreas y 365 usuarios, en 3 secciones de riego.

Módulo No.6 Santiago Tuxpan, A. C. : Se localiza al centro de la Unidad Hidalgo, limitado al norte con el módulo 5 y Canal Cofradía, al Sur con el Módulo 7, canal San Victoriano y Arroyo La Era, al este con los canales Cofradía, Pozo Azul y San Victoriano, y al Oeste con los canales Alto Turundeo y Tuxpan. Comprende una superficie de riego de 2,889 hectáreas y 922 usuarios, en 4 secciones de riego.

Módulo No.7 Canoas-Huanguitio, A. C.: Se localiza al sur de la Unidad Hidalgo, limitado al Norte por el módulo 6, al sur por el Arroyo Grande o del Palmar, al este por el Canal Tuxpan-El Bosque, y al Oeste por el río Tuxpan - Jungapeo. Comprende una superficie de riego de 2,293 hectáreas y 682 usuarios, en una sección de riego.

En el cuadro siguiente se presenta la localización municipal y el nombre de las asociaciones de los productores.

### Ubicación de asociaciones de usuarios por módulo

Módulo	Localización Municipio	Nombre de la asociación
1	Contepec y Maravatío	Derivaciones directas del Río Lerma Melchor Ocampo, A.C.
2	Maravatío	Laguna San José del Fresno en el municipio de Maravatio, Mich., A.C.
3	Senguio	La presa del Tercer Mundo (antes Chincua), A.C.
4	Hidalgo e Irimbo	Taximaroa-Pucuate-Sabaneta-Agostitlán, A.C.
5	Hidalgo e Irimbo	Los Zarcos, A.C.
6	Hidalgo y Tuxpan	Santiago Tuxpan, A.C.
7	Tuxpan, Zitacuaro y Jungapeo	Canoas-Huanguitio, A.C.

Fuente: Datos proporcionados por el D.R. 045 Tuxpan.

En el cuadro siguiente se resumen por módulo, las superficies y el número de usuarios, separados a nivel de ejido y pequeña propiedad.

### Tenencia de la Tierra

Módulo	Superficie (ha)			Usuarios		
	Ejido	Pequeña propiedad	Total	Ejido	Pequeña propiedad	Total
1	3,502	513	4,015	1,151	164	1,315
2	1,859	355	2,214	555	130	685
3	1,976	1,554	3,530	568	256	824
4	1,007	2,576	3,583	598	754	1,352
5	782	390	1,172	230	135	365
6	1,403	1,486	2,889	547	375	922
7	1,736	557	2,293	519	163	682
<b>Total</b>	<b>12,265</b>	<b>7,431</b>	<b>19,696</b>	<b>4,168</b>	<b>1,977</b>	<b>6,145</b>

Fuente: Datos proporcionados por el D.R. 045 Tuxpan.

## Agua Superficial

Las fuentes que abastecen de agua al distrito se muestran en el cuadro siguiente:

Módulo	Fuentes de abastecimiento	Volumen anual (M m <sup>3</sup> )
1	Derivaciones Directas del Río Lerma y Pozos profundos	68
2	Laguna del Fresno, La Cortina, Torre Blanca, manantiales y pozos profundos	17.5
3	Presa Tercer Mundo	15
4	Presas Pucuate, Sabaneta y Agostitlán y derivaciones en el Río Taximaroa	39.6
5	Manantiales Santa Rosa, arroyos del Diablo y San Lorenzo	25.5
6	Derivaciones en los rios Taximaroa y Puerco	33.34
7	Derivaciones del Canal Tuxpan-Bosque	40
<b>Total</b>		<b>238.94</b>

Núm. Módulo	Titular	Fuente			
		Acuífero	Volumen subterráneo (Mm <sup>3</sup> )	Río / Presas	Volumen superficial (Mm <sup>3</sup> )
1	DERIVACIONES DIRECTAS DEL RÍO LERMA, MELCHOR OCAMPO, A.C.	1610 - CIUDAD HIDALGO-TUXPAN	13	RÍO LERMA	55.00
2	LAGUNA SAN JOSÉ DEL FRESNO EN EL MUNICIPIO DE MARAVATÍO, MICH., A.C.	1610 - CIUDAD HIDALGO-TUXPAN	2	PRESA LAGUNA DEL FRESNO	9.12
				PRESA TORRE BLANCA	0.70
				PRESA LA CORTINA	0.60
				MANANTIALES: LAS BRUJAS, POZOS HONDOS, LA TAZA Y SAN LORENZO CAMELINA (TEJOCOTE)	5.18
3	LA PRESA DEL TERCER MUNDO (ANTES CHINCUA), A.C.	-	0	PRESA TERCER MUNDO	15.00
4	TAXIMAROA PUCUATO-SABANETA-AGOSTITLAN, A.C.	-	0		39.65
5	LOS ZARCOS, A. C.	-	0	MANANTIALES: SANTA ROSA, ARROYO DEL DIABLO (VARIOS MANANTIALES) Y SAN LORENZO	25.62
6	SANTIAGO TUXPAN, MICH., A.C.	-	0	RÍO TAXIMAROA, SUS AFLUENTES Y RÍO PUERCO	33.35
7	CANOAS-HUANGUITIO, A.C.	-	0	PRESA AGOSTITLÁN, SABANETA, PUCUATO Y RÍO TUXPAN O TAXIMAROA	40.00
<b>Total</b>			<b>15</b>		<b>224.21</b>

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 27 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

Los tres Módulos tienen un total de 18 fuentes de abastecimiento: el Módulo 1 (Derivación Directa del Río Lerma-Melchor Ocampo A.C.) cuenta con 3 Presas Derivadoras; el Módulo 2 (Laguna San José del Fresno) cuenta con 2 Presas Derivadoras, 3 de almacenamiento y 2 mixtas; el Módulo 3 (La Presa del Tercer Mundo) dispone de 7 presas Derivadoras y 1 de almacenamiento.

Con un volumen anual de cuando menos 544.20 Mm<sup>3</sup> transitando por el río Lerma, la disponibilidad de agua superficial del Módulo 1 está garantizada. El Módulo 2, que se abastece superficialmente de: La Laguna del Fresno, que tiene un volumen anual promedio disponible de 11.92 Mm<sup>3</sup>; presa La Cortina, que tiene un volumen anual disponible de 0.60 Mm<sup>3</sup> y la presa Torre Blanca, que tiene un volumen anual disponible de 0.80 Mm<sup>3</sup>. La oferta de agua superficial es de 13.32 Mm<sup>3</sup>, que al sumarse con el agua disponible de pozos y manantiales alcanza a cubrir la demanda.

El Módulo 3 se abastece únicamente del agua superficial proveniente de la presa Tercer Mundo, que da un volumen anual medio de 15.58 Mm<sup>3</sup>, que alcanza para cubrir la demanda de este módulo.

El Río Taximaroa, que al final se llama Río Tuxpan, es la principal corriente en la parte de la Unidad Hidalgo de la cuenca del Río Balsas.

El Módulo 4 cubre su demanda con agua de las presas Pucuate, Sabaneta y Agostitlán, que dan un volumen promedio anual de 9,58 Mm<sup>3</sup>, 5.18 Mm<sup>3</sup> y 15.96 Mm<sup>3</sup> respectivamente, para sumar 30.73 Mm<sup>3</sup>, que conjuntamente con las derivaciones del río Taximaroa cubren la demanda.

El Módulo 5 se abastece de manantiales, principalmente el Santa Rosa, Arroyo del Diablo y San Lorenzo, que en conjunto dan 25.5 Mm<sup>3</sup> por año.

El Módulo 6 toma su caudal de derivaciones de los ríos Taximaroa y Puerco, con un total de 33.34 Mm<sup>3</sup> anuales.

El Módulo 7 se alimenta con 40.00 Mm<sup>3</sup> anuales del canal Tuxpan-Bosque y es uno de los módulos en los que no se tiene control total de sus derivaciones.

## **Agua Subterránea**

### **Acuíferos**

La actividad agrícola de riego en el distrito dispone de las fuentes de abastecimiento de agua superficial, y en menor escala de agua subterránea.

El acuífero subterráneo presenta una condición de disponibilidad y contribuye al establecimiento de una pequeña superficie de riego (4% aproximadamente).

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 28 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

Los únicos módulos que hacen uso de agua subterránea son el 1 y el 2, con el propósito original de dotar de agua a estos módulos para producción hortícola, que no puede darse con agua del río Lerma por cuestiones de calidad del agua.

El acuífero del que se extrae agua es el Ciudad Hidalgo-Tuxpan, que se ubica en los municipios de Epitafio Huerta, Maravatío y Contepec. Los pozos se localizan en el municipio de Maravatío, al igual que el acuífero, y es la razón por la cual solo los módulos 1 y 2 pueden disponer de agua subterránea.

El Módulo 1 cuenta con 16 pozos y el Módulo 2 con 4, con una capacidad instalada de 1,550.42 lts/seg y 379.92 lts/seg respectivamente, con una asignación máxima de volumen de 13.00 Mm<sup>3</sup> para el Módulo 1 y 2.00 Mm<sup>3</sup> para el Módulo 2.

### **Manantiales**

Se identificaron manantiales de consideración que contribuyen a aumentar la captación de agua para riego en dos de los módulos del distrito. En la unidad Maravatío, Módulo 2, existen los manantiales: La Taza, San Lorenzo, Las Camelinas, Pozos Hondos y Las Brujas, que en conjunto tienen una disponibilidad de 2.28 Mm<sup>3</sup> anuales.

En la unidad Hidalgo, Módulo 5, los manantiales son: Santa Rosa, Palo Chino, Los Arcos, Ulises, Agua Puerca, Agua Escondida, Las Culebras, Los Arcos II, Rosa de Castilla, El Bosque, El Bañito, San Lorenzo, La Lima, Cuchipitio, La Pera y El Fresno, que en conjunto alcanzan a cubrir la concesión de 25.62 Mm<sup>3</sup> por año.

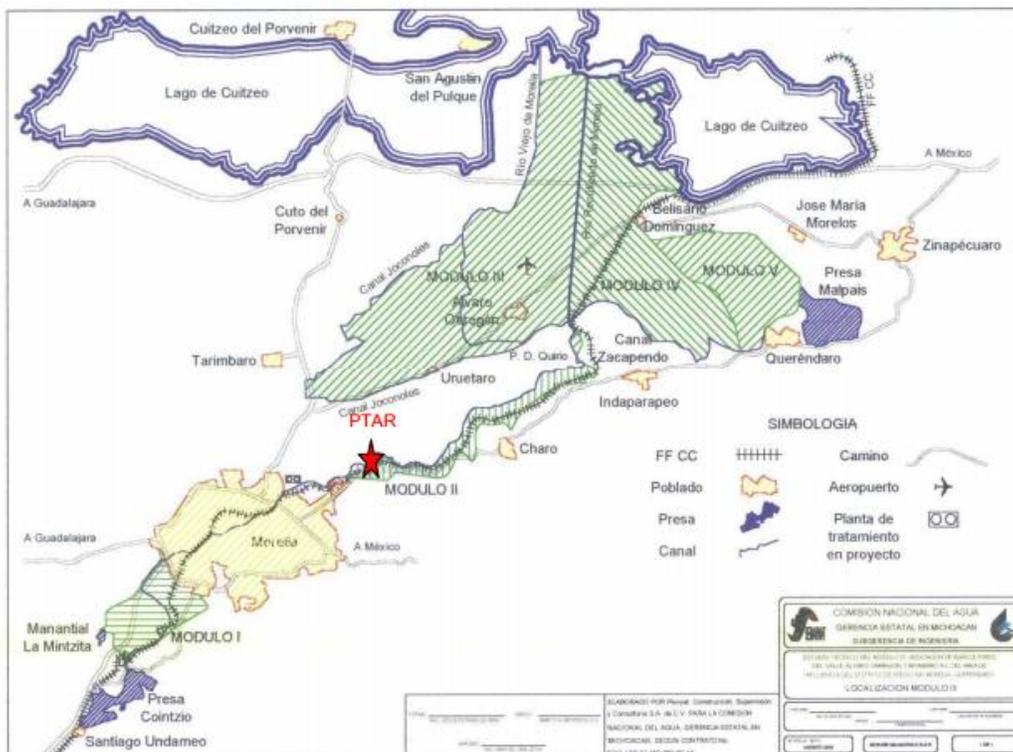
**VOLUMENES HISTORICOS (miles de m<sup>3</sup>)**

MÓDULO	NOMBRE	TIPO	CONCESIONADO	MINIMO	MÁXIMO	MEDIO	AUTORIZADO
1	DERIVACIONES DIRECTAS DEL RIO LERMA MELCHOR OCAMPO, A.C.	SUPERFICIAL SUBTERRANEO	55,000	36,044.60	52,952.80	45,303.30	54,813.60
			13,000	1,892.70	5,655.60	4,066.50	5,655.40
<b>MÓDULO 1</b>			<b>68,000.00</b>	<b>41,033.40</b>	<b>58,608.40</b>	<b>49,369.80</b>	<b>60,469.00</b>
2	LAGUNA SAN JOSÉ DEL FRESNO EN EL MUNICIPIO DE MARAVATIO, MICH., A.C.	SUPERFICIAL SUBTERRANEO	15,595	7,693.90	13,060.30	10,907.60	9,099.30
			2,000	249.80	2416.4	884.3	2,551.10
<b>MÓDULO 2</b>			<b>17,595</b>	<b>7,943.70</b>	<b>15,476.70</b>	<b>11,791.90</b>	<b>11,650.40</b>
3	LA PRESA DE TERCER MUNDO (ANTES CHINCUA), A.C.	SUPERFICIAL SUBTERRANEO	15,000.00	11,407.00	13,861.80	12,794.30	14,236.70
			0.00	0.00	0	0	0
<b>MÓDULO 3</b>			<b>15,000.00</b>	<b>11,407.00</b>	<b>13,861.80</b>	<b>12,794.30</b>	<b>14,236.70</b>
SUMA UNIDAD MARAVATIO CUENCA LERMA- SANTIAGO-PACIFICO		SUPERFICIAL SUBTERRANEO	85,595.00	57,316.30	78,608.30	69,005.20	81,851.10
			15,000.00	2,456.10	7,405.20	4,950.70	8,206.50
<b>UNIDAD MARAVATIO</b>			<b>100,595.00</b>	<b>59,772.40</b>	<b>86,013.50</b>	<b>73,955.90</b>	<b>90,057.60</b>
4	TAXIMAROA- PUCUATO- SABANEA- AGOSTITLÁN, A.C.	SUPERFICIAL SUBTERRANEO	39,650.00	17,284.40	26,638.10	22,455.00	27,786.90
			0.00	0.00	0	0	0
<b>MÓDULO 4</b>			<b>39,650</b>	<b>17,284.40</b>	<b>26,638.10</b>	<b>22,455.00</b>	<b>27,786.90</b>
5	LOS ZARCOS, A.C.	SUPERFICIAL SUBTERRANEO	25,617	10,134	12,600.80	10,795.60	25,000.60
			0.00	0.00	0	0	0
<b>MÓDULO 5</b>			<b>25,617</b>	<b>10,134</b>	<b>12600.8</b>	<b>10,795.60</b>	<b>25,000.60</b>
6	SANTIAGO TUXPAN, A.C.	SUPERFICIAL SUBTERRANEO	33,350	23,953.80	42,930.20	30,662.60	33,260
			0	0	0	0	0
<b>MÓDULO 6</b>			<b>33,350</b>	<b>23,953.80</b>	<b>42,930.20</b>	<b>30,662.60</b>	<b>33,260</b>
7	CANOAS- HUANGUITO, A.C.	SUPERFICIAL SUBTERRANEO	40,000	30,340.00	45,437.60	35,881.80	39,109.80
			0	0.00	0	0	0
<b>MÓDULO 7</b>			<b>40,000</b>	<b>30,340.00</b>	<b>45,437.60</b>	<b>35,881.80</b>	<b>39,109.80</b>
SUMA UNIDAD HIDALGO CUENCA BALSAS		SUPERFICIAL SUBTERRANEO	138,617	88,332.00	117,580.10	99,794.90	125,157.30
			0	0.00	0	0	0
<b>UNIDAD HIDALGO</b>			<b>138,617</b>	<b>88,332.00</b>	<b>117,580.10</b>	<b>99,794.90</b>	<b>125,157.30</b>
TOTAL DISTRITO		SUPERFICIAL SUBTERRANEO	224,212	156,693.80	184,890.10	168,800.10	207,008.40
			15,000	2,456.10	7,405.10	4,950.70	8,206.50
<b>DISTRITO</b>			<b>239,212</b>	<b>159,149.90</b>	<b>192,295.20</b>	<b>173,750.80</b>	<b>215,214.90</b>

## Distrito de Riego 020, Morelia-Queréndaro

El Distrito de Riego 020 “Morelia Queréndaro”, se encuentra ubicada en los Municipios de Alvaro Obregon, Charo, Indaparapeo, Morelia, Queréndaro, Tarimbaro y Zinapécuaro en el Estado de Michoacán, cuenta con seis módulos de riego:

Distrito de Riego 020 Morelia Queréndaro			
No.	Nombre	Superficie (ha)	
		Física	Regable
Módulo 1	Asociación de Usuarios Aguas de Morelia, A.C.	1,396	1,289
Módulo 2	Asociación de Usuarios del Río Grande de Morelia, A. C.	1,138	1,135
Módulo 3	Asociación de Agricultores del Valle Alvaro Obregon - Tarimbaro, A. C.	8,822	8,813
Módulo 4	Asociación de Usuarios del Canal de Zacapendo, A. C.	3,658	3,651
Módulo 5	Asociación de Usuarios de la Presa Malpais, A. C.	4,761	4,758
Módulo 6	Asociación de Usuarios Lázaro Cárdenas - Manantial - Chapultepec, A.C	1,019	1,019
<b>Total</b>		<b>20,794</b>	<b>20,665</b>



Fuente: Pluvial, Construcción, Supervisión y Consultoría S.A. de C.V. para La Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en Michoacán.

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 31 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

## Ríos y Corrientes

Las principales fuentes de abastecimiento de agua superficial en el Distrito de Riego son las que escurren del Río Grande de Morelia y el Río Queréndaro los cuales son almacenadas en la Presas Cointzio y Malpais.

Las principales fuentes de abastecimiento de agua superficial en el Distrito de Riego son las que escurren del Río Grande de Morelia y el Río Queréndaro los cuales son almacenadas en la Presas Cointzio y Malpais.

### Río Grande de Morelia

Es el río más importante en la zona, recibe ese nombre a partir de la confluencia de los ríos Tirio y Tirepetío que descargan en el vaso de la presa Cointzio; también cuenta con dos afluentes importantes que son: el río Charo y el río Chiquito, el río grande de Morelia sigue su trayectoria general hacia el sureste-noreste pasando por la zona urbana de la ciudad de Morelia, donde se une, por la margen derecha, el río Chiquito, continua con la misma dirección hasta la estación denominada El Plan, donde se divide en los ríos Viejo y Rectificado de Morelia, desembocando ambos en el lago de Cuitzeo, hasta este sitio, a el mencionado río se le estima volumen medio anual de 153 millones de m<sup>3</sup>.

### Río Queréndaro

Se origina en la Sierra de Otzumatlán y recibe las aportaciones de los ríos San Lucas y Zinapécuaro, entra en la planicie al pie de las sierras mencionadas y después descarga en la presa Malpais, a partir de esta, prosigue un rumbo sensiblemente hacia el noreste hasta el poblado de Tzintzimeo, donde toma una dirección norte hasta descargar en el lago de Cuitzeo.

**Presa Cointzio**, se ubica a 13 km aguas arriba de la ciudad de Morelia, tiene capacidad para almacenar 84.84 millones de m<sup>3</sup>, y se conducen por el cauce del río Grande de Morelia hasta la presa derivadora Quirio, sitio dónde se origina el canal principal Joconoles.

**Presa Malpais**, fue construida a principios del siglo XX y reconstruida en 1938 por particulares, con la finalidad de utilizar los escurrimientos de los ríos Queréndaro y Zinapécuaro, para riego de 4,100 ha de terrenos inmediatos al poblado de Queréndaro situados a ambas márgenes del río, consiste en una cortina de tipo homogéneo de tierra de 4,500 m de longitud, con una altura máxima de 6.10 m y 5.0 de corona a la elevación 1,830 msnm, con una capacidad de almacenamiento estimada de 24 hm<sup>3</sup> al NAME en la elevación 1,828.5 msnm.

En cuanto a presas derivadoras, en el Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro se tienen la Cointzio y el Salto ubicadas en el Módulo 1, La Goleta y Corrales ubicadas en el Módulo 2, Quirio en el Módulo 3 y Zacapendo en el Módulo 4.

Tabla. Presas derivadoras en el Distrito de Riego 020 Morelia Queréndaro

Módulo	Número de Presas de Derivación	Nombre de las Presas de Derivación
Módulo 1	2	Cointzio y El Salto
Módulo 2	2	La Goleta y Corrales
Módulo 3	1	Quirio
Módulo 4	1	Zacapendo
Módulo 5	0	-
Módulo 6	0	-

### Acuíferos

En el Distrito de Riego 020 Morelia - Queréndaro existen zonas Acuíferas denominadas valle de Morelia, Planicie Alvaro Obregón-Queréndaro y alrededores del Lago de Cuitzeo, que corresponden al Acuífero Morelia Queréndaro, el cual tiene un área de 964 km<sup>2</sup> ( 96,400 ha ), su recarga es a través de infiltración de aguas provenientes de lluvia y canales de riego, adicionalmente por movimientos de agua entre dichas zonas también llamado flujo horizontal, según estudios realizados se extrae un volumen total estimado de 202.85 millones de m<sup>3</sup> anuales, mediante unos 1,038 pozos y norias, siendo la recarga estimada de 221.28 millones de m<sup>3</sup> anuales, con lo cual se dispone de un caudal estimado en 18.42 m<sup>3</sup>/s, y con base en ello se le considera en situación de semi-equilibrio ( SEQ ), cabe señalar que desde 1987, dicho acuífero fue vedado.

### Pozos

En el Distrito de Riego 020 Morelia Queréndaro no se reportan pozos oficiales, sin embargo existen pozos particulares, que de acuerdo a la Jefatura de Ingeniería de Riego y Drenaje cuenta con 108 pozos, que dan un gasto promedio de 63 l/s, del total de dichos pozos 90 están electrificados, 2 son de combustión interna y 16 están sin equipar.

Relación de Pozos particulares de uso Agrícola en el Distrito de Riego 020 Morelia Queréndaro.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 33 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

Módulo	Número de Pozos	Uso
Módulo 1	0	
Módulo 2	0	
Módulo 3	69	Agrícola
Módulo 4	28	Agrícola
Módulo 5	11	Agrícola
Módulo 6	0	
<b>Total</b>	<b>108</b>	

Núm. Módulo	Titular	Fuente			
		Acuífero	Volumen subterráneo (Mm <sup>3</sup> )	Presas	Volumen superficial (Mm <sup>3</sup> )
1	ASOCIACION DE USUARIOS AGUAS DE MORELIA, A.C.	-	0	SISTEMA PRESA COINTZIO-AGUAS RESIDUALES DE LA CD. DE MORELIA (PRESA COINTZIO)	6.97
2	ASOCIACION DE USUARIOS DEL RIO GRANDE DE MORELIA, A.C.	-	0	SISTEMA PRESA COINTZIO-AGUAS RESIDUALES DE LA CD. DE MORELIA	4.29
3	ASOCIACION DE AGRICULTORES DEL VALLE DE ALVARO OBREGON-TARIMBARO, A.C.	-	0	SISTEMA PRESA COINTZIO-AGUAS RESIDUALES DE LA CD. DE MORELIA	47.65
4	ASOCIACION DE USUARIOS DEL CANAL ZACAPENDO, A.C.	-	0	SISTEMA PRESA COINTZIO-AGUAS RESIDUALES DE LA CD. DE MORELIA	19.74
5	ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE LA PRESA MALPAIS, A.C.	-			
6	ASOCIACIÓN DE USUARIOS LÁZARO CÁRDENAS-MANANTIAL-CHAPULTEPEC, A.C.	-			
<b>Total</b>			<b>0</b>		<b>78.65</b>

### Agua subterránea

Otro problema que se tiene en el Distrito de Riego 020 Morelia - Queréndaro es la Subutilización de la capacidad instalada de los pozos profundos. Ya que el vandalismo hace incosteable mantener en funcionamiento los equipos de bombeo, así como el alto costo de la energía eléctrica, aunado a esto el deficiente funcionamiento de los pozos.

En el Distrito de riego 020, Morelia-Queréndaro se cuenta con una superficie total de 21,886.44 ha, en posesión de 12,745 usuarios; de estos, 777 usuarios se encuentran

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 34 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

actualizadas lo cual corresponde a una superficie de 1,195.31 ha y al restante se encuentra desactualizada.

### Situación de los usuarios del Distrito de Riego 020, Morelia-Queréndaro.

Módulo	Actualizado		No Actualizado		Total	
	Usuarios	Superficie (SIG)	Usuarios	Superficie (SIG)	Usuarios	Superficie (SIG)
Módulo 1 (Agua de Morelia)	34	59.52	459	854.58	493	914.10
Módulo 2 (Río Grande de Morelia)	33	49.17	643	822.87	676	872.04
Módulo 3 (Valle Álvaro Obregón Tarimbaro)	201	462.77	4,939	8,837.78	5,140	9,300.55
Módulo 4 (Canal Zacapendo)	39	78.25	1,751	4,412.95	1,790	4,491.20
Módulo 5 (Presa Malpais)	469	544.67	2,338	3,964.34	2,807	4,509.01
Módulo 6 (L. Cárdenas M. Chapultepec)	1	0.93	1,838	1,798.61	1,839	1,799.54
<b>Total</b>	<b>777</b>	<b>1,195.31</b>	<b>11,968</b>	<b>20,691.13</b>	<b>12,745</b>	<b>21,886.44</b>

El 2016 en el IMTA se estableció una metodología que permitió estimar los volúmenes demandados de agua, tanto para el uso agrícola como para el uso industrial y la comparación con sus respectivos volúmenes asignados y de esta manera contar con un criterio económico que coadyuve a verificar cuál es la asignación eficiente del agua para esos usos. con el fin de analizar regionalmente el comportamiento del uso eficiente del agua, se estimarán las funciones de demanda de los cultivos en la cuenca Lerma Chapala, así como las huellas hídricas azul y verde, resultados que han posibilitado hacer un uso más eficiente del agua en la producción de alimentos, y así contribuir con la seguridad hídrica del país.

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

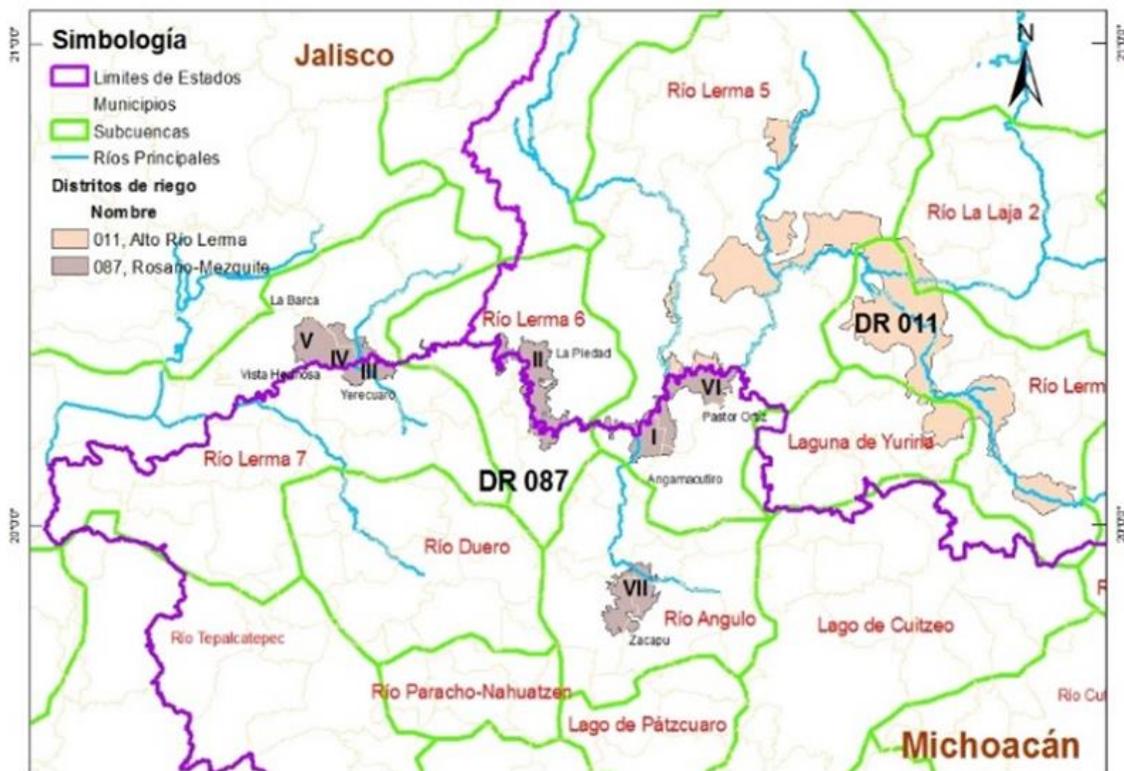
En la primera parte se caracteriza la zona de estudio. En la segunda se presentan los resultados de la estimación de la demanda y en la tercera, se muestran los resultados y una propuesta de política, finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 35 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

## Zona de estudio de los distritos de riego 011 y 087

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.

### Localización de la zona de estudio de los DR 011 y 087.



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

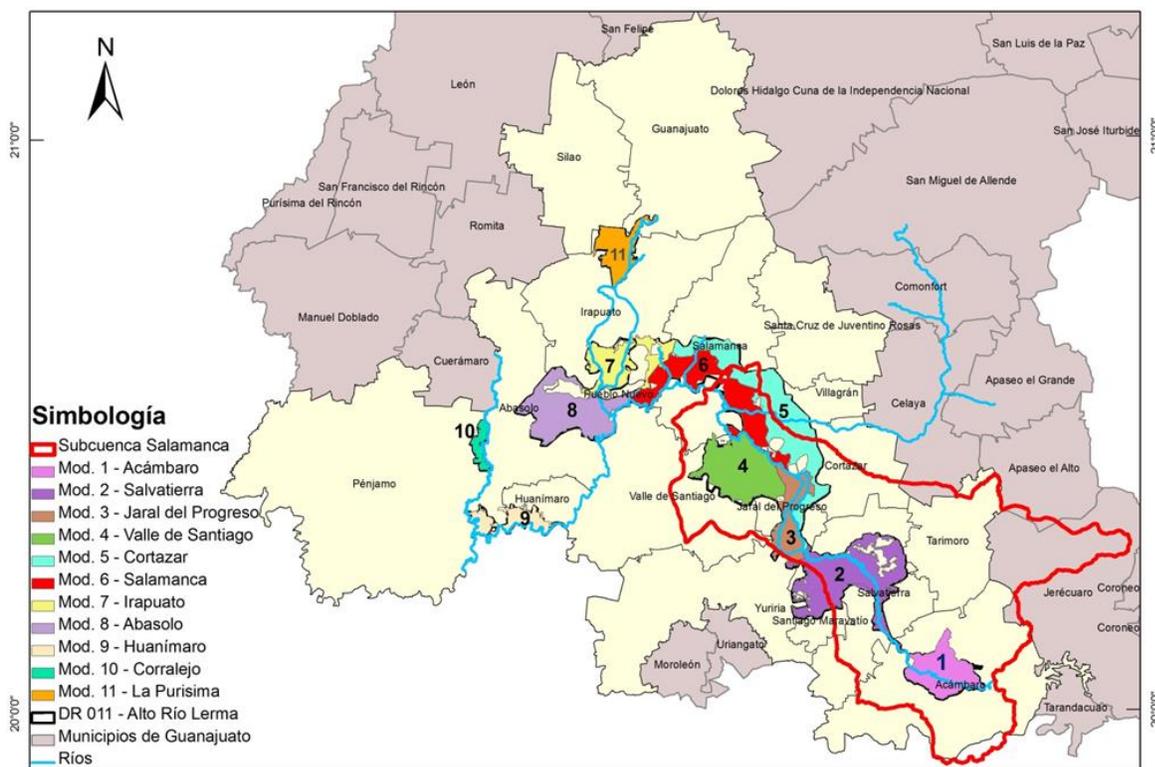
 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 36 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.C0.2.04.01</b>

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, Huanímaro y Pénjamo.

### Localización del DR 011 en la zona de estudio



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

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

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 37 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

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.

### 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
<b>Total</b>			<b>61,748</b>	<b>50,389</b>	<b>16,832</b>	<b>6,637</b>

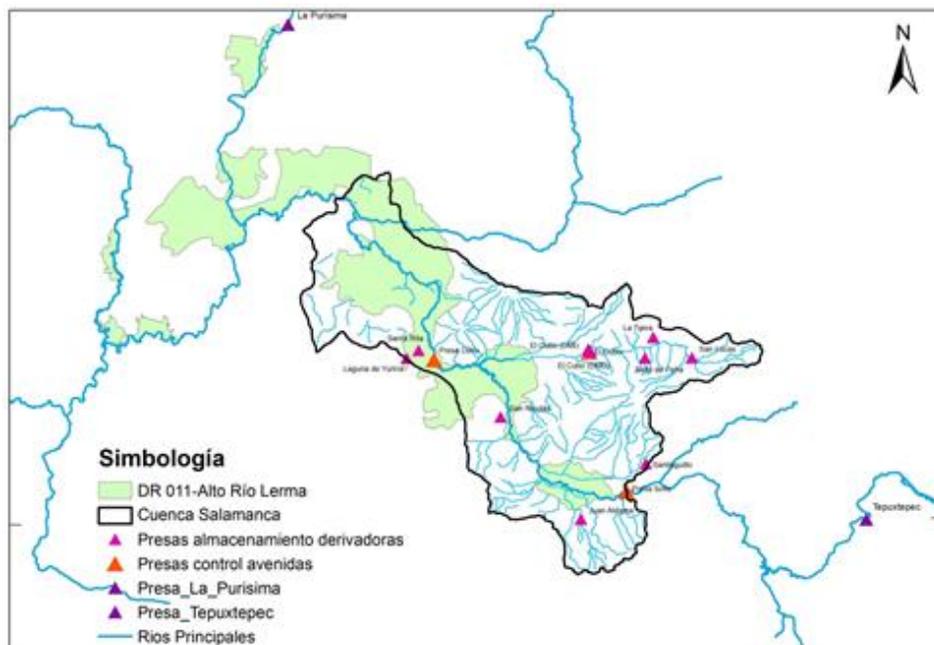
**Fuente:** Salcedo Baca Irma (2006). "Burocracia hidráulica y transferencia: El caso del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato". Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados.

Las fuentes de abastecimiento agua del DR 011 de aguas superficiales concesionadas, son presa Tepuxtepec, presa Solís, laguna de Yuriria y presa Purísima; que mediante las presas derivadoras: Chamácuaro, Reforma, Lomo del Toro, Santa Julia Y Markazuza, alimentan

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 38 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

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.

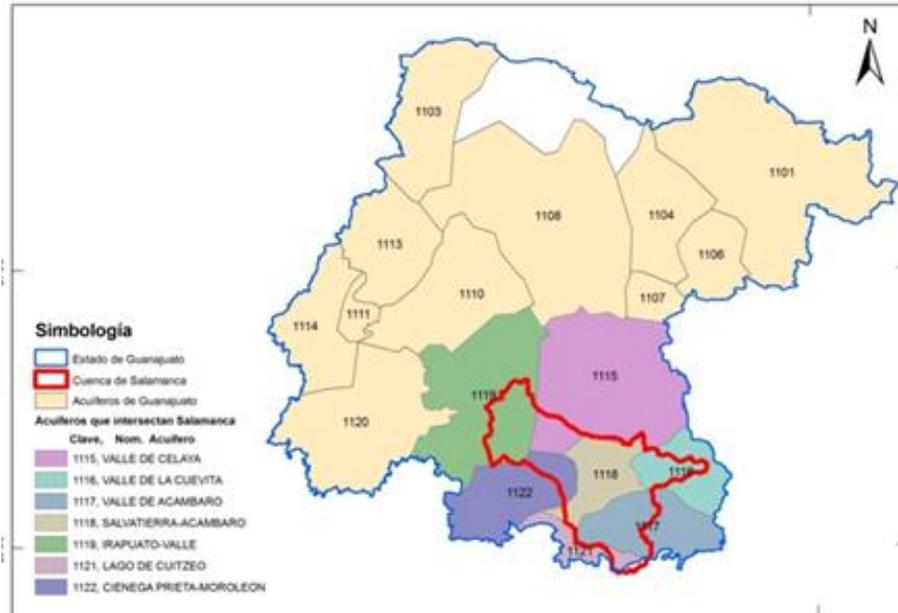
Ubicación de las presas



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.

### 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 m<sup>3</sup>, 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 m<sup>3</sup>, 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 m<sup>3</sup>, 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.

### Concesiones de agua para cada módulo del distrito de riego 011 Alto Río Lerma

Núm.	Titular	Fuente				Fuente
		Acuífero	Volumen subterráneo (Mm <sup>3</sup> )	Presas	Volumen superficial (Mm <sup>3</sup> )	
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
<b>Total</b>			<b>76.25</b>	<b>Total</b>	<b>821.14</b>	

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

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 41 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

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

No. Módulo	Superficie Total (ha)	Superficie de Bombeo de Pozos particulares (ha)	Superficie Gravedad (ha)	Porcentaje (%)	Volumen asignado	
					Presas (m <sup>3</sup> x 106)	Pozos Oficiales (m <sup>3</sup> 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 Pastor Ortiz **	1,525.20	831.15	694.05	0.94	7.162	3.35
					45.090	
<b>Subtotal</b>	<b>105,847.57</b>	<b>32,067.70</b>	<b>73,798.98</b>	<b>100.00</b>	<b>806.600</b>	<b>55.69</b>
<b>11 Purísima</b>	<b>42,772.65</b>	<b>798.85</b>	<b>3,973.80</b>		<b>24.900</b>	
<b>Total</b>	<b>148,620.22</b>	<b>32,866.55</b>	<b>77,772.78</b>	<b>100.00</b>	<b>831.500</b>	<b>55.69</b>

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

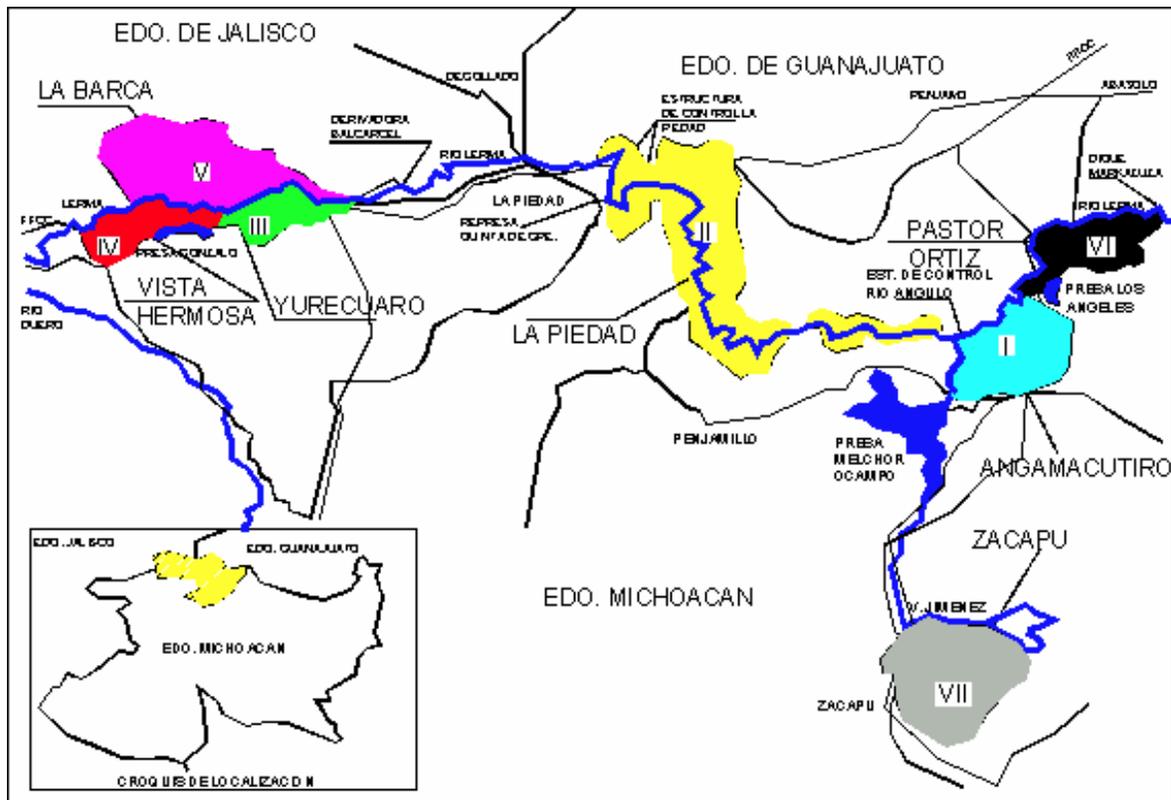
Del total de la superficie regada de los once módulos del DR 011 de 148,620.22 ha, el 80% lo integran los seis módulos Salvatierra, Valle, Cortázar, Salamanca, Abasolo y La Purísima, donde este último módulo por sí sólo comprende el 29% de esa superficie y es el único módulo que no se riega con agua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

**Ubicación de los módulos en el DR 087 Rosario mezquite**



Fuente: Distrito de riego 087.

**Volúmenes de agua concesionados y superficies dominadas**

MÓDULO	NÚMERO DE TÍTULO DE CONCESIÓN	VOLUMEN SUPERFICIAL CONCESIONADO (millones de m <sup>3</sup> )	VOLUMEN SUBTERRANEO CONCESIONADO (millones de m <sup>3</sup> )	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
<b>TOTAL</b>		<b>297.176</b>	<b>60.570</b>	<b>41,413</b>	<b>4,537</b>
ZACAPÚ SUB-IRR	08MCH408707/12ATGC00		0.000	8,160.15	0

Fuente: Distrito de riego 087.

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 43 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

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 Mm<sup>3</sup>, 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 m<sup>3</sup>, 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 m<sup>3</sup>, 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.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 44 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

### Concesiones de agua para cada módulo del distrito de riego 087 Rosario-Mezquite

Núm.	Módulo	Fuente				Fuente
		Acuífero	Volumen subterráneo (Mm <sup>3</sup> )	Presas	Volumen superficial (Mm <sup>3</sup> )	
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 BALCÁRCCEL)	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 BALCÁRCCEL)	14.35	REPDA
5	La Barca	BRISEÑAS-YURECUARO	14.136	PRESA MELCHOR OCAMPO (PRESA DERIVADORA BLAS BALCÁRCCEL)	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
<b>Total</b>			<b>60.57</b>	<b>Total</b>	<b>297.176</b>	

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 las 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).

**Disponibilidad media anual de aguas superficiales (hm<sup>3</sup>/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.

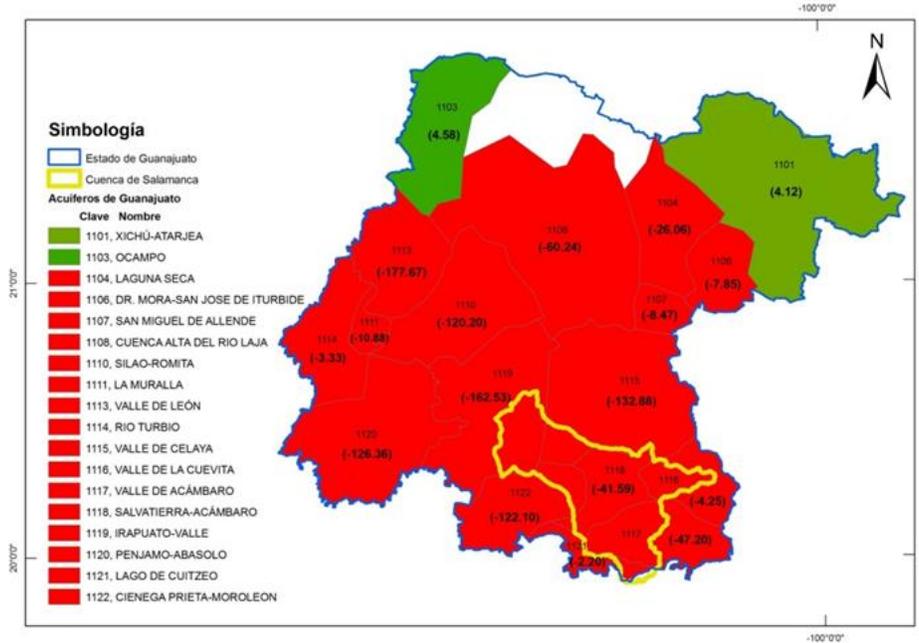
De los 18 acuíferos que se ubican en el estado de Guanajuato solo dos se encuentran con disponibilidad (Figura 16). Los siete acuíferos que caen dentro de la subcuenca se encuentran en déficit, siendo Irapuato-Valle el que presenta el mayor déficit con -162.53 hm<sup>3</sup>, seguido de los acuíferos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

**Disponibilidad media anual de aguas subterráneas (hm<sup>3</sup>/año). Subregión Hidrológica Lerma-Chapala, subcuencas que integran la zona de estudio.**

CLAVE	NOMBRE DEL ACUÍFERO	Área km <sup>2</sup>	RECARGA	DNCOM	DEFICIT
1115	VALLE DE CELAYA	2,793.81	286.6	0	<b>-132.88</b>
1116	VALLE DE LA CUEVITA	782.84	5.9	0.7	<b>-4.25</b>
1117	VALLE DE ACÁMBARO	1,123.24	102.5	0	<b>-47.2</b>
1118	SALVATIERRA-ACÁMBARO	747.57	28.4	0	<b>-41.59</b>
1119	IRAPUATO-VALLE	2,436.93	522.2	132.4	<b>-162.53</b>
1120	PENJAMO-ABASOLO	2,413.67	225	0	<b>-126.36</b>
1121	LAGO DE CUITZEO	340.81	7.1	0.3	<b>-2.2</b>
1122	CIENEGA PRIETA-MOROLEON	1,220.11	85	9	<b>-122.1</b>
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.

### 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 de los DR 011 y 087

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).

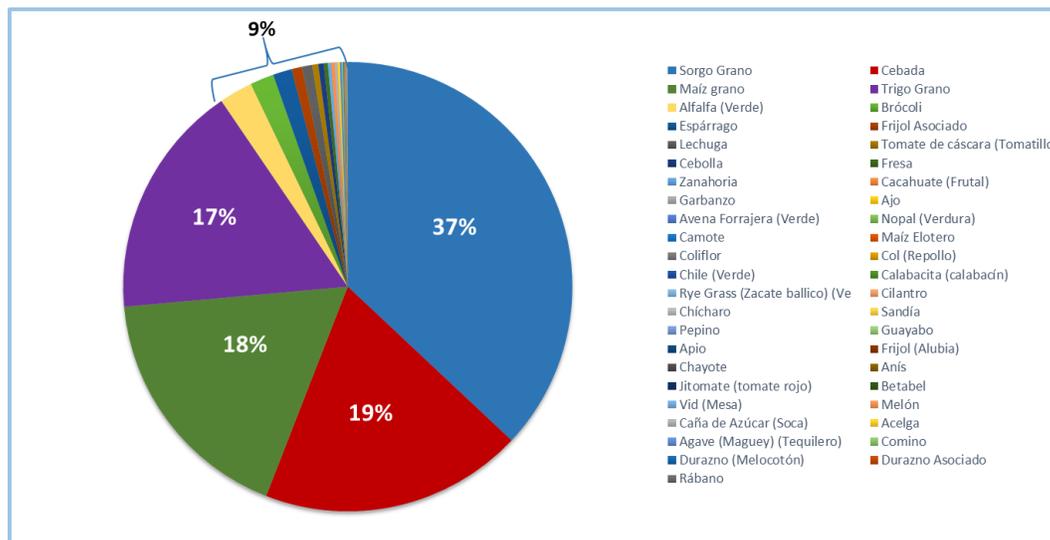
### Estadísticas de producción del DR-011 Alto Río Lerma

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 de la jefaTIURA O11, CONAGUA.

<http://www.edistritos.com/DR/estadisticaAgricola/estado.php>

### Volumen de producción de los cultivos en los módulos del distrito de riego 011 Alto Río Lerma



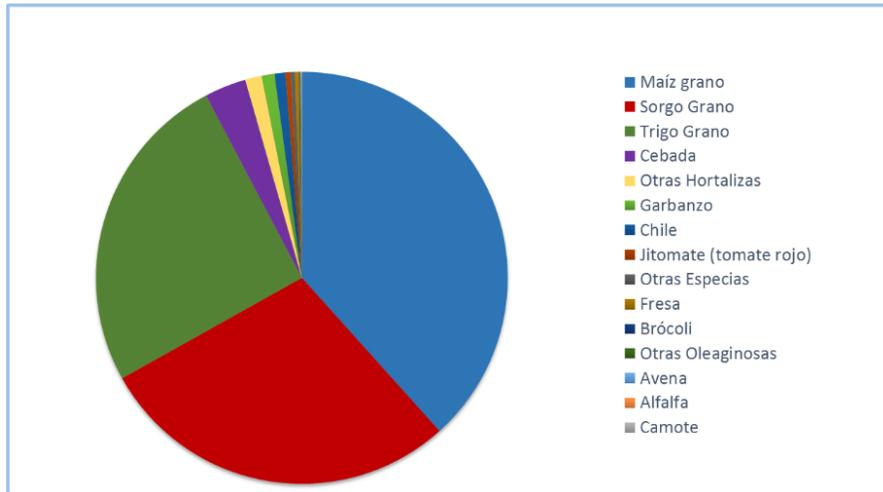
Fuente: elaboración propia partir de estadísticas agrícolas de la jefatura del DR 011.

### Superficie cosechada en los agrícolas 2009 al 2014 en el DR 011

Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Volumen (dam <sup>3</sup> )	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
Chicharo	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
<b>Total</b>	<b>901,613</b>	<b>4,347,527</b>	<b>8,261,192</b>

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

**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.

**Superficie cosechada en los ciclos agrícolas 2011 al 2014 en el DR 087**

Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Volumen (dam <sup>3</sup> )	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
<b>Total general</b>	<b>275,579</b>	<b>1,050,605</b>	<b>2,824,056</b>

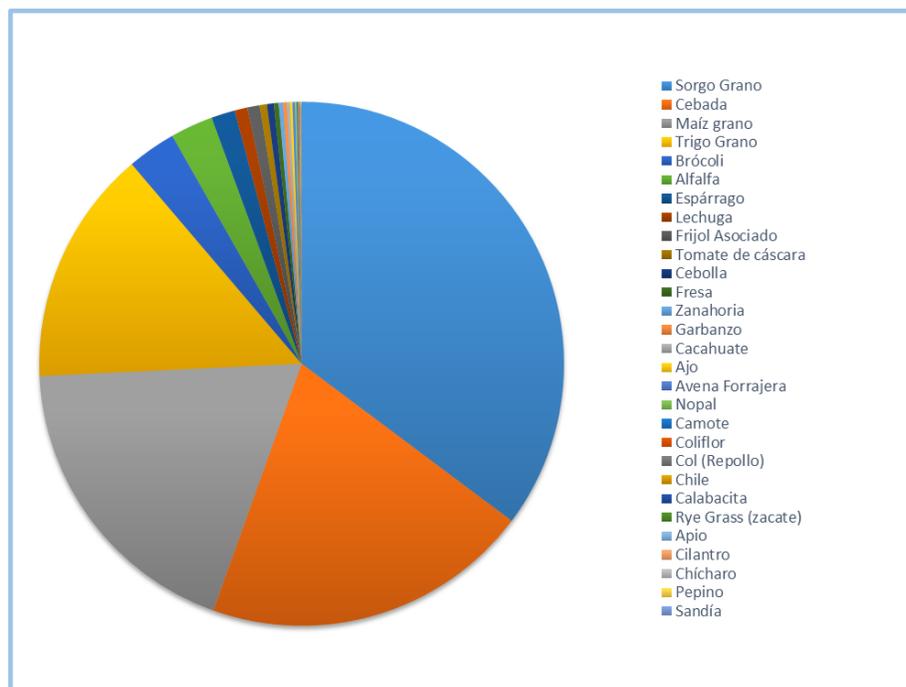
Fuente: elaboración propia partir de estadísticas agrícolas de la jefatura del DR 087 y DR 011.

### Cultivos con mayor consumo de agua

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

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

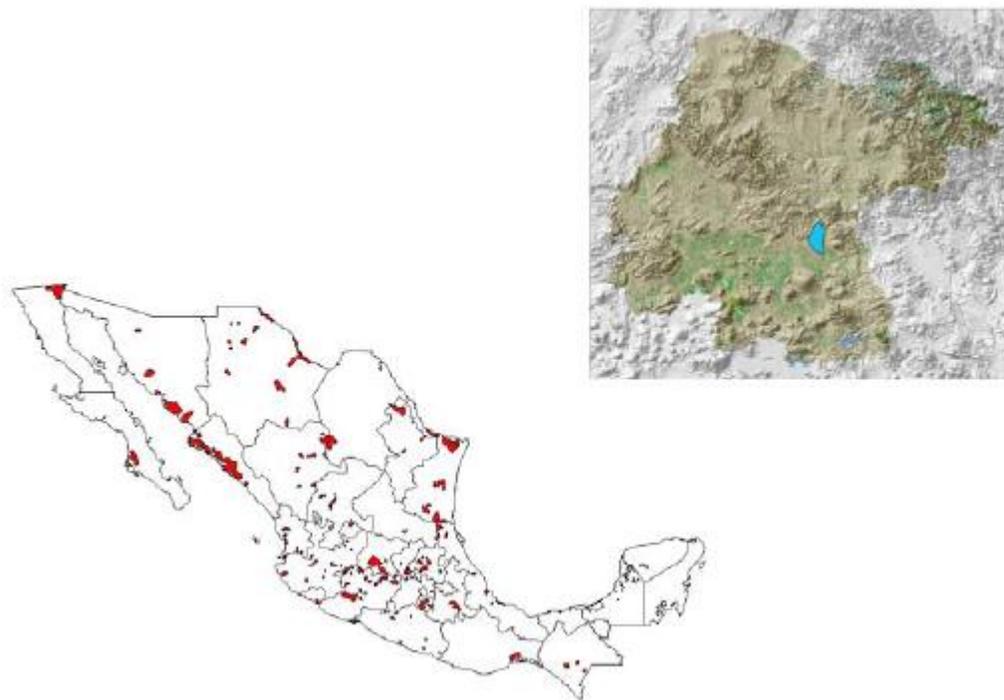
### Cultivos más consumidores de agua en los módulos los distritos de riego 011 Alto Río Lerma y 087 Rosario Mezquite



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

## Distrito de Riego 085, La Begoña

El Distrito de Riego No. 085 “La Begoña”, está situado en la parte centro este del Estado de Guanajuato, en la parte media-baja de la cuenca del Río Laja, abarca los municipios de Celaya y Comonfort, quedando situado geográficamente entre los paralelos 20°38’ y 21° 07’ de Longitud Norte y los meridianos 100° 45’ y 100° 53’ de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, comprende una extensión de 14,644 ha de las cuales son regables 12,389.50 hectáreas.



El Distrito de Riego 085 La Begoña se integra por 4 Módulos de Riego ya transferidos que son Módulo 1 Neutla, Módulo 2 Comonfort, Módulo 3 Margen Izquierda y Módulo 4 Margen Derecha.

La zona de riego del Distrito comprende una superficie de riego registrada de 12,389.5 hectáreas, de las cuales 9,029.0 ha, son de régimen ejidal con 2,595 usuarios y 3,360.5 ha, son de pequeña propiedad con 693 usuarios.

#### Tenencia de la tierra en los Módulos del Distrito de Riego

Módulo	Ejido		Pequeñas propiedades		Total	
	Usuarios	Superficie	Usuarios	Superficie	Usuarios	Superficie
Módulo 1 Neutla	243	831.67	13	45.38	256	877.55
Módulo 2 Comonfort	152	338.03	379	834.16	531	1,172.24
Módulo 3 Margen Izquierda	498	1,760.29	53	292.68	551	2,052.97
Módulo 4 Margen Derecha	1,702	6,098.96	248	2,188.28	1,950	8,287.24
<b>Total</b>	<b>2,595</b>	<b>9028.95</b>	<b>693</b>	<b>3,361</b>	<b>3,288</b>	<b>12,389.50</b>

El distrito de riego 085, La Begoña tiene como fuente principal del agua para riego el río Laja y su afluente el arroyo Neutla; cuenta con dos presas de almacenamiento:

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 53 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

**Ignacio Allende**, esta cuenta con una capacidad de almacenamiento de 251 millones de metros cúbicos. Comenzó a construirse en 1967 y se terminó en agosto de 1968, durante el sexenio de Gustavo Díaz Ordaz. El Distrito de Riego 085 La Begoña, regularizó su operación en el ciclo agrícola 1969-1970, inmediatamente después del llenado del vaso con el cierre de las compuertas. Se le han hecho modificaciones recientes para mejorar su desempeño como sobre elevar la cortina o desazolvar el vaso de captación para aumentar la capacidad de recepción de agua en tiempos de lluvia con la finalidad de abrir nuevas zonas de cultivo con riego de gravedad en la región.

Las aguas captadas por la presa Ignacio Allende benefician, desde Noviembre de 1968, el llamado Distrito de Riego No. 85 “La Begoña”, que fue planeado por la Secretaria de Recursos Hidráulicos (Fusionada con la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos) para lograr el aprovechamiento combinado de los recursos hídricos superficiales y subterráneos del Río de la Laja.

**Isidro Orozco Portugal**, también conocida como presa Neutla, cuenta con una capacidad de almacenamiento de cinco millones de metros cúbicos, y es abastecida principalmente por los arroyos “Peña Prieta”, “Ladín” y “Grande”. Su uso preponderante es para el riego agrícola.

### **Presas Derivadoras**

Las presas derivadoras, dada la sinuosidad del Río Laja en su desarrollo por el Distrito de Riego, tienen una importancia crucial, puesto que permiten elevar los tirantes para dar carga a los canales que de ellas nacen, así como controlar niveles y gastos para garantizar un abasto adecuado de las necesidades de agua de los Módulos.

### **Presa Derivadora Soria**

Sobre el Río Laja, a unos 35 km aguas debajo de la Presa de almacenamiento Ignacio Allende, se ubica la presa Derivadora Soria, a la altura de los poblados de Soria y Empalme Escobedo, la cual controla el agua que entra al Canal principal margen derecha mediante 3 compuertas deslizantes y una compuerta radial para el agua que llega al módulo 3 Margen Izquierda.

En la Derivadora Soria se mide el agua solicitada y autorizada a los Módulos 3 Margen Izquierda y 4 Margen Derecha, para el Módulo 4 se deriva ahí mismo al Canal Principal

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 54 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

Margen Derecha y para el Módulo 3 se vuelve a soltar al cauce del Río, para que aguas abajo, aproximadamente a 2.5 km, se derive al Canal Principal Margen Izquierda.

### Características de la presa Derivadora Soria

Concepto	Presa Derivadora Soria
Avenida máxima	400 m <sup>3</sup> /s
Capacidad de la obra de toma	10.15 m <sup>3</sup> /s
Área dominada	Margen Derecha

### Presa Derivadora Guadalupe

A unos 2.5 km de la presa Derivadora Soria, se encuentra la Derivadora Guadalupe. En esta obra se encarga de toda la operación para el Modulo 3 Margen Izquierda.

### Características de la presa Derivadora Guadalupe

Concepto	Presa Derivadora Soria
Avenida máxima	180 m <sup>3</sup> /s
Capacidad de la obra de toma	3 m <sup>3</sup> /s
Área dominada	Margen Izquierda

Fuente:

Se agrega una fuente de agua subterránea integrada por 11 pozos oficiales y 111 particulares. En suma, se extrae un volumen bruto medio anual de 184,000 Miles de m<sup>3</sup>.

Núm. Módulo	Titular	Fuente			
		Acuífero	Volumen subterráneo (Mm <sup>3</sup> )	Presas	Volumen superficial (Mm <sup>3</sup> )
1	PRODUCTORES AGRICOLAS DE LA PRESA NEUTLA, A.C.	-	0	SISTEMA DE PRESAS TACOTÁN-TRIGOMIL	2.24
2	PRODUCTORES AGRICOLAS DE COMONFORT, DISTRITO 85, A.C.	1115 - VALLE DE CELAYA	0.37	PRESA DE ALMACENAMIENTO IGNACIO ALLENDE	8.3
3	PRODUCTORES AGRICOLAS DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL DISTRITO DE RIEGO 85, A.C.	1115 - VALLE DE CELAYA	0.86	PRESA DE ALMACENAMIENTO IGNACIO ALLENDE	22.32
4	PRODUCTORES AGRICOLAS DEL MODULO MARGEN DERECHA DEL DISTRITO DE RIEGO NUMERO 085, LA BEGOÑA, GTO. A.C.	1115 - VALLE DE CELAYA	8.69	PRESA DE ALMACENAMIENTO IGNACIO ALLENDE	69.83
<b>Total</b>			<b>9.92</b>		<b>102.69</b>

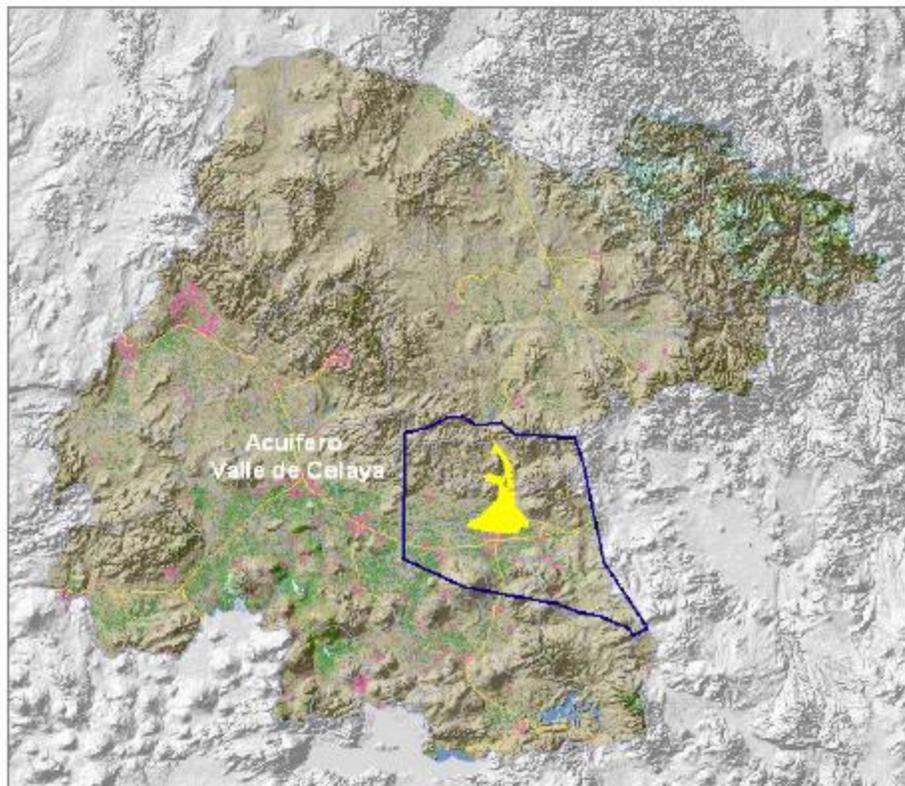
 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 55 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

En el Distrito de Riego 085, La Begoña se tiene un total de 13,290 ha en manos de 4,091 usuarios. Los usuarios que se encuentran actualizados son 545 y 3,546 no lo están. El número de usuarios, así como la superficie a nivel Módulo se plasma en el cuadro XXX

### Agua Subterránea

Otra fuente de abastecimiento de agua para el Distrito de Riego la constituye el Acuífero Valle de Celaya, reserva natural subterránea que desde largo tiempo atrás se ha venido utilizando para prácticamente todos los usos. Los cuatro Módulos que conforman el Distrito de Riego – Neutla, Comonfort, Margen Izquierda y Margen Derecha – se encuentran ubicados dentro del Acuífero. De forma general, en todos los módulos se está sobreexplotando el acuífero.

### Acuífero Valle de Celaya



 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 56 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

## Problemática de la zona de estudio

El principal objetivo de esta investigación consiste en estimar la demanda derivada de agua como insumo productivo para cada una de los cultivos, sembrados en los distritos de riego de ubicados en la cuenca Lerma-Chapala, en cada uno de los módulos en que se constituyen dichos distritos de riego, y por tipo de fuente de agua ya sea superficial o subterránea. por tipo de cultivo y utilizarla posteriormente como un instrumento para verificar si se asigna o no, eficientemente el recurso, es decir, si la demanda y la oferta de agua son iguales o bien el exceso de demanda es cero, de esta forma, las autoridades contarían con criterios adicionales para formular una política de reasignación de volúmenes, disminuyéndolos cuando se establezca la existencia de un exceso de demanda de agua negativo e incrementándolos en caso contrario, siempre respetando la restricción de la disponibilidad natural del recurso.

Los recursos hídricos disponibles se han vuelto escasos ante el incremento de la población mundial y de las actividades económicas. La disponibilidad del agua se encuentra profundamente vinculada al desarrollo socioeconómico, por lo que se ha vuelto prioritaria la adopción de medidas para su uso eficiente y el manejo integral y sostenible del agua. Se prevé que en el siglo XXI disminuya el volumen de agua renovable - cantidad máxima de agua factible de explotar anualmente en una región o país sin alterar el ecosistema- en la mayoría de las regiones subtropicales secas, incrementándose la competencia entre los usuarios. América Latina será una de las regiones más afectadas por el cambio climático; aumentarán las inundaciones y las sequías, reduciéndose la superficie agrícola. (CONAGUA, 2016).

“Anualmente México recibe aproximadamente 1 449 471 millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. De esta agua, se estima que el 72.5% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 21.2% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.3% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Considerando los flujos de salida y de entrada de agua con los países vecinos, el país cuenta anualmente con 446 777 millones de metros cúbicos de agua dulce renovable” (CONAGUA, 2016). El agua renovable per cápita en México se estimaba al 2015 en 3,692 m<sup>3</sup>/hab./día lo cual lo ubicaba en el lugar 94 en una muestra de 200 países: (CONAGUA, 2016).

De acuerdo con las proyecciones de Conapo, entre 2015 y 2030 la población del país se incrementará en 16.5 millones de personas, bajo el supuesto que las tasas de crecimiento tenderán a reducirse. Se calcula que para el periodo 2015-2030, más de la mitad del crecimiento poblacional total ocurrirá en las regiones hidrológico-administrativas (RHA) IV Balsas, VI Río Bravo, VIII Lerma-Santiago-Pacífico y XIII Aguas del Valle de México. El incremento de la población ocasionará la disminución del agua renovable per cápita a nivel

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 57 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

nacional, de manera que este decremento previsible sería de 3,692 m<sup>3</sup>/hab./año en 2015 a 3,250 m<sup>3</sup>/hab./año en el 2030. (Estadísticas del Agua en México, edición 2016, Comisión Nacional del Agua)

“En la actualidad la demanda de agua a nivel nacional es del orden de 78.4 miles de millones de metros cúbicos. Para satisfacerla se extrae de fuentes superficiales y subterráneas un volumen sustentable de 66.9 miles de millones de metros cúbicos. Adicionalmente, esta demanda se satisface con un volumen no sustentable de 11.5 miles de millones de metros cúbicos, de los cuales, 6.5 miles de millones de metros cúbicos provienen de acuíferos sobreexplotados. Cabe señalar que el mayor porcentaje de la demanda se concentra en el sector agrícola”. (Agenda del Agua 2030, Comisión Nacional del Agua, marzo de 2011)

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 módulos de los distritos de riego que integran la zona de estudio considerando por separado las tecnologías de riego: por gravedad (agua superficial) y por bombeo (agua subterránea).

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.

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 58 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

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;  $\alpha$  es el coeficiente que representa la eficiencia tecnológica y se considera un parámetro; A es el volumen de agua;  $\beta$  es el coeficiente que representa los rendimientos del insumo agua;  $\varepsilon$  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 el siguiente análisis se basa en información hidroagrícola, recopilada en los distritos de riego de la zona de estudio, de producción, precio medio, volúmenes y fuentes de información, en series del período comprendido del año 2009 al 2016.

En las tablas siguientes 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), de los cultivos más consumidores de agua de cada uno de los distritos de riego considerados, por tipo de riego (las funciones de producción y funciones de demanda, así como los resultados econométricos, de todos los cultivos de todos los distritos de riego por tipo de fuente se muestran en el Anexo A).

## Distrito de riego 011

**Tabla 1.** Funciones de Producción estimadas por Cultivo y Tipo de Riego.

Cultivo	Tipo de riego	Función de Producción Estimada (Y)		
1. Sorgo	Gravedad	Y= 3.1060	A	0.9969
	Bombeo	Y= 4.2559	A	0.9469
2. Cebada	Gravedad	Y= 0.8346	A	1.0534
	Bombeo	Y= 1.2602	A	0.9686
3. Maíz	Gravedad	Y= 10.2401	A	0.8584
	Bombeo	Y= 7.3324	A	0.8921
4. Trigo	Gravedad	Y= 1.2675	A	0.9585
	Bombeo	Y= 2.0076	A	0.9021

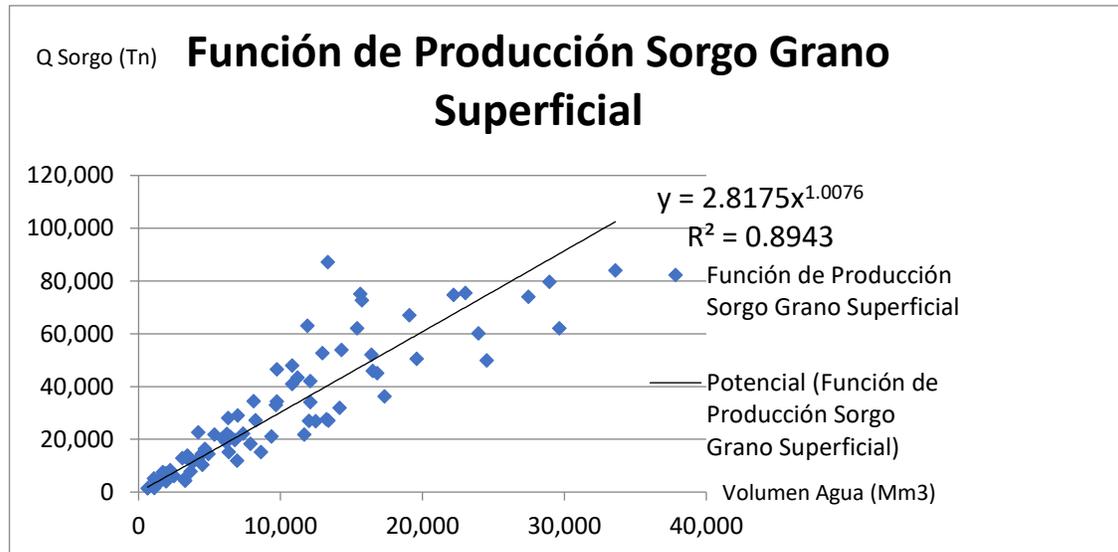
Fuente: elaboración propia.

Del análisis global del DT 011, para 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.

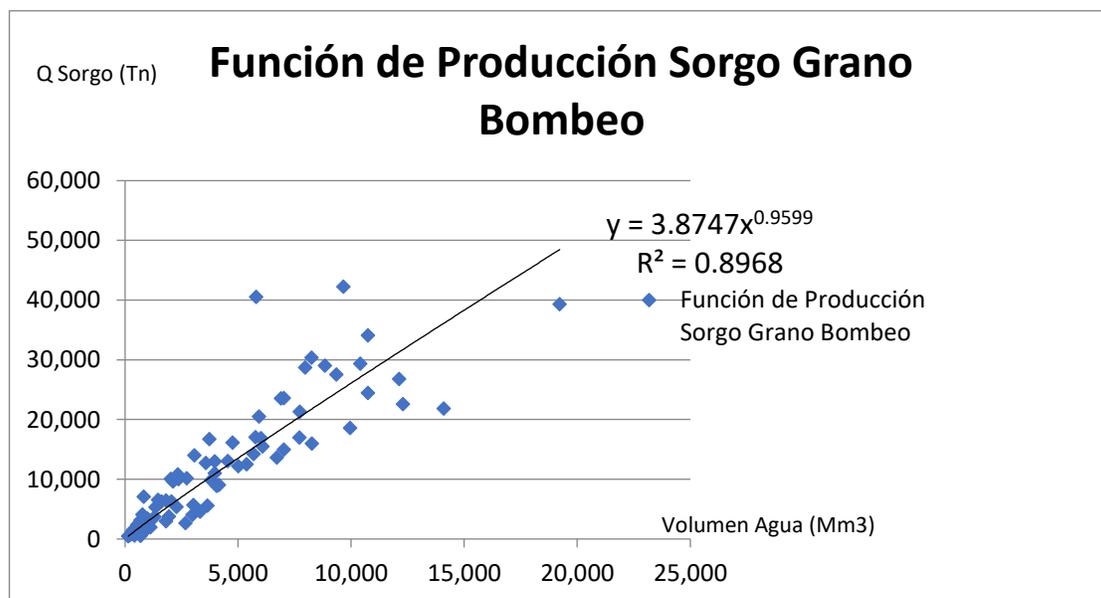
A continuación, se presentan las gráficas de las funciones de producción estimadas correspondientes a los cultivos que se riegan con agua superficial.

**Gráfica 1.** Función de producción del Sorgo grano, con riego superficial



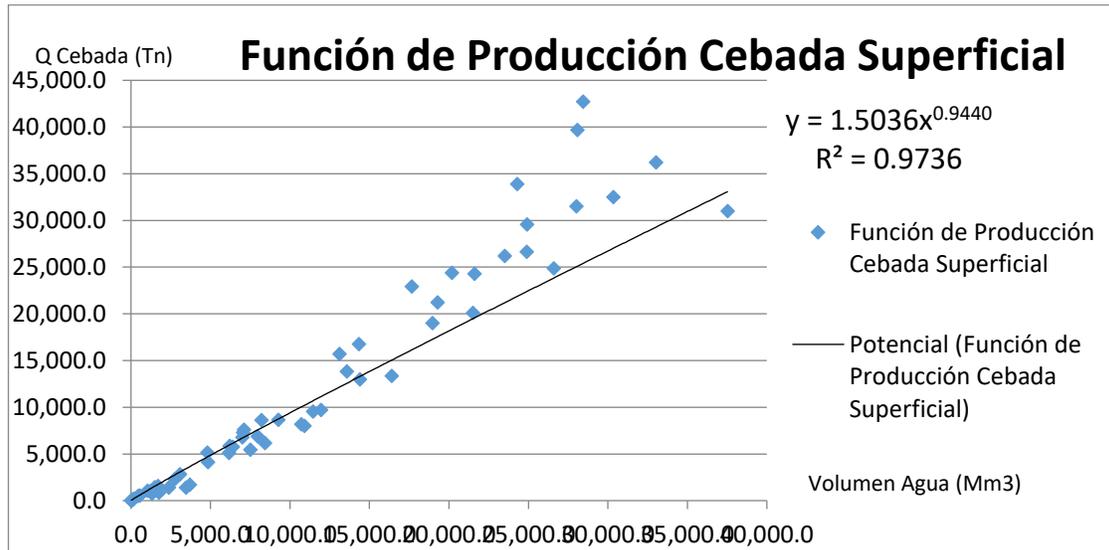
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 2.** Función de producción del Sorgo grano, con riego de bombeo



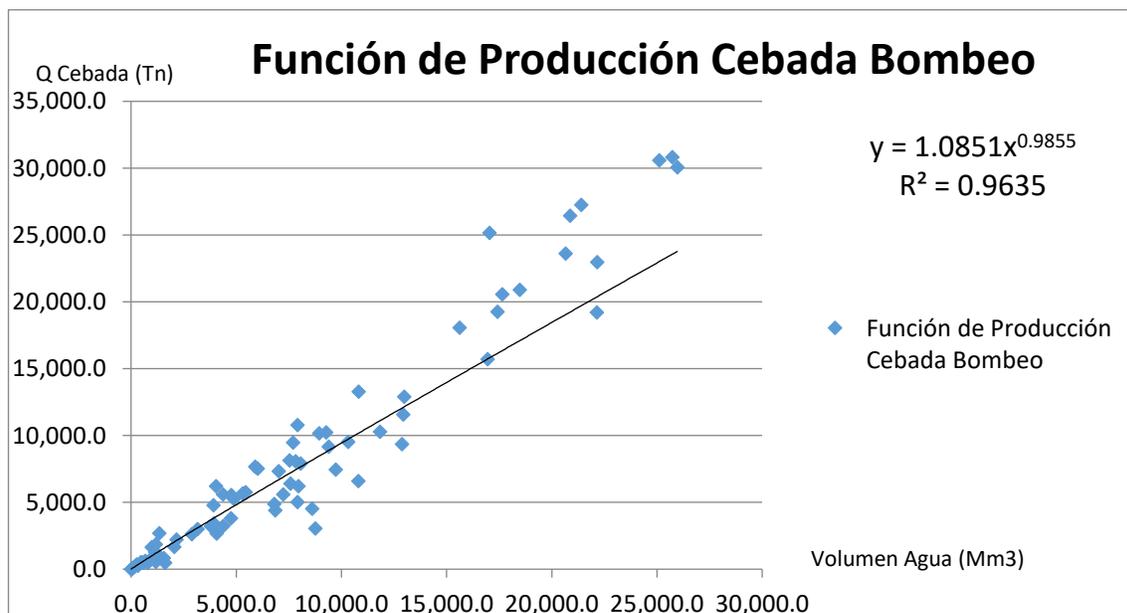
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 3.** Función de producción de la Cebada, con riego superficial



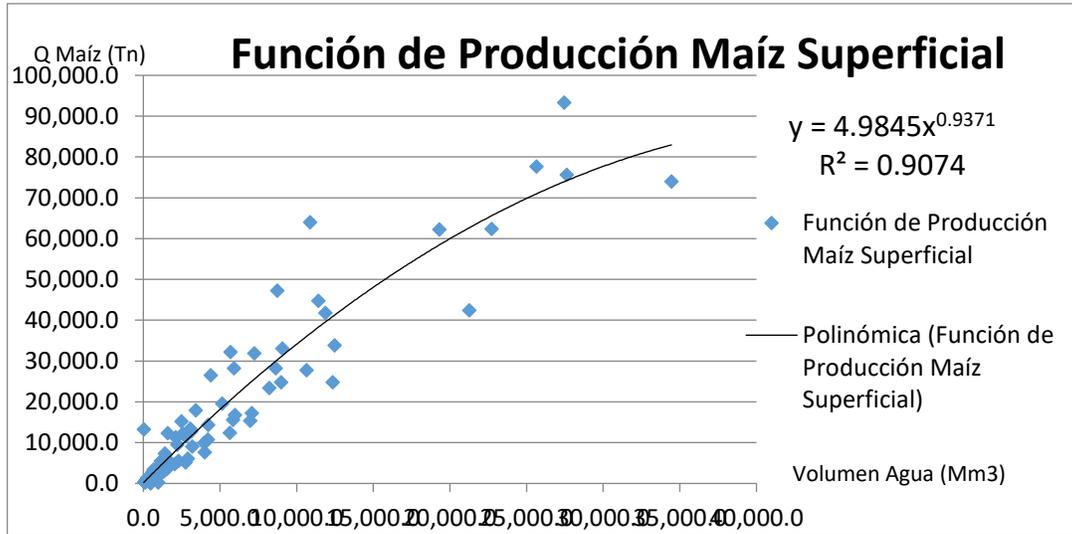
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 4.** Función de producción de la Cebada, con riego de bombeo



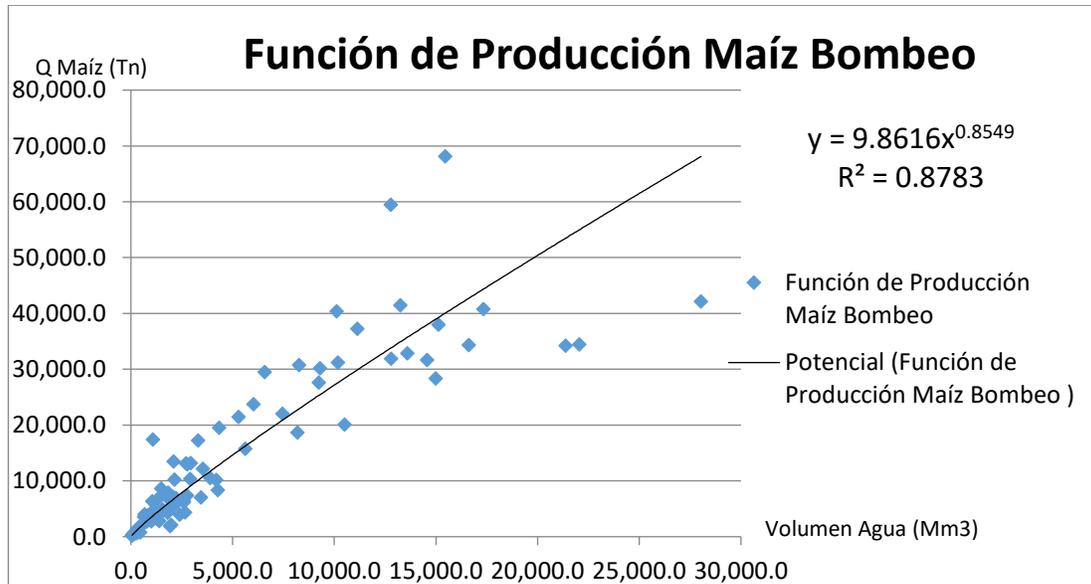
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 5.** Función de producción del Maíz, con riego superficial



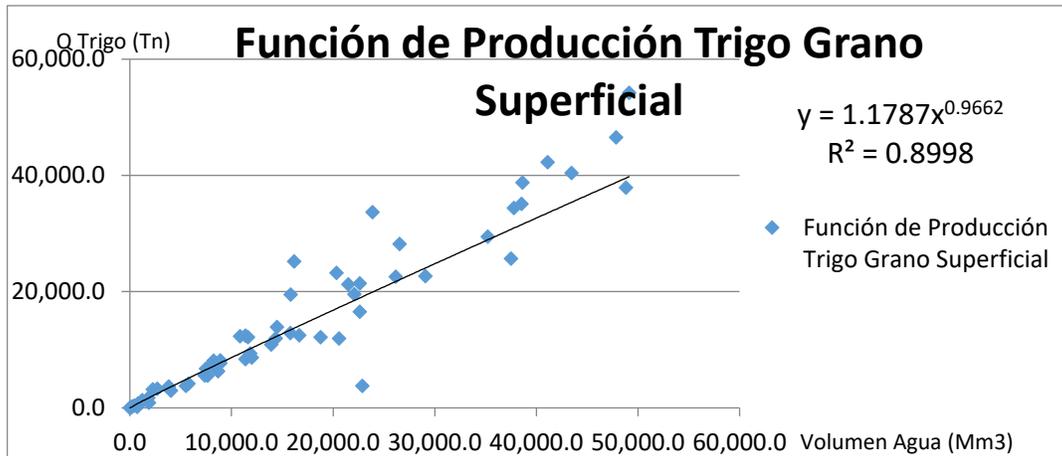
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 6.** Función de producción del Maíz con riego de bombeo



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 7.** Función de producción del Trigo grano con riego de superficial



Fuente: elaboración propia

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 2.

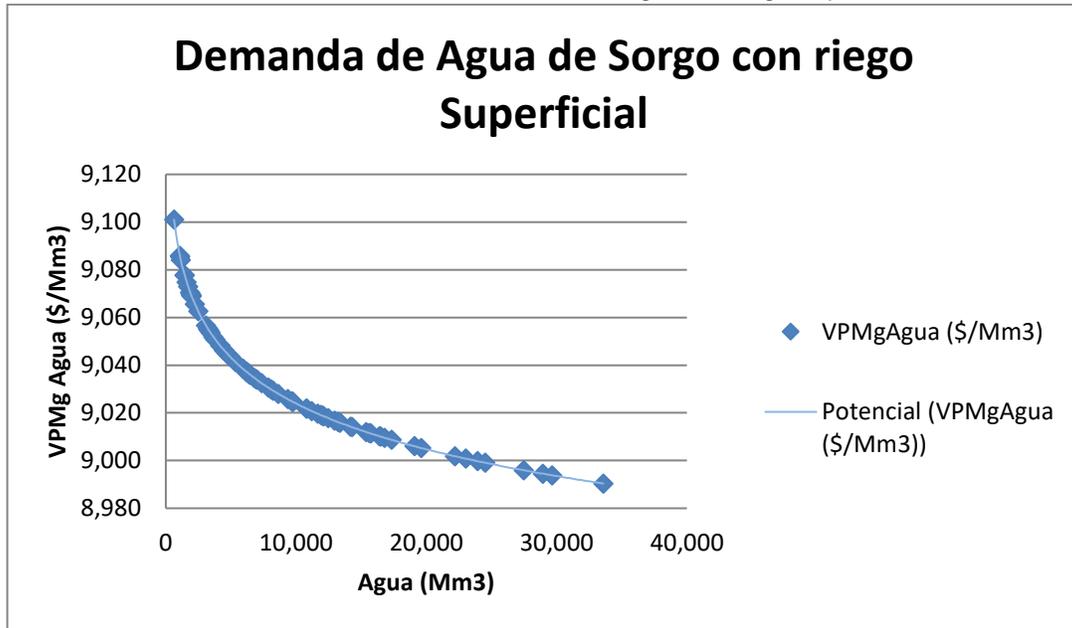
**Tabla 2.** La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA).

Cultivo	Tipo de riego	PMgA = dY/dA	VPMgA = P*PMgA
1. Sorgo	Gravedad	3.0964 A -0.0031	2,998.0000 * 3.0964 A -0.0031
	Bombeo	4.0299 A -0.0531	2,985.8458 * 4.0299 A -0.0531
2. Cebada	Gravedad	0.8791 A 0.0534	3,712.9213 * 0.8791 A 0.0534
	Bombeo	1.2206 A -0.0314	3,723.2928 * 1.2206 A -0.0314
3. Maíz	Gravedad	8.7902 A -0.1416	3,371.8819 * 8.7902 A -0.1416
	Bombeo	6.5415 A -0.1079	3,370.2147 * 6.5415 A -0.1079
4. Trigo	Gravedad	1.2149 A -0.0415	3,451.2355 * 1.2149 A -0.0415
	Bombeo	1.8111 A -0.0979	3,384.4585 * 1.8111 A -0.0979
	Bombeo	1.1473 A -0.0623	31,105.0383 * 1.1473 A -0.0623

Fuente: elaboración propia.

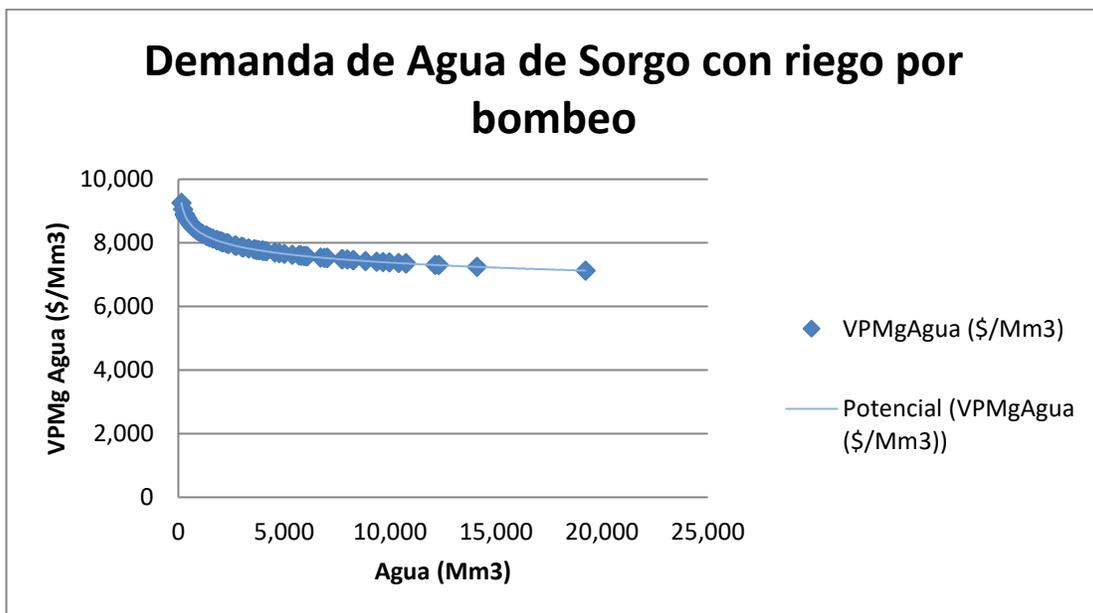
Y sus correspondientes gráficas se presentan a continuación:

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



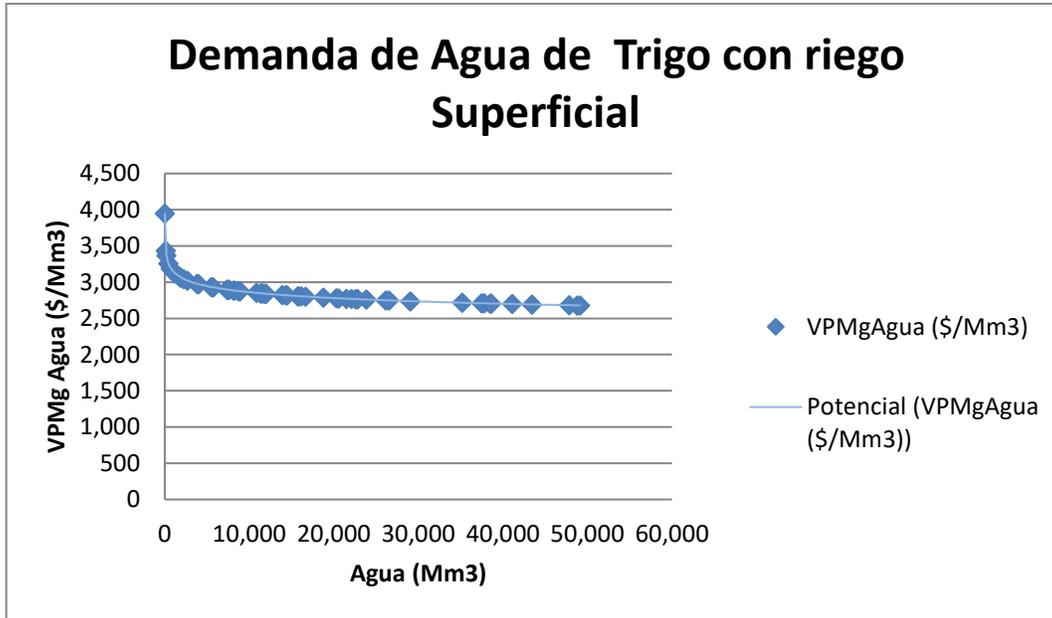
Fuente: elaboración propia

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



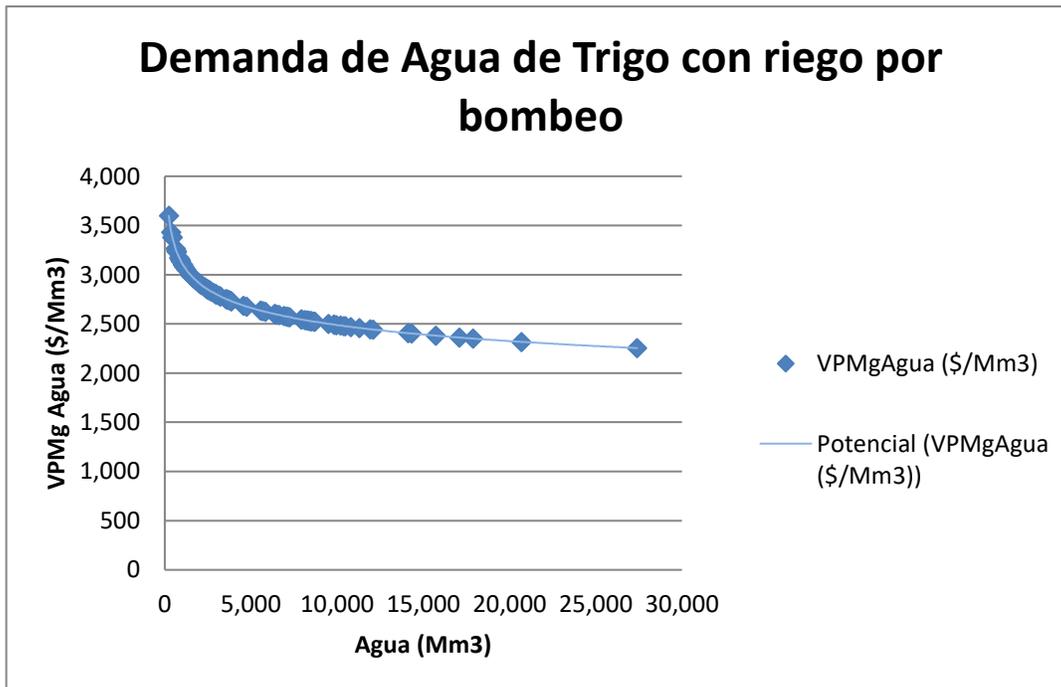
Fuente: elaboración propia.

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



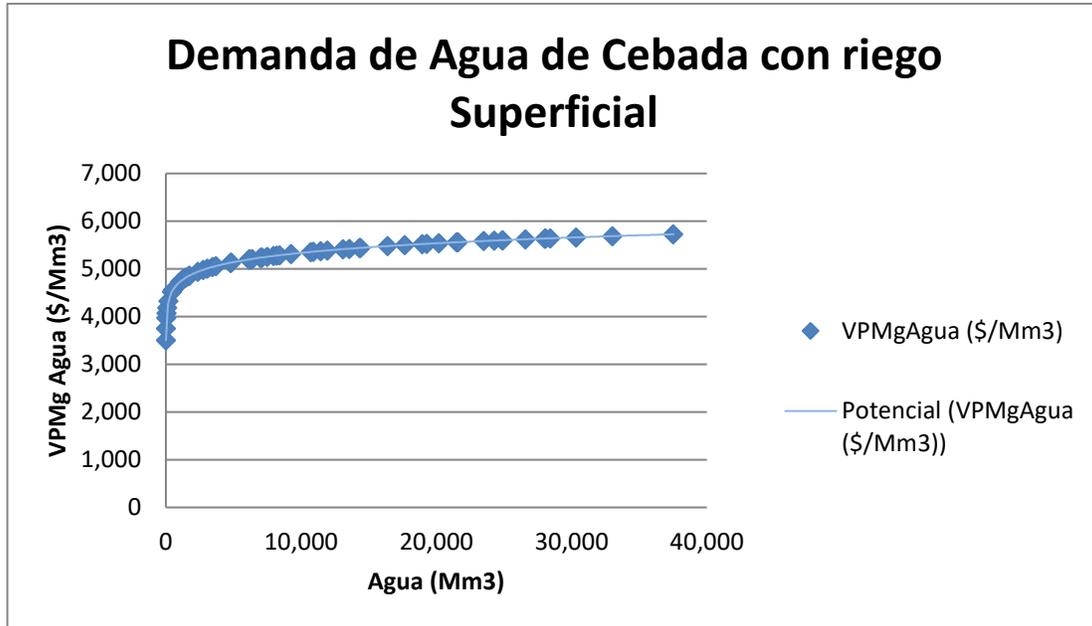
Fuente: elaboración propia.

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



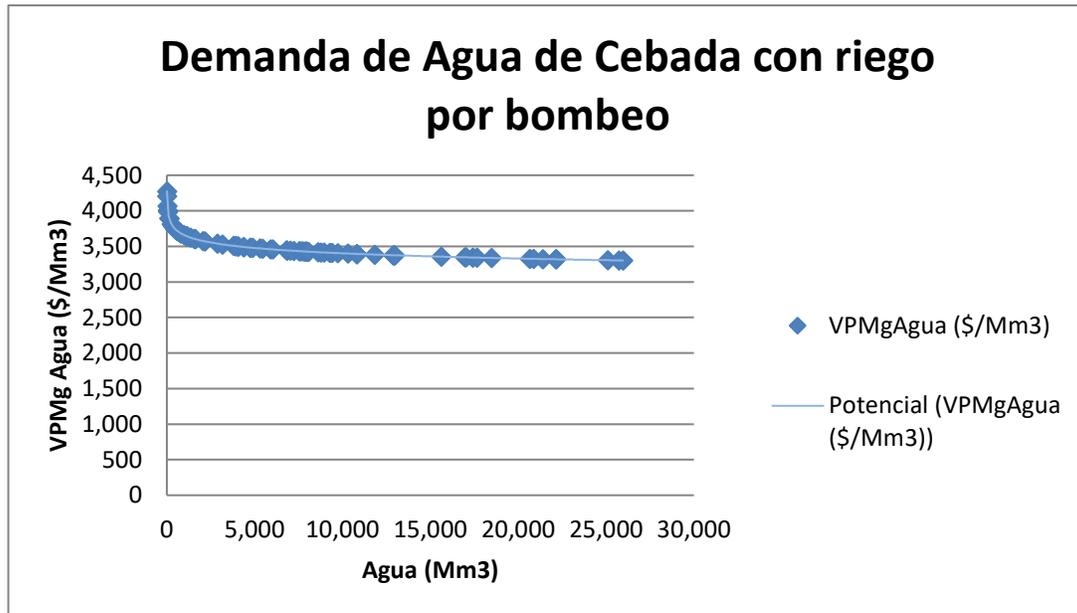
Fuente: elaboración propia.

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



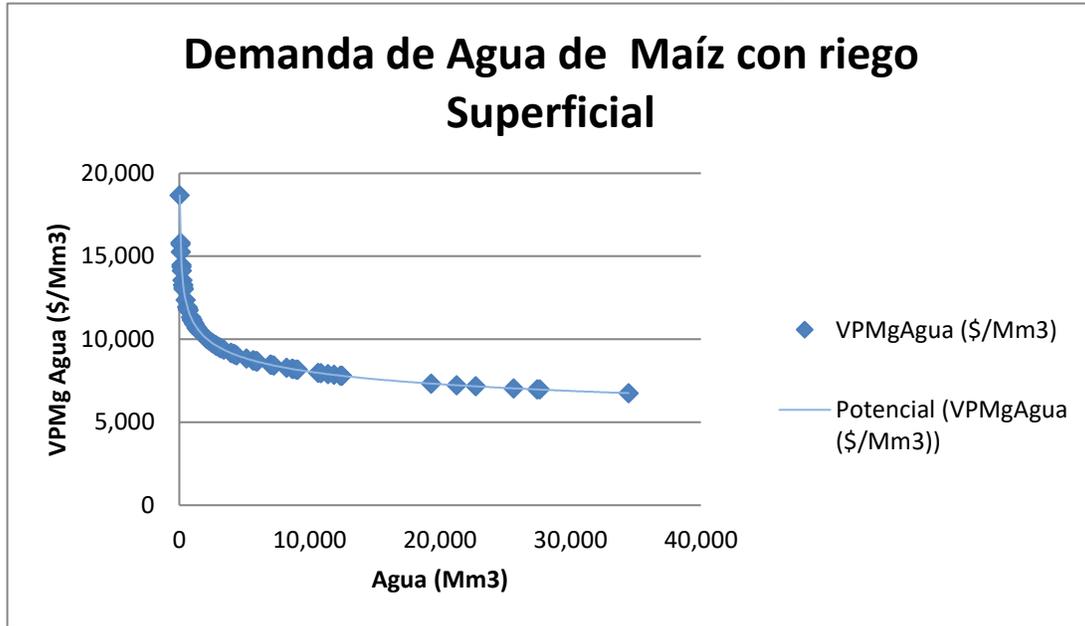
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 13.** Función de producción de la Cebada, con riego bombeo



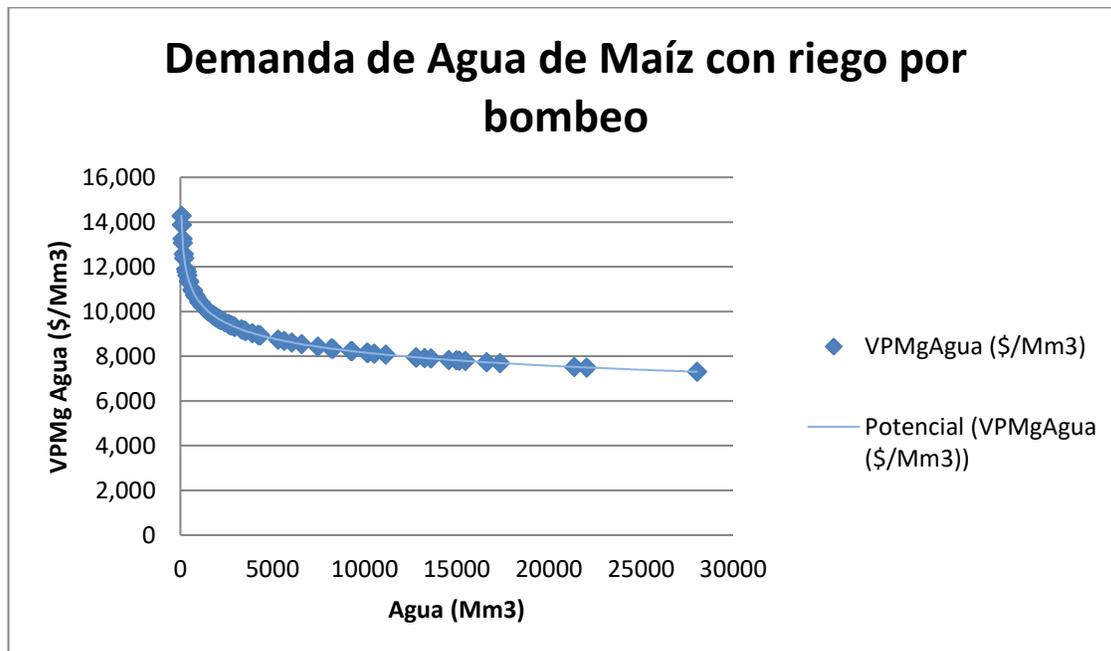
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 14.** Función de demanda del Maíz, con riego Superficial



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 15.** Función de demanda del Maíz, con riego bombeo



Fuente: elaboración propia

## Distrito de riego 020

**Tabla 1.** Funciones de Producción estimadas por Cultivo y Tipo de Riego.

Cultivo	Tipo de riego	Función de Producción Estimada (Y)
1. Maíz	Gravedad	Y= 3.0896      A 1.0129
	Bombeo	Y= 7.1393      A 0.9220
2. Sorgo	Gravedad	Y= 7.4863      A 0.9336
	Bombeo	Y= 11.5664      A 0.8408
3. Trigo	Gravedad	Y= 1.1534      A 0.9676
	Bombeo	Y= 13.3282      A 0.6493
4. Alfalfa	Gravedad	Y= 7.8344      A 1.0048
	Bombeo	Y= 17.3261      A 0.9173

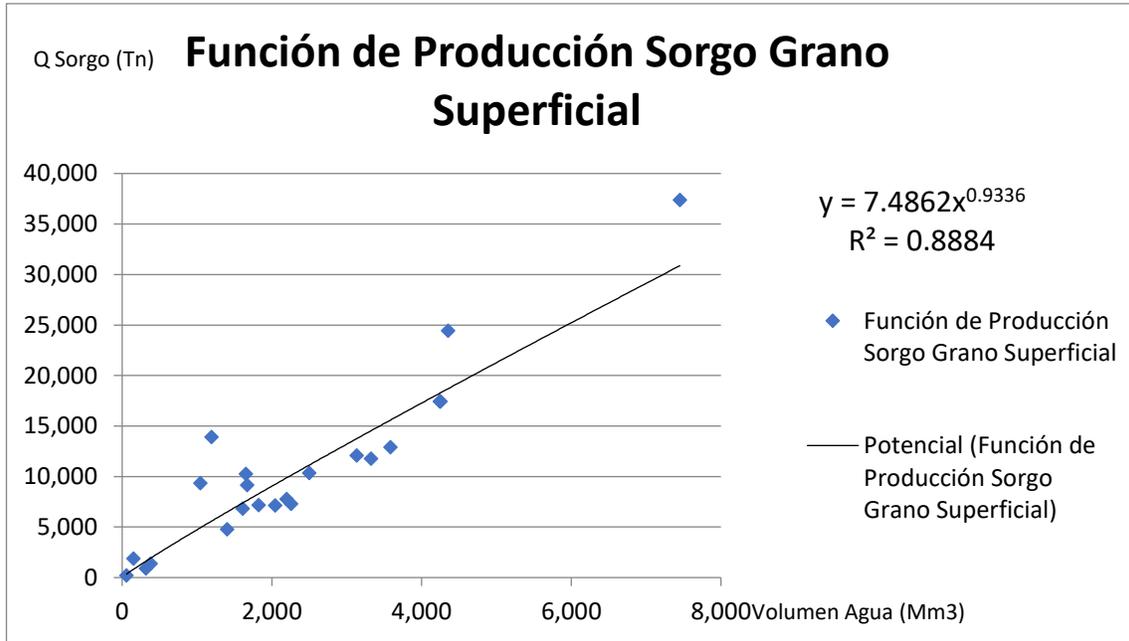
**Fuente:** elaboración propia.

Del análisis global del DT 011, para 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.

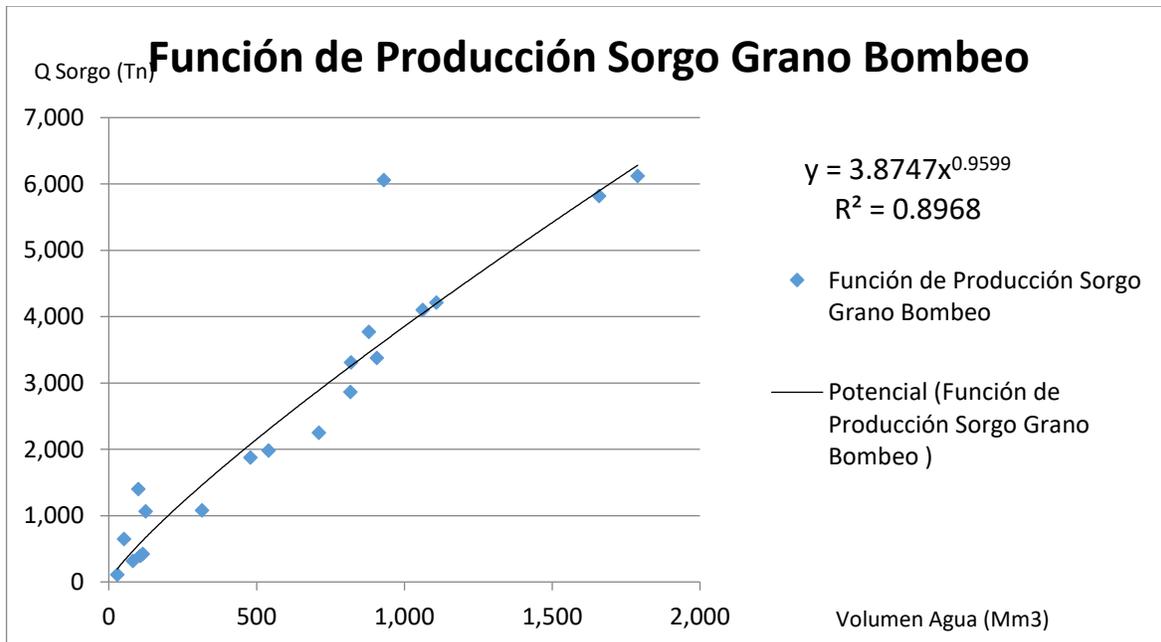
A continuación, se presentan las gráficas de las funciones de producción estimadas correspondientes a los cultivos que se riegan con agua superficial.

**Gráfica 16.** Función de producción del Sorgo grano, con riego superficial



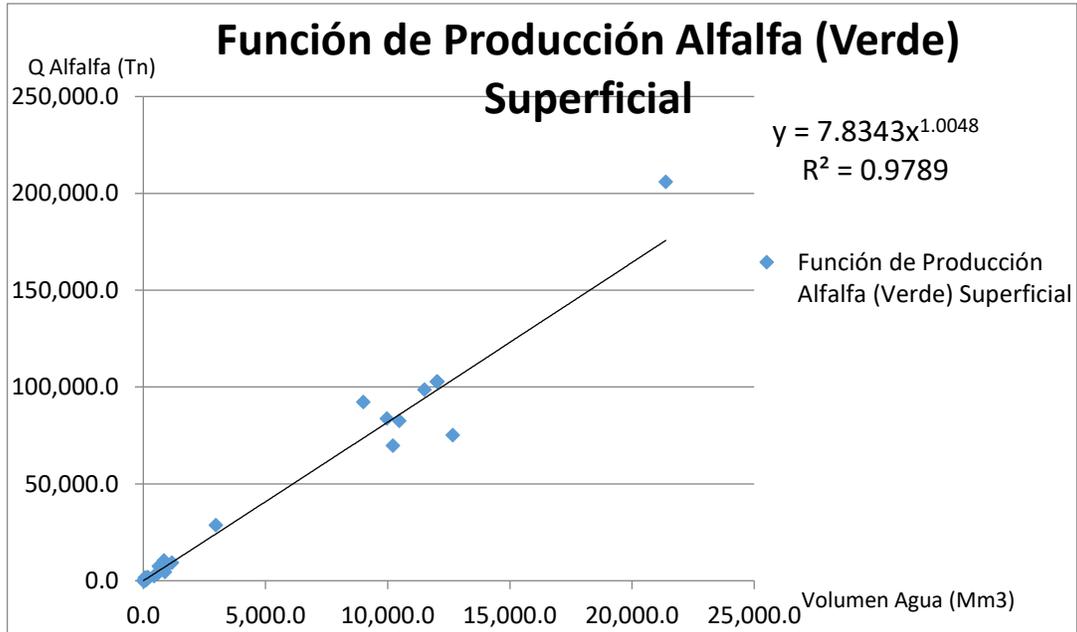
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 17.** Función de producción del Sorgo grano, con riego de bombeo



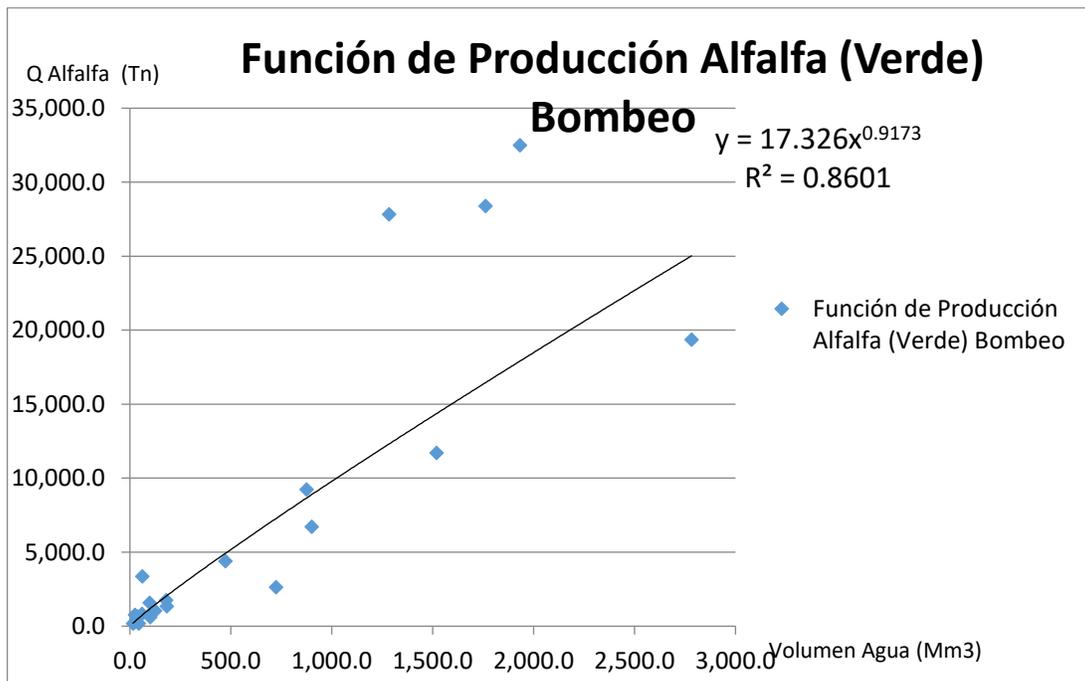
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 18.** Función de producción de la Alfalfa, con riego superficial



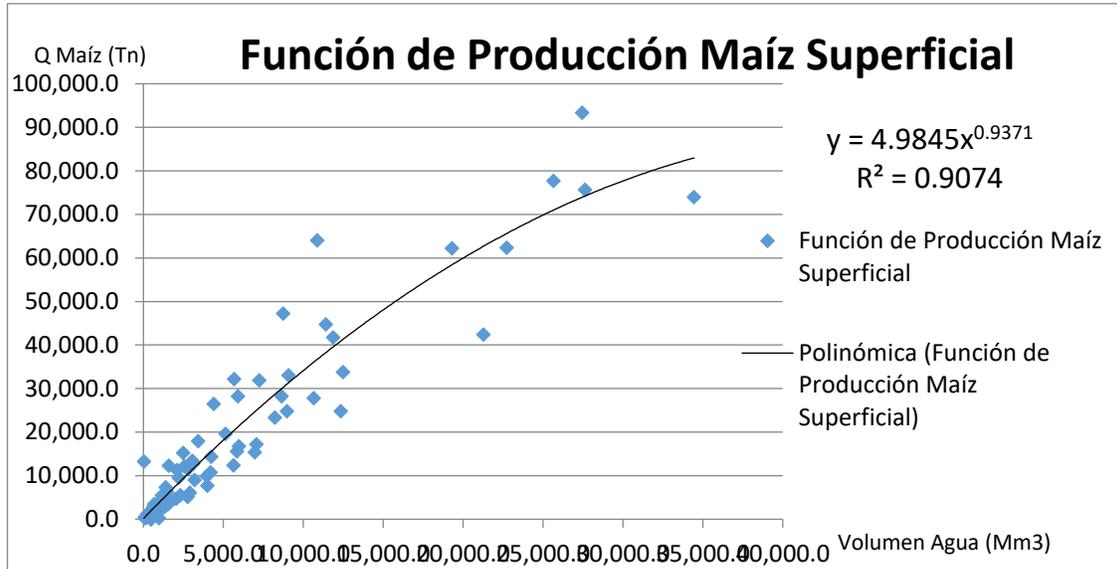
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 19.** Función de producción de la Alfalfa, con riego de bombeo



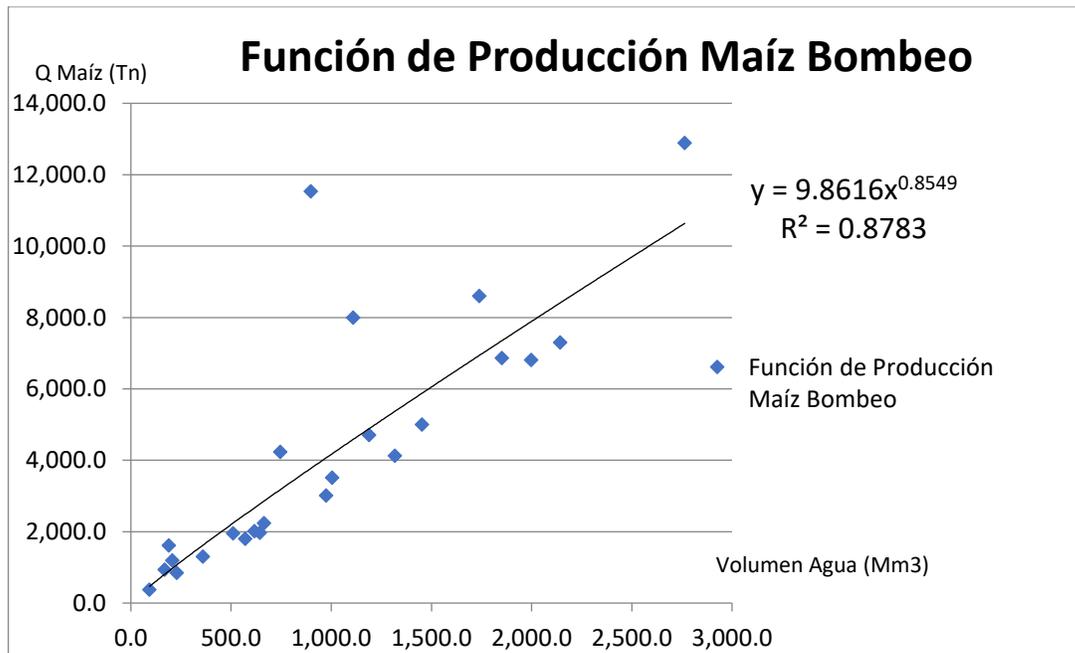
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 20.** Función de producción del Maíz, con riego superficial



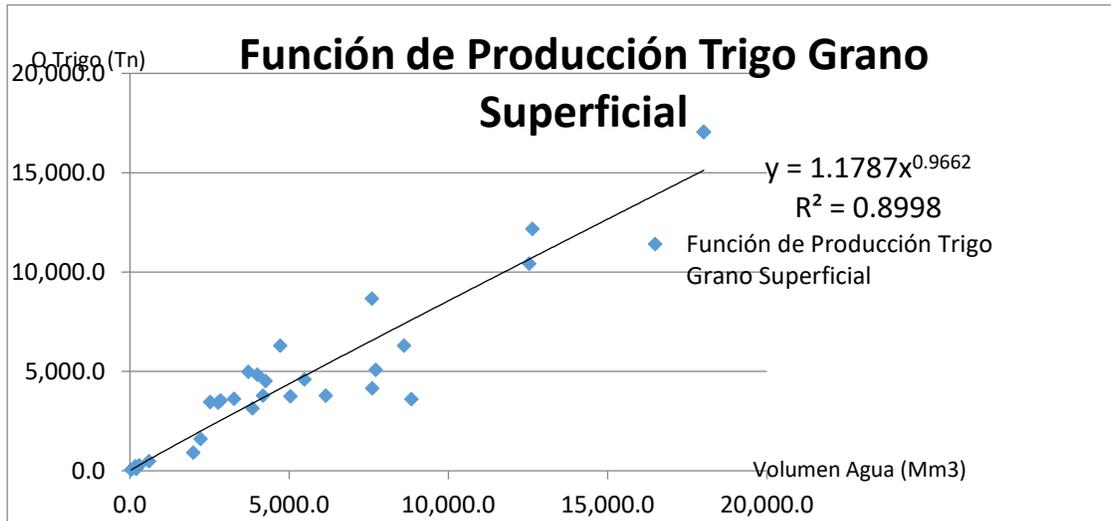
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 21.** Función de producción del Maíz con riego de bombeo



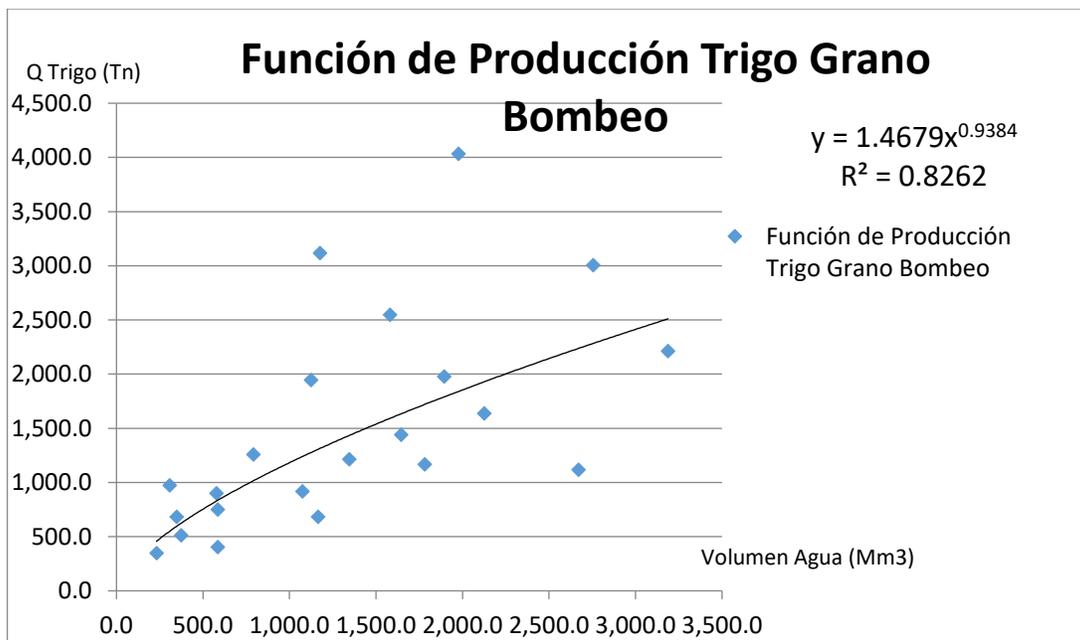
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 22.** Función de producción del Trigo grano con riego de superficial



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 23.** Función de producción del Trigo grano con riego bombeo



Fuente: elaboración propia

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 4.

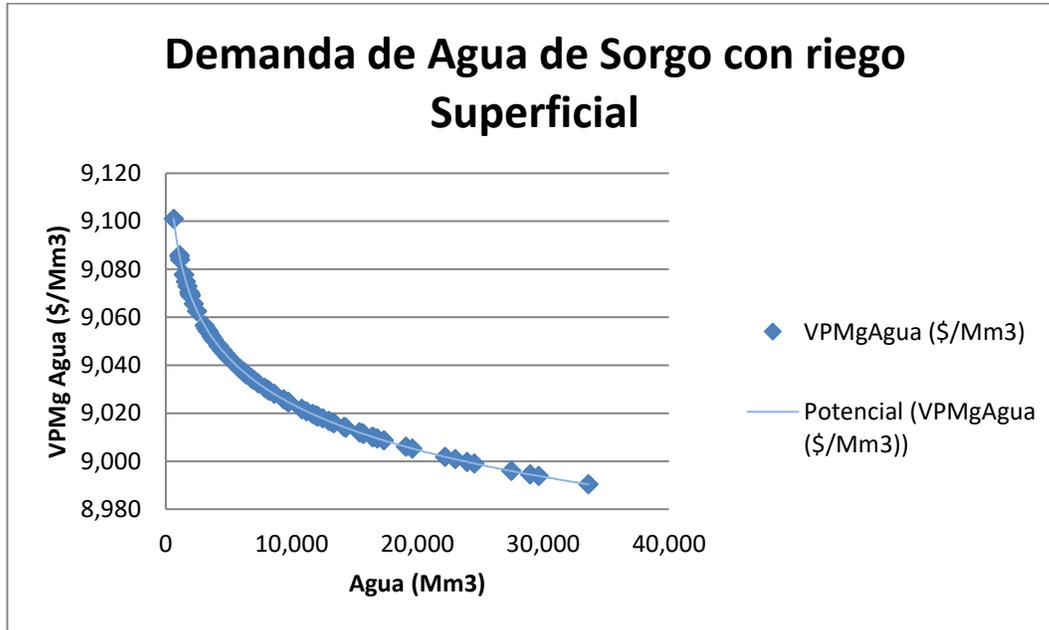
**Tabla 2.** La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA).

Cultivo	Tipo de riego	PMgA = dY/dA			VPMgA = P*PMgA				
1. Sorgo	Gravedad	3.0964	A	-0.0031	2,998.0000	*	3.0964	A	-0.0031
	Bombeo	4.0299	A	-0.0531	2,985.8458	*	4.0299	A	-0.0531
2. Cebada	Gravedad	0.8791	A	0.0534	3,712.9213	*	0.8791	A	0.0534
	Bombeo	1.2206	A	-0.0314	3,723.2928	*	1.2206	A	-0.0314
3. Maíz	Gravedad	8.7902	A	-0.1416	3,371.8819	*	8.7902	A	-0.1416
	Bombeo	6.5415	A	-0.1079	3,370.2147	*	6.5415	A	-0.1079
4. Trigo	Gravedad	1.2149	A	-0.0415	3,451.2355	*	1.2149	A	-0.0415
	Bombeo	1.8111	A	-0.0979	3,384.4585	*	1.8111	A	-0.0979
	Bombeo	1.1473	A	-0.0623	31,105.0383	*	1.1473	A	-0.0623

Fuente: elaboración propia.

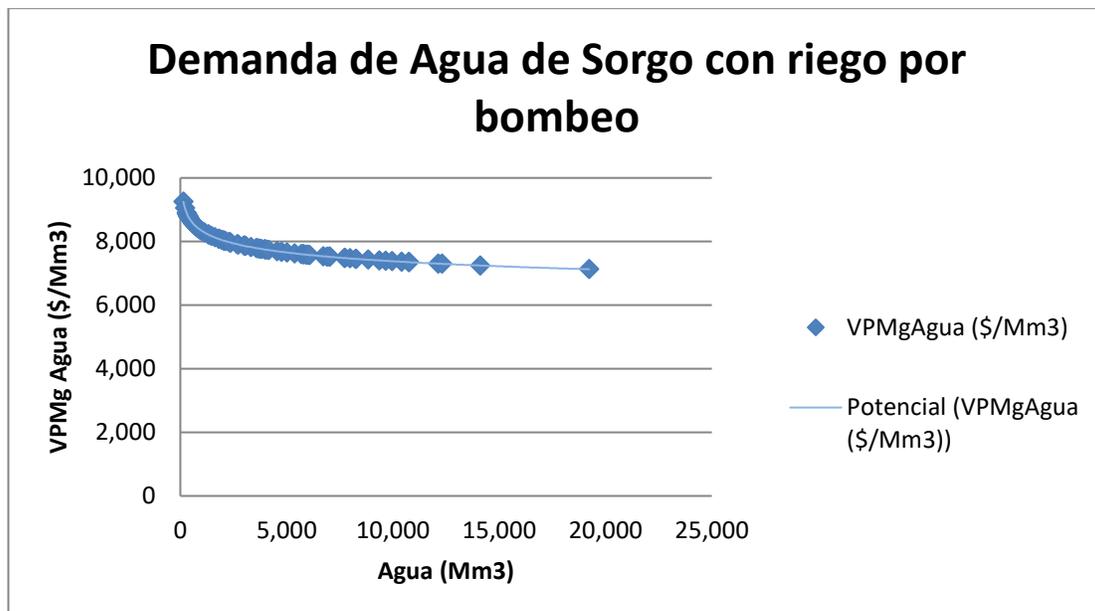
Y sus correspondientes gráficas se presentan a continuación:

**Gráfica 24.** Función de demanda del Sorgo, con riego superficial



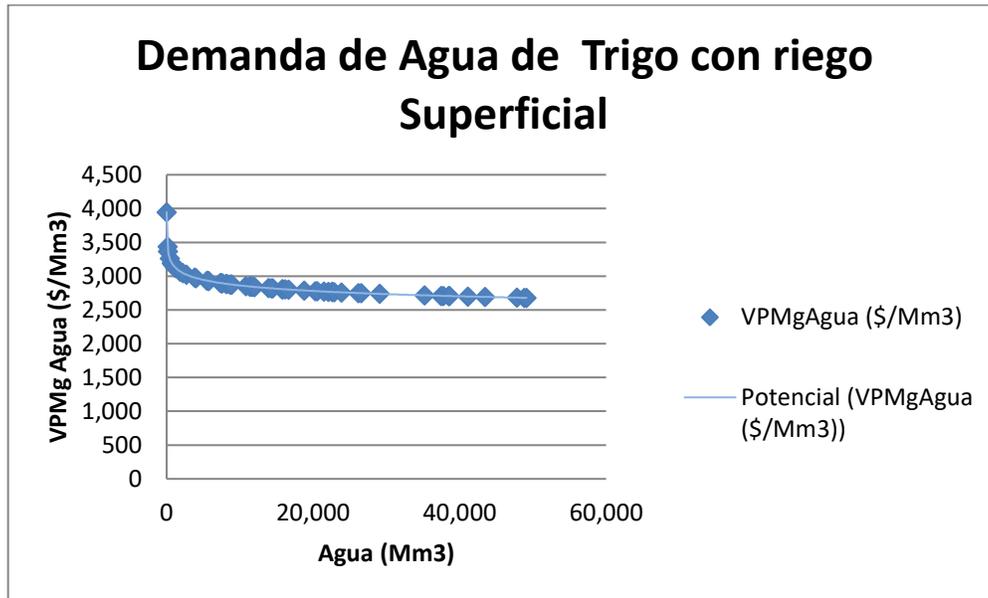
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 25.** Función de demanda del Sorgo, con riego de bombeo



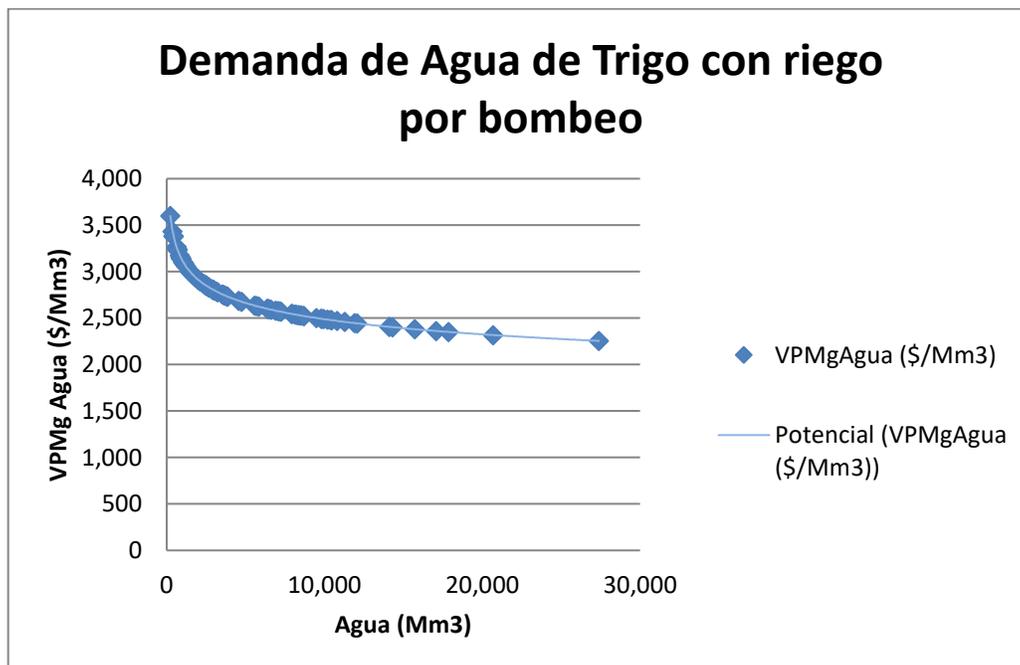
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 26.** Función de demanda del Trigo, con riego superficial



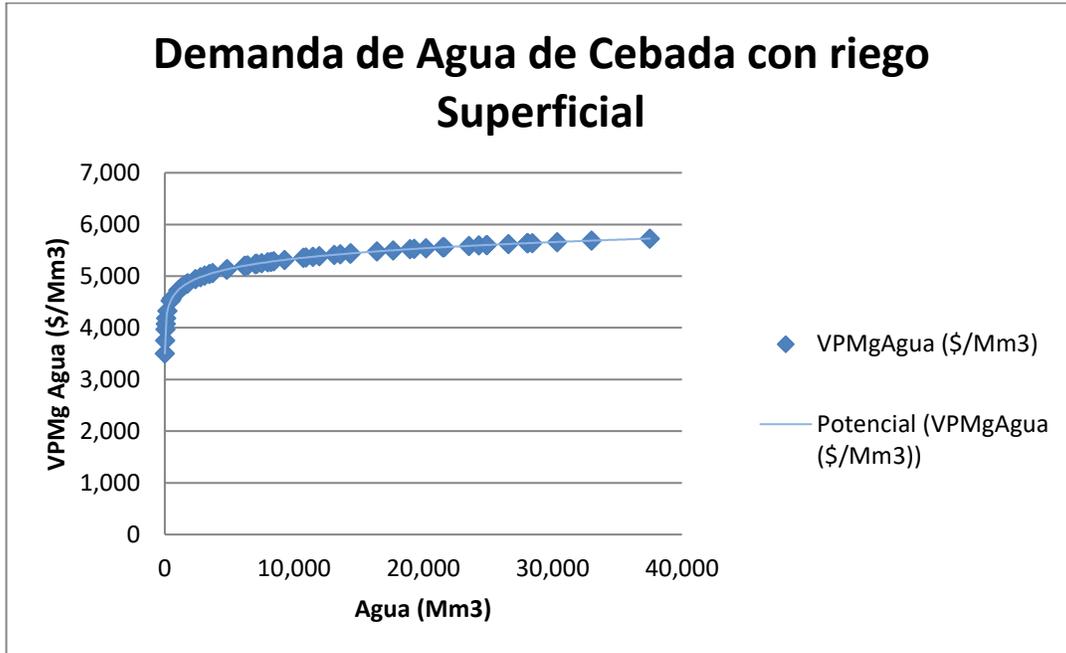
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 27.** Función de demanda del Trigo, con riego de bombeo



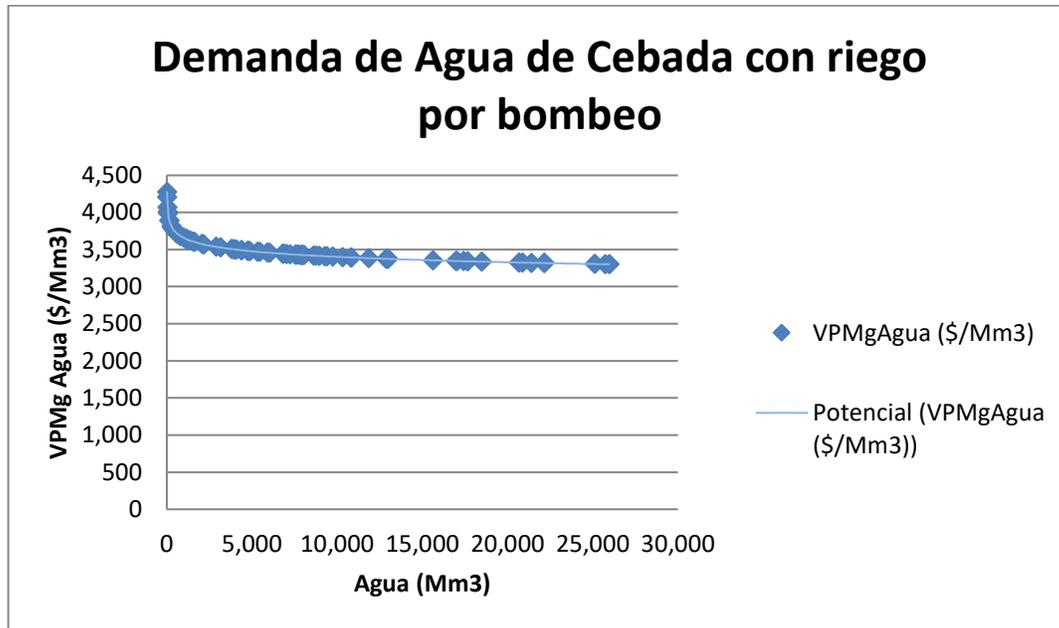
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 28.** Función de demanda de la Cebada, con riego superficial



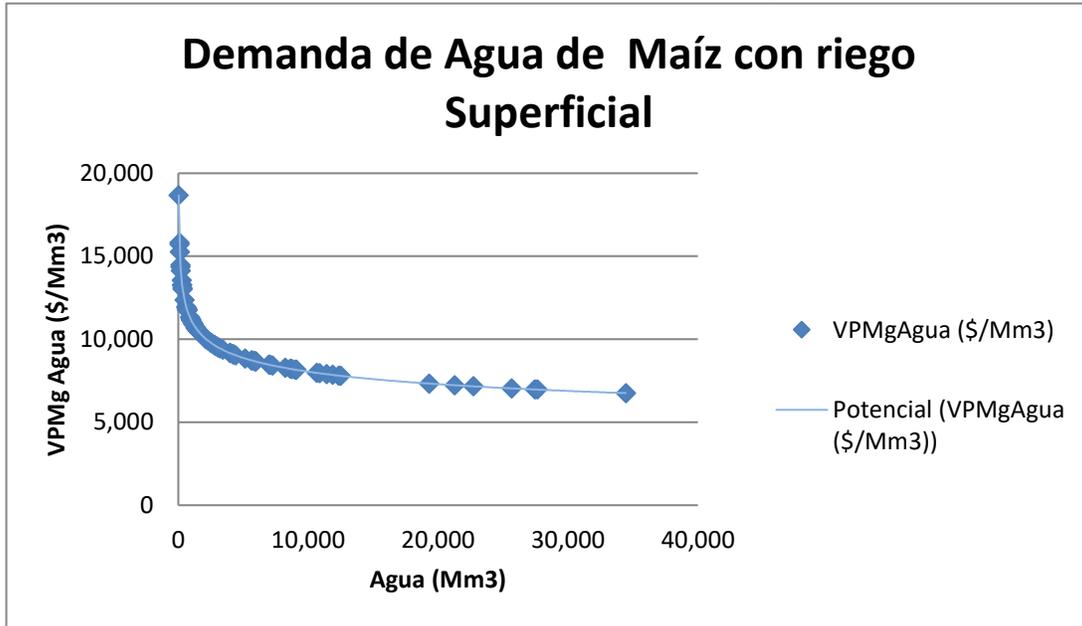
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 29.** Función de producción de la Cebada, con riego bombeo



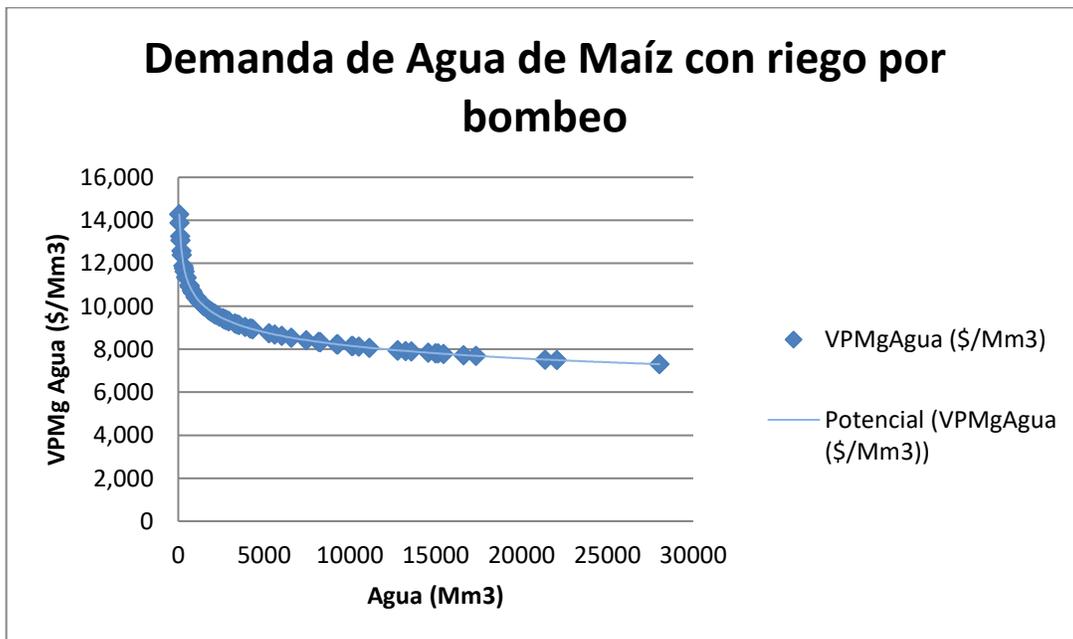
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 30.** Función de demanda del Maíz, con riego Superficial



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 31.** Función de demanda del Maíz, con riego bombeo



Fuente: elaboración propia

## Distrito de riego 033

**Tabla5.** Funciones de Producción estimadas por Cultivo y Tipo de Riego.

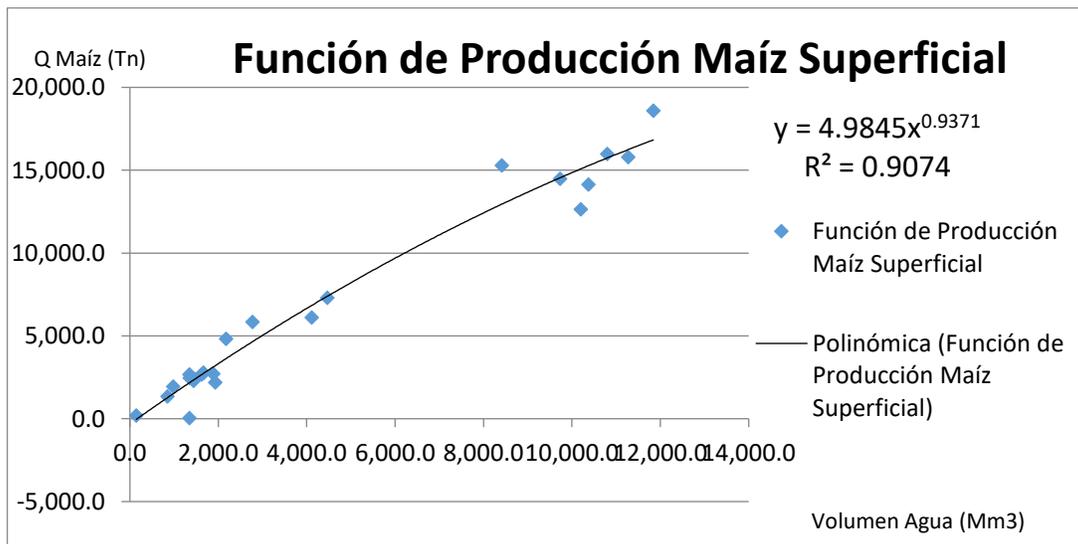
Cultivo	Tipo de riego	Función de Producción Estimada (Y)
1. Maíz	Gravedad	$Y = 2.9496 A^{0.9253}$

Fuente: elaboración propia.

Del análisis global del DT 033, tanto para el caso del riego por bombeo como riego superficial, sobresale solamente el maíz

A continuación, se presentan la gráfica de la función de producción estimada correspondientes a los cultivos que se riegan con agua superficial.

**Gráfica 32.** Función de producción del Sorgo grano, con riego superficial



Fuente: elaboración propia.

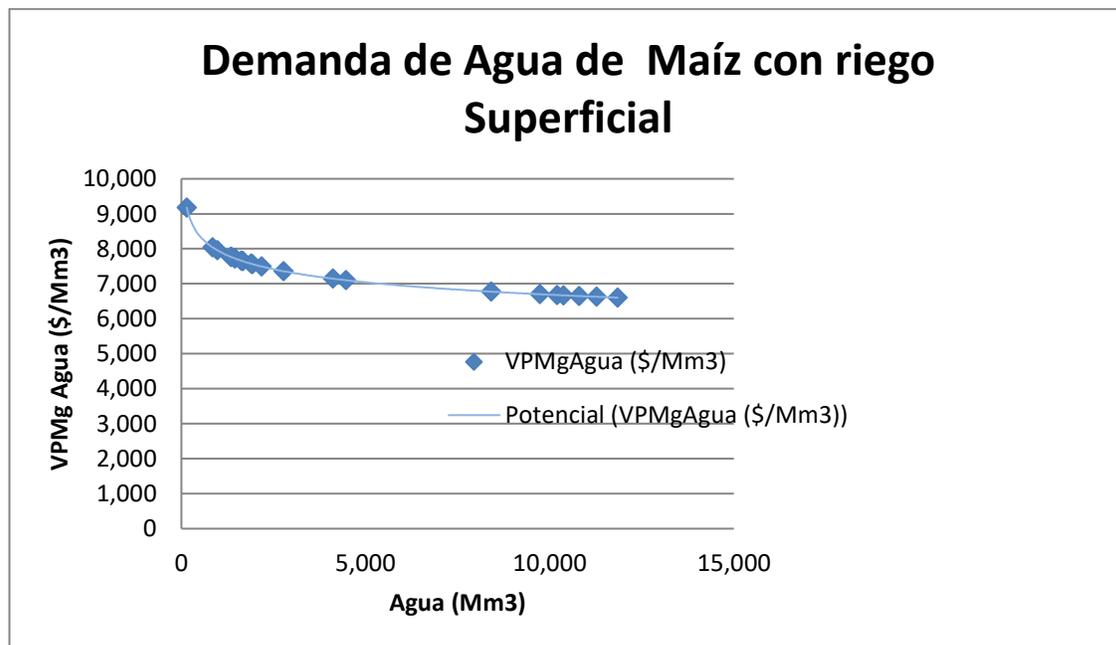
Para obtener la función de demanda derivada del agua, debe calcularse primero la productividad marginal del agua, es decir el aumento en la producción ante un incremento del insumo agua y posteriormente el valor de la productividad marginal del agua, es decir,

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 6.

**Tabla 6. 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*PMgA
1. Maíz	Gravedad	2.7292 A <sup>-0.0747</sup>	4,876.9 * 2.7292 A <sup>-0.0747</sup>

**Gráfica 33.** Función de demanda del Maíz, con riego superficial



Fuente: elaboración propia.

## Distrito de riego 045

**Tabla 7.** Funciones de Producción estimadas por Cultivo y Tipo de Riego.

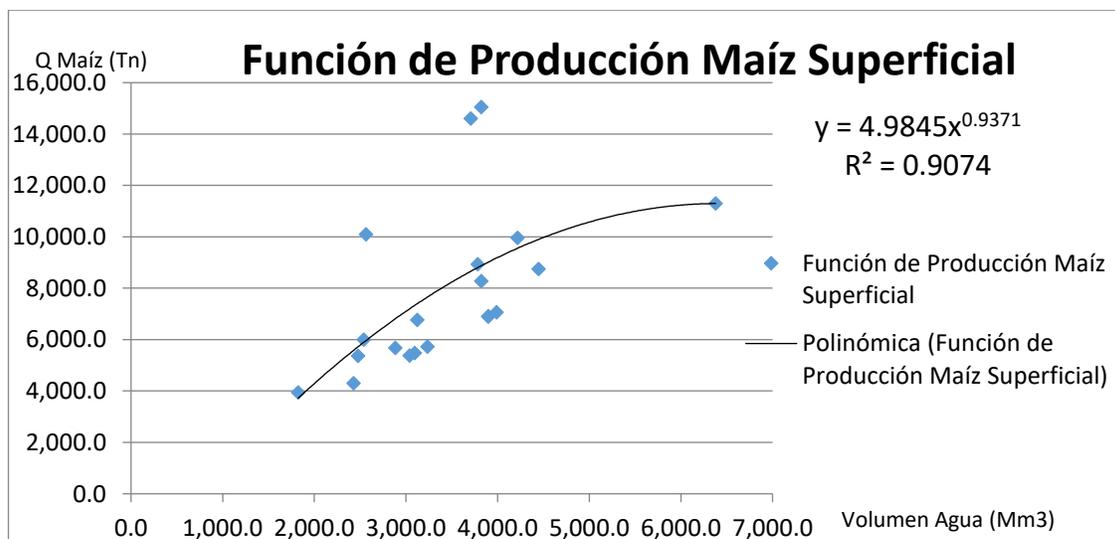
Cultivo	Tipo de riego	Función de Producción Estimada (Y)
1. Maíz	Gravedad	Y= 4.9063 A 0.9007
2. Avena	Gravedad	Y= 2.4573 A 1.0000
3. Fresa	Gravedad	Y= 0.5911 A 1.0000

Fuente: elaboración propia.

Del análisis global del DT 045, es de mencionar que todos los cultivos se riegan con agua superficial preponderantemente 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.

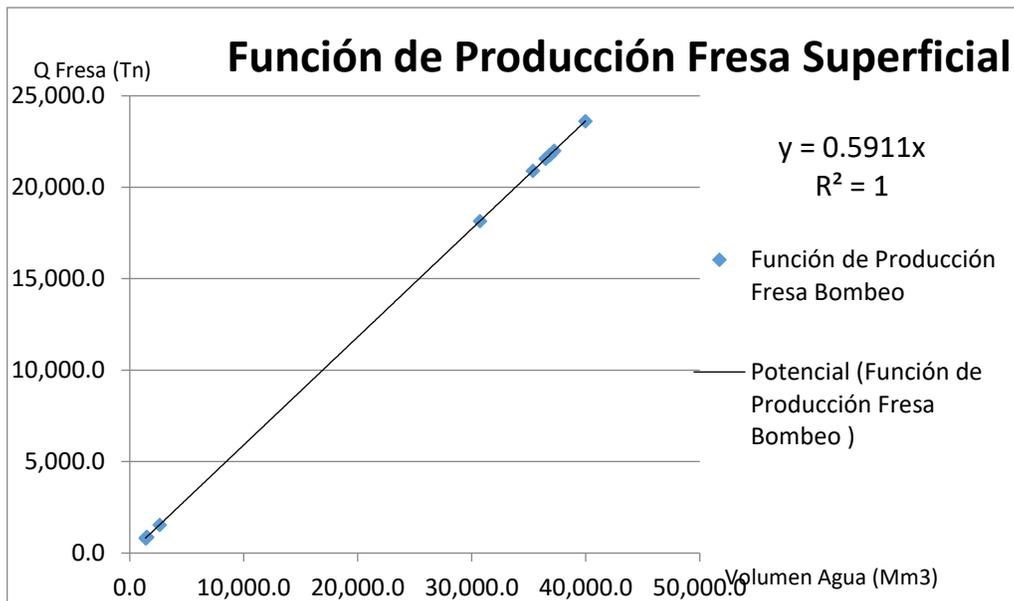
Existen algunos cultivos que además de utilizar la gravedad, en algún ciclo, son regados con aguas subterráneas para segundos cultivos, sólo algunos cultivos. A continuación, se presentan las gráficas de las funciones de producción estimadas correspondientes a los cultivos que se riegan con agua superficial.

**Gráfica 34.** Función de producción del Avena, con riego superficial



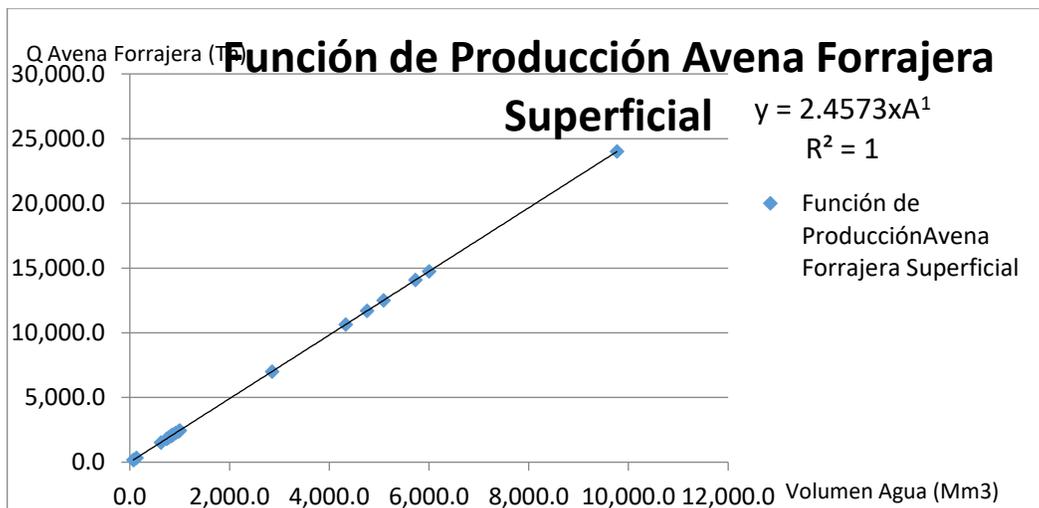
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 35.** Función de producción del Fresa, con riego superficial



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 36.** Función de producción de la Avena, con riego superficial



Fuente: elaboración propia.

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 8.

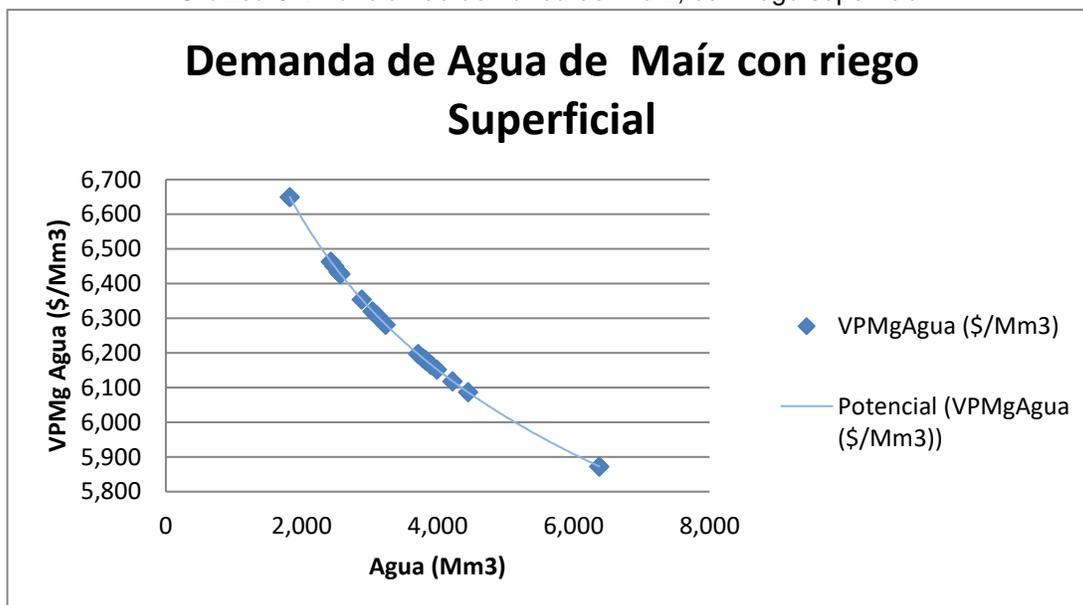
**Tabla 8.** La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA).

Cultivo	Tipo de riego	PMgA = dY/dA	VPMgA = P*PMgA
1. Maíz	Gravedad	4.4193 A 0.0993	3,170.7 * 4.4193 A -0.0993
2. Avena	Gravedad	2.4573 A 0.0000	1,110.5 * 2.4573 A 0.0000
3. Fresa	Gravedad	0.5911 A 0.0000	5,450.0 * 0.5911 A 0.0000

Fuente: elaboración propia.

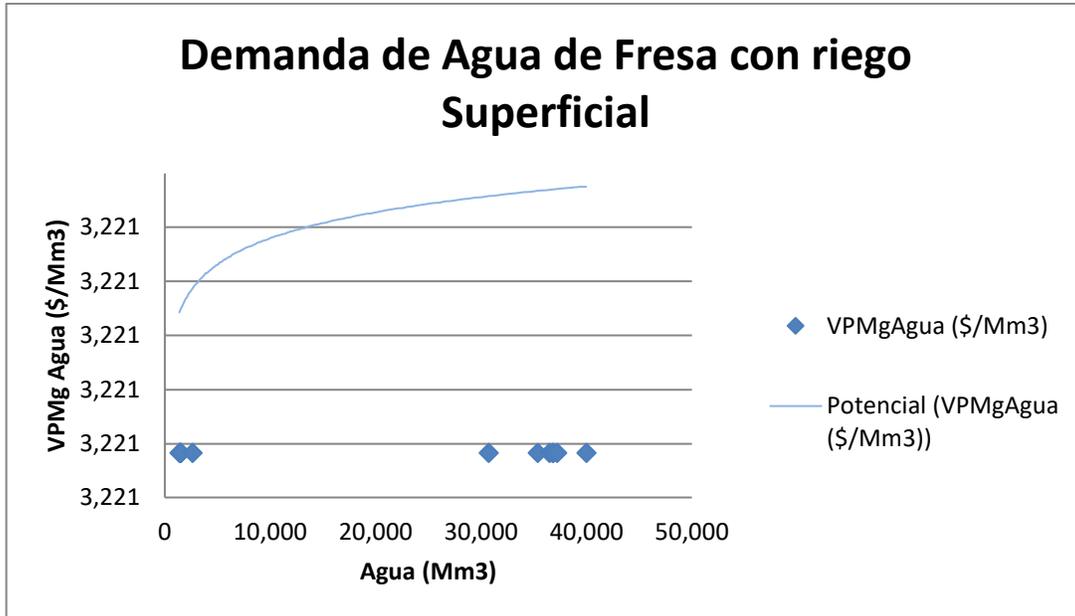
Y sus correspondientes gráficas se presentan a continuación:

**Gráfica 37.** Función de demanda del Maíz, con riego superficial



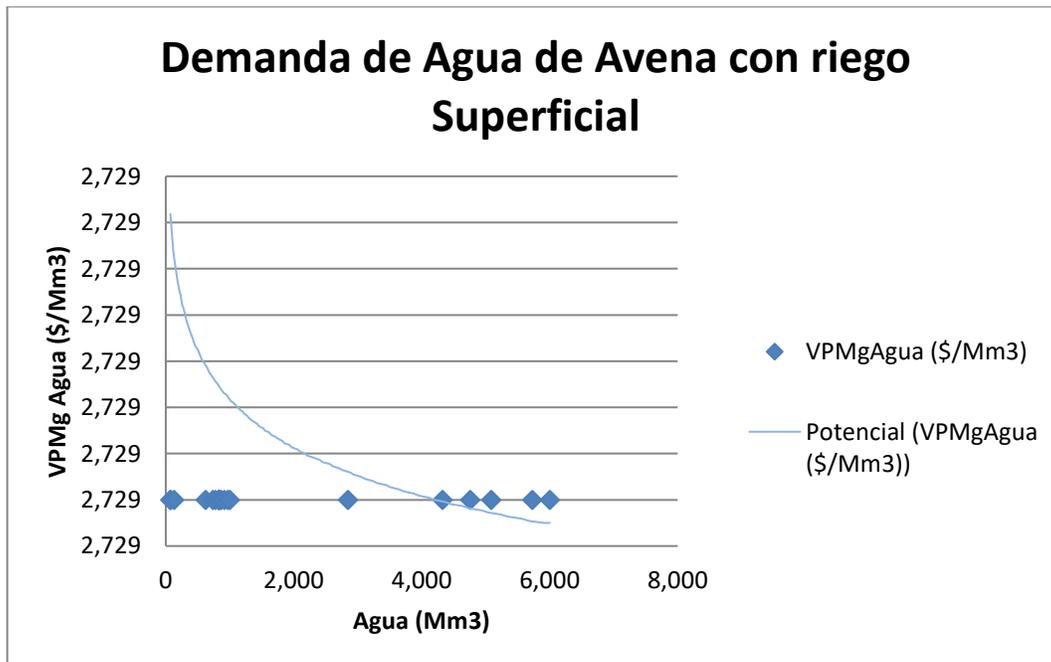
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 38.** Función de demanda de la Fresa, con riego superficial



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 39.** Función de demanda de la Avena Forrajera, con riego superficial



Fuente: elaboración propia.

## Distrito de riego 061

**Tabla9.** Funciones de Producción estimadas por Cultivo y Tipo de Riego.

Cultivo	Tipo de riego	Función de Producción Estimada (Y)
1. Trigo	Gravedad	Y= 0.5206 A 1.0240
2. Maíz	Gravedad	Y= 4.9931 A 0.9756
3. Fresa	Gravedad	Y= 5.3397 A 0.8442
	Bombeo	Y= 2.1473 A 0.9848
4. Sorgo	Gravedad	Y= 2.4472 A 1.0334

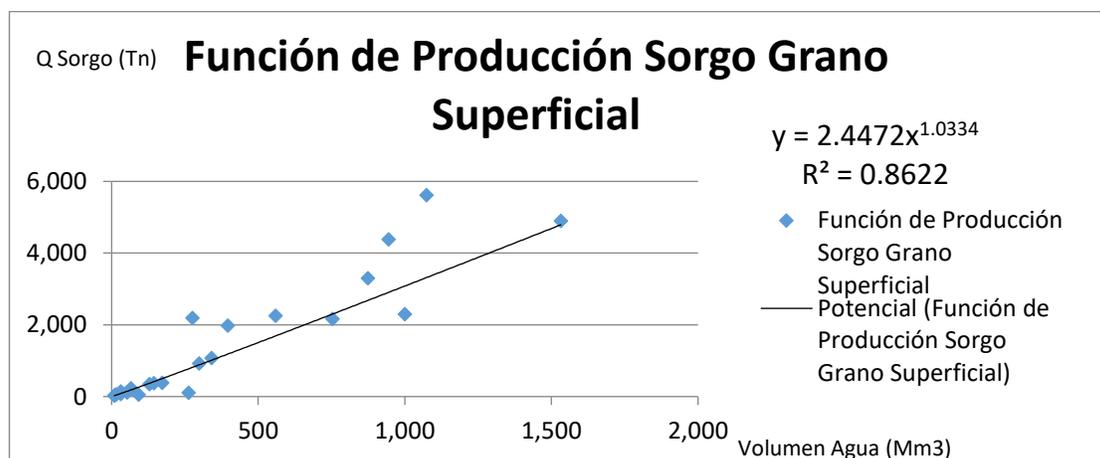
Fuente: elaboración propia.

Del análisis global del DT 061, para el caso del riego por bombeo, sobresalen los cultivos de fresa, frutales y Arándano. Por otra parte, dentro de los perennes, sobresalen, la alfalfa, el espárrago y la fresa.

Como ya se mencionó existen algunos cultivos que además de utilizar la gravedad, en algún ciclo, son regados con aguas subterráneas para segundos cultivos, por ejemplo, fresa, frutales y Arándano.

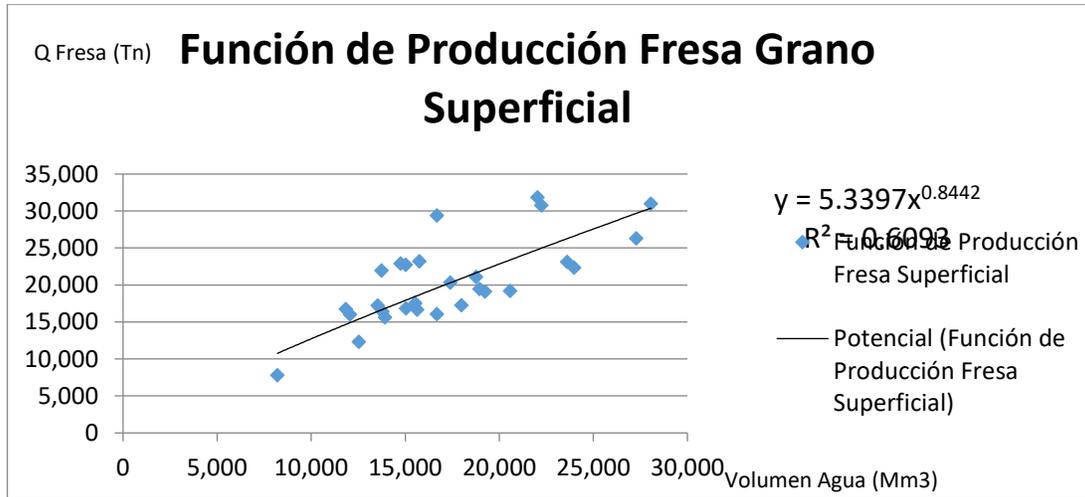
A continuación, se presentan las gráficas de las funciones de producción estimadas correspondientes a los cultivos que se riegan con agua superficial.

**Gráfica 40.** Función de producción del Sorgo grano, con riego superficial



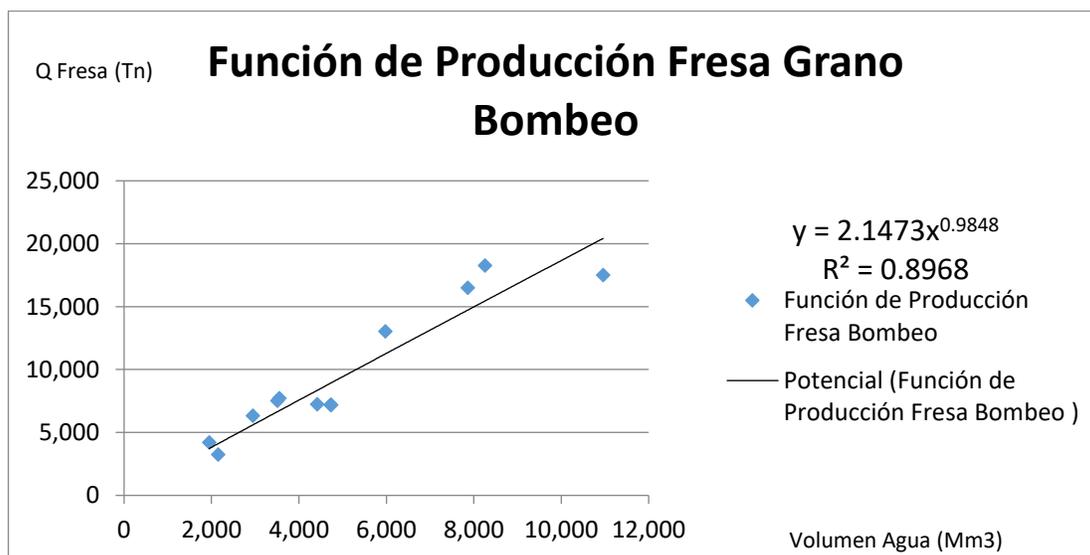
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 41.** Función de producción de la Fresa, con riego superficial



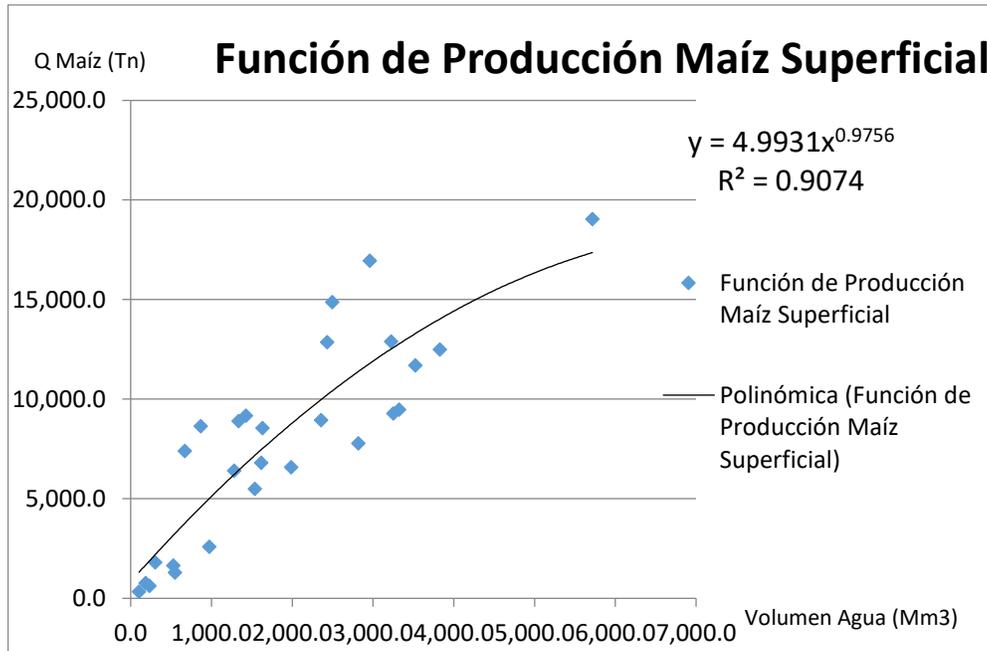
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 42.** Función de producción de la Fresa, con riego de bombeo



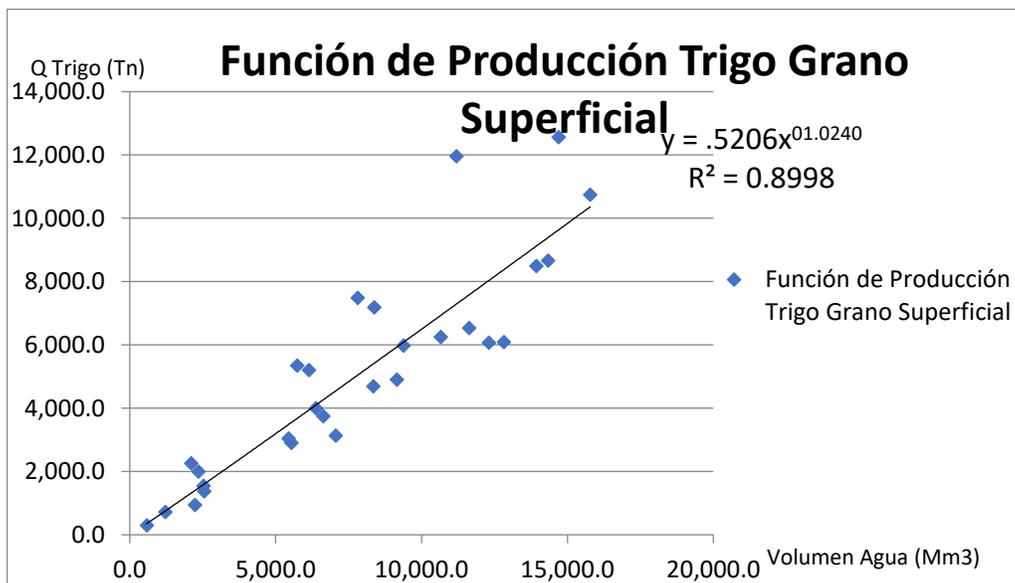
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 43.** Función de producción del Maíz, con riego superficial



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 44.** Función de producción del Trigo grano con riego de superficial



Fuente: elaboración propia

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 10.

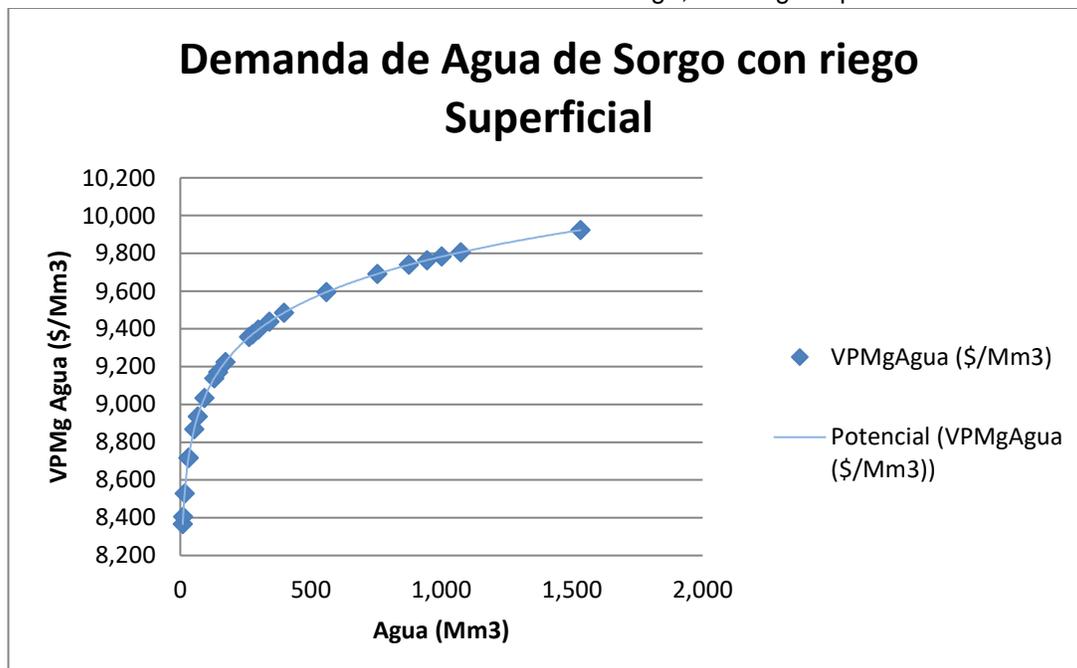
**Tabla10.** La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA).

Cultivo	Tipo de riego	PMgA = dY/dA			VPMgA = P*PMgA				
1. Trigo	Gravedad	0.5206	A	0.0240	3,367.14	*	0.5331	A	0.0240
2. Maíz	Gravedad	4.9931	A	-0.0244	2,959.59	*	4.8710	A	-0.0244
3. Fresa	Gravedad	5.3397	A	-0.1558	10,251.80	*	4.5080	A	-0.1558
	Bombeo	2.1473	A	-0.0152	14,940.67	*	2.1145	A	-0.0152
4. Sorgo	Gravedad	2.4472	A	0.0334	3,071.78	*	2.5289	A	0.0334

Fuente: elaboración propia.

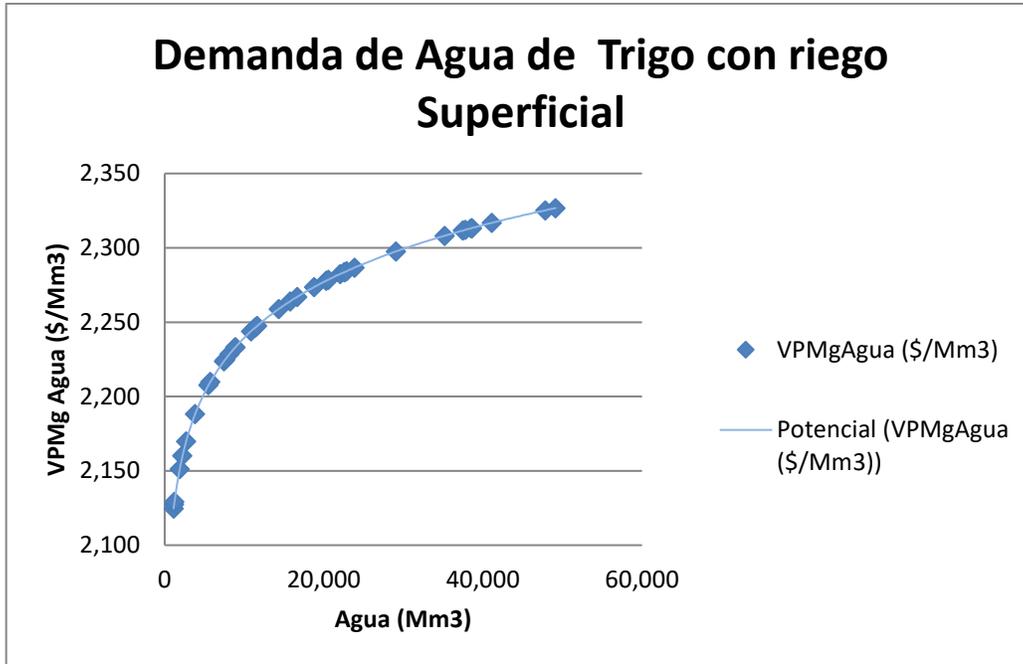
En las estimaciones de las gráficas de demanda del sorgo y trigo no se contó con suficiente información, lo cual hizo obtener parámetros erróneos:

**Gráfica 45.** Función de demanda del Sorgo, con riego superficial



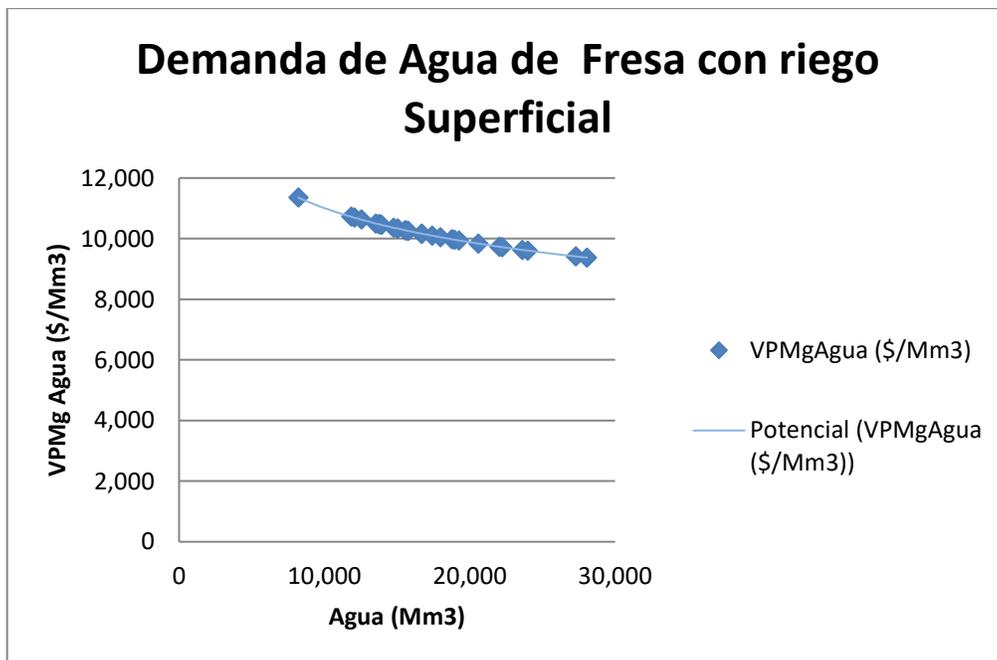
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 46.** Función de demanda del Trigo, con riego superficial



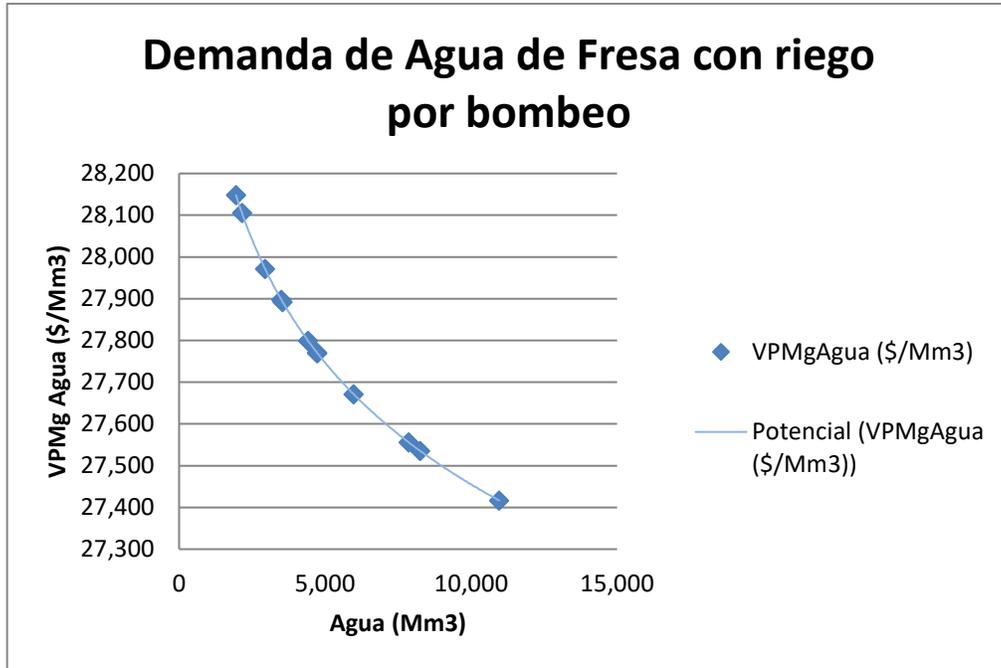
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 47.** Función de demanda de la Fresa, con riego superficial



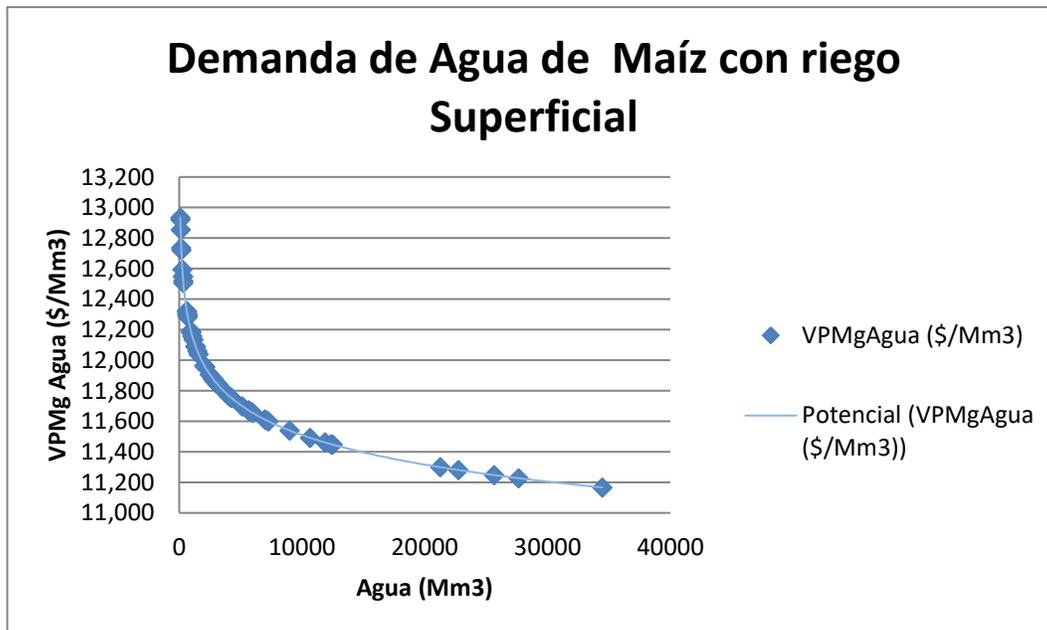
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 48.** Función de producción de la Fresa, con riego subterráneo



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 49.** Función de demanda del Maíz, con riego Superficial



Fuente: elaboración propia.

## Distrito de riego 085

**Tabla 11.** Funciones de Producción estimadas por Cultivo y Tipo de Riego.

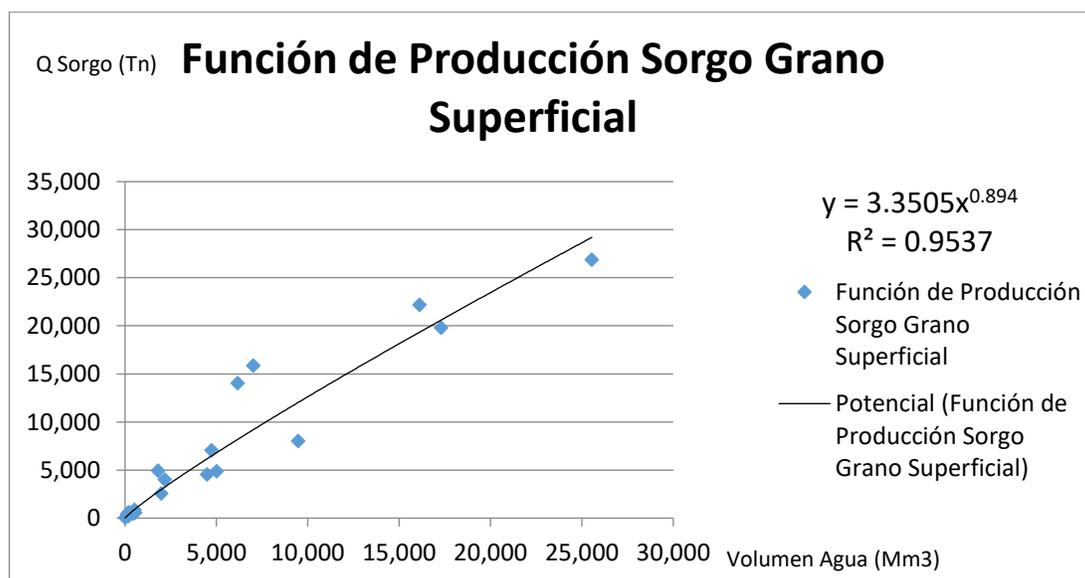
Cultivo	Tipo de riego	Función de Producción Estimada (Y)
1. Sorgo	Gravedad	Y= 3.3505 A 0.8940
	Bombeo	Y= 2.3241 A 0.8968
2. Alfalfa	Gravedad	Y= 40.9978 A 0.6894
	Bombeo	Y= 37.8530 A 0.6723
3. Maíz	Gravedad	Y= 9.7715 A 0.7543
	Bombeo	Y= 3.1605 A 0.8899
4. Zanahoria	Gravedad	Y= 10.0143 A 0.8494
	Bombeo	Y= 2.0264 A 1.0775

Fuente: elaboración propia.

Del análisis global del DT 085, para el caso del riego por bombeo, todos los cultivos sembrados en este distrito de riego hacen uso del agua subterránea. En todos los cultivos, además de utilizar la gravedad, en algún ciclo, son regados con aguas subterráneas para segundos cultivos, por ejemplo, el maíz y el sorgo.

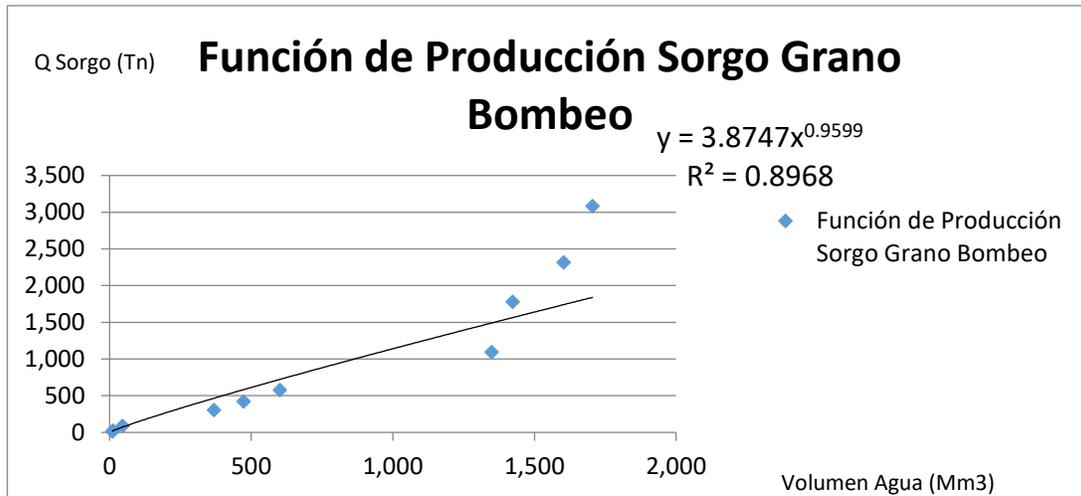
A continuación, se presentan las gráficas de las funciones de producción estimadas correspondientes a los cultivos que se riegan con agua superficial.

**Gráfica 50.** Función de producción del Sorgo grano, con riego superficial



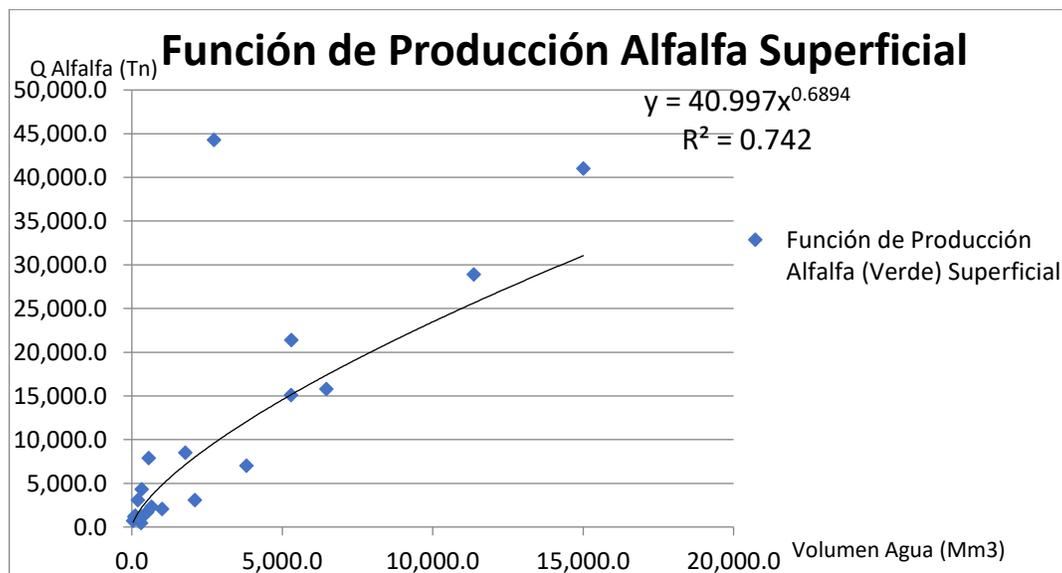
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 51.** Función de producción del Sorgo grano, con riego de bombeo



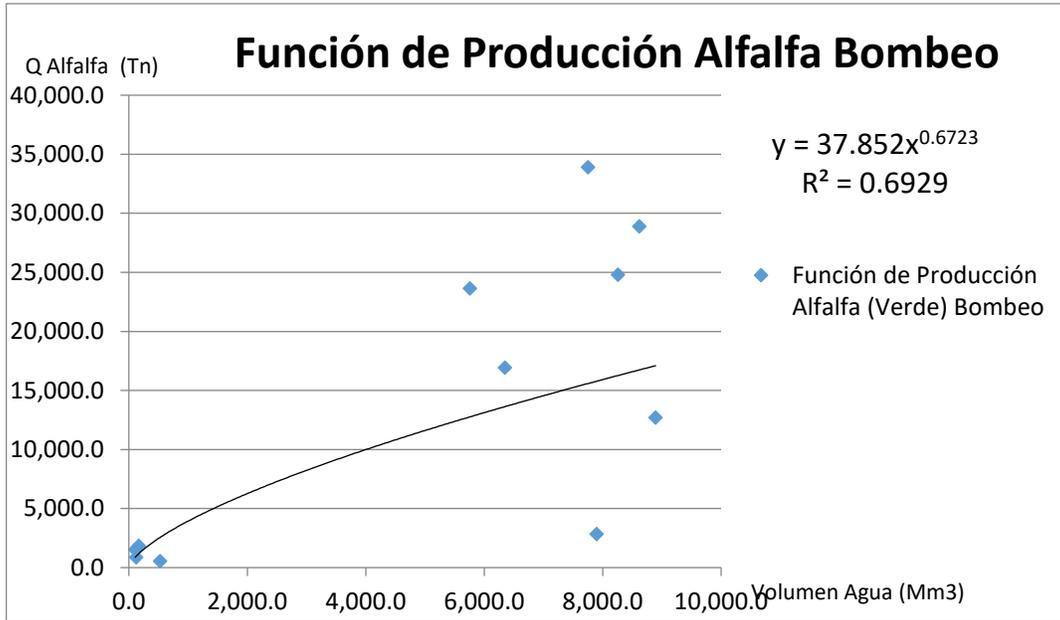
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 52.** Función de producción de la Alfalfa, con riego superficial



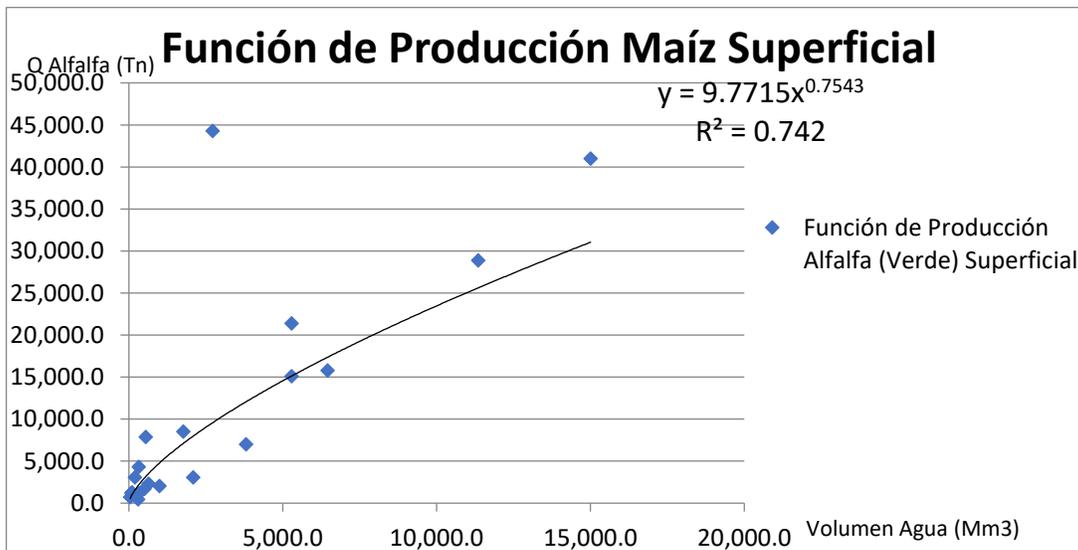
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 53.** Función de producción de la Alfalfa, con riego de bombeo



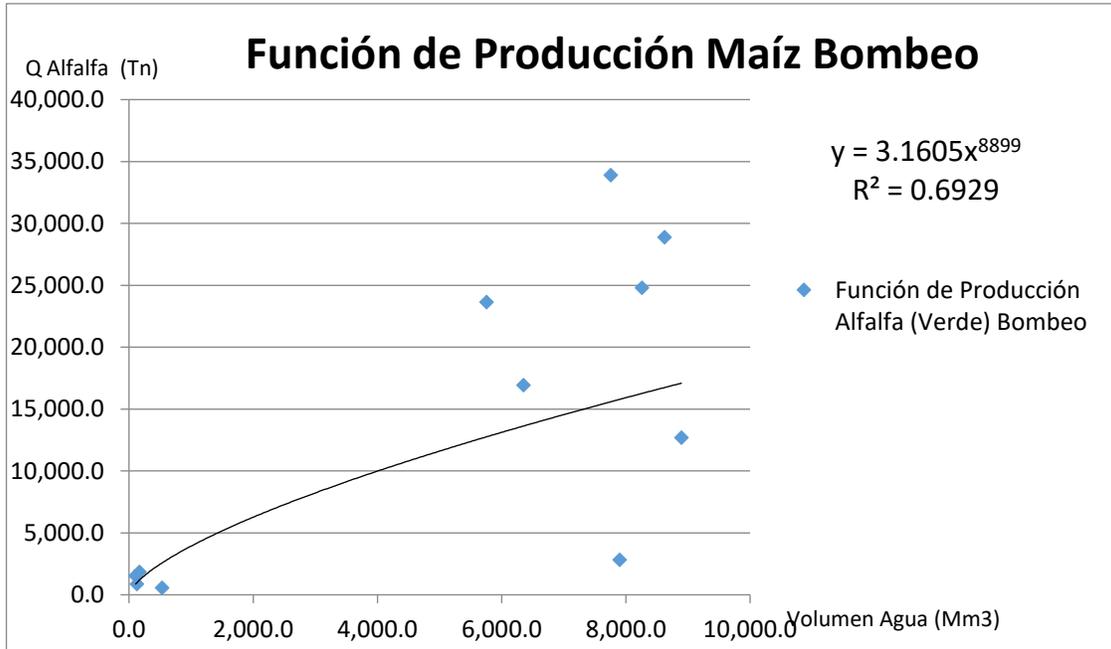
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 54.** Función de producción del Maíz, con riego superficial



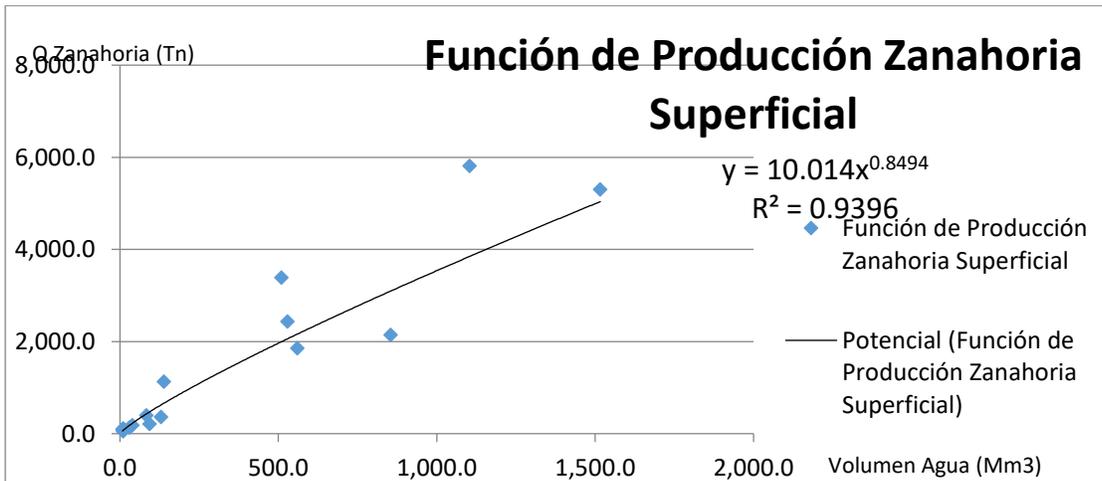
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 55.** Función de producción del Maíz con riego de bombeo



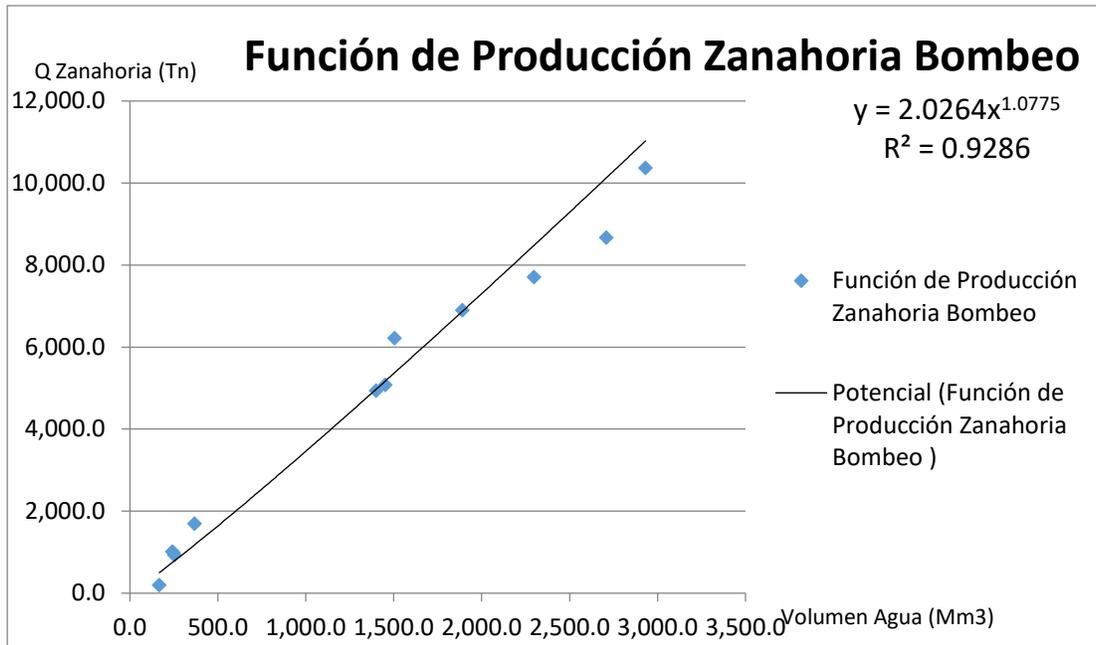
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 56.** Función de producción de la Zanahoria con riego de superficial



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 57.** Función de producción de la Zanahoria con riego de superficial



Fuente: elaboración propia

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 12.

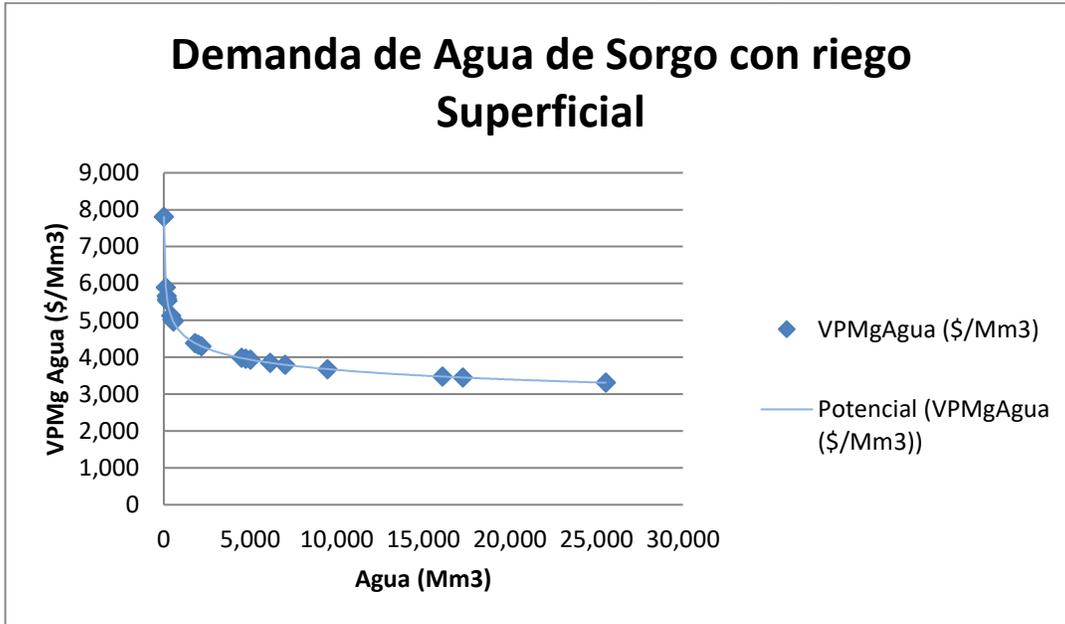
**Tabla12.** La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA).

Cultivo	Tipo de riego	PMgA = dY/dA			VPMgA = P*PMgA				
1. Sorgo	Gravedad	2.9955	A	-0.1060	3,239	*	2.9955	A	-0.1060
	Bombeo	2.0843	A	-0.1032	3,227	*	2.0843	A	-0.1032
2. Alfalfa	Gravedad	28.2652	A	-0.3106	1,593	*	28.2652	A	-0.3106
	Bombeo	25.4471	A	-0.3277	1,574	*	25.4471	A	-0.3277
3. Maíz	Gravedad	7.3702	A	-0.2457	3,457	*	7.3702	A	-0.2457
	Bombeo	2.8126	A	-0.1101	3,626	*	2.8126	A	-0.1101
4. Zanahoria	Gravedad	8.5058	A	-0.1506	2,508	*	8.5058	A	-0.1506
	Bombeo	2.1834	A	0.0775	2,610	*	2.1834	A	0.0775

Fuente: elaboración propia.

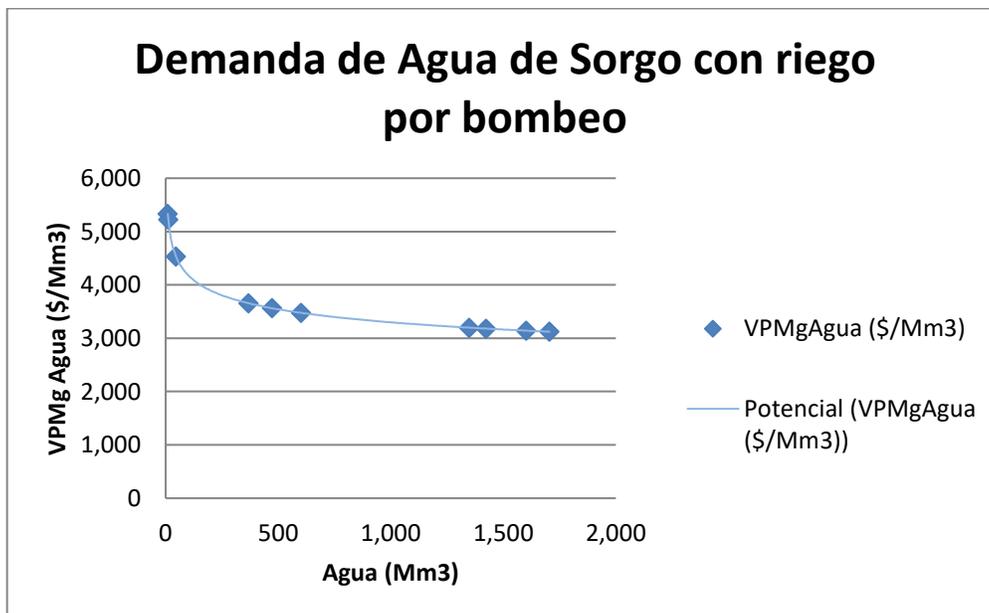
Y sus correspondientes gráficas se presentan a continuación:

**Gráfica 58.** Función de demanda del Sorgo, con riego superficial



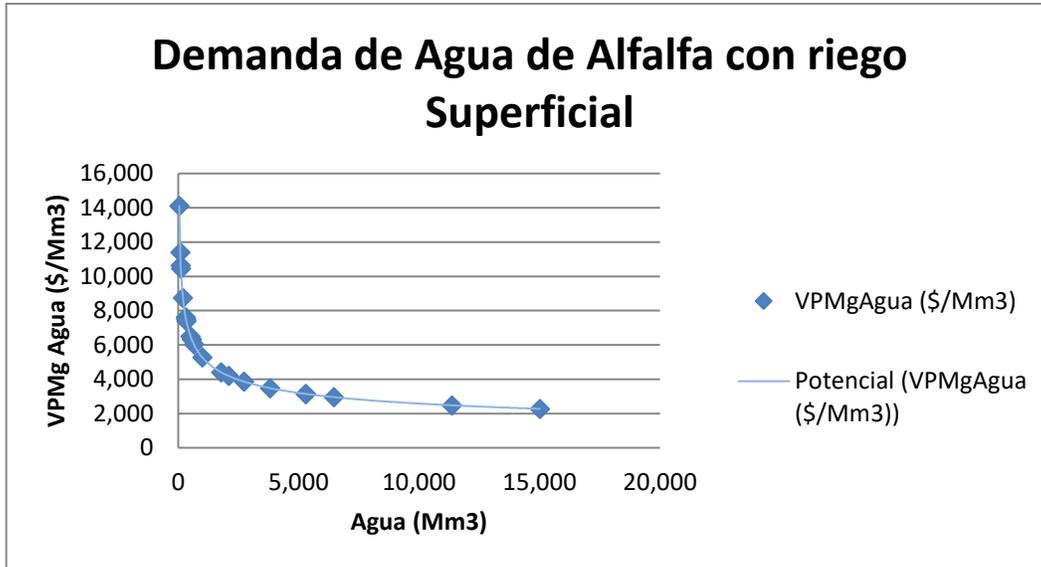
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 59.** Función de demanda del Sorgo, con riego de bombeo



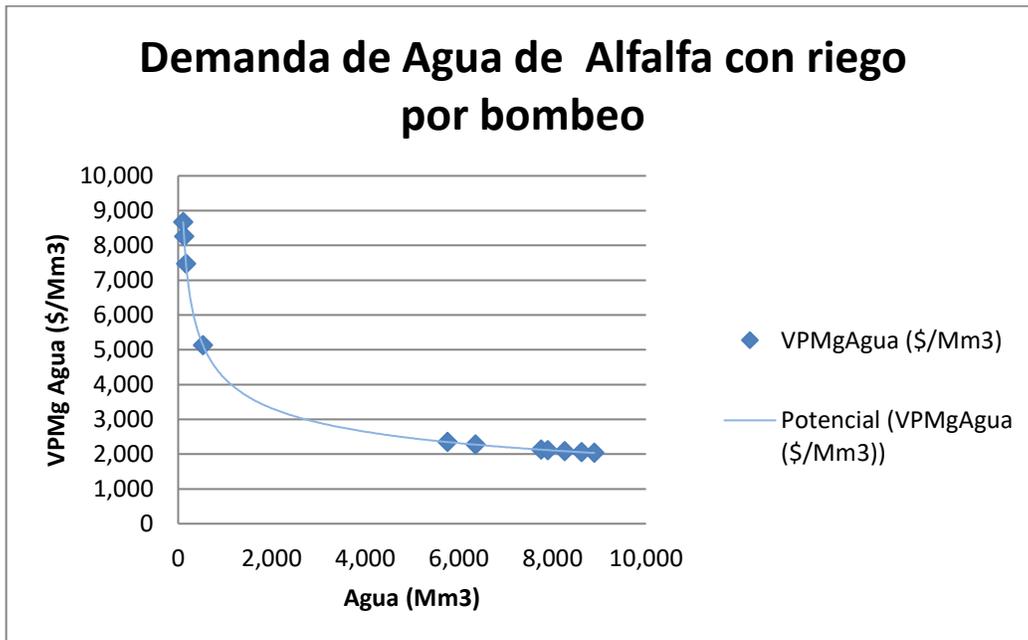
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 60.** Función de demanda del Alfalfa, con riego superficial



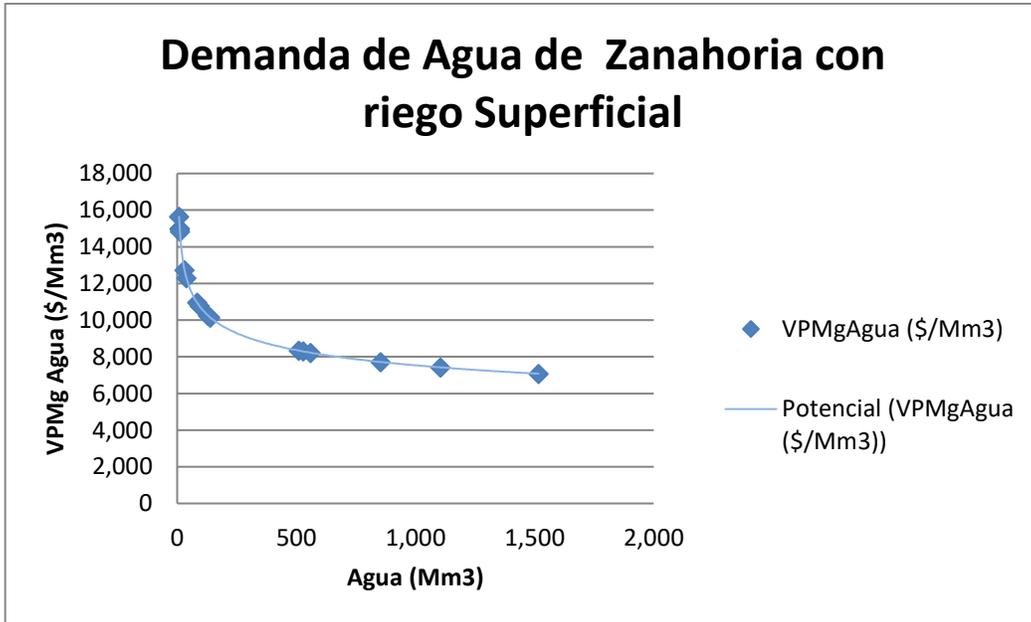
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 61.** Función de demanda del Alfalfa, con riego de bombeo



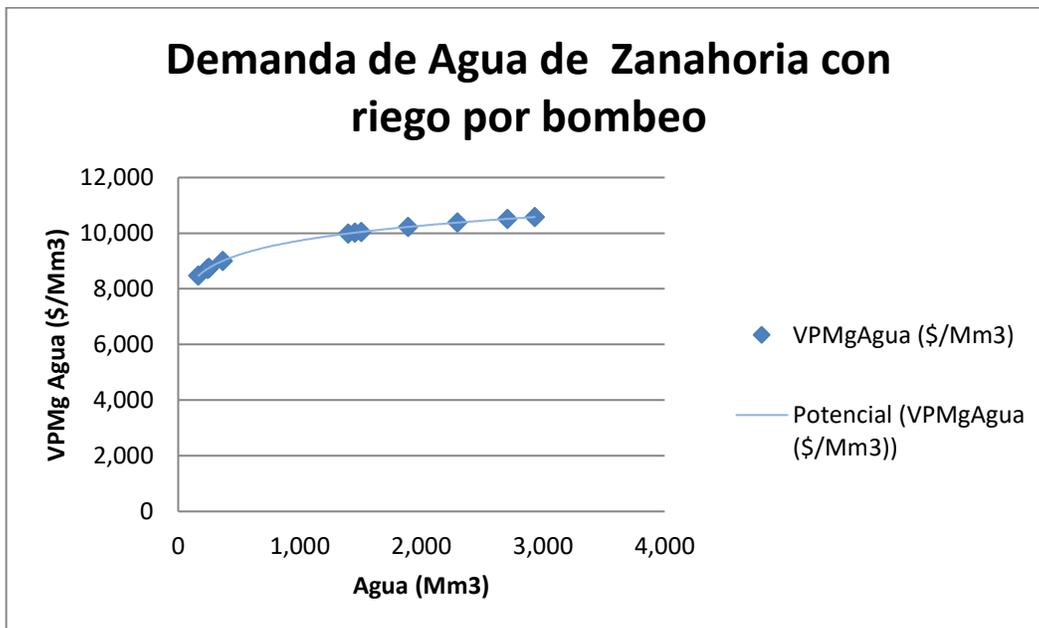
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 62.** Función de demanda de la Zanahoria, con riego superficial



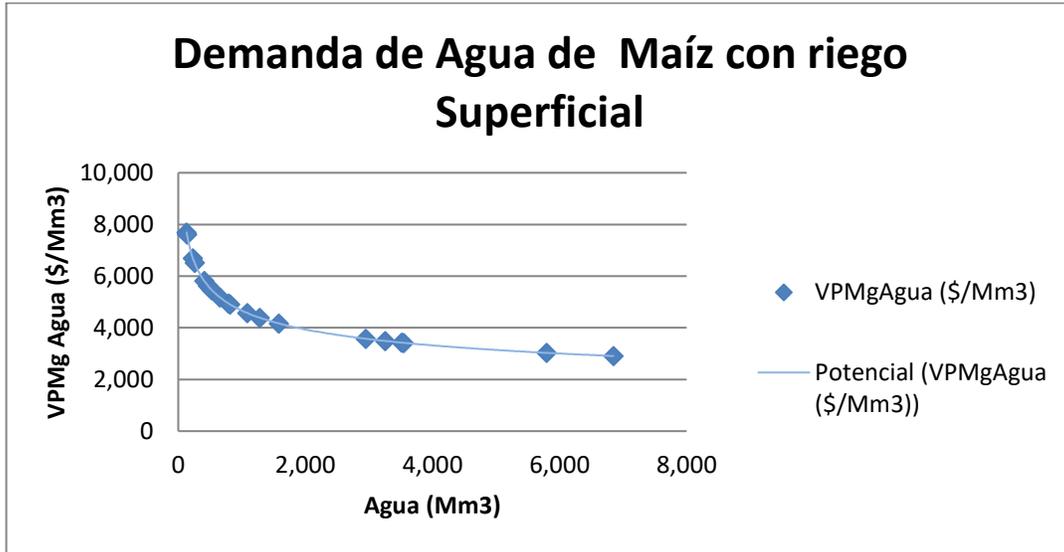
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 63.** Función de producción de la Zanahoria, con riego bombeo



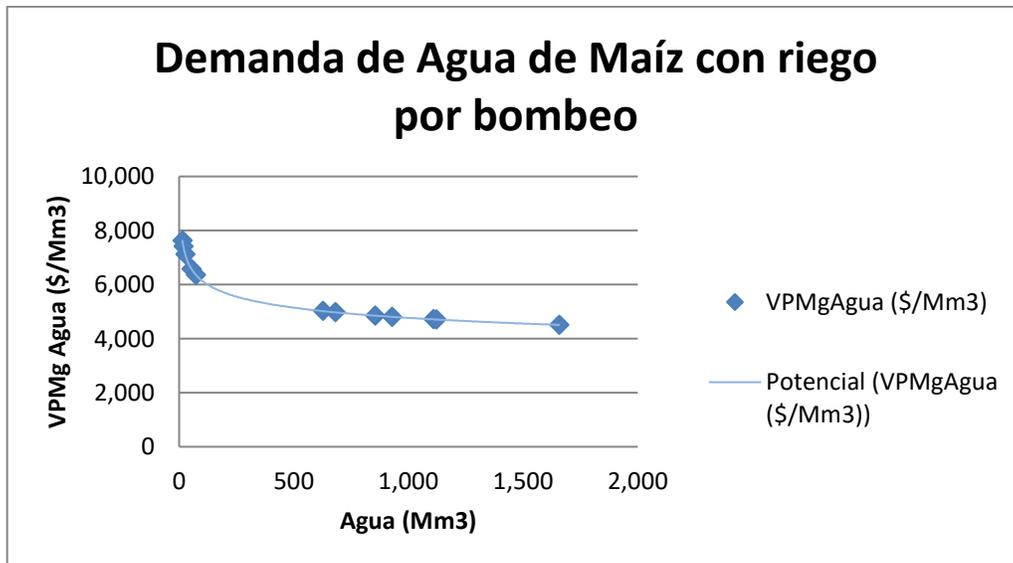
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 64.** Función de demanda del Maíz, con riego Superficial



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 65.** Función de demanda del Maíz, con riego bombeo



Fuente: elaboración propia

## Distrito de riego 087

**Tabla13.** Funciones de Producción estimadas por Cultivo y Tipo de Riego.

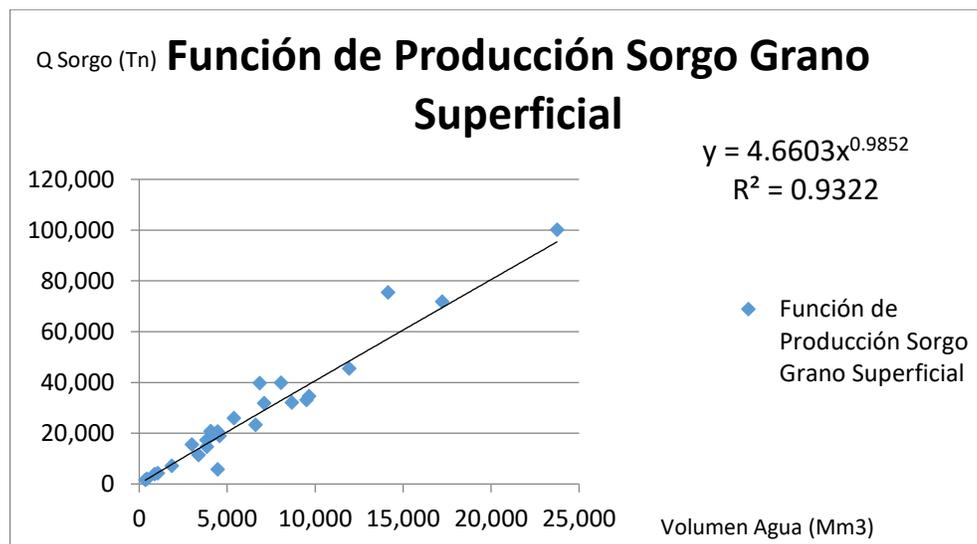
Cultivo	Tipo de riego	Función de Producción Estimada (Y)	
1. Maíz	Gravedad	Y= 19.3650	A 0.8363
	Bombeo	Y= 12.1280	A 0.8617
2. Trigo	Gravedad	Y= 0.5390	A 1.0383
	Bombeo	Y= 0.9261	A 0.9833
3. Sorgo	Gravedad	Y= 4.6603	A 0.9852
	Bombeo	Y= 10.3141	A 0.8468
4. Cebada	Gravedad	Y= 0.3191	A 1.1429
	Bombeo	Y= 0.9602	A 1.0046

Fuente: elaboración propia.

Del análisis global del DT 087, para el caso del riego por bombeo, se utiliza para regar todos los cultivos que se siembran en este distrito de riego. Existen algunos cultivos que además de utilizar el bombeo, en algún ciclo, son regados con aguas superficiales, por ejemplo, el maíz, el sorgo, trigo, cebada y la fresa.

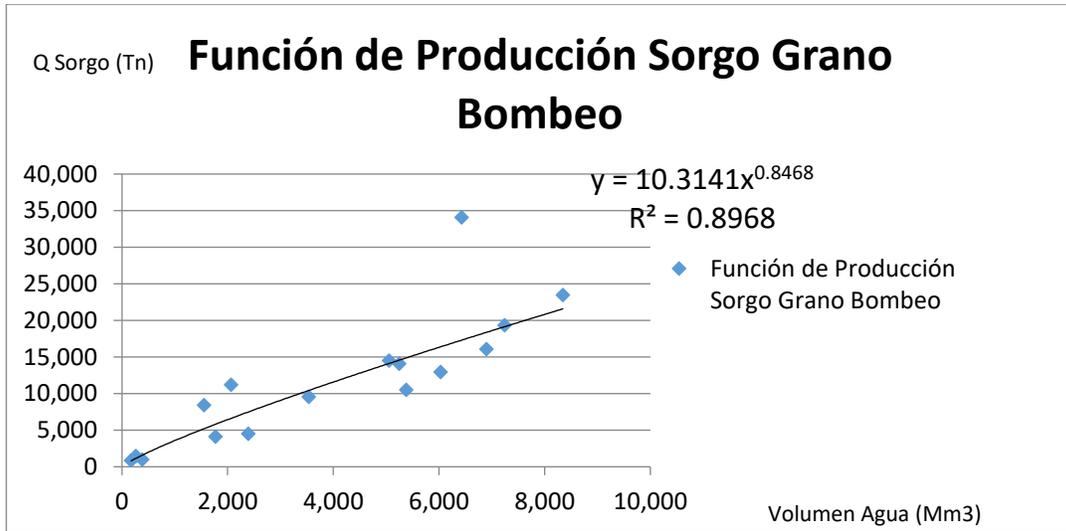
A continuación, se presentan las gráficas de las funciones de producción estimadas correspondientes a los cultivos que se riegan con agua superficial y subterránea

**Gráfica 66.** Función de producción del Sorgo grano, con riego superficial



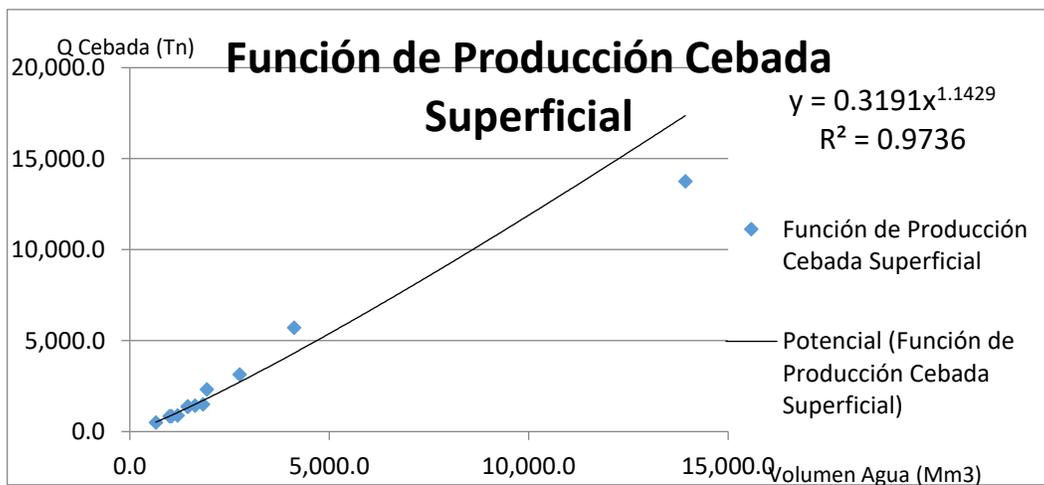
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 67.** Función de producción del Sorgo grano, con riego de bombeo



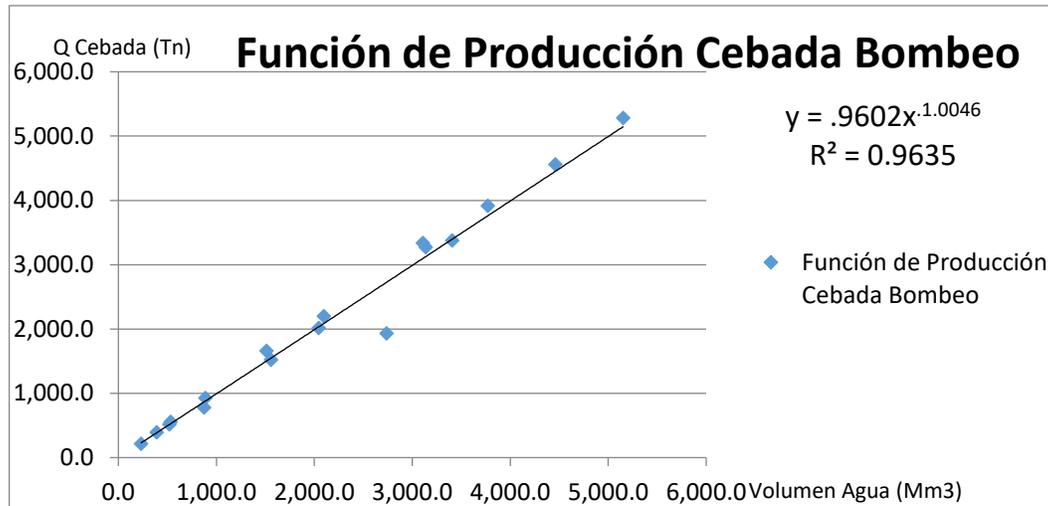
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 68.** Función de producción de la Cebada, con riego superficial



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 69.** Función de producción de la Cebada, con riego de bombeo



Fuente: elaboración propia.

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 14.

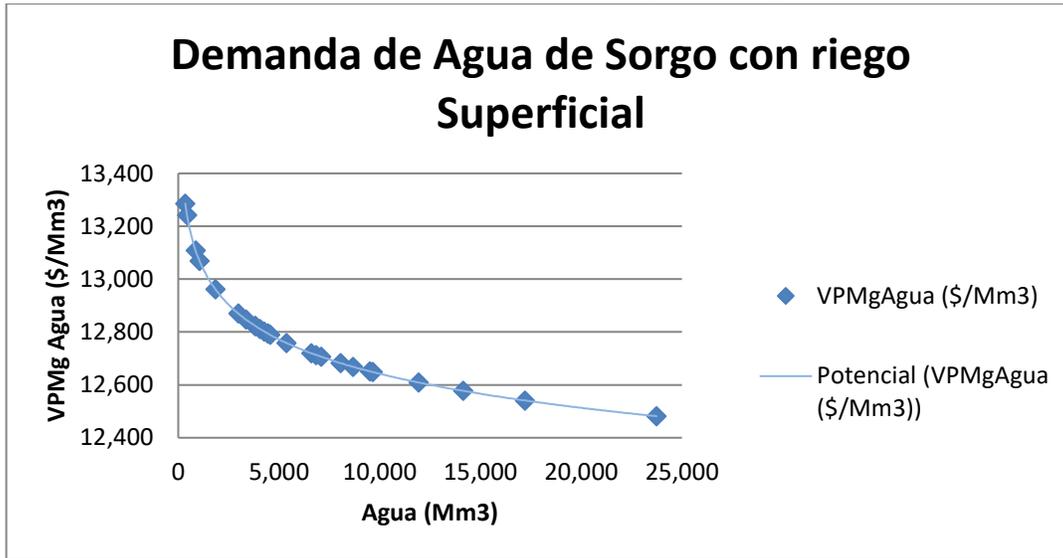
**Tabla14.** La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA).

Cultivo	Tipo de riego	PMgA = dY/dA			VPMgA = P*PMgA				
1. Maíz	Gravedad	16.1954	A	-0.1637	3,477.0492	*	16.1954	A	-0.1637
	Bombeo	10.4507	A	-0.1383	3,609.8592	*	10.4507	A	-0.1383
2. Trigo	Gravedad	0.5597	A	0.0383	3,734.7826	*	0.5597	A	0.0383
	Bombeo	0.9106	A	-0.0167	3,877.7778	*	0.9106	A	-0.0167
3. Sorgo	Gravedad	4.5915	A	-0.0148	3,154.5455	*	4.5915	A	-0.0148
	Bombeo	8.7338	A	-0.1532	3,494.1176	*	8.7338	A	-0.1532
4. Cebada	Gravedad	0.3646	A	0.1429	3,833.3333	*	0.3646	A	0.1429
	Bombeo	0.9646	A	0.0046	3,741.9355	*	0.9646	A	0.0046

Fuente: elaboración propia.

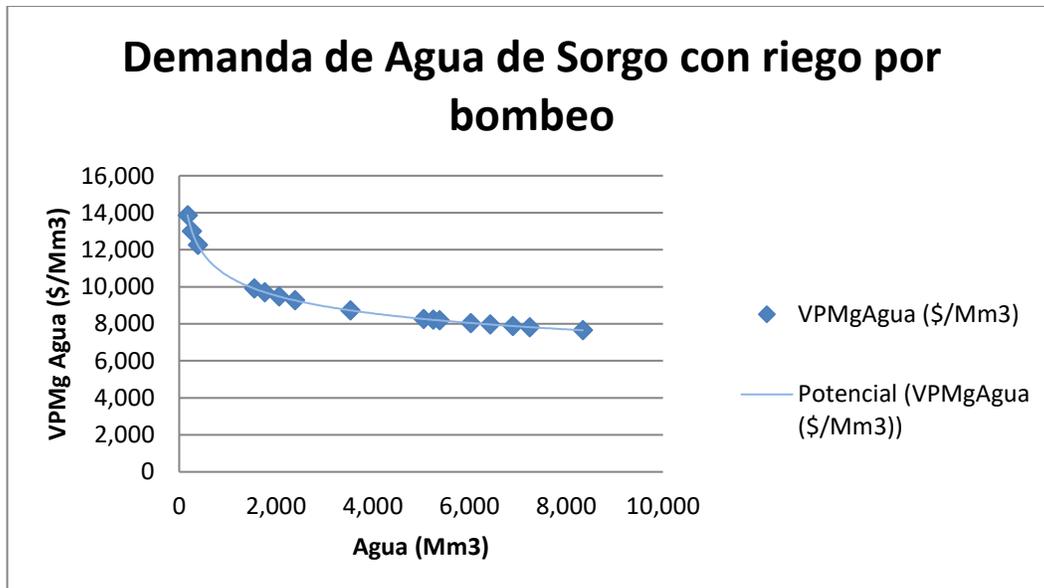
Y sus correspondientes gráficas se presentan a continuación:

Gráfica 70. Función de demanda del Sorgo, con riego superficial



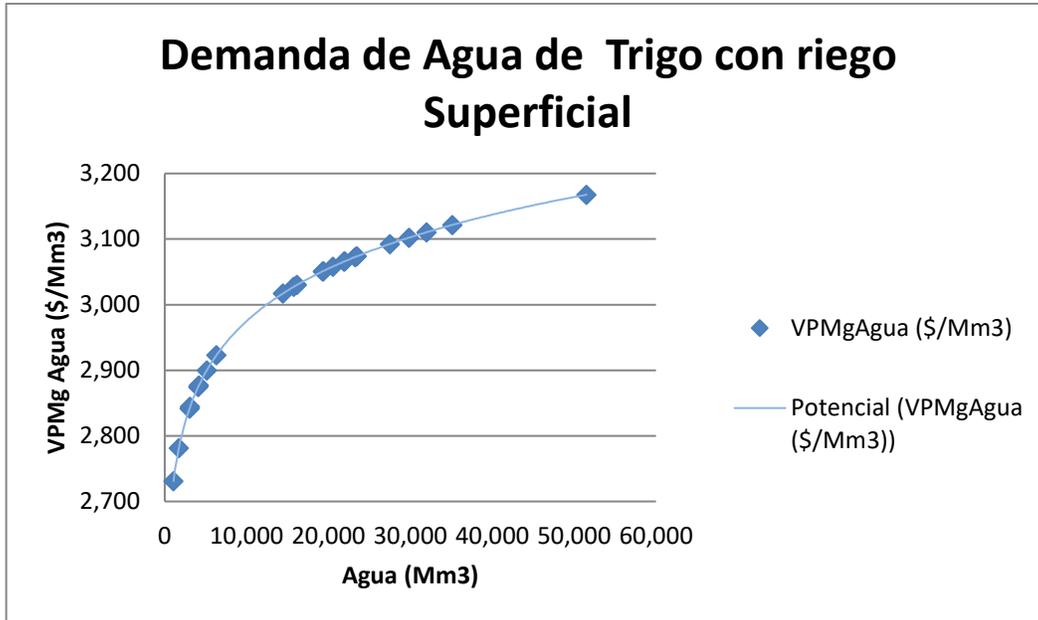
Fuente: elaboración propia

Gráfica 71. Función de demanda del Sorgo, con riego de bombeo



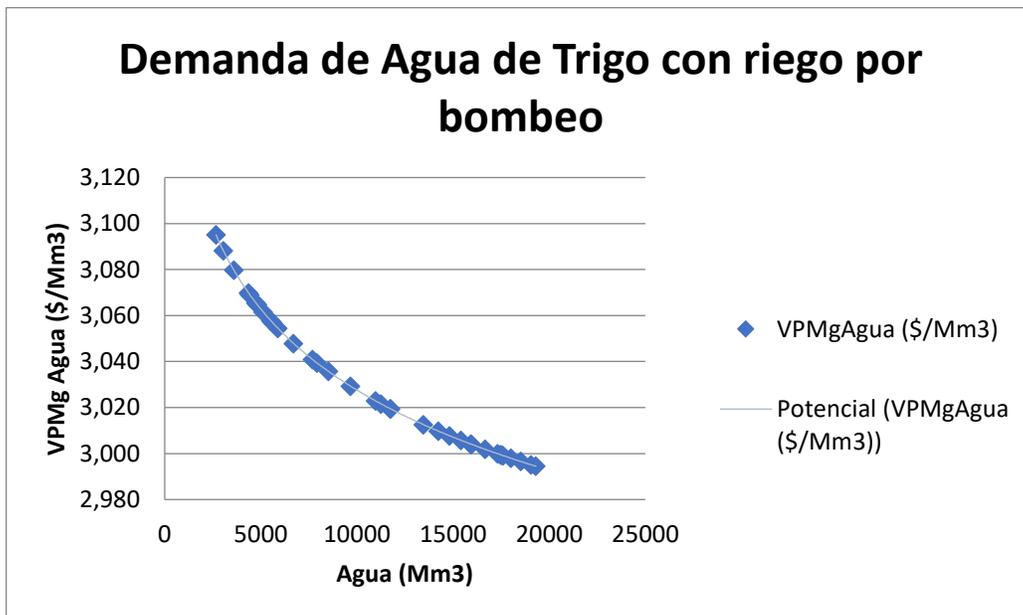
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 72.** Función de demanda del Trigo, con riego superficial



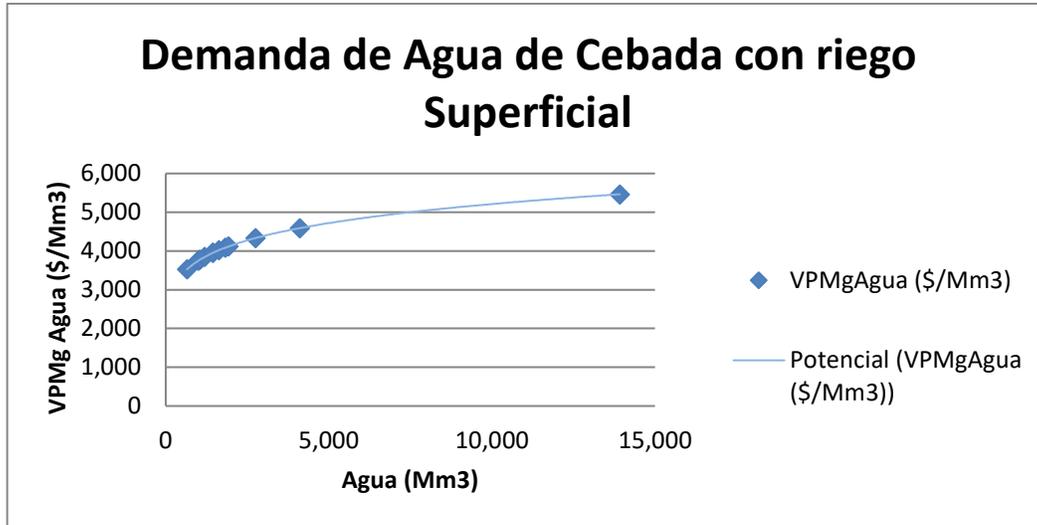
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 73.** Función de demanda del Trigo, con riego de bombeo



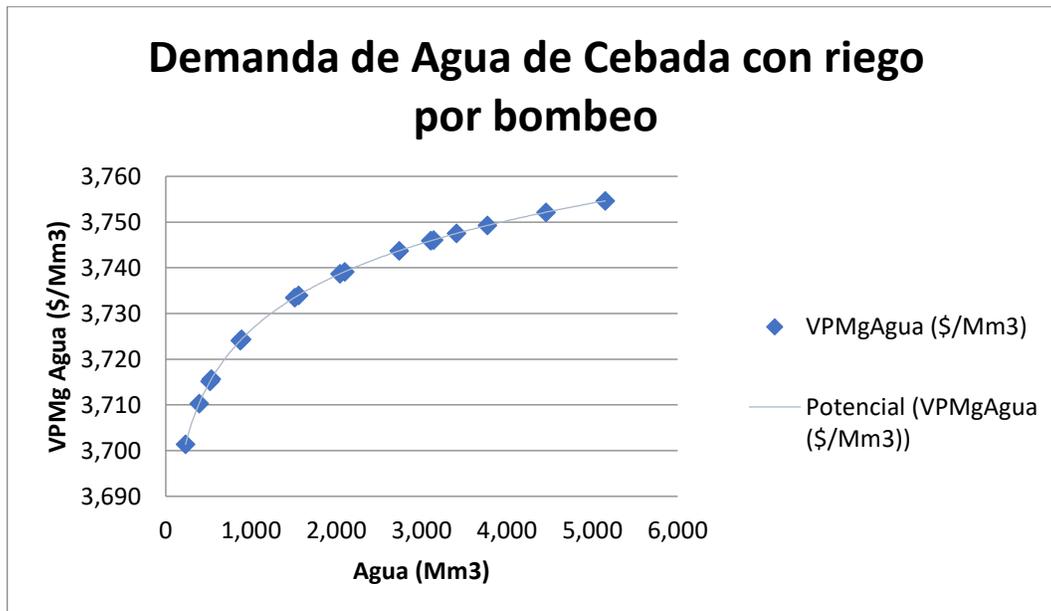
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 74.** Función de demanda de la Cebada, con riego superficial



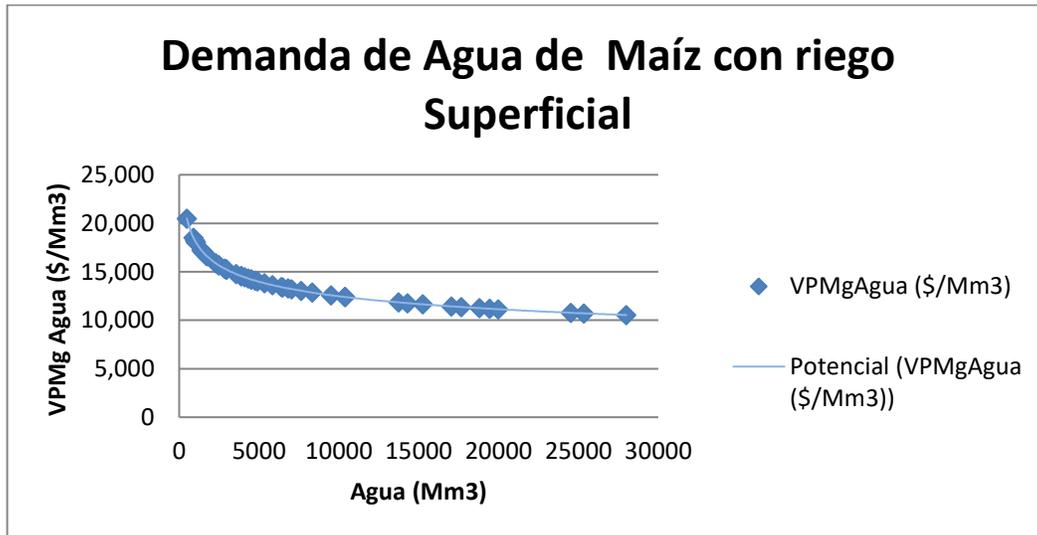
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 75.** Función de producción de la Cebada, con riego bombeo



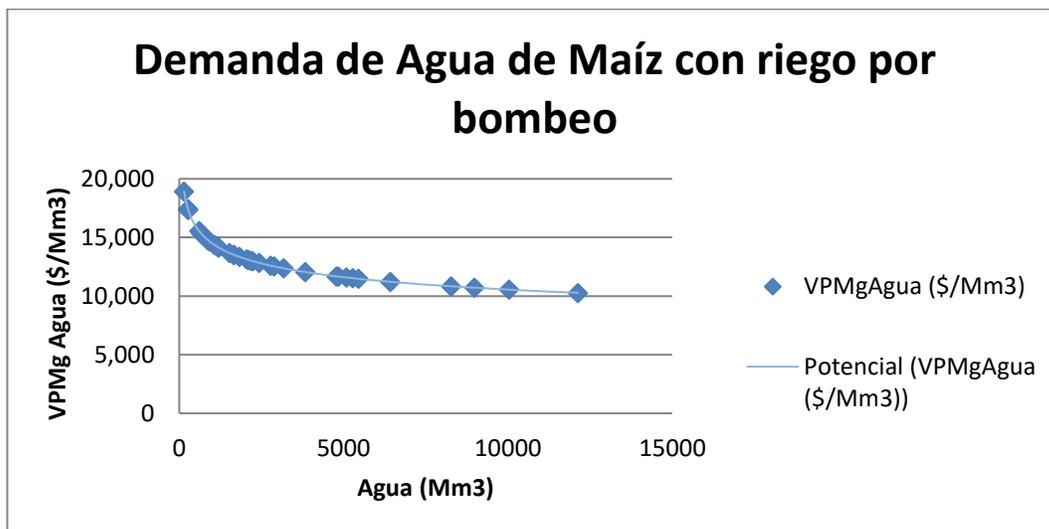
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 76.** Función de demanda del Maíz, con riego Superficial



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 77.** Función de demanda del Maíz, con riego bombeo



Fuente: elaboración propia

## Distrito de riego 094

Tabla15. Funciones de Producción estimadas por Cultivo y Tipo de Riego.

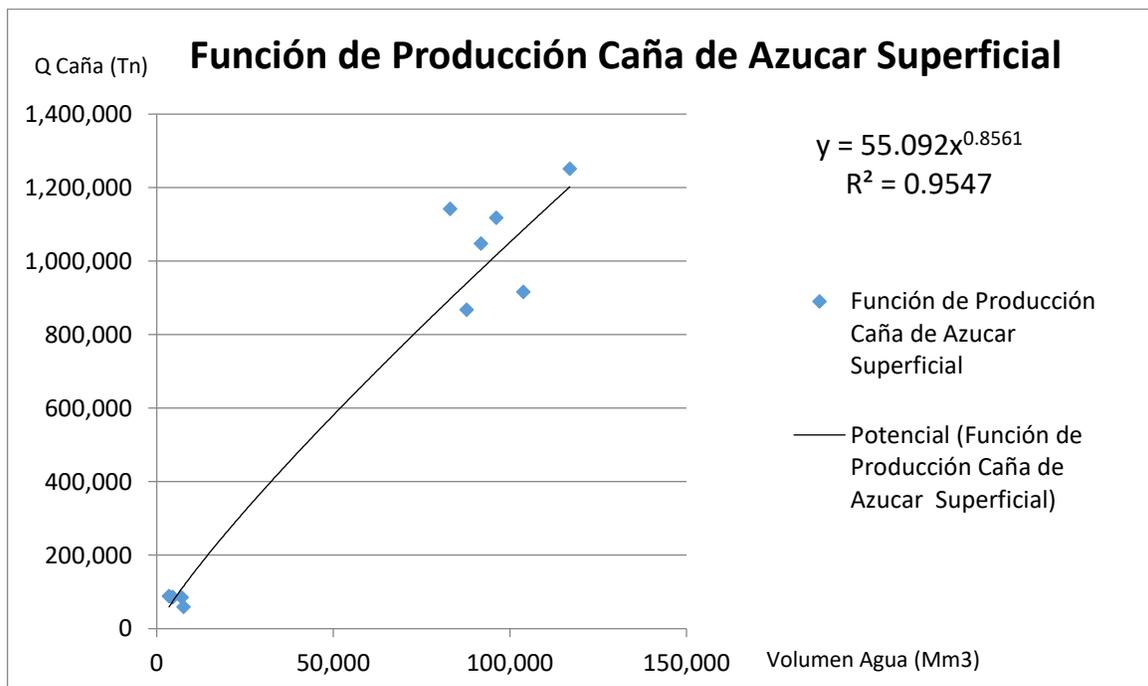
Cultivo	Tipo de riego	Función de Producción Estimada (Y)
1. Caña de Azúcar	Gravedad	$Y = 55.0930 A^{0.8561}$
2. Maíz Elotero	Gravedad	$Y = 14.7736 A^{0.8743}$
3. Limón	Gravedad	$Y = 2,813.6451 A^{0.0157}$

Fuente: elaboración propia

Del análisis global del DT 094, para el caso del riego por bombeo, se utiliza para regar todos los cultivos que se siembran en este distrito de riego. Existen algunos cultivos que además de utilizar el bombeo, en algún ciclo, son regados con aguas superficiales, por ejemplo, el maíz, el sorgo, trigo, cebada y la fresa.

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

Gráfica 79. Función de producción de la Caña, con riego Superficial



Fuente: elaboración propia.

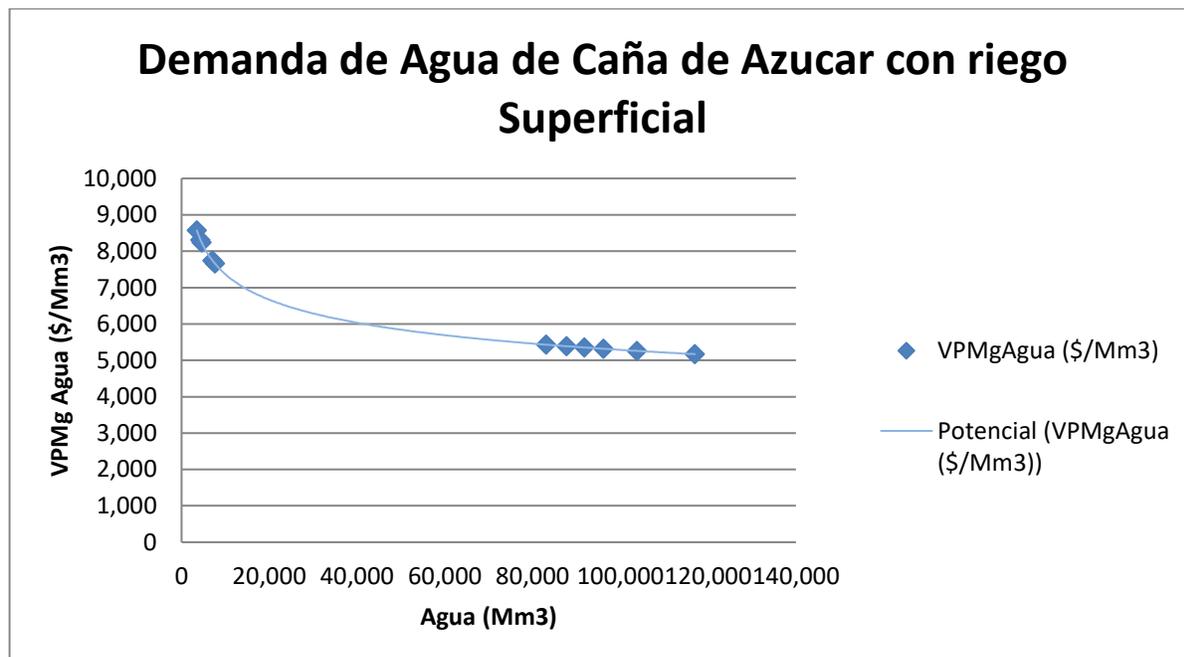
**Tabla16.** La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA).

Cultivo	Tipo de riego	PMgA = dY/dA	VPMgA = P*PMgA
1. Caña de Azúcar	Gravedad	47.16656152 A -0.1438739	587.5 * 47.166562 A -0.1438739
2. Maíz Elotero	Gravedad	12.91709697 A -0.1256611	1,238.9 * 12.917097 A -0.1256611
3. Limón	Gravedad	-44.09150613 A -1.0156706	2,957.7 * -44.09151 A -1.0156706

Fuente: elaboración propia.

Y sus correspondientes gráficas se presentan a continuación:

**Gráfica 79.** Función de demanda de la caña de azúcar, con riego Superficial



Fuente: elaboración propia

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 108 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

En las tablas de la 1 a la 16 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 los 011 Río Lerma, 020 Morelia-Querendaro, 033 Estado de México, 045 Tuxpan, 061 Zamora, 085 La Begoña, 087 Rosario Mezquite y 094 Jalisco Sur, 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.

## 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 las Tablas 2,4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16, se observa que dicha cuota sería tan considerablemente baja (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

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 109 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

bombeo, 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 un ejercicio tomado de (IMTA, 2016), sobre el distrito riego 011, en donde bajo un escenario de precios hipotéticos establecidos en la tabla 15, se estiman las demandas de agua y poder compararlos con los volúmenes concesionados.

En la tabla 16 se realiza el comparativo, 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).

**Tabla15.** Precios del agua por tipo de riego (\$/m<sup>3</sup>)

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

Fuente: elaboración propia.

**Tabla16.** Exceso de demanda de agua por Módulo de producción en DR 011 (precios del agua opción 1).

Módulo	Volumen superficial demandado (Miles m <sup>3</sup> )	Volumen Concesionado Superficial (Miles m <sup>3</sup> )	Volumen subterráneo demandado (Miles m <sup>3</sup> )	Volumen Concesionado Subterráneo (Miles m <sup>3</sup> )	Volumen demandado Total (Miles m <sup>3</sup> )	Volumen Concesionado Total (Miles m <sup>3</sup> )	Exceso Demanda (Miles m <sup>3</sup> )
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. ¿?

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 111 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

De acuerdo a la aplicación propuesta con los precios del agua por m<sup>3</sup> dados en esta opción manejada, puede observarse en la tabla 16 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.

Cuando se han considerado precios del agua menores por poco a los dados en la tabla 15, las estimaciones de los volúmenes superficiales demandados son en promedio un 51% mayores a los volúmenes superficiales estimados bajo los precios comentados (IMTA, 2016). De igual manera, con base a precios del agua más bajos que los de tabla 15, las estimaciones de los volúmenes subterráneos demandados son en promedio un 80% mayores a los volúmenes superficiales estimados bajo los precios propuestos.

El total de demanda excedente en el DR 011 es de 678,510.52 Mm<sup>3</sup>, con los precios de la tabla 15; así 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.

## Conclusiones

La metodología de funciones de producción 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.

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.

 <small>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</small>	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>
Página 112 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

## 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.

Burman, R. D., et al., 1981, *Water requirements, Design and Operation Farm Irrigation Systems*, Editor M.E. Jensen ASAE. St. Joseph, Michigan, 1981.

CONAGUA (2016), *Estadísticas del Agua en México*, Comisión Nacional del Agua, México.

Cota, L.F., et al, (2013), *Mercado de derechos de agua para uso agrícola en el noroeste de México*, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol.4, Núm.1, enero-febrero, pp. 63-75.

Colby, B. G., 1991, *Recent trends in Southwestern water values*, *Appraisal Journal*, Vol. 59, Núm. 4, p. 488.

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 agua 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.

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 113 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

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 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.

IMTA (2016), Instrumentos económicos para el manejo eficiente del agua en la región Lerma-Chapala, en dos subcuencas con alta industrialización, Informe final, Proyecto DP-1617.1, México.

LeBaron, A. y Keller, J. (1987), Effect of water charges on economic and technical efficiency of irrigation systems operation and crop production, Expert Consultation on Irrigation Water Charges, Rome (Italy), Sep. 22-26.

 	<b>DP1716.1. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA PARA SU USO EFICIENTE EN LA AGRICULTURA E INDUSTRIA.</b>	 <b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 114 de 114	México, 2017	Clave: <b>F.CO.2.04.01</b>

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.

Palacios, V. E., (1971), Técnicas para la Evaluación y mejoramiento de la operación de los distritos de riego, Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Ramírez Vigoya, Alejandro (2014). Aajuste 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

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.