

# METODOLOGÍA

PARA ESTIMAR EL USO EFICIENTE DEL AGUA  
EN ACTIVIDADES AGRICOLAS



Divulgación

Flor Virginia Cruz Gutiérrez José Dolores Magaña Zamora Jazmín Hernández Gen





# **METODOLOGÍA PARA ESTIMAR EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN ACTIVIDADES AGRÍCOLAS**

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

631.58701 Magaña Zamora, José D.  
M31 *Metodología para uso de agua en actividades agrícolas* / José D. Magaña Zamora, Flor V. Cruz Gutiérrez, Jazmín Hernández Gen. -- Jiutepec, Mor. : Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ©2016.  
125 p.  
  
ISBN: 978-607-9368-48-7  
  
1. Riego 2. Usos del agua 3. Agricultura 4. Métodos

Metodología para Estimar el Uso Eficiente del Agua en Actividades Agrícolas

D. R. © Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos  
C.P. 62550, México.  
Tel. (777) 329-3600  
[www.imta.gob.mx](http://www.imta.gob.mx)

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

ISBN: 978-607-9368-48-7

Impreso y hecho en México

Distribución gratuita. Prohibida su venta.  
Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social.

Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en esta obra, sin fines de lucro y citando la fuente.

# CONTENIDO

<b>Capítulo 1. Determinación de los criterios económicos del uso eficiente del agua en la agricultura y su aplicación en la subcuenca Río Lerma 4 (Salamanca).</b> .....	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Objetivo .....	1
1.3. Introducción .....	2
1.4. La metodología para estimar el volumen total demandado (VTD).....	3
1.5. El marco teórico de referencia.....	5
1.5.1. Tecnología.....	5
1.5.2. El producto marginal .....	8
1.5.3. La tasa técnica de sustitución.....	8
1.5.4. Maximización de los beneficios en el corto plazo .....	9
1.5.5. Maximización de los beneficios en el largo plazo .....	10
1.5.6. Metodología para estimar el uso eficiente del agua.....	11
<b>Capítulo 2. La escasez del agua y la competencia por el recurso. La aplicación de la metodología en el caso de la agricultura</b> .....	<b>15</b>
2.1. Uso de herramientas económicas para eficientar el uso de agua en agricultura .....	15
2.2. La agricultura en la zona de estudio.....	17
2.2.1. Recursos Superficiales.....	22
2.2.2. Recursos Subterráneos .....	26
2.3. Disponibilidad de Agua y Superficie Regada en la Zona de Estudio.....	27
2.4. Utilidades generadas por la actividad agrícola desarrollada en la zona de estudio .....	46
2.5. Principales Cultivos Producidos en la Zona de Estudio .....	54
2.6. Productividad del agua, Método de Valoración Residual .....	56
<b>Capítulo 3. El análisis de la demanda de agua para uso agrícola</b> .....	<b>67</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>87</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>89</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>91</b>
ANEXO A1 Bases de datos, agricultura .....	91
ANEXO A2 Modelos econométrico, agricultura.....	92
ANEXO A3 Prueba de panel, agricultura .....	120



# FIGURAS

Figura 1.1.	Diagrama para el cálculo del uso eficiente del agua en un sistema hídrico.....	4
Figura 1.2.	La curva de demanda de agua .....	12
Figura 1.3.	Equilibrio del mercado del agua como insumo de producción.....	12
Figura 2.1	Localización de la zona de estudio .....	18
Figura 2.2	Ubicación de los módulos del DR 011 Alto Río Lerma .....	19
Figura 2.3	Módulos del DR 011 Alto Río Lerma considerados en el estudio.....	21
Figura 2.4	Subcuencas donde se ubica el DR 011 Alto Río Lerma.....	22
Figura 2.5	Disponibilidad de agua subterránea.....	26

# GRÁFICAS

Gráfica 1.1	La función de producción con un insumo variable.....	6
Gráfica 1.2	La función de producción con dos insumos variables.....	7
Gráfica 1.3	La curva de demanda inversa de un factor.....	11
Gráfica 2.1	Superficie total regada por gravedad en el ciclo Otoño-Invierno en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	31
Gráfica 2.2	Superficie total regada por gravedad en el ciclo Primavera-Verano en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	32
Gráfica 2.3	Superficie total regada por gravedad en el ciclo Perennes en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	32
Gráfica 2.4	Superficie total regada por gravedad en el ciclo Segundos Cultivos en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	33
Gráfica 2.5	Superficie total regada por bombeo en el ciclo Otoño-Invierno en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	35
Gráfica 2.6	Superficie total regada por bombeo en el ciclo Primavera-Verano en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	36
Gráfica 2.7	Superficie total regada por bombeo en el ciclo Perennes en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	36
Gráfica 2.8	Superficie total regada por bombeo en el ciclo Segundos Cultivos en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	37
Gráfica 2.9	Volumen neto de agua (Mm <sup>3</sup> ) empleado por gravedad en el ciclo Otoño-Invierno en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	40
Gráfica 2.10	Volumen neto de agua (Mm <sup>3</sup> ) empleado por gravedad en el ciclo Primavera-Verano en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	41
Gráfica 2.11	Volumen neto de agua (Mm <sup>3</sup> ) empleado por gravedad en el ciclo Perennes en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	41
Gráfica 2.12	Volumen neto de agua (Mm <sup>3</sup> ) empleado por gravedad en el ciclo Segundos Cultivos en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	42
Gráfica 2.13	Volumen neto de agua (Mm <sup>3</sup> ) empleado por bombeo en el ciclo Otoño-Invierno en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	44
Gráfica 2.14	Volumen neto de agua (Mm <sup>3</sup> ) empleado por bombeo en el ciclo Primavera-Verano en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	45
Gráfica 2.15	Volumen neto de agua (Mm <sup>3</sup> ) empleado por bombeo en el ciclo Perennes en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	45
Gráfica 2.16	Volumen neto de agua (Mm <sup>3</sup> ) empleado por bombeo en el ciclo Segundos Cultivos en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	46
Gráfica 2.17	Utilidad neta total (\$) en el ciclo Otoño-Invierno, con riego por gravedad, en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	48
Gráfica 2.18	Utilidad neta total (\$) en el ciclo Primavera-Verano, con riego por gravedad, en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	49
Gráfica 2.19	Utilidad neta total (\$) en el ciclo Perennes, con riego por gravedad, en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	49
Gráfica 2.20	Utilidad neta total (\$) en el ciclo Segundos Cultivos, con riego por gravedad, en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	50
Gráfica 2.21	Utilidad neta total (\$) en el ciclo Otoño-Invierno, con riego por bombeo en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	52
Gráfica 2.22	Utilidad neta total (\$) en el ciclo Primavera-Verano, con riego por bombeo en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	53
Gráfica 2.23	Utilidad neta total (\$) en el ciclo Perennes, con riego por bombeo en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	53
Gráfica 2.24	Utilidad neta total (\$) en el ciclo Segundos Cultivos, con riego por bombeo en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio.....	54
Gráfica 3.1	Función de producción del Maíz, con riego superficial.....	69
Gráfica 3.2	Función de producción del Sorgo, con riego superficial.....	69
Gráfica 3.3	Función de producción de Alfalfa Verde, con riego superficial.....	70
Gráfica 3.4	Función de producción de Cebada, con riego por bombeo.....	71
Gráfica 3.5	Función de producción de Trigo, con riego por bombeo.....	71

Gráfica 3.6	Función de producción de Brócoli, con riego por bombeo.....	72
Gráfica 3.7	Función de producción de Espárrago, con riego por bombeo .....	72
Gráfica 3.8	Función de producción de Maíz, con riego por bombeo .....	73
Gráfica 3.9	Función de producción de Sorgo, con riego por bombeo .....	73
Gráfica 3.10	Función de producción de Alfalfa Verde, con riego por bombeo .....	74
Gráfica 3.11	Función de demanda de agua de Cebada, con riego por bombeo .....	75
Gráfica 3.12	Función de demanda de agua de Trigo, con riego por bombeo .....	75
Gráfica 3.13	Función de demanda de agua de Maíz, con riego superficial.....	76
Gráfica 3.14	Función de demanda de agua de Maíz, con riego por bombeo .....	76
Gráfica 3.15	Función de demanda de agua de Sorgo, con riego superficial.....	77
Gráfica 3.16	Función de demanda de agua de Sorgo, con riego por bombeo.....	77
Gráfica 3.17	Función de demanda de agua de Brócoli, con riego por bombeo .....	78
Gráfica 3.18	Función de demanda de agua de Espárrago, con riego por bombeo.....	78
Gráfica 3.19	Función de demanda de agua de Alfalfa Verde, con riego superficial.....	79
Gráfica 3.20	Función de producción de Alfalfa Verde, con riego por bombeo .....	79



# CUADROS

Cuadro 1.1.	Variables agregadas básicas para la simulación de escenarios.....	2
Cuadro 1.2.	Descripción de las variables básicas.....	2
Cuadro 2.1	Infraestructura hidroagrícola con la que cuenta el DR 011 Alto Río Lerma.....	19
Cuadro 2.2	Módulos que comprende el área de estudio.....	21
Cuadro 2.3	Disponibilidad de agua superficial de la Región Hidrológica No.12 Lerma-Santiago. Subregión Hidrológica Lerma-Chapala (hm <sup>3</sup> /año).....	24
Cuadro 2.4	Disponibilidad de aguas subterráneas de los acuíferos del estado de Guanajuato (hm <sup>3</sup> /año).....	27
Cuadro 2.5	Superficie total (Ha) regada por gravedad por ciclo agrícola en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.....	30
Cuadro 2.6	Superficie total (Ha) regada por bombeo por ciclo agrícola en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.....	34
Cuadro 2.7	Volumen neto total de agua (Mm <sup>3</sup> ) empleado por gravedad por ciclo agrícola en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.....	39
Cuadro 2.8	Volumen neto total de agua (Mm <sup>3</sup> ) bombeada empleada por ciclo agrícola en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.....	43
Cuadro 2.9	Utilidad total (\$) por ciclo agrícola, con riego por gravedad, en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.....	47
Cuadro 2.10	Utilidad total (\$), por ciclo agrícola, regado por bombeo, en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.....	51
Cuadro 2.11	Productividad neta (\$/m <sup>3</sup> ) de los principales cultivos (regados por gravedad) que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Ciclo: Otoño-Invierno.....	57
Cuadro 2.12	Productividad neta (\$/m <sup>3</sup> ) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Bombeo. Ciclo: Otoño-Invierno.....	58
Cuadro 2.13	Productividad neta (\$/m <sup>3</sup> ) de los principales cultivos que se producen en cada de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Gravedad. Ciclo: Primavera-Verano.....	59
Cuadro 2.14	Productividad neta (\$/m <sup>3</sup> ) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Bombeo. Ciclo: Primavera-Verano.....	60
Cuadro 2.15	Productividad neta (\$/m <sup>3</sup> ) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Gravedad. Ciclo: Perennes.....	61
Cuadro 2.16	Productividad neta (\$/m <sup>3</sup> ) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Gravedad. Ciclo: Perennes.....	62
Cuadro 2.17	Productividad neta (\$/m <sup>3</sup> ) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Gravedad. Ciclo: Segundos Cultivos.....	63
Cuadro 2.18	Productividad neta (\$/m <sup>3</sup> ) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Bombeo. Ciclo: Segundos Cultivos. Agosto del 2015.....	64
Cuadro 3.1.	Funciones de producción estimadas por cultivo y tipo de riego.....	68
Cuadro 3.2.	La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA).....	74
Cuadro 3.3.	Las Funciones de Demanda Derivada de Agua por cultivo y total de los módulos de riego.....	80
Cuadro 3.4.	La Demanda Derivada de Agua para el módulo Acámbaro. Escenario alternativo.....	82
Cuadro 3.5.	La demanda Derivada de Agua para el módulo Salvatierra. Escenario alternativo.....	82
Cuadro 3.6.	La Demanda Derivada de Agua para el módulo Jaral. Escenario alternativo.....	83
Cuadro 3.7.	La Demanda Derivada de Agua para el módulo Valle de Santiago. Escenario alternativo.....	83
Cuadro 3.8.	La Demanda Derivada de Agua para el módulo Cortazár. Escenario alternativo.....	84
Cuadro 3.9.	La Demanda Derivada de Agua para el módulo Salamanca. Escenario alternativo.....	84
Cuadro 3.10.	La Demanda Derivada de Agua para el módulo Irapuato. Escenario alternativo.....	85
Cuadro 3.11.	La Demanda Derivada de Agua para el módulo Abasolo. Escenario alternativo.....	85
Cuadro 3.12.	Exceso de agua que demanda cada uno de los módulos.....	86



# DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS ECONÓMICOS DEL USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA AGRICULTURA Y SU APLICACIÓN EN LA SUBCUENCA RÍO LERMA 4 (SALAMANCA).

1

## 1.1. ANTECEDENTES

Los recursos hídricos disponibles para usos humanos se han vuelto escasos ante el incremento de la población mundial y de las actividades económicas; su manejo integral ocupa el centro de atención de muchas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.

En todo el mundo la disponibilidad efectiva del agua está crítica e íntimamente vinculada al desarrollo socioeconómico de las naciones, por lo que se vuelve una prioridad la adopción de medidas para el uso adecuado y eficiente de los recursos hídricos y alcanzar con ello, el manejo integral y sostenido del agua.

El manejo de los recursos hídricos puede mejorarse tanto desde el lado de la oferta como de la demanda. Por el lado de la demanda, los directores de política se enfrentan a la toma de decisiones acerca de los instrumentos económicos que aplicarán para cambiar la conducta de los usuarios. Por el lado de la oferta, los creadores de políticas pueden mejorar el sistema de distribución y riego, así como la forma de reutilizar el agua.

México enfrenta problemas de escasez, ineficiencia y contaminación del agua. Respecto al primer problema, éste se ha manejado tradicionalmente por el lado de la oferta, es decir, mediante la construcción de la infraestructura hidráulica, lo cual ha permitido al menos temporalmente, satisfacer las crecientes demandas de agua de los diferentes sectores de usuarios: agrícola, industrial, doméstico y generación de energía eléctrica, entre otros. Desde la edición del Plan Nacional Hidráulico de 1985, y recientemente se ha insistido en ejercer un mayor control de la demanda de agua, a través del uso de instrumentos económicos, para lograr su uso eficiente.

## 1.2. OBJETIVO

El objetivo de esta investigación consiste en determinar, dado un volumen de agua existente para los usos público urbano y medioambiental, cuál es la asignación eficiente del uso del agua en la Subcuenca del Río Lerma 4 (Salamanca) para la agricultura.



### 1.3. INTRODUCCIÓN

El procedimiento para alcanzar el objetivo señalado exige conocer primero cuál es el volumen total disponible susceptible de ser distribuido entre el uso agrícola autoabastecida.

En general, el dato inicial que debe establecerse en este estudio específicamente, es el volumen de agua natural disponible (VND) en la subcuenca de Salamanca; a partir de éste, se descuenta el volumen que demanda el Lago de Chapala (VMA), tal como señala el Convenio de Distribución de aguas Superficiales de la Cuenca Lerma Chapala (14 de diciembre de 2004). Posteriormente y considerando que el volumen concesionado para el uso público urbano (VUPU) tiene carácter prelatorio tal y como se establece en la Ley de Aguas Nacionales, se descontará éste del volumen total, dicha diferencia se considerará como el volumen disponible total (VDT) para distribuirse entre el uso agrícola autoabastecida, en donde se cuenta con la infraestructura hidráulica de aprovechamiento; lo que significa, para el uso agrícola, la existencia de áreas de cultivos que se excluyen del modelo por aprovechar únicamente la humedad que proporciona el régimen de lluvias en el ciclo primavera-verano.

A partir del punto anterior se inicia precisamente esta investigación. La metodología establecida en este apartado, permitirá estimar los volúmenes demandados de agua, tanto para el uso agrícola como para algún otro uso como el 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 en la subcuenca de Salamanca, Guanajuato para el uso agrícola autoabastecido.

Una vez estimados los volúmenes demandados para los usos agrícola e industrial si fuera el caso, estos pueden sumarse para obtener el volumen total demandado (VTD) en la subcuenca de estudio y compararse con el volumen concesionado total (VCT).

**Cuadro 1.1. Variables agregadas básicas para la simulación de escenarios.**

Año	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Variable 4	Variable 5	Variable 6
N	VND	VMA	VUPU	VDT	VCT	VTD

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 1.2. Descripción de las variables básicas.**

Variable 1
Nombre: Volumen Natural Disponible (VND)
Unidades: Millones de metros cúbicos (Mm <sup>3</sup> )
Fórmula de cálculo: Dato. Se obtiene de los balances hidráulicos de la zona de estudio.
Variable 2
Nombre: Volumen Medio Ambiente (VMA)
Unidades: Millones de metros cúbicos (Mm <sup>3</sup> )

Cuadro 1.2. Descripción de las variables básicas (continuación).

Fórmula de cálculo: Dato. Representa el volumen asignado en el Acuerdo de Distribución de Aguas Superficiales de la Cuenca para el Lago Chapala.
Variable 3
Nombre: Volumen Uso Público Urbano (VUPU)
Unidades: Millones de metros cúbicos (Mm <sup>3</sup> )
Fórmula de cálculo: Dato. Representa al volumen concesionado para el Uso Público Urbano. Se obtiene del REPDA (CONAGUA).
Variable 4
Nombre: Volumen Disponible Total (VDT)
Unidades: Millones de metros cúbicos (Mm <sup>3</sup> )
Fórmula de cálculo: $VTD = VND - (VMA + VUPU)$
Variable 5
Nombre: Volumen Concesionado Total (VCT)
Unidades: Millones de metros cúbicos (Mm <sup>3</sup> )
Fórmula de cálculo: Dato. Representa el volumen concesionado a el uso agrícola autoabastecido. Se obtiene del REPDA (CONAGUA).
Variable 6
Nombre: Volumen Total Demandado (VTD)
Unidades: Millones de metros cúbicos (Mm <sup>3</sup> )
Fórmula de cálculo: Representa el volumen estimado para el uso agrícola autoabastecida. Se obtiene de las funciones de demanda estimadas.

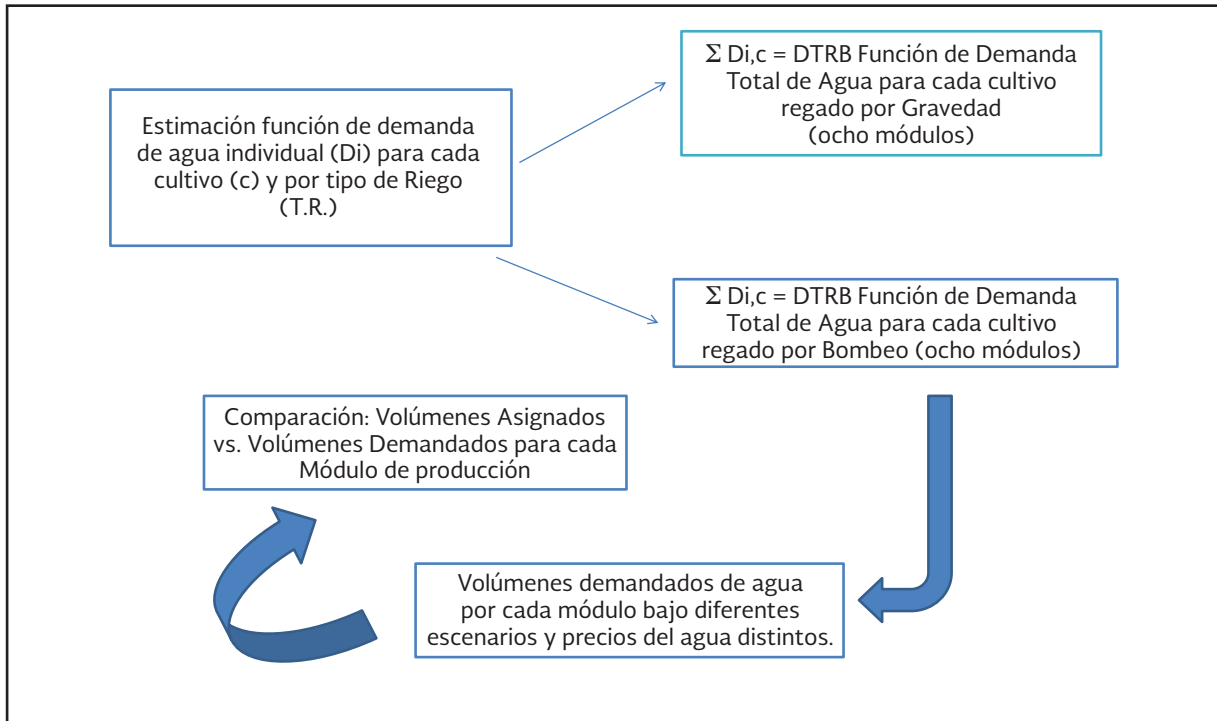
Fuente: Elaboración propia.

Este análisis permite realizar una primera aproximación a la situación que guarda la oferta y la demanda de agua en la subcuenca de Salamanca; de manera general podría observarse el grado de presión hídrica existente así como la magnitud de la brecha entre la cantidad demandada y la cantidad ofrecida del recurso.

## 1.4. LA METODOLOGÍA PARA ESTIMAR EL VOLUMEN TOTAL DEMANDADO (VTD)

Como se señaló para llenar la última columna del cuadro 1.1, deberán estimarse primero, las demandas individuales de los principales cultivos, es decir, las más consumidoras de agua para que posteriormente se puedan agregar y obtener así primero las demandas para cada uno de los módulos agrícolas y finalmente la demanda para uso agrícola. Véase la Figura 1.1.

Figura 1.1. Diagrama para el cálculo del uso eficiente del agua en un sistema hídrico



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la asignación eficiente, ésta se entiende como un criterio económico que exige que el agua, utilizada como factor o insumo de la producción, sea utilizada hasta que el Valor de la Productividad Marginal del agua (VPMa) sea igual a su precio para cada una de las actividades productivas seleccionadas. Es importante recordar, que de acuerdo al modelo teórico utilizado, se considera que tanto el precio del bien producido como el precio del factor agua son establecidos en un mercado de competencia perfecta y que los usuarios del insumo agua no pueden modificarlos, es decir que actúan como tomadores de precios en el mercado de productos y en el mercado de insumos y simplemente ajustan el volumen de agua utilizado para producir sus bienes de acuerdo al criterio de maximización de beneficios.

Lo anterior se expresa de la siguiente manera en el mercado de insumos:

$$P_1 \cdot PMg_1 = P_2 \cdot PMg_2 = \dots = P_n \cdot PMg_n = W_a$$

Dónde:

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = Precios de los bienes o productos 1, 2, ... , n.

$PMg_1, PMg_2, \dots, PMg_n$  = Producto marginal del factor agua para los bienes o productos 1, 2, ... , n.

$W_a$  = Precio o valor del agua.

$P_i \cdot PMg_i$  =  $VPMg_{a_i}$ , Valor del Producto Marginal del agua en la actividad i; para todos los bienes o productos  $i=1,2,\dots,n$



La actividad productiva a considerar en este trabajo es la agricultura.

El mayor uso del agua en México es el agrícola. Con base en el VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, la superficie en unidades agrícolas de producción fue de 30.2 millones de hectáreas, de las cuales 18% era de riego y el resto tenía régimen de temporal. México ocupa el sexto lugar mundial en términos de superficie con infraestructura de riego con 6.4 millones de hectáreas, de las cuales el 54% corresponde a 85 distritos de riego, y el restante a más de 39 mil unidades de riego. El 33.6% del agua concesionada para uso agrupado agrícola es de origen subterráneo.

En la siguiente sección se presenta el marco teórico que permite determinar la metodología y los criterios económicos que pueden seguirse para coadyuvar a lograr el uso eficiente del agua. Resulta importante señalar que el modelo teórico seleccionado es uno de los más utilizados pero no es el único, por lo cual se sugiere continuar con la presente investigación para poder establecer escenarios comparativos de acuerdo a otras metodologías.

## 1.5. EL MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

El modelo que se utiliza se inscribe dentro del marco de la teoría de la empresa. En primera instancia, se revisa el concepto de la función de producción y la tecnología relacionada con esta última. Posteriormente, se presenta el comportamiento maximizador de los empresarios y su función objetivo: los beneficios de la empresa. Por último, se deriva la función de demanda de los factores de producción con el objeto de estimar el volumen de agua demandado.

### 1.5.1. Tecnología

La empresa utiliza insumos con el fin de generar un producto; la empresa combina los insumos de producción, proceso o técnica de producción, para crear un producto final. Dichos insumos de producción son: los factores de producción, tierra, trabajo y capital, materias primas y bienes de capital o capital físico.

La empresa, se enfrenta a ciertas restricciones tecnológicas; de entre todas las combinaciones de insumos y productos tiene que encontrar las que son tecnológicamente factibles. En este sentido, el conjunto de producción, se define como el conjunto de combinaciones de insumos y productos que son tecnológicamente factibles.

Sea  
 $x$  = Insumo

$y$  = Producto

Entonces, la función de producción representa las producciones óptimas para cada nivel de insumo  $x$ . Si tenemos una función de producción con dos insumos,  $f(x_1, x_2)$ , ésta mide la máxima producción para cada combinación de insumos  $(x_1, x_2)$ .

Si fijamos, el insumo 2, es decir:

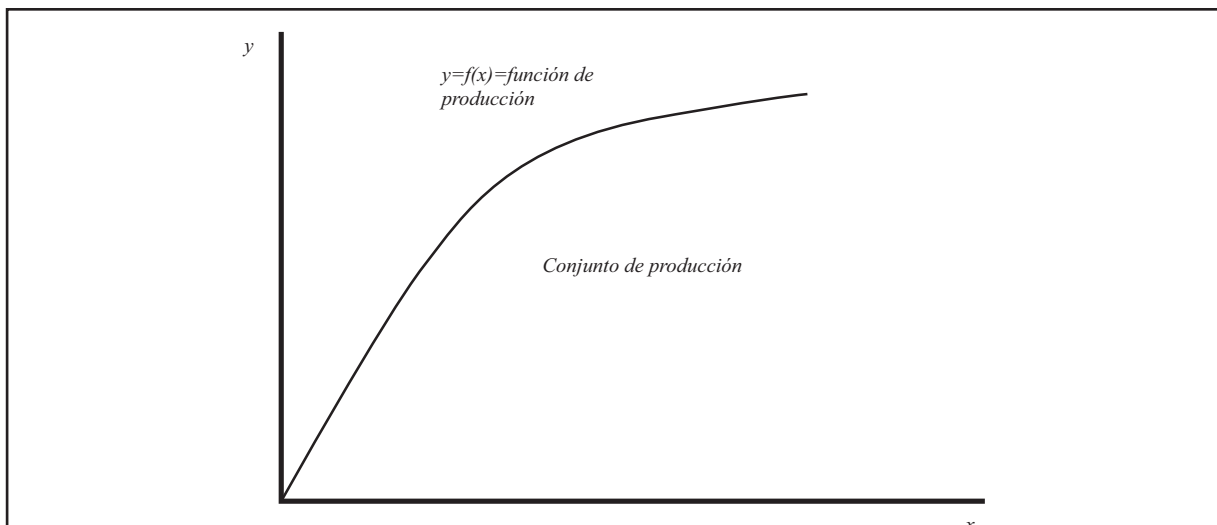
$$x_2 = \text{fijo}$$

Entonces se tiene la función de producción:

$$y = f(x_1)$$

Esta función de producción, tiene rendimientos marginales decrecientes: el incremento en la producción tiende a cero conforme aumenta el insumo 1. En este caso, la representación gráfica de dicha función de producción es la siguiente:

Gráfica 1.1 La función de producción con un insumo variable



Fuente: Elaboración propia.

Esta forma de la función de producción refleja el comportamiento típico del de la producción en el corto plazo: la Ley de los Rendimientos Marginales Físicos decrecientes, dice que si un insumo varía ( $x_1$ ) y los demás permanecen constantes ( $x_2, \dots, x_n$ ), la producción se incrementará a una tasa positiva pero decreciente (producto marginal físico positivo pero decreciente).

Lo anterior significa que se llegará a un punto en que agregar un cantidad marginal del insumo variable provocará que la producción total decrezca, es decir, el producto marginal de insumo variable se vuelve negativo. Este caso se descarta en la teoría de la producción debido al supuesto de racionalidad del empresario, por lo tanto la función de producción no llega a presentar pendiente negativa.

Si se supone que dos insumos pueden variar, nos instalamos en el supuesto del largo plazo. Entonces se define a las isocuantas como todas las combinaciones de dos insumos que generan el mismo nivel de producción. Una función de producción característica de este tipo de producción se denomina Cobb-Douglas:

$$f(x_1, x_2) = y = Ax_1^\alpha x_2^{1-\alpha}$$

$$0 < \alpha < 1$$

Sea  $\bar{y}$  = Producción fija, en consecuencia,

$$\bar{y} = Ax_1^\alpha x_2^{1-\alpha}$$

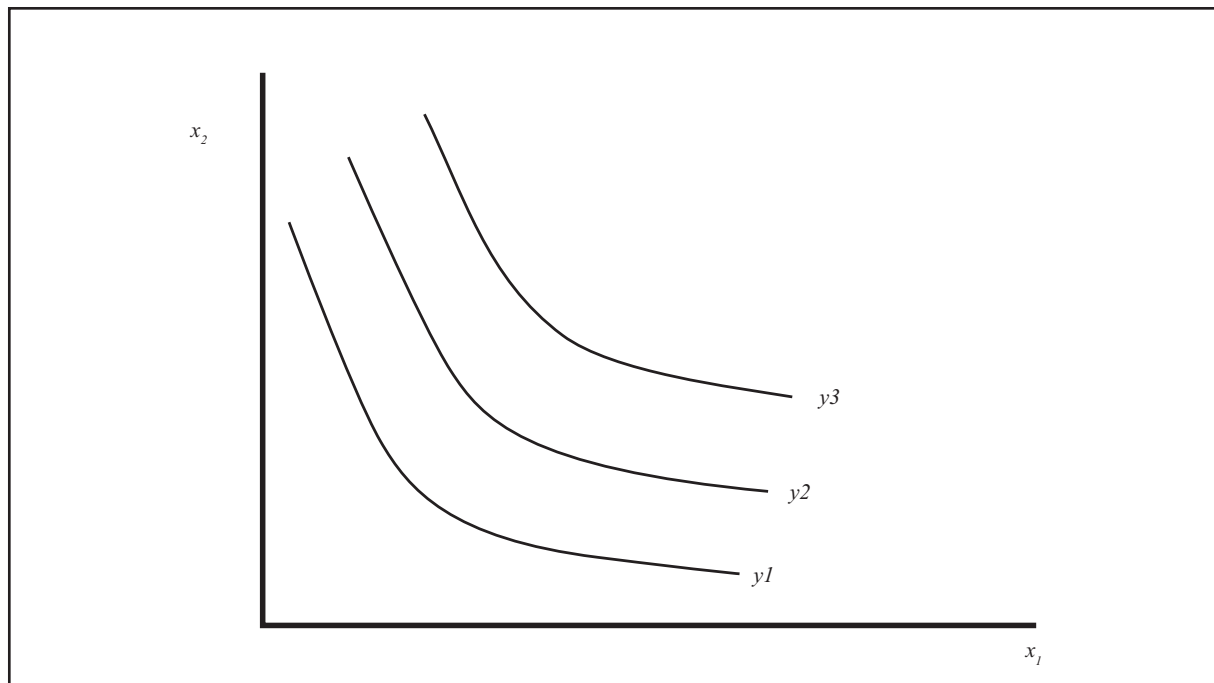
Despejamos  $x_2$ ,

$$x_2 = \sqrt[1-\alpha]{\frac{\bar{y}}{Ax_1^\alpha}}$$

Donde los exponentes suman la unidad si existieran rendimientos de escala constantes, si la suma es menor a uno, existirán rendimientos de escala decrecientes y si es mayor a uno, los rendimientos de escala serán crecientes.

Un mapa de curvas de isocuantas para esta función se representa en la siguiente gráfica:

Gráfica 1.2 La función de producción con dos insumos variables



Fuente: Elaboración propia.

En general se supone que las isocuantas son continuas, no se pueden cruzar y tienen una tasa marginal decreciente en la sustitución de los insumos (pendiente negativa).

La isocuanta que esté más alejada del origen implica un mayor nivel de producción; en este sentido la gráfica indica que  $y_1 < y_2 < y_3$ .

La tecnología elegida por la empresa debe satisfacer las siguientes propiedades:

- 1.- Las tecnologías son monotónicas: Esto significa que si se incrementa la cantidad de al menos uno de los insumos, será posible producir tanto producto como el que se producía originalmente, lo cual se conoce también como disposición libre.
- 2.- La tecnología es convexa: es decir, si hay dos formas de producir y unidades de producto — se tienen las formas  $(x_1, x_2)$  y  $(z_1, z_2)$ , entonces el promedio ponderado producirá al menos y unidades de producto.

### 1.5.2. El producto marginal

Supóngase que se usa el par de insumos,  $(x_1, x_2)$ , y aumenta un poco el insumo  $x_1$  y conservamos fijo el insumo  $x_2$ , entonces el cambio en la producción es,

$$\frac{\Delta y}{\Delta x_1} = \frac{f(x_1 + \Delta x_1, x_2) - f(x_1, x_2)}{\Delta x_1}$$

A esta función se le denomina: producto marginal del factor  $x_1$ .

De acuerdo a lo anterior, el producto marginal del factor  $x_2$  es,

$$\frac{\Delta y}{\Delta x_2} = \frac{f(x_1, x_2 + \Delta x_2) - f(x_1, x_2)}{\Delta x_2}$$

Estos productos marginales se pueden expresar como:

$$MP_1(x_1, x_2)$$

$$MP_2(x_1, x_2)$$

Donde,

$M = \text{Dinero}$

$P_1 = \text{Precio del insumo 1}$

$P_2 = \text{Precio del insumo 2}$

### 1.5.3. La tasa técnica de sustitución

La tasa técnica de sustitución,, es la pendiente de la isocuanta; esta tasa mide el intercambio entre dos insumos de producción, es decir, es la tasa a la cual la firma tiene que sustituir un insumo por otro de tal manera que el producto permanece constante.

Se considera un cambio en el uso de los insumos  $x_1$  y  $x_2$ , de tal manera que el nivel de producción  $y$ , permanece constante; entonces tenemos,

$$\Delta y = MP_1(x_1, x_2) \Delta x_1 + MP_2(x_1, x_2) \Delta x_2$$

Por lo tanto,

$$TRS(x_1, x_2) = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = - \frac{MP_1(x_1, x_2)}{MP_2(x_1, x_2)}$$

Dado que se supone que el producto marginal es decreciente, la TRS también es decreciente: a medida, por ejemplo, que se usa menos el factor  $x_1$ , el incremento en el uso del factor  $x_2$  es cada vez menor.

La firma elige cuanto producir y el método de producción a emplear para ello se acude al supuesto de maximización de los beneficios. Se supone un contexto de precios fijos de los insumos y el producto, ya que la empresa se encuentra en un mercado de competencia perfecta y asume los precios como parámetros, los cuales no puede modificar y únicamente puede decidir sobre las cantidades de insumos que utilizará para producir la cantidad de producto que considere deseable, es decir que se suponen mercados competitivos de bienes y de factores.

En primer lugar, diremos que los beneficios son la diferencia entre ingresos y costos; se supone que la firma produce los productos  $(y_1, \dots, y_n)$  y usa los insumos  $(x_1, \dots, x_n)$ . Los precios de los productos se definen como  $(p_1, \dots, p_n)$

En este sentido se tiene,

$$\Gamma = \text{Ingresos} - \text{Costos}$$

De otra manera,

$$\Gamma = \sum_{i=1}^n p_i y_i - \sum_{i=1}^n \omega_i x_i$$

Donde,

$$\Gamma = \text{Beneficios}$$

$$\omega_i = \text{Precio del factor } i$$

#### 1.5.4. Maximización de los beneficios en el corto plazo

Analicemos el comportamiento de la firma en el corto plazo. En este modelo, se contemplan dos insumos,  $x_1$  y  $x_2$ ; el primer insumo es variable y el segundo se mantiene fijo. Adicionalmente, se tiene la función de producción  $f(x_1, x_2)$

Sea,

$$P = \text{Precio del producto.}$$

$$\omega_1 \text{ y } \omega_2 \text{ los precios de los insumos.}$$



En consecuencia, el problema de maximización de los beneficios se presenta de la siguiente manera:

$$\text{máx } Pf(x_1, \bar{x}_2) - \omega_1 x_1 - \omega_2 \bar{x}_2$$

Si decimos que  $x_1^*$  implica la maximización de beneficios cuando se elige,  $x_1$  entonces:

$$PMP_1(x_1^*, \bar{x}_2) = \omega_1$$

Este resultado significa que cuando se maximizan beneficios el producto marginal del factor variable es igual a su precio.

Ahora bien, podemos expresar los beneficios como,

$$\Gamma = Py - \omega_1 x_1 - \omega_2 x_2$$

Si resolvemos esta expresión para  $y$  resulta,

$$y = \frac{\Gamma}{P} - \frac{\omega_2}{P} \bar{x}_2 - \frac{\omega_1}{P} x_1$$

Dicha ecuación, es lo que se denomina la línea de isobeneficios, la cual describe todas las combinaciones de insumos y productos que dan un nivel de beneficios constante. La ecuación de beneficios que es tangente a la función de producción indica el nivel de producto que maximiza los beneficios. Es decir, la pendiente de la función de producción es el producto marginal y la pendiente de la línea de isobeneficios es  $\frac{\omega_1}{P_1}$ ; esta condición de maximización de los beneficios se puede escribir como:

$$MP_1 = \frac{\omega_1}{P_1}$$

### 1.5.5. Maximización de los beneficios en el largo plazo

En el largo plazo, todos los factores son variables, por lo cual el problema de maximizar los beneficios se presenta como:

$$\text{máx}_{x_1, x_2} Pf(x_1, x_2) - \omega_1 x_1 - \omega_2 x_2$$

Las condiciones para maximizar los beneficios, en el largo plazo son:

$$PMP_1(x_1^*, x_2^*) = \omega_1$$

$$PMP_2(x_1^*, x_2^*) = \omega_2$$

En el largo plazo, los pagos a los factores de producción son iguales a sus respectivas productividades marginales en términos de valor; cuando se cumplen dichas condiciones, se maximizan los beneficios.

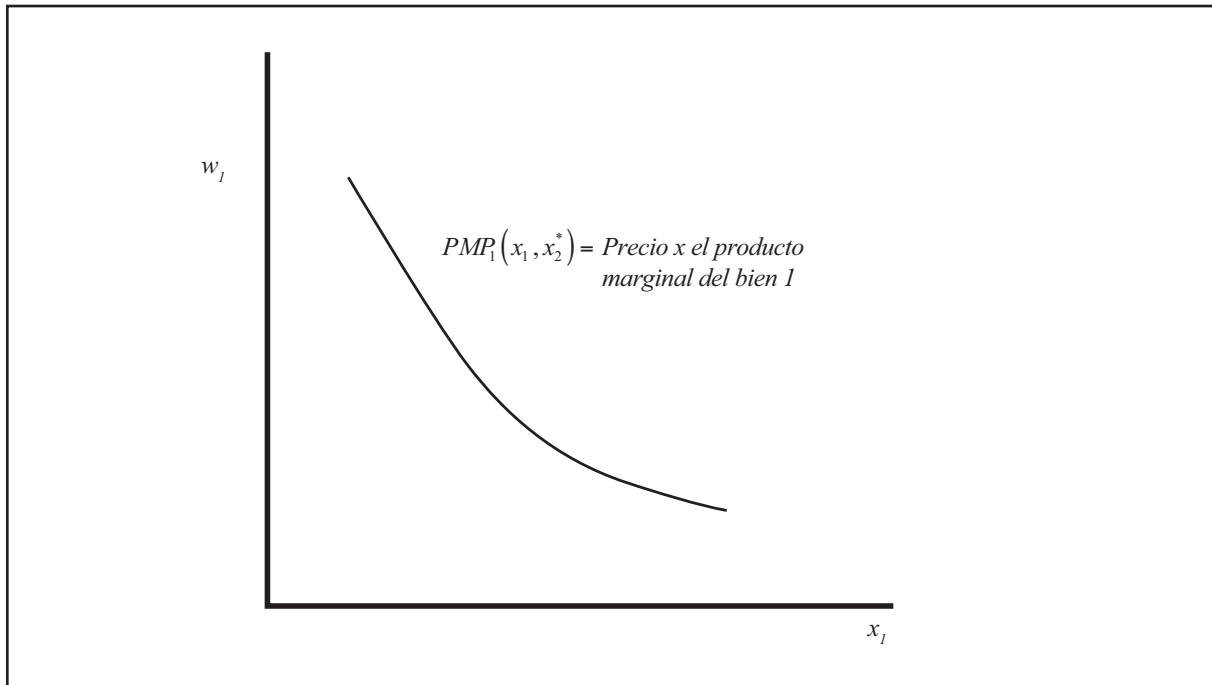
La curva de la demanda del factor es la relación inversa entre el precio de un factor y la cantidad demandada del factor. Cuando se maximizan los beneficios, se determinan también las cantidades demandadas óptimas de los factores, tales que el valor de sus productos marginales iguallen sus precios.

La curva de demanda inversa del factor, mide la relación inversa entre el precio del factor y la cantidad del factor que usa la firma. Se tiene la siguiente expresión para la curva de demanda del factor  $x_1$ :

$$PMP_1(x_1, x_2^*) = \omega_1$$

La curva de demanda del factor  $x_1$  se presenta en la siguiente gráfica.

Gráfica 1.3 La curva de demanda inversa de un factor



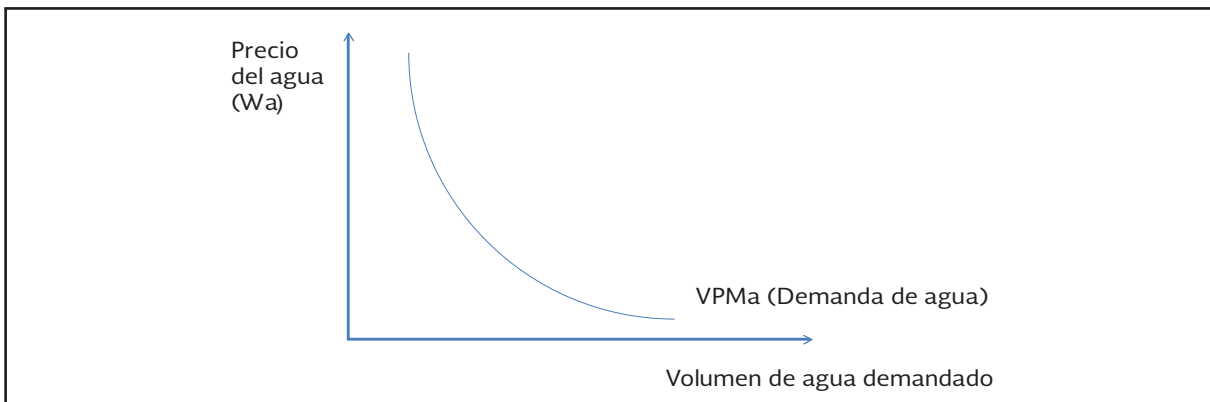
Fuente: Elaboración propia.

### 1.5.6. Metodología para estimar el uso eficiente del agua

Se estimarán primero 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 se espera resarcir la falta de información considerando la posibilidad de utilizar datos de otras tecnologías, por ejemplo 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.

Se espera que las funciones de demanda tengan pendiente negativa y en ausencia de fallos de mercado sean asintóticas a los ejes como se muestra en la siguiente figura.

Figura 1.2. La curva de demanda de agua



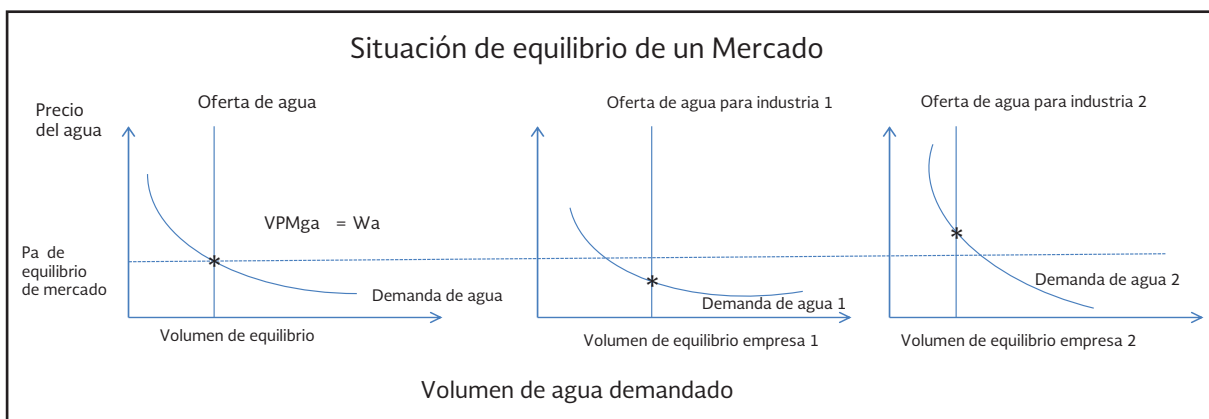
Fuente: Elaboración propia.

Para ello se deberán obtener primeramente las estimaciones de las funciones de producción para cada uno de los cultivos y a partir de allí, las curvas de productividad marginal y del valor de la productividad marginal correspondientes al considerar el precio medio rural por tonelada respectivo.

Se simulará una solución de mercado de competencia perfecta, es decir óptima, para la asignación de los recursos, en particular el agua, en dónde se lleve el uso del recurso hasta el punto en que su valor marginal sea igual a su precio.

En el caso de la agricultura se simularán distintos escenarios con diferentes precios del agua o cuotas de riego para los cultivos regados con agua superficial, mientras que para los cultivos regados con agua subterránea, se probará con precios positivos que permitan obtener cantidades demandadas cercanas a los volúmenes asignados. El criterio de reasignación de agua se puede observar en la siguiente figura.

Figura 1.3. Equilibrio del mercado del agua como insumo de producción



Fuente: Elaboración propia.

Si un insumo de la producción se compra y se vende en un mercado de competencia perfecta se establecería el equilibrio en el punto en que el Valor de la Productividad Marginal del Agua fuera igual a su precio. Esto ocurre así porque los empresarios, agrícolas en este caso, no pueden determinar ni el precio de su producto ni tampoco el precio del insumo, en este caso el agua, por lo que solamente pueden modificar su volumen de agua demandado hasta cumplir con la regla de maximización de beneficios, señalada anteriormente y con el concurso de todos los demandantes y los oferentes se determina el precio de equilibrio del recurso.

En esta situación el modelo teórico utilizado y reseñado en el inciso anterior, asegura que el agua y todos los factores de la producción sean asignados eficientemente y de acuerdo a su costo de oportunidad, de tal manera que no existe ninguna otra asignación posible que sea mejor que la lograda de acuerdo a la regla óptima de asignación de mercado.

Pero ¿qué sucedería en el caso en que un empresario no estuviera cumpliendo la regla óptima del uso del agua? En un modelo donde se supone que los agentes económicos son racionales, esta situación únicamente podría ocurrir por algún fallo del mercado, quizás el más característico sea la rigidez de precios, mediante la cual se impida el libre funcionamiento del mecanismo de reasignación eficiente del agua.

Así por ejemplo, si el precio es menor al precio de equilibrio que establecería el mecanismo del mercado del agua, se propiciaría un exceso de demanda de agua. En este caso, si el precio es rígido no se ajustara y no podría eliminarse este exceso de demanda de agua. En el caso contrario, si el precio fuera superior al precio de equilibrio, se propiciaría un exceso de oferta de agua y si se impidiera que el precio se ajustara a la baja, no podría eliminarse este exceso de oferta de agua. Se puede suponer de inicio, que en la subcuenca de Salamanca, existe un problema de escasez del recurso, por lo que es muy probable que se presente un exceso de demanda de agua y que, debido a la competencia por el recurso haya presiones para que aumente su precio.

Con el fin de dilucidar que sucede en el caso de estudio y sabiendo que: 1) no existe un precio del agua; 2) no existe un mercado del agua en el sentido del modelo señalado en el inciso anterior de este trabajo. Se realiza un análisis comparativo de la oferta de agua que fija un planificador central en ausencia de oferentes privados, puesto que el agua es un recurso propio del estado, de acuerdo a la legislación vigente y la demanda de agua estimada para los usuarios agrícolas de acuerdo a las funciones de demanda derivadas del agua. En esta situación resulta necesario llevar a cabo una inspección al interior de cada módulo de producción para luego agregar las funciones de demanda por tipo de uso.

El criterio que marca el modelo para la reasignación del recurso, en caso de que el empresario agrícola no haya seleccionado el volumen óptimo del agua que le permita maximizar sus beneficios es el siguiente: a) si  $VPM_{ga} > W_a$  el empresario aumentará su demanda de agua y, b) si  $VPM_{ga} < W_a$  el empresario disminuirá su demanda de agua, dado que  $P$  y  $W_a$  están fijos por el supuesto de competencia.





# LA ESCASEZ DEL AGUA Y LA COMPETENCIA POR EL RECURSO. LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN EL CASO DE LA AGRICULTURA

## 2

### 2.1. USO DE HERRAMIENTAS ECONÓMICAS PARA EFICIENTAR EL USO DE AGUA EN AGRICULTURA

La agricultura es por mucho el sector usuario de agua más grande, no sólo en México sino en la mayoría de los países, a pesar de esto y de que cada vez se pone mayor énfasis en la utilización de los mecanismos económicos para racionalizar la demanda de agua, existen pocos estudios econométricos enfocados en la estimación de la función de demanda de agua para uso agrícola y la respuesta de ésta antes las modificaciones de los precios.

En uno de estos estudios, Schoengold, K., Sunding, D. y Moreno, G. (2004), utilizando una estimación de datos de panel a nivel desagregado, estiman los parámetros de una función de demanda de agua agrícola, para ello suponen que los productores elijen simultáneamente los insumos, los productos y la tecnología. Los resultados obtenidos por estos autores indican que la elasticidad precio de la demanda de agua oscila en el rango:  $[-0.415, -0.275]$ , incluyéndose los efectos indirectos de los cambios en el precio del agua sobre el producto y la elección de la tecnología; los resultados también proporcionan la medida de los beneficios de conservación de la inversión así como los ahorros de agua de acuerdo a la tecnología seleccionada, los cuales varían ampliamente de acuerdo al tipo de cultivo aunque en general, resultan en alrededor del 50% respecto al volumen de riego por gravedad.

En Bontemps, C. y Couture, S. (2002), se propone un método original de estimación en dos etapas, primero se desarrolla un modelo de programación dinámica para obtener el plan óptimo de riego. Con base en un enfoque microeconómico, se describe el comportamiento del productor agrícola y se introduce un algoritmo de solución para el modelo agroeconómico utilizando una base de datos real; posteriormente se estima la función de beneficios y la función de demanda de agua para uso agrícola mediante un método no-paramétrico.

Este modelo se aplica al suroeste de Francia, donde se registran constantes conflictos por el agua. Los resultados son constantes e independientes de los diferentes climas, para pequeños volúmenes de agua disponible, la demanda de agua para uso agrícola es muy inelástica. Si se incrementa la cantidad total de agua disponible la demanda se vuelve más elástica, el rango para el cual existe respuesta de la demanda de agua ante los precios del agua oscila entre 0.30 francos por  $m^3$  para un año húmedo hasta 1.60 francos por  $m^3$  para un año seco. Dichos resultados son cruciales para que la institución reguladora analice los efectos de la política de regulación de la demanda de agua basada en los precios. El impacto de un incremento en el precio del agua sobre la demanda de

agua dependerá no solamente del clima sino también de cuáles son los precios iniciales y finales del agua.

Por su parte Moore, M., Gollehon, N. y Carey, M. (1994) elaboran un modelo econométrico para una firma que produce múltiples productos y que utiliza agua de riego para cuatro regiones del oeste de los Estados Unidos, en este se utilizan datos de sección cruzada para estimar las elecciones del cultivo, la oferta, la asignación de tierra y las funciones de demanda de agua. El volumen de agua demandado por la agricultura es la suma de las demandas de agua para cada cultivo, a su vez, éstas se separan en las demandas de agua de margen extensivo (de acuerdo a la asignación de tierra) y las de margen intensivo (uso de agua en el corto plazo).

Los resultados indican que las demandas que son elásticas respecto al precio del agua (medido como el costo del agua por bombeo) son primordialmente las de margen extensivo o de largo plazo.

Un artículo que revisa, clasifica, analiza y pondera las ventajas o desventajas de las diferentes metodologías para la estimación de la demanda de agua para la agricultura es el de Baldovín, M. y Berbel, J. (2002), en éste se justifica la necesidad de realizar estudios sobre la demanda de agua de riego en las distintas zonas regables (cuantificación de elasticidades, análisis de las respuestas de los productores ante incrementos del precio del agua, etc.). Las metodologías pueden ser la programación matemática de diversos tipos, métodos econométricos, estimaciones de valoraciones de agua a partir de datos contables, análisis basado en precios de la tierra, etc.

En lo que respecta a otro tipo de metodologías para determinar la demanda de agua para riego tales como los modelos de programación matemática basados en la Teoría de la Utilidad Multicriterio se puede encontrar por ejemplo el trabajo de Madueño C., Baldovín M. y Rodríguez J.A. (2000) en el que se estima la curva de demanda de agua de riego en un sistema de regadío a través de la Teoría de Decisión Multicriterio. Para ello, se obtiene la función de utilidad que los agricultores tratan de optimizar, la cual engloba más de un objetivo simultáneamente (maximización del beneficio y minimización del riesgo).

Mediante la función de utilidad se realiza una simulación de las decisiones eficientes de cultivo que establecerían los agricultores en el supuesto de aplicarse una política de tarifas sobre el agua de riego. Así se van obteniendo pares de valores (demanda de agua, precio del agua) en función del agua requerida por cada plan de cultivos, que configurarán la curva de demanda de agua de riego. Con la misma metodología se podrá cuantificar los impactos económico, social y ambiental producidos por dicha política de tarifas.

En Amir, I. y Fisher, F. M. (1999), se presenta un modelo de optimización lineal para el análisis de la producción agrícola considerándose diversos volúmenes de agua, calidades, plazos, precios y políticas de precios. El modelo está diseñado para servir como una herramienta en la de toma de decisiones de los planificadores de la producción agrícola.

La solución del modelo proporciona el nivel óptimo de consumo de agua para maximizar el ingreso neto de la producción agrícola de ocho distritos de Israel y las demandas de agua bajo

distintos precios para cada distrito y una demanda de agua agregada. También se presenta un análisis de sensibilidad para diferentes escenarios y las curvas de demanda de agua, así como sus elasticidades precio, resultado del proceso de optimización.

Para el caso de México, en Gúzman E. et al (2009), se estiman los factores que afectan al consumo de agua subterránea en los sectores agrícola de riego y pecuario en el estado de Guanajuato, mediante un modelo de ecuaciones simultáneas, para lo cual se utilizó información estadística anual de 1980 a 2007.

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

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

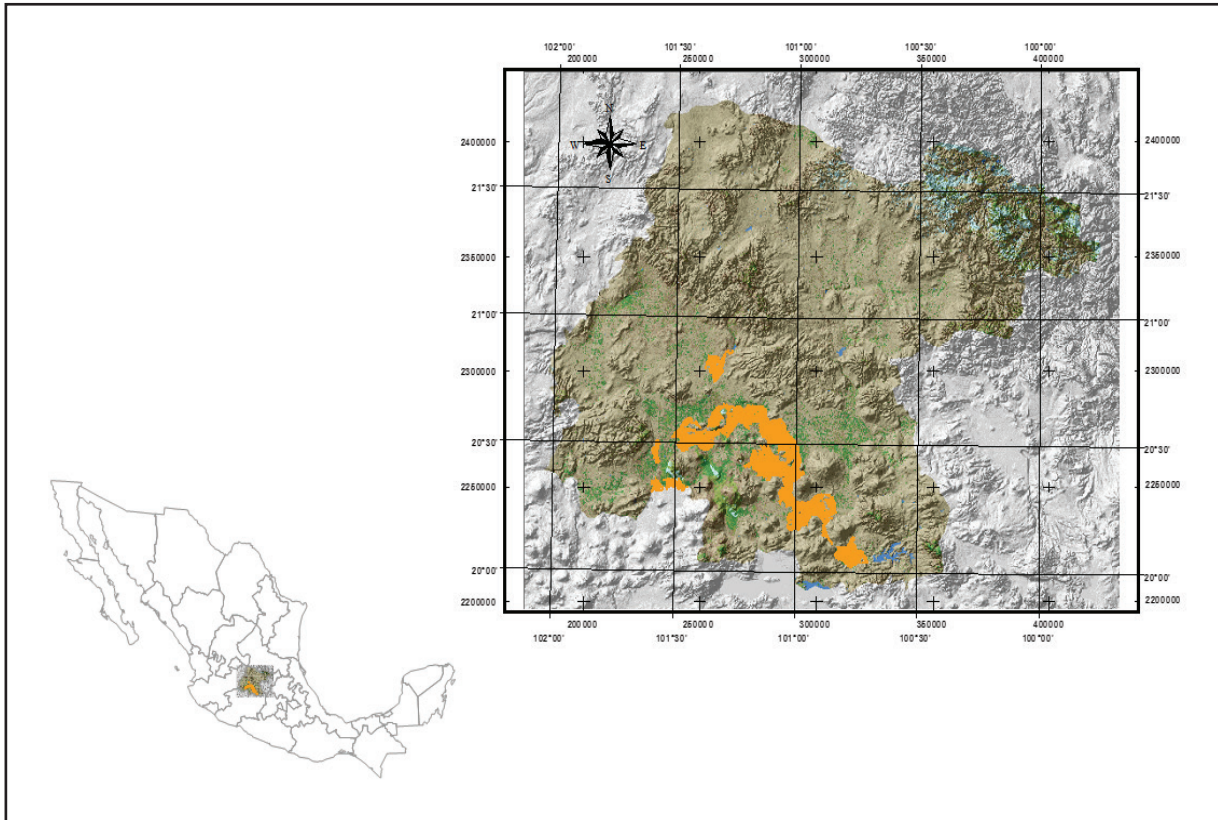
Los resultados muestran que la cantidad demandada de agua responde de manera inelástica a cambios en el precio con elasticidades de  $-0.002$  para la ganadería,  $-0.108$  para la agricultura de riego por bombeo y  $-0.023$  para la agricultura de riego por gravedad. Dichas elasticidades indican que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

## **2.2. LA AGRICULTURA EN LA ZONA DE ESTUDIO**

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

De acuerdo con el Plan Director para la Modernización Integral del Distrito de Riego 011 (2010), este Distrito se ubica geográficamente entre los paralelos  $19^{\circ}55'$  y  $21^{\circ}52'$  de longitud norte y los meridianos  $99^{\circ}39'$  y  $102^{\circ}05'$  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.

Figura 2.1 Localización de la zona de estudio

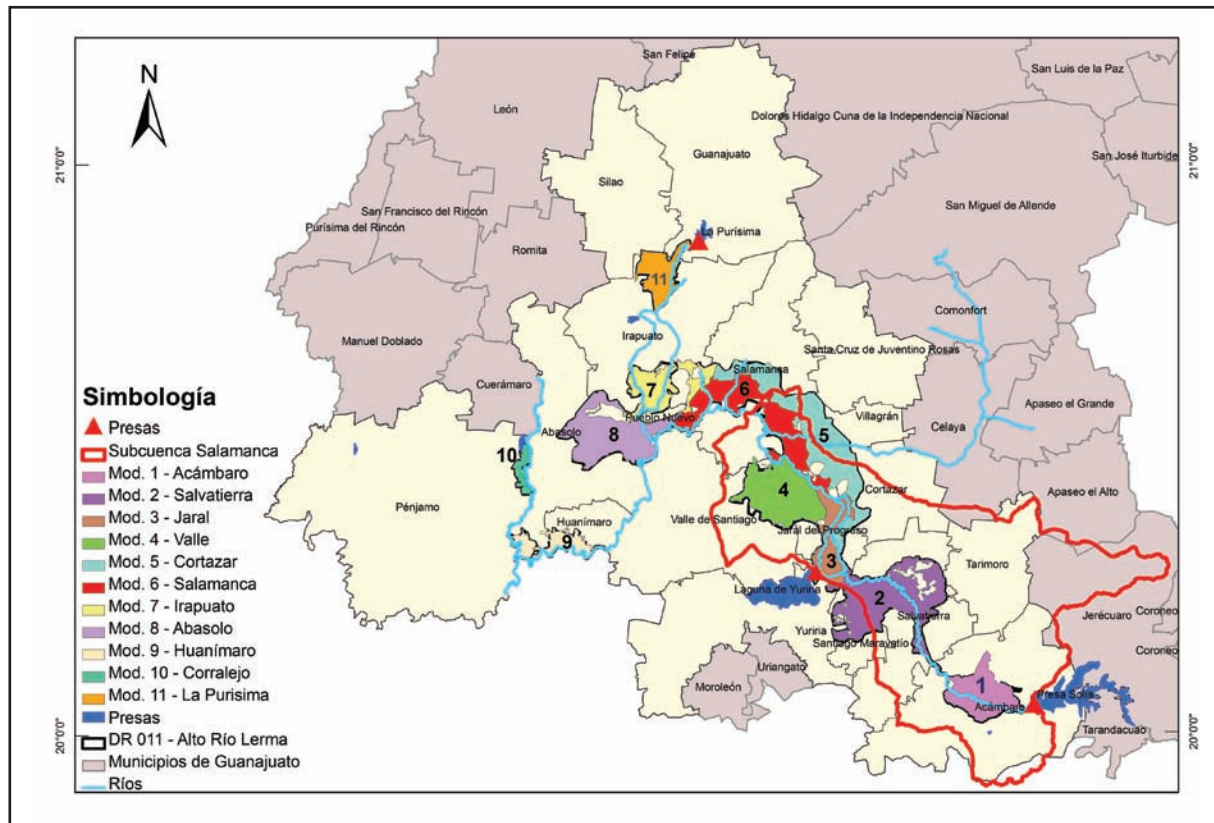


Fuente: Actualización del Plan Director para la Modernización Integral del Distrito de Riego 01 I, Alto Río Lerma, Gto. CONAGUA, 2010.

Dentro del área de este distrito de riego, 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 (Figura 5).

El distrito de riego, está conformado por once módulos de riego, con un total de 109,417 hectáreas, de las cuales, 61,203 has., son ejidales y 48,214 de propiedad privada. El número total de usuarios es de 25,430, de los cuales, el 76.62% son ejidatarios, esto es, 19,485, y el 23.38%, esto es, 5,945 son pequeños propietarios (Figura 2.2).

Figura 2.2 Ubicación de los módulos del DR 011 Alto Río Lerma



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la jefatura del DR 011 Alto Río Lerma, 2015. INEGI 2010.

La infraestructura hidroagrícola con la que cuenta el distrito de riego es la que a continuación se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.1 Infraestructura hidroagrícola con la que cuenta el DR 011 Alto Río Lerma

Infraestructura	Cantidad	Unidad	Clasificación	Cant./Clasif.	Clasificación	Cant./clasif.
Presas	9	Pza.	Almacenamiento	4		
			1. Presa Tepuxtepec			
			2. presa Solís			
			3. Laguna de Yuriria.			
			4. presa purísima			
			Derivación	5		
			1. Chamácuaro			
			2. Reforma			
			3. Lomo de Toro			
Diques	-	Pza.				
Pozos	2,173	Pza.	Oficiales	186		
			Particulares	1,987		
Cárcamos de bombeo	340	Pza.				



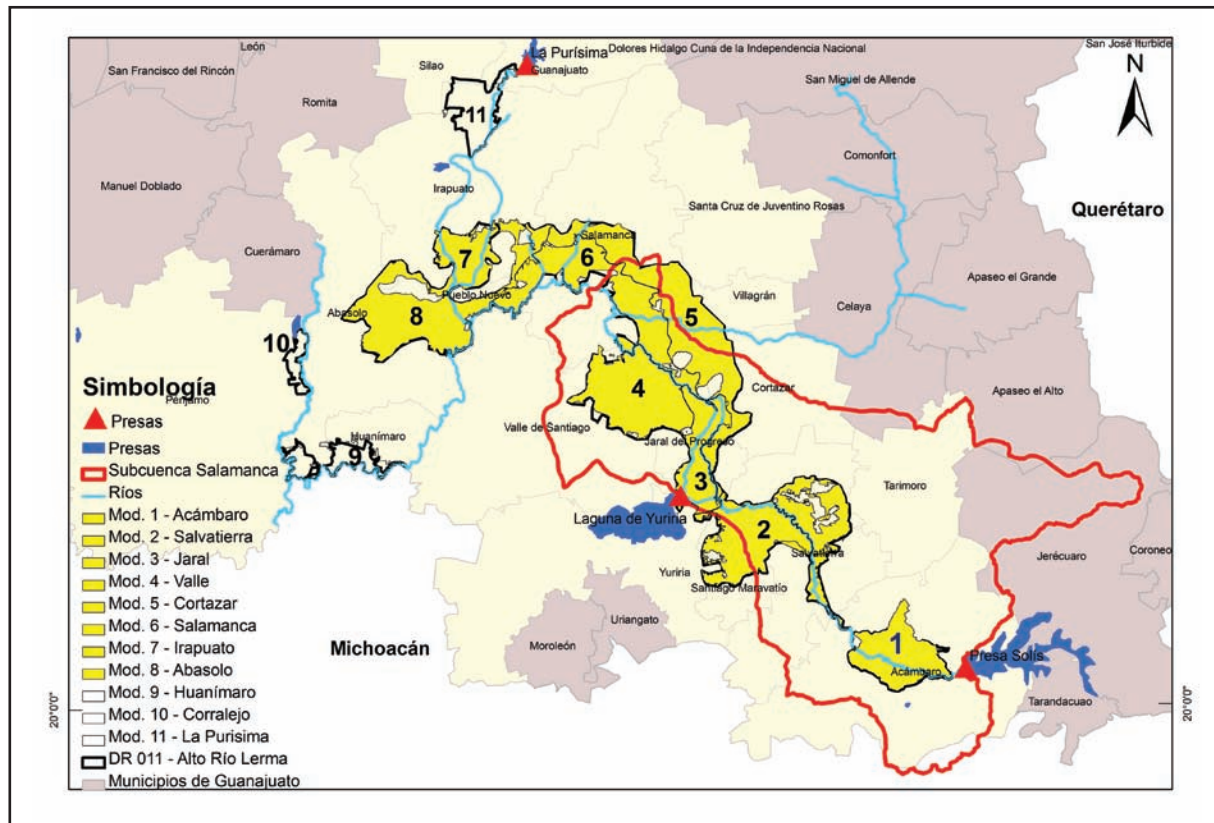
Cuadro 2.1 Infraestructura hidroagrícola con la que cuenta el DR 011 Alto Río Lerma (continuación)

Infraestructura	Cantidad	Unidad	Clasificación	Cant./Clasif.	Clasificación	Cant./clasif.
Plantas de bombeo	854	Pza.	Oficiales	642		
			Particulares	212		
Canales	1,715.47	Km	Principales	470.11	Rev. Concreto	63.5
					Rev. Mampostería	47.08
					Sin revestir	359.53
					Entubados	-
			Secundarios	1,244.14	Rev. Concreto	86.65
					Rev. Mampostería	109.4
					Sin revestir	1049.31
					Entubados	-
Drenes	1029.62	Km	Principales	309.88		
			Secundarios	719.74		
Camino	2,441.84	Km	Pavimentados	61.31		
			Revestidos	746.36		
			Terracerías	1,634.17		
Camino interparcelario	1,782.03	Km	Interparcelario	1,782.03		
Estructura	17,231	Pza.	En canales	13,293	Cruce	2,877
					Medición	50
					Operación	9,509
					Protección	857
			En drenes	3,938	Cruce	1,280
					Operación	2,658
En caminos	-					
Casetas y edif.	152	Pza.			Obras diversas	-

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

El área de estudio comprende ocho de los once módulos (Figura 2.3). La superficie que comprende cada uno, así como el número de usuarios por módulo, se puede apreciar en el Cuadro 2.2.

Figura 2.3 Módulos del DR 011 Alto Río Lerma considerados en el estudio



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la jefatura del DR 011 Alto Río Lerma, 2015. INEGI 2010

Cuadro 2.2 Módulos que comprende el área de estudio

Módulo	No. Módulo	Municipio	Usuarios		Superficie	
			Ejidal	Pequeña propiedad	Ejidal	Pequeña propiedad
Acámbaro	1	Acámbaro	2,459	366	6,368	2,299
Salvatierra	2	Salvatierra, Santiago, Maravatío y Yuriria.	5,021	634	13,724	2,317
Jaral	3	Jaral del Progreso, Salvatierra y Yuriria.	1,110	323	3,256	3,447
Valle	4	Valle de Santiago y Jaral del Progreso	1,913	493	7,162	6,124
Cortazar	5	Cortazar, Jaral del Progreso, Salamanca, Villagrán, Santa Cruz de Juventino Rosas, Irapuato y Pueblo Nuevo.	2,069	918	9,703	8,618
Salamanca	6	Salamanca, Jaral del Progreso, Pueblo Nuevo e Irapuato.	1,190	1,244	5,034	8,446
Irapuato	7	Irapuato y Pueblo Nuevo	1,017	295	4,120	4,192
Abasolo	8	Abasolo, Irapuato y Pueblo Nuevo.	2,614	1,275	4,528	9,938
Total			17,393	5,548	53,895	45,381

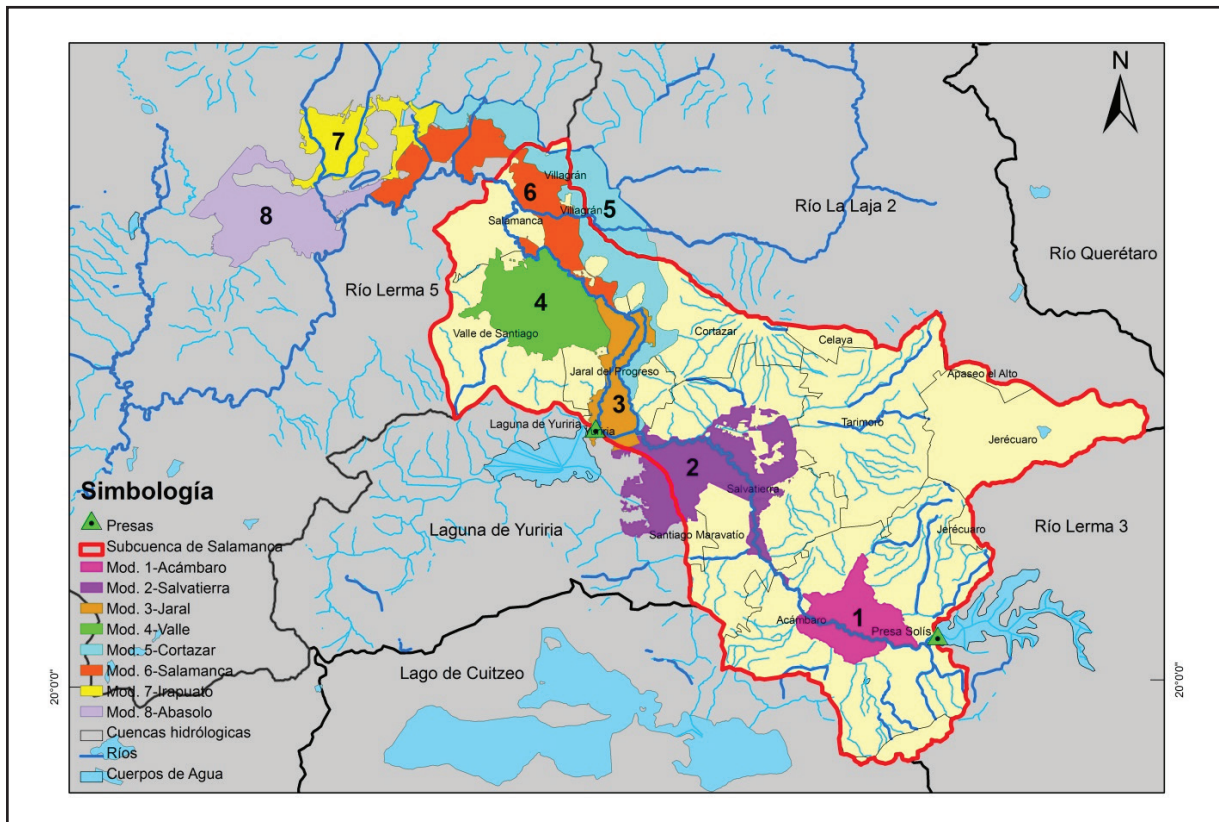
Fuente: Actualización del Plan Director para la Modernización Integral del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Gto. CONAGUA, 2010.

Del total de la superficie del distrito, el área de estudio comprende el 90.73%, esto es, 99,276 has., de las cuales, el 54.28%, corresponden al sector ejidal y el 45.71%, le pertenece al sector de la pequeña propiedad. Con respecto al número total de usuarios, este es de 22,941, esto es, el 90.21% del total de usuarios que existen en el distrito de riego.

### 2.2.1. Recursos Superficiales

La zona de estudio de los ocho primeros módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma se ubican dentro de la Subregión Hidrológica Lerma-Chapala, principalmente en las subcuencas hidrológicas Río Lerma 4 (Salamanca), Río Lerma 5, Río La Laja 2 y Laguna de Yuriria (ver Figura 2.4).

Figura 2.4 Subcuencas donde se ubica el DR 011 Alto Río Lerma



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la jefatura del DR 011 Alto Río Lerma, INEGI 2010 y CONAGUA. Subdirección General de Programación. Estadísticas del Agua en México, Edición 2010.

Dentro del sistema de abastecimiento de agua superficial del distrito de riego lo comprende el río Lerma, el cual es la fuente natural y principal de este sistema, que nace en la Laguna de Chignahuapan o primera laguna del Lerma, al Sureste de la ciudad de Toluca.

A partir de su nacimiento el río Lerma corre en una dirección Noroeste, hasta penetrar en el caso de Michoacán, recibiendo en este tramo las aguas de los ríos de Ocoyoacac, Ameyalco, Atenco, del Mayorazgo, de Almoloya, Tepetitlán, Embajomuy, Atlacomulco y otros de menor importancia. Al penetrar en el estado de Michoacán, el río Lerma desvía su curso hacia el Suroeste descargando en la presa Tepuxtepec y continua con igual dirección hasta recibir por la margen izquierda la afluencia del río del Oro, donde se desvía nuevamente hacia el Noroeste hasta penetrar en el estado de Guanajuato, recibe por la margen izquierda las aguas de los arroyos de Cachiví y Casa Blanca.

El río Lerma continúa en la misma dirección por unos 25 kilómetros, y se desvía después hacia el Oeste para descargar en la presa Solís, recibe en este tramo la afluencia del arroyo de Tarandacuao por la margen izquierda, y del río Tigre por la margen derecha. A partir de la presa Solís, el río Lerma sigue una dirección general hacia el Noroeste, en donde recibe de varios afluentes de escasa importancia, hasta varios kilómetros arriba de Salamanca, donde afluye por la margen derecha el río de La Laja, siendo uno de los tributarios más importantes. En este tramo se encuentra la laguna de Yuriria. Aguas abajo de la población de Salamanca, el río Lerma desvía su curso hacia el Suroeste, en donde recibe por la margen derecha las aguas del río de Silao y Guanajuato y pasa a servir de límite entre los estados de Guanajuato y Michoacán, por la margen derecha recibe la afluencia del río Turbio, que se considera el límite de la zona llamada Alto Río Lerma, que coincide con los límites del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma. Finalmente el río llega al estado de Jalisco, donde desemboca en el lago de Chapala con una capacidad aproximadamente 8,000 millones de metros cúbicos.

El balance de la disponibilidad de agua publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) para las 19 subcuencas hidrológicas que integran la Subregión Hidrológica Lerma-Chapala todas se encuentran en déficit. Dentro de las subcuencas que nos interesan (Río Lerma 4, Río La Laja 2, Laguna de Yuriria y Río Lerma 5), la subcuenca de Río Lerma 5 tiene el mayor déficit con  $-56.73 \text{ hm}^3$  (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3 Disponibilidad de agua superficial de la Región Hidrológica No.12 Lerma-Santiago. Subregión Hidrológica Lerma-Chapala (hm<sup>3</sup>/año).

Cuenca	Nombre y descripción	Cp	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	Ab-Rxy	D	Clasificación
I	Río Lerma 1: Desde su origen hasta la presa José A Alzate	209.19	0	68.04	43.11	20.97	0	12.79	-0.39	192.83	193.15	-0.32	0.0	déficit
II	Río La Gavia: Desde su origen hasta la presa Ignacio Ramírez	102.41	0	31.1	0.74	0	0	11.94	0.16	59.96	60.06	-0.10	0.0	déficit
III	Río Jaltepec: Desde su origen hasta la presa Tepetitlán	92.71	0	32.29	0.75	0	0	14.19	0.15	46.83	46.90	-0.07	0.0	déficit
IV	Río Lerma 2: Desde las presas Alzate, Ramírez y Tepetitlán hasta la presa Tepuxtepec	393.49	299.62	122.82	9.66	0	0	73.55	0.03	506.37	507.54	-1.17	0.00	déficit
V	Río Lerma 3: Desde la presa Tepuxtepec hasta la presa Solís	467.39	506.37	229.42	16.1	0	0	90.21	4.65	665.58	667.87	-2.29	0.00	déficit
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	-3.80	0.00	déficit
VII	Río La Laja 1: Desde su origen hasta la presa Ignacio Allende	275.01	0	55.12	5.58	0	0	47.72	3.86	173.89	174.21	-0.32	0.00	déficit
VIII	Río Querétaro: Desde su origen hasta la EH Ameche	106.24	0	121.13	42.97	0	0	12.11	0	15.97	15.99	-0.02	0.00	déficit
IX	Río La Laja 2: Desde la presa Ignacio Allende hasta la EH Pericos	84.09	189.85	138.29	32.1	0	0	2.5	0	165.25	165.82	-0.57	0.00	déficit
X	Laguna de Yuriria	193.1	0	1.27	0	83.76	115.57	164.93	-2.7	0	0.00	0.00	0.00	déficit
XI	Río Turbio: Desde su origen hasta la EH Las Adjuntas	195.42	0	187.96	80.84	0	0	19.41	0	68.89	71.88	-2.99	0.00	déficit



Cuadro 2.3. Disponibilidad de agua superficial de la Región Hidrológica No.12 Lerma-Santiago. Subregión Hidrológica Lerma-Chapala (hm<sup>3</sup>/año) (continuación).

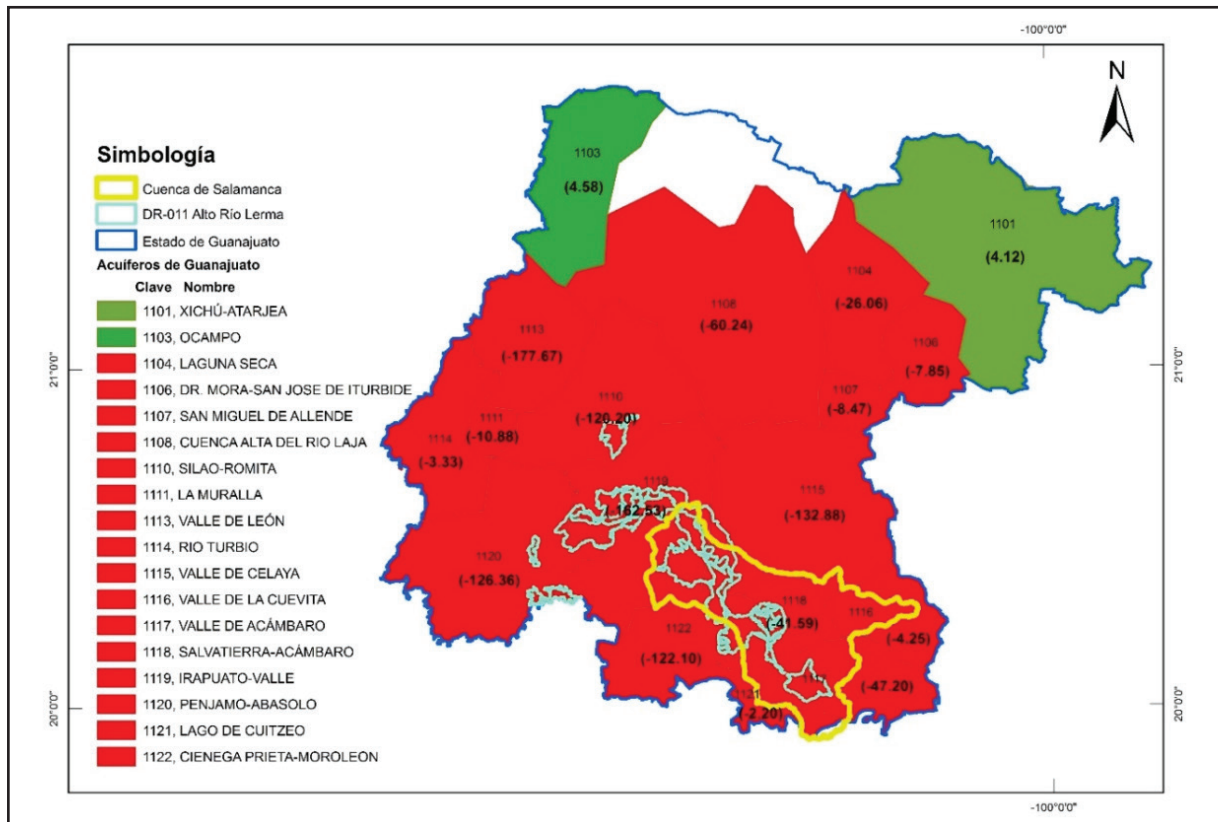
Cuenca	Nombre y descripción	Cp	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	Ab-Rxy	D	Clasificación
XII	Río Angulo: Desde su origen hasta la presa Melchor Ocampo	379.57	0	76.45	2.18	0	0	28.05	1.67	275.58	287.56	-11.98	0.00	déficit
XIII	Río Lerma 5: Desde la EH Salamanca hasta la EH Corrales	286.89	432.09	676.96	95.2	491.21	0	19.83	0	608.6	665.33	-56.73	0.00	déficit
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	621.20	-88.40	0.00	déficit
XV	Río Zula: Desde su origen hasta la EH Zula	208.41	0	80.11	1.95	0	0	10.98	0	119.27	139.05	-19.78	0.00	déficit
XVI	Río Duero: Desde su origen hasta la EH Estanzuela	502.77	0	256.32	29.77	0	0	6.29	0	269.93	314.70	-44.77	0.00	déficit
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	0.00	0.00	0.00	déficit
XVIII	Lago de Pátzcuaro	79.53	0	27.31	0.68	0	0		0	0	0.00	0.00	0.00	déficit
XIX	Lago de Cuitzeo	485.26	0	120.12	44.28	0	0	443.29	5.66	0	0.00	0.00	0.00	déficit
	Totales	5307.23		3419.97	508.31	803.9	1108.65	2407.34	-18.55				0.00	déficit

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.

## 2.2.2. Recursos Subterráneos

El Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma y la subcuenca de Salamanca se encuentran ubicados en nueve acuíferos de los dieciocho que cuenta el estado de Guanajuato (Figura 2.5), de los cuales todos se encuentran en déficit, siendo el acuífero Irapuato-Valle el que presenta mayor déficit con  $-162.53 \text{ hm}^3$  (Cuadro 2.4).

Figura 2.5 Disponibilidad 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.

**Cuadro 2.4 Disponibilidad de aguas subterráneas de los acuíferos del estado de Guanajuato (hm<sup>3</sup>/año).**

Clave	Nombre del acuífero	Área km <sup>2</sup>	Recarga	Dncom	Vcas	Vextet	Das	Deficit
I101	Xichú-Atarjea	3,945.46	40.30	31.50	4.64	8.70	4.12	0.00
I103	Ocampo	1,651.53	6.40	0.20	1.62	4.10	4.58	0.00
I104	Laguna Seca	1,320.98	128.50	0.00	154.56	398.00	0.00	-26.06
I106	Dr. Mora-San Jose de Iturbide	783.39	32.00	0.00	39.85	58.00	0.00	-7.85
I107	San Miguel de Allende	358.29	28.60	6.50	30.57	22.10	0.00	-8.47
I108	Cuenca Alta del Rio Laja	4,131.43	139.70	0.00	199.95	412.00	0.00	-60.24
I110	Silao-Romita	1,880.97	243.50	0.00	363.70	363.70	0.00	-120.20
I111	La Muralla	241.39	34.80	5.00	40.68	36.40	0.00	-10.88
I113	Valle de Leñ	1,321.42	156.10	0.00	333.77	204.00	0.00	-177.67
I114	Rio Turbio	1,192.36	110.00	0.00	113.33	148.00	0.00	-3.33
I115	Valle de Celaya	2,793.81	286.60	0.00	419.48	593.00	0.00	-132.88
I116	Valle de La Cueva	782.84	5.90	0.70	9.45	8.50	0.00	-4.25
I117	Valle de Acámbaro	1,123.24	102.50	0.00	149.70	149.70	0.00	-47.20
I118	Salvatierra-Acámbaro	747.57	28.40	0.00	69.99	53.00	0.00	-41.59
I119	Irapuato-Valle	2,436.93	522.20	132.40	552.34	583.20	0.00	-162.53
I120	Penjamo-Abasolo	2,413.67	225.00	0.00	351.36	721.00	0.00	-126.36
I121	Lago de Cuitzeo	340.81	7.10	0.30	9.00	9.00	0.00	-2.20
I122	Cienega Prieta-Moroleon	1,220.11	85.00	9.00	198.10	142.90	0.00	-122.10

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.

## 2.3. DISPONIBILIDAD DE AGUA Y SUPERFICIE REGADA EN LA ZONA DE ESTUDIO.

La zona de estudio, que comprende la mayor parte de la superficie del Distrito de Riego 011, está enclavada en una región en donde el clima es templado prácticamente todo el año, la estación lluviosa está bien definida de junio a septiembre y los inviernos son secos y benignos.

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

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

La zona de estudio se localiza dentro de la Cuenca Lerma-Chapala, la cual es una de las cuencas más competidas y explotadas, con amplia variación espacial y temporal en la disponibilidad de agua. La escasez del agua en esta cuenca, ha creado una compleja red de intereses sobre este recurso en términos de calidad y cantidad en períodos de estiaje prolongado ante un crecimiento continuo de la demanda; se crea un ambiente de competencia por este recurso que acentúa los conflictos entre usuarios y autoridades de la región.

Como consecuencia de este problema, se crea el primer Acuerdo de Coordinación firmado por la federación y los gobiernos de los estados que utilizan los recursos del Río Lerma, el 13 de abril de 1989.

Con el objeto de dar seguimiento a los compromisos contraídos y de evaluar los avances, se crea el Consejo Consultivo de Evaluación y Seguimiento. Este consejo está formado por representantes de las diversas Dependencias del Gobierno Federal relacionadas con el tema, representantes de los Gobiernos Locales (Gobiernos Estatales de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, México y Querétaro) y representantes de los usuarios del recurso.

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

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

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

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

En el caso del Distrito de Riego 011, por las restricciones que impone el Convenio en la asignación del agua, los usuarios de los módulos se ven afectados por la reducción de los volúmenes que se les asigna en cada ciclo agrícola.

Esta reducción en los volúmenes conlleva a que los productores solo puedan regar una parte de su superficie. Por lo tanto, la superficie que se riega en la zona de estudio por gravedad, está en función de la disponibilidad de agua que exista en las presas.

En los cuadros localizados en el Anexo A1, se puede apreciar la variación de las superficies regadas en cada año agrícola para la mayoría de los principales cultivos regados por gravedad, y por ende la variación en su producción.

De esta forma, la variación de la superficie regada de los cultivos que se producen en la zona es una variable dependiente de la cantidad de agua que se les asigne cada año agrícola a los módulos de riego.

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. Como se puede observar en el Cuadro 2.5, 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.

Cuadro 2.5 Superficie total (Ha) regada por gravedad por ciclo agrícola en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.

CICLO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO										TOTAL
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2 SALVATIERRA	MOD.3 JARAL	DE SANTIAGO	MOD. 5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO			
2008-2009		5,527.15	2,984.00	6,298.00	9,373.95	6,788.00	3,113.67	6,915.00			40,999.77
2009-2010											
2010-2011	240.93	6,308.33	3,020.00	6,793.00	8,950.75	8,512.54	2,861.12	9,253.00			45,939.67
2011-2012	231.01		2,970.00	6,752.00	8,594.00	7,070.60	2,810.36	8,913.00			37,340.97
2012-2013											
2013-2014	44.30	552.49		5,732.00	8,662.00	7,458.73	2,464.99	10,002.00			34,916.51
<b>PRIMAVERA VERANO</b>											
2008-2009	4,685.47	2,829.94	201.00	33.00	68.00	26.70	98.16				7,942.27
2009-2010	4,574.42	7,438.18	2,500.00	6,438.00	9,408.00	8,918.59	3,244.16	11,022.00			53,543.35
2010-2011	5,388.21	2,342.17	58.00	47.00	44.00	30.82					7,910.20
2011-2012	5,259.49	8,948.04	61.00				1.44				14,269.97
2012-2013	5,420.84	7,930.98	2,790.00	6,250.00	9,346.00	7,981.94	2,852.87	13,564.00			56,136.63
2013-2014	5,768.19	8,103.55	2,812.00	78.00	158.00	40.34	18.03				16,978.11
<b>PERENNES</b>											
2008-2009	94.70	542.43	70.00	211.00	29.00	573.79					1,520.92
2009-2010	89.43	651.61	70.00	279.00	46.00	639.61					1,775.65
2010-2011	91.20	705.18	76.00	295.00	42.00	767.02		100.00			2,076.40
2011-2012	102.32	336.71	85.00	182.00	48.00	665.73					1,419.76
2012-2013	48.19	357.41	43.00	198.00	22.00	702.40	187.52	31.00			1,589.52
2013-2014	58.64	422.42	79.00	194.00	39.00	1,149.50	241.54				2,184.10
<b>SEGUNDOS CULTIVOS</b>											
2008-2009		5,206.62	2,776.00	5,878.00	9,119.00	6,666.93	2,920.36	6,820.00			39,386.91
2009-2010		587.05	693.00	257.00	8,762.00	7,345.05	2,150.65	7,397.00			1,537.05
2010-2011		3,862.30	2,947.00	5,977.00	8,551.00	4,774.58	2,665.61				38,441.00
2011-2012		248.03	3,196.00	5,900.00	8,551.00	4,774.58	2,665.61				25,335.22
2012-2013		1,022.11	423.00								1,445.11
2013-2014		789.16	313.00	5,406.92	8,354.04	6,100.00	2,247.00	8,786.00			31,996.12

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada, Distrito de Riego 011, CONAGUA, Dirección Local de Guanajuato, Agosto del 2015.



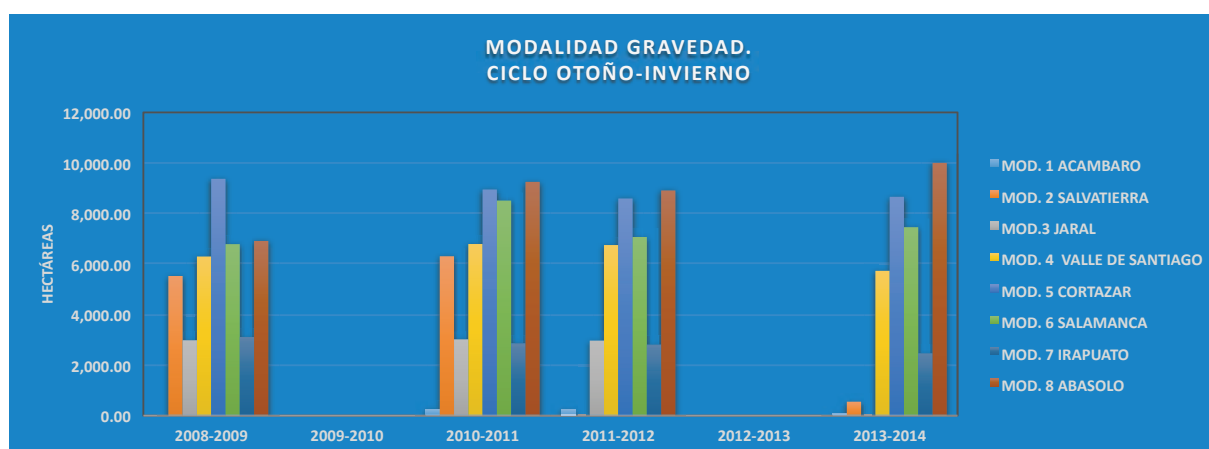
Para el año agrícola 2008-2009, la superficie regada fue de 89,849.87 has.; para el año 2009-2010, fue de, 56, 856.05 has., destacándose en esta año la superficie regada en primavera-verano. Para el año agrícola 2011-2012, la superficie que se regó alcanzó las 78,365.92 has.; en el año agrícola 2012-2013, la superficie regada fue de, 59,171.26 has., en este año agrícola y en el año 2009-2010, no se regó en el ciclo agrícola otoño-invierno, esto se debió a la baja disponibilidad de agua en la presa en estos años. Por último, en el año agrícola 2013-2014, la superficie regada alcanzó las 86,074.84 has.

Dentro del ciclo otoño-invierno, los módulos que tuvieron la mayor relevancia en cuanto a la superficie regada fueron, Cortazar, Salamanca y Abasolo, los cuales cubrieron en conjunto cerca del 60% de la superficie regada en este ciclo. Con respecto al ciclo primavera-verano, los módulos que ocuparon aproximadamente el 90% de la superficie regada, fueron los módulos de Acámbaro y Salvatierra.

En lo que respecta a los cultivos perennes, los módulos que contaron con la mayor superficie regada con estos cultivos fueron, Salvatierra y Salamanca, los cuales cubrieron más del 70%.

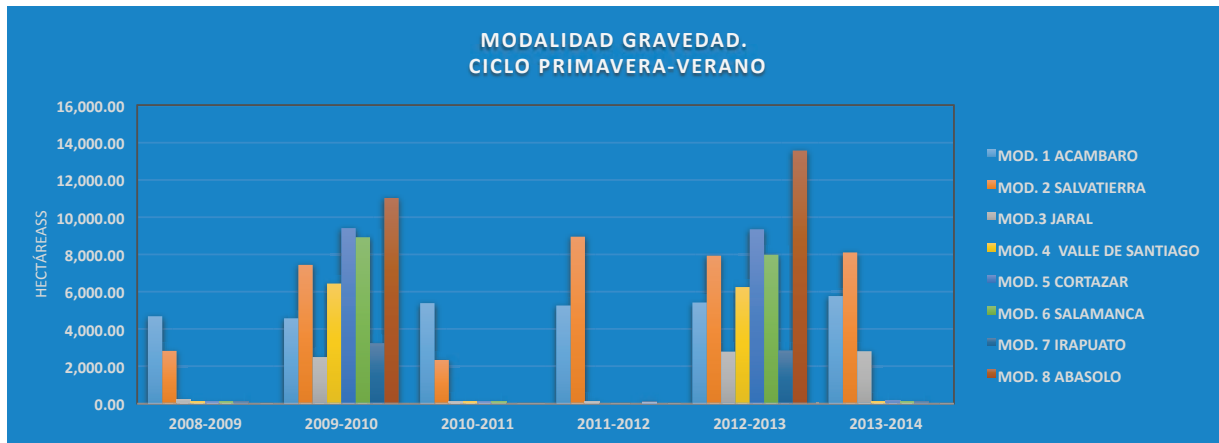
En lo referente a los segundos cultivos, los módulos de Cortazar, Salamanca y Abasolo, abarcaron aproximadamente el 60% de la superficie regada. El comportamiento de la superficie regada por gravedad se puede apreciar en las Gráficas 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4.

Gráfica 2.1 Superficie total regada por gravedad en el ciclo Otoño-Invierno en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



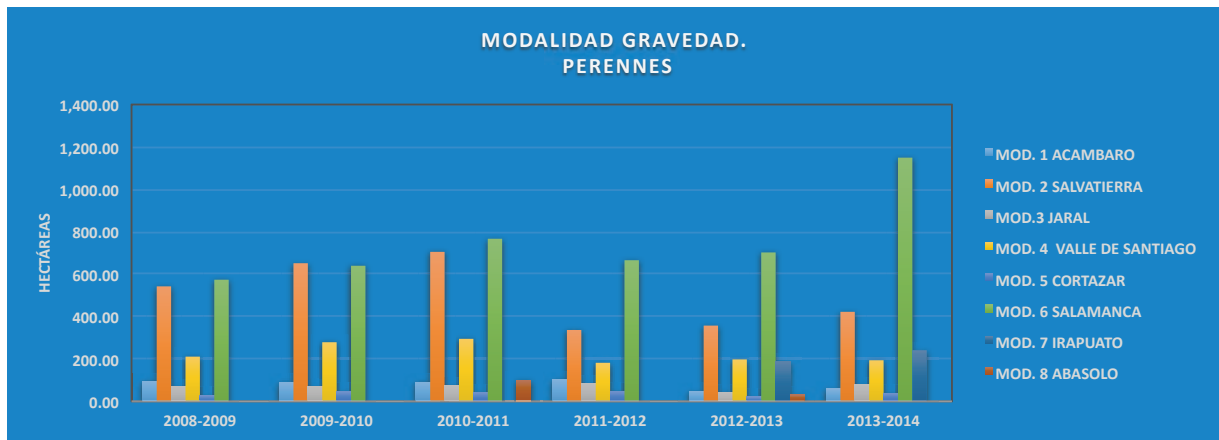
Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.2 Superficie total regada por gravedad en el ciclo Primavera-Verano en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



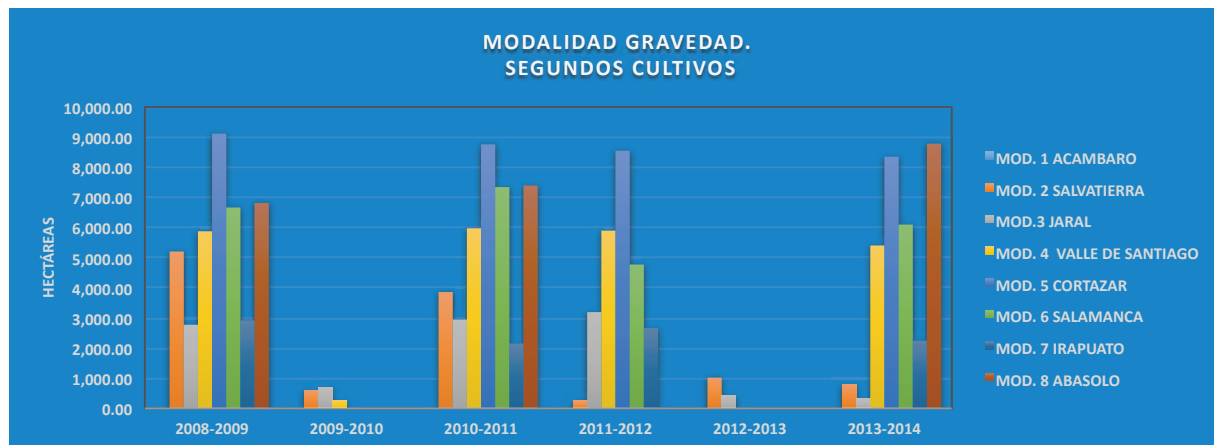
Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 01 I. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015

Gráfica 2.3 Superficie total regada por gravedad en el ciclo Perennes en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 01 I. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015

Gráfica 2.4 Superficie total regada por gravedad en el ciclo Segundos Cultivos en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Como se puede observar en el Cuadro 2.6, la superficie regada por bombeo de pozos en la zona de estudio, no varía mucho en comparación a la regada por gravedad.

Cuadro 2.6 Superficie total (Ha) regada por bombeo por ciclo agrícola en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.

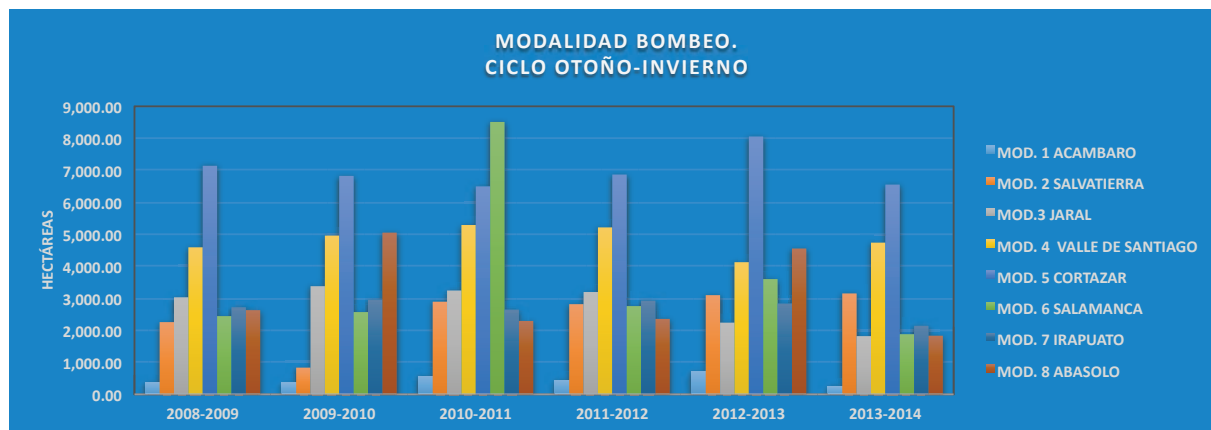
CICLO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO										TOTAL
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2 SALVATIERRA	MOD.3 JARAL	MOD.4 VALLE	MOD.5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO			
2008-2009	376.17	2,257.38	3,033.00	4,594.80	7,142.42	2,445.00	2,722.56	2,632.00			25,203.33
2009-2010	356.92	835.23	3,380.00	4,961.00	6,827.00	2,571.18	2,958.11	5,054.00			26,943.44
2010-2011	570.95	2,895.42	3,245.00	5,292.00	6,499.00	8,512.54	2,647.89	2,295.00			31,957.80
2011-2012	441.11	2,818.35	3,198.00	5,217.00	6,869.00	2,758.25	2,929.35	2,358.00			26,589.06
2012-2013	703.24	3,099.94	2,241.00	4,130.00	8,058.00	3,601.78	2,837.70	4,558.00			29,229.66
2013-2014	255.00	3,153.51	1,820.00	4,741.00	6,555.00	1,879.75	2,144.10	1,833.00			22,381.36
<b>PRIMAVERA VERANO</b>											
2008-2009	1,242.45	659.91	122.00	373.00	90.00	40.95	73.50	148.00			2,749.81
2009-2010	1,893.49	2,846.31	353.00	241.00	548.00		110.23				5,992.03
2010-2011	1,713.10	337.99	50.00	9.00	50.00	30.82	118.16				2,309.07
2011-2012	1,506.32	1,182.36	77.00	32.00	2.00	31.35	37.84				2,868.87
2012-2013	1,223.40	1,019.75	1,039.00	210.00	410.00	12.60	721.16				4,635.91
2013-2014	2,862.79	886.06	1,313.00	553.00	72.00	283.72	179.05				6,149.62
<b>PERENNES</b>											
2008-2009	633.79	379.98	193.00	649.00	468.95	481.83	722.96	276.00			3,805.51
2009-2010	612.18	456.09	215.00	767.00	355.00	553.35	931.62	895.00			4,785.24
2010-2011	303.20	311.14	192.00	652.00	312.00	767.02	878.87	586.00			4,002.23
2011-2012	461.74	602.70	206.00	611.00	609.00	660.61	899.26	617.00			4,667.31
2012-2013	461.07	645.10	196.00	505.00	1,073.00	641.23	941.38	573.00			5,035.78
2013-2014	228.32	550.38	144.00	625.00	1,094.57	959.40	919.74	212.00			4,733.41
<b>SEGUNDOS CULTIVOS</b>											
2008-2009		904.01	3,133.00	3,659.00	7,138.65	1,765.18	2,679.67	2,658.00			21,937.51
2009-2010		1,988.44	2,752.00	3,458.00	5,875.00	1,713.49	2,867.89	2,347.00			21,001.82
2010-2011		2,250.89	3,478.00	5,538.00	6,216.00	1,718.70	2,601.57	2,175.00			23,978.16
2011-2012		2,419.48	2,971.00	5,228.00	6,389.00	2,873.30	2,554.85	2,504.00			24,939.63
2012-2013		3,265.01	2,089.00	4,126.00	6,381.00	2,343.46	2,820.25	2,194.00			23,218.72
2013-2014		2,971.80	1,803.00	4,740.00	6,060.88	2,123.24	1,794.00	1,342.00			20,834.92

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Para el año agrícola 2008-2009, la superficie regada por bombeo de pozos fue de, 53,696.16 has., y para los dos años subsecuentes 2009-2010 y 2010-2011, esta presentó un ligero incremento, al pasar de 58,722.53 has., y a 62,247.26 has, respectivamente; para el año 2011-2012, la superficie presenta un leve descenso, de esta forma, para este año solo se regaron 59,064.87 has., para el año agrícola 2012- 2013, la superficie regada se incrementó a 62,120.07 has., y para el 2013-2014, solo se regaron 54,099.31 has.

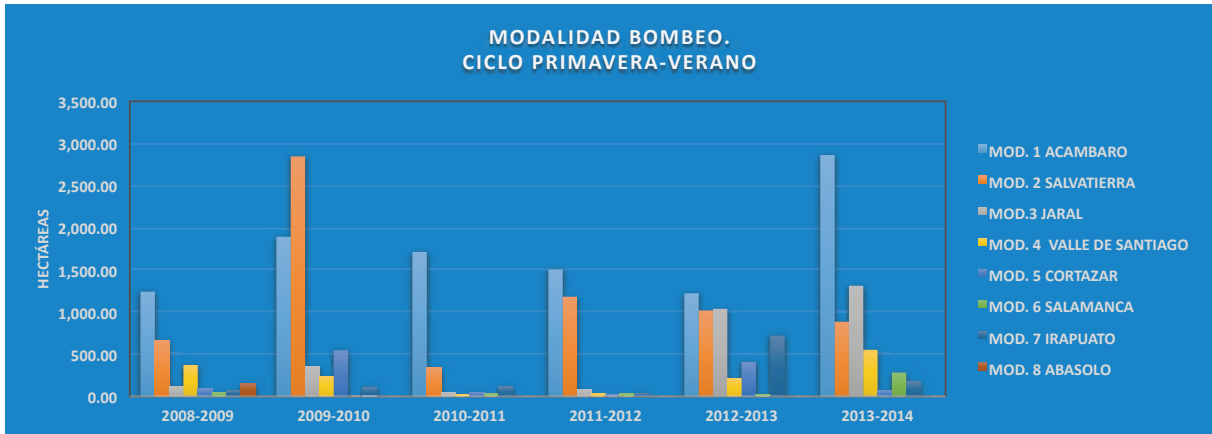
Para todo el período histórico citado, el ciclo agrícola primavera-verano es el que registra la menor superficie regada, y esto se debe a que, en este ciclo se aprovecha el agua de temporal de lluvias. El comportamiento de la superficie regada por bombeo se puede apreciar en las Gráficas 2.5, 2.6, 2.7 y 2.8.

Gráfica 2.5 Superficie total regada por bombeo en el ciclo Otoño-Invierno en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



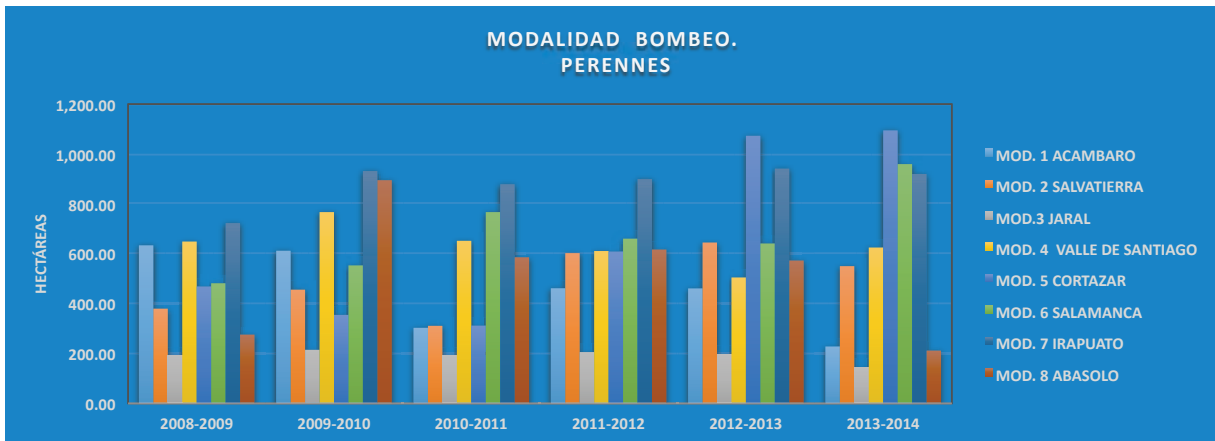
Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.6 Superficie total regada por bombeo en el ciclo Primavera-Verano en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

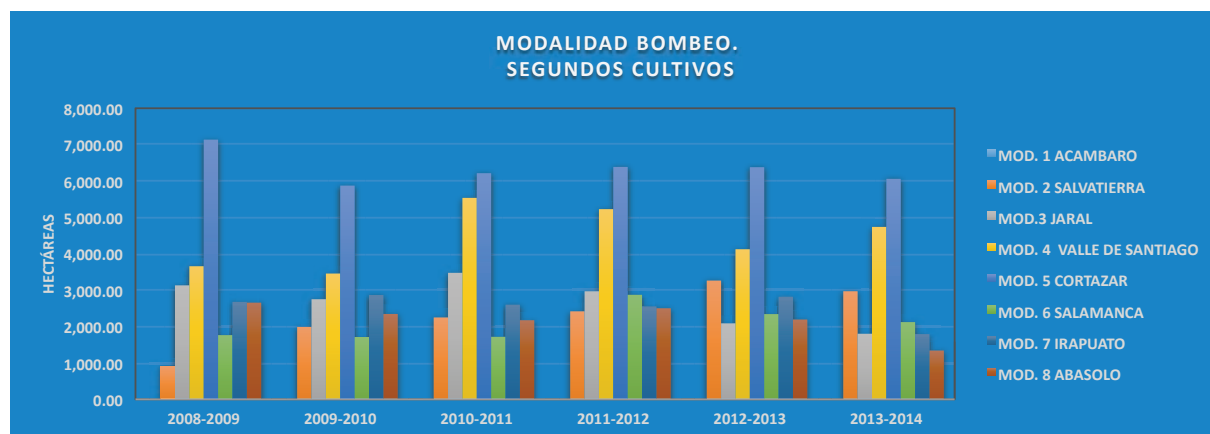
Gráfica 2.7 Superficie total regada por bombeo en el ciclo Perennes en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.



Gráfica 2.8 Superficie total regada por bombeo en el ciclo Segundos Cultivos en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 01 I. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015

Dentro del ciclo otoño-invierno, los módulos que regaron una mayor superficie fueron, Valle de Santiago y Cortazar; los cuales en conjunto regaron aproximadamente el 47% de la superficie total regada en este ciclo. En el ciclo primavera-verano los módulos que cubrieron una mayor superficie regada fueron Acámbaro y Salvatierra, los cuales en conjunto representaron más del 70% de la superficie regada en este ciclo.

En cuanto a los cultivos perennes, los módulos de Valle de Santiago, Cortazar, Salamanca e Irapuato cubrieron en este período aproximadamente el 63% del total de la superficie regada. Y con respecto a los segundos cultivos, los módulos de Jaral, Valle de Santiago y Cortazar fueron los que abarcaron la mayor superficie regada, la cual representó el 64% de la superficie total.

Dentro de los cultivos que se producen y que se riegan por gravedad en el ciclo otoño-invierno en la mayoría de los módulos que conforman la zona de estudio, se encuentran: la avena forrajera, el trigo, la cebada, el garbanzo, el tomate de cáscara, frijol asociado, la lechuga, la cebolla y la zanahoria. Los más representativos del ciclo primavera-verano y del rubro de los segundos cultivos son, el maíz grano y el sorgo grano, pero también se produce frijol asociado, garbanzo, lechuga, cacahuate, camote y tomate de cáscara.

En cuanto a los cultivos perennes, los más representativos en la zona son: la alfalfa verde, el espárrago y la fresa.

Con respecto a los cultivos que emplean riego por bombeo para su producción, en el ciclo otoño-invierno sobresalen: el ajo, la avena forrajera, el brócoli, la cebada, el tomate de cáscara, el trigo grano, cebolla, la zanahoria, el frijol asociado, calabacita, cebolla y chile verde.

En el ciclo primavera-verano, los cultivos que se producen en un mayor porcentaje son: el maíz y el sorgo grano, estos cultivos son también los más representativos del rubro de los segundos cultivos. Otros cultivos que se producen en este ciclo son: el brócoli, el cacahuate, el frijol asociado, el tomate de cáscara, la lechuga, la cebolla y la zanahoria.

En cuanto a los cultivos perennes, los cultivos más importantes son, al igual que los regados por gravedad: la alfalfa verde, el espárrago y la fresa, aunque también se produce, nopal verde y durazno, así como algunos pastos.

La superficie ocupada por cada uno de estos cultivos, así como su producción, utilidades y productividad neta del agua empleada por estos, se pueden apreciar en los cuadros de utilidades generadas y productividad bruta y neta del agua de los cultivos que se producen en cada uno de los módulos que conforman el área de estudio y que se localizan en el Anexo A1.

En cuanto al volumen neto de agua empleado en los sistemas de riego por gravedad en la zona de estudio y para cada uno de los años agrícolas que comprenden el período histórico analizado, se puede señalar que, este volumen está en función de la superficie que se pueda regar y esta superficie a regar, a su vez está en función de la disponibilidad del agua que exista en las presas, en este caso, en la Presa Solís.

En el Cuadro 2.7 se puede apreciar estas variaciones en los volúmenes empleados de un año agrícola a otro y de un módulo a otro durante el período analizado. De esta forma, se puede apreciar que, en el ciclo agrícola otoño-invierno de los años 2009-2010 y 2012-2013 no se pudo regar por falta de agua.

Cuadro 2.7 Volumen neto total de agua (Mm<sup>3</sup>) empleado por gravedad por ciclo agrícola en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.

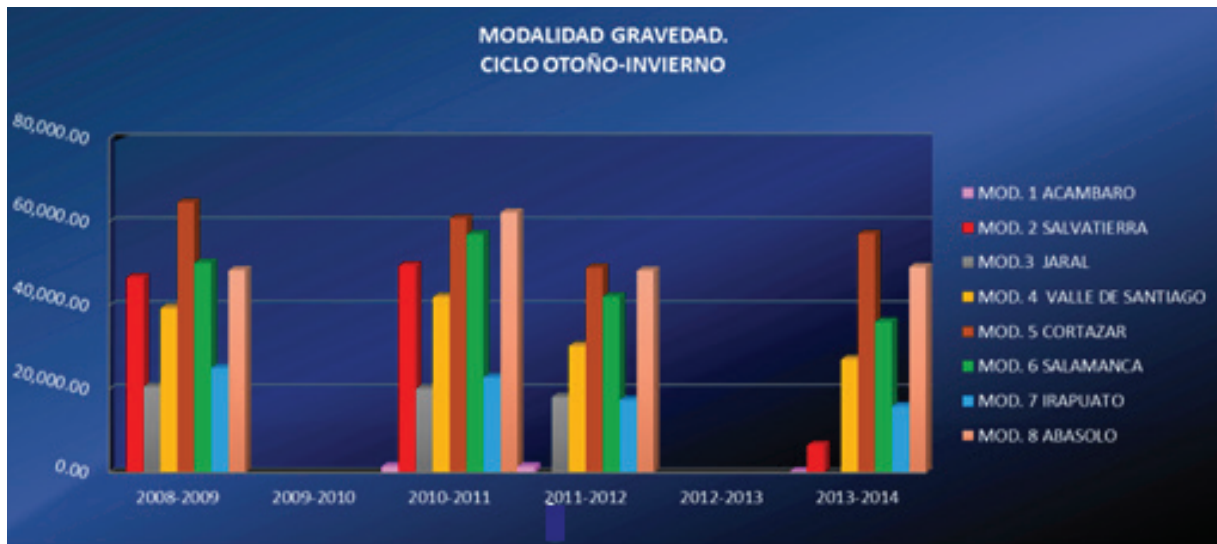
CICLO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO										TOTAL	
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2 SALVATIERRA	MOD. 3 JARAL DE SANTIAGO	MOD. 4 VALLE DE SANTIAGO	MOD. 5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO				
<b>OTOÑO-INVIERNO</b>												
2008-2009	257.91	16,178.80	27,048.40	27,475.40	42,354.60	14,692.50	20,516.14	15,574.50				164,098.25
2009-2010	2,659.11	6,798.40	25,190.50	28,174.20	51,472.10	11,676.93	18,935.65	21,917.80				166,824.69
2010-2011	2,307.23	17,744.60	26,466.30	32,374.50	42,904.50	12,239.90	20,756.36	17,532.10				172,325.49
2011-2012	4,932.91	23,367.70	26,016.70	30,734.40	33,758.80	15,314.92	22,124.15	15,805.30				172,054.88
2012-2013	2,351.85	19,624.00	16,732.10	24,114.50	41,400.30	18,950.53	19,170.61	21,997.70				164,341.59
2013-2014	1,374.29	25,666.60	15,121.60	25,790.70	35,437.30	11,459.60	17,589.87	10,034.00				142,473.96
<b>PRIMAVERA VERANO</b>												
2008-2009	1,641.45	2,816.50	1,100.20	951.90	185.00	212.60	584.26					7,809.61
2009-2010	6,193.23	18,480.90	1,832.50	742.70	2,362.60		705.24					30,317.17
2010-2011	6,024.35	1,428.10	464.70	37.50	95.00	111.28	1,072.52					9,233.45
2011-2012	4,056.98	8,715.60	518.70	136.60	3.60	80.04	248.91					13,760.43
2012-2013	4,455.53	4,371.20	3,831.90	479.80	874.00	30.00	2,816.21					16,858.64
2013-2014	6,013.17	8,127.60	8,723.10	2,585.00	406.10	685.40	1,312.10					27,852.47
<b>PERENNES</b>												
2008-2009	615.08	3,096.80	2,681.00	5,595.20	2,669.20	3,618.70	16,850.70					37,996.88
2009-2010	3,890.49	3,902.40	1,747.40	5,005.90	2,544.90	2,890.40	17,972.75					44,870.74
2010-2011	1,831.44	2,526.40	2,845.30	7,299.80	2,195.60	3,734.30	20,269.24					46,356.78
2011-2012	3,526.02	4,836.30	2,440.70	5,499.00	2,824.30	4,504.89	16,926.89					45,138.40
2012-2013	3,248.56	6,470.90	2,092.50	6,323.50	4,658.10	2,888.51	14,473.42					44,754.99
2013-2014	2,093.31	6,495.60	1,996.20	4,031.90	5,577.90	3,638.50	14,608.13					39,396.34
<b>SEGUNDOS CULTIVOS</b>												
2008-2009		3,330.50	23,702.90	15,329.60	26,376.06	7,596.40	13,137.02					103,386.38
2009-2010		4,269.20	14,976.40	10,307.70	17,056.40	4,424.10	8,091.62					67,727.82
2010-2011		5,252.00	30,158.60	30,056.60	24,228.70	5,512.68	16,132.15					122,001.93
2011-2012		6,645.30	15,524.00	14,078.30	19,091.80	7,777.40	8,692.53					82,459.88
2012-2013		10,120.10	13,290.70	12,963.20	23,200.50	6,536.30	8,195.66					79,309.76
2013-2014		7,979.80	13,719.40	16,220.40	19,778.10	6,471.80	6,973.40					73,849.10

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA, Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Por otra parte, se puede observar que durante el ciclo primavera-verano, varios módulos, en diferentes años agrícolas, no emplearon agua por gravedad, debido a que se aprovechan los buenos temporales de las lluvias que se llegan a presentar en la zona de estudio.

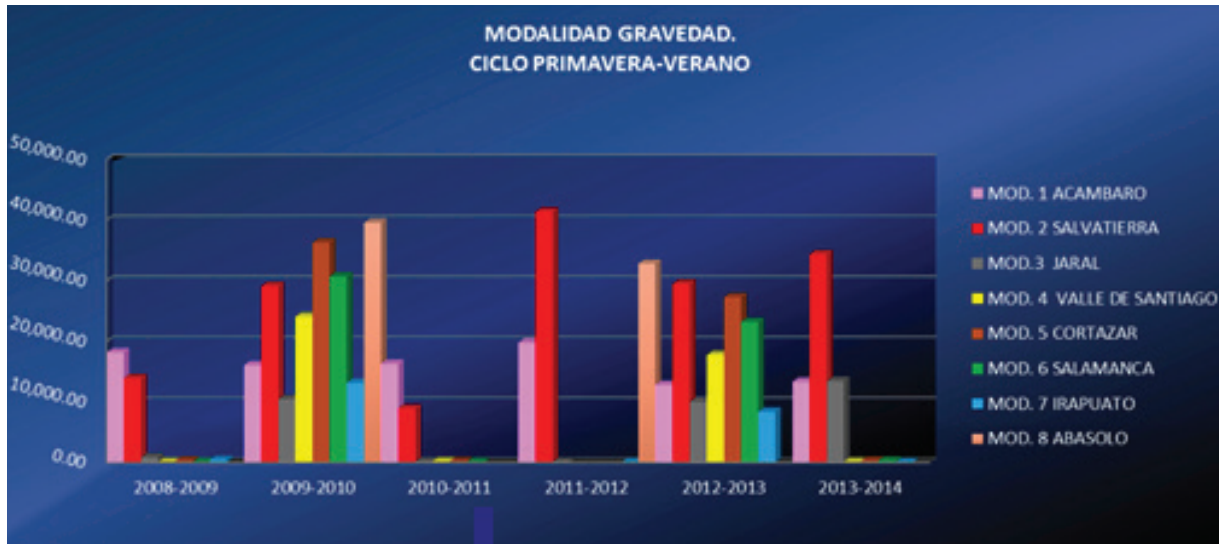
El volumen neto de agua que se empleó en el año agrícola 2008-2009 fue de, 499,492.67 Mm<sup>3</sup>; para el año agrícola 2009-2010, este fue solo de, 210,922.02 Mm<sup>3</sup>; en el año agrícola 2010-2011, se incrementó a 439,879.06 Mm<sup>3</sup>, esto es, 228,957.04 Mm<sup>3</sup> más con respecto al año agrícola anterior. Para el año agrícola 2011-2012, este volumen empleado fue solo de 365,929.90 Mm<sup>3</sup>; con respecto al año agrícola 2012-2013, este volumen empleado solo fue de 153,127.24 Mm<sup>3</sup>, y para el año agrícola 2013-2014, este volumen ya fue de, 331,299.62 Mm<sup>3</sup>. La variación de estos volúmenes empleados en este período por módulo se puede apreciar en las Gráficas 2.9, 2.10, 2.11 y 2.12.

Gráfica 2.9 Volumen neto de agua (Mm<sup>3</sup>) empleado por gravedad en el ciclo Otoño-Invierno en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



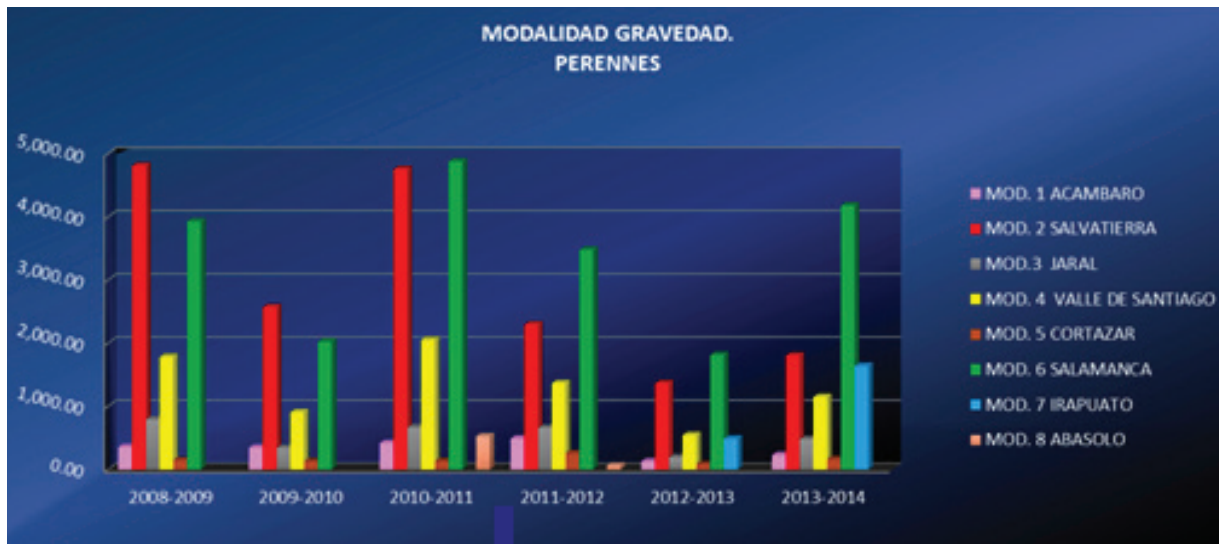
Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.10 Volumen neto de agua (Mm<sup>3</sup>) empleado por gravedad en el ciclo Primavera-Verano en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



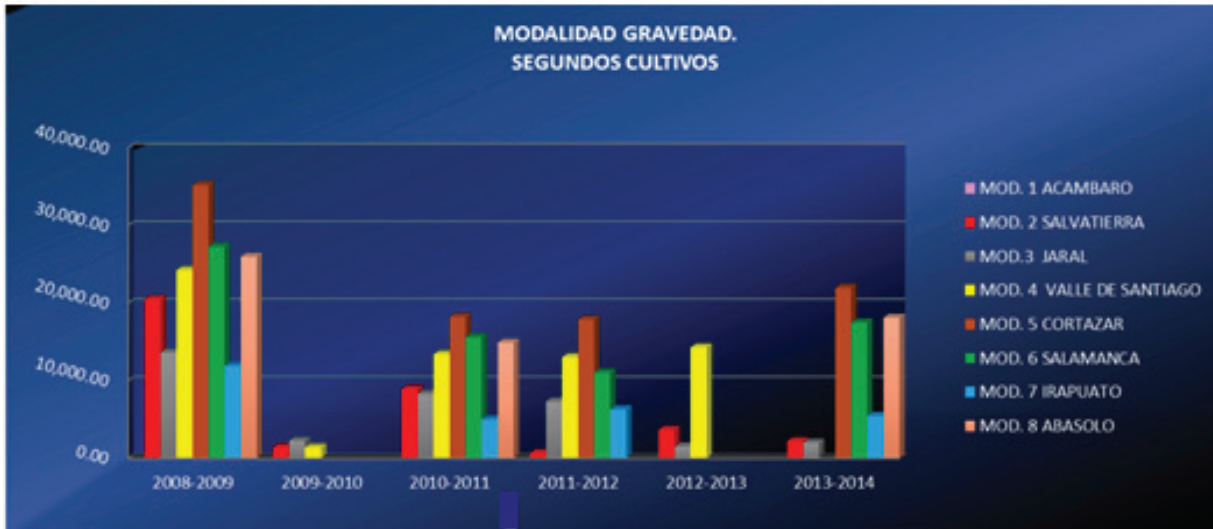
Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.11 Volumen neto de agua (Mm<sup>3</sup>) empleado por gravedad en el ciclo Perennes en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.12 Volumen neto de agua (Mm<sup>3</sup>) empleado por gravedad en el ciclo Segundos Cultivos en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Como se ha señalado, el volumen de agua empleado en los sistemas de riego por gravedad, está en función de la superficie regada, de esta forma, los módulos que emplean los mayores volúmenes de agua, son los módulos que cuentan con la mayor superficie regada.

Por otra parte, el volumen de agua empleada, procedente del bombeo de pozos, es más constante y estable a lo largo del período analizado en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio, excepto para los módulos de Abasolo y Acámbaro que no regaron con agua de pozo en este período.

Como se puede observar en el Cuadro 2.8, el ciclo agrícola que emplea el mayor volumen de agua es el de otoño-invierno, en el cual, para este período se emplearon, 982,118.86 Mm<sup>3</sup>, y el ciclo que empleó el menor volumen de agua fue el de primavera-verano, con 105,831.77 Mm<sup>3</sup>.

Al igual que las áreas que se riegan por gravedad, el volumen de agua empleado para riego, proveniente de pozos, depende de la superficie que se riega en los módulos, aunque en algunos módulos, como el de Irapuato, en donde se siembran cultivos como la alfalfa y fresa, estos emplean un mayor volumen de agua, aunque su superficie sea reducida debido a las altas láminas de riego que requieren.

Los volúmenes de agua regados con pozos por cada ciclo y para cada uno de los años agrícolas que comprende el período histórico manejado se pueden observar en el Cuadro 2.8.



Cuadro 2.8 Volumen neto total de agua (Mm<sup>3</sup>) bombeada empleada por ciclo agrícola en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.

CICLO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO										TOTAL	
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2 SALVATIERRA	MOD. 3 JARAL	MOD. 4 VALLE DE SANTIAGO	MOD. 5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO				
<b>OTOÑO-INVIerno</b>												
2008-2009	257.91	16,178.80	27,048.40	27,475.40	42,354.60	14,692.50	20,516.14	15,574.50				164,098.25
2009-2010	2,659.11	6,798.40	25,190.50	28,174.20	51,472.10	11,676.93	18,935.65	21,917.80				166,824.69
2010-2011	2,307.23	17,744.60	26,466.30	32,374.50	42,904.50	12,239.90	20,756.36	17,532.10				172,325.49
2011-2012	4,932.91	23,367.70	26,016.70	30,734.40	33,758.80	15,314.92	22,124.15	15,805.30				172,054.88
2012-2013	2,351.85	19,624.00	16,732.10	24,114.50	41,400.30	18,950.53	19,170.61	21,997.70				164,341.59
2013-2014	1,374.29	25,666.60	15,121.60	25,790.70	35,437.30	11,459.60	17,589.87	10,034.00				142,473.96
<b>PRIMAVERA VERANO</b>												
2008-2009	1,641.45	2,816.50	1,100.20	951.90	185.00	212.60	584.26	317.70				7,809.61
2009-2010	6,193.23	18,480.90	1,832.50	742.70	2,362.60		705.24					30,317.17
2010-2011	6,024.35	1,428.10	464.70	375.00	95.00	111.28	1,072.52					9,233.45
2011-2012	4,056.98	8,715.60	518.70	136.60	3.60	80.04	248.91					13,760.43
2012-2013	4,455.53	4,371.20	3,831.90	479.80	874.00	30.00	2,816.21					16,858.64
2013-2014	6,013.17	8,127.60	8,723.10	2,585.00	406.10	685.40	1,312.10					27,852.47
<b>PERENNES</b>												
2008-2009	615.08	3,096.80	2,681.00	5,595.20	2,669.20	3,618.70	16,850.70	2,870.20				37,996.88
2009-2010	3,890.49	3,902.40	1,747.40	5,005.90	2,544.90	2,890.40	17,972.75	6,916.50				44,870.74
2010-2011	1,831.44	2,526.40	2,845.30	7,299.80	2,195.60	3,734.30	20,269.24	5,654.70				46,356.78
2011-2012	3,526.02	4,836.30	2,440.70	5,499.00	2,824.30	4,504.89	16,926.89	4,580.30				45,138.40
2012-2013	3,248.56	6,470.90	2,092.50	6,323.50	4,658.10	2,888.51	14,473.42	4,599.50				44,754.99
2013-2014	2,093.31	6,495.60	1,996.20	4,031.90	5,577.90	3,638.50	14,608.13	954.80				39,396.34
<b>SEGUNDOS CULTIVOS</b>												
2008-2009		3,330.50	23,702.90	15,329.60	26,376.06	7,596.40	13,137.02	13,913.90				103,386.38
2009-2010		4,269.20	14,976.40	10,307.70	17,056.40	4,424.10	8,091.62	8,602.40				67,727.82
2010-2011		5,252.00	30,158.60	30,056.60	24,228.70	5,512.68	16,132.15	10,661.20				122,001.93
2011-2012		6,645.30	15,524.00	14,078.30	19,091.80	7,777.40	8,692.53	10,650.55				82,459.88
2012-2013		10,120.10	13,290.70	12,963.20	23,200.50	6,536.30	8,195.66	5,003.30				79,309.76
2013-2014		7,979.80	13,719.40	16,220.40	19,778.10	6,471.80	6,973.40	2,706.20				73,849.10

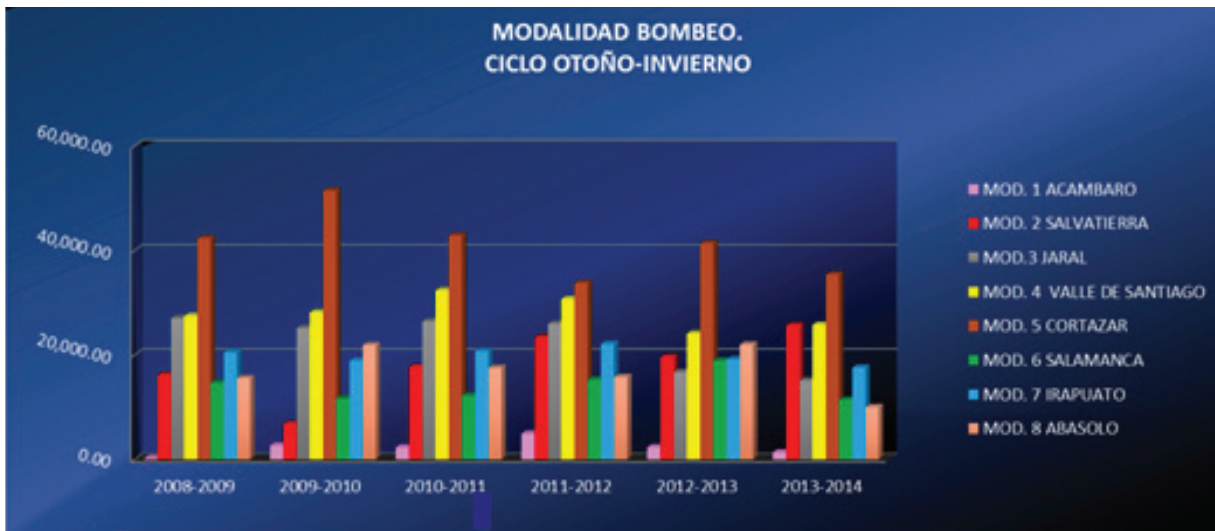
Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

De esta forma, para el año agrícola 2008-2009, se regaron 313,291.12 Mm<sup>3</sup>; para el año agrícola 2009-2010, este volumen ya fue de 309,740.42 Mm<sup>3</sup>; en el año 2010-2011, se ocuparon 349,917.65 Mm<sup>3</sup>; para el año agrícola 2011-2012, este volumen fue de 313,413.59 Mm<sup>3</sup>, y para el último año agrícola estudiado, 2013-2014, solo se emplearon 283, 571.87 Mm<sup>3</sup>. Como se puede apreciar, estas variaciones en los volúmenes de agua empleados, para el caso del riego por bombeo no son considerables, se mantienen casi estables a lo largo del período analizado.

Como se puede observar en el Cuadro 2.8, en el ciclo otoño-invierno, los módulos que emplearon el mayor volumen de agua fueron, los módulos Jaral, Valle de Santiago y Cortazar, los cuales en conjunto cubrieron el 60% del volumen total empleado en este ciclo. Con respecto al ciclo primavera-verano, los módulos que sobresalieron por emplear el mayor volumen de agua fueron: Acámbaro y Salvatierra, los cuales representaron el 57% del volumen total empleado en el ciclo. En cuanto al grupo de los cultivos perennes, el módulo que empleó el mayor volumen de agua fue, el módulo de Irapuato, el cual empleó el 44% del volumen total ocupado en la zona de estudio. Al igual que en el ciclo otoño-invierno, en el grupo de los segundos cultivos, los módulos de Jaral, Valle de Santiago y Cortazar, fueron de igual forma, los módulos que emplearon el mayor volumen de agua en la zona para regar estos cultivos; cubriendo el 63% del volumen total.

Los volúmenes de agua empleados por cada módulo, en cada uno de los años agrícolas que comprende el período de tiempo analizado y por cada ciclo agrícola y grupo de cultivos, se pueden apreciar en la Gráficas 2.13, 2.14, 2.15 y 2.16.

Gráfica 2.13 Volumen neto de agua (Mm<sup>3</sup>) empleado por bombeo en el ciclo Otoño-Invierno en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



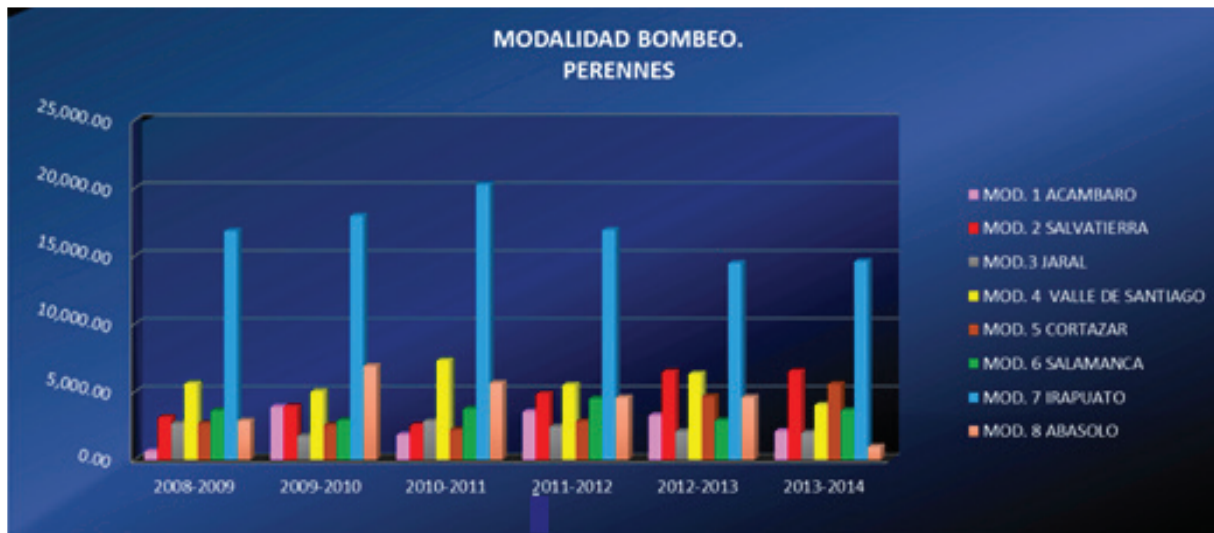
Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.14 Volumen neto de agua (Mm<sup>3</sup>) empleado por bombeo en el ciclo Primavera-Verano en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



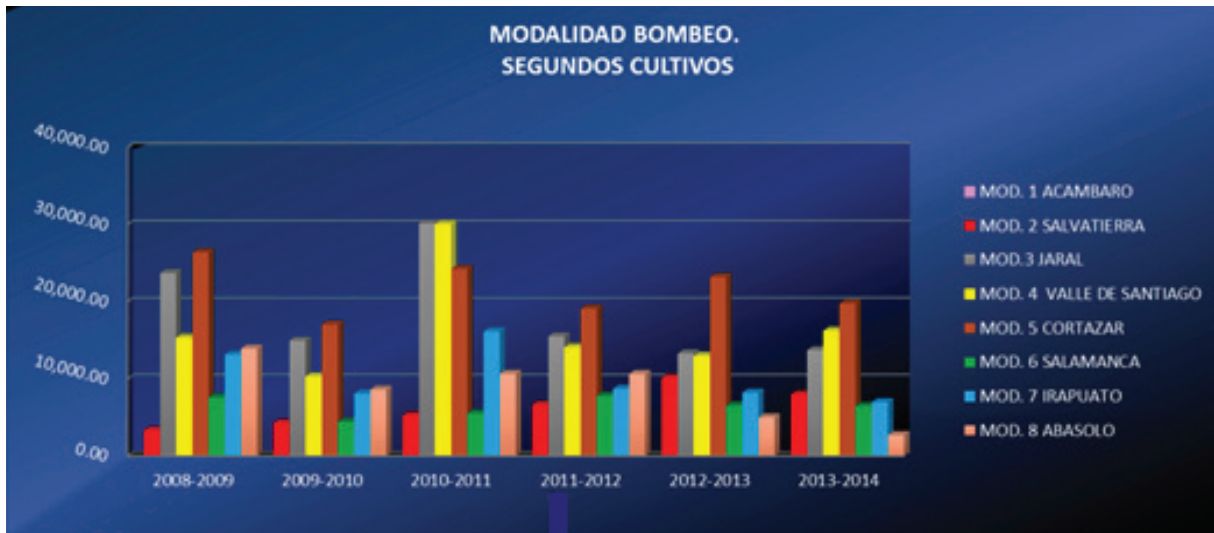
Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.15 Volumen neto de agua (Mm<sup>3</sup>) empleado por bombeo en el ciclo Perennes en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.16 Volumen neto de agua (Mm<sup>3</sup>) empleado por bombeo en el ciclo Segundos Cultivos en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

## 2.4. UTILIDADES GENERADAS POR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA DESARROLLADA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Con respecto a las utilidades generadas por la actividad agrícola en la zona de estudio para el período histórico manejado, se puede apreciar en el Cuadro 2.9, que en el ciclo otoño-invierno, se obtuvieron 1,265 millones, 257 mil 340 pesos; para el ciclo primavera-verano, las utilidades fueron de 1,888 millones, 359 mil 886 pesos; con respecto a los cultivos perennes, estos arrojaron 483 millones, 829 mil 958 pesos de ganancias, y los segundos cultivos, 2,121 millones, 414 mil 798 pesos. Como se puede observar, en los ciclos agrícolas de primavera-verano y segundos cultivos, es en donde se producen las mayores utilidades, debido a una mayor superficie regada.

Cuadro 2.9 Utilidad total (\$) por ciclo agrícola, con riego por gravedad, en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio.

CICLO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO								TOTAL
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2	MOD.3 JARAL	MOD. 4 VALLE DE SANTIAGO	MOD. 5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO	
<b>OTOÑO-INVIERNO</b>									
2008-2009		71,127,382.98	15,967,254.00	60,031,132.00	56,644,825.62	42,607,684.00	11,622,721.32	40,943,444.00	298,944,443.92
2009-2010	991,925.98	67,278,532.17	35,762,121.63	85,518,271.60	129,316,952.68	-2,064,534.50	36,599,863.87		459,231,882.93
2010-2011	4,297,684.00		24,144,692.00	92,135,937.20	107,261,280.00	60,342,684.59	12,190,795.56	75,434,445.26	375,807,518.60
2011-2012									
2012-2013									
2013-2014	89,786.30	1,854,028.90		50,890,603.79	48,119,351.87	18,965,874.54	15,916.37	2,947,570.00	122,883,131.77
<b>PRIMAVERA VERANO</b>									
2008-2009	10,866,943.40	44,312,260.22	3,140,346.00	441,720.00	2,784,290.00	389,570.04	469,759.28		62,404,888.94
2009-2010	170,227,781.98	119,624,478.42	40,492,640.00	89,100,330.00	102,385,100.00	125,424,971.55	32,171,760.49	72,428,820.00	751,855,882.44
2010-2011	119,884,985.40	61,510,283.19	1,882,960.00	2,158,679.00	10,026,290.00	113,753.43			195,576,951.02
2011-2012	189,483,316.96		2,956,240.00				32,372.64		347,372,937.56
2012-2013	80,144,289.52	63,710,989.55	22,100,720.00	71,658,950.00	37,646,440.00	84,078,104.16	31,872,195.19	10,793,308.00	402,004,996.41
2013-2014	16,905,098.90	62,533,602.55	46,842,700.00	1,114,190.09	1,489,750.00	170,032.83	41.47		129,055,415.84
<b>PERENNES</b>									
2008-2009	-1,018,025.00	17,238,905.80	1,421,000.00	4,987,065.00	1,095,765.00	49,257,051.22			72,981,762.02
2009-2010	3,119,359.94	20,712,412.20	3,584,000.00	8,367,210.00	1,389,200.00	14,189,998.00			51,362,180.14
2010-2011	-717,237.00	20,429,235.00	3,131,200.00	4,098,857.50	925,470.00	70,575,686.39		2,277,240.00	100,720,451.89
2011-2012	3,774,576.25	9,933,005.70	935,000.00	1,816,858.70	297,600.00	19,038,434.07			35,795,474.72
2012-2013	959,346.00	7,492,616.17	288,100.00	4,831,200.00	598,400.00	100,364,319.96	18,669,491.20	1,494,296.00	134,697,769.33
2013-2014	529,688.04	19,431,320.00	1,817,000.00	-319,292.40	405,600.00	42,104,250.00	1,642.36		63,970,208.00
<b>SEGUNDOS CULTIVOS</b>									
2008-2009		64,190,887.45	43,699,285.00	50,886,430.00	64,266,500.00	-57,934,175.41		81,317,760.00	258,178,921.04
2009-2010		9,998,432.86	12,795,760.00	4,138,130.00					26,932,322.86
2010-2011			129,279,115.00	136,171,221.00	202,716,364.00	140,734,713.50	39,674,195.27		1,043,689,499.27
2011-2012		7,118,680.48	108,360,695.02	170,762,700.00	191,292,288.00	90,985,469.86	36,411,744.85		604,931,578.21
2012-2013		18,128,860.11	4,971,600.00						23,100,460.11
2013-2014		6,224,774.00	2,993,100.00	29,812,168.28	38,708,002.19	4,461,378.00	5,475.95	74,313,490.00	156,518,388.42

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.



Los módulos que generaron las mayores utilidades en el ciclo otoño-invierno durante este período de estudio fueron: Salvatierra, Valle de Santiago y Cortazar, los cuales en conjunto producen el 70% de las utilidades; y solo durante los años 2011 y 2012, el módulo Abasolo tuvo aportaciones considerables del 23% con respecto al total.

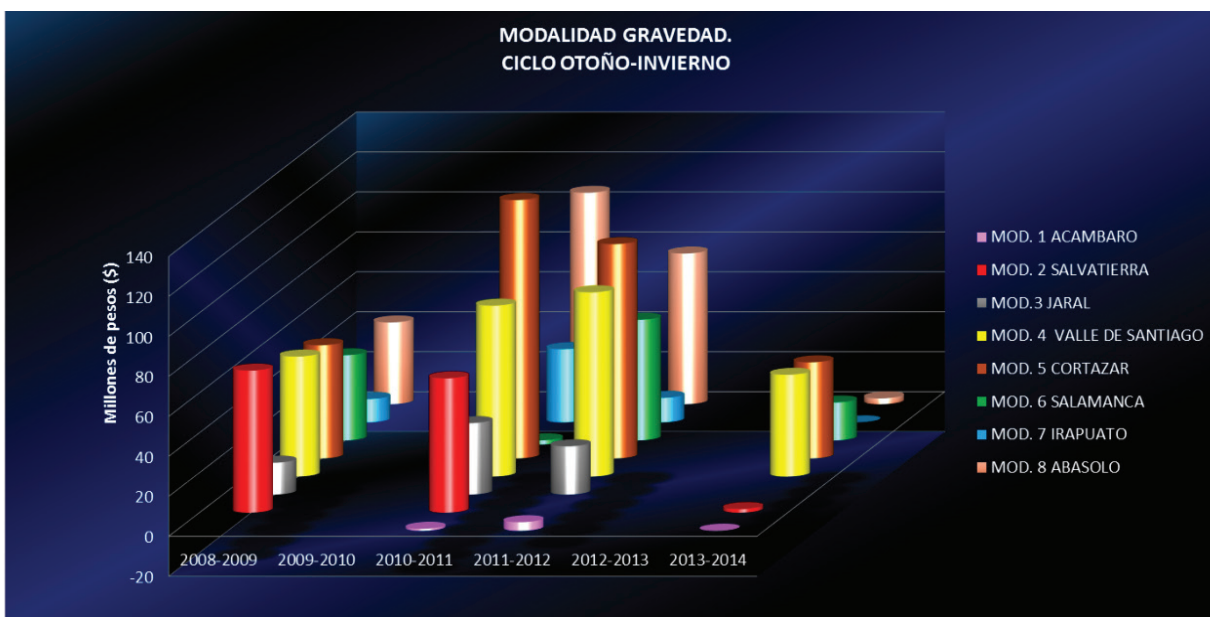
Durante el ciclo primavera-verano, los módulos de Acámbaro y Salvatierra, son los más destacados en cuanto a la generación de utilidades, ambos cubren aproximadamente el 88% de las ganancias producidas durante este ciclo.

En cuanto a los cultivos perennes, los módulos sobresalientes en cuanto a las mayores ganancias que son generadas por la producción de estos cultivos fueron, Salamanca y Salvatierra, los cuales cubrieron en conjunto el 91% de las utilidades obtenidas en estos cultivos de la zona de estudio para este período de tiempo analizado.

Con respecto al grupo de los segundos cultivos, los módulos principales que generan las mayores utilidades al producir estos cultivos son: Valle de Santiago, Cortazar y Abasolo, los cuales abarcaron el 76% de las ganancias generadas por estos cultivos durante el período analizado.

La participación de estos módulos en la generación de utilidades se puede apreciar en la Gráficas 2.17, 2.18, 2.19 y 2.20.

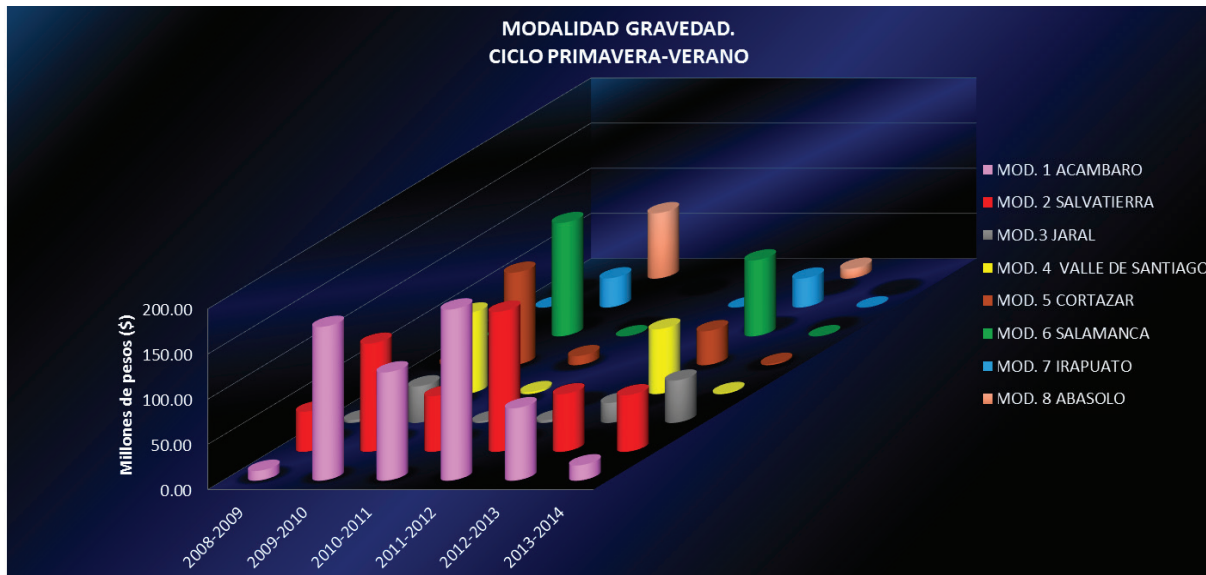
Gráfica 2.17 Utilidad neta total (\$) en el ciclo Otoño-Invierno, con riego por gravedad, en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 01 I. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

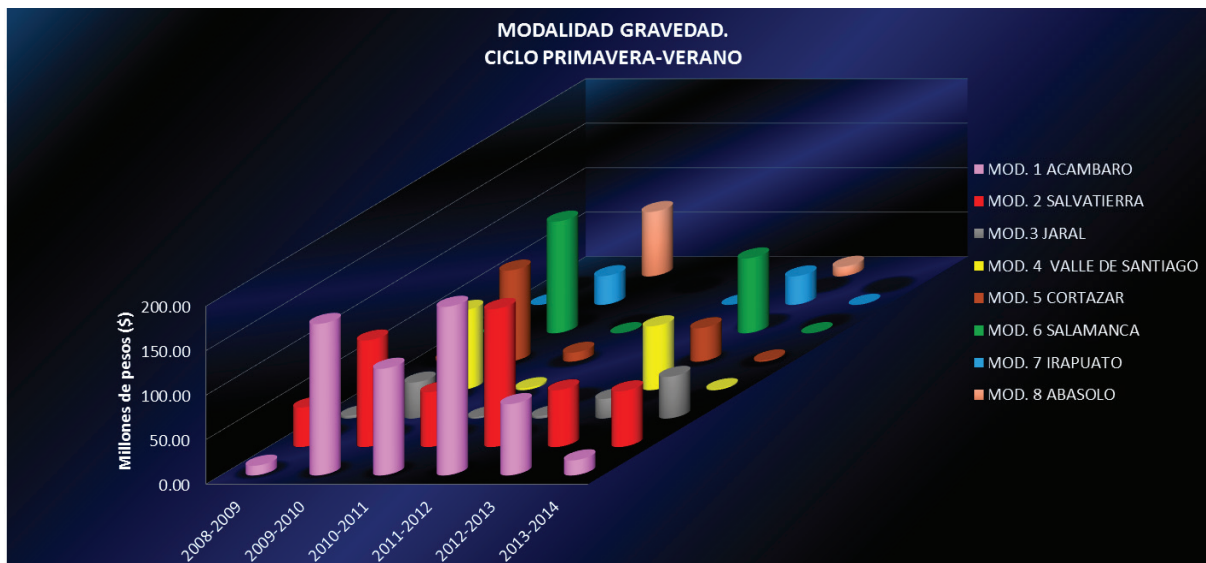


Gráfica 2.18 Utilidad neta total (\$) en el ciclo Primavera-Verano, con riego por gravedad, en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



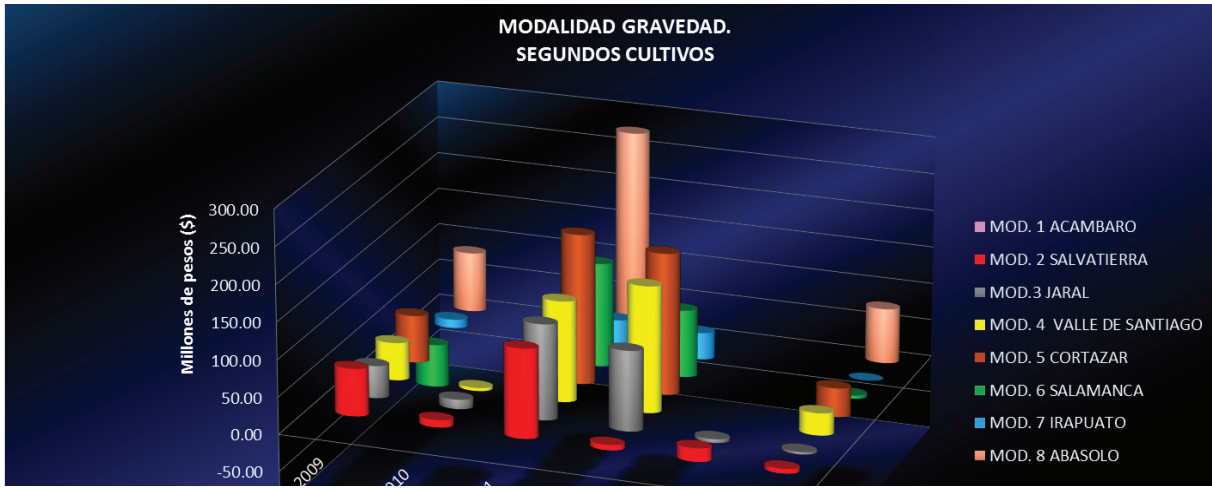
Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.19 Utilidad neta total (\$) en el ciclo Perennes, con riego por gravedad, en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.20 Utilidad neta total (\$) en el ciclo Segundos Cultivos, con riego por gravedad, en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 01 I. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

En lo que respecta a las utilidades generadas por la actividad agrícola que emplea agua de riego por bombeo en el período histórico analizado, se puede apreciar en el Cuadro 2.10, que el ciclo otoño-invierno, arrojó una utilidad total de 2,363 Millones, 503 mil 071 pesos; en el ciclo primavera-verano, se generó una ganancia de 487 millones, 253 mil 693 pesos. Por su parte, los cultivos perenes en la zona de estudio, para este período de análisis arrojaron una utilidad de 1,235 millones, 970 mil 094 pesos; y los segundos cultivos: 2,876 millones, 144 mil 164 pesos.

Cuadro 2.10 Utilidad total (\$), por ciclo agrícola, regado por bombeo, en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio

CICLO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO										TOTAL	
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2 SALVATIERRA	MOD.3 JARAL	MOD. 4 VALLE DE SANTIAGO	MOD. 5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO				
<b>OTOÑO-INVIERNO</b>												
2008-2009	533,429.29	27,773,502.08	39,677,174.50	63,884,882.50	47,108,884.21	21,770,215.60	34,639,042.39	25,055,853.60				684,421,984.16
2009-2010	11,124,104.16	11,394,049.98	39,348,830.62	77,201,963.30	154,050,425.00	39,988,086.90	47,646,508.47	43,746,153.00				424,500,121.43
2010-2011	2,510,242.14	43,150,350.67	51,257,123.76	100,098,159.90	159,232,533.83	-6,601,484.51	48,603,080.80	105,828,749.50				504,078,756.10
2011-2012	9,320.601	43,777,693.68	70,572,680.00	108,608,175.50	96,899,264.00	24,849,873.49	25,010,976.59	29,696,119.54				408,735,383.31
2012-2013	4,058,815.55	39,475,127.78	18,236,033.00	34,438,285.00	89,069,900.00	17,934,645.31	-3,968,944.59	5,494,162.00				204,738,024.05
2013-2014	232,035.10	22,046,759.00	18,525,500.00	47,220,318.61	-2,469,749.04	15,895,873.71	17,589.87	16,769,848.00				118,238,175.25
<b>PRIMAVERA VERANO</b>												
2008-2009	36,934,996.66	14,292,270.28	2,462,155.00	3,631,235.00	622,499.40	794,869.00	814,599.86	1,250,600.00				60,803,225.19
2009-2010	75,127,226.10	52,495,580.10	5,281,352.00	2,757,442.45	13,474,650.00		3,431,523.61					152,567,774.26
2010-2011	51,500,401.87	9,210,440.21	2,011,800.00	179,100.00	1,665,456.80	728,064.85	3,624,210.02					68,919,473.75
2011-2012	45,929,768	17,183,428.58	3,620,500.00	2,223,262.00	69,600.00	134,805.00	689,318.17					69,850,681.85
2012-2013	18,398,229.20	10,243,830.74	20,591,500.00	2,804,450.00	13,790,200.00	193,447.80	15,325,117.62					81,346,775.37
2013-2014	8,117,800.15	6,816,612.25	24,991,200.00	6,221,436.00	1,282,500.00	3,849,387.00	1,312.10					51,280,247.50
<b>PERENNES</b>												
2008-2009	-10,507,112.78	16,295,105.16	5,059,700.00	18,177,795.00	20,235,143.50	48,623,332.90	45,116,005.55	11,614,899.00				154,614,868.32
2009-2010	13,190,586.65	13,314,312.21	6,705,400.00	37,137,220.00	-726,666.82	2,328,562.64	22,760,935.49	-7,204,084.12				87,506,266.04
2010-2011	470,994.30	10,241,827.40	7,910,400.00	26,169,171.26	1,367,958.00	59,482,220.25	106,683,836.53	2,277,240.00				214,603,647.74
2011-2012	230,580,107	24,919,904.40	2,266,000.00	-7,560,080.00	8,023,400.00	31,425,514.33	71,506,819.04	46,478,103.32				407,639,767.73
2012-2013	9,003,051.53	15,284,610.56	1,313,200.00	19,224,490.00	65,437,972.00	28,683,955.78	66,346,476.79	34,456,540.00				239,750,296.66
2013-2014	4,246,752.00	25,317,480.00	3,248,000.00	2,391,012.52	45,337,500.51	-1,627,166.40	14,608.13	8,363,660.00				72,647,349.16
<b>SEGUNDOS CULTIVOS</b>												
2008-2009		14,905,421.94	66,765,140.00	39,913,018.44	184,865,108.00	17,663,658.73	20,289,222.21	36,766,378.50				381,167,947.81
2009-2010		35,856,542.90	44,581,780.00	58,036,410.01	105,234,954.54	26,415,614.25	45,858,254.16	13,577,533.70				329,561,089.56
2010-2011		60,940,289.70	163,409,540.00	160,658,268.00	218,890,162.81	140,734,713.50	66,124,132.53	274,450,785.50				1,085,207,892.04
2011-2012		66,098,227.40	105,376,450.00	158,832,792.00	176,894,560.00	60,707,860.03	44,663,156.48	42,123,200.58				654,696,246.48
2012-2013		60,498,828.60	33,833,800.00	46,611,200.00	77,787,564.51	24,907,749.64	33,431,860.30	304,420.00				277,375,423.05
2013-2014		20,696,840.00	11,410,700.00	36,167,248.00	53,726,763.30	5,141,273.78	6,973.40	11,610,690.00				138,760,488.48

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Como se puede observar, los cultivos regados por bombeo en el ciclo otoño-invierno y los segundos cultivos, fueron los que generaron las mayores ganancias en este período analizado. Las ganancias obtenidas por los cultivos regados con agua de bombeo son mayores y más constantes con respecto a los cultivos regados por gravedad, salvo los módulos Abasolo, en el ciclo primavera-verano y Acámbaro en el riego de segundos cultivos, los cuales en el período de tiempo manejado, no presentaron producción agrícola.

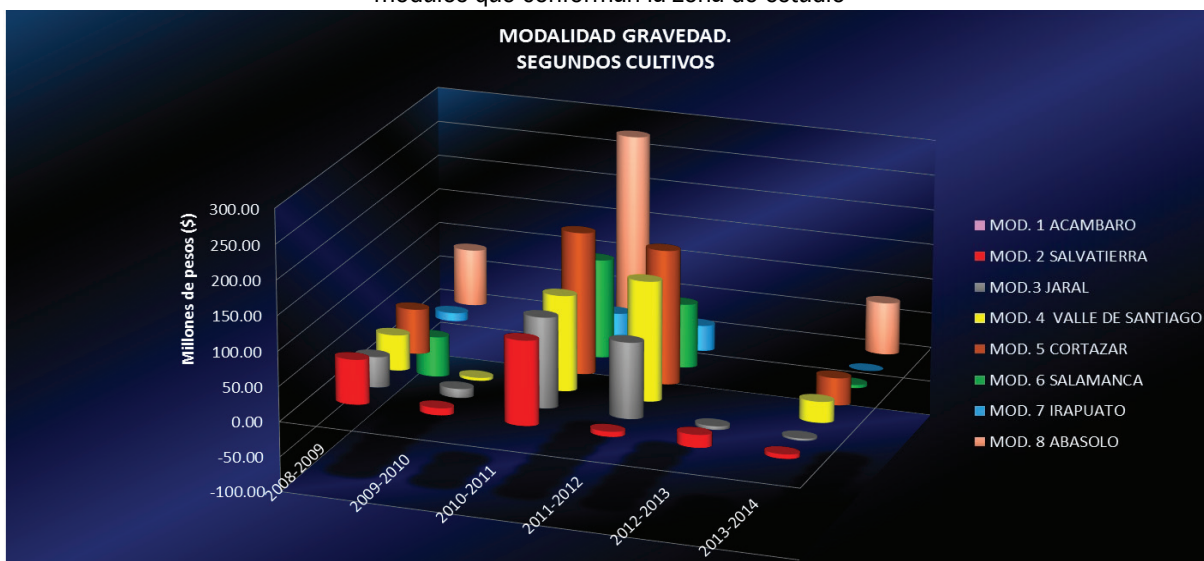
En el cuadro 2.10 se muestran los módulos que arrojaron las mayores ganancias en el ciclo otoño-invierno, durante este período histórico manejado en el área de estudio, fueron Valle de Santiago y Cortazar, los cuales en forma conjunta generaron aproximadamente el 78% en el período analizado.

Con respecto al ciclo primavera-verano, los módulos más sobresalientes en cuanto a la generación de utilidades fueron, Acámbaro y Salvatierra, los cuales abarcaron aproximadamente el 84% del total de las ganancias en este ciclo.

En cuanto a los cultivos perennes, los módulos más destacados y constantes en cuanto a la generación de utilidades durante este período fueron: Salamanca e Irapuato, los cuales cubrieron el 77% del total generado en la zona de estudio.

Por su parte, la producción en el rubro de los segundos cultivos fue la más estable en todo este período de tiempo estudiado, es decir, todos los módulos generaron utilidades considerables en cada uno de los años analizados, sin embargo, los módulos que se destacaron por arrojar las mayores ganancias fueron: Cortazar, Valle de Santiago y Jaral, los cuales de forma conjunta cubrieron alrededor del 70% de las utilidades totales generadas en la zona. En las Gráficas 2.21, 2.22, 2.23 y 2.24, se puede apreciar el comportamiento de cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio, en cuanto a su participación en la generación de utilidades agrícolas.

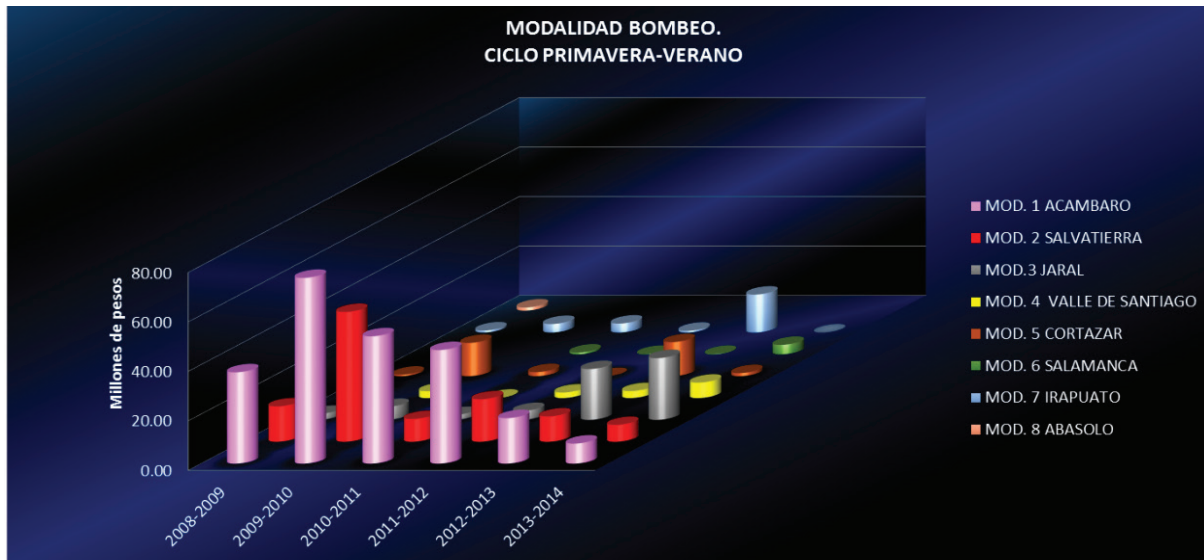
Gráfica 2.21 Utilidad neta total (\$) en el ciclo Otoño-Invierno, con riego por bombeo en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 01 I. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

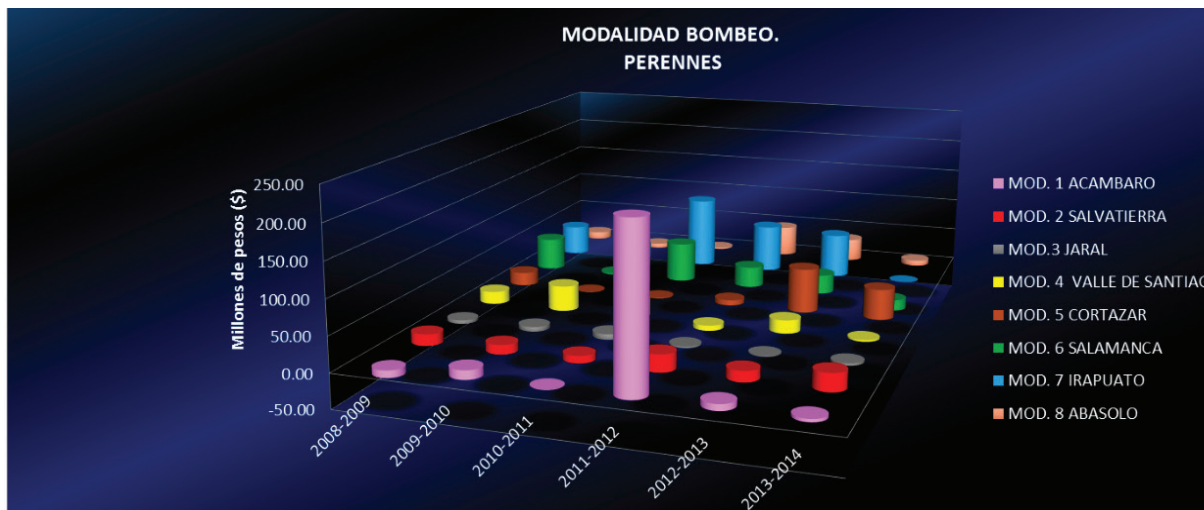


Gráfica 2.22 Utilidad neta total (\$) en el ciclo Primavera-Verano, con riego por bombeo en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



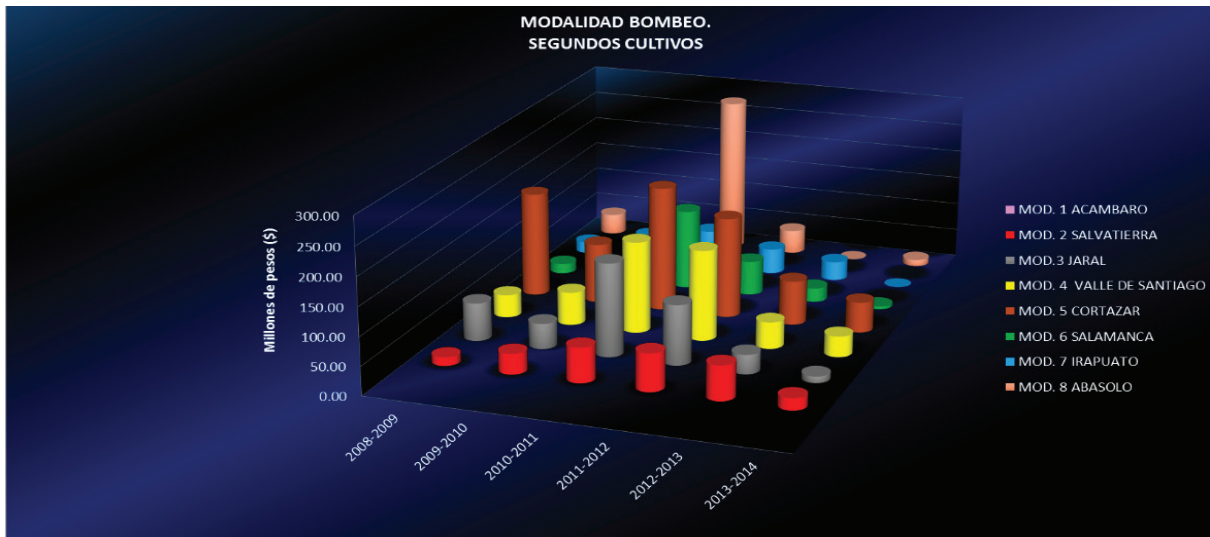
Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.23 Utilidad neta total (\$) en el ciclo Perennes, con riego por bombeo en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Gráfica 2.24 Utilidad neta total (\$) en el ciclo Segundos Cultivos, con riego por bombeo en cada uno de los módulos que conforman la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 01 I. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

## 2.5. PRINCIPALES CULTIVOS PRODUCIDOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

La selección de los principales cultivos que se producen en la zona de estudio para el período histórico analizado, estuvo en función de la superficie que estos ocupan, del volumen de agua que estos emplean y de las utilidades generadas

Los principales cultivos del ciclo otoño-invierno que se regaron en el área de estudio en el período histórico analizado, tanto por gravedad como por bombeo, fueron: la cebada y el trigo, y en el ciclo de primavera-verano y segundos cultivos: el maíz y el sorgo. En el riego por bombeo, sobresalen también los cultivos de ajo y brócoli. Dentro de los perennes, sobresalen, la alfalfa, el espárrago y la fresa.

Los cultivos que se regaron por gravedad en el ciclo otoño-invierno fueron, la avena forrajera, la cebada y el trigo grano; estos ocuparon la mayor superficie regada y el mayor volumen neto de agua, dentro de estos desatacaron principalmente la cebada y el trigo grano, los cuales ocuparon el 96 % del volumen total de agua empleado en el ciclo.

Los principales cultivos que se regaron por bombeo en este mismo ciclo agrícola fueron: ajo, avena forrajera, brócoli, cebada y trigo grano; al igual que en el riego por gravedad, la cebada y el trigo grano, en conjunto con el cultivo de lo brócoli, ocuparon la mayor superficie y emplearon el mayor volumen de agua. Estos tres cultivos cubrieron el 85% de la superficie regada en este ciclo y ocuparon el 88% del volumen total de agua empleado.

El Maíz y el Sorgo grano, son los principales cultivos que se producen en el ciclo primavera-verano, ocupando el 97% de la superficie total regada por gravedad y empleando el 96% del volumen neto total del agua en este ciclo en la zona.



Dentro de la superficie regada por bombeo, estos cultivos junto con el trigo grano, abarcaron durante el período de análisis, el 79% de la superficie regada y el 70% del volumen total de agua empleado en el ciclo.

En cuanto a los cultivos perennes regados por gravedad, sobresalen los cultivos de la alfalfa y el espárrago. La alfalfa se produce en la mayoría de los módulos, a excepción del módulo de Irapuato que no la cultiva; en cuanto al cultivo del espárrago, este solo se siembra en el módulo de Salamanca, y en los módulos de Valle de Santiago, Irapuato y Abasolo, solo se cultivó en algunos años.

Dentro de la superficie regada por gravedad, estos dos cultivos representaron el 92% de la superficie total regada en este grupo y emplearon el 94% del volumen total de agua ocupado en este rubro.

Dentro de los principales cultivos perennes producidos en la zona y regados por bombeo, se encuentran, la alfalfa verde, el espárrago y la fresa, estos ocuparon el 98% de la superficie total regada para este grupo en la zona y ocuparon el 99% del volumen neto total de agua empleado para este grupo de cultivos regados por bombeo.

En cuanto al grupo de los segundos cultivos, el maíz y el sorgo grano, son los más representativos en la zona. Estos dos cultivos ocuparon el 78% de la superficie regada por gravedad y el 98% de la superficie regada por bombeo dentro de este grupo. El volumen neto de agua ocupado por estos cultivos en la modalidad de gravedad fue del 99% y el volumen de agua proveniente del bombeo de pozos fue del 97% con respecto al total empleado en este grupo.

Por otra parte, las utilidades generadas por los cultivos de trigo y cebada en el ciclo otoño-invierno y de maíz y sorgo en primavera-verano y dentro de los segundos cultivos, son muy representativos en la zona, sin embargo, estas utilidades están en función de la extensa superficie regada por gravedad en la zona de estudio. A excepción de los cultivos perennes que ocupan una menor superficie y sus utilidades son muy representativas.

Esto se puede apreciar en los cuadros de los archivos en Excel del Anexo A1: Principales Cultivos....

En el caso de los cultivos regados en otoño-invierno por gravedad: avena forrajera, cebada y trigo, estos representaron el 93% del total de utilidades generadas en este ciclo.

En el caso de los cultivos regados en este mismo ciclo por bombeo: ajo, avena forrajera, brócoli, cebada y trigo grano, estos generaron el 58% de las utilidades totales obtenidas en este ciclo.

Para el caso de los cultivos regados por gravedad en el ciclo primavera-verano: maíz y sorgo grano, estos generaron en conjunto el 94% de las utilidades totales que se obtuvieron en el ciclo, y de estos cultivos, el sorgo fue el más representativo.

Estos mismos cultivos se regaron por bombeo y en conjunto con el trigo grano, arrojaron el 76% de las ganancias totales generadas en el ciclo.

En cuanto a los cultivos perennes regados por gravedad: alfalfa verde y espárrago, estos generaron el 94% de las utilidades obtenidas para este grupo de cultivos en la zona. Los cultivos perennes regados por bombeo, están representados de igual forma por la alfalfa verde y el espárrago, a estos se suma la fresa; con estos cultivos se obtuvo el 95% de las utilidades totales.

Los cultivos de maíz y sorgo grano, son los principales cultivos que se producen y se riegan tanto por gravedad como por bombeo en la zona de estudio. De la superficie regada por gravedad se generó el 99% de las utilidades y de la superficie regada por bombeo, el 83%.

## 2.6. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA, MÉTODO DE VALORACIÓN RESIDUAL

Por otra parte, hay que señalar que otra variable importante a considerar en la selección de los principales cultivos dentro de la actividad agrícola, es la productividad del agua, la cual se conoce también como el Método de Valoración Residual (MVR), el cual se calcula de la siguiente forma:

$$P_w = (VP - CT) / X_w$$

Donde:

- $P_w$  : es el precio que se pagaría al producir un determinado cultivo por  $m^3$  de agua empleado.
- $VP$  : Valor de la Producción Total de un "X" cultivo.
- $CT$  : Costo Total de la Producción de un "X" cultivo.
- $X_w$  : Volumen de agua que se emplea para la producción de un "X" cultivo.

El desarrollo de esta fórmula para el cálculo de la productividad bruta y neta del agua para cada uno de los cultivos que se producen en la zona se puede apreciar en los cuadros que integran en Anexo A1.

En cuanto a la productividad del agua empleada por cada uno de los cultivos que se producen en el área de estudio, se puede señalar que, esta mayor o menor productividad en el riego agrícola, depende de diversas variables que van a condicionar los ingresos netos que se obtienen de los cultivos; dentro de estas variables se encuentran, el mercado y el precio de los productos agrícolas, la disponibilidad del crédito; la disponibilidad del agua, las eficiencias de conducción y aplicación del riego, incremento de la superficie agrícola, mejoras técnicas y costos de producción.

En la zona de estudio, la cual comprende casi el total de la superficie regada en el distrito de riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato, la mayor o menor productividad del agua en los principales cultivos que se riegan, ha estado condicionada por el mercado, por una mala eficiencia en el uso del agua y por los altos costos de producción.

La productividad neta del agua de los principales cultivos que se producen en la zona de estudio en cada uno de los ciclos agrícolas se puede apreciar en los Cuadros 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 y 2.18.

Cuadro 2.11 Productividad neta (\$/m<sup>3</sup>) de los principales cultivos (regados por gravedad) que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Ciclo: Otoño-Invierno.

CULTIVO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO										PROMEDIO
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2 SALVATIERRA	MOD.3 JARAL	MOD. 4 VALLE DE SANTIAGO	MOD. 5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO			
<b>AVENA FORRAJERA</b>											
2008-2009		0.35			-0.45	-0.26	0.45	0.46		0.11	
2009-2010	-0.95			2.56	0.11	6.44	0.84	0.70		1.62	
2010-2011	1.70			6.86	0.47	-0.65				2.09	
2011-2012											
2012-2013											
2013-2014	0.07			3.16	0.55	1.17	1.09	0.61		1.11	
<b>CEBADA</b>											
2008-2009		0.84	0.77	1.57	-0.44	1.03	1.03	1.52		0.90	
2009-2010											
2010-2011	1.13	1.39	1.94	2.19	2.33	-0.16	1.89	2.03		1.59	
2011-2012	3.46		1.17	2.94	1.86	1.72	0.89	1.57		1.94	
2012-2013											
2013-2014	0.84	0.11		1.99	0.65	0.87	0.24	-0.16		0.65	
<b>TRIGO GRANO</b>											
2008-2009		0.96	0.73	1.10	1.23	0.79	0.26	0.73		0.83	
2009-2010											
2010-2011	0.88	1.32	1.32	1.40	2.00	-0.29	1.48	1.60		1.21	
2011-2012	3.14		1.12	2.51	2.53	1.20	0.48	1.54		1.79	
2012-2013											
2013-2014	0.16	0.18		0.83	0.96	-0.23	0.84	0.76		0.50	

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Cuadro 2.12 Productividad neta (\$/m<sup>3</sup>) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Bombeo. Ciclo: Otoño-Invierno.

CULTIVO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO										PROMEDIO	
	MOD.1 ACAMBARO	MOD.2 SALVATIERRA	MOD.3 JARAL DE SANTIAGO	MOD.4 VALLE DE SANTIAGO	MOD.5 CORTAZAR	MOD.6 SALAMANCA	MOD.7 IRAPUATO	MOD.8 ABASOLO				
<b>AJO</b>												
2008-2009		9.11	2.67	-1.66	-2.60	3.77	3.73				2.50	
2009-2010				-3.52	-0.58	14.61	5.90	4.64			4.21	
2010-2011				64.65	20.98	0.97	10.79				24.34	
2011-2012			4.67	44.78	20.22	2.29	11.61				16.71	
2012-2013				38.88	35.18	39.12					50.13	
2013-2014				16.46	29.73	6.37		87.33			17.52	
<b>AVENA FORRAJERA</b>												
2008-2009	-12.46	2.27			-0.36						-3.52	
2009-2010	4.12				-1.03						1.12	
2010-2011	-0.02	-0.13			-0.40						4.77	
2011-2012	0.87										0.87	
2012-2013	1.59				1.58						1.63	
2013-2014	0.03			2.44							0.96	
<b>BRÓCOLI</b>												
2008-2009		4.80	2.14	7.25	3.09	4.15	14.79	8.03			6.32	
2009-2010		5.26	1.94	12.14	3.72	4.68	8.55	1.65			5.42	
2010-2011		4.31	2.15	3.94	5.77	2.32	5.32	1.09			3.56	
2011-2012		1.71	4.05	0.89	1.19	4.21	5.40	5.75			3.31	
2012-2013		1.74	3.17	3.46	4.78	2.78	4.18	7.50			3.94	
2013-2014		2.63	2.21	-0.78	-0.19		4.79	4.90			2.26	
<b>CEBADA</b>												
2008-2009		1.27	0.94	1.67	-0.53	1.40	1.72	1.83			1.19	
2009-2010		1.05	1.25	2.02	1.75	1.81	2.30	2.03			1.74	
2010-2011	2.51	2.48	1.77	2.40	2.52	-0.61	1.90	1.88			1.86	
2011-2012	5.10	1.22	1.42	2.63	1.95	1.99	1.08	1.61			2.13	
2012-2013	1.28	0.33	-0.82	1.08	1.35	-0.43	-0.81	-0.47			0.19	
2013-2014	1.26	0.15	0.14	1.83	-1.83	0.61	0.20	1.51			0.48	
<b>TRIGO GRANO</b>												
2008-2009	4.23	-0.23	0.75	1.17	0.99	1.09	0.35	0.62			1.12	
2009-2010	4.19	0.59	0.15	1.36	0.81	1.62	0.80	1.13			1.33	
2010-2011	1.26	2.35	1.60	1.56	2.25	-0.79	1.28	1.44			1.37	
2011-2012	1.96	1.28	1.07	1.90	3.36	1.37	-0.62	1.19			1.44	
2012-2013	1.83	0.87	1.10	1.24	0.96	-0.82	-0.41	-0.20			0.57	
2013-2014	0.05	0.27	0.34	0.87	1.61	1.02	0.65	0.99			0.72	

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Cuadro 2.13 Productividad neta (\$/m<sup>3</sup>) de los principales cultivos que se producen en cada de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Gravedad. Ciclo: Primavera-Verano.

CULTIVO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO										PROMEDIO
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2 SALVATIERRA	MOD.3 JARAL	MOD. 4 VALLE DE SANTIAGO	MOD. 5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO			
<b>MAÍZ GRANO</b>											
2008-2009	1.32	2.61	3.97	5.36	4.25	4.75	1.44			3.16	
2009-2010	10.30	4.09	3.76	4.00	2.56	4.75	3.28	3.38		4.52	
2010-2011	7.37	7.50	13.92	10.62	8.64					9.61	
2011-2012	8.44	3.44	19.95							10.61	
2012-2013	6.39	2.13	2.22	5.59	0.60	4.62	6.25	3.20		3.88	
2013-2014	2.25	2.01	3.84	10.03	4.57		4.12			4.47	
<b>SORGO GRANO</b>											
2008-2009	0.39	2.43	2.19	3.26	2.25	4.01	1.08			1.93	
2009-2010	10.68	4.01	4.13	3.61	2.79	4.01	2.39	1.55		4.15	
2010-2011	7.35	6.43	17.35	12.26			10.18			8.68	
2011-2012	9.78	3.97	1.97	3.92	1.46	3.58	3.74	-0.03		10.32	
2012-2013	6.21	2.32	1.36	5.44	2.36		1.49			2.90	
2013-2014	0.64	-0.56								1.79	

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Cuadro 2.14 Productividad neta (\$/m<sup>3</sup>) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Bombeo. Ciclo: Primavera-Verano.

CULTIVO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO								PROMEDIO	
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2	MOD.3 JARAL	MOD. 4 VALLE DE SANTIAGO	MOD. 5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO		
<b>MAÍZ GRANO</b>										
2008-2009	3.05	4.07	2.24	4.88			1.46			3.14
2009-2010	10.76	3.99	3.06	5.30	3.47		2.88			4.91
2010-2011	9.46	7.67	4.54	6.08	20.21		4.54			8.75
2011-2012	14.32	2.55	8.39	5.25			3.18			6.74
2012-2013	4.10	1.83	5.51	6.92	5.48		4.78			4.77
2013-2014	0.05	0.94	3.00	3.01		9.27	1.77			3.01
<b>SORGO GRANO</b>										
2008-2009	44.33	4.13		3.12	3.36		1.11	3.94		10.00
2009-2010	12.83	5.37	3.19	3.56	4.29		0.09			4.89
2010-2011	8.06	3.73					2.38			4.72
2011-2012	14.36	3.25		16.36			2.58			9.14
2012-2013	4.17	2.74	2.23	4.98	3.58		5.85			3.93
2013-2014	2.60	-0.21	1.37	1.74			0.74			1.25
<b>TRIGO GRANO</b>										
2008-2009	-141.36	2.16								-69.60
2009-2010	10.69	0.87								5.78
2010-2011										
2011-2012	6.64	1.42								4.03
2012-2013						0.53				
2013-2014										0.53

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.



Cuadro 2.15 Productividad neta (\$/m<sup>3</sup>) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Gravedad. Ciclo: Perennes.

CULTIVO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO								PROMEDIO	
	MOD.1 ACAMBARO	MOD.2 SALVATIERRA	MOD.3 JARAL DE SANTIAGO	MOD.4 VALLE CORTAZAR	MOD.5 SALAMANCA	MOD.6 IRAPUATO	MOD.7 ABASOLO	MOD.8		
<b>ALFALFA VERDE</b>										
2008-2009	-2.85	3.54	1.79	7.36	1.03					2.16
2009-2010	8.94	8.22	10.35	10.74	7.11					3.57
2010-2011	-1.70	4.39	4.68	7.02	3.90			4.73		2.70
2011-2012	7.70	4.13	1.41	1.15	0.48					10.10
2012-2013	7.53	5.49	1.49	7.21	46.39			-6.28		9.82
2013-2014	2.29	10.77	3.78	2.47	39.89					
<b>ESPÁRRAGO</b>										
2008-2009										18.96
2009-2010						22.70				1.21
2010-2011									3.70	10.12
2011-2012										7.70
2012-2013								37.99	44.23	49.51
2013-2014								14.80		12.17
<b>FRESA</b>										
2008-2009										40.39
2009-2010										
2010-2011										
2011-2012										
2012-2013										
2013-2014										

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Cuadro 2.16 Productividad neta (\$/m<sup>3</sup>) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Gravedad. Ciclo: Perennes.

CULTIVO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO										PROMEDIO	
	MOD.1 ACAMBARO	MOD.2 SALVATIERRA	MOD.3 JARAL	MOD.4 VALLE DE SANTIAGO	MOD.5 CORTAZAR	MOD.6 SALAMANCA	MOD.7 IRAPUATO	MOD.8 ABASOLO				
ALFALFA VERDE												
2008-2009	-17.08	5.18	1.89	2.21	6.59	3.29	0.84	0.53	0.43			
2009-2010	3.39	3.26	3.84	10.58	-0.29	4.95	2.09	0.80	3.58			
2010-2011	0.26	4.05	2.78	2.22	0.40	4.60	1.76	-0.21	1.98			
2011-2012	65.39	5.15	0.00	-2.52	1.35	7.71	2.25	0.57	9.99			
2012-2013	2.77	2.36	0.63	1.84	5.84	8.48	2.94	-1.66	2.90			
2013-2014	2.03	3.90	1.63	-0.06	7.37	22.39	3.27	2.03	5.32			
ESPÁRRAGO												
2008-2009				6.88	35.40	14.69	9.82	7.85	14.93			
2009-2010				-0.90		1.44	0.62	-6.03	-1.22			
2010-2011				5.12	3.30	21.07	10.41	1.86	8.35			
2011-2012				1.72	23.13	6.62	11.94	43.39	17.36			
2012-2013				11.90	27.19	11.79	11.04	10.90	14.56			
2013-2014				7.15	9.21	-12.15	15.16	18.92	7.66			
FRESA												
2008-2009					20.70	12.38	1.41	1.92	11.35			
2009-2010		20.35				-4.23	1.07	4.75	0.53			
2010-2011				35.46		5.16	4.41	2.55	11.90			
2011-2012				13.33		10.04	1.96	4.68	7.50			
2012-2013				27.44		11.29	2.16	26.40	16.82			
2013-2014						0.22	1.75	-4.23	-0.75			

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Cuadro 2.17 Productividad neta (\$/m<sup>3</sup>) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Gravedad. Ciclo: Segundos Cultivos.

CULTIVO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO										PROMEDIO
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2 SALVATIERRA	MOD.3 JARAL	MOD. 4 VALLE DE SANTIAGO	MOD. 5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO			
<b>MAÍZ GRANO</b>											
2008-2009	3.33	3.06	3.30	3.06	2.78	-2.18	1.28	4.12	2.24		
2009-2010	7.71	3.76	5.59	3.76	0.00	11.07	11.23	33.02	5.69		
2010-2011	14.38	15.04	16.37	15.04	0.00	11.07	8.00		14.44		
2011-2012	10.61	12.85	16.24	12.85	14.39	12.59			12.45		
2012-2013	4.89		3.39		4.16	4.09			4.14		
2013-2014	3.06	2.38	1.70	2.38	4.16	4.09	4.18	5.77	3.62		
<b>SORGO GRANO</b>											
2008-2009	2.45	1.70	2.50	1.70	1.42	-2.12	0.97	3.04	1.42		
2009-2010	4.44	2.57	5.38	2.57	0.00	8.81	7.68	16.64	4.13		
2010-2011	11.22	8.97	10.50	8.97	10.18	8.12	5.74		9.12		
2011-2012	11.65	13.11	10.40	13.11					9.87		
2012-2013	5.16	2.05	3.09	2.05	1.36	0.03	1.49	3.84	4.12		
2013-2014	-0.39		0.44						1.26		

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato. Agosto del 2015.

Cuadro 2.18 Productividad neta (\$/m<sup>3</sup>) de los principales cultivos que se producen en cada uno de los módulos que comprenden la zona de estudio. Modalidad: Bombeo. Ciclo: Segundos Cultivos. Agosto del 2015.

CULTIVO/AÑO	MÓDULOS DE RIEGO								PROMEDIO	
	MOD. 1 ACAMBARO	MOD. 2 SALVATIERRA	MOD. 3 JARAL	MOD. 4 VALLE DE SANTIAGO	MOD. 5 CORTAZAR	MOD. 6 SALAMANCA	MOD. 7 IRAPUATO	MOD. 8 ABASOLO		
<b>MAÍZ GRANO</b>										
2008-2009		4.71	2.91	3.09	3.08	2.85	2.20	3.39	3.18	
2009-2010		8.69	3.13	6.26	5.90	8.67	5.91	0.80	5.62	
2010-2011		11.95	5.65	7.01	11.97	10.06	5.64	4.68	8.13	
2011-2012		9.70	7.00	11.92	10.98	10.39	6.98	4.19	8.74	
2012-2013		6.59	2.54	4.71	3.72	4.64	3.58	2.95	4.11	
2013-2014		3.47	0.87	2.66	3.23	6.28	3.47	5.73	3.67	
<b>SORGO GRANO</b>										
2008-2009		3.09	2.26	1.80	1.48	1.89	1.48	2.31	2.04	
2009-2010		7.63	3.25	4.89	4.65	5.32	4.77	1.92	4.63	
2010-2011		8.93	3.89	4.47	5.44	5.99	3.80	5.13	5.38	
2011-2012		10.89	4.62	11.06	7.30	6.99	4.86	3.87	7.09	
2012-2013		6.61	3.60	3.34	2.90	3.49	3.55	-1.04	3.21	
2013-2014		-0.31	0.10	1.88	2.04	0.02	0.85	3.81	1.20	

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por la Sociedad de Responsabilidad Limitada. Distrito de Riego 011. CONAGUA. Dirección Local de Guanajuato.

Como se puede apreciar en estos cuadros, los cultivos que tuvieron una productividad menor en este período analizado fueron en el ciclo otoño-invierno: el trigo, cebada y avena forrajera, tanto en riego por gravedad como en riego por bombeo; sin embargo, cultivos como el ajo y el brócoli regados por bombeo en este ciclo tuvieron productividades mayores.

En el ciclo primavera-verano, los cultivos de maíz y sorgo regados por gravedad y bombeo generaron productividades mayores comparadas con las obtenidas de los cultivos del trigo y la cebada regados en el ciclo otoño-invierno.

En lo que respecta a los cultivos perennes, tanto la alfalfa como el espárrago, sobre todo este último, regados por gravedad y por bombeo, generan altas productividades; la fresa regada solo por bombeo genera de la misma forma elevadas productividades.

Estos cultivos son los que generan las mayores utilidades en la zona de estudio como ya anteriormente se ha citado; de estos cultivos, la alfalfa y la fresa son los que emplean un mayor volumen de agua.

Por otra parte, los cultivos de cebada, trigo, maíz y sorgo, emplean volúmenes de agua considerables debido a la extensa superficie que ocupan y son los que generan las menores utilidades, debido a los bajos precios que presentan en el mercado y a sus altos costos de producción.

Por otra parte, las hortalizas son los cultivos que presentan las mayores productividades, este es el caso del brócoli, el chile verde, el jitomate y la col. Dos importantes factores que se suman para arrojar estos excelentes beneficios, son, por un lado, la tecnificación de gran parte de la superficie regada con estos cultivos, lo cual mejora las eficiencias en la aplicación del agua y por otra parte, los precios de estos en el mercado, los cuales fueron en la mayoría de los años que comprende el período, favorables.

En relación a estos resultados es necesario enfatizar aquí, que la agricultura es una actividad muy aleatoria, y la producción depende de varios factores que llegan a incidir de tal manera que ésta, en algunos años se puede incrementar o puede descender considerablemente, entre estos factores que hacen muy vulnerable a la actividad agrícola se encuentran los factores climáticos y económicos, pero sobre todo, el factor mercado, el cual tiene un papel fundamental; el juego de la oferta y la demanda controla los precios de los productos y por lo tanto el incremento o decremento de la producción.

De esto podemos concluir que, a pesar de que algunos cultivos como la cebada, el trigo, el sorgo y el maíz no cuentan con un mercado favorable, estos han tenido un mercado seguro, y de ahí radica su permanencia y su importancia dentro de la actividad agrícola de la zona al conformarse como insumos de otras cadenas productivas que permanecen en la región, como lo son, las empresas porcícolas y la industria cervecera; de esta forma, a pesar de que emplean grandes volúmenes de agua y de que las condiciones económicas para su producción son muy desventajosas, por la falta de apoyos en subsidios y altos costos de producción, estos cultivos siguen abarcando grandes extensiones dentro del distrito de riego 011, y dentro de la misma región de la Cuenca Lerma-Chapala.





## EL ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA

# 3

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

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

La situación fue diferente en el caso del riego por bombeo, para estos mismos cultivos, puesto que no aplica el Acuerdo, si se tiene información suficiente para llevar a cabo la estimación de las funciones de producción así como de las funciones de demanda derivada de agua. Para una información detallada de los volúmenes producidos por cultivo y del agua utilizada por tipo de riego, véase el Anexo A1.

Por su parte para el caso de riego por gravedad en dos de los productos principales del ciclo de primavera-verano y segundos cultivos: el maíz y el sorgo, en estos casos 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. Para una información detallada de los volúmenes producidos por cultivo y del agua utilizada por tipo de riego, véase el Anexo A1.

En el caso del riego por gravedad tres cultivos importantes son la avena forrajera verde, la alfalfa verde y el espárrago, de los cuales únicamente se pudieron estimar la función de producción y la función de demanda derivada de agua para la alfalfa verde debido a la carencia de información para los otros cultivos.

Respecto al bombeo, sobresalen también los cultivos de ajo y brócoli y dentro de los perennes; la alfalfa, el espárrago y la fresa. Sin embargo por falta de información sólo fue posible realizar las

estimaciones de las funciones de producción y de demanda de agua, para el brócoli, el espárrago y la alfalfa. Para una información detallada de los volúmenes producidos y agua utilizada, por tipo de riego, véase el Anexo A1.

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:

$$1) Y = \alpha A^{\beta} \epsilon$$

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;  $\epsilon$  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:

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

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. Las bases de datos se muestran en el Anexo A1.

En el cuadro siguiente se presentan las funciones de producción estimadas a partir del análisis econométrico (los cuadros con los estadísticos de las regresiones así como las pruebas de los supuestos clásicos del modelo de regresión se presentan en el Anexo A2).

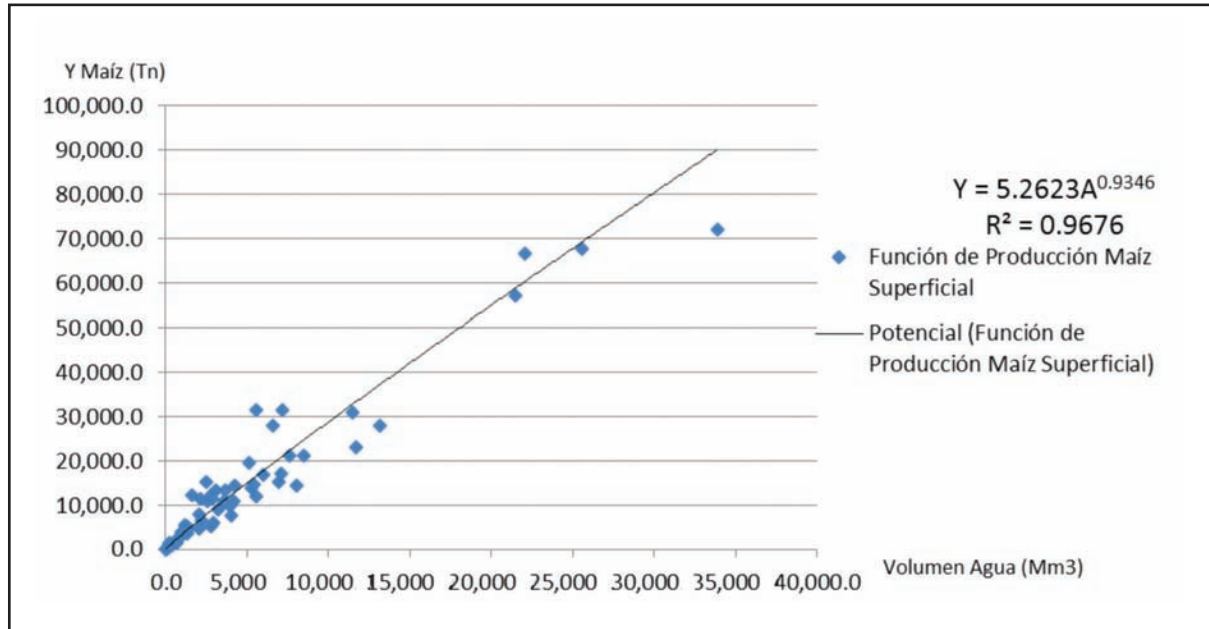
**Cuadro 3.1. Funciones de producción estimadas por cultivo y tipo de riego**

Cultivo	Tipo de Riego	Función de Producción Estimada (Y)
Cebada	Gravedad	
Cebada	Bombeo	$Y = 1.2486A^{0.971}$
Trigo	Gravedad	
Trigo	Bombeo	$Y = 11.547A^{0.7012}$
Maíz	Gravedad	$Y = 5.2623A^{0.9346}$
Maíz	Bombeo	$Y = 3.6338A^{0.9562}$
Sorgo	Gravedad	$Y = 4.1667A^{0.9657}$
Sorgo	Bombeo	$Y = 2.8267A^{0.9892}$
Brócoli	Bombeo	$Y = 18.018A^{0.7041}$
Espárrago	Gravedad	
Espárrago	Bombeo	$Y = 1.7078x^{0.8907}$
Alfalfa Verde	Gravedad	$Y = 31.593A^{0.6674}$
Alfalfa Verde	Bombeo	$Y = 8.1433A^{0.8396}$

Fuente: Elaboración propia.

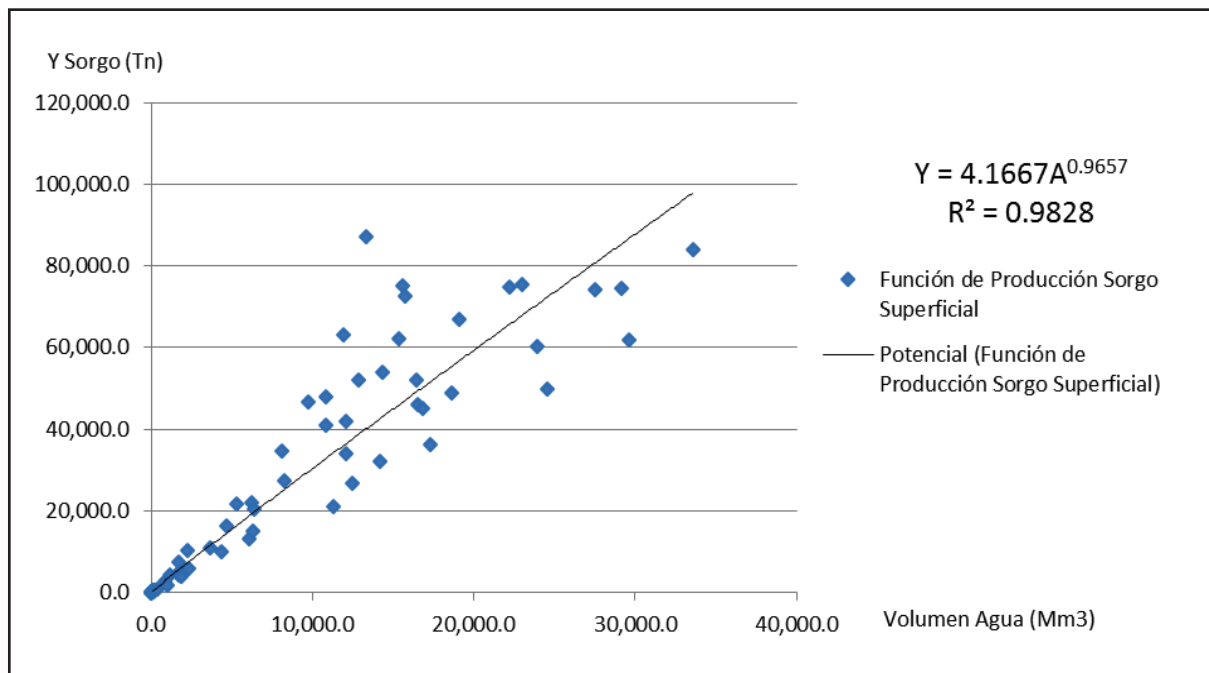
A continuación se presentan las gráficas de las funciones de producción estimadas correspondientes a los cultivos que se riegan con agua superficial.

Gráfica 3.1 Función de producción del Maíz, con riego superficial



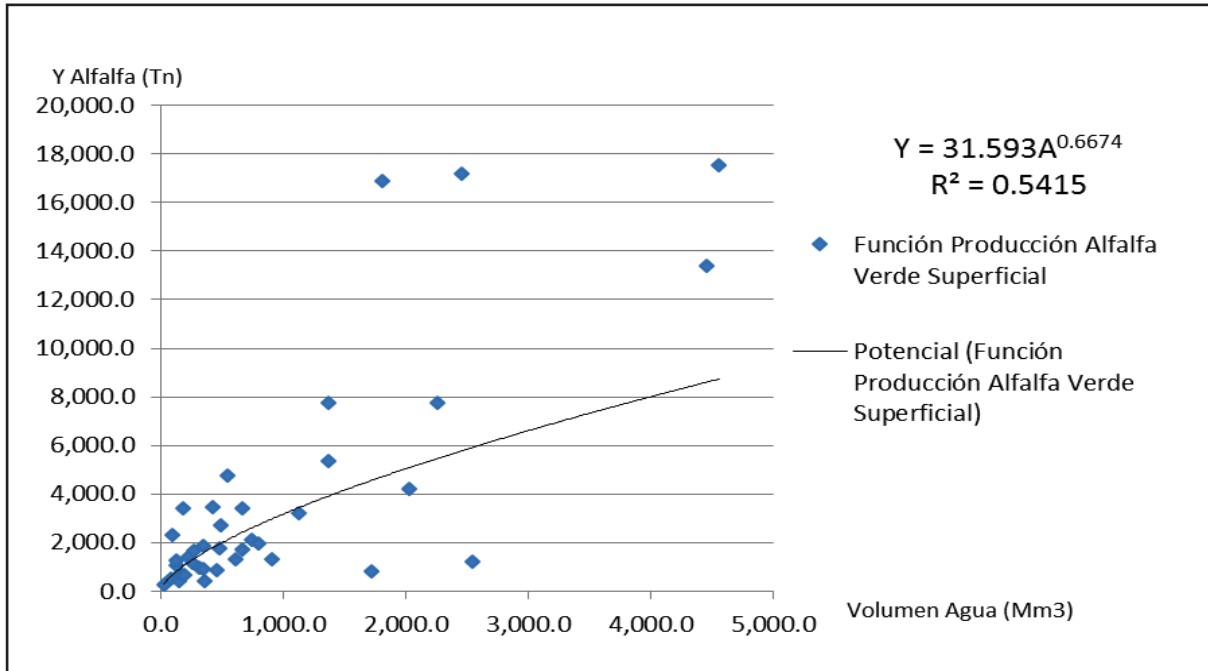
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.2 Función de producción del Sorgo, con riego superficial



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.3 Función de producción de Alfalfa Verde, con riego superficial

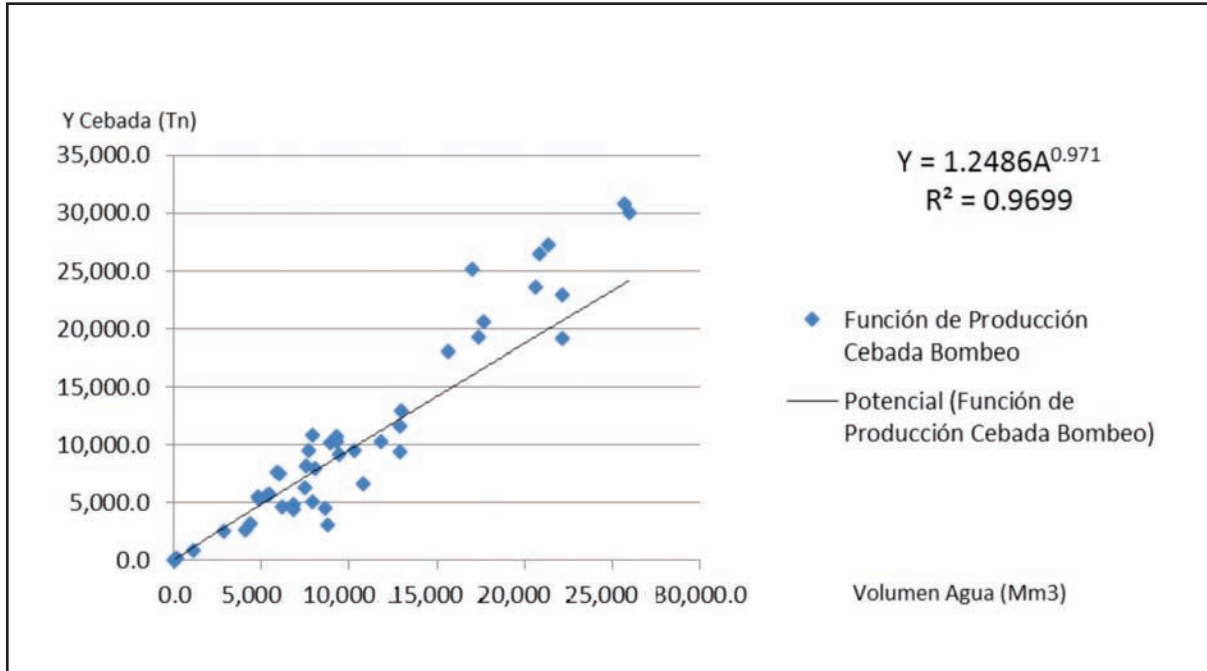


Fuente: Elaboración propia.

En el caso del riego por bombeo, sobresalen también los cultivos de ajo y brócoli. Por otra parte, dentro de los perennes, sobresalen, la alfalfa, el espárrago y la fresa. Sin embargo por falta de información sólo fue posible realizar las estimaciones de las funciones de producción y de demanda de agua, para el brócoli, el espárrago y la alfalfa. Para una información detallada de los volúmenes producidos y agua utilizada, véase Anexo A1.

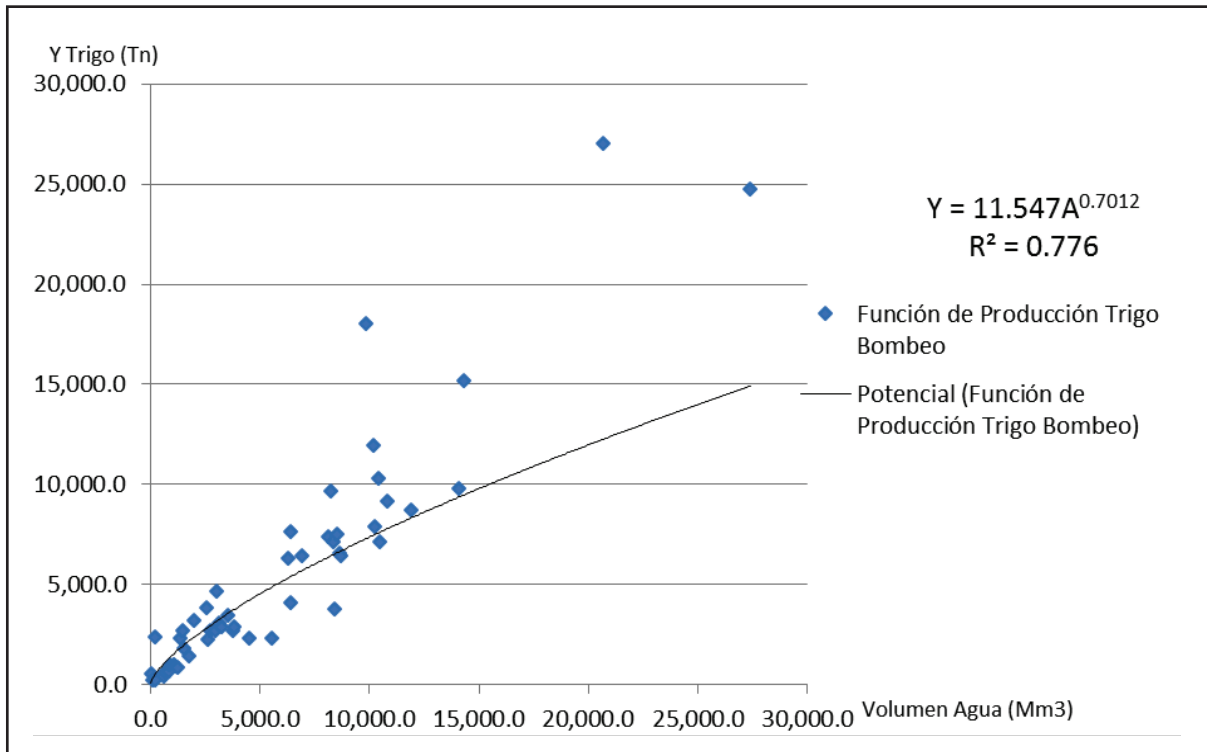
Las gráficas de las funciones de producción estimadas para los cultivos que se riegan con agua subterránea son las siguientes.

Gráfica 3.4 Función de producción de Cebada, con riego por bombeo



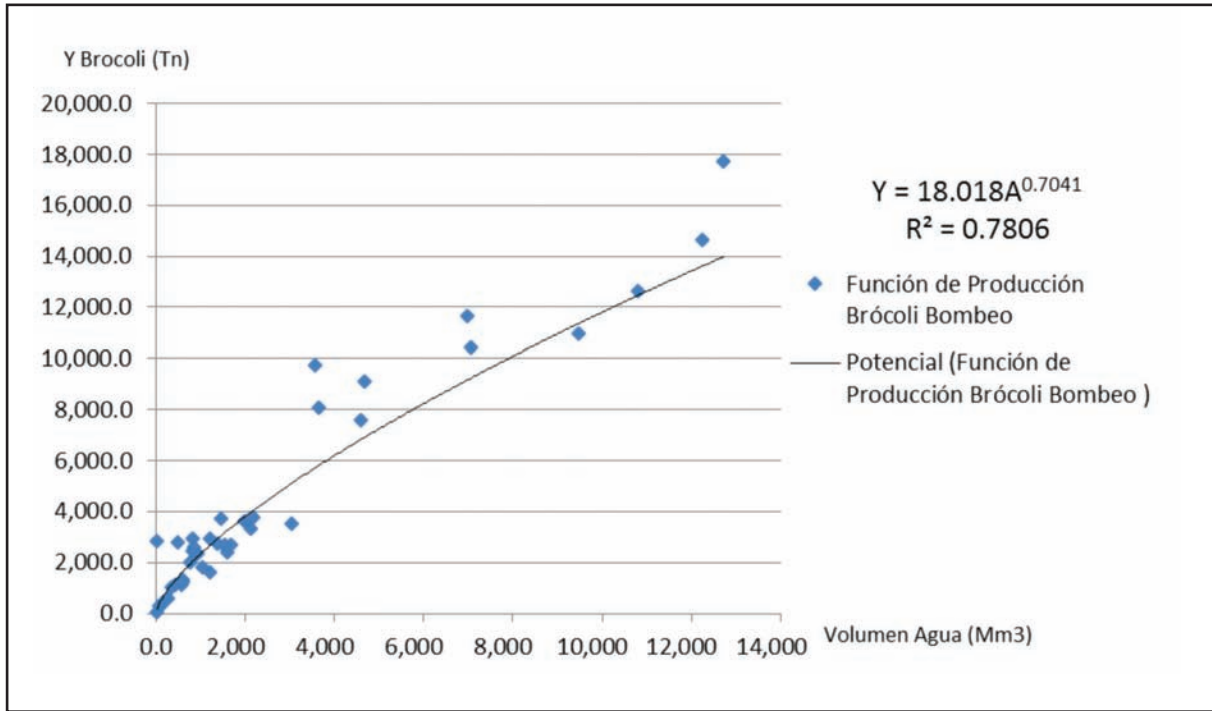
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.5 Función de producción de Trigo, con riego por bombeo



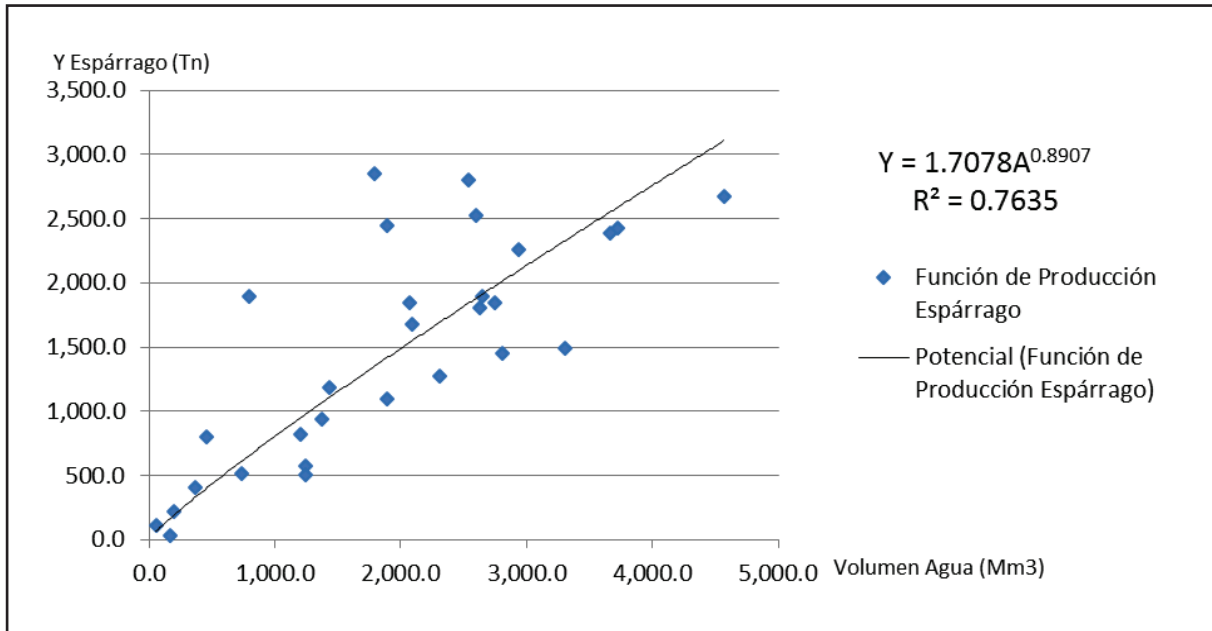
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.6 Función de producción de Brócoli, con riego por bombeo



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.7 Función de producción de Espárrago, con riego por bombeo

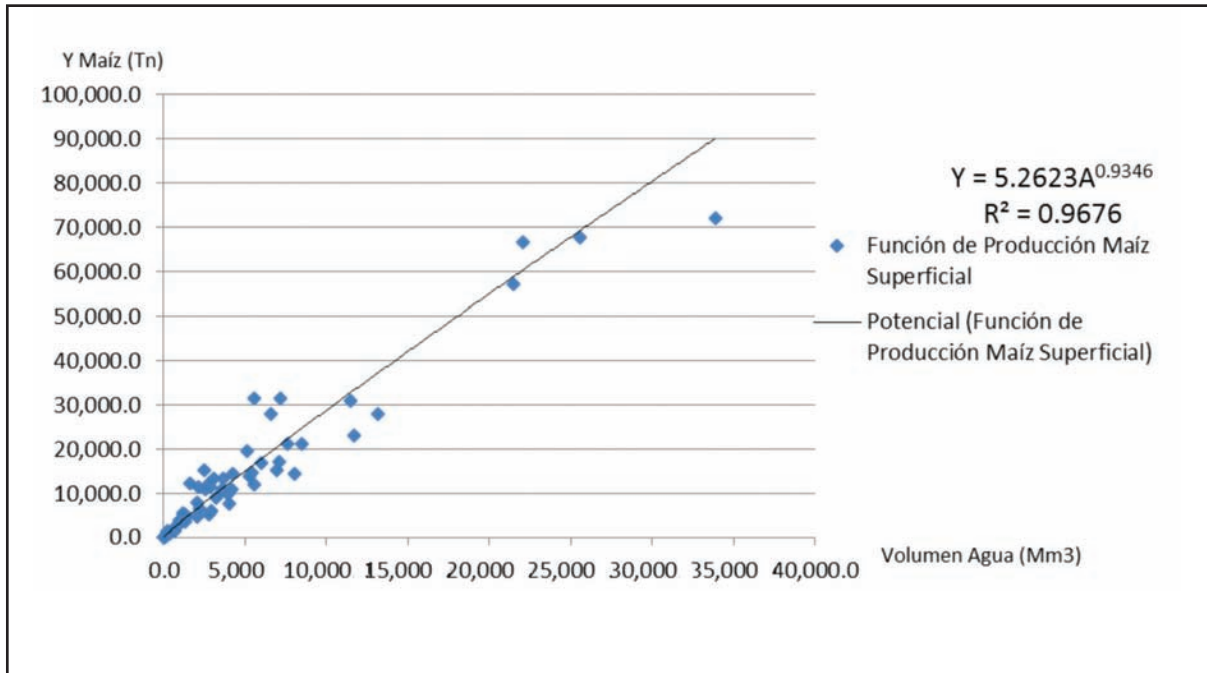


Fuente: Elaboración propia.



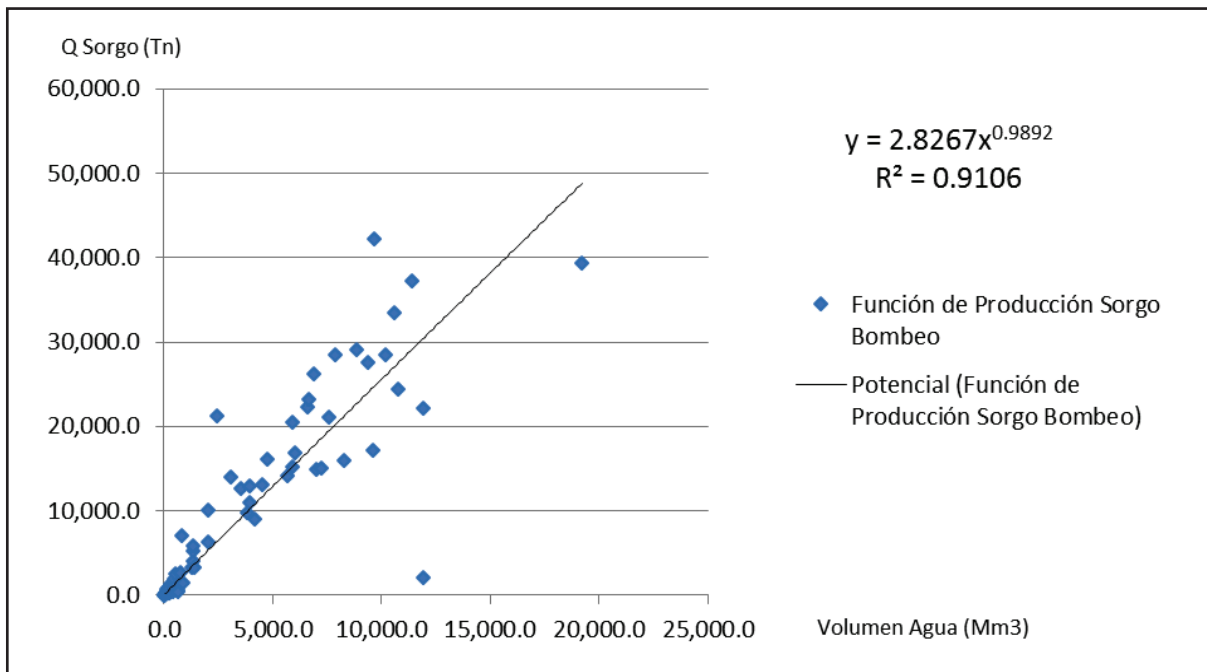
Existen algunos cultivos que además de utilizar la gravedad, en algún ciclo, son regados con aguas subterráneas para segundos cultivos por ejemplo, sus funciones de producción se presentan a continuación:

Gráfica 3.8 Función de producción de Maíz, con riego por bombeo



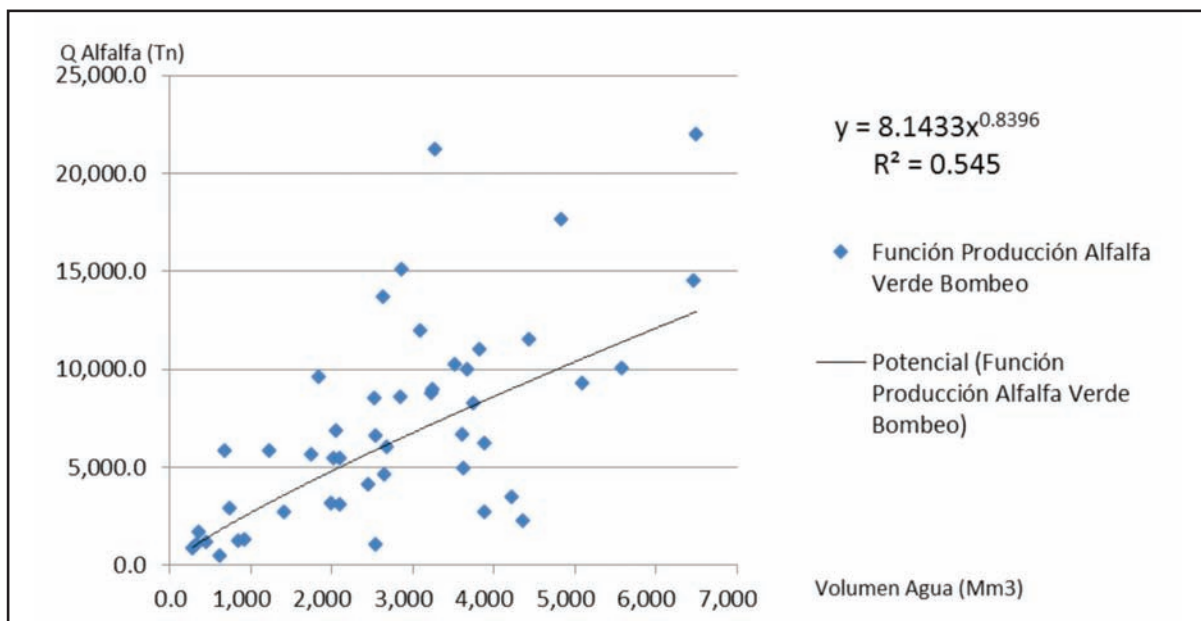
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.9 Función de producción de Sorgo, con riego por bombeo



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.10 Función de producción de Alfalfa Verde, con riego por bombeo



Fuente: Elaboración propia.

Como se señaló en el capítulo dos de este trabajo, 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 (para el caso agrícola se utilizó el Precio Medio Rural), como se muestra en el Cuadro 3.2.

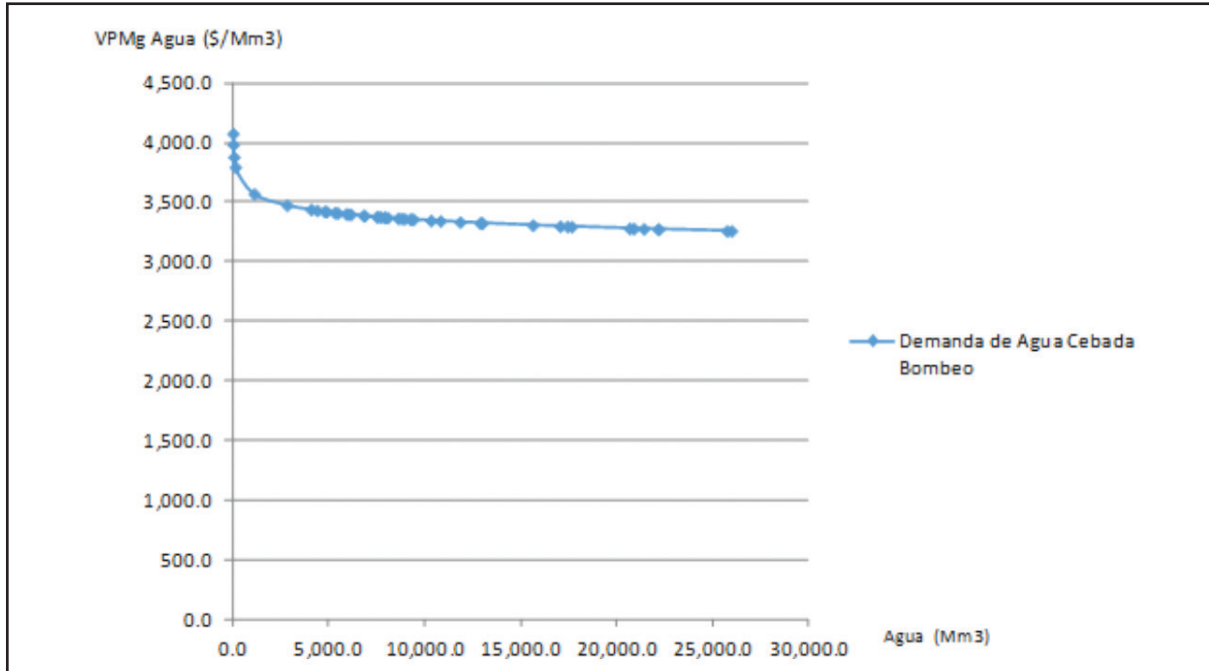
Cuadro 3.2. La Productividad Marginal del Agua (PMgA) y el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMgA)

Cultivo	Tipo de Riego	PMgA = dY/dA	VPMgA = P*PMgA
Cebada	Gravedad		
Cebada	Bombeo	$1.2124A^{-0.029}$	$3,609.9 * 1.2124A^{-0.029}$
Trigo	Gravedad		
Trigo	Bombeo	$8.097A^{-0.2988}$	$3,253.31 * 8.097A^{-0.2988}$
Maíz	Gravedad	$4.92A^{-0.07}$	$3,334.05 * 4.92A^{-0.07}$
Maíz	Bombeo	$3.4744A^{-0.0438}$	$3,299.41 * 3.4744A^{-0.0438}$
Sorgo	Gravedad	$4.0238A^{-0.0343}$	$2,770.64 * 4.0238A^{-0.0343}$
Sorgo	Bombeo	$2.7962A^{-0.0108}$	$2,863.4 * 2.7962A^{-0.0108}$
Brócoli	Bombeo	$12.6864A^{-0.2959}$	$4,329.6 * 12.6864A^{-0.2959}$
Espárrago	Gravedad		
Espárrago	Bombeo	$1.5211A^{-0.1093}$	$24,719.53 * 1.5211A^{-0.1093}$
Alfalfa Verde	Gravedad	$21.0852A^{-0.3326}$	$2,201.28 * 21.0852A^{-0.3326}$
Alfalfa Verde	Bombeo	$6.8371A^{-0.1604}$	$2,274.35 * 6.8371A^{-0.1604}$

Fuente: Elaboración propia.

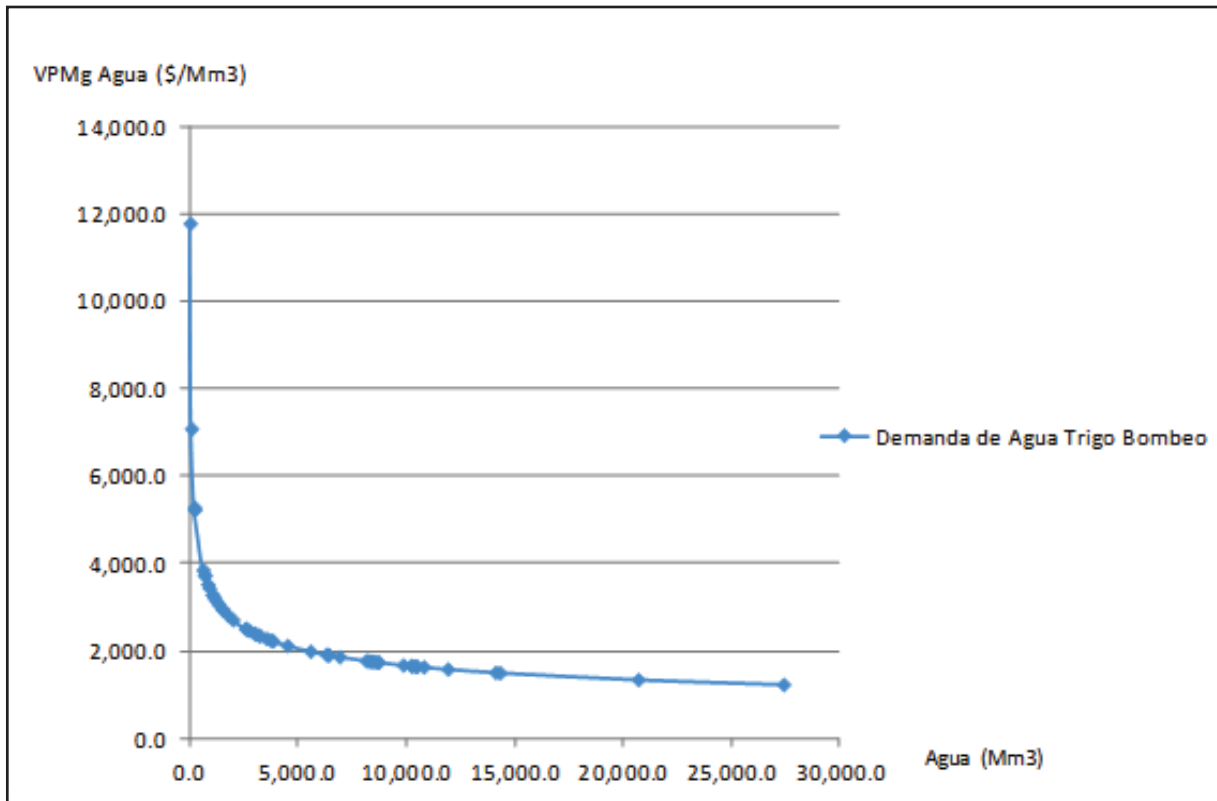
Y sus correspondientes gráficas se presentan a continuación:

Gráfica 3.11 Función de demanda de agua de Cebada, con riego por bombeo



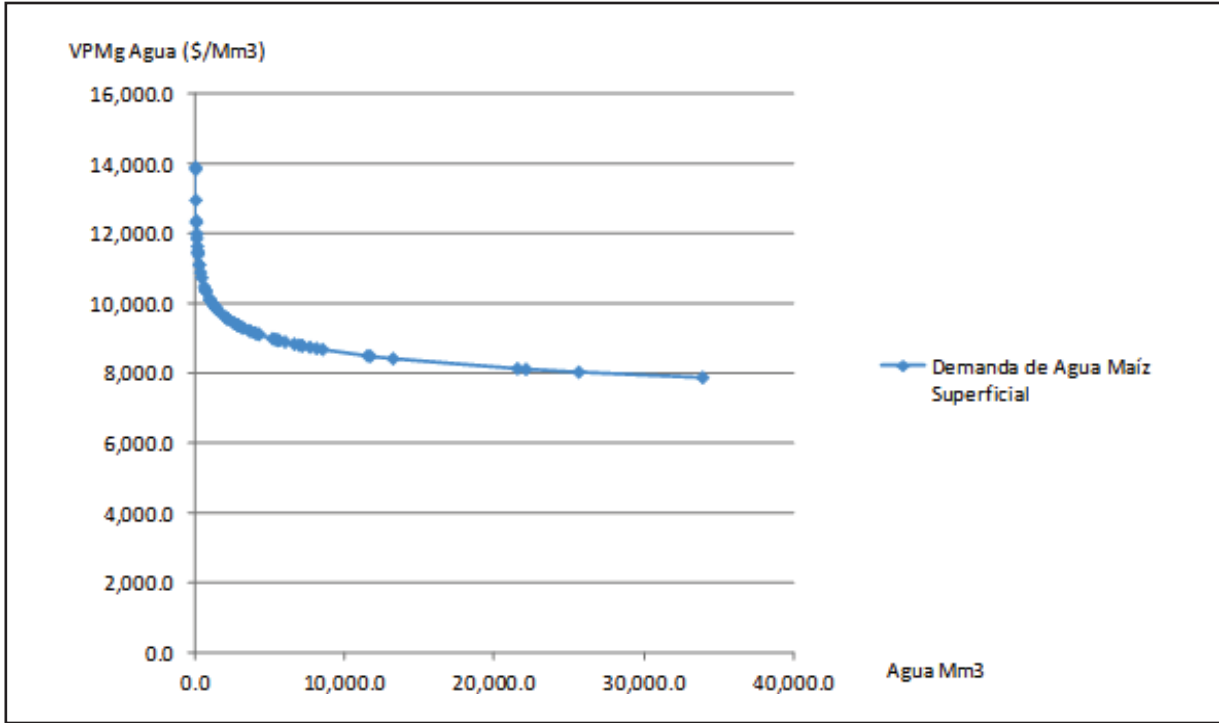
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.12 Función de demanda de agua de Trigo, con riego por bombeo



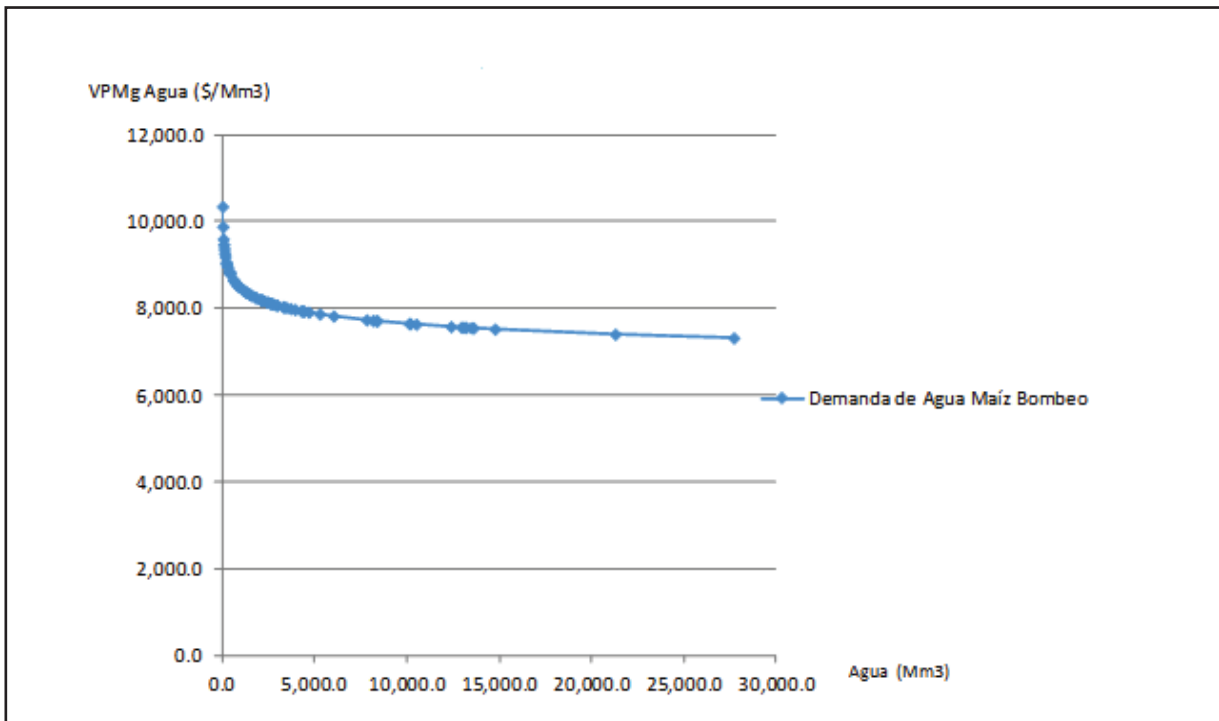
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.13 Función de demanda de agua de Maíz, con riego superficial



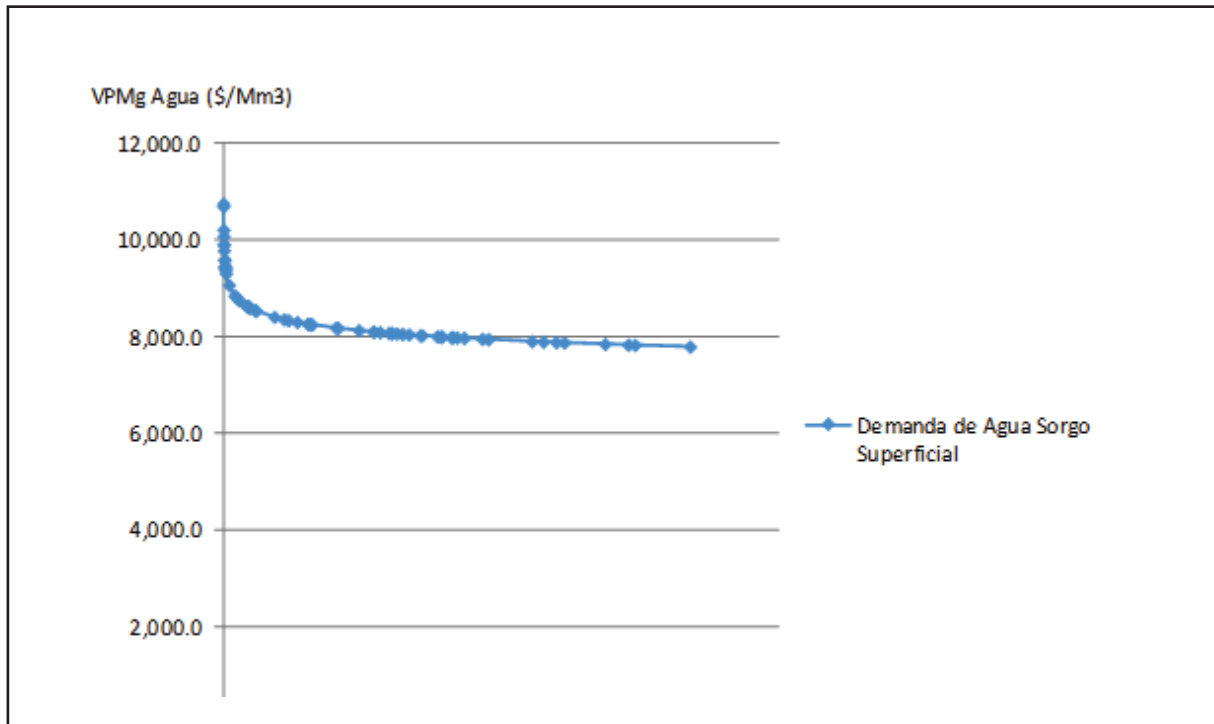
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.14 Función de demanda de agua de Maíz, con riego por bombeo



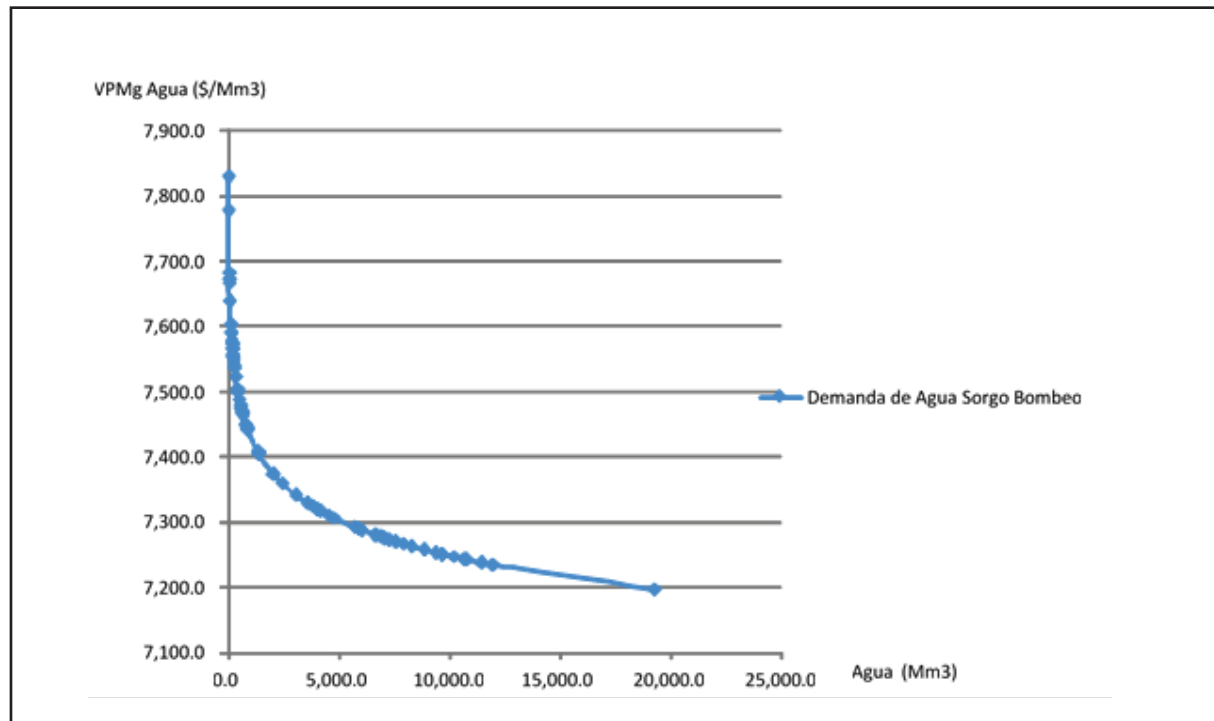
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.15 Función de demanda de agua de Sorgo, con riego superficial



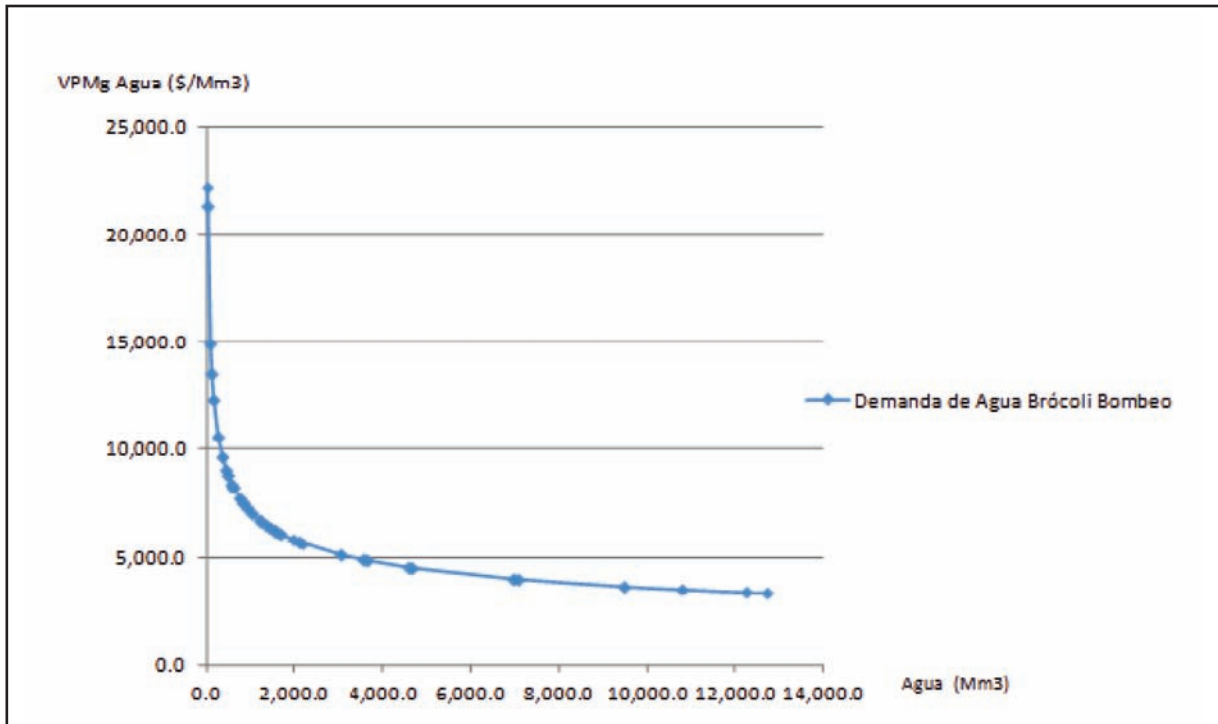
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.16 Función de demanda de agua de Sorgo, con riego por bombeo



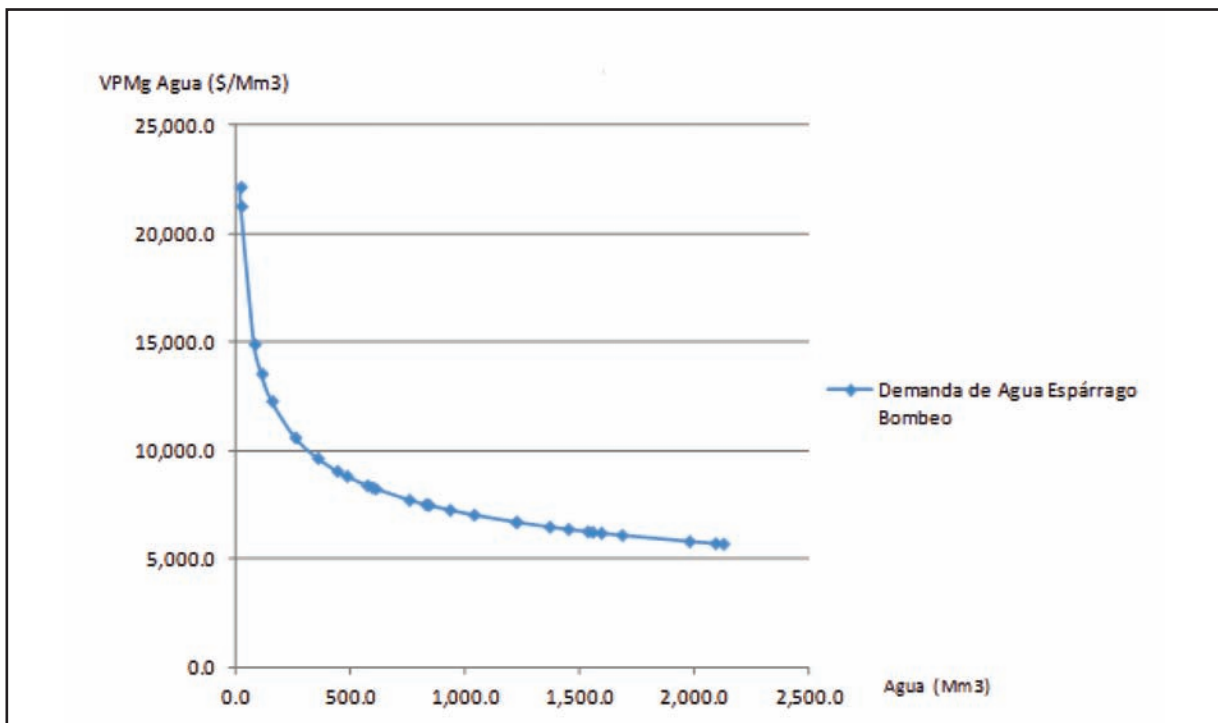
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.17 Función de demanda de agua de Brócoli, con riego por bombeo



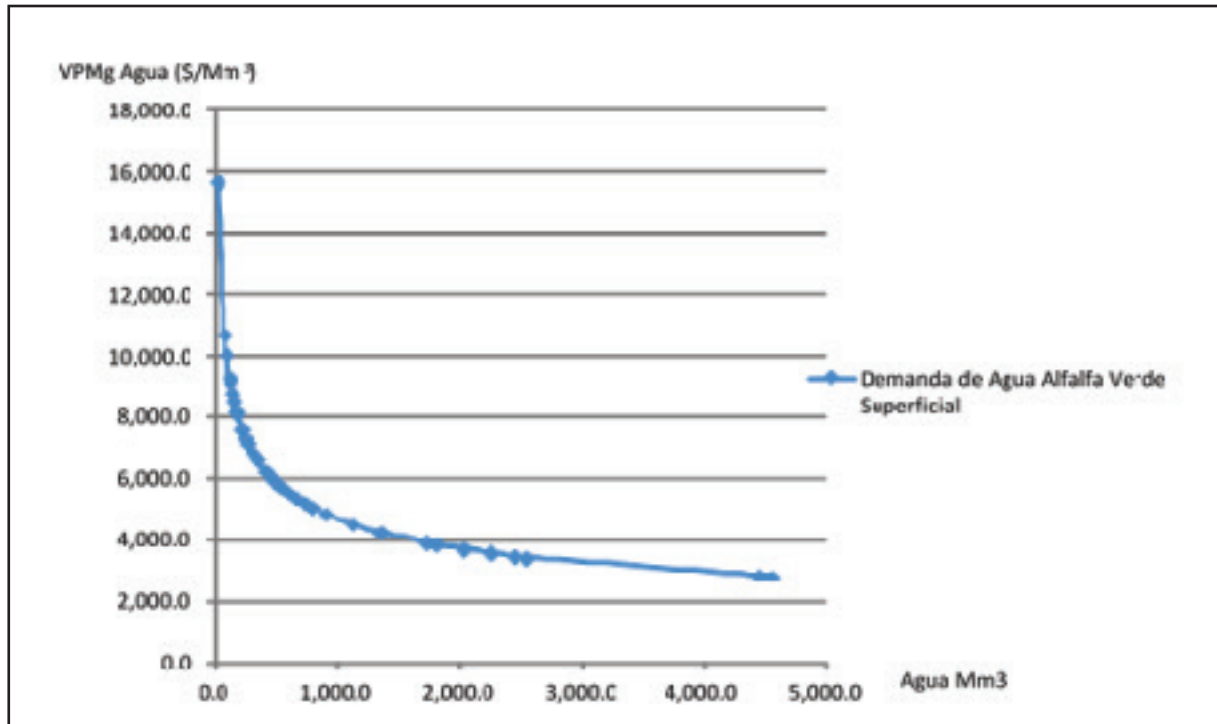
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.18 Función de demanda de agua de Espárrago, con riego por bombeo



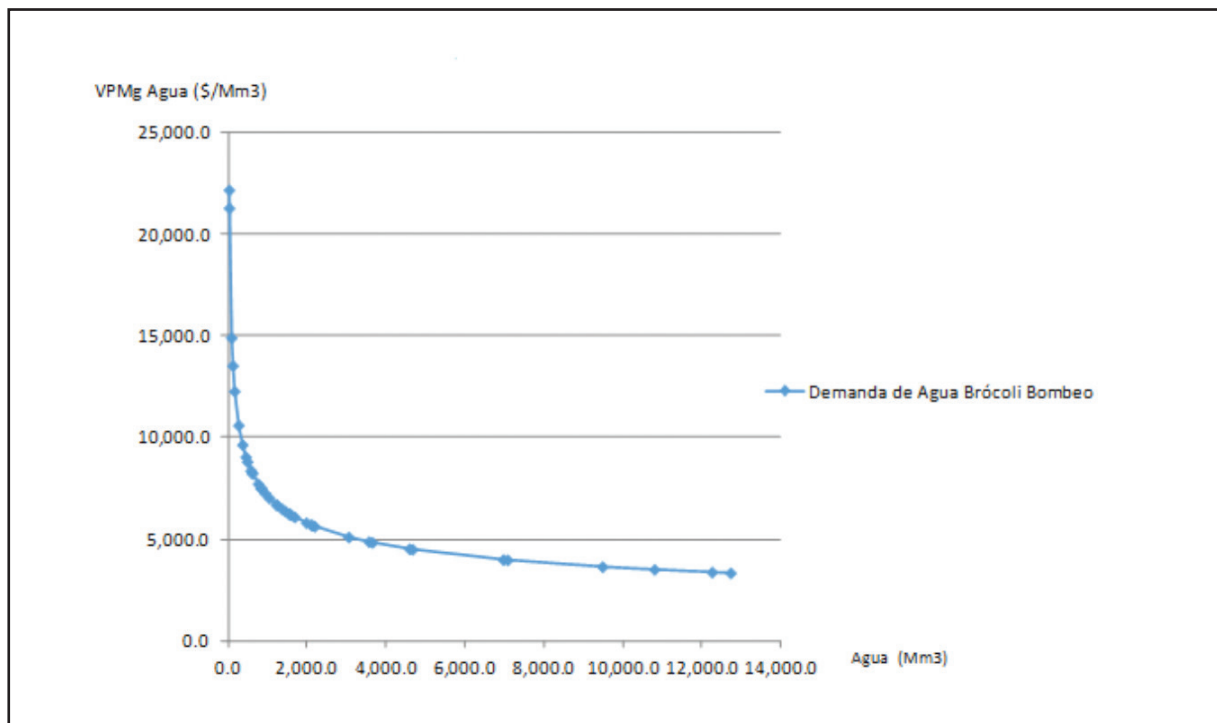
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.19 Función de demanda de agua de Alfalfa Verde, con riego superficial



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3.20 Función de producción de Alfalfa Verde, con riego por bombeo



Fuente: Elaboración propia.



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 un Módulo promedio cuyos agricultores producen un cultivo determinado utilizando un tipo de riego (gravedad o bombeo) sin importar a cuál módulo de producción agrícola pertenece, se muestran en el Cuadro 3.3.

Para realizar esta estimación se realizó una prueba de datos de panel en la cual se muestra que los agricultores que producen un 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. Véase el Anexo A3.

**Cuadro 3.3. Las Funciones de Demanda Derivada de Agua por cultivo y total de los módulos de riego**

Cultivo	Tipo de Riego	Demanda de Agua
		Agente (Módulo) Representativo
Cebada	Gravedad	
Cebada	Bombeo	$(4,376.64/PA)^{34.48303}$
Trigo	Gravedad	
Trigo	Bombeo	$(26,342.05/PA)^{3.3467}$
Maíz	Gravedad	$(16,403.53/PA)^{14.2857}$
Maíz	Bombeo	$(11,463.47/PA)^{22.8311}$
Sorgo	Gravedad	$(11,148.50/PA)^{29.1545}$
Sorgo	Bombeo	$(8,006.64/PA)^{92.5926}$
Brócoli	Bombeo	$(54,927.04/PA)^{3.3795}$
Espárrago	Gravedad	
Espárrago	Bombeo	$(37,600.88/PA)^{9.1491}$
Alfalfa Verde	Gravedad	$(46,414.43/PA)^{3.0066}$
Alfalfa Verde	Bombeo	$(15,549.96/PA)^{6.2344}$

Fuente: Elaboración propia.

En estas funciones se observa que el precio del agua, que primero podría considerarse para las simulaciones de escenarios del uso eficiente del recurso, es decir, la cuota de riego, sería tan considerablemente bajo (tendría un rango por cultivo que se ubicaría en general entre uno y 20 centavos por  $m^3$ ), 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, por lo que sería estéril utilizar las cuotas de bombeo para los cultivos regados con agua subterránea.

En todos estos casos, el Valor del Producto Marginal del Agua 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 Módulo de acuerdo al VPMgA a través de los mecanismos de mercado.

Si la cuota de riego fuera un precio determinado por un mercado de competencia perfecta, representaría una señal para los usuarios del agua, en el sentido de incrementar su utilización del factor agua y simultáneamente la disminución de al menos uno de los demás insumos, hasta que la mayor demanda del agua hiciera disminuir su producto marginal y alcanzar así la condición de equilibrio:  $VPM_{ga} = P_a$ .

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 las cantidades demandadas a un precio de reventa de agua al interior del distrito, un precio negociado por ejemplo entre las desarrolladoras de vivienda y los agricultores de la zona quizás 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.

Puesto que los títulos de concesión no se otorgan por agricultor ni tampoco por tipo de cultivo sino que se dan a cada uno de los módulos de producción, entonces, de acuerdo a la metodología que se presenta en la Figura 1.1, lo siguiente sería estimar las funciones de demanda derivadas de agua para cada Módulo de producción y comparar los volúmenes demandados a precios predeterminados en distintos escenarios contra los volúmenes asignados.

Con la finalidad de ejemplificar la metodología propuesta en este trabajo, se presenta a continuación el escenario alternativo con precios que permitan calcular las cantidades demandadas de agua y poder hacerlas de magnitudes comparables con los volúmenes concesionados.

Se consideraron los siguientes precios por  $m^3$ , para los cultivos regados por gravedad: \$8.00 para el maíz, \$8.00 para el sorgo, \$3.50 para la alfalfa verde. Mientras que para los cultivos regados por bombeo se proponen los siguientes precios: \$3.50 para la cebada, \$2.00 para el trigo, \$7.50 para el maíz, \$7.25 para el sorgo, \$5.00 para el brócoli, \$12.50 para el espárrago y \$4.00 para la alfalfa verde.

**Cuadro 3.4. La Demanda Derivada de Agua para el módulo Acámbaro. Escenario alternativo**

Cultivo	Tipo de Riego	Se produce en el Módulo	Cantidad demandada de agua (Mm <sup>3</sup> )
Cebada	Bombeo	Si	2,225
Trigo	Gravedad		
Trigo	Bombeo	Si	5,585
Maíz	Gravedad	Si	28,507
Maíz	Bombeo	Si	16,097
Sorgo	Gravedad	Si	15,920
Sorgo	Bombeo	Si	9,815
Brócoli	Bombeo	Si	3,392
Espárrago	Bombeo	No	
Alfalfa Verde	Gravedad	Si	2,372
Alfalfa Verde	Bombeo	Si	4,745
Volumen Demandado Total			88,658

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 3.5. La demanda Derivada de Agua para el módulo Salvatierra. Escenario alternativo**

Cultivo	Tipo de Riego	Se produce en el Módulo	Cantidad demandada de agua (Mm <sup>3</sup> )
Cebada	Gravedad		
Cebada	Bombeo	Si	2,225
Trigo	Gravedad		
Trigo	Bombeo	Si	5,585
Maíz	Gravedad	Si	28,507
Maíz	Bombeo	Si	16,097
Sorgo	Gravedad	Si	15,920
Sorgo	Bombeo	Si	9,815
Brócoli	Bombeo	Si	3,392
Espárrago	Gravedad		
Espárrago	Bombeo	No	
Alfalfa Verde	Gravedad	Si	2,372
Alfalfa Verde	Bombeo	Si	4,745
Volumen Demandado Total			88,658

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 3.6. La Demanda Derivada de Agua para el módulo Jaral. Escenario alternativo**

Cultivo	Tipo de Riego	Se produce en el Módulo	Cantidad demandada de agua (Mm <sup>3</sup> )
Cebada	Gravedad		
Cebada	Bombeo	Si	2,225
Trigo	Gravedad		
Trigo	Bombeo	Si	5,585
Maíz	Gravedad	Si	28,507
Maíz	Bombeo	Si	16,097
Sorgo	Gravedad	Si	15,920
Sorgo	Bombeo	Si	9,815
Brócoli	Bombeo	Si	3,392
Espárrago	Gravedad		
Espárrago	Bombeo	No	
Alfalfa Verde	Gravedad	Si	2,372
Alfalfa Verde	Bombeo	Si	4,745
Volumen Demandado Total			88,658

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 3.7. La Demanda Derivada de Agua para el módulo Valle de Santiago. Escenario alternativo**

Cultivo	Tipo de Riego	Se produce en el Módulo	Cantidad demandada de agua (Mm <sup>3</sup> )
Cebada	Gravedad		
Cebada	Bombeo	Si	2,225
Trigo	Gravedad		
Trigo	Bombeo	Si	5,585
Maíz	Gravedad	Si	28,507
Maíz	Bombeo	Si	16,097
Sorgo	Gravedad	Si	15,920
Sorgo	Bombeo	Si	9,815
Brócoli	Bombeo	Si	3,392
Espárrago	Gravedad		
Espárrago	Bombeo	Si	23,763
Alfalfa Verde	Gravedad	Si	2,372
Alfalfa Verde	Bombeo	Si	4,745
Volumen Demandado Total			112,422

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 3.8. La Demanda Derivada de Agua para el módulo Cortazár. Escenario alternativo**

Cultivo	Tipo de Riego	Se produce en el Módulo	Cantidad demandada de agua (Mm <sup>3</sup> )
Cebada	Gravedad		
Cebada	Bombeo	Si	2,225
Trigo	Gravedad		
Trigo	Bombeo	Si	5,585
Maíz	Gravedad	Si	28,507
Maíz	Bombeo	Si	16,097
Sorgo	Gravedad	Si	15,920
Sorgo	Bombeo	Si	9,815
Brócoli	Bombeo	Si	3,392
Espárrago	Gravedad		
Espárrago	Bombeo	Si	23,763
Alfalfa Verde	Gravedad	Si	2,372
Alfalfa Verde	Bombeo	Si	4,745
Volumen Demandado Total			112,422

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 3.9. La Demanda Derivada de Agua para el módulo Salamanca. Escenario alternativo**

Cultivo	Tipo de Riego	Se produce en el Módulo	Cantidad demandada de agua (Mm <sup>3</sup> )
Cebada	Gravedad		
Cebada	Bombeo	Si	2,225
Trigo	Gravedad		
Trigo	Bombeo	Si	5,585
Maíz	Gravedad	Si	28,507
Maíz	Bombeo	Si	16,097
Sorgo	Gravedad	Si	15,920
Sorgo	Bombeo	Si	9,815
Brócoli	Bombeo	Si	3,392
Espárrago	Gravedad		
Espárrago	Bombeo	Si	23,763
Alfalfa Verde	Gravedad	Si	2,372
Alfalfa Verde	Bombeo	Si	4,745
Volumen Demandado Total			112,422

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.10. La Demanda Derivada de Agua para el módulo Irapuato. Escenario alternativo

Cultivo	Tipo de Riego	Se produce en el Módulo	Cantidad demandada de agua (Mm <sup>3</sup> )
Cebada	Gravedad		
Cebada	Bombeo	Si	2,225
Trigo	Gravedad		
Trigo	Bombeo	Si	5,585
Maíz	Gravedad	Si	28,507
Maíz	Bombeo	Si	16,097
Sorgo	Gravedad	Si	15,920
Sorgo	Bombeo	Si	9,815
Brócoli	Bombeo	Si	3,392
Espárrago	Gravedad		
Espárrago	Bombeo	Si	23,763
Alfalfa Verde	Gravedad	No	
Alfalfa Verde	Bombeo	Si	4,745
Volumen Demandado Total			110,050

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.11. La Demanda Derivada de Agua para el módulo Abasolo. Escenario alternativo

Cultivo	Tipo de Riego	Se produce en el Módulo	Cantidad demandada de agua (Mm <sup>3</sup> )
Cebada	Gravedad		
Cebada	Bombeo	Si	2,225
Trigo	Gravedad		
Trigo	Bombeo	Si	5,585
Maíz	Gravedad	Si	28,507
Maíz	Bombeo	Si	16,097
Sorgo	Gravedad	Si	15,920
Sorgo	Bombeo	Si	9,815
Brócoli	Bombeo	Si	3,392
Espárrago	Gravedad		
Espárrago	Bombeo	Si	23,763
Alfalfa Verde	Gravedad	Si	2,372
Alfalfa Verde	Bombeo	Si	4,745
Volumen Demandado Total			112,422

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente cuadro se realiza el comparativo, con base en la información de las demandas totales por módulo, 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.

**Cuadro 3.12. Exceso de agua que demanda cada uno de los módulos.**

Módulo	Volumen demandado (Mm <sup>3</sup> )	Volumen Concesionado Superficial (Mm <sup>3</sup> )	Volumen Concesionado Subterráneo (Mm <sup>3</sup> )	Volumen Concesionado Total (Mm <sup>3</sup> )	Exceso Demanda (Mm <sup>3</sup> )
Acámbaro	88,658	75,950	17.1	75,967.10	12,691.40
Salvatierra	88,658	130,470	33.2	130,503.20	-41,844.70
Jaral	88,658	48,880	54.5	48,934.50	39,724
Valle de Santiago	112,422	100,320	57.8	100,377.80	12,043.90
Cortazar	112,422	137,270	99.2	137,369.20	-24,947.50
Salamanca	112,422	111,050	31.6	111,081.60	1,340.10
Irapuato	110,050	46,450	52.9	46,509.90	63,546.80
Abasolo	112,422	109,050	40.8	109,090.80	3,330.90

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al ejercicio propuesto, puede observarse en la tabla anterior que existe un exceso de demanda positivo (demanda mayor que la oferta) para los Módulos de Acámbaro, Jaral, Valle de Santiago, Salamanca, Irapuato y Abasolo, mientras que existe un exceso de demanda negativo (demanda menor que la oferta) para los Módulos de Salvatierra y Cortazar.

El total de demanda excedente en la Cuenca de Salamanca es 65,884.9 Mm<sup>3</sup>, por lo que, aún con precios positivos para el agua, el problema de presiones de la demanda de agua para la CONAGUA prevalece, o bien decide 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 o diseña una estrategia 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.



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

La pregunta es relevante en sí misma, el agua utilizada por la agricultura se usa eficientemente o no, en este trabajo no se pretendió responder la pregunta en sí misma sino explorar una metodología que permitiera comenzar a plantear este problema tan relevante, desde el punto de vista económico.

Las respuestas que se ofrecen en este trabajo no pretenden ser definitivas sobre todo por las misma problemática del estudio, la carencia de información, la falta de datos suficientes y de calidad para realizar las estimaciones estadísticas, sugieren que los datos obtenidos aquí deben tomarse con cuidado, sin embargo también ha quedado claro que una vez que se cuente con información y este trabajo parece sugerir la necesidad de empezar a construir dicha información, las estimaciones serán precisas y si se cuenta con una buena base de datos se podría desagregar el análisis hasta niveles microeconómicos de la empresa o el agricultor individual.

No obstante, se sugiere que se comparen los resultados obtenidos con otras metodologías, que se abunde en la investigación y que se planteen nuevas preguntas que apunten al uso eficiente del agua, ello en beneficio no del uso eficiente en sí mismo sino de evitar la extracción innecesaria y la explotación de los cuerpos de agua superficial y de los acuíferos a favor no sólo de las generaciones actuales sino sobre todo de las futuras, que no tienen por qué sufragar el costo de las ineficiencias y de las tomas de decisiones equivocadas en el pasado y en el presente.



- Amir, I. y Fisher, F. M. (1999), "Analyzing agricultural demand for water with an optimizing model", *Agricultural Systems*, Vol. 61, Número 1, julio, pp. 45-56.
- Baldovín, M. y Berbel, J. (2002), "Una revisión de metodologías de estimación de la demanda del agua de riego", *Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas*, Sevilla, España, La directiva marco del agua, realidades y futuros: (comunicaciones), ISBN 84-699-9558-8, págs. 267-273.
- Bontemps, C. y Couture, S. (2002), "Irrigation water demand for the decision maker", *Environment and Development Economics*, Cambridge University Press, pp. 643-657.
- CONAGUA (2015), "Producción agrícola por tenencia de los módulos que integran el Distrito de Riego 011". Dirección Local de Guanajuato. Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. Sociedad de Responsabilidad Limitada. Celaya, Guanajuato.
- CONAGUA (2015), "Resultados del plan de riegos de los módulos que integran el Distrito de Riego 011". Dirección Local de Guanajuato. Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. Sociedad de Responsabilidad Limitada. Celaya, Guanajuato, 2015.
- CONAGUA (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.
- DOF (2010). Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica, *Diario Oficial de la Federación (DOF)* del 19 de abril del 2010.
- DOF (2013). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, *Diario Oficial de la Federación (DOF)* diciembre 2013.
- EAG (2012), Diagnóstico del sector agua potable y saneamiento del estado de Guanajuato [en línea]. Comisión Estatal del Agua, Guanajuato.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.









































Anexos

A1 Bases de Datos, Agricultura








































## ANEXO A1

Bases de Datos, Agricultura

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
 BasedeDatos_Agricultura	07/12/2015 05:20 ...	Hoja de cálculo d...	112 KB
 Bases de Panel Funciones Producción Agrí	08/12/2015 10:32 ...	Hoja de cálculo d...	60 KB
 BD Funciones Produccion Industria	07/12/2015 05:54 ...	Hoja de cálculo d...	49 KB
 Concentrado1	16/10/2015 01:06 ...	Hoja de cálculo d...	141 KB
 Copia de Abasolo VOLUMEN (1)	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	33 KB
 Copia de Abasolo VOLUMEN	13/10/2015 11:19 ...	Hoja de cálculo d...	22 KB
 Copia de Abasolo VOLUMEN_trabajo	11/10/2015 11:33 a...	Hoja de cálculo d...	22 KB
 Copia de Cortazar VOLUMEN (1)	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	31 KB
 Copia de Cortazar VOLUMEN	13/10/2015 11:19 ...	Hoja de cálculo d...	23 KB
 Copia de Irapuato VOLUMEN (1) (1)	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	32 KB
 Copia de Irapuato VOLUMEN (1)	14/10/2015 10:14 a...	Hoja de cálculo d...	32 KB
 Copia de Salvatierra VOLUMEN (1) (1)	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	29 KB
 Copia de Salvatierra VOLUMEN (1)	14/10/2015 10:13 a...	Hoja de cálculo d...	29 KB
 Copia de Valle de Santiago VOLUMEN (1)	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	23 KB
 Copia de Valle de Santiago VOLUMEN	13/10/2015 11:53 ...	Hoja de cálculo d...	16 KB
 Copia Jaral VOLUMEN (1)	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	22 KB
 Copia Jaral VOLUMEN	13/10/2015 11:21 ...	Hoja de cálculo d...	21 KB
 Copia Salamanca VOLUMEN (1)	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	24 KB
 Copia Salamanca VOLUMEN	13/10/2015 11:21 ...	Hoja de cálculo d...	24 KB
 ejemplo	16/10/2015 06:53 ...	Hoja de cálculo d...	21 KB
 Industrias consumidoras de agua	30/11/2015 08:54 ...	Documento de Mi...	20 KB
 PA_ABA_08_09_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:08 ...	Hoja de cálculo d...	141 KB
 PA_ABA_09_10_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:08 ...	Hoja de cálculo d...	131 KB
 PA_ABA_10_11_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:09 ...	Hoja de cálculo d...	145 KB
 PA_ABA_11_12 Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:09 ...	Hoja de cálculo d...	128 KB
 PA_ABA_12_13 Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:09 ...	Hoja de cálculo d...	141 KB
 PA_ABA_13_14 Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:09 ...	Hoja de cálculo d...	137 KB
 PA_ACA_08_09_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	119 KB
 PA_ACA_09_10 Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	102 KB
 PA_ACA_10_11 Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	121 KB
 PA_ACA_11_12 Modalidad Gravedad (1)	09/12/2015 01:03 ...	Hoja de cálculo d...	127 KB
 PA_ACA_11_12 Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	127 KB
 PA_ACA_12_13 Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:03 ...	Hoja de cálculo d...	114 KB
 PA_ACA_13_14 Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:03 ...	Hoja de cálculo d...	121 KB
 PA_COR_08_09_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	142 KB
 PA_COR_09_10_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	138 KB
 PA_COR_10_11_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	149 KB
 PA_COR_11_12_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	140 KB
 PA_COR_12_13_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	120 KB
 PA_COR_13_14_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	135 KB

## ANEXO A2

Modelo Econométrico  
Agricultura

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
 PA_ABA_12_15_Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:09 ...	Hoja de cálculo d...	141 KB
 PA_ABA_13_14_Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:09 ...	Hoja de cálculo d...	137 KB
 PA_ACA_08_09_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	119 KB
 PA_ACA_09_10_Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	102 KB
 PA_ACA_10_11_Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	121 KB
 PA_ACA_11_12_Modalidad Gravedad (1)	09/12/2015 01:03 ...	Hoja de cálculo d...	127 KB
 PA_ACA_11_12_Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:02 ...	Hoja de cálculo d...	127 KB
 PA_ACA_12_13_Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:03 ...	Hoja de cálculo d...	114 KB
 PA_ACA_13_14_Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:03 ...	Hoja de cálculo d...	121 KB
 PA_COR_08_09_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	142 KB
 PA_COR_09_10_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	138 KB
 PA_COR_10_11_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	149 KB
 PA_COR_11_12_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	140 KB
 PA_COR_12_13_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	120 KB
 PA_COR_13_14_Mod. Gravedad	09/12/2015 01:10 ...	Hoja de cálculo d...	135 KB
 PA_IR_08_09_Modalidad Gravedad	09/12/2015 01:11 ...	Hoja de cálculo d...	117 KB
 PA_IRA_09_10_Modalidad	09/12/2015 01:11 ...	Hoja de cálculo d...	105 KB
 PA_IRA_10_11_Modalidad	09/12/2015 01:11 ...	Hoja de cálculo d...	96 KB
 PA_IRA_11_12_Modalidad	09/12/2015 01:11 ...	Hoja de cálculo d...	90 KB
 PA_IRA_12_13_Modalidad	09/12/2015 01:11 ...	Hoja de cálculo d...	95 KB
 PA_IRA_13_14_Modalidad	09/12/2015 01:12 ...	Hoja de cálculo d...	118 KB
 PA_JAR_09_10_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	108 KB
 PA_JAR_10_11_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	116 KB
 PA_JAR_11_12_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	113 KB
 PA_JAR_12_13_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	105 KB
 PA_JAR_13_14_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	104 KB
 PA_JAR_2008_2009_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	106 KB
 PA_SAL_08_09_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	201 KB
 PA_SAL_10_11_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	155 KB
 PA_SAL_13_14_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	121 KB
 PA_SALV_09_10_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	135 KB
 PA_SALV_11_12_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	120 KB
 PA_SALV_12_13_Modalidad	09/12/2015 01:21 ...	Hoja de cálculo d...	111 KB
 Panel Funciones Producción Agrícola	08/12/2015 11:15 ...	Hoja de cálculo d...	60 KB
 Precio el Agua de 100	18/10/2015 12:13 ...	Hoja de cálculo d...	27 KB
 Precio el Agua	17/10/2015 02:30 ...	Hoja de cálculo d...	31 KB
 Princip. Cultivos (Otoñ... (1)	09/12/2015 01:01 ...	Hoja de cálculo d...	163 KB

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ECONOMÉTRICO.

Las estimaciones de las funciones de producción de productos agrícolas se realizaron considerando dos diferentes métodos de producción. Por una parte se encuentra la producción agrícola basada en el riego superficial. Para el maíz se contó con datos de 67 observaciones.

reg PMaS AMaS

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	67
----- + -----				F( 1, 65)	=	794.17
Model	1.5652e+10	1	1.5652e+10	Prob > F	=	0.0000
Residual	1.2811e+09	65	19708515.4	R-squared	=	0.9243
----- + -----				Adj R-squared	=	0.9232
Total	1.6933e+10	66	256559791	Root MSE	=	4439.4

PMaS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
----- + -----					
AMaS	2.431228	.0862719	28.18	0.000	2.258931 2.603525
_cons	1960.443	662.9911	2.96	0.004	636.3581 3284.527

Y se procedió al análisis de los supuestos del modelo con el fin de asegurar que se cumplen las propiedades de dicho modelo. En datos de corte transversal es importante verificar que no exista heterogeneidad, para esto se realizó la prueba Breusch\_ Pagan y en algunos casos se verifico con la prueba de White.

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of PMaS

chi2(1) = 35.66

Prob > chi2 = 0.0000

Se realizó la estimación robusta, para corregir el problema de heteroscedasticidad, sin afectar los coeficientes reportados.

F( 1, 65) = 212.97

Prob > F = 0.0000

R-squared = 0.9243

Root MSE = 4439.4



			Robust			[95% Conf. Interval]	
PMaS	Coef	Std. Err.	t	P> t			
AMaS	2.431228	.1665955	4.59	0.000	2.098514	2.763942	
_cons	1960.443	640.0138	3.06	0.003	682.2469	3238.639	

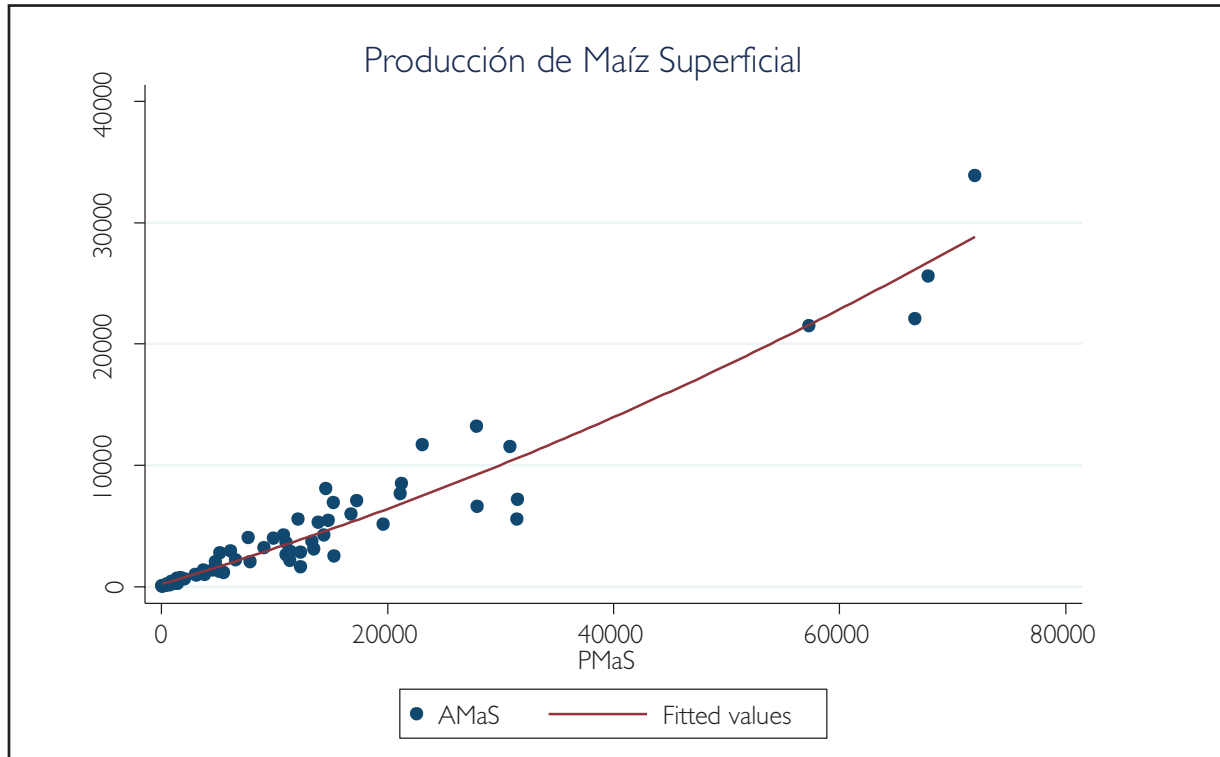
Por último para realizar la estimación de la demanda de agua, se procedió a construir un modelo no lineal, del tipo log-log. Dicho modelo estima la demanda de agua a partir de una función de producción no lineal. En este sentido el coeficientes estimado 0.9346, corresponden con la elasticidad de una función no lineal. La gráfica del Maíz, muestra una tendencia creciente. La función ajustada se basa en datos de producción y el agua en metros cúbicos.

Linear regression reg IPMaS IAMaS

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	67
				F( 1, 65)	=	1939.53
Model	191.282016	1	191.282016	Prob > F	=	0.0000
Residual	6.41049882	65	.098623059	R-squared	=	0.9676
				Adj R-squared	=	0.9671
Total	197.692514	66	2.99534113	Root MSE	=	31404

PMaS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
AMaS	.9345684	.0212209	28.18	0.000	.8921874	.9769494
_cons	1.660575	.16040491	2.96	0.004	1.340224	1.980926

Number of obs = 67



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la producción de maíz por bombeo, se contó con 76 observaciones. El modelo ajustado tanto por la constante como por el coeficiente estimado, resultas en valores significativos. El  $R^2$  es de 0.72, lo cual representa una bondad de ajuste aceptable. Lo mismo se constata con la prueba F de bondad de ajuste. En el caso se procedió a realizar la prueba de Breusch-Pagan. Y debido a que el valor estimado es de 59.66 se comprueba que tiene un fuerte componente de variación entre unidades productoras. Lo cual indica la presencia de heteroscedasticidad. Con el fin de no afectar los coeficientes estimados se procedió a realizar la estimación robusta, que corrige la estimación de los valores de T estimado.

.reg PMaB AMaB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	67
				F( 1, 65)	=	1939.53
Model	7.0546e+09	1	7.0546e+09	Prob > F	=	0.0000
Residual	2.6948e+09	74	36416219.5	R-squared	=	0.7236
				Adj R-squared	=	0.71991
Total	9.7494e+09	75	2.99534113	Root MSE	=	6034.6

PMaB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AMaB	1.832146	.1316353	13.92	0.000	1.569857 2.094435
_cons	2606.863	875.6043	2.98	0.004	862.1835 4351.543

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho : Constant variance

Variables: fitted values of PMaB

chi2(1) = 59.66

Prob > chi2 = 0.0000

Linear regression

Number of obs = 76  
 F( 1, 74) = 69.08  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.7236  
 Root MSE = 6034.6

PMaB	Coef	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AMaB	1.832146	.2204293	8.31	0.000	1.392931 2.271361
_cons	2606.863	596.0051	4.37	0.000	1419.297 3794.429

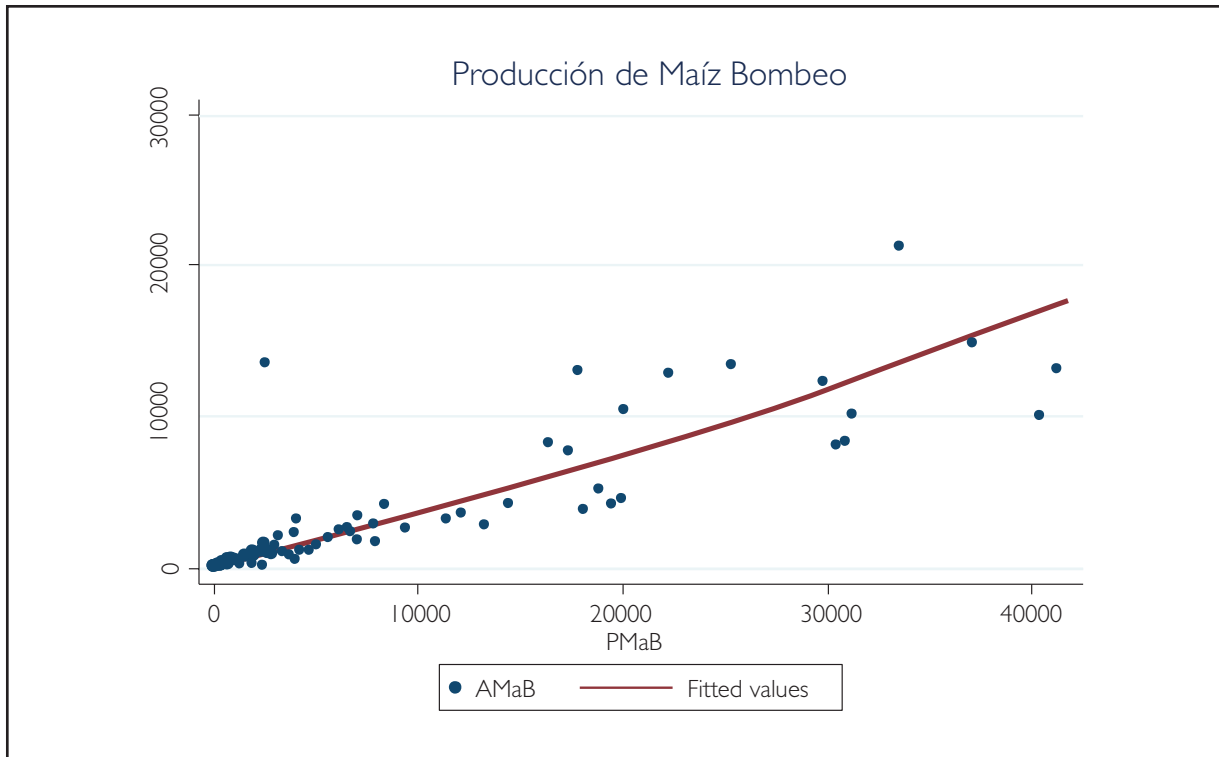
La demanda de agua de la producción de maíz por bombeo se realizó utilizando un modelo no lineal, para su estimación se procedio a linealizar el modelo con la transformación logarítmica. El coeficiente estimado es 0.9562.

.reg IPMaB IAMaB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	76
-----	+	-----		F( 1, 74)	=	648.82
Model	176.389339	1	176.389339	Prob > F	=	0.0000
Residual	20.1177483	74	271861464	R-squared	=	0.8976
-----	+	-----		Adj R-squared	=	0.71991
Total	196.507088	75	2.6200945	Root MSE	=	5214

PMaB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
-----	+	-----			
AMaB	.9561873	.0375388	25.47	0.000	.8813896 1.030985
_cons	1.290279	2841207	4.54	0.004	.7241561 1.856402



Fuente: Elaboración propia.

En este rubro se realizaron estimaciones de los siguientes productos, Cebada. En el caso de la Cebada se hizo la regresión por método de mínimos cuadrados para un total de 29 observaciones. Mientras que en el caso de la producción de la Cebada por Bombeo, la función de producción tiene 46 observaciones.

.reg PCeS ACeS

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	29
				F( 1, 65)	=	269.44
Model	3.7656e+09	1	3.7656e+09	Prob > F	=	0.0000
Residual	377335957	27	13975405.8	R-squared	=	0.9089
				Adj R-squared	=	0.9055
Total	4.1429e+09	28	147961592	Root MSE	=	3738.4

PMaS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AMaS	1.136344	.069227	16.41	0.000	.9943015 1.278386
_cons	-1039.531	1259.934	-0.83	0.417	-3624.701 1545.639

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of PCeS

chi2(1) = 16.44  
 Prob > chi2 = 0.0001

White's test for Ho: homoskedasticity

against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(2) = 13.95  
 Prob > chi2 = 0.0009

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	SS	df	p
Heteroskedasticity	13.95	2	0.0009
Skewness	3.85	1	0.0499
Kurtosis	3.76	1	0.0525
Total	21.56	4	0.0002

## ESTIMACION CORREGIDA POR HETEROSCEDASTICIDAD

Linear regression

Number of obs = 29  
 F( 1, 27) = 134.26  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.9089  
 Root MSE = 3738.4

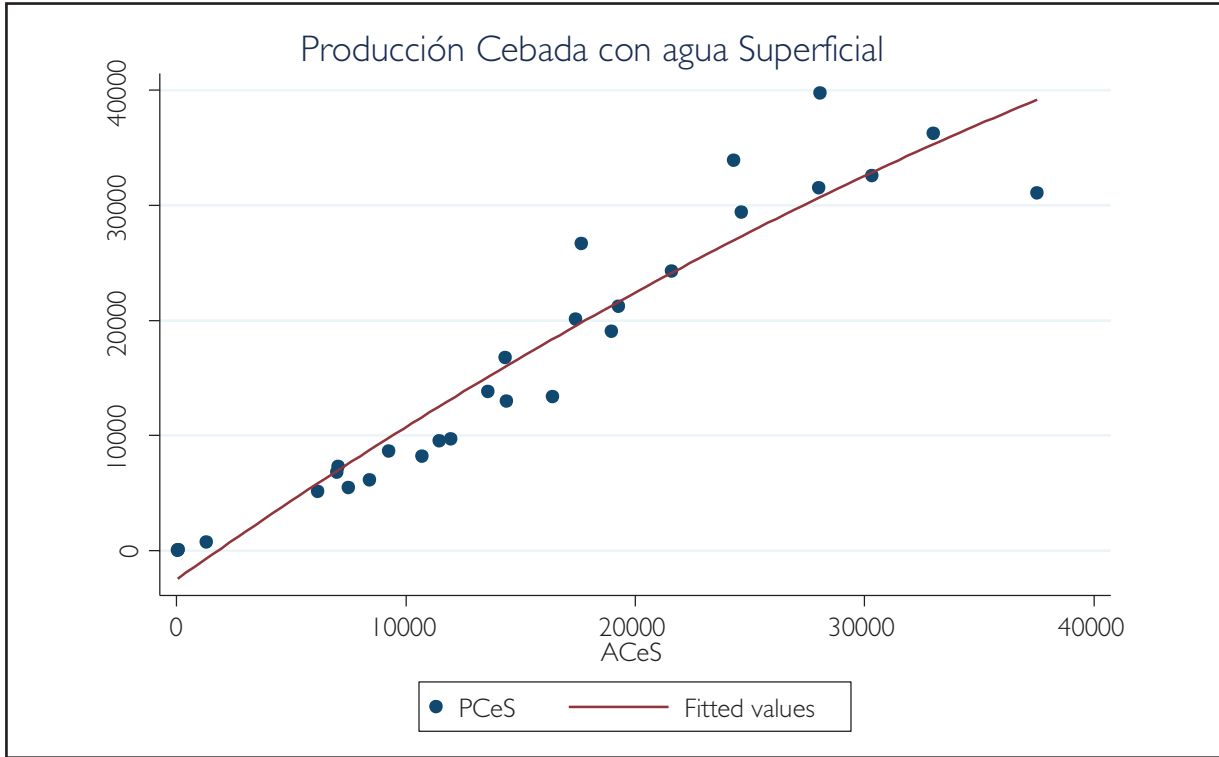
PCeS	Coef	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ACeS	1.136344	.0980689	11.59	0.000	.9351228	1.337564
_cons	-1039.531	1070.644	-0.97	0.340	-3236.312	1157.25

reg IPCeS IACeS

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	29
Model	100.880646	1	100.880646	F( 1, 27)	=	2174.65
Residual	1.25251455	27	.046389428	Prob > F	=	0.0000
Total	102.13316	28	3.64761287	R-squared	=	0.9877
				Adj R-squared	=	0.9055
				Root MSE	=	.21538

IPCeS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
IACeS	1.036811	.0222334	46.63	0.000	.9911922	1.08243
_cons	-.3553741	.203655	-1.74	0.092	-.7732396	.0624914



En este rubro se realizaron estimaciones de los siguientes productos, Cebaba con agua por Bombeo.

```
.reg PCeB ACeB
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	46
----- +	-----	-----	-----	F( 1, 44)	=	497.22
Model	3.0223e+09	1	3.0223e+09	Prob > F	=	0.0000
Residual	267452832	44	6078473.46	R-squared	=	0.9187
----- +	-----	-----	-----	Adj R-squared	=	0.9169
Total	3.2898e+09	45	73106605.6	Root MSE	=	2465.5

PCeB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
----- +	-----	-----	-----	-----	-----
ACeB	1.178621	.0528566	22.30	0.000	1.072096 1.285147
_cons	-1446.479	645.2569	-2.24	0.030	-2746.909 -146.0496



## Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of PCeB

chi2(1) = 4.67  
 Prob > chi2 = 0.0306

Linear regression

Number of obs = 46  
 F( 1, 44) = 494.77  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.9187  
 Root MSE = 2465.5

PCeB	Coef	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ACeB	1.178621	.0529873	22.24	0.000	1.071832	1.28541
_cons	-1446.479	492.9917	-2.93	0.005	-2440.039	-452.9198

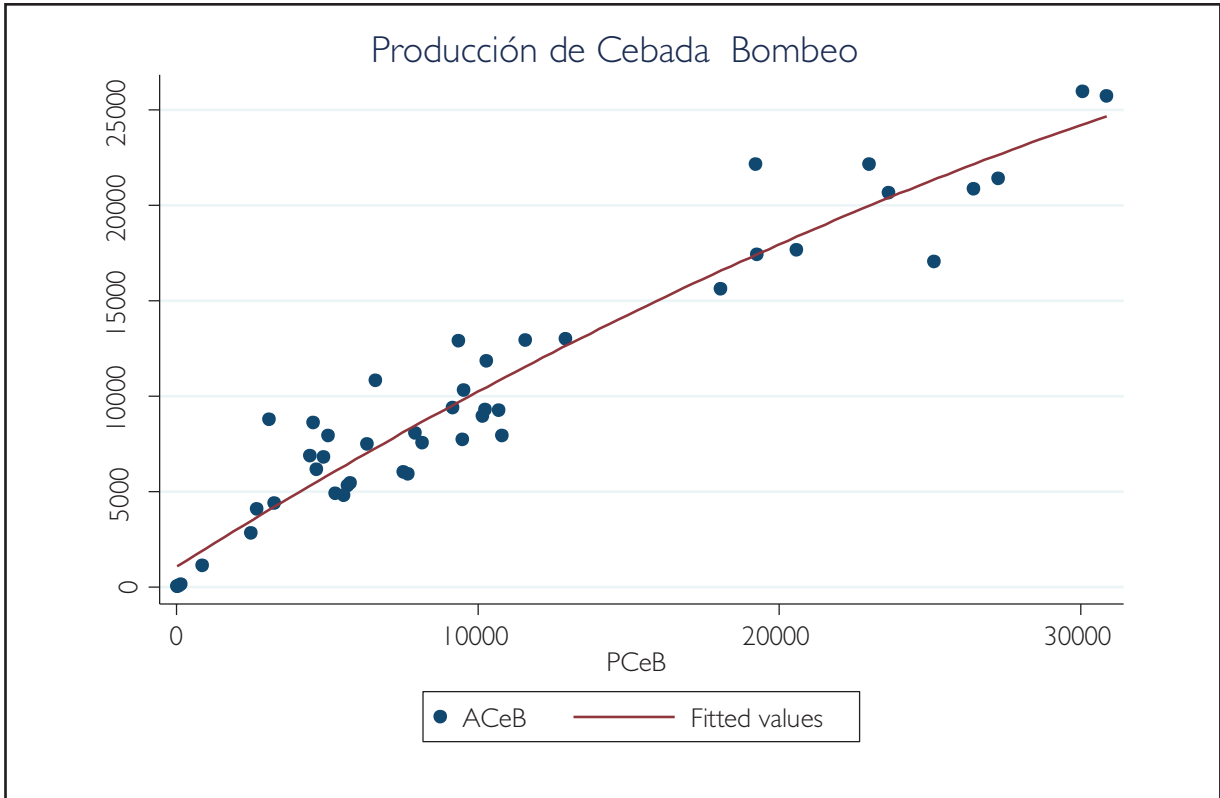
Cebaba con agua por Bombeo se tiene un coeficiente estimado de 0.9710

reg IPCeB IACeB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	46
Model	121.128867	1	121.128867	F( 1, 44)	=	1419.54
Residual	3.75450652	44	.085329694	Prob > F	=	0.0000
Total	124.883374	45	2.77518608	R-squared	=	0.9699
				Adj R-squared	=	0.9693
				Root MSE	=	.29211

IPCeB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
IACeB	.9710325	.0257727	37.68	0.000	.919091	1.022974
_cons	.2220412	.227202	0.98	0.334	-.2358544	.6799367



En la producción de Trigo, se contó con 29 datos. Se realizaron las pruebas de Breusch y las White para detectar heteroscedasticidad y se comprobó que no existe presencia de variación. Por lo cual se conserva la primera estimación.

.reg PTrS ATrS

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	29
-----	+	-----		F( 1, 44)	=	44.07
Model	4.5273e+09	1	4.5273e+09	Prob > F	=	0.0000
Residual	2.7738e+09	27	102733455	R-squared	=	0.6201
-----	+	-----		Adj R-squared	=	0.6060
Total	7.3011e+09	28	260752667	Root MSE	=	10136
-----						
PTrS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
ATrS	.9101682	.1371069	6.64	0.000	.628848	1.191488
_cons	3927.818	.2903.019	1.35	0.187	-2028.684	9884.32
-----						

## Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of PTrS

chi2(1) = 0.57  
 Prob > chi2 = 0.4511

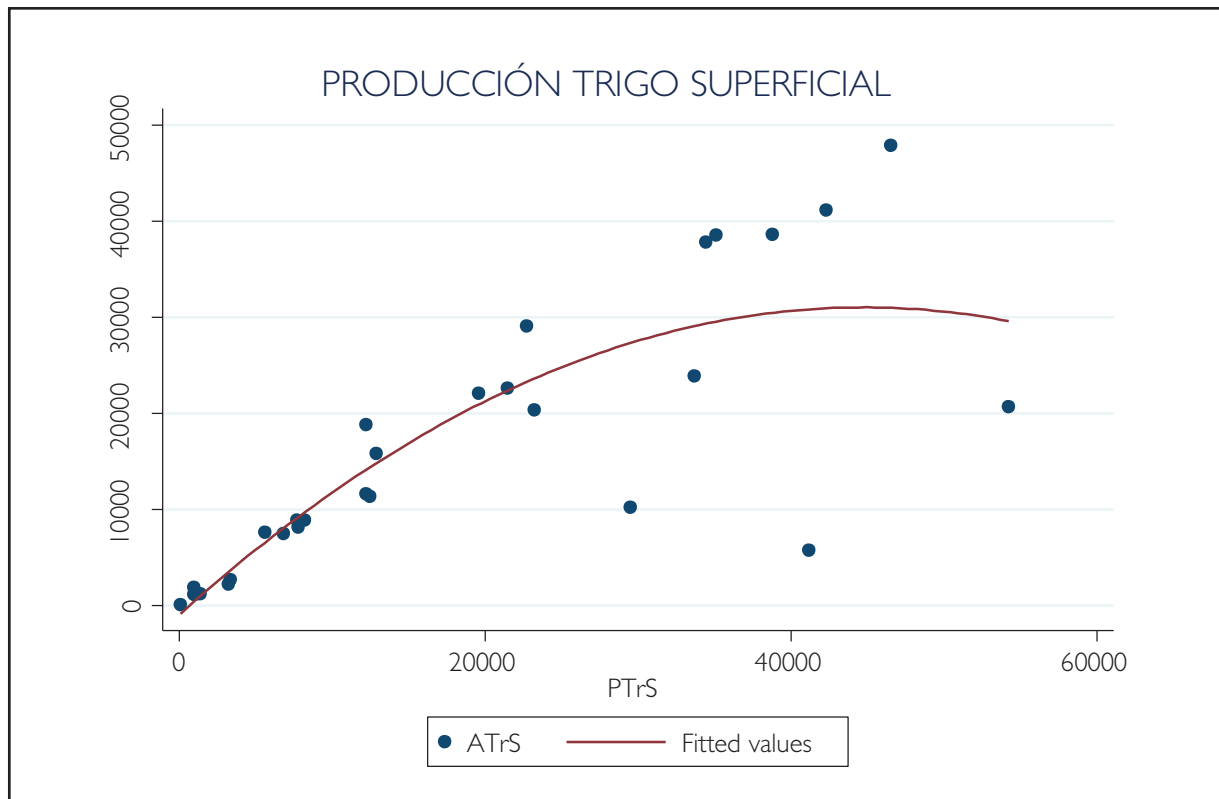
## White's test for Ho: homoskedasticity

against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(2) = 1.20  
 Prob > chi2 = 0.5485

## Cameron &amp; Trivedi's decomposition of IM-test

Source	Chi2	df	p
Heteroskedasticity	1.20	2	0.5485
Skewness	4.33	1	0.0374
Kurtosis	3.93	1	0.0474
Total	9.47	4	0.0504



En la producción por del Trigo por Bombeo, fueron 52 observaciones. De acuerdo con las pruebas de hipótesis el valor del coeficiente de 0.9625 es significativo.

.reg PTrB ATrB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	52
----- +	-----	-----	-----	F( 1, 50)	=	305.91
Model	1.4318e+09	1	1.4318e+09	Prob > F	=	0.0000
Residual	234013653	50	4680273.05	R-squared	=	0.8595
----- +	-----	-----	-----	Adj R-squared	=	0.6060
Total	1.6658e+09	51	32662176.8	Root MSE	=	2163.4

PTrB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
----- +	-----	-----	-----	-----	-----
ATrB	.9625116	.0550309	17.49	0.000	.8519788 1.073045
_cons	-35.79411	431.8662	-0.08	0.934	-903.2229 831.6347

El valor del coeficiente estimado para utilizarse en la estimación de la demanda deriva de agua por bombeo del trigo es 0.70116.

reg IPTTrB IATrB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	52
----- +	-----	-----	-----	F( 1, 50)	=	173.22
Model	52.11772	1	52.11772	Prob > F	=	0.0000
Residual	15.0435269	50	.300870538	R-squared	=	0.7760
----- +	-----	-----	-----	Adj R-squared	=	0.6060
Total	67.1612469	51	1.31688719	Root MSE	=	.54852

IPTTrB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
----- +	-----	-----	-----	-----	-----
IPTTrB	.7011634	.0532741	13.16	0.000	.5941592 .8081677
_cons	2.446392	.4327283	5.65	0.000	1.577232 3.315552

Para el caso del Sorgo, se contó con 65 observaciones, la producción Superficial.

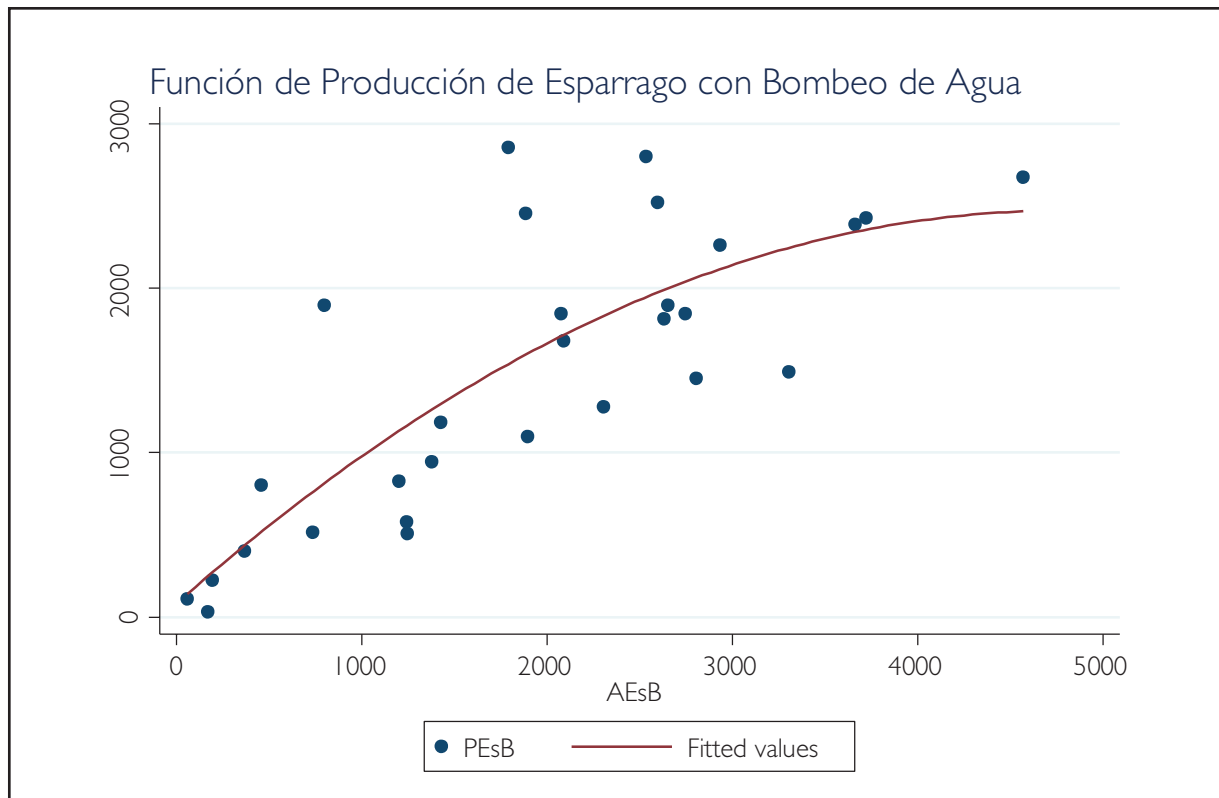
```
.reg PSorS ASorS
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	65
----- +	-----	-----	-----	F( 1, 63)	=	307.41
Model	4.0920e+10	1	4.0920e+10	Prob > F	=	0.0000
Residual	8.3861e+09	63	133112640	R-squared	=	0.8299
----- +	-----	-----	-----	Adj R-squared	=	0.6060
Total	4.9306e+10	64	770401395	Root MSE	=	11537

PSorS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
PSorS	2.793779	.1593441	17.53	0.000	2.475355 3.112203
_cons	3248.481	2031.753	1.60	0.115	-811.6532 7308.615

En la información de la producción de Sorgo con agua superficial se estimó el modelo no lineal con un coeficiente de 0.9657.



reg IPSorS IASorS

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	65
-----	+	-----		F( 1, 63)	=	3609.26
Model	365.552014	1	365.552014	Prob > F	=	0.0000
Residual	6.38075496	63	.101281825	R-squared	=	0.9828
-----	+	-----		Adj R-squared	=	0.9826
Total	371.932769	64	5.81144951	Root MSE	=	.31825

IPSorS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
IASorS	.9657172	.0160746	60.08	0.000	.9335946 .9978398
_cons	1.427128	.1309108	10.90	0.000	1.165524 1.688732

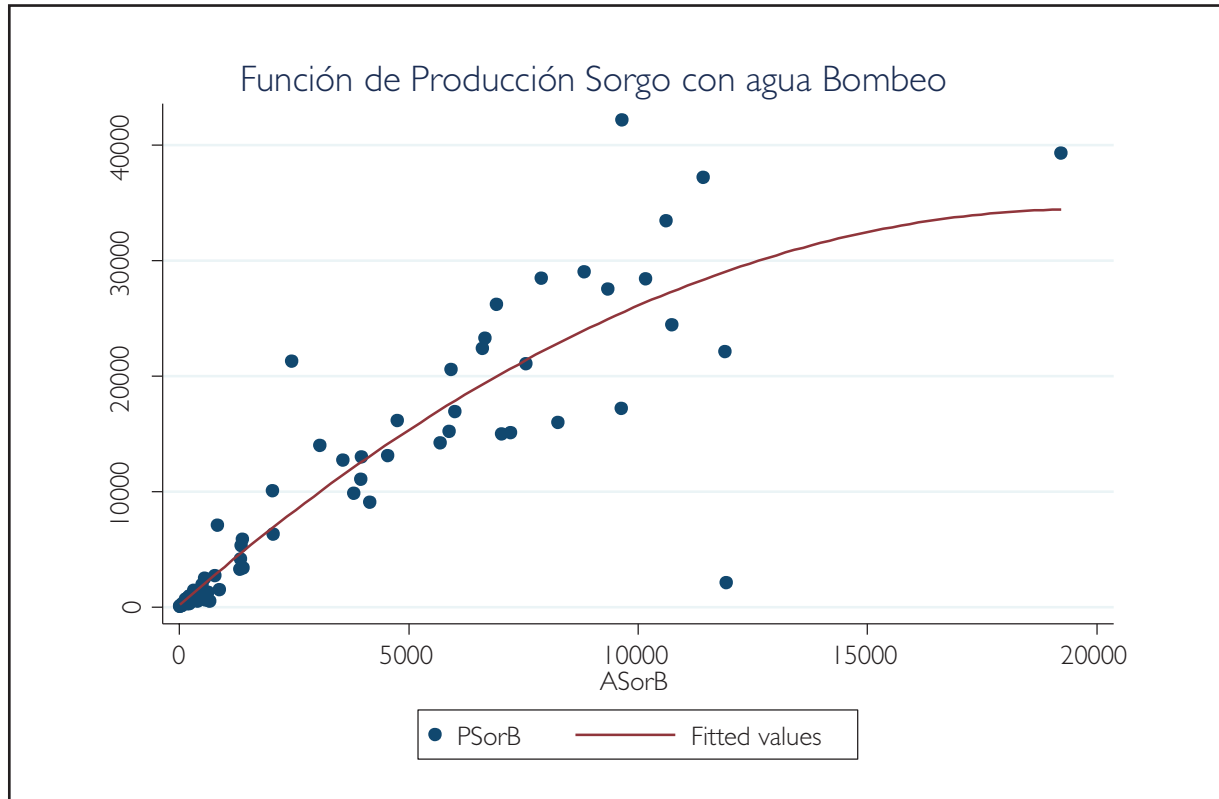
Para el caso del Sorgo, se contó con 65 observaciones, la producción con Bombeo contó con 72 observaciones.

. reg PSorB ASorB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	72
-----	+	-----		F( 1, 70)	=	237.31
Model	7.0793e+09	1	7.0793e+09	Prob > F	=	0.0000
Residual	2.0882e+09	70	29831443.1	R-squared	=	0.9828
-----	+	-----		Adj R-squared	=	0.7690
Total	9.1675e+09	71	129119976	Root MSE	=	5461.8

PSorB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
ASorB	2.38701	.1549515	15.40	0.000	2.077969 2.696051
_cons	1430.95	853.9997	1.68	0.098	-272.299 3134.198



En la información de la producción de Broccoli se contó con información únicamente con uso de agua por bombeo. La muestra consta de 41 observaciones.

```
.reg PBrB ABrB
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	41
----- +	-----	-----	-----	F( 1, 39)	=	450.34
Model	693049299	1	693049299	Prob > F	=	0.0000
Residual	60019221.4	39	538954.39	R-squared	=	0.9203
----- +	-----	-----	-----	Adj R-squared	=	0.9183
Total	753068520	40	18826713	Root MSE	=	1240.5
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PBrB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ABrB	1.237155	.0582982	21.22	0.000	1.119236	1.355075
_cons	1117.521	247.034	4.52	0.000	617.8475	1617.194
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of PBrB

chi2(1) = 5.90  
 Prob > chi2 = 0.0151

White's test for Ho: homoskedasticity

against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(2) = 7.05  
 Prob > chi2 = 0.0295

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

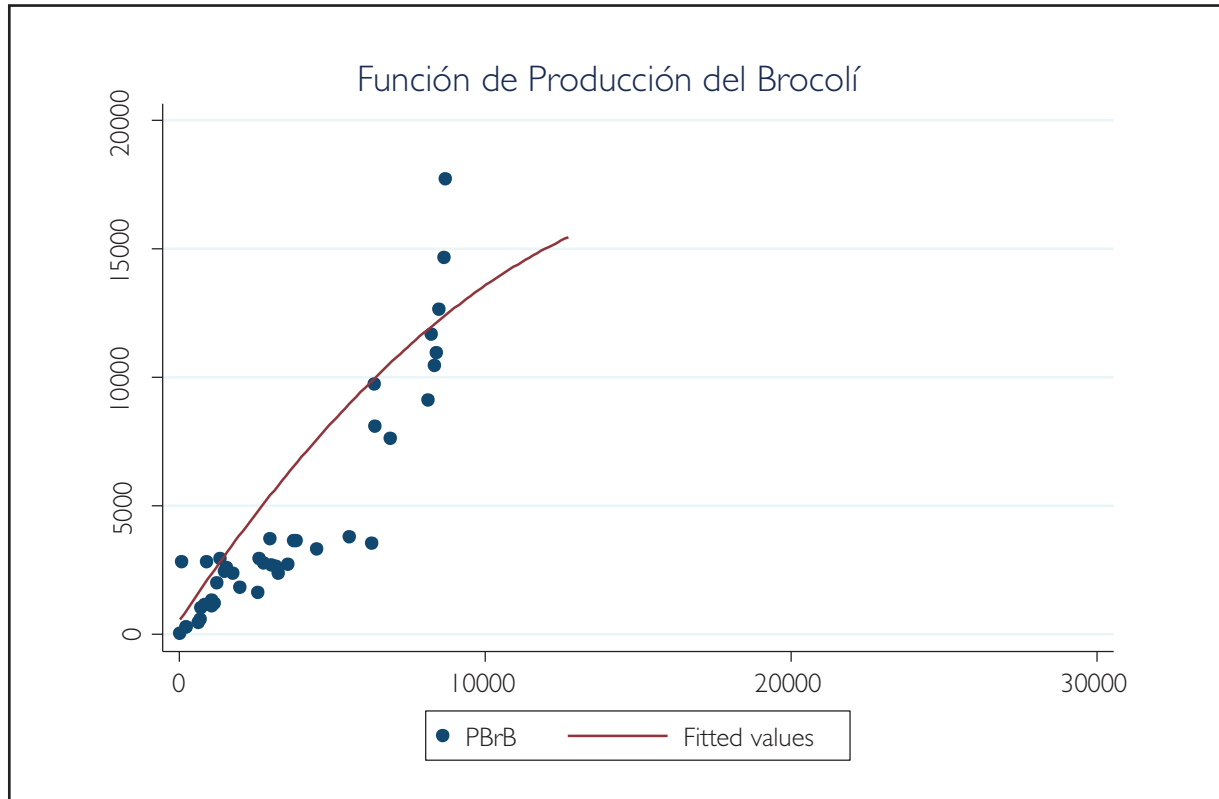
Source		Chi2	df	p
Heteroskedasticity		7.05	2	0.0295
Skewness		2.34	1	0.1260
Kurtosis	+	1.09	1	0.2970
Total		10.48	4	0.0331

En la estimación de la producción de Broccoli, se corrigió por heteroscedasticidad con la estimación robusta de las desviaciones estándar de los coeficientes, para hacerlos consistentes.

Linear regression

Number of obs = 41  
 F( 1, 39) = 329.59  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.9203  
 Root MSE = 1240.5

	Coef	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
PBrB						
ABrB	1.237155	.0681452	18.15	0.000	1.099319	1.374992
_cons	1117.521	194.3415	5.75	0.005	724.4281	1510.614



El coeficiente como puede observarse del Broccoli es de 0.7040.

```
.reg IPBrB IABrB
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	41
----- +	-----	-----	-----	F( 1, 39)	=	138.73
Model	44.9798967	1	44.9798967	Prob > F	=	0.0000
Residual	12.6444227	39	.324215965	R-squared	=	0.7806
----- +	-----	-----	-----	Adj R-squared	=	0.7749
Total	57.6243194	40	1.44060798	Root MSE	=	.5694
-----						
IPBrB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
IABrB	704077	0597762	11.78	0.000	5831683	8249857
_cons	2.891362	4306961	6.71	0.000	2.020197	3.762527
-----						

La producción de Esparragos.

. reg PEsB AEsB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	29
				F( 1, 27)	=	41.67
Model	12787479.4	1	12787479.4	Prob > F	=	0.0000
Residual	8285267.95	27	306861.776	R-squared	=	0.6068
				Adj R-squared	=	0.5923
Total	21072747.3	28	752598.119	Root MSE	=	553.95

PEsB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AEsB	.5760552	.0892366	6.46	0.000	.3929568 .7591535
_cons	372.315	199.3185	1.87	0.073	-36.65281 781.2828

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of PEsB

chi2(1) = 0.02  
 Prob > chi2 = 0.8835

White's test for Ho: homoskedasticity

against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(2) = 1.69  
 Prob > chi2 = 0.4299

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

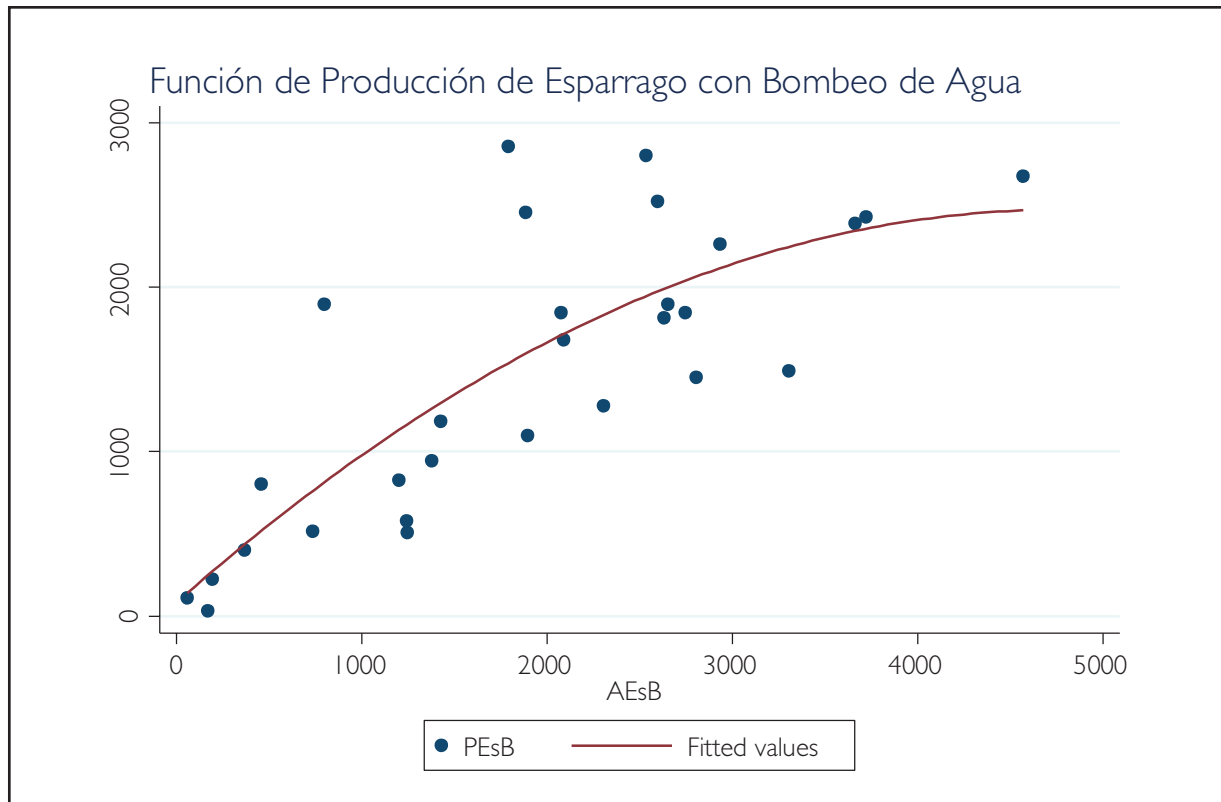
Source	Chi2	df	p
Heteroskedasticity	1.69	2	0.4299
Skewness	6.29	1	0.0122
Kurtosis	0.73	1	0.3918
Total	8.71	4	0.0688

.reg PEsB AEsB, vce(robust)

Linear regression

Number of obs = 29  
 F( 1, 27) = 76.30  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.6068  
 Root MSE = 553.95

PEsB	Coef	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AEsB	.5760552	.0659484	8.73	0.000	4407402 7113701
_cons	372.315	166.8897	2.23	0.034	29.88568 714.7443



.reg IPEsB IAEsB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	29
-----	+	-----		F( 1, 27)	=	87.19
Model	23.9799458	1	23.9799458	Prob > F	=	0.0000
Residual	7.42625636	27	.275046532	R-squared	=	0.7635
-----	+	-----		Adj R-squared	=	0.5923
Total	31.4062022	28	1.12165008	Root MSE	=	.52445

IPEsB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
IAEsB	.8907217	.095394	9.34	0.000	.6949894 .1086454
_cons	.5352296	.6958677	0.77	0.448	-.892573 1.963032

Producción de Alfalfa con uso de agua superficial.

.reg PAIS AAIS

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	38
-----	+	-----		F( 1, 36)	=	56.59
Model	512239273	1	512239273	Prob > F	=	0.0000
Residual	325849174	36	9051365.95	R-squared	=	0.6112
-----	+	-----		Adj R-squared	=	0.6004
Total	838088447	37	22651039.1	Root MSE	=	3008.5

PAIS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AAIS	3.369064	.4478472	7.52	0.000	2.460788 4.27734
_cons	508.9201	644.8003	0.79	0.448	-798.7954 1816.636

Prueba de Heteroscedasticidad en la producción de Alfalfa con uso de agua superficial. Como puede observarse por el valor de 18.21, tenemos que la varianza no es constante.

## Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of PAIS

chi2(1) = 18.21  
 Prob > chi2 = 0.0000

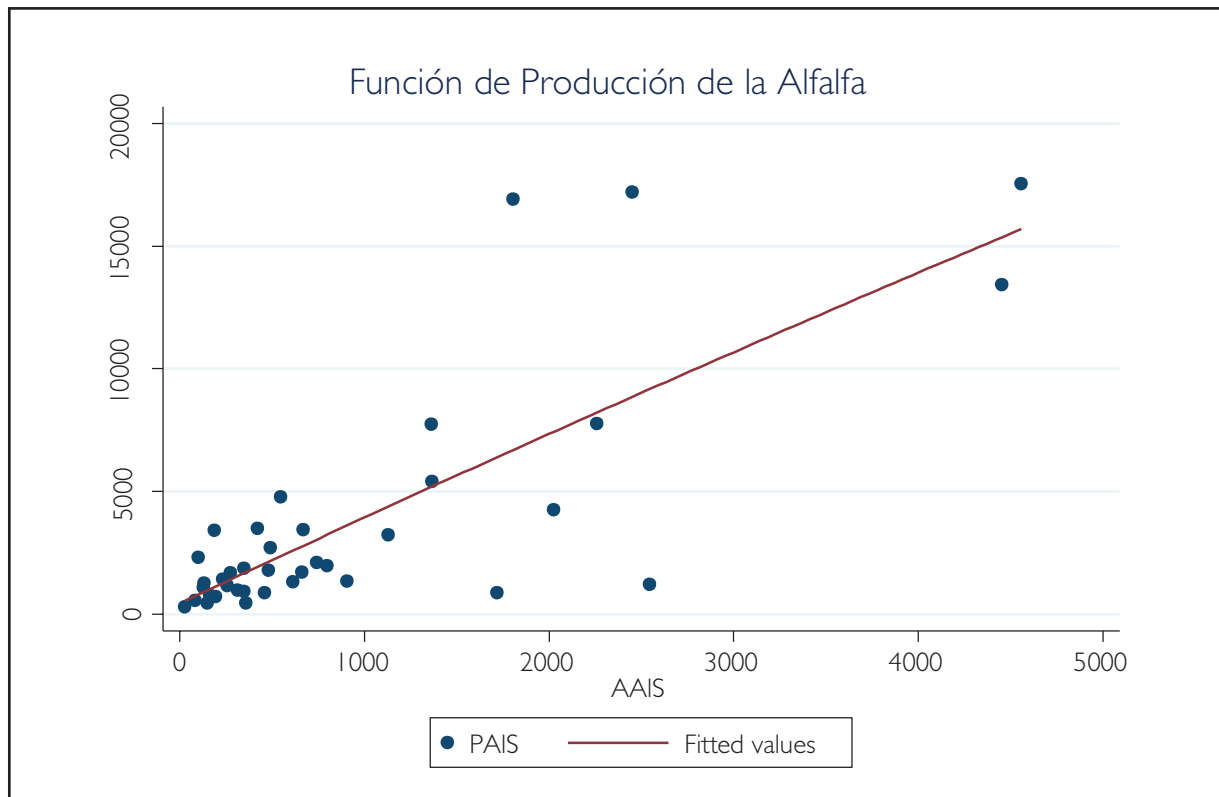
## White's test for Ho: homoskedasticity

against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(2) = 3.53  
 Prob > chi2 = 0.0012

## Cameron &amp; Trivedi's decomposition of IM-test

Source	Chi2	df	p
Heteroskedasticity	13.53	2	0.0012
Skewness	1.83	1	0.1760
Kurtosis	4.10	1	0.0428
Total	9.47	4	0.0006



Producción de Alfalfa con agua superficial, se obtiene en el modelo no lineal una estimación del coeficiente de 0.6673

reg IPAIS IAAIS

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	38
----- +	-----	-----	-----	F( 1, 36)	=	42.51
Model	22.5327177	1	22.5327177	Prob > F	=	0.0000
Residual	19.0800185	36	.530000513	R-squared	=	0.5415
----- +	-----	-----	-----	Adj R-squared	=	0.6004
Total	41.6127362	37	1.12466854	Root MSE	=	.72801

PAIS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AAIS	.667375	.1023532	6.52	0.000	.4597932 .874957
_cons	3.452926	.6495935	5.32	0.000	2.135489 4.770362

Producción de Alfalfa con Bombeo de agua.

.reg PAIB AAIB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	48
----- +	-----	-----	-----	F( 1, 46)	=	30.46
Model	587896059	1	587896059	Prob > F	=	0.0000
Residual	887919197	46	.530000513	R-squared	=	0.3984
----- +	-----	-----	-----	Adj R-squared	=	0.6004
Total	1.4758e+09	47	31400324.6	Root MSE	=	4393.5

PAIB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AAIB	2.271051	.4115138	5.52	0.000	1.442716 3.099385
_cons	1168.772	1304.652	0.90	0.375	-1457.355 3794.9

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of PAIB

chi2(1) = 6.12  
 Prob > chi2 = 0.0133

White's test for Ho: homoskedasticity

against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(2) = 4.77  
 Prob > chi2 = 0.0922



## Cameron &amp; Trivedi's decomposition of IM-test

Source		Chi2	df	p
Heteroskedasticity		4.77	2	0.0922
Skewness		2.993	1	0.0839
Kurtosis	+	2.98	1	0.0845
Total		10.73	4	0.0298

## Linear regression

Number of obs	=	48
F( 1, 46)	=	41.71
Prob > F	=	0.0000
R-squared	=	0.3984
Root MSE	=	4393.5

		Coef	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
PAIB							
AAIB		2.271051	.35163	6.46	0.000	1.563256	2.978845
_cons		1168.772	788.0006	1.48	0.145	-417.3906	2754.935

Producción de Alfalfa con Bombeo de agua en la estimación no lineal, arroja un valor para el coeficiente de 0.8565.

reg IPAIB IAAIB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	
Model	21.6510805	1	21.6510805	F( 1, 46)	=	54.36
Residual	8.3226781	46	.398319089	Prob > F	=	0.0000
Total	39.9737586	47	.850505502	R-squared	=	0.5416
				Adj R-squared	=	0.6004
				Root MSE	=	0.5317

IPAIB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
IAAIB	.8565234	.1161756	7.37	0.000	.622674 1.090373
_cons	1.988854	.8987098	2.21	0.032	.1798453 3.797863

Producción de Fresa por bombeo.

. reg PFrB AFrB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	
Model	200218014	1	200218014	F( 1, 19)	=	114.94
Residual	33097444.2	19	1741970.75	Prob > F	=	0.0000
Total	233315458	20	11665772.9	R-squared	=	0.8581
				Adj R-squared	=	0.8507
				Root MSE	=	1319.8

PFrB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AFrB	.7457229	.0695579	10.72	0.000	.6001366 .8913092
_cons	1080.84	365.9028	2.95	0.008	314.9966 1846.684

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

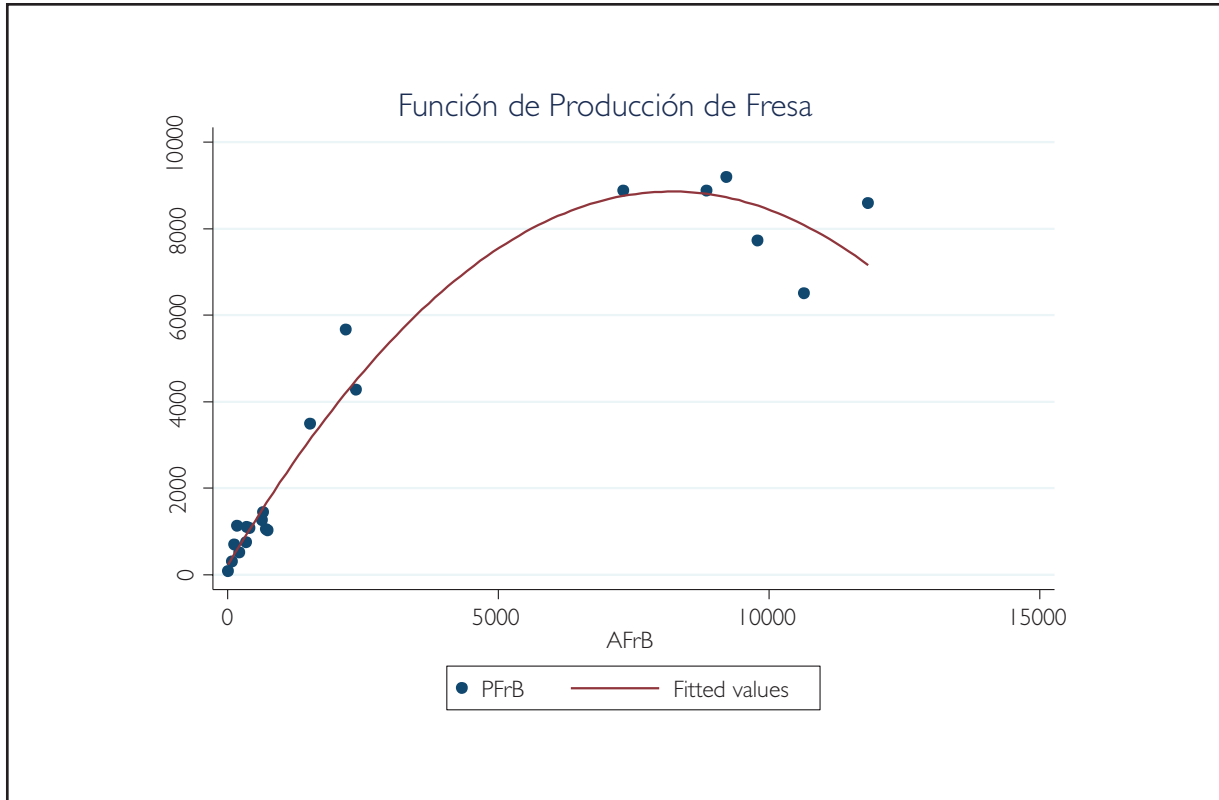
Variables: fitted values of PFrB

chi2(1) = 3.52  
 Prob > chi2 = 0.0607

Linear regression

Number of obs = 21  
 F( 1, 19) = 88.48  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.8581  
 Root MSE = 1319.8

		Robust			[95% Conf. Interval]	
PFrB	Coef	Std. Err.	t	P> t		
AFrB	.7457229	.0792804	9.41	0.000	.5797871	.9116588
_cons	1080.84	271.7722	3.98	0.145	512.0143	1649.666



Producción de Fresa por Bombeo, en este caso el modelo de regresión no lineal estimado arroja un valor para el coeficiente de 0.6420.

```
.reg IPFrB IAFrB
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	21
Model	33.5797365	1	33.5797365	F( 1, 19)	=	363.78
Residual	1.75383049	19	.092306868	Prob > F	=	0.0000
Total	35.333567	20	1.76667835	R-squared	=	0.9504
				Adj R-squared	=	0.6004
				Root MSE	=	30382

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
IPFrB	.6420287	.0336615	19.07	0.000	.5715745	.712483
_cons	3.154783	.2380393	13.25	0.032	2.656561	3.653005

Producción de Avena, el modelo cuenta con muy poca información, sin embargo, puede llevarse a cabo la estimación por mínimos cuadrados.

.reg PAvB AAvB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	15
Model	1884480.09	1	1884480.09	F( 1, 13)	=	31.67
Residual	773562.291	13	59504.7916	Prob > F	=	0.0000
Total	2658042.38	14	189860.17	R-squared	=	0.7090
				Adj R-squared	=	0.6866
				Root MSE	=	243.94

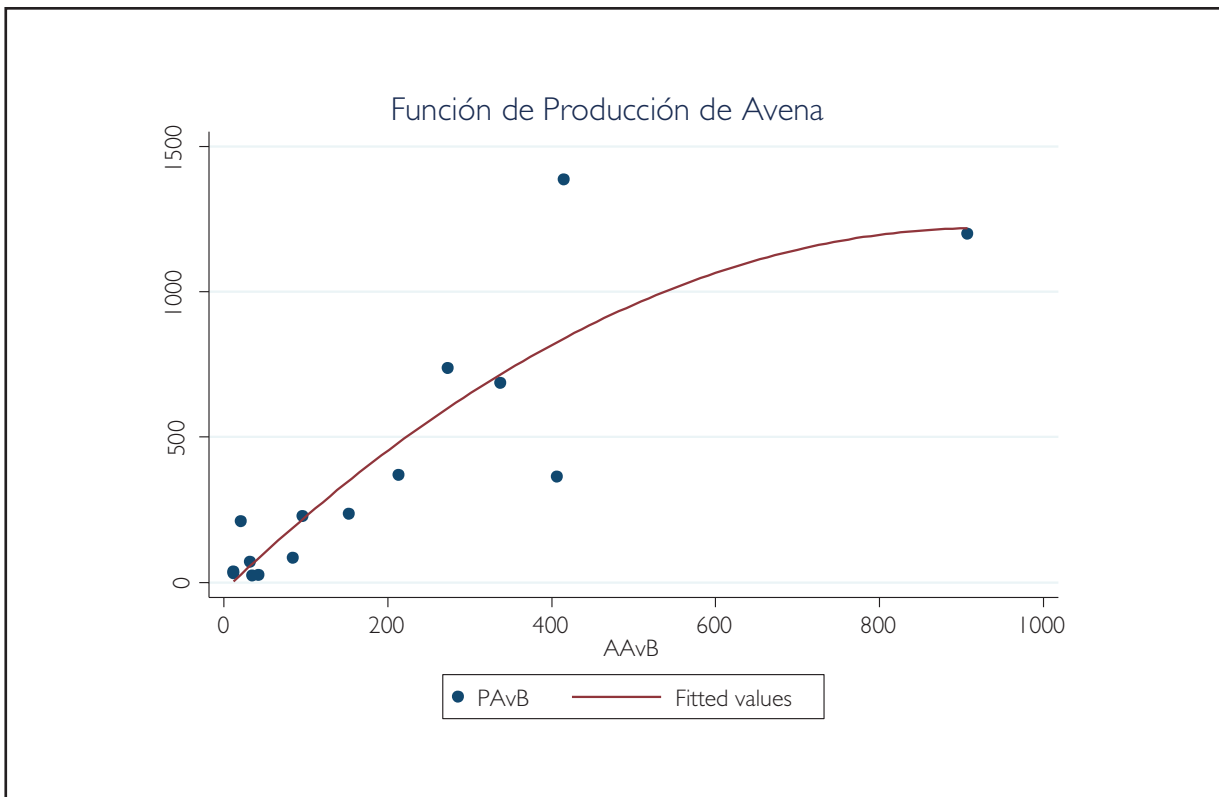
PFrB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AFrB	1.512668	.2687967	5.63	0.000	.9319684 2.093368
_cons	72.35658	83.24902	0.87	0.008	-107.492 252.2052

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of PAvB

chi2(1) = 5.91  
 Prob > chi2 = 0.0150



El coeficiente como puede observarse de la Avena es de 0.8811, valor que se puede utilizar para derivar la función de demanda.

.reg IPAvB IAAvB

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	15
Model	1884480.09	1	1884480.09	F( 1, 13)	=	31.67
Residual	773562.291	13	59504.7916	Prob > F	=	0.0000
Total	2658042.38	14	189860.17	R-squared	=	0.7090
				Adj R-squared	=	0.6866
				Root MSE	=	243.94

PFrB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AFrB	1.512668	.2687967	5.63	0.000	.9319684 2.093368
_cons	72.35658	83.24902	0.87	0.008	-107.492 252.2052

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	15
Model	21.0057096	1	21.0057096	F( 1, 13)	=	39.22
Residual	6.96233383	13	.535564141	Prob > F	=	0.0000
Total	27.9680434	14	1.99771738	R-squared	=	0.7511
				Adj R-squared	=	0.6866
				Root MSE	=	.73182

PFrB	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
AFrB	1.8811169	.1406924	6.26	0.000	.5771695 1.185064
_cons	1.154419	.6682958	1.73	0.108	-.2893461 2.598185

## ANEXO A3

Prueba de Panel, Agricultura

### ESTIMACION DE MODELOS DE DATOS DE PANEL PARA LA AGRICULTURA, SALAMANCA, GTO.

Las estimaciones de las funciones de producción de productos agrícolas se realizaron considerando dos diferentes métodos de producción. Por una parte se encuentra la producción agrícola basada en el riego superficial.

```
. xtset modulo anual
      panel variable: modulo (unbalanced)
      time variable: anual, 2009 to 2014, but with a gap
      delta: 1 unit

. xtreg Producto Agua

Random-effects GLS regression           Number of obs   =   47
Group variable: modulo                  Number of groups =    8

R-sq: within  = 0.8107                  Obs per group: min =    5
      between = 0.9841                  avg              =   5.9
      overall  = 0.9093                  max              =    6

                                           Wald chi2(1)    =  451.03
corr(u_i, X) = 0 (assumed)              Prob > chi2     =  0.0000
```

Producto		Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Agua	+	2.364247	.1113244	21.24	0.000	2.146055	2.582439
scala		-149.5138	342.107	-0.44	0.662	-820.0311	521.0035
_cons		2928.198	933.9818	3.14	0.002	1097.628	4758.769
-----							
sigma_u		0					
sigma_e		4867.424					
rho		0	(fraction of variance due to u_i)				

```
.xtreg Producto Agua scala
```

```
Random-effects GLS regression           Number of obs   =    47
Group variable: modulo                  Number of groups =     8

R-sq: within  = 0.8107                  Obs per group: min =     5
      between = 0.9868                    avg              =    5.9
      overall  = 0.9097                    max              =     6

                                           Wald chi2(2)    =  443.11
corr(u_i, X) = 0 (assumed)              Prob > chi2     =  0.0000
```

Producto	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Agua	2.378028	.1166807	20.38	0.000	2.149338	2.606718
scala	-149.5138	342.107	-0.44	0.662	-820.0311	521.0035
_cons	3541.089	1689.657	2.10	0.036	229.4213	6852.756
sigma_u	0					
sigma_e	4867.424					
rho	0	(fraction of variance due to u_i)				

Modelo estimada con datos en panel, consiste de 8 modulos, y agrupados por año.

```
.xtset modulo anual
      panel variable: modulo (unbalanced)
      time variable: anual, 2009 to 2014, but with a gap
      delta: 1 unit
```

```
.xtreg Producto Agua, fe
```

```
Fixed-effects (within) regression       Number of obs   =    47
Group variable: modulo                  Number of groups =     8

R-sq: within  = 0.8107                  Obs per group: min =     5
      between = 0.9841                    avg              =    5.9
      overall  = 0.9093                    max              =     6

                                           F(1,38)        =  162.78
corr(u_i, Xb) = 0.6354                  Prob > F        =  0.0000
```



Producto		Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Agua	+	2.078707	.1629267	12.76	0.000	1.748879	2.408534
_cons		4400.421	1099.883	4.00	0.000	2173.824	6627.017
-----							
sigma_u		3154.8532					
sigma_e		4867.424					
rho		.29582773 (fraction of variance due to u_i)					
-----							
F test that all u_i=0:				F(7, 38) =	1.49	Prob > F = 0.1986	

**MODELO PARA LA PRODUCCIÓN DE TRIGO, CON DATOS DE PANEL ORDENADO POR MODULO Y POR AÑO.**

```
xtset Modulo Año
      panel variable : Modulo (unbalanced)
      time variable : Año, 2009 to 2014, but with gaps
      delta       : 1 unit
```

```
xtreg Producto Agua, fe
```

```
Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   29
Group variable: Modulo                 Number of groups =    8

R-sq:  within = 0.4877                 Obs per group: min =    3
      between = 0.7173                 avg               =   3.6
      overall  = 0.6201                 max               =    4

corr(u_i, Xb) = 0.2900                  F(1,20)         =  19.04
                                          Prob > F         =  0.0003
```

Producto		Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Agua	+	.7598047	.1741283	4.36	0.000	.3965795	1.12303
_cons		6351.717	3215.954	1.98	0.062	-356.645	13060.08
-----							
sigma_u		7488.1594					
sigma_e		8451.6889					
rho		.43977222 (fraction of variance due to u_i)					
-----							
F test that all u_i=0:				F(7, 20) =	2.69	Prob > F = 0.0389	

## MODELOS CON DATOS AGRUPADOS Y DISTINGUE POR VARIABLE DICOTOMICA PARA CADA MODULO DE AGUA.

sum Agua Producto

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Agua	628	5610.631	7470.824	2.8	47842.4
Producto	628	10775.13	14900.7	14	87186

.reg Producto Agua

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	628
Model	8.3384e+10	1	8.3384e+10	F( 1, 626)	=	934.96
Residual	5.5830e+10	626	.092306868	Prob > F	=	0.0000
Total	1.3921e+11	627	222031057	R-squared	=	0.9504
				Adj R-squared	=	0.5983
				Root MSE	=	9443.8

Producto	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
Agua	1.543614	.0504827	30.58	0.000	1.444478 1.64275
_cons	2114.476	471.422	4.49	0.000	1188.716 3040.236

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of Producto

chi2(1) = 693.77  
 Prob > chi2 = 0.0000

.reg Producto Agua, vce(robust)

Linear regression	Number of obs	=	628
	F( 1, 626)	=	234.00
	Prob > F	=	0.0000
	R-squared	=	0.5990
	Root MSE	=	9443.8

Producto	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> z	[95% Conf. Interval]	
Agua	1.543614	1009084	15.3	0.000	1.345454	1.741774
_cons	2114.476	381.096	5.55	0.000	1366.095	2862.858

.reg Prod Agua d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7 d8

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	400
Model	2.2006e+10	9	2.4452e+09	F( 9, 390)	=	112.30
Residual	8.4914e+09	390	21772713.6	Prob > F	=	0.0000
Total	3.0498e+10	399	76435479.3	R-squared	=	0.7216
				Adj R-squared	=	0.7151
				Root MSE	=	4666.1

Producto	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Agua	1.491525	.0520668	28.65	0.000	1.389159	1.593892
d1	8596.839	926.1802	9.28	0.000	6775.908	10417.77
d2	1580.395	972.366	1.63	0.105	-331.3398	3492.13
d3	9276.896	942.865	9.84	0.000	7423.162	11130.63
d4	5051.258	1074.763	4.70	0.000	2938.204	7164.311
d5	3223.353	1185.406	2.72	0.007	892.767	5553.939
d6	7931.05	1035.373	7.66	0.000	5895.439	9966.661
d7	3263.506	1279.456	2.55	0.011	748.0123	5779
d8	4679.111	1479.748	3.16	0.002	1769.829	7588.393
_cons	-4602.472	865.5084	-5.32	0.000	-6304.118	-2900.826

.reg Prod Agua d1 d3 d4 d5 d6 d7 d8

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	400
Model	2.1949e+10	8	2.7436e+09	F( 8, 391)	=	125.48
Residual	8.5489e+09	391	21864127.2	Prob > F	=	0.0000
Total	3.0498e+10	399	76435479.3	R-squared	=	0.7197
				Adj R-squared	=	0.7140
				Root MSE	=	4675.9

Producto	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Agua	1.471401	.0506792	29.03	0.000	1.371763	1.571039
d1	7684.684	738.3237	10.41	0.000	6233.103	9136.265
d3	8355.657	755.0536	11.07	0.000	6871.184	9840.13
d4	4110.034	907.3007	4.53	0.000	2326.236	5893.832
d5	2267.724	1031.47	2.20	0.028	239.8027	4295.645
d6	6992.677	861.258	8.12	0.000	5299.401	8685.953
d7	2334.67	1147.134	2.04	0.043	79.34765	4589.993
d8	3689.056	1351.38	2.73	0.007	1032.175	6345.937
_cons	-3608.342	613.6416	-5.88	0.000	-4814.792	-2401.892

```
. estat hettest
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of Prod

chi2(1) = 204.56

Prob > chi2 = 0.0000

```
. reg Prod Agua d1 d3 d4 d5 d6 d7 d8, vce(robust)
```

Linear regression

Number of obs = 400  
 F( 8, 391) = 143.76  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.7197  
 Root MSE = 4675.9

Producto	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Agua	1.471401	0.721195	20.40	0.000	1.32961	1.613192
d1	7684.684	915.9814	8.39	0.000	6452.187	10259.13
d3	8355.657	968.1701	8.63	0.000	7423.162	11130.63
d4	4110.034	512.0528	8.03	0.000	3103.313	5116.755
d5	2267.724	529.8208	4.28	0.007	1226.07	3309.378
d6	6992.677	798.4113	8.76	0.000	5422.961	8562.394
d7	2334.67	866.2162	2.70	0.007	631.6462	4037.695
d8	3689.056	578.886	6.37	0.002	2550.938	4827.175
_cons	-3608.342	587.6699	-6.14	0.000	-4763.73	-2452.954





**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA  
DEL AGUA

**MÉXICO**  
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA



**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES