



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS

DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES NO CUANTIFICADOS EN LA RED
MAYOR Y LOS UTILIZADOS CON BOMBEOS DIRECTOS DEL RÍO LERMA
EN ÁREAS DE INFLUENCIA DEL DISTRITO DE RIEGO 011 ALTO RÍO
LERMA, GTO.

VERTARIO TREJO SEGURA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA

EN HIDROCIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2013

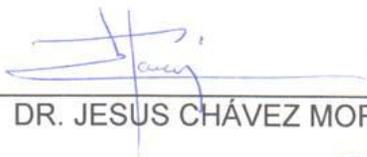
La presente tesis, titulada: **Determinación de volúmenes no cuantificados en la red mayor y los utilizados con bombeos directos del Rio Lerma en áreas de influencia del Distrito de Riego 011 Alto Rio Lerma, Gto.**, realizada por el alumno: **Vertario Trejo Segura**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA

HIDROCIENCIAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. JESUS CHÁVEZ MORALES

DIRECTOR DE TESIS :



DR. JORGE ARTURO SALGADO TRÁNSITO

ASESOR:



M.C. SANDRA LUZ TORRES SUAREZ

Montecillo, Texcoco, México, Octubre de 2013.

RECONOCIMIENTOS

Con todo mi afecto para todos los que hicieron posible la culminación del presente trabajo:

A la Comisión Nacional del Agua por darme las facilidades y recursos de participar en este programa.

En especial al Ing. Sergio Soto Priante y al Dr. Luis Rendón Pimentel por su atinada decisión en brindarnos esta oportunidad.

Al Ing. Roberto Castañeda e Ing. Margarito de la Cruz Gallegos por invitarme y apoyarme en la participación de esta Maestría.

Al Colegio de Postgraduados y sus instructores por su profesionalismo, paciencia y apoyo.

A la Asociación de Especialistas en Irrigación, a su dirigente Dr. Enrique Mejía Sáenz y colaboradores quienes apoyaron activamente para culminar el presente trabajo.

A mis compañeros de trabajo quienes pusieron varias horas de su tiempo participando en la obtención de la información.

DEDICATORIA

Con todo cariño a mi esposa Patricia Alonso, por su invaluable apoyo, consejos y sobre todo por compartir cada momento a mi lado.

A mis hijos:

Josué de Jesús,

Brenda Fabiola,

Edgar

Orlando

Quienes forman parte esencial de mi vida y les agradezco infinitamente su amor y comprensión.

Así también a mi nieto Edgar Damián, y su mamá Celeste quiénes ya forman parte importante de mi familia.

Y especialmente a Dios y a mis padres que están a su lado, por darme la vida y tantas bendiciones a cada momento.

Determinación de volúmenes no cuantificados en la red mayor y los utilizados con bombes directos del Rio Lerma en áreas de influencia del Distrito de Riego 011 Alto Rio Lerma, Gto.

Trejo Segura Vertario, MTH.
Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN

El Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato tiene aprobado un volumen máximo de 955 millones de m³/año, con éste, se debe hacer la entrega de volúmenes concesionados en sus respectivos puntos de control a once Asociaciones Civiles de Usuarios. En el padrón de usuarios actual, los beneficiarios están ubicados principalmente en el río Lerma, en el tramo comprendido de la Presa Derivadora Lomo de Toro a la presa derivadora Dique Markassuza. Adicionalmente se beneficia una superficie de 5,950 ha, cuyos usuarios son de carácter precario (irregulares). El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto que tienen los volúmenes usados por los usuarios irregulares con respecto a los totales utilizados en el Distrito de Riego, así como su influencia sobre la eficiencia de conducción y, de esta manera, tomar decisiones que ayuden a resolver las disputas entre los usuarios.

El estudio se realizó con información del Distrito de Riego, estadísticas de distribución de Aguas de la CONAGUA de los últimos 6 años. Se utilizó la información del Plan Director del DR 011, Alto Rio Lerma, SISTAG (Sistema de estadística Agrícola), SIPAD3 (Sistema de Padrón de Usuarios) y programas de cómputo para procesamiento de imágenes de satélite y SIG.

Se concluye que la tendencia a nivel distrito de riego es de incremento en sus pérdidas de conducción, esta tendencia difiere en los resultados de análisis de tramo por tramo, ya que la del distrito no toma en cuenta los bombes irregulares. Además, como resultado de la estimación de los volúmenes no cuantificados por bombes irregulares resulta que su influencia en la red mayor del distrito no es la única causa del incremento de pérdidas, ya que sólo representa un 6.23% de las mismas con respecto al volumen total utilizado.

Palabras clave: usuarios precarios, bombes, estadísticas de distribución de aguas.

Determination of not-quantified volumes in the greater network and the used ones for direct pumping from Lerma River on influenced areas from Irrigation District 011 Alto Rio Lerma, Gto.

Trejo Segura Vertario, MTH.
Colegio de Postgraduados, 2013

ABSTRACT

Irrigation District 011 Alto Rio Lerma, Guanajuato has a maximum approved volume of 955 million m³, so they can deliver concession volumes in their respective checkpoints to eleven Civil Associations Users. In the current registry, the beneficiaries are mainly located in the Lerma river, along the stretch of the Lomo de Toro diverter dam to the Markassuza diverter dam; further benefits has an area of 5,950 hectares whose users are precarious (irregular). The aim of this study was to evaluate the impact of volumes used by irregular users according to the total volume used by the Irrigation District, and its influence on conduction efficiency, so decisions can be taken to help solving disputes between users. Information about the Irrigation District and statistics about water distribution from CONAGUA, for the last six years, were used. Used software were Plan DR, SISTAG (Agricultural statistics System), SIPAD3 (Users' Pattern System) and computer programs to process satellite images and GIS. It was concluded that tendency at irrigation district level is the increase on conduction losses, but this trend differs from results of section by section analysis. In addition, as a result of the not-quantified estimated volumes of irregular pumping, it was obtained that its influence in the larger network of the district is not the only cause of increased losses, contributing only 6.23% to the total used volume.

Keywords: precarious users, pumping, statistics of water distribution.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	3
2.1	HIPÓTESIS.....	3
2.2	OBJETIVOS	3
2.2.1	General	3
2.2.2	Particulares	3
3	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1	MEDICIÓN DE FLUJO DE AGUA	4
3.1.1	Aforo por sección y pendiente	4
3.1.2	Método volumétrico y gravimétrico.....	5
3.1.3	Fórmulas empíricas que relacionan la escala o mira con el caudal	5
3.1.4	Métodos de aforo de sección y velocidad	11
3.1.5	Orificios y tubos cortos	14
3.2	OPERACIÓN DE DISTRITOS DE RIEGO	14
3.3	APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS	17
3.3.1	Ley de Aguas Nacionales	18
3.3.2	Agua Superficial.....	18
3.3.3	Agua Subterránea	20
3.4	ADMINISTRACIÓN DEL AGUA	21
3.5	VOLÚMENES DE AGUA CONCESIONADOS	22
3.6	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	23
3.7	DISTRITO DE RIEGO 011 ALTO RIO LERMA, GUANAJUATO	25
3.7.1	Localización	25
3.7.2	Clima.....	29
3.7.3	Suelos	31
3.7.4	Vegetación.....	32
3.7.5	Fuentes de agua superficial y subterránea.....	32
3.7.6	Infraestructura	34
3.7.7	Distribución de aguas.....	41
4	MATERIALES Y MÉTODOS	49
4.1	MATERIALES	49
4.1.1	Equipo de cómputo	49
4.1.2	Software	49
4.1.3	Imágenes de satélite	49
4.1.4	Estadísticas de Informes de distribución de Aguas	51

4.2	MÉTODOS	51
4.2.1	Descripción de la Metodología	51
5	RESULTADOS.....	56
5.1	DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES NO CUANTIFICADOS EN LA RED MAYOR DEL DISTRITO.	56
5.2	DETERMINACIÓN DE LAS SUPERFICIES QUE APROVECHAN VOLÚMENES SUPERFICIALES A TRAVÉS DE BOMBEOS DIRECTOS	60
5.3	OBTENCIÓN DE USUARIOS CON POZO	64
5.4	ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES DE AGUA USADOS POR USUARIOS IRREGULARES.....	65
5.4.1	Cálculo de lámina de riego.....	65
5.4.2	Estimación de Factores de Distribución de las superficies irregulares en ciclos agrícolas .	66
5.5	CÁLCULO DEL IMPACTO QUE REPRESENTA PARA EL DISTRITO LAS EXTRACCIONES DE APROVECHAMIENTOS IRREGULARES.....	69
5.6	PROMEDIOS OCURRIDOS DEL TRAMO DEL RÍO LERMA DE LOMO DE TORO A MARKASSUZA.....	72
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
6.1	CONCLUSIONES	74
6.2	RECOMENDACIONES.....	75
7	BIBLIOGRAFÍA	77
8	ANEXOS	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Vertedor (Palacios y Exebio, 2011).....	6
Figura 3.2. Vertedor Triangular.....	7
Figura 3.3. Vertedor trapecial.....	8
Figura 3.4. Medidor Parshall.....	9
Figura 3.5. Estructura de aforo “Delicias”.....	10
Figura 3.6. Medidor venturi modificado.....	10
Figura 3.7. Sección de acequia.....	11
Figura 3.8. Tipos de molinetes.....	12
Figura 3.9. Molinete electrónico para aforo en canales.....	13
Figura 3.10. Precio de equilibrio del mercado.....	15
Figura 3.11. Origen del recurso hídrico.....	21
Figura 3.12. Localización del área de estudio.....	27
Figura 3.13. Localización del DR 011 Alto Río Lerma (Mejía, 1999).....	27
Figura 3.14. Localización de los módulos del DR 011 Alto Río Lerma (Mejía, 1999).....	28
Figura 3.15. Acuíferos dentro del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.....	33
Figura 3.16. Presa Solís.....	35
Figura 3.17. Laguna Yuriria.....	35
Figura 3.18. Presa Tepuxtepec.....	36
Figura 3.19. Presa La Purísima.....	36
Figura 3.20. Esquema Operativo simplificado de la red de distribución de aguas del DR 011 (Mejía, 1999).....	42
Figura 3.21. Gráfica de superficie regada con agua de presa en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.....	46
Figura 3.22. Gráfica de Volumen de agua de riego con agua de presa en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.....	46
Figura 3.23. Gráfica de Lámina de riego bruta aplicada con agua de presa en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.....	47
Figura 3.24. Gráfico de cultivos principales establecidos en el Distrito de Riego 011.....	48
Figura 4.1. Modelo de SIG de la cuenca Lerma-Chapala.....	50
Figura 4.2. Integración de Imágenes SPOT al Modelo de SIG de la cuenca Lerma Chapala.....	50

Figura 5.1. Localización de la zona de bombeo directo en el Río Lerma.	56
Figura 5.2. Ejemplo de la información en puntos de control.	58
Figura 5.3. Porcentaje de pérdidas de conducción contra volumen utilizados de los últimos seis ciclos agrícolas.	59
Figura 5.4. Pérdidas de conducción por tramo en el DR 011 “Alto Río Lerma”, últimos 6 ciclos agrícolas.	60
Figura 5.5. Área de bombeo del Río Lerma, Módulo Valle de Santiago	61
Figura 5.6. Área de bombeo directo del Río Lerma, Módulo Salamanca	62
Figura 5.7. Área de bombeo directo del Río Lerma, Módulo Abasolo	63
Figura 5.8. Volúmenes reales no cuantificados obtenidos del balance de entradas y salidas en el tramo de Lomo de Toro a la derivadora Markassuza por ciclo agrícola.....	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1.	Módulos de Riego del Distrito de Riego 011.	29
Cuadro 3.2.	Estaciones meteorológicas representativas del Distrito de Riego 011.	30
Cuadro 3.3.	Infraestructura del distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.	34
Cuadro 3.4.	Almacenamiento en las presas que abastecen al Distrito de Riego.	34
Cuadro 3.5.	Número de bombeos directos ubicados en las márgenes del Río Lerma por módulos, superficie dominada y número de usuarios.	37
Cuadro 3.6.	Canales principales en los Módulos de Riego del Distrito de Riego 011 (km).	38
Cuadro 3.7.	Canales secundarios en los Módulos de Riego del Distrito de Riego 011.	38
Cuadro 3.8.	Estructuras de control y medición en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.	39
Cuadro 3.9.	Red de caminos del Distrito de Riego 011.	39
Cuadro 3.10.	Red de drenaje en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.	40
Cuadro 3.11.	Tenencia de la tierra del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.	41
Cuadro 3.12.	Volúmenes concesionados a los Módulos de Riego.	43
Cuadro 3.13.	Distribución de aguas en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial, para el ciclo otoño-invierno.	44
Cuadro 3.14.	Distribución de aguas en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial para el ciclo primavera-verano.	44
Cuadro 3.15.	Distribución de aguas en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial para el ciclo perennes.	44
Cuadro 3.16.	Distribución de aguas en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial para el ciclo, Segundos Cultivos.	45
Cuadro 3.17.	Distribución de aguas en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial para riego.	45
Cuadro 5.1.	Resultado del análisis obtenido del sistema de Información Geográfica.	57
Cuadro 5.2.	Pérdidas por tramos del Río Lerma.	59
Cuadro 5.3.	Superficie que se riega con bombeo directo de aguas superficiales.	64
Cuadro 5.4.	Superficie con pozo y sin derechos de uso de agua superficial.	64
Cuadro 5.5.	Superficie que hace uso de agua superficial sin derecho de riego y sin pozo.	65
Cuadro 5.6.	Medias de Superficies regadas, Volúmenes Netos y Láminas de riego Netas, de los Ciclos Agrícolas, 2006-2007 al 2011-2012.	65

Cuadro 5.7. Factores que se aplicaron en los tres módulos, para estimar la distribución de la superficie irregular por subciclos agrícolas.	66
Cuadro 5.8. Factores de los tres módulos, para la estimar la distribución de la superficie irregular por subciclos agrícolas.	67
Cuadro 5.9. Estimación de superficies de bombeo directo con pozos en los tres módulos, con y sin registro.	67
Cuadro 5.10. Estimación de volumen de agua que es usada por los usuarios que no cuentan con derecho para uso de agua para riego del Módulo 04 Valle de Santiago, en base a la superficie del Cuadro 5.5.	68
Cuadro 5.11. Estimación de volumen de agua que es usada por los usuarios que no cuentan con derecho para uso de agua para riego del Módulo 06 Salamanca, en base a la superficie del Cuadro 5.5.	68
Cuadro 5.12. Estimación de volumen de agua que es usada por los usuarios que no cuentan con derecho para uso de agua para riego del Módulo 08 Abasolo, en base a la superficie del Cuadro 5.5.	68
Cuadro 5.13. Resumen de los resultados de volumen irregular de agua extraído para riego a nivel distrito	69
Cuadro 5.14. Comparativo del volumen usado para riego a superficies sin derecho respecto al volumen total de extracción para uso de riego a nivel Distrito 011.....	70
Cuadro 5.15. Cálculo del índice de que representa el volumen estimado para la superficie irregular respecto a las pérdidas totales a nivel Distrito 011.	70
Cuadro 5.16. Pérdidas del tramo de Lomo de Toro a Markassuza, respecto a los volúmenes utilizados a nivel distrito.	72
Cuadro 5.17. Volúmenes no cuantificados con respecto a las pedidas totales del distrito.	73
Cuadro A.1. Cálculo de lámina de riego para subciclo Otoño-Invierno del Módulo 04 Valle de Santiago.....	79
Cuadro A.2. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Primavera-Verano del Módulo 04 Valle de Santiago.	79
Cuadro A.3. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Perennes del Módulo 04 Valle de Santiago.....	80
Cuadro A.4. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Segundos cultivos del Módulo 04 Valle de Santiago.	80
Cuadro A.5. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Otoño-Invierno del Módulo 06 Salamanca.	81

Cuadro A.6. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Primavera-Verano del Módulo 06 Salamanca.	81
Cuadro A.7. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Perennes del Módulo 06 Salamanca.	82
Cuadro A.8. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Segundos cultivos del Módulo 06 Salamanca.	82
Cuadro A.9. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Otoño-Invierno del Módulo 08 Abasolo.	83
Cuadro A.10. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Primavera-Verano del Módulo 08 Abasolo.	83
Cuadro A.11. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Perennes del Módulo 08 Abasolo... ..	84
Cuadro A.12. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Segundos cultivos del Módulo 08 Abasolo.	84

1 INTRODUCCIÓN

Ante el aumento de la demanda del agua en la cuenca Lerma Santiago Pacífico principalmente en la última década donde datos de la misma indican que existe más volumen concesionado que el disponible, se han propiciado disputas entre los usuarios por el recurso, debido a que se presentaron periodos consecutivos de sequía, que no permitieron que los embalses de las presas recuperaran niveles óptimos de almacenamiento, lo que conllevó a aplicar una regulación más estricta en la distribución y aplicación del agua para uso agrícola.

El Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato tiene aprobado un volumen máximo de 955 millones de m³, con los cuáles se debe hacer la entrega de los volúmenes en concesión en sus respectivos puntos de control a 11 Asociaciones Civiles de usuarios que conforman este distrito, así como al Módulo Pastor Ortiz administrado por el Distrito de Riego 087 Rosario Mezquite de Yurécuaro, Michoacán.

En el padrón de usuarios actual existe una lista de beneficiarios ubicados principalmente en el río Lerma en el tramo de la Presa derivadora Lomo de Toro a la presa derivadora Dique Markassuza, que aprovechan volúmenes superficiales que están concesionados a las asociaciones del distrito. Adicionalmente se beneficia una superficie de 5,953.36 ha, cuyos usuarios empadronados son de carácter precario, mismos que por no ser dominados con la infraestructura de canales para aprovechar agua por gravedad, no fueron incluidos legalmente en el padrón oficial del distrito como usuarios regulares.

Sin embargo estos usuarios han existido según antecedentes, antes del decreto de creación del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, pero lo cierto es que al menos desde los años 80s o antes, fueron de la atención de la entonces SARH al grado de crear una Unidad de Riego de Bombeos Directos con sede en Salamanca, Gto., unidad que no fue transferida como tal a persona moral alguna al darse la responsabilidad de la administración, operación y conservación de la infraestructura a los usuarios en el año de 1992.

El Río Lerma se utiliza tanto como cauce de conducción en temporada de riegos y como receptor de volúmenes en época de avenidas así como de volúmenes de retorno no cuantificados, en el

periodo de análisis. La eficiencia de conducción en la red mayor en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma ha tenido una tendencia a la baja, motivo por el cual los usuarios regulares han atribuido a los volúmenes que utilizan los usuarios irregulares, dando menor atención al análisis de los otros tramos de red mayor que no dejan de ser importantes. Lo anterior deriva en que dichos volúmenes, al no estar cuantificados, se trasladan como una pérdida conforme al Reglamento del Distrito de Riego, de tal forma que se distribuyen de manera proporcional al uso de volúmenes registrados en los puntos de control de cada asociación, lo que obviamente repercute en la eficiencia general de la red mayor del distrito.

Con el presente trabajo se analizará el impacto que tienen los volúmenes usados por los usuarios irregulares con respecto a los totales utilizados en el Distrito de Riego, así como su influencia sobre la eficiencia de conducción. Con estos resultados se estará en condiciones de tomar decisiones que ayuden a resolver las disputas entre los usuarios.

2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1 HIPÓTESIS

La hipótesis que se plantea para este estudio es la siguiente:

El volumen utilizado por bombeos irregulares en la red mayor del Río Lerma en el tramo de la derivadora Lomo de Toro a la derivadora Markassuza, son causa del incremento de pérdidas de volumen a nivel del Distrito de Riego 011, “Alto Río Lerma”.

2.2 OBJETIVOS

Los objetivos que se plantean para corroborar la Hipótesis son los siguientes:

2.2.1 General

Estimar los volúmenes no cuantificados por bombeos irregulares utilizados en el tramo de la Derivadora Lomo de Toro hasta la Derivadora Markassuza y evaluar su influencia en la eficiencia de conducción de la red mayor del distrito.

2.2.2 Particulares

- Definir un procedimiento para analizar los volúmenes entregados en los puntos de control en los tramos de la red mayor del distrito de riego 011, así como el volumen perdido.
- Determinar la superficie y aprovechamientos que utilizan volúmenes superficiales concesionados en cada módulo a través de bombeos directos y calcular su capacidad de volumen a extraer.
- Identificar otro tipo de aprovechamientos (pozos) dentro del perímetro del área de bombeos directos.
- Estimar los volúmenes utilizados por usuarios del distrito con registro y los volúmenes utilizados por usuarios irregulares
- Calcular el impacto que representa para el distrito las extracciones de aprovechamientos irregulares existentes en el tramo de la derivadora Lomo de Toro a la Derivadora Markassuza del río Lerma.

3 REVISIÓN DE LITERATURA

En una primera parte se revisan en forma sucinta tópicos relacionados con este trabajo, métodos, de medición de flujo de agua, operación de distritos de riego, aprovechamientos hidráulicos, administración del agua, volúmenes de agua concesionados y sistemas de información geográfica.

En una segunda parte se describe en forma general el Distrito de Riego 011, Alto Lerma, Guanajuato.

3.1 MEDICIÓN DE FLUJO DE AGUA

Según Briones y García (2008), la medición del gasto es de gran utilidad en la toma de decisiones durante la administración de los recursos hidráulicos, en la ejecución de los programas de riego y en diversas actividades relacionadas con el manejo del agua, entre estas últimas se mencionan las siguientes:

- Control de la cantidad de agua de riego entregada a cada usuario en un distrito de riego.
- Determinación de las pérdidas de agua, por conducción en las redes de distribución y evaluación de la factibilidad del revestimiento en acequias y canales de tierra.
- Calibración de estructuras de aforo y determinación de los coeficientes empíricos para su ecuación de descarga.

3.1.1 Aforo por sección y pendiente

Si se considera que en un cauce el flujo es normal, es decir que la pendiente del cauce es aproximadamente igual a la pendiente de la línea de energía del agua puede hacerse una estimación del caudal, conociendo las condiciones del cauce, como la pendiente, el área hidráulica y el coeficiente de rugosidad o de resistencia al flujo, estas condiciones pueden darse en canales o acequias pequeñas y en cauces rectos, donde no se observen remansos.

Para calcular la velocidad del agua por este método se recurre a la ecuación de chezy:

$$Q = AV = Ac\sqrt{rS} \quad (3.1)$$

Dónde:

A=Área hidráulica, m²

V = Velocidad, m/s,

c = Coeficiente de Chezy,

r = Radio Hidráulico de la sección, m,

S = Pendiente del cauce, adimensional.

Generalmente se usa el valor dado por Manning para el coeficiente c.

$$c = \frac{1}{n} r^{1/6} \quad (3.2)$$

Donde n es el denominado coeficiente de rugosidad que es un coeficiente de resistencia del flujo y depende de las condiciones. Al sustituir este valor en la ecuación se tiene:

$$Q = AV = A \frac{1}{n} r^{1/6} \sqrt{rS} \quad (3.3.)$$

3.1.2 Método volumétrico y gravimétrico

En general son poco utilizados en Distritos de Riego y consisten en determinar el caudal en función del tiempo que tarde en llenarse un recipiente previamente aforado o de volumen conocido. Cuando el volumen no se conoce, puede pesarse dicho recipiente lleno de agua y como un litro de agua pesa un kilogramo (agua destilada a 4° C) el peso será numéricamente igual al volumen y el volumen entre el tiempo del caudal.

Suelen utilizarse algunas veces para aforar caudales pequeños en bombas o en drenes, cuando se pueden introducir un recipiente inmediatamente después de una descarga.

Según Palacios y Exebio (2011), alguno de los métodos de aforo directo se menciona a continuación:

3.1.3 Fórmulas empíricas que relacionan la escala o mira con el caudal

Este método consiste en relacionar varios aforos con las lecturas de una escala. Cuando se llevan los valores de caudal y las lecturas de una escala a una gráfica con rayado logarítmico, se observa que los puntos se alinean dentro de ciertos límites conforme una recta.

3.1.3.1 Vertedores

Un vertedero es una muesca o escotadura de forma regular, a través de la cual el agua puede fluir. Los vertederos usados para la medición del agua en canales y diques abiertos, se recortan sobre placas de metal, madera, plástico o fibra de vidrio, mientras que aquéllos utilizados para el desagüe de excedentes en canales, estanques y presas, son generalmente estructuras permanentes, construidas de concreto o mampostería (Briones y García, 2008).

Estas estructuras a veces se utilizan para medir el agua a nivel predial, pero también suelen utilizarse las fórmulas de vertedores, cuando se desea estimar el caudal que pasa sobre una cresta cualquiera o cuando las represas son de agujas (tablones de madera) y el agua se pasa sobre ellas.

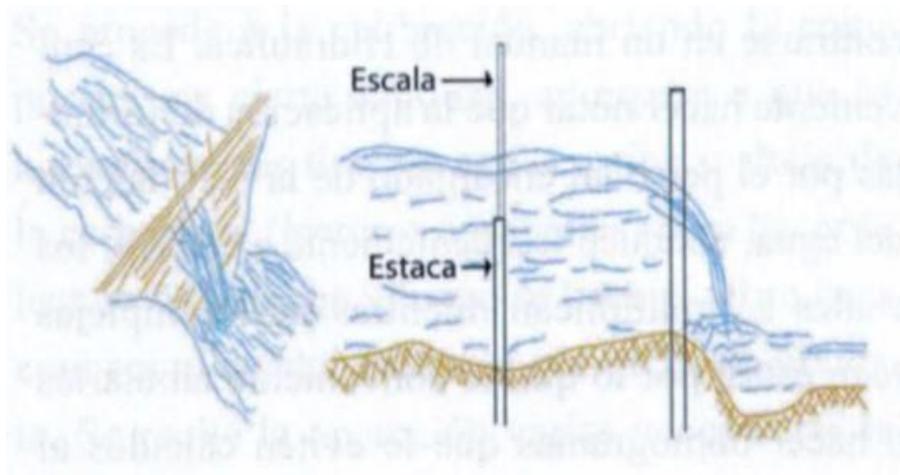


Figura 3.1. Vertedor (Palacios y Exebio, 2011).

En México, se han instalado estructuras de este tipo en la salida de tomas parcelarias para medir este tipo en la salida de tomas parcelarias para medir los caudales entregados, como ha sido la denominada estructura “Guamuchil” que no es más que un vertedor de cresta angosta, con una pantalla que evita una velocidad de llegada de consideración y que no tiene contracciones laterales (Palacios y Exebio, 2011).

Según Briones y García, (2008) la clasificación de los vertedores utilizados frecuentemente en el aforo se describe a continuación.

Los vertederos se clasifican, de acuerdo con la forma de la escotadura en rectangulares, triangulares, trapecoidales, circulares y parabólicos, siendo las tres primeras formas muy usadas

en la medición del agua de riego en canales y acequias. Por el acabado de la cresta se distinguen dos tipos de vertederos, el de cresta aguda y el de cresta ancha.

A. Vertederos rectangulares

El típico vertedero rectangular de cresta aguda mostrado en la Figura 3.1, fue uno de los primeros tipos utilizados en el aforo de corrientes. Su principio hidráulico sirvió para el diseño de los otros tipos.

B. Vertederos triangulares

El vertedero triangular o de escotadura en "V", es apropiado para la medición de pequeños caudales, es fácil de construir e instalar y, desde el punto de vista práctico, está bien adaptado para el aforo de gastos menores de 120 lps.

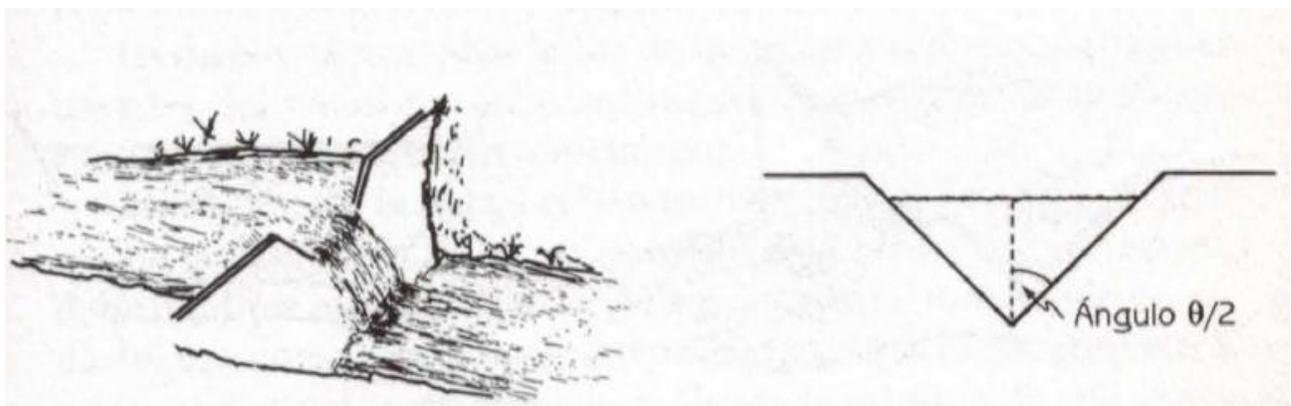


Figura 3.2. Vertedor Triangular.

C. Vertederos trapeciales

La descarga en un vertedero trapeciales igual a la suma de los gastos dados por un vertedero rectangular y uno triangular. Un vertedero trapecial muy usado en la medición del agua de riego, es el Cipolletti, mostrado en la Figura 3.3; tiene 1/4 de pendiente en los costados, aproximadamente la necesaria para obtener un derrame a través de la porción triangular que compense la disminución de gasto ocasionado por las contracciones laterales.

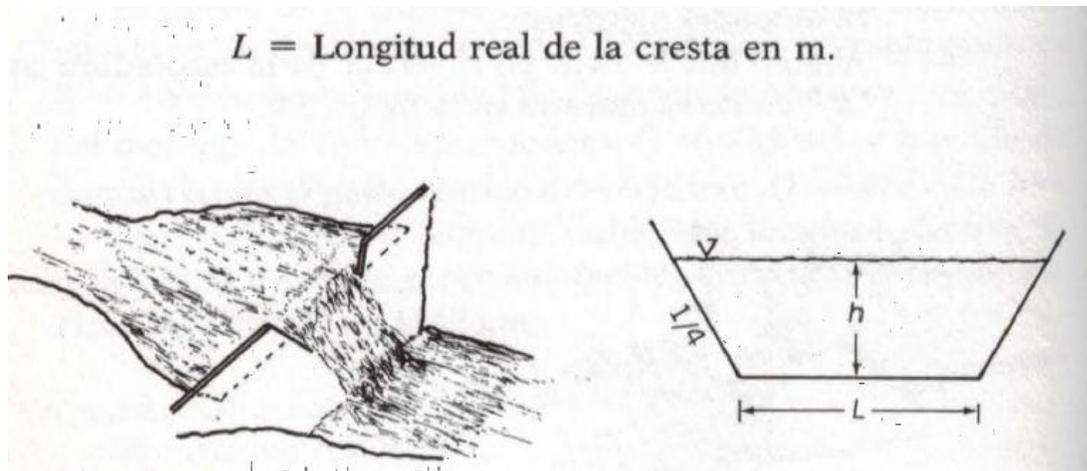


Figura 3.3. Vertedor trapecial.

3.1.3.2 Aforadores tipo Parshall

Todas estas estructuras trabajan en base a una reducción brusca de la sección para producir el tirante crítico, el que se relaciona con el caudal. El caudal es una función potencial del tirante crítico. Como es difícil obtener la ecuación analíticamente, por lo general se obtiene por experimentación el coeficiente y el exponente. El problema que presenta las estructuras para su operación, es que requieren de suficiente carga, lo cual a veces es difícil de conseguir en algunas acequias prediales.

Una muy conocida es la desarrollada por Ralph L. Parshall en la estación agrícola experimental de Colorado EEUU,; compuesta de tres partes fundamentales, las transiciones de entrada y salida y la garganta, esta última consiste un estrechamiento en las paredes verticales de la estructura y con el fondo inclinado con una pendiente 2.67:1. La transición de entrada es de paredes verticales y fondo plano, la de salida también tiene paredes verticales pero el fondo de la garganta al nivel del piso, además tiene dos tanques de reposo para medir las cargas aguas arriba (H_1) y aguas abajo (H_2) como se muestra en la Figura 3.4. Las fórmulas para calcular el caudal varían con el tamaño de la estructura.

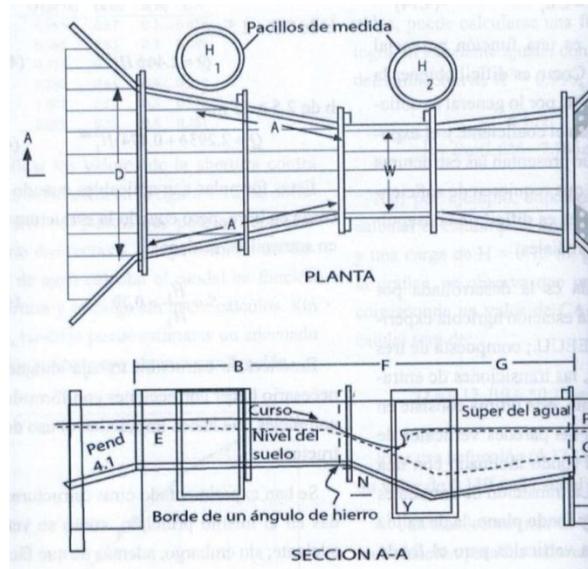


Figura 3.4. Medidor Parshall.

3.1.3.3 Estructura aforadora Delicias

En el Distrito de Riego 05 Delicias se ha probado con bastante éxito un tipo de estructura que se adaptó a tramos revestidos con losas semicirculares (Figura 3.5) y que consiste en:

Una transición de entrada con una longitud mínima de 1.50 m, la longitud del tramo revestido con las losas semicirculares debe ser de 2.00 m; las losas tienen un radio de 0.273 m y se prolonga en las paredes verticalmente hasta una altura de 0.419 m, con un espesor medio de 0.04 m. logrado con el precolado.

Su funcionamiento, se basa en provocar un estrechamiento de la sección hidráulica, de lo que se logra haciendo girar la paleta de modo que la parte ancha quede colocada transversalmente al flujo, en esta forma se produce un fuerte incremento de régimen lento a rápido, con la consecuente transición que provoca el tirante crítico.

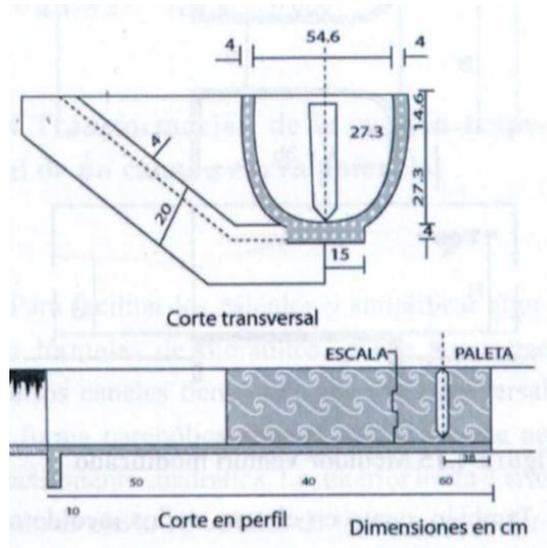


Figura 3.5. Estructura de aforo “Delicias”.

3.1.3.4 Medidor Venturi modificado

En el laboratorio de estructuras hidráulicas de lo que fue la Secretaria de Recursos Hidráulicos, desarrollo una estructura muy simple que consiste en un estrechamiento rectangular en la sección rectangular de un canal o regadera, con los bordes en la entrada ligeramente redondeados; la longitud recomendada es de tres veces el ancho.

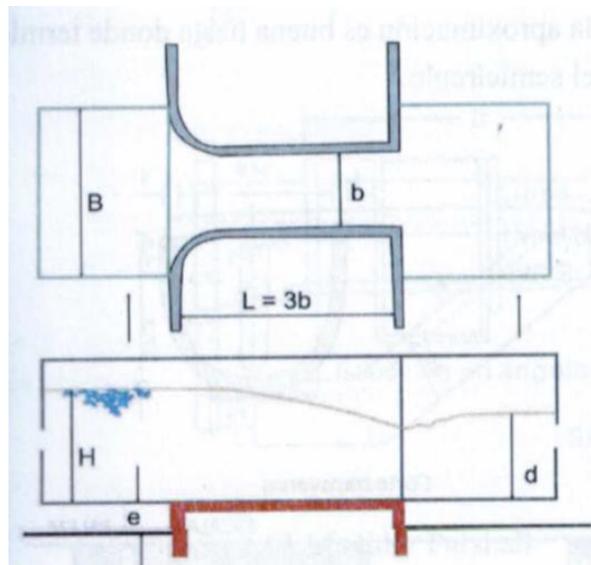


Figura 3.6. Medidor venturi modificado.

3.1.4 Métodos de aforo de sección y velocidad

Según Palacios y Exebio (2011) los métodos de aforo de sección y velocidad se dividen en:

3.1.4.1 Flotadores

Para estimar la velocidad del agua en un caudal pueden utilizarse flotadores, los que al ser impulsados por las partículas de agua llevarán una velocidad similar a ellas.

La velocidad del viento influye mucho en los flotadores superficiales por lo que son más recomendables los subsuperficiales o sea los que van ligeramente debajo de la superficie del agua.

La velocidad del flotador se obtiene midiendo una distancia sobre una de las orillas del canal y tomando el tiempo que el flotador tarde en recorrerla. Se recomienda escoger un tramo recto y de sección relativamente uniforme y llevar a cabo varias mediciones de la velocidad para obtener un valor medio.

Por otra parte, el área de la sección de una acequia puede ser estimada dividiendo el ancho del espejo del agua en varias partes de igual longitud y midiendo la profundidad en cada una de las divisiones estimada, en forma aproximada, como se observa en la Figura 3.7.

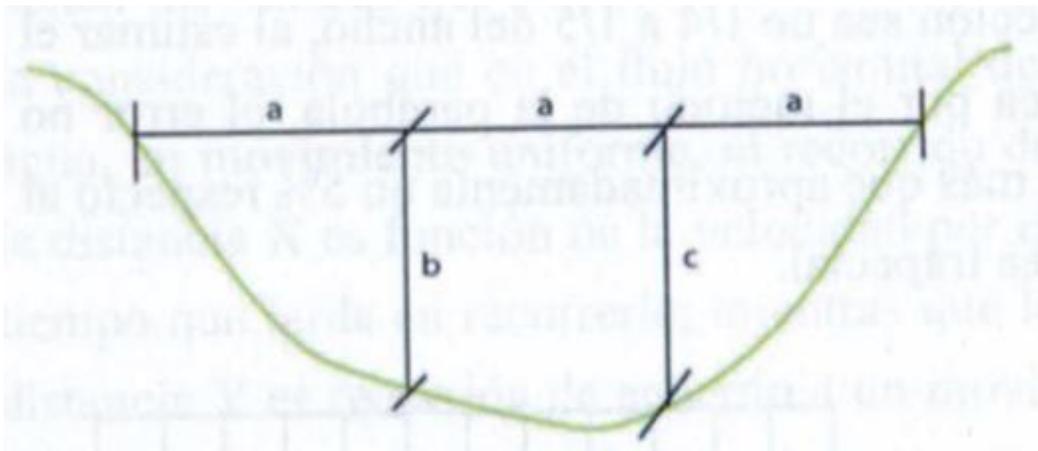


Figura 3.7. Sección de acequia.

Otro método muy rápido es hacer un sondeo en el centro del canal, multiplicarlo por el ancho y por $2/3$. Esto equivale a considerar una sección parabólica de la acequia.

En realidad los canales de tierra suelen deformarse y toman la forma de una parábola, aunque no siempre cuadrática.

3.1.4.2 Molinete

Este método es muy común conocido en los distritos de riego y es de los más utilizados; tiene como desventaja que es laborioso y tardado, pero suele utilizarse como método patrón para calibrar otros. Control de la cantidad de agua de riego entregada a cada usuario en un distrito de riego.

Existen fundamentalmente dos tipos de molinete, el de copillas que gira sobre un eje horizontal. La velocidad del agua hace girar a las copillas o la hélice y el número de revoluciones en la unidad de tiempo es proporcional a la velocidad.

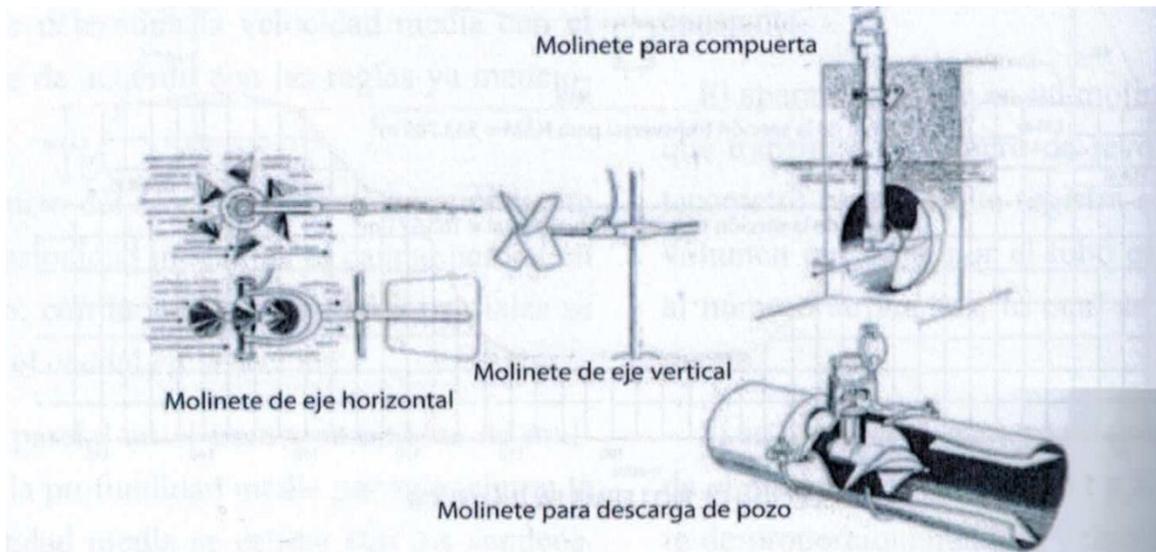


Figura 3.8. Tipos de molinetes.

Actualmente ya hay molinetes electrónicos, que incluyen un microprocesador, el cual puede calcular la velocidad medida en una sección, simplemente el meterlo en el agua del fondo a la superficie del canal, regadera o acequia, como se muestra en la Figura 3.9.



Figura 3.9. Molinete electrónico para aforo en canales.

Para efectuar un aforo con este método se sigue la siguiente secuencia:

- Se busca un lugar adecuado del cauce, de preferencia un tramo largo y recto que tenga una sección aproximadamente uniforme.
- Se coloca un madero como puente (en caso de que no exista), o se tiende un cable entre postes para suspender de él al molinete; debe procurarse que la sección sea perpendicular al eje del cauce.
- La sección se divide en varios tramos, cuyo número depende de la anchura del cauce y de la exactitud que se requiera. En el centro de cada tramo se determina la velocidad media con el molinete de acuerdo con las reglas ya mencionadas.

- El producto del área del tramo correspondiente por su velocidad media, da el caudal parcial en el tramo; con la suma de caudales parciales se obtiene el caudal en la sección.
- El área parcial en el tramo, se obtiene de multiplicar la profundidad
- media por su anchura; la profundidad media se estima con los sondeos.
- Un tipo especial de molinete que por lo general se adapta a la descarga de tubería, es el integrador volumétrico. Puede colocarse también a la salida de alcantarillas, sifones, etc. Con la condición de que la sección del tubo este ahogada, o sea que la sección tenga un área hidráulica constante.

3.1.5 Orificios y tubos cortos

Cualquier estructura que trabaje como orificio o tubo corto (compuertas y tomas granja) puede servir para aforar. La fórmula que permita obtener el caudal en función del área del orificio y la carga.

Como simplificación del método de aforo y para evitar hasta cierto punto los inconvenientes señalados, L. Zierold (1964), encontró un método relativamente sencillo para aplicar esta fórmula. Se hacen varios aforos con diferentes aberturas de compuertas, utilizando otros métodos, por ejemplo molinete, también se mide la carga.

3.2 OPERACIÓN DE DISTRITOS DE RIEGO

Desde su creación, los Distritos de Riego en México fueron regulados, en cuanto a su operación por el gobierno federal. Sin embargo, estudios efectuados mostraron que había ineficiencias e inequidades en el manejo del agua en los mismos, debido a que se había responsabilizado de dicho manejo a un grupo burocrático cuyos objetivos de bienestar no coincidían con los de los productores agropecuarios y esta situación propiciaba el manejo deficiente, no sólo del agua, sino también de la infraestructura, por lo cual se recomendaba transferir la responsabilidad de la operación y administración de estos sistemas a las organizaciones de usuarios del agua (Palacios et al. 1994, Citado por Camacho, 2010).

La función de la Jefatura del Distrito de Riego es la de determinar y dar a conocer al inicio de cada ciclo agrícola, el volumen de agua disponible para la formulación del plan de riegos de los

módulos de riego para un uso racional y eficiente del recurso y mantener en condiciones óptimas la infraestructura hidráulica (Camacho, 2010).

Uno de los objetivos del análisis de sistemas de producción es lograr que su operación sea eficiente. En lo que respecta a los sistemas de producción, se entiende por operación eficiente lograr obtener el valor máximo de la producción al menor costo. En un mercado sin distorsiones la oferta y la demanda definen un precio de equilibrio para una cierta cantidad de satisfactor que también queda definida. En la Figura 3.10 se muestran las curvas de oferta y demanda que representan sus funciones, así como el precio (P) y la cantidad de satisfactor (Q) que éstas definen (Palacios, 2007).

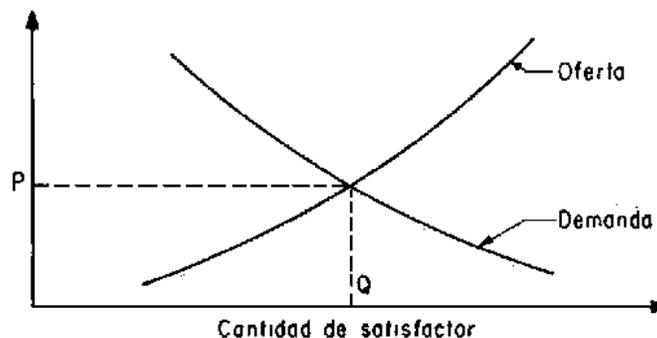


Figura 3.10. Precio de equilibrio del mercado.

La Comisión sobre Geociencias, Medio Ambiente y Recursos, del Consejo Nacional de Investigación de los EEUU (1997), considera de suma importancia conocer el total valor económico del agua para definir adecuadas políticas de manejo de este recurso, señalando que su “total valor económico” (TVE), tiene dos importantes componentes, el valor de su uso extractivo y el valor de su uso in situ. Este segundo uso es muy importante y tiene relación con su valor ecológico, en el sostenimiento de especies vegetales y animales, en el disfrute estético y como medio “buffer” para la dilución de contaminantes entre otros (Palacios, 2007).

La sustentabilidad es la capacidad del sistema ecológico de proveer bienes y servicios que satisfagan las necesidades actuales sin comprometer su aprovisionamiento futuro o bien la búsqueda y ejecución de estrategias racionales que le permitan al ser humano administrar su interacción con el sistema natural, de tal forma que la sociedad como un todo se beneficien y el sistema natural mantenga su integridad en un nivel tal que le permita su recuperación (Sánchez et al. 2001, Citado por Camacho, 2010).

En la mayoría de los Distritos de Riego de México, la mayor demanda de agua es para el riego de los cultivos. En pequeñas cantidades también hay demanda de agua para usos domésticos, industriales, en acuicultura y para lavado de terrenos salinos. El uso de agua para generación de energía eléctrica queda comprendido en los usos industriales y muchas veces es compatible con el uso en riego; sin embargo, en los Distritos de Riego del país, generalmente el uso del agua para riego tiene prioridad respecto al uso para generar energía eléctrica (Palacios, 2007).

Mejía (2007), citado por Camacho (2010), la define como un nuevo concepto en la agricultura que mediante el uso de las tecnologías de información permite hacer un manejo “a la medida” de cada parcela dentro de las Unidades y Módulos de Riego o en la agricultura de temporal. El uso de SIG, sistemas de posicionamiento global con señal diferencial (DGPS), además de sensores y maquinaria especializada, constituyen las bases del buen funcionamiento de las áreas agrícolas y pecuarias de nuestro país.

La construcción de la infraestructura de riego, tiene como finalidad proporcionar agua en la cantidad y oportunidad adecuada para la producción de cultivos para una agricultura comercialmente competitiva; sin embargo, en muchos casos no es posible derivar y distribuir el agua ni en la cantidad ni con la oportunidad que requieren los cultivos, por diferentes razones, entre las que se pueden enumerar principalmente las siguientes: a) la falta de capacidad de los canales debido a errores en el diseño de la infraestructura o a que la superficie finalmente regada fue superior a la supuesta en dicho diseño; b) la falta de estructuras que permitan mantener los caudales constantes para el riego de las superficies dominadas; c) errores en la programación de los riegos, d) errores en el manejo de la infraestructura; e) conservación deficiente de la infraestructura y f) una combinación de varias de estas causas (Palacios, 2007).

La Comisión Internacional sobre Irrigación y Drenaje desde hace varios años creó un grupo de trabajo sobre la eficiencia en el uso del agua, considerando las pérdidas que ocurren desde la captación en obras de almacenamiento y derivación, hasta su aprovechamiento por los cultivos agrícolas. Al respecto esta Comisión define la eficiencia como la relación entre el volumen de agua que es aprovechada por las plantas y el volumen de agua captado en las fuentes de abastecimiento con este fin (Palacios, 2007).

Tomando en cuenta esta definición de carácter general, la CIID considera tres niveles de eficiencia que son: eficiencia de almacenamiento del agua, como la relación entre el volumen que se extrae de un embalse entre el volumen que entra; la eficiencia de conducción, que es la relación entre el volumen entregado a las parcelas regadas, entre el volumen extraído de la fuente de abastecimiento; y la eficiencia de aplicación que es la relación entre el volumen que queda almacenado en la zona de exploración de las raíces de las plantas para su aprovechamiento, entre el volumen entregado a la parcela. El producto de estas tres eficiencias, será la eficiencia total en el uso del agua de riego (Palacios, 2007).

A partir de las últimas dos décadas del siglo veinte, y durante lo que va del siglo actual, ha habido un acelerado avance en el desarrollo de software, abaratamiento de las computadoras, así como el aumento en su capacidad y velocidad operativa, lo cual ha permitido el desarrollo de sistemas de información que están facilitando la creación y manejo de bases de datos, las cuales se han combinado con el uso de información geográfica y la teledetección mediante sensores remotos, que son herramientas fundamentales para facilitar el manejo del agua, los suelos y los cultivos en el sector agrícola y propiciar el incremento de su productividad (Palacios, 2007).

La Comisión Internacional en Irrigación y Drenaje (CIID), ha creado un grupo de trabajo en Sistemas de soporte para la toma de decisiones en el manejo del agua y el suelo, que se apoya en la Teledetección mediante sensores remotos y los Sistemas de Información Geográfica (Vidal et al 2000, citado por Palacios, 2007).

Mediante los Sistemas de Información Geográfica, es posible crear bases de datos con toda la información necesaria para la toma de decisiones, sobre el manejo hidráulico de los sistemas de riego, así como para las decisiones de los productores agrícolas y esta información puede combinarse con la posición geográfica de los elementos que forman los sistemas hidráulicos y de producción agrícola para mejorar el entendimiento de su funcionamiento (Palacios, 2007).

3.3 APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS

La evolución de la agricultura bajo riego en México ha sido siempre frenada por la falta de coincidencia entre la disponibilidad de agua y de tierras propicias. Por lo tanto, se ha hecho

necesario reunir las mediante obras que acondicionen las tierras y/o las provean de riego (Aguilera y Martínez, 1996).

3.3.1 Ley de Aguas Nacionales

La Ley Nacional de Aguas ha venido a reconocer normativamente el principio técnico de la unidad de gestión y del ciclo hidrológico determinando un tratamiento jurídico basado en la unidad de cuenca hidrológica donde la coordinación y la concertación entre la autoridad y los usuarios a partir del programa nacional hidráulico es uno de los elementos más importantes. Según la Ley, la cuenca, conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión del recurso hidráulico (Marín, 2008).

Por su parte, la LAN estipula las facultades del Ejecutivo Federal en materia de administración de aguas nacionales y precisa los instrumentos normativos de que dispone la Comisión Nacional del Agua para formular, implantar y evaluar la planeación hidráulica del país, administrar y custodiar las aguas nacionales, expedir títulos de concesión (los cuales son expedidos a personas y organismos particulares) y asignaciones (las cuales se otorgan a las entidades de la administración pública) y permisos de descarga de aguas residuales, así como sus prórrogas y transmisiones, y proyectos de reglamentos de cuencas. La LAN también define a la Comisión Nacional del Agua como la “autoridad federal única en materia de agua del país” (Cantú y Garduño, 2004).

3.3.2 Agua Superficial

México cuenta con un escurrimiento superficial virgen medio de 394 km³. De la precipitación anual, el 23% se vuelve escurrimiento superficial; este se suma a 40 km³ provenientes de Guatemala, 1.8 km³ del río Colorado y restándole 0.44 km³ que en promedio se entregan a los Estados Unidos en el río Bravo (Arreguim et. al., 2004, citado por Marín 2008).

El balance nacional de agua subterránea resulta positivo en su conjunto, ya que la extracción estimada en 27.2 km³/año representa sólo el 41% de la recarga total estimada en 66.1 km³/año. Estos números sin embargo, esconden algunas realidades de México. La distribución espacio-temporal del agua es grande, y desafortunadamente para el país, la zona con la mayor abundancia, el sureste de México, no corresponde al área donde el agua es requerida (el norte de

México). Esto ha resultado en problemas graves en cuanto al manejo del agua subterránea (CNA, 2001, citado por Marín, 2008).

En las últimas décadas son cada vez más las regiones hidrológicas en el mundo en que la demanda de agua para necesidades humanas supera el agua que el ciclo hidrológico es capaz de renovar anualmente. De esta manera se dan situaciones de sobreexplotación de los recursos hídricos con considerables afectaciones al medio ambiente. Este proceso se ha conceptualizado como el cierre de cuenca (riverbasin closure), en tanto deja de existir disponibilidad de agua para nuevas o mayores demandas del recurso (Keller et al., 1998), e incluso se reducen o desaparecen los caudales que requieren los ecosistemas para su existencia. Esto también tiene importantes repercusiones sociales, políticas y económicas, ya que la gestión del agua deja de ser la gestión de su escasez, para convertirse en la gestión del déficit permanente de agua. Las razones que explican esto son multifactoriales, pero las fuerzas conductoras de este proceso son fundamentalmente resultado de las actividades humanas sobre el ambiente, el crecimiento demográfico y las actividades económicas, con un importante componente sociopolítico (Mollinga, 2008, Citado por Vargas, 2010).

Uno de los supuestos del enfoque modernizador es que, en un contexto económico desfavorable, es posible la modernización de un amplio sector de productores. Sin embargo, la información disponible sugiere que el uso de tecnología nueva disminuye en un amplio sector de productores, aunque sí existe un mejoramiento en la productividad por hectárea. Hay que resaltar que los incrementos en la productividad, esta última respuesta, no permite compensar la baja en su rentabilidad y por tanto en el ingreso de los productores. El sector que incorpora tecnología es el que se encuentra asociado a procesos de agroindustrialización, en un tipo de producción ajeno a la racionalidad campesina, de lo que en los países desarrollados ha dado en llamarse agricultura industrial. Sin embargo, prácticas como la siembra directa y el uso de tubería de baja presión o tubería de compuertas se han generalizado, ya que son de mínimo costo y permiten incrementar la eficiencia en el uso del agua en situación de mayor escasez (Vargas, 2010).

En el caso de los distritos de riego, existe una mayor diversidad en cuanto a las fuentes de abastecimiento. En general también predomina el acceso al agua vía canal, en tres distritos (011, 033 y 085) más de 80% de los usuarios dependen de esta fuente de abastecimiento; sin embargo, hay distritos donde el bombeo directo del río es muy importante, por ejemplo en el Rosario

Mezquite más de la mitad (53.5%) accede al agua por medio de bombeos directos del río Lerma, en la Ciénega de Chapala lo hace 33.3%. El acceso al agua vía pozo es importante en Distritos de Riego como en el Estado de Jalisco, donde 27.8% tiene acceso a pozos, en Rosario-Mezquite así lo hace 21.1% y en Alto Río Lerma 18.6%. En lo que respecta a los usuarios que combinan el uso de agua de canal y de pozo, el DR Rosario-Mezquite es donde se da el mayor porcentaje con 28.2% de los usuarios (Vargas, 2010).

En general existen niveles de información bajos, considerando que el proceso de movilización por el agua, así como la discusión pública respecto a los trasvases al lago de Chapala debería involucrar más a los agricultores de toda la región. En general se manifestó un conocimiento muy bajo entre los agricultores de pequeña irrigación, lo cual expresa la poca vinculación que tienen con el arreglo institucional y la problemática del lago de Chapala y el manejo de las grandes presas. En el caso de las unidades de riego, se explica el bajo conocimiento por el tipo de vinculación que tienen con el arreglo institucional del agua, es decir, a estos agricultores les resulta muy difuso identificar qué instituciones locales, estatales o federales tienen que ver con el agua, y con qué funciones. Lo que resulta contradictorio es que en el distrito de riego 011, el cual ha mostrado mayor movilización por el agua y contra los trasvases, existe un bajo nivel de conocimiento del espacio institucional en el cual se resuelve su problemática del agua (Vargas, 2010).

3.3.3 Agua Subterránea

La evaluación del agua subterránea ha sido una tarea que ha adquirido gran importancia en las últimas décadas en nuestro país, como consecuencia del incremento de la demanda por el recurso. Así, tanto las personas involucradas directamente con el sector hidráulico como aquellas relacionadas de manera indirecta, han prestado mayor interés en los conceptos hidrogeológicos que forman la base del estudio de las aguas subterráneas.

El agua subterránea es parte de la precipitación que se filtra a través del suelo hacia los estratos porosos y en ocasiones los satura de agua. Se mueve lentamente hacia los niveles bajos, generalmente en ángulos inclinados (debido a la gravedad) y, eventualmente, llegan a los manantiales, los arroyos, lagos y océanos (IMTA, 2011).

La Comisión Nacional del Agua ha identificado 653 acuíferos en el Territorio Nacional. Aproximadamente 200 de estos acuíferos han sido sujeto de uno o más estudios, y los volúmenes disponibles para 188 acuíferos han sido publicados en el Diario Oficial de la Federación. Esto quiere decir que dos terceras partes de los acuíferos de México no han sido cartografiados, y en los cuales no se conoce su geometría, volumen de agua disponible, y otra información básica. El agua subterránea representa el 70% del agua potable a los Mexicanos, suministro para la tercera parte de la superficie bajo riego y el 50% de la industria (Marín, 2008).



Figura 3.11. Origen del recurso hídrico.

3.4 ADMINISTRACIÓN DEL AGUA

La Administración del Agua en México está a cargo de la CONAGUA, definida ésta última como la Autoridad del Agua, que a nivel regional está representada por los Organismos de Cuenca y a nivel Nacional conformada por Unidades Administrativas denominadas Subdirecciones Generales mismas que tienen las facultades y deberes que la ley les otorga. (Art. 9 Ley de Aguas Nacionales; Art. 11 Reglamento Interior Comisión Nacional del Agua). (CONAGUA, 2012).

La administración del agua se ejecuta buscando el custodiar los bienes regionales en materia de aguas nacionales y sus bienes inherentes, de conformidad a las disposiciones jurídicas vigentes y aplicables; promoviendo lo necesario para la preservación de su calidad y cantidad, para lograr su uso y desarrollo integral sustentable (CONAGUA, 2010).

La administración del agua se pretende mediante el fortalecimiento del Sistema Integral de Administración del Agua (SIAA), los cuales están pensados en mejorar la calidad de los servicios

que proporciona la CONAGUA, a través de los Centros Integrales de Servicios (CIS) establecidos en los organismos de cuenca y direcciones locales(CEAA, 2012).

La implantación del Sistema Integral de Administración del Agua (SIAA) tiene como finalidad incrementar la transparencia y eficiencia en los procesos de administración y de gestión del agua, además de establecer mejoras sustanciales en la calidad de los servicios que brinda la CONAGUA al público en general y responder a los requerimientos en la materia. (CEAA, 2011).

La finalidad principal de las cuotas por el servicio de riego, es lograr el sostenimiento del Distrito de Riego, aunque en algunos casos, parte de esas cuotas se usan para amortizar inversiones debidas a la construcción o rehabilitación de las obras. No obstante, sólo unos cuantos distritos llegan a ser autosuficientes, el resto tiene que depender de un subsidio gubernamental (Palacios y Exebio, 2011).

Esta dentro de los deberes de la gerencia de administración del agua, el Coordinar la implementación del Programa Regional Hidráulico en materia de administración de los usos del agua, en los términos previstos por la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, así como vigilar su ejecución (CONAGUA 2009).

Es responsabilidad de la Gerencia de administración de agua representada a nivel regional por el organismo de cuenca el supervisar el proceso de captación de los ingresos originados por la recaudación de los derechos, los aprovechamientos y contribuciones federales, en materia de agua, sus bienes inherentes y la prestación de los servicios proporcionados por la GerenciaRegional(CONAGUA 2009).

3.5 VOLÚMENES DE AGUA CONCESIONADOS

Los volúmenes de aguas nacionales concesionados o asignados a los usuarios se inscriben en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), agrupándose para fines prácticos en usos consuntivos (agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas) y no consuntivos (hidroeléctricas). El 63% del agua para uso consuntivo proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), el resto de aguas subterráneas. Del total del volumen concesionado para usos agrupados consuntivos, al 2009 el 76.7% le correspondía al agrícola. (CONAGUA, 2010).

REPDA Proporciona información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, a través de la inscripción de los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, haciendo constar la titularidad de los derechos inscritos y los cambios en sus características. (CONAGUA, 2010).

REPDA tiene como misión Otorgar seguridad jurídica a los usuarios de Aguas Nacionales a través de la inscripción oportuna y confiable de las concesiones, emitir la información estadística, así como permitir la consulta pública. (CONAGUA, 2010).

La visión de REPDA consiste en ser un órgano con capacidad técnica y operativa de vanguardia en materia registral, de control documental, estadística y cartográfica, para el cumplimiento de sus funciones en el ámbito de su competencia en la CONAGUA (CONAGUA, 2010).

3.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un SIG integra hardware, software y datos para capturar, gestionar, analizar y presentar todo tipo de información geográficamente referenciada. Del mismo modo, permite ver, comprender, cuestionar, interpretar y visualizar los datos en muchos aspectos que revelan las relaciones, patrones y tendencias en forma de mapas, informes y gráficos (Núñez et al. 2009, Citado por Camacho, 2010).

La organización de la información en un SIG, en forma de capas, no solamente sirve para facilitar su manejo y visualización, sino que permite un rápido acceso a los elementos de la información almacenada, con fines de análisis. En sí, la razón de ser de un SIG, es el análisis geográfico de la información. Para el análisis de la información, un SIG, dispone de herramientas y de procedimientos u operaciones que pueden llevarse a cabo con el “software” disponible. Ya sea que la información se almacene en el SIG en forma de “raster” o vectorialmente, generalmente puede manejarse mediante cuatro grupos de herramientas y las operaciones que pueden llevarse a cabo se dividen en tres tipos: búsqueda en base de datos, álgebra de datos y operadores de distancia (Palacios, 2007).

El mapeo cartográfico constituye un componente integral del proceso de gestión de los recursos de la Tierra, y la información asignada es el producto común del análisis de datos obtenidos por teledetección (Canadá Centre for Remote Sensing, 2009). Los rasgos naturales e infraestructuras manufacturadas, como redes de transporte, zonas urbanas, y los límites administrativos pueden ser

presentados espacialmente con respecto a los sistemas de coordenadas referenciados, que luego pueden combinarse con información temática. Los mapas de línea de base, temáticos y topográficos son esenciales para la planificación, evaluación y seguimiento, para el reconocimiento militar o civil, o el manejo del uso de la tierra, sobre todo si están digitalmente integrados en un sistema de información geográfica como base de información (Rodríguez, 2010).

La utilidad principal de un Sistema de Información Geográfica radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales (cartografía). La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que las influyen, así como para evaluar las posibles consecuencias de las decisiones de planificación sobre los recursos existentes en alguna área de interés.

Un sistema de información que está diseñado para trabajar con datos referenciados por coordenadas espaciales y geográficas, con capacidades para manejar datos espacialmente referenciados. También es un conjunto de operaciones para trabajar y analizar datos (Star y Estes, 1996, citado por Camacho, 2010).

En el subcampo matemático del análisis numérico, la interpolación es un método de adquisición de nuevos datos de puntos de un conjunto discreto de puntos conocidos. En el contexto de los Sistemas de Información Geográfica, es un método para estimar los valores de las celdas en formato raster de un número limitado de puntos de datos de la muestra. Por lo tanto, la interpolación se utiliza para crear una superficie continua, mediante la adquisición de nuevos valores de los parámetros en los puntos que no han sido muestreados directamente (Rodríguez, 2010).

Mejía *et al.*, (2003a), citado por Camacho (2010), mencionan que en el manejo de un distrito de riego como un sistema de producción, es necesario considerar tres horizontes de tiempo: 1) Desarrollo histórico (evaluación), 2) Manejo en tiempo real (operación) y 3) Proyección de posibles cursos de acción (planeación). Una de las tecnologías para el manejo de la información es el empleo de los SIG; de tal forma que en la oportunidad requerida, técnicos y usuarios de los distritos y módulos de riego puedan disponer de información adecuada y suficiente para evaluar el desarrollo de sus actividades, así como para planear el mejor uso de los recursos a corto y mediano plazo.

Mejía (2007), indica que, en la actualidad, el sector agropecuario se desarrolla dentro del contexto de mercados globalizados. Esto implica una mayor competitividad y mayores restricciones ambientalistas para producir productos de consumo humano. Sobre todo es imprescindible hacer un manejo adecuado del recurso agua en donde se logre la mayor productividad del mismo bajo un manejo sustentable.

3.7 DISTRITO DE RIEGO 011 ALTO RIO LERMA, GUANAJUATO

El Presente trabajo se realizó en el distrito de Riego 011 Alto Río, Lerma Guanajuato. En esta parte se describen en forma general sus características físicas, de operación y estadísticas.

3.7.1 Localización

Según el Plan Director (2011), la conformación del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, Gto., fue dándose por fases pues existen datos de aprovechamientos de las aguas del río Lerma desde la época de la colonia, con el almacenamiento de estas aguas en la Laguna de Yuriria por frailes franciscanos, la construcción del dique markassuza límite de los estados de Guanajuato y Michoacán en los municipios de Huanímaro y José Sixto Verduzco hoy Pastor Ortiz respectivamente, en el año de 1897, aprovechando sus aguas para áreas de riego de estos municipios, así como la construcción de los diques Alto y San Gabriel en el año de 1912, para aprovechar las aguas del río turbio afluente al río Lerma en beneficio del área de la zona de Corralejo de Hidalgo hoy municipio de Pénjamo, Gto.

Años después con la construcción del canal Antonio Coria se amplía la zona de riego con las unidades de Cortazar, Irapuato y Abasolo, a esta última se adhirieron las zonas de Huanimaro, Pastor Ortiz y Corralejo, la intensidad del aprovechamiento de las aguas del Río Lerma para riego fue a partir de 1935 con la construcción de la Presa “Tepuxtepec” por la extinta Comisión Nacional de Irrigación la cual inició la planeación de conjunto para la conveniente distribución de sus aguas.

Por decreto, la creación del Distrito de Riego No. 011 “Alto Río Lerma” se realizó en marzo de 1939 y más tarde, la Ley de Riego de 1946 previó la operación de los Distritos de Riego por la Federación, por lo que para alimentar a los canales principales, lograr una mayor eficiencia en la distribución y atender cada vez en mejor forma las demandas de riego, se construyó la presa derivadora “Lomo de Toro”, a la cual se le considera, junto con los canales que abastece, como el

corazón del Distrito, ya que riegan las Unidades de Cortazar, Salamanca, Irapuato, Abasolo, Jaral y Valle.

Años después se construyó la presa “Solís”, que se terminó en 1949, con un almacenamiento de 798 millones de m³, dando un impulso definitivo a la formación de este Distrito de Riego con la construcción de los canales Bajo Salamanca y Antonio Coria Maldonado en el año de 1952, formando de inicio las unidades de Maravatío, Acambaro, Salvatierra, Jaral, Valle de Santiago y Salamanca, así como la obra más reciente en 1979 con la construcción de la Presa Purísima.

Con la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales Vigente del año 1992 y sus reformas del año 2004, la responsabilidad de la ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN y CONSERVACIÓN de las obras así como los volúmenes de los derechos de sus usuarios, se concesiona a estos mismos debidamente organizados y los volúmenes a distribuir quedan sujetos a los acuerdos del Consejo de Cuenca Lerma Chapala.

El Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Gto., el más grande de la cuenca Lerma Chapala se encuentra ubicado en el estado de Guanajuato en las coordenadas medias 20°16' de Latitud Norte, 100°56' de Longitud Oeste y 1,700 metros de altitud sobre el nivel del mar.

La superficie de este Distrito de Riego conforme a su decreto presidencial es de 112,772 has., sin embargo a la fecha, el padrón de usuarios establece una superficie de más de 115,872 has., incluyendo una superficie de 5,950 has., de usuarios precarios, superficie que se irriga con las fuentes de almacenamiento más grandes de la cuenca con excepción del Lago de Chapala, como lo son la Presa Tepuxtepec, Presa Solís, Laguna de Yuriria y en menor escala la Presa la Purísima.

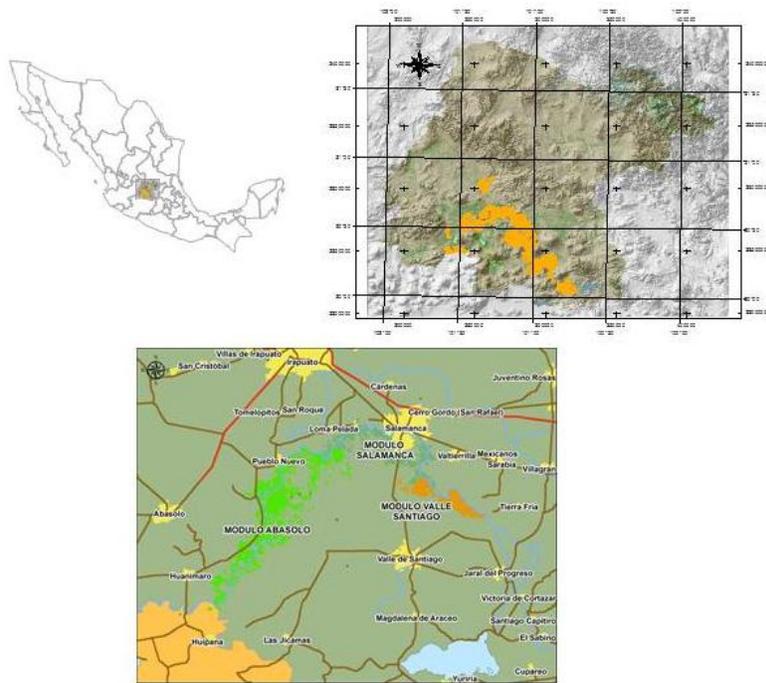


Figura 3.12. Localización del área de estudio.

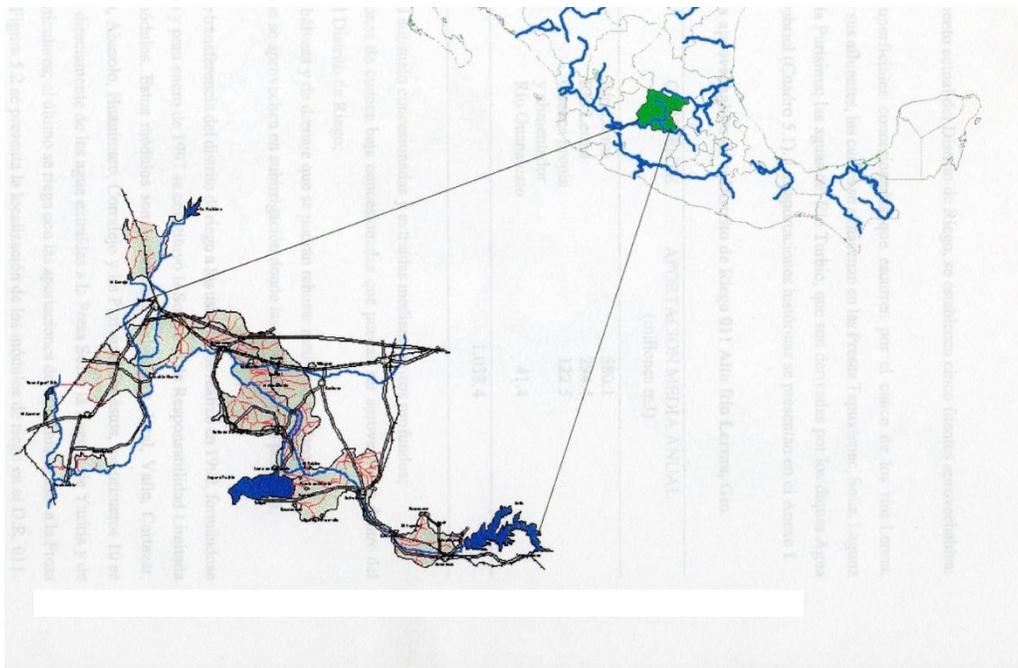


Figura 3.13. Localización del DR 011 Alto Río Lerma (Mejía, 1999).

El distrito se localiza en los municipios de Acámbaro, Salvatierra, Santiago Maravatío, Jaral, Yuriria, Valle de Santiago, Villagrán, Cortazar, Salamanca, Irapuato, Guanajuato, Silao,

Tarimoro, Pueblo Nuevo, Abasolo, Huanímario, y Pénjamo del Estado de Guanajuato, .en la región administrativa de la CNA denominada 08 Lerma Santiago Pacífico.

Como quedó asentado, en el Distrito existen once Módulos de Riego, además de que administrativamente también se le entregan volúmenes concesionados al Módulo de Pastor Ortiz del Distrito de Riego 087 “Rosario Mezquite” de Yurécuaro del Estado de Michoacán, los cuales son administrados, operados y conservados cada uno por una Asociación de Usuarios, de acuerdo a la siguiente localización y denominación, Figura 3.14y Cuadro 3.1.

El área de estudio forma parte del área dominada por los Módulos Valle, Salamanca y Abasolo y se encuentra en las márgenes del río Lerma desde la derivadora denominada Lomo de Toro hasta la derivadora denominada Markassuzalímite final del distrito.

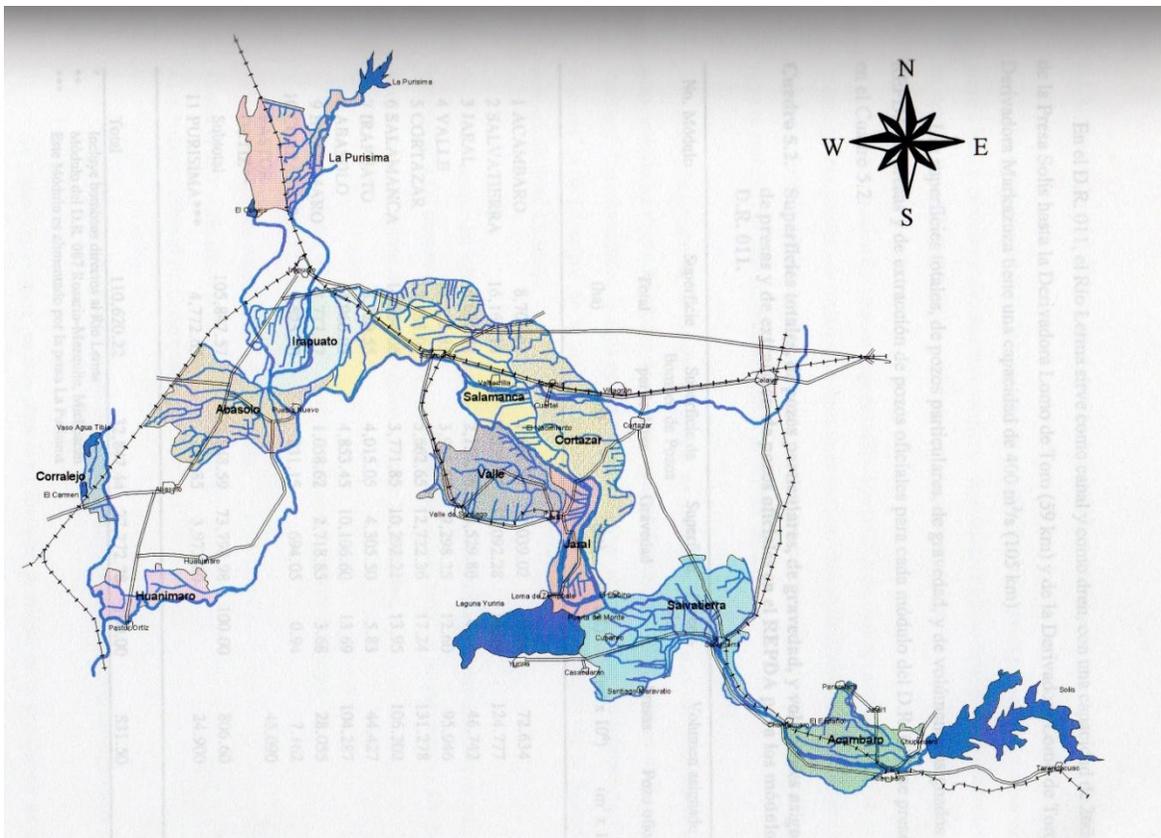


Figura 3.14. Localización de los módulos del DR 011 Alto Río Lerma(Mejía, 1999).

Cuadro 3.1. Módulos de Riego del Distrito de Riego 011.

Número	Módulo	Superficie (ha)	Nombre de la Asociación
01	Acámbaro	8,696.48	Productores Agrícolas del Módulo Acámbaro, del Distrito de Riego 011, A. C.
02	Salvatierra	16204.28	Productores Agrícolas del Módulo Salvatierra del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. A. C.
03	Jaral	6,695.08	Productores Agrícolas del Módulo Jaral del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. A. C.
04	Valle	13,295.65	Productores Agrícolas del Módulo Valle del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. A. C.
05	Cortazar	18,345.51	Productores Agrícolas del Módulo Cortazar del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. A. C.
06	Salamanca	14,024.70	Productores Agrícolas del Módulo Salamanca del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. A. C.
07	Irapuato	8,325.73	Productores Agrícolas del Módulo Irapuato del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. A. C.
08	Abasolo	15,009.82	Agrupación de Productores Agrícolas del Módulo Abasolo, Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. A. C.
09	Huanímaro	3,793.18	Productores Agrícolas del Módulo Huanímaro del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. A. C.
10	Corralejo	1,563.57	Productores Agrícolas del Módulo Corralejo del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. A. C.
11	La Purísima	4,815.40	Productores Agrícolas de la Presa La Purísima, A. C.

3.7.2 Clima

Según el Plan Director (2011), el área donde se ubica el Distrito, corresponde a las típicas zonas de transición entre las zonas áridas y las húmedas templadas.

El clima que predomina en la región según Koppen modificado por Enriqueta García es Cwahdenominado clima templado sub-húmedo con lluvias en verano, temperatura media mensual entre 18 y 20° C y lluvia media anual mayor de 620 milímetros. El rango de heladas es de 10 a 30 días anuales, entre noviembre y febrero. Las granizadas son de 1 a 3 días anuales.

La zona está enclavada en una región donde el clima es templado prácticamente todo el año, la estación lluviosa está bien definida, de junio a septiembre, 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. Así, en todos los meses que comprende el subciclo de cultivo O-I es necesario el riego, mientras que en el de P-V se tiene una importante cantidad de lluvia que contribuye a satisfacer, en caso de ocurrir en tiempo y cantidad, los requerimientos hídricos de los cultivos.

Sin embargo, es necesario indicar que no toda el agua que llueve es factible de que sea aprovechada por los cultivos para cubrir sus necesidades, siendo indispensable considerar únicamente la cantidad que es aprovechable.

Se seleccionaron siete estaciones meteorológicas, para su ubicación geográfica y por su representatividad, así como la consistencia de la información para caracterizar el Distrito de Riego. Estas estaciones se indican en la Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Estaciones meteorológicas representativas del Distrito de Riego 011.

Estación Meteorológica	Coordenadas		Precipitación		Altitud (m.s.n.m)	Tipo de Clima
	Latitud Norte	Longitud Oeste	May-Oct (mm)	Nov-Abr (mm)		
Abasolo	20° 27′	101° 32′	679	56	1,760	(A)C(wo)a(e)g
Cortazar	20° 29′	101° 58′	633	53	1,750	BS1,hw(w)(e)g
Salamanca	20° 34′	101° 22′	716	62	1,721	(A)C(wo)a(e)g
Santa Julia	20° 23′	101° 02′	607	57	7,730	BS1,hw(w)(e)g
Santa María Yuriria	20° 14′	101° 08′	630	61	1,761	(A)C(wo)a(e)g
Santa Rita	20° 18′	101° 04′	651	60	1,783	BS1,hw(w)(e)g
Solís	20° 03′	101° 40′	705	57	1,900	(A)C(wo)a(e)g

En el cuadro anterior se observa que para todas las estaciones meteorológicas durante el periodo de mayo-octubre se concentra aproximadamente el 91.3% en promedio de la precipitación total, aportando un cantidad considerable de agua a los Segundos Cultivos (SC), el restante 8.7% se presenta en los meses de noviembre a abril, representando una cantidad mínima la aportación de lluvia a los cultivos de Otoño-Invierno (O-I).

3.7.3 Suelos

Según Plan Director (2011), se dispone de un estudio agrológico semidetallado que realizó la Dirección de Agrología de la extinta Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en el año de 1977 y actualizado en 1993, de este estudio se puede destacar la siguiente información:

Los suelos del área se originaron a partir de rocas basálticas terciarias y de tobas de la misma edad, depositadas generalmente en ambientes lacustres.

Geológicamente, el Distrito se ubica en las subprovincias sierras volcánicas y lagos centrales, bajíos michoacanos, y bajíos guanajuatenses; en ellas se han encontrado seis clases de suelo, de acuerdo a su composición y grado de desarrollo, entre ellas destaca como la más común la clase de los vertisoles, cuyas características más importantes son: suelos profundos, con alto contenido arcilla, de color oscuro, pesados y fértiles, ricos en materia orgánica; son propios de zonas con climas templados y cálidos, con estaciones seca y lluviosa definidas. Son suelos poco erosionables y que se agrietan cuando les falta humedad.

En general predominan los suelos arcillosos y franco-arcillosos con espesor medio a profundo (entre 40 y 200 centímetros), cuyo relieve dominante es plano con pendientes menores del 2% y drenaje interno lento; en menor proporción, suelos arcillo-arenosos y franco-arcillo-arenosos delgados (40 centímetros) de relieve ondulado y drenaje interno moderadamente lento; y suelos profundos, de texturas medias a gruesas, relieve plano a suavemente ondulado, drenaje interno moderado a rápido y que han sido originados por los materiales acarreados por los diferentes ríos que atraviesan la zona.

Los suelos pesados ocupan el 81.5% del área, los de textura media el 9.8% y los de textura ligera el 8.7%.

En el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, los suelos predominantes son pesados con textura arcillosa a franco arcillosa (81.5% de la superficie total) con buen drenaje y velocidad de infiltración media

3.7.4 Vegetación

Según Plan Director (2011), Originalmente en la región del Bajío, donde se ubica el Distrito, predominaba la vegetación de bosque de pino-encino con diferentes graduaciones, desde el encino arbustivo hasta los pinos de elevada talla. Sin embargo en la actualidad y como resultado de la actividad humana, y fundamentalmente por la apertura de tierras al cultivo, la vegetación natural prácticamente ha desaparecido y sólo en las áreas circunvecinas se aprecian zonas con vegetación natural, aunque con alto grado de disturbio. Estas áreas corresponden a los cerros y en ocasiones a las laderas de los mismos, en los que prosperan mezquiales, pastizales asociados con mezquite; además se encuentran porciones muy reducidas cubiertas por bosque de encino y otras por matorral de especies halófitas.

3.7.5 Fuentes de agua superficial y subterránea

El distrito cuenta con aguas superficiales y subterráneas aportadas por una parte de la cuenca del Río Lerma.

3.7.5.1 Cuenca y subcuenca hidrográfica

El Distrito se encuentra ubicado en la región de la cuenca hidrológica del Río Lerma, subcuenca intermedia. Desde su inicio en las lagunas del Estado de México hasta la presa Solís ubicada en el Estado de Guanajuato, la cuenca tiene una superficie de 8,538 kilómetros cuadrados, equivalente al 16.3% del total; en este tramo se producen escurrimientos medios anuales estimados de 918 millones de metros cúbicos, correspondientes al 19% de los escurrimientos totales de la cuenca.

3.7.5.2 Ríos y corrientes

El Río Lerma es la corriente superficial más importante de la cuenca, drena una superficie de 52,500 kilómetros cuadrados, desde su nacimiento en las lagunas de Almoloya, Estado de México, hasta el Lago de Chapala, Jalisco, y tiene una longitud total superior a los 700 kilómetros., con una dirección general del escurrimiento de Este a Oeste. Además, entre las corrientes menores se ubican los ríos Laja, Guanajuato, y el Turbio.

En estas corrientes se tienen construidas las presas Tepuxtepec, Solís, Laguna de Yuriria y La Purísima.

3.7.5.3 Acuíferos

La actividad agrícola de riego en el Distrito dispone de las fuentes de abastecimiento de agua superficial y de agua subterránea.

El acuífero subterráneo presenta una condición de sobre - explotación, sin embargo contribuye al establecimiento de una importante superficie de riego (40% aproximadamente).

El Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma se encuentra dentro de los siguientes acuíferos del Estado de Guanajuato, como se muestra en la Figura 3.15.

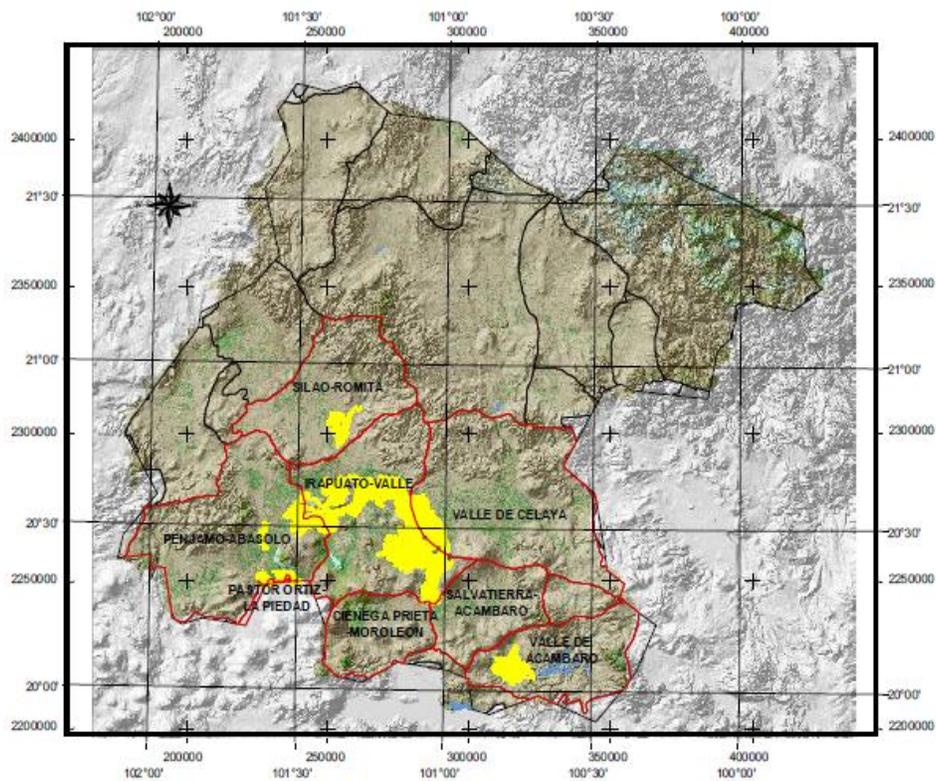


Figura 3.15. Acuíferos dentro del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.

3.7.6 Infraestructura

La infraestructura hidroagrícola con que se cuenta se presenta a continuación:

Cuadro 3.3. Infraestructura del distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.

Infraestructura	Número	Unidad
Presas de Almacenamiento	4	Piezas
Presas derivadoras	7	Piezas
Canales	1,475	Kilómetros
Drenes	968	Kilómetros
Caminos	1,957	Kilómetros
Instalaciones (Casetas)	190	Piezas
Pozos particulares	1540	Piezas
Plantas de Bombeo	340	Piezas

3.7.6.1 Presas de almacenamiento

Existen cuatro vasos de almacenamiento que abastecen el agua para riego: Presa Tepuxtepec, Presa Solís, Laguna de Yuriria y Presa La Purísima, con las siguientes capacidades (ver Cuadro 3.4, así como Figura 3.16 a Figura 3.19).

Cuadro 3.4. Almacenamiento en las presas que abastecen al Distrito de Riego.

Almacenamiento total	Millones de m³
Volumen muerto	115.00
Capacidad de riego	1,382.86
Control de avenidas	640.527
Almacenamiento total	2,138.38



Figura 3.16. Presa Solís.



Figura 3.17. Laguna Yuriria.



Figura 3.18. Presa Tepuxtepec.



Figura 3.19. Presa La Purísima.

La superficie dominada por estas obras de almacenamiento es de 112,772.00 hectáreas.

3.7.6.2 Presas derivadoras y tomas directas

Se cuenta con siete presas derivadoras, siendo las principales: Chamácuaro, Reforma, Loma de Toro, Santa Julia y Markassuza.

3.7.6.3 Pozos y plantas de bombeo

En el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma se tienen 190 pozos oficiales y 1540, pozos particulares, así mismo se cuenta con 340 plantas de bombeo oficiales y/o particulares, en canales y drenes al interior de los módulos y en las márgenes de los ríos Lerma y Turbio. Estas últimas y en específico las que corresponden a los módulos Valle de Santiago, Salamanca y Abasolo motivo de este estudio, se muestran en el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Número de bombeos directos ubicados en las márgenes del Río Lerma por módulos, superficie dominada y número de usuarios.

Módulo	Número de Bombeos	Numero de Bombeos sobre la margen		Superficie (ha)	Número de Usuarios
		Derecha	Izquierda		
Acámbaro	21	13	8	2,555.43	996
Salvatierra	20	11	9	2,311.75	1,074
Jaral	15	4	11	2,386.84	921
Valle de Santiago	20	0	20	1,894.82	589
Cortazar	2	2	0	194.76	78
Salamanca	100	28	72	3,127.82	708
Abasolo	571	309	262	8,978.49	2,578
Corralejo	120	59	61	1,709.31	361
Obrajuelos	2	0	2	229.9	123
Total	871	426	445	23,389.12	7,428.00

3.7.6.4 Red de conducción

La red de canales principales del Distrito de Riego tiene una longitud total de 222.466 km y 919.14 Km de Canales Secundarios, ver Cuadro 3.6 y Cuadro 3.7.

Cuadro 3.6. Canales principales en los Módulos de Riego del Distrito de Riego 011(km).

Módulo	Revestidos de concreto	Revestidos con mampostería	Entubados con P.V.C.	En tierra
Acámbaro	17.60	2.90	0.00	3.00
Salvatierra	2.66	22.90	0.00	85.42
Jaral	0.00	22.61	0.00	0.00
Valle	0.24	5.00	0.00	17.24
Cortazar	0.00	0.00	0.00	0.00
Salamanca	0.00	0.00	0.00	0.00
Irapuato	0.00	0.00	0.00	0.00
Abasolo	0.00	0.00	0.00	0.00
Huanímaro	0.00	0.00	0.00	19.79
Corralejo	0.00	0.00	12.26	0.00
La Purísima	10.85	0.00	0.00	0.00
S. R. L. de I. P. de C. V.	17.13	0.00	0.00	212.81

Cuadro 3.7. Canales secundarios en los Módulos de Riego del Distrito de Riego 011.

Módulo	Revestidos de concreto	Revestidos con mampostería	Entubados con P.V.C.	En tierra	Total
Acámbaro	49.88	6.86	0.00	63.89	120.63
Salvatierra	0.00	25.78	0.00	114.23	140.01
Jaral	0.00	13.00	0.00	57.76	70.76
Valle	0.00	28.00	0.00	134.21	162.21
Cortazar	0.00	5.00	0.00	246.71	251.71
Salamanca	7.15	0.00	0.00	166.68	173.83
Total	57.03	78.64	0.00	783.47	919.14

3.7.6.5 Estructuras de control y medición

Existen 5,463 estructuras; 4,499 en canales y 964 en drenes. La mayoría son de concreto y el resto de mampostería, Cuadro 3.8.

Cuadro 3.8. Estructuras de control y medición en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.

Módulo	Estructuras (Piezas)					Total
	Canales		Drenes		Caminos	
	Concreto	Mampostería	Concreto	Mampostería	Concreto	
Acámbaro	545	0	88	0	0	633
Salvatierra	764	0	250	0	0	1014
Jaral	253	63	255	6	0	514
Valle	1,051	27	27	52	0	1130
Cortazar	1,230	0	35	0	0	1265
Salamanca	158	0	56	0	0	214
Irapuato	226	223	65	0	0	291
Abasolo	1,183	0	74	0	0	1257
Huanímaro	107	0	22	0	0	129
Corralejo	29	0	9	0	0	38
La Purísima	374	0	59	0	0	433
S. R. L. de I. P. de C. V.	635	0	318	0	0	953

3.7.6.6 Red de caminos

Se tienen 1,956 kilómetros de caminos, de los cuales 1,566 son de operación y 390 de enlace, Cuadro 3.9.

Cuadro 3.9. Red de caminos del Distrito de Riego 011.

Módulo	Caminos (km)				Total
	Pavimentados	Revestido	Terracería	Operación	
Acámbaro	0	128	22.97	150.97	150.97
Salvatierra	3	40	72.5	115.5	115.5
Jaral	0	35.7	70.85	106.55	106.55
Valle	0	54	98.98	152.98	152.98
Cortazar	0	0	146.8	146.8	146.8
Salamanca	0	62.13	0	62.13	62.13
Irapuato	8.35	35	0	43.35	43.35
Abasolo	0	89.7	0	89.7	89.7
Huanímaro	15.7	8.62	8.18	32.5	32.5
Corralejo	0	2.68	1.31	4	3.99
La Purísima	0	7.6	89.35	96.95	96.95
S. R. L. de I. P. de C. V.	24.37	155.23	50	229.6	229.6

3.7.6.7 Red de drenaje

En cuanto a la red de drenaje superficial se cuenta con un total de 967 kilómetros de drenes, como se muestra en el siguiente Cuadro 3.10.

Cuadro 3.10. Red de drenaje en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.

Módulo	Drenes (km)		
	Principales	Parcelarios	Total
Acámbaro	41.22	84.86	126.08
Salvatierra	38.2	180.19	218.39
Jaral	0	39.17	39.17
Valle	33.69	92.85	126.54
Cortazar	48.47	37.78	86.24
Salamanca	25.13	31.79	56.92
Irapuato	23.3	27.66	50.96
Abasolo	42.68	32.46	75.14
Huanímaro	27.8	16.5	44.3
Corralejo	10	0	10
La Purísima	53.29	0	53.29
S. R. L. de I. P. de C. V.	109.44	0	109.44

3.7.6.8 Tenencia de la Tierra

La superficie de este Distrito de Riego conforme a su decreto presidencial es de 112,772 ha, sin embargo a la fecha, el padrón de usuarios establece una superficie de 116,880.59 ha, incluyendo una superficie de 5,953.36 ha de usuarios precarios, motivo de este estudio, ver Cuadro 3.11.

Cuadro 3.11. Tenencia de la tierra del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.

RESUMEN GENERAL DEL DISTRITO				
Tipo de usuario	Número de derechos	Número de usuarios	Superficie física	Superficie de riego
Ejidatario	15,106	18,460	62,002.89	61,794.79
Colono	0	0	0	0
Pequeño propietario	6,281	5,822	48,924.34	48,261.55
Doméstico	0	0	0	0
Industrial	0	0	0	0
Público urbano	0	0	0	0
Ejidatario fuera del distrito	887	907	3,439.11	3,433.09
Peq. prop. fuera del distrito	211	224	2,514.25	2,514.25
Otros	0	0	0	0
TOTAL	22,485	25,413	116,880.59	116,003.68

3.7.7 Distribución de aguas

3.7.7.1 Sistema de Distribución de agua

En la Figura 3.20, se presenta un esquema simplificado de la red de distribución del Distrito.

3.7.7.2 Volúmenes de agua concesionados a las Asociaciones Civiles de Usuarios

Para el caso del distrito de riego 011 Alto Río Lerma, los volúmenes concesionados son del orden de **821.47** millones de m³, de agua superficial y 76. 8millones de m³ de agua subterránea, distribuidos en 11 módulos de riego, Cuadro 3.12.

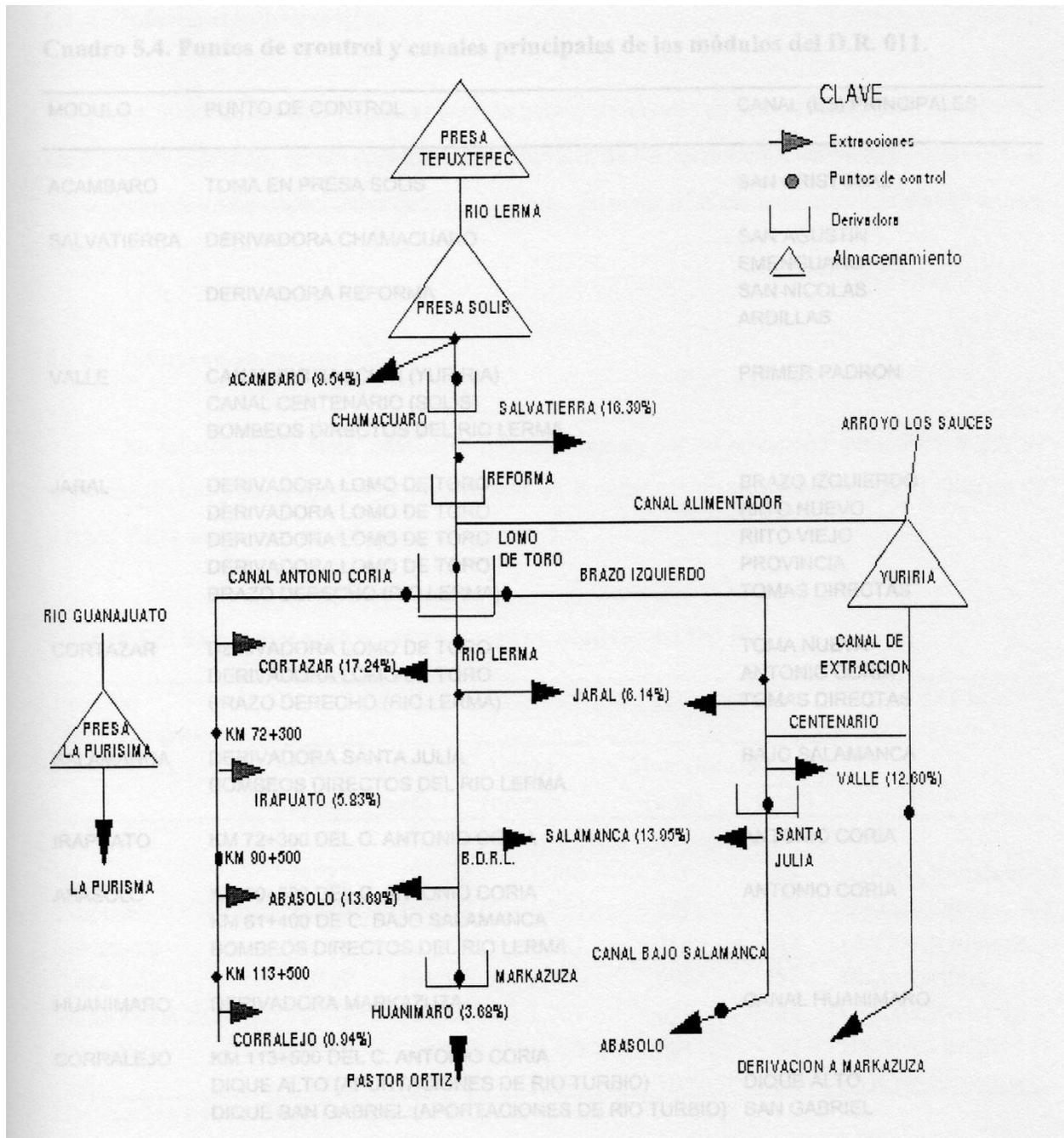


Figura 3.20. Esquema Operativo simplificado de la red de distribución de aguas del DR 011(Mejía, 1999).

Cuadro 3.12. Volúmenes concesionados a los Módulos de Riego.

MÓDULO	TITULO DE CONCESION						
	No.	AGUA SUPERFICIAL		AGUA SUBTERRANEA		TOTAL	
		SUPERFICIE	VOLUMEN	SUPERFICIE	VOLUMEN	SUPERFICIE	VOLUMEN
		(ha)	m³	(ha)	Mm³	(ha)	Mm³
ACAMBARO	08GUA401101/12ATGC00	7,039.02	75,950,000.0	325.26	3,300,000.00	7,364.28	79,250,000
SALVATIERRA	08GUA401102/12ATGC00	12,092.28	130,470,000.0	859.60	8,700,000.00	12,951.88	139,170,000
JARAL	08GUA401103/12ATGC00	4,529.86	48,880,000.0	465.46	5,600,000.00	4,995.32	54,480,000
VALLE	08GUA401104/12ATGC00	9,298	100,320,000	924.71	8,300,000.00	10,222.96	108,620,000
CORTAZAR	08GUA401105/12ATGC00	12,722.36	137,270,000.0	1,621.91	15,900,000.00	14,344.27	153,170,000
SALAMANCA	08GUA401106/12ATGC00	10,292.21	111,050,000.0	960.82	8,100,000.00	11,253.03	119,150,000
IRAPUATO	08GUA401107/12ATGC00	4,305	46,450,000	513.93	6,800,000	4,819.43	53,250,000
ABASOLO	08GUA401108/12ATGC00	10,106.60	109,050,000.0	826.15	11,000,000.00	10,932.75	120,050,000
HUANIMARO	08GUA401109/12ATGC00	2,718	29,340,000	390.55	5,200,000	3,109	34,540,000
CORRALEJO	08GUA401110/12ATGC00	694.05	7,490,000	307.20	3,900,000	1,001.25	11,390,000
LA PURISIMA	08GUA401111/12ATGC00	3,973.80	25,200,000	-	-	3,973.80	25,200,000
SUMAS DTO. 011:		77,772.78	821,470,000.0	7,195.59	76,800,000.00	84,968.37	898,270,000.00
PASTOR ORTIZ	08MCH408706/12ATGC00	3,593.00	38,770,000.0		33,200,000.00	3,593.00	71,970,000.00
TOTAL TEPUX-SOL.-YUR.PURIS.		81,365.78	860,240,000.0	7,195.59	110,000,000.00	88,561.37	970,240,000.00

3.7.7.3 Información Estadística

Para efectos del presente trabajo se utilizaron las Estadísticas hidrométricas de los distritos de riego, para los ciclos agrícolas de 2006 al 2012, en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, solo con los conceptos de superficies y volúmenes de agua superficial de Presa (Agua de Gravedad y Bombeo Corrientes, distribuidos, Cuadro 3.13 al Cuadro 3.16.

Cuadro 3.13. Distribución de aguas en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial, para el ciclo otoño-invierno.

Año	Superficie	Volumen	Volumen de	Lámina (cm)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	Entregado a usuarios	Presa	Neta	Bruta
	ha	Dm³	Dm³	cm	cm
2006-2007	38,599.95	255,161.33	408,358.77	66.10	105.79
2007-2008	51,837.23	366,832.94	577,363.81	70.77	111.38
2008-2009	52,753.09	373,588.56	592,010.78	70.82	112.22
2009-2010	0.00	1,274.35	1,655.86	0.00	0.00
2010-2011	52,054.90	363,408.74	427,533.89	69.81	82.13
2011-2012	39,492.82	218,184.32	346,393.29	55.25	87.71

Cuadro 3.14. Distribución de aguas en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial para el ciclo primavera-verano.

Año	Superficie	Volumen	Volumen de	Lámina (cm)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	Entregado a usuarios	Presa	Neta	Bruta
	ha	Dm³	Dm³	cm	cm
2006-2007	22,171.01	72,325.08	92,296.43	32.62	41.63
2007-2008	12,872.04	49,864.48	66,697.01	38.74	51.82
2008-2009	13,640.14	64,076.93	88,748.12	46.98	65.06
2009-2010	59,690.91	223,542.44	264,910.27	37.45	44.38
2010-2011	8,106.20	26,461.47	37,951.49	32.64	46.82
2011-2012	18,713.97	77,231.05	128,663.64	41.27	68.75

Cuadro 3.15. Distribución de aguas en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial para el ciclo perennes.

Año	Superficie	Volumen	Volumen de	Lámina (cm)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	Entregado a usuarios	Presa	Neta	Bruta
	ha	Dm³	Dm³	cm	cm
2006-2007	1,738.80	11,262.61	16,873.26	64.77	97.04
2007-2008	2,089.79	15,792.76	23,984.04	75.57	114.77
2008-2009	1,903.99	15,636.07	23,387.01	82.12	122.83
2009-2010	1,842.65	7,136.71	8,551.50	38.73	46.41
2010-2011	2,157.40	15,444.54	18,042.82	71.59	83.63
2011-2012	1,476.76	8,760.51	13,554.09	59.32	91.78

Cuadro 3.16. Distribución de aguas en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial para el ciclo, Segundos Cultivos

Año	Superficie	Volumen	Volumen de	Lámina (cm)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	Entregado a usuarios	Presa	Neta	Bruta
	ha	Dm³	Dm³	cm	cm
2006-2007	39,995.14	88,056.39	130,828.68	22.02	32.71
2007-2008	46,509.34	104,465.32	169,076.36	22.46	36.35
2008-2009	51,372.36	204,362.81	378,132.60	39.78	73.61
2009-2010	1,537.05	5,137.70	6,294.92	33.43	40.95
2010-2011	42,002.00	92,861.47	118,109.79	22.11	28.12
2011-2012	25,335.22	56,369.46	88,229.68	22.25	34.82

El total de volúmenes de agua entregada en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial para riego, Cuadro 3.17y Figura 3.21 a Figura 3.23.

Cuadro 3.17. Distribución de aguas en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma de agua superficial para riego.

Año	Superficie	Volumen	Volumen de	Lámina (cm)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	Entrega a usuarios	Presa	Neta	Bruta
	ha	Dm³	Dm³	cm	cm
2006-2007	102,504.90	426,805.41	648,357.14	41.64	63.25
2007-2008	113,308.40	536,955.50	837,121.22	47.39	73.88
2008-2009	119,669.58	657,664.37	1,082,278.51	54.96	90.44
2009-2010	63,070.61	237,091.20	281,412.55	37.59	44.62
2010-2011	104,320.50	498,176.22	601,637.99	47.75	57.67
2011-2012	85,018.77	360,545.34	576,840.70	42.41	67.85

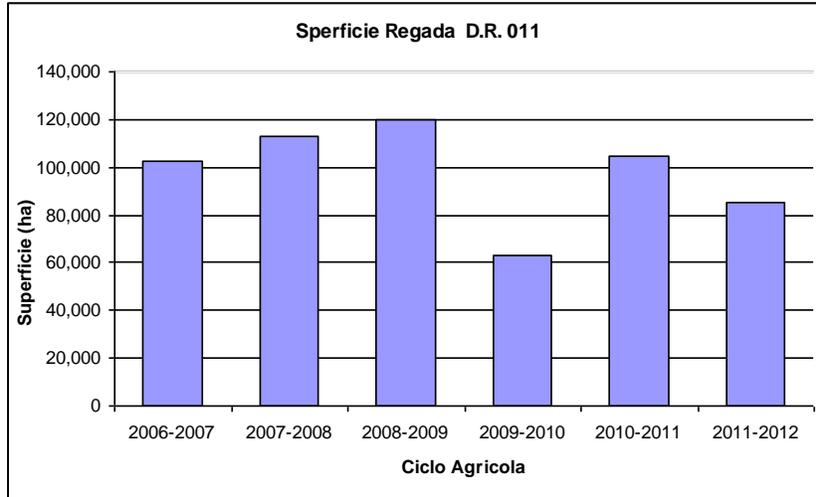


Figura 3.21. Gráfica de superficie regada con agua de presa en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.

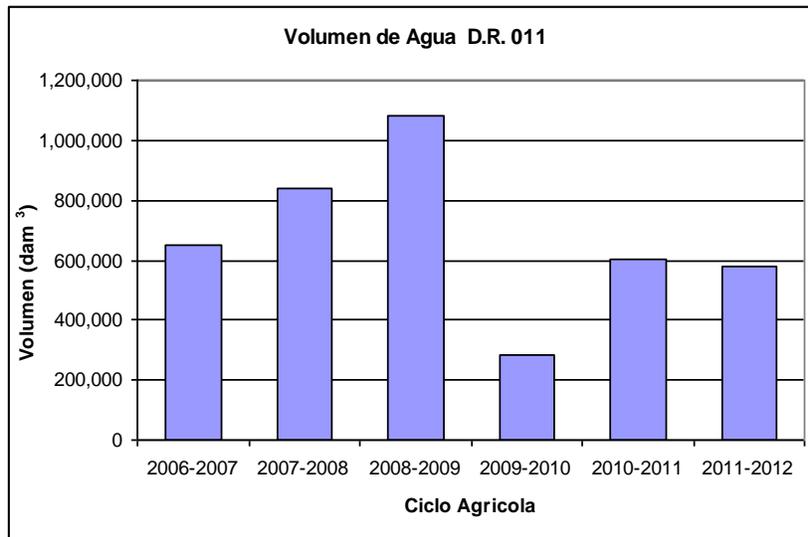


Figura 3.22. Gráfica de Volumen de agua de riego con agua de presa en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.

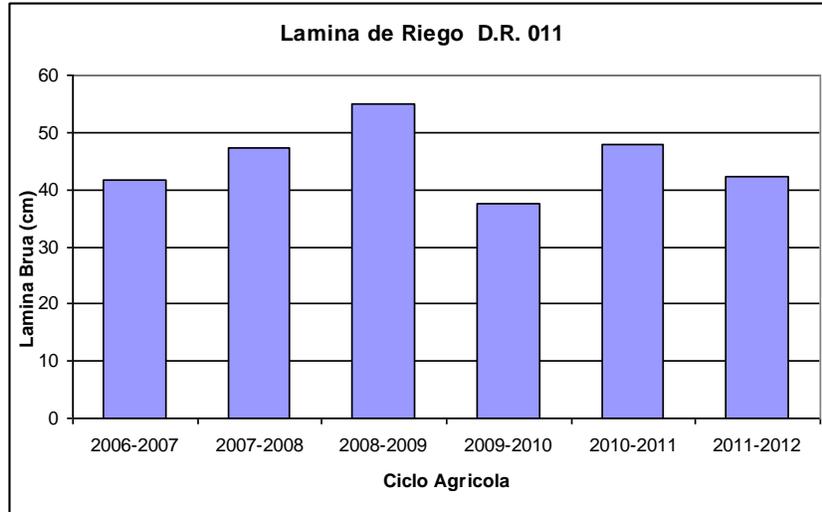


Figura 3.23. Gráfica de Lámina de riego bruta aplicada con agua de presa en los Módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma.

3.7.7.4 Patrón de cultivos

El patrón de cultivos en el distrito de riego 011 Alto Río Lerma aunque ha cambiado un poco sólo en los usuarios con aprovechamientos particulares continua la tendencia o costumbre a establecer monocultivos por lo que es muy marcada la decisión de establecer trigo y cebada en el subciclo de otoño invierno con dominio alterno conforme a las condiciones de mercado o disponibilidad del recursos agua y de maíz y sorgo en primavera verano y segundos cultivos (cultivos que se siembran por segunda vez en la misma superficie), incrementándose poco a poco la superficie en frijol, brócoli y alfalfa con rendimientos promedio aceptables, Figura 3.24.

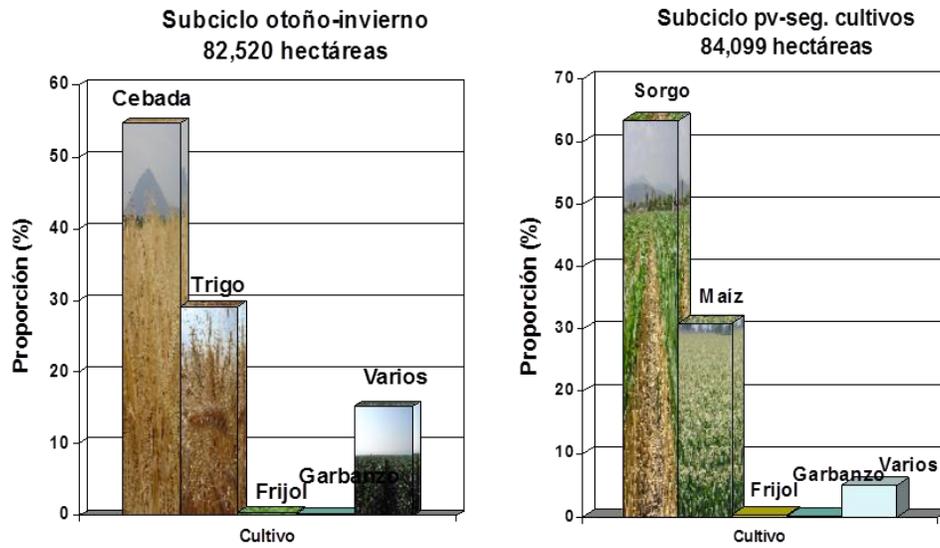


Figura 3.24. Gráfico de cultivos principales establecidos en el Distrito de Riego 011

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 MATERIALES

Entre el equipo y materiales que se utilizan en este trabajo, se incluyen equipo de cómputo y el software requerido para realizar y describir los análisis, imágenes de satélite y estadísticas de informes de distribución de Aguas.

4.1.1 Equipo de cómputo

El equipo que se utilizó en este estudio está conformado por: Equipo PC para procesamiento de imágenes y capacidad de almacenamiento de datos.

4.1.2 Software

Para el análisis y procesamiento digital de las imágenes de satélite se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica (SIG), y ArcView®. Bases de datos y el Sistema de Información Geográfica de aprovechamientos subterráneos del acuífero Irapuato-Valle de Santiago, del área de administración del agua de la Dirección Local Guanajuato de CONAGUA.

Se utilizó el paquete Microsoft office® para realizar los cálculos correspondientes (Excel), así como documentos en Word.

Otro software interno del Distrito de Riego utilizado fuer: el Plan Director y el SIPAD3 (Sistema de Padrón de Usuarios), del Distrito de Riego 011, Alto Lerma, Guanajuato, y el SISTAG (Sistema de estadística Agrícola).

4.1.3 Imágenes de satélite

Mediante el procesamiento (georreferenciación y ortorectificación) de imágenes de satélite tipo SPOT para el año 2008, con una resolución de 2.5 metros, se realizó la fusión de dichas imágenes para generar una imagen completa y continua que cubre la zona de estudio. La imagen generada permitió tener un excelente control de calidad de los levantamientos en campo, ya que permitió verificar el parcelamiento actual de los módulos beneficiados mediante los bombeos irregulares, así como otros aprovechamientos de aguas subterráneas particulares, pues cuando el agua asignada no alcanza para un ciclo normal y se tiene que suspender el ciclo otoño invierno estas zonas se observan sembradas.

En la Figura 4.1, se presenta el modelo de Sistema de Información Geográfica de la cuenca Lerma Chapala, y en la Figura 4.2 un mosaico de imágenes del satélite SPOT.



Figura 4.1. Modelo de SIG de la cuenca Lerma-Chapala.

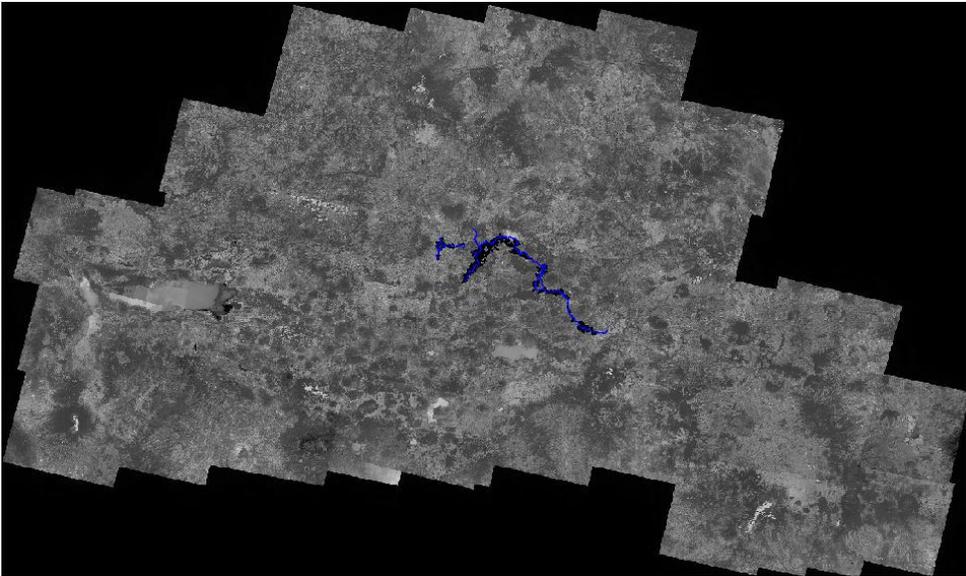


Figura 4.2. Integración de Imágenes SPOT al Modelo de SIG de la cuenca Lerma Chapala

4.1.4 Estadísticas de Informes de distribución de Aguas

Se hizo una revisión de las estadísticas de Informes de distribución de Aguas del distrito de riego 011 Alto Río Lema, Gto., de la CONAGUA, de los últimos 6 años, para la obtención de datos de superficies regadas para cada año así como sus volúmenes utilizados para los mismos.

4.2 MÉTODOS

En este apartado, se presenta en forma resumida la metodología que se siguió para la determinación de volúmenes utilizados con bombeos directos no cuantificados en la red mayor del Río Lerma.

En el Capítulo de Resultados se presenta la aplicación numérica de esta metodología.

4.2.1 Descripción de la Metodología

4.2.1.1 Procedimiento para analizar los volúmenes entregados en los puntos de control

Se analizaron los volúmenes entregados y perdidos en los puntos de control de los tramos de la red mayor del distrito, mediante el diseño de un procedimiento que consiste en una hoja de cálculo en la cual se ingresan las extracciones de las fuentes de almacenamiento y de los volúmenes entregados en los puntos de control de cada módulo las cuales fueron obtenidas en campo mediante diferentes métodos de aforo.

De la misma hoja de cálculo conforme a este balance de entradas y salidas se obtuvieron los volúmenes perdidos o no cuantificados tramo de Lomo de Toro a la derivadora Markassuza por ciclo agrícola, de los últimos 6 seis.

4.2.1.2 Determinación de las superficies que aprovechan volúmenes superficiales a través de bombeos directos

Se realizó un Sistema de Información Geográfica (SIG) de los bombeos directos ubicados sobre las márgenes del Río Lerma. Para realizar este sistema se hicieron recorridos de campo en las márgenes del Río Lerma para ubicar y georreferenciar bombeos directos y la superficie que dominan cada uno de ellos.

Una vez definidas las áreas se procedió a identificar cuáles de esas parcelas cuenta con un derecho a riego oficial.

Para efecto del presente trabajo solo se analizaron los módulos de riego 04 Valle de Santiago, 06 Salamanca y 08 Abasolo, correspondientes al tramo donde se única la mayor parte bombeos de usuarios irregulares.

4.2.1.3 Obtención de usuarios con pozo

Para la estimación de las superficies dominadas por los pozos profundos particulares en los módulos de Abasolo, Salamanca y Valle Santiago se procedió a recabar la información concerniente de las características de los pozos contenida en el sistema de información geográficadel área de Administración del Agua de la Dirección Local Guanajuato de la CONAGUA del acuífero de Irapuato-Valle de Santiago.

Con esta información una vez identificada la ubicación de los aprovechamientos en el área dominada por los bombeos se realizó el desglose de la superficie de los pozos por módulo y por cada margen del río Lerma, y se hicieron los cálculos necesarios con los cuales se estimaron las superficies dominadas y volúmenes considerando las láminas promedio obtenidas de los ciclos agrícolas del 2006 al 2012 y los volúmenes autorizados en las bases de datos.

De esta manera se obtuvo la información de todos los usuarios que tienen pozo y que usan agua superficial pero que no tienen registro en el padrón oficial para el uso de este derecho (usuarios precarios) y que servirá, como información importante para las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

4.2.1.4 Volúmenes perdidos utilizados por usuarios irregulares

A. Estimación de láminas de Riego. Para la estimación de las láminas de riego se realizaron consultas de los registros de Informes Mensuales de Distribución de Agua de la CONAGUA, de los últimos 6 ciclos agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011 y 2011-2012, de los cuales se extrajeron los datos de superficie de área sembrada en cada ciclo y el volumen de agua que se aplicó en parcela para los siguientes Módulos:

- ✚ Módulo 04 Valle de Santiago

- ✚ Módulo 06 Salamanca

- ✚ Módulo 08 Abasolo

Con estos datos se determinaron las láminas de riego que se usaron para cada subciclo:

- ✚ Otoño– Invierno
- ✚ Primavera-Verano
- ✚ Perennes
- ✚ Segundos Cultivos

Se realizaron los promedios de superficies sembradas y volumen de agua aplicada a parcelas para obtener las láminas de riego promedio de todos los ciclos agrícolas

B. Estimación de áreas de superficie irregular para cada subciclo agrícola. De la base de datos de Sistemas de Información Geográfica de Bombeos Directos del Río Lerma, del Distrito de Riego 011, diseñada para este propósito, se obtuvo la superficie irregular de la siguiente forma:

Se determinaron las superficies dominadas por los bombeos que se encuentran en las márgenes izquierda y derecha del río Lerma de cada uno de los módulos en estudio, ya que los registros en el padrón oficial del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma y sus planos respectivos de delimitación, indican que la línea o límite perimetral, es el río Lerma, línea que con excepción del Módulo Valle que se encuentra al sur de esta, los Módulos de Salamanca y Abasolo se encuentran al norte de la misma. Por este motivo se depuraron las áreas por cada margen del río ya que aquellos usuarios o grupos de usuarios que tienen un bombeo ubicado en el río fuera de estos perímetros, son considerados como ejidatarios o pequeños propietarios fuera del distrito de riego, solo que algunos de estos ya se encuentran identificados y registrados como tales en el padrón oficial, pero existen otros adicionales en un gran número que se tienen identificados pero que no se les ha otorgado ningún número de cuenta que los reconozca como usuarios precarios para no dar cabida a incrementar los derechos de riego.

Con lo anterior se obtendrán las superficies con servicios de bombeos del Río Lerma que se encuentran dentro del perímetro del distrito con derechos legítimos que para el presente caso y conforme a su ubicación los del Módulo Valle se encuentran en la margen izquierda, El Módulo Salamanca en su margen derecha al igual que el Módulo Abasolo,

Se seleccionaron las parcelas con registro en el Padrón de la margen izquierda y las que no cuentan con este registro de identificación o número de cuenta, así como las que tienen aprovechamientos subterráneos (pozo), para poder determinar apoyados con las láminas de riego el volumen de agua que utilizarían si regaran todo el ciclo agrícola.

Por no existir en las bases de datos del Distrito de Riego la información específica de esta zona y de cada uno de los Módulos analizados, de los Informes Mensuales de Distribución de Agua del Distrito de Riego 011 Alto Río Lermade la CONAGUA, se obtuvieron factores para estimar las hectáreas de superficie regadas para cada subciclo agrícola O-I, P-V, Perennes y Segundos cultivos:

- ✚ Se promediaron las hectáreas regadas durante los 6 años agrícolas para cada subciclo.
- ✚ Se dividió el promedio de la superficie de riego entre la superficie total de gravedad o superficial del módulo, para obtener el factor para cada subciclo

Estos factores se aplicaron a la superficie de riego sin cuenta que se obtuvieron del SIG para obtener el número de hectáreas regadas durante el año agrícola, de los usuarios que no tienen registro alguno ni número de cuenta de identificación como usuarios fuera del distrito.

C. Estimación de volúmenes de agua usados por usuarios irregulares. Los volúmenes de agua se estimaron, con la siguiente fórmula en base a los datos que se obtengan de las áreas de superficie que riegan sin derecho de agua y la lámina de riego.

$$V = \frac{A \times Lr}{10} \quad (4.1.)$$

Dónde:

V = Volumen de agua en (miles de m³)

A = Superficie regada en (ha)

Lr = Lámina de riego en (cm)

4.2.1.5 Cálculo del impacto que representa para el distrito las extracciones de aprovechamientos irregulares

Finalmente, se analiza el impacto de los resultados obtenidos de los volúmenes extraídos irregulares, respecto al volumen total de agua usada en todo el distrito y contra el volumen no identificado en las mediciones realizadas por el personal de distribución de aguas resultado del balance de entradas y salidas a la red mayor del distrito, para los 6 ciclos analizados, así como el impacto que representa respecto a las pérdidas obtenidas durante los mismos ciclos.

En el capítulo de resultados que sigue, se presenta la aplicación de esta metodología al área de estudio, de los módulos 04 Valle, 06 Salamanca y 08 Abasolo en el tramo del río Lerma comprendido de la Derivadora Lomo de Toro a la Derivadora Markassuza

Cuadro 5.1. Resultado del análisis obtenido del sistema de Información Geográfica

MODULOS	SUPERFICIE EN SIPAD 3	NUM. DE BOMBEO	SUPERFICIE EXISTENTE SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA						SUPERFICIE TOTAL			PRECARIO SIN DERECHO	
			SUPERFICIE TOTAL	MARGEN DERECHA		MARGEN IZQUIERDA			CON CUENTA	SIN CUENTA	SUMA		
				CON CUENTA	SIN CUENTA PRECARIO	TOTAL	CON CUENTA	SIN CUENTA PRECARIO					TOTAL
VALLE SANTIAGO	594.59	14	1,206.48	-	-	-	914.16	292.32	1,206.48	914.16	292.32	1,206.48	292.32
SALAMANCA	3,586.81	93	3,128.02	836.49	-	836.49	1,798.48	493.05	2,291.53	2,634.97	493.05	3,128.02	2,291.53
ABASOLO	5,961.85	557	8,213.52	1,999.92	1,002.51	3,002.42	2,709.69	2,501.41	5,211.10	4,709.60	3,503.92	8,213.52	6,213.60
SUMAS:	10,143.25	664	12,548.02	2,836.41	1,002.51	3,838.91	5,422.33	3,286.78	8,709.11	8,258.73	4,289.29	12,548.02	8,797.45

Nota: en la margen izquierda del río Lerma, aunque algunos casos el cuadro especifica que tienen registro o número de cuenta, estos corresponden a usuarios con registro precario sin derechos legítimos.

Para la determinación de los volúmenes no cuantificados por cada uno de los tramos de la red mayor del distrito, se realizó bajo el procedimiento descrito en la metodología de balance de entradas y salidas en todos los puntos de control, donde se obtiene la información de estos volúmenes no medidos o perdidos, en la Figura 5.2, se muestra un ejemplo de cálculo para un ciclo agrícola de dicho procedimiento.

Del análisis realizado del diseño para el cálculo de los volúmenes entregados en presas a los concesionarios de cada uno de los ciclos agrícolas se obtiene el porcentaje de pérdidas de conducción a nivel distrito. Se estiman las pérdidas de conducción del río por tramo en el Distrito de Riego, Cuadro 5.2. Aplicando este procedimiento, se refleja un incremento secuencial del volumen de pérdidas en cada ciclo agrícola como se observa en la Figura 5.3, sin embargo en la Figura 5.4, el comportamiento es distinto pues no se refleja la misma tendencia en cada tramo, sino que para cada uno de estos esta tendencia es variable, registrándose las pérdidas mínimas precisamente en el tramo analizado en el presente trabajo.

BALANCE DE DISTRIBUCION DE VOLUMENES Y CALCULO DE PERDIDAS DE CONDUCCION CICLO AGRICOLA 2010-2011 CONCENTRADO								
ENTRADAS DE PRESAS A RIO		SALIDAS EN EL TRAMO		PERDIDA DEL TRAMO	REDIST. PERD	TOTAL C/PERD.	MODULOS	
		CANAL.	P.CTRL					
PRESA SOLIS	755,065.4	SAN CRISTOBAL	29517.8		- 1,468.82	28,049.0	MODULO ACAMBARO	
		B.D. ACAMBARO	5001.6		- 198.90	4802.71		32,851.7
SAN CRISTOBAL	29,517.8	EMENGUARO	2301.1		75.74	2376.84		
784,583.2		SAN NICOLAS	51813.3		1,658.68	53471.98		
		ARDILLAS	32661.5		648.72	33310.22		
		MARAVATIO	0.0		-	0.00		
		SAN AGUSTIN	1976.4		51.71	2028.11		
		GUGORRONES	7755.5		281.72	8037.22		
		B.D. SALVATIERRA	10902.6		321.06	11223.66		
		SUMA:	141929.8	112412.01	1,369.90	143,299.7	MODULO S	110448.03
		ALIMENTADOR	5,624.9		290.77	5,915.67		
		BRAZO IZQ.	215,066.0		10,488.30	225,554.3		
		CANAL. CORIA	298,482.7		10,048.90	308,531.6		
		BRAZO DERECHO	86,706.5		5,107.52	91,814.0		
		RIITO NUEVO	2,179.5		110.37	2,289.9		
		RIITO VIEJO	3,583.2		75.98	3659.2		
		PROVINCIA 1	1519.5		59.45	1579.0		
		PROVINCIA 2	0		-	0.0		
		TOMA NUEVA	1910.9		29.02	1939.9		
		SUMA:	615073.2		26,210.31	641283.5		
		TOTAL TRAMO	757,003.0	27,580.2	27580.2	784,583.2		0.00
	ENTRADA	BRAZO IZQ.	215066.0	10,488.30		225,554.3		
	SALIDAS	LAT. T.D. JARAL	23706.9		6,870.49	30577.4	MODULO JA	45244.4
		CENTENARIO	73652.4		21,890.82	95543.2	MODULO VA	107711.9
		LAT. T.D SAL	78501.2		20,932.49	99433.7	MODULO SA	116572.9
		AFORO KM40	0		-	0.0		
		DESF.K27,40,55	0		-	0.00		
		SUMA:	175860.5		39,205.5	49693.8	225554.3	
		PERDIDA DOS TRAMOS		49,693.80				
	ENTRADA	CANAL CORIA	298,482.7	10,048.9		308531.6		
	SALIDAS	LAT T.D. CORTAZAR	93,916.4		28,295.25	122,211.6	MODULO CC	128943.1
		DESF.KM.43 Y 68	950.6		- 206.22	744.4		
		LAT. T.D. IRAP.	37,958.2		11,136.27	49,094.5	MODULO IRAPUATO	
		LAT. T.D. ABASOLO	69,171.6		18,828.62	88,000.2	MODULO AE	116,753.2
		DESFOGUE 101	25,471.5		5,744.46	31,216.0		
		DESFOGUE 91	4,306.0		159.85	4,465.8		
		VIA	9,800.9		2,998.17	12,799.1	MODULO CC	12,799.1
	SUMA:	241,575.2		56,907.5	66,956.4	308,531.6		
		PERDIDA DOS TRAMOS		66,956.4				
LAGUNA DE YURIRIA	33,998.5	EXTRACCIONES	33,998.50			33,998.50		
	N T R A D A	B. DERECHO	86,706.50	5,107.52		91,814.02		
		DESF. K. 43 COR	950.60	- 206.2		744.38		
		DESF. K40 B.S	0.0	-		-		
		DESFOGUE 101	25,471.5	5,744.5		31,215.96		
		DESFOGUE 91	4,306.0	159.8		4,465.85		
	SUMA ENTRADAS	151,433.1	10,805.6			162,238.71		
	S A L I D A S	T.D. JARAL	4,719.5		2,419.48	7139.0		
		T.D. CORTAZAR	2,636.8		2,154.70	4,791.5	11,930.48	
		PRIMER PADRON	5,362.6		1,508.52	6,871.1		
		B.D. VALLE	3,420.9		1,876.70	5,297.6		
		B.D. SALAMANCA	11,614.9		5,524.27	17,139.2		
		BD ABASOLO	22,831.9		5,921.04	28,752.9		
		C. HUANIMARO	24,538.9		3,296.88	27,835.8	MODULO HUANIMARO	
		C. SANTA ANA	36,555.7		14,821.85	51,377.6	MODULO PASTOR ORTIZ	
	DESFOGUES MARKAZUSSA	11,610.1		1,423.97	13,034.066			
	SUMA:	123,291.3		28,141.8	38947.4	162,238.71		
		PERDIDA DOS TRAMOS		38,947.4				
PRESA PURISIMA	35604.9	CANAL PURISIMA	35604.9		35,604.90	35604.9	MODULO PURISIMA	
		DESFOGUE						
		SUMA:	35604.9		35604.9			
SUMA PRESAS:	854,186.6			151,835.0		854,186.62	MODULO+DEFOGUES	

Figura 5.2. Ejemplo de la información en puntos de control.

Cuadro 5.2. Pérdidas por tramos del Río Lerma.

PERDIDAS POR TRAMO	VOL. NO IDENTIFICADO	%
Solís-Lomo de Toro	27,580.2	18.2 %
Lomo de Toro-Yuriria	28,141.8	18.5%
Markassuza-Canal Coria-Dren Munguía-Vía	56,907.5	37.5%
Brazo Izq.-B. Salamanca	39,205.5	25.8%
Total	151,833	100%

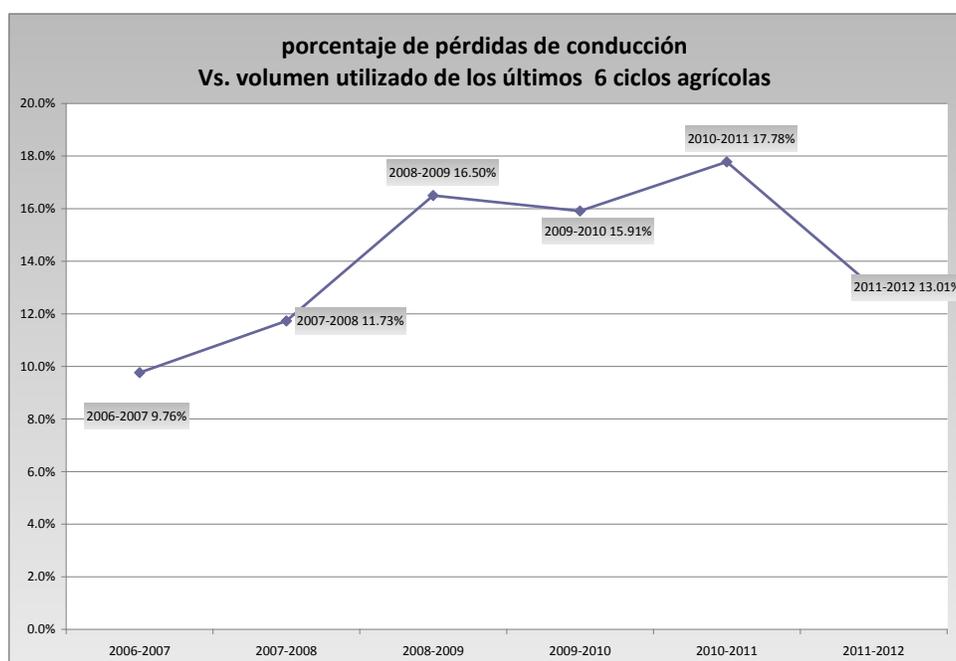


Figura 5.3. Porcentaje de pérdidas de conducción contra volumen utilizados de los últimos seis ciclos agrícolas.

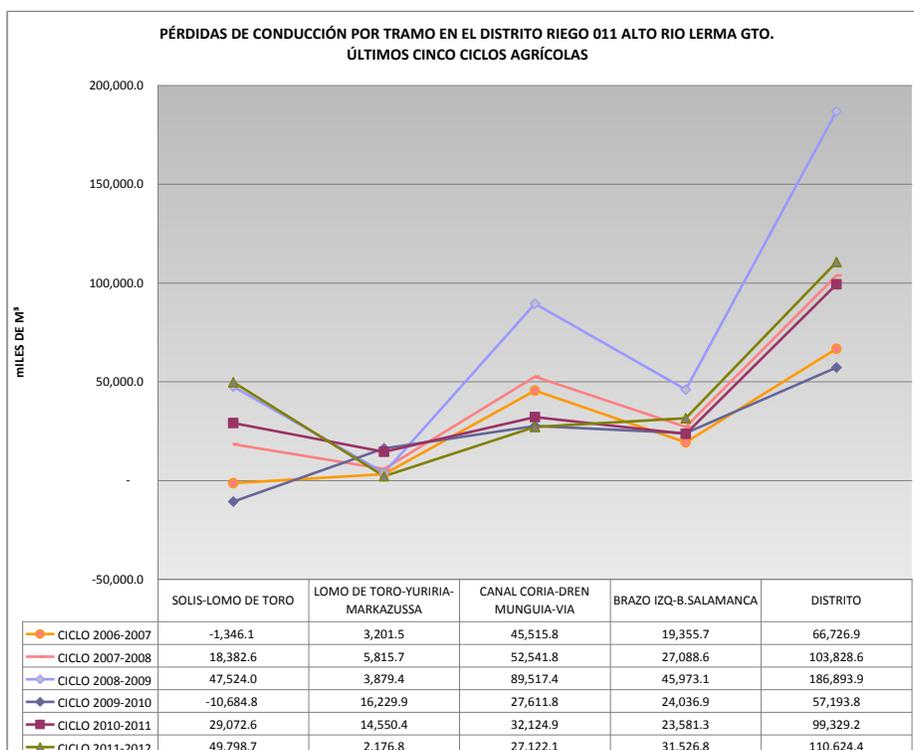


Figura 5.4. Pérdidas de conducción por tramo en el DR 011 “Alto Río Lerma”, últimos 6 ciclos agrícolas.

5.2 DETERMINACIÓN DE LAS SUPERFICIES QUE APROVECHAN VOLÚMENES SUPERFICIALES A TRAVÉS DE BOMBEOS DIRECTOS

Una vez analizado las superficies registradas en el padrón de usuarios y las del sistema de información geográfica de Bombeos directos del Río Lerma, se llega a determinar que los registros en el padrón de usuarios del distrito de riego y límites de su cartografía existente, indican que el Módulo de Valle de Santiago tiene toda su superficie de riego en la margen izquierda del río Lerma, en la cual solo existe como zona de bombeo identificada en el padrón oficial, como zona No. 13, la sección No. 98, y entre esta superficie se detectan las parcelas que no tienen un número de registro en el padrón oficial por lo que se consideran irregulares como se observa en la Figura 5.5

A su vez el módulo Salamanca hacia la margen derecha del río Lerma por ser zona de riego superficial, se encuentra en su mayoría la superficie con derecho y la superficie con carácter de precario en su margen izquierda, todo en una sola sección que es la 99 de esta misma zona 13 de bombeo, Figura 5.6

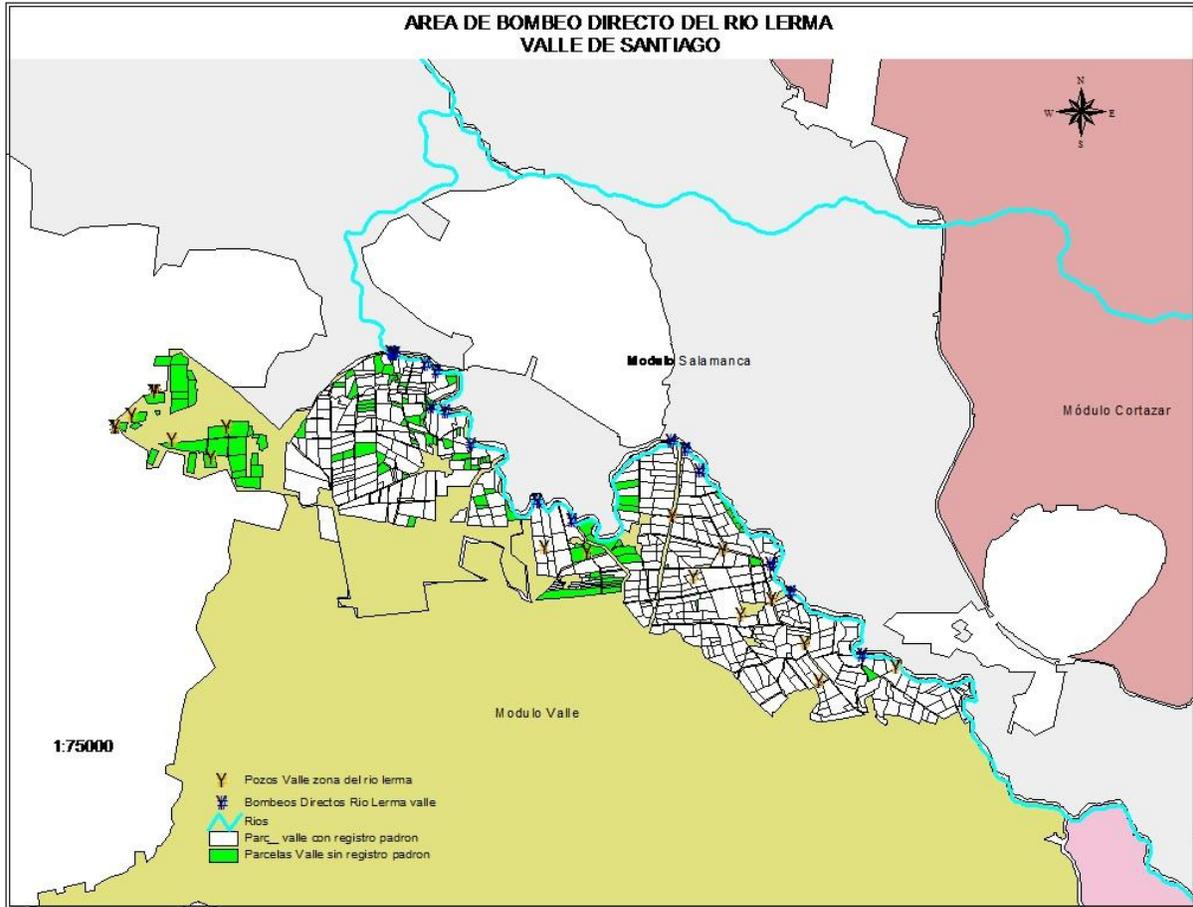


Figura 5.5. Área de bombeo del Río Lerma, Módulo Valle de Santiago

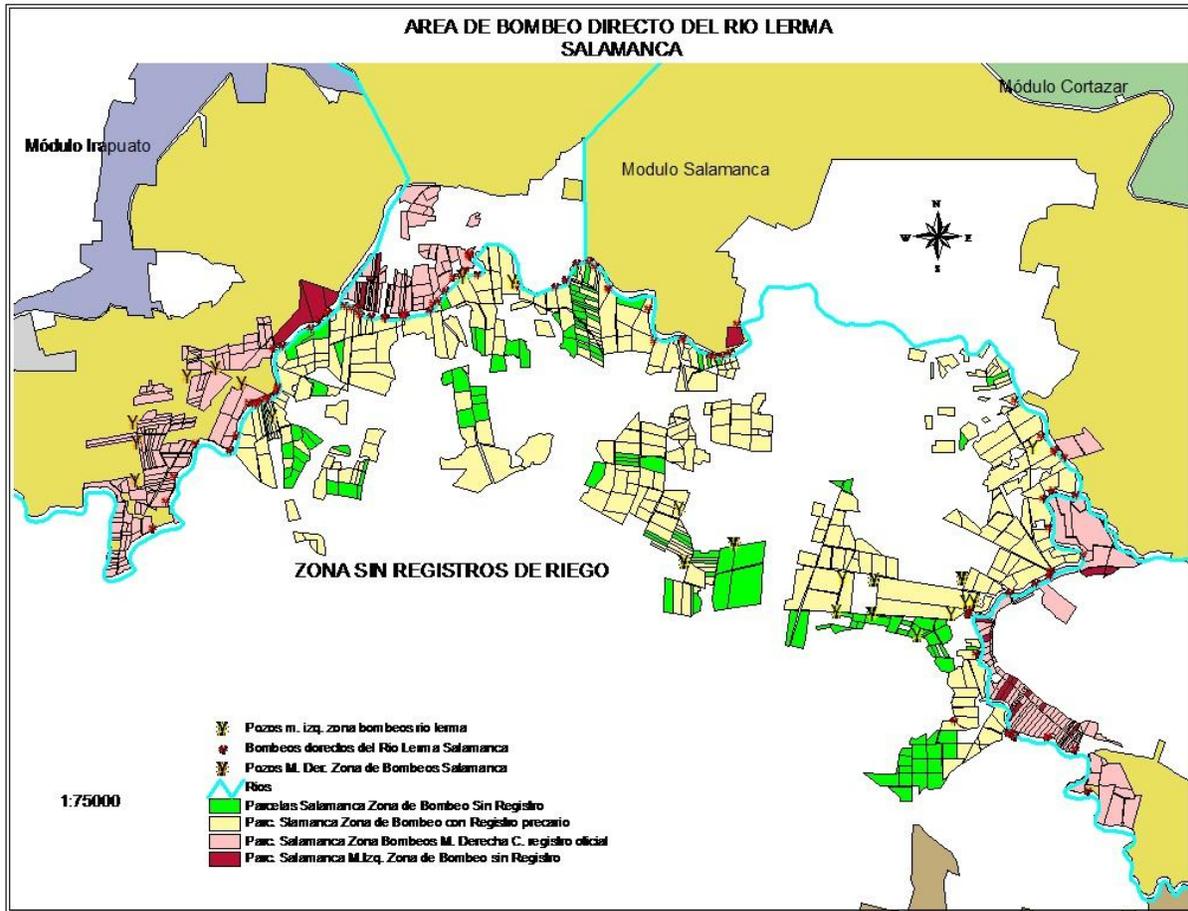


Figura 5.6. Área de bombeo directo del Río Lerma, Módulo Salamanca

La misma condición del Módulo Salamanca es la que se presenta en el módulo Abasolo en las secciones 100, 101 y 102, de la zona 13 de bombeo directo, Figura 5.7

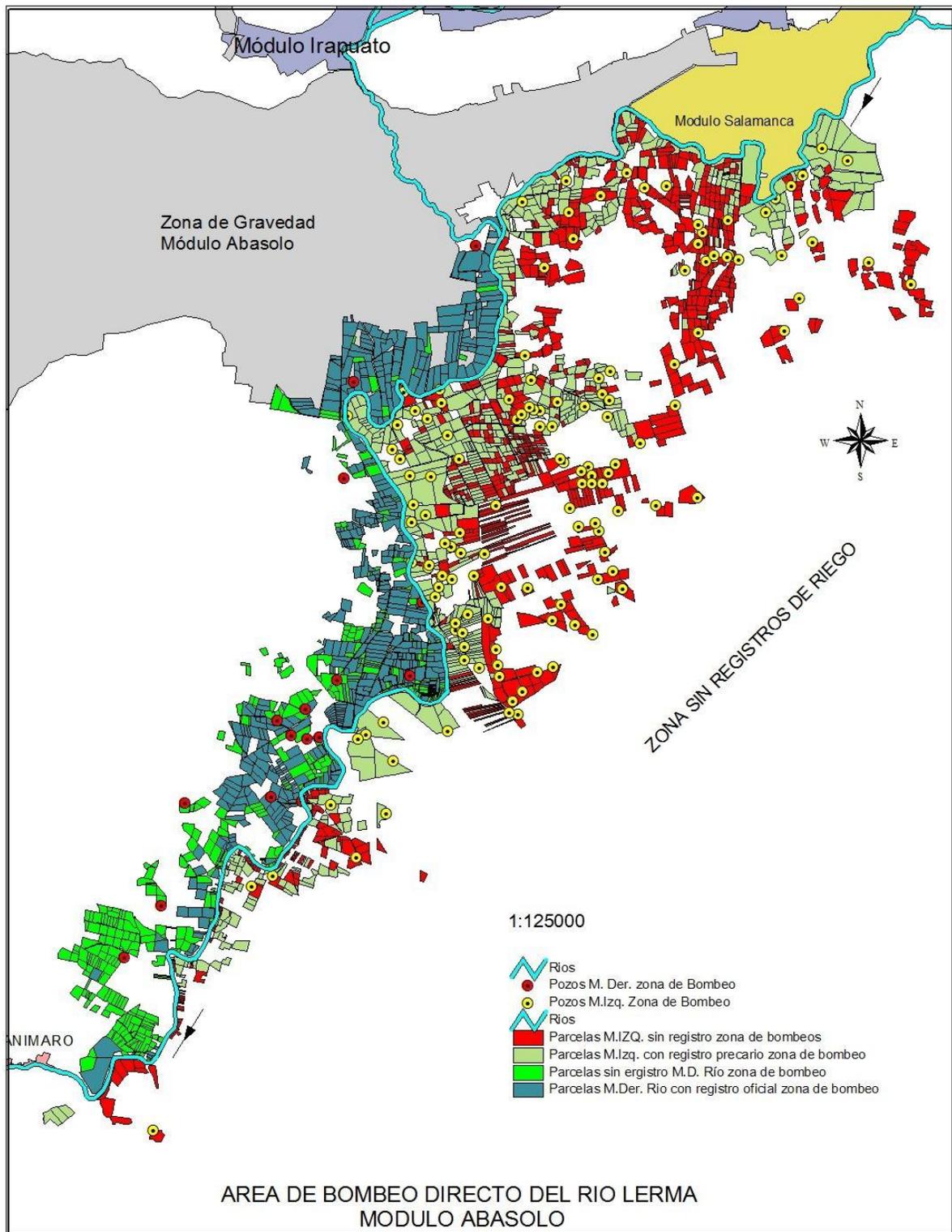


Figura 5.7. Área de bombeo directo del Río Lerma, Módulo Abasolo

Con el apoyo de la información anterior y la del sistema de información Geográfica de Bombeos Directos del Río Lerma en los módulos en estudio, se obtuvo un resumen de información que indican las superficies dominadas por los bombeos siendo un total de 12,548.02 ha, desglosada por módulo, con registros en el padrón y sin registros, Cuadro 5.3obteniendo lo siguiente:

Cuadro 5.3. Superficie que se riega con bombeo directo de aguas superficiales.

Numero de Módulo	Superficie (ha) sin derechos	Superficie (ha) con derechos
Módulo 04 Valle de Santiago	292.32	914.16
Módulo 06 Salamanca	2,291.53	836.49
Módulo 08 Abasolo	6,213.60	1,999.92
Total	8,797.45	3,750.57

Los resultados mostrados en el cuadro anterior indican que la superficie total de usuarios sin derecho de riego o “irregulares” es del orden de 8,797.45 has., y han estado haciendo uso de los volúmenes del distrito desde antes de la transferencia de los distritos a los usuarios, en el año de 1992, o seapor más de 20 años.

5.3 OBTENCIÓN DE USUARIOS CON POZO

Para los pozos profundos ubicados en la zona de análisis con el SIG, se obtuvo la cantidad de equipo y superficie con o sin registro en el padrón; mismosque por contar con aprovechamiento de agua subterránea no deben hacer uso del agua superficial, a menos que conforme a la ley de aguas nacionales demuestren que cuentan con un título, Cuadro 5.4.

Cuadro 5.4. Superficie con pozo y sin derechos de uso de agua superficial.

Numero de Módulo	Superficie (ha) con pozo
Módulo 04 Valle de Santiago	127.06
Módulo 06 Salamanca	426.88
Módulo 08 Abasolo	1,461.17
Total	2,015.11

Si a la superficie que usa agua superficial para riego y que no tiene derecho de la misma, de 8,797.45 ha, se le resta a esta superficie que ya se riega con pozo, la superficie final irregular que continuaría requiriendo y utilizando volúmenes superficiales sería como lo indica el Cuadro 5.5.

Cuadro 5.5. Superficie que hace uso de agua superficial sin derecho de riego y sin pozo.

Numero de Módulo	Superficie (ha)
Módulo 04 Valle de Santiago	165.26
Módulo 06 Salamanca	1,864.65
Módulo 08 Abasolo	4,752.43
Total	6,782.34

5.4 ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES DE AGUA USADOS POR USUARIOS IRREGULARES

5.4.1 Cálculo de lámina de riego

De los Informes Mensuales de Distribución de Agua de la CONAGUA, se obtuvieron los siguientes resultados, para la obtención de las láminas de riego para cada ciclo agrícola del Módulo Valle de Santiago.

En el Anexo 1 se presentan los resultados obtenidos de las láminas de riego para cada subciclo y Módulo de riego con información de toda la superficie regada con agua superficial. Con los promedios calculados como se presenta en el Anexo A1 se calcularon los promedios de los ciclos agrícolas analizados, Cuadro 5.6.

Cuadro 5.6. Medias de Superficies regadas, Volúmenes Netos y Láminas de riego Netas, de los Ciclos Agrícolas, 2006-2007 al 2011-2012.

Subciclo	Otoño-Invierno			Primavera-Verano			Perennes			Segundos Cultivos		
	Sup Regada	Volumen Neto	Lámina Neta	Sup Regada	Volumen Neto	Lámina Neta	Sup Regada	Volumen Neto	Lámina Neta	Sup Regada	Volumen Neto	Lámina Neta
Módulo	Ha	Miles m ³	cm	Ha	Miles m ³	cm	Ha	Miles m ³	cm	Ha	Miles m ³	cm
04 Valle de Santiago	6,615.80	38,534.48	58.25	1,226.36	4,919.18	40.11	299.80	2,009.50	67.03	5,136.00	13,626.42	26.53
06 Salamanca	7,545.94	49,907.81	66.14	2,334.75	9,148.89	39.19	593.2	3,413.66	57.55	7,059.85	18,369.92	26.02
08 Abasolo	8,901.20	56,528.16	63.51	5,181.75	19,009.78	36.69	104	589.07	56.64	8,600.25	21,809.83	25.36

5.4.2 Estimación de Factores de Distribución de las superficies irregulares en ciclos agrícolas

Debido a que no se tienen los registros de las superficies irregulares por Subciclos Agrícolas, se calcularon, a partir de la información del Distrito de Riego, Factores de ajuste para la estimar la distribución de la superficie irregular en esos subciclos agrícolas.

Los Factores de Distribución se obtuvieron en base al registro que se tiene en los Informes Mensuales de Distribución de Aguas de la CONAGUA, para cada subciclo agrícola con respecto al total de la superficie.

$$FADS = \frac{\frac{SCSA}{NCA}}{STCM} \quad (5.1)$$

En la que:

FADS = Factor de ajuste para distribución de superficies por subciclos,

SCSA= Promedio de superficie regada en el módulo por subciclo agrícola en los ciclos agrícolas,

NCA= Número de ciclos agrícolas de análisis

STCM = Superficie promedio usada para riego superficial total del Módulo.

El cálculo de FADS se ejemplifica para el caso del Módulo 04 Valle, Cuadro 5.7 y el concentrado para los 3 Módulos, Cuadro 5.8.

Cuadro 5.7. Factores que se aplicaron en los tres módulos, para estimar la distribución de la superficie irregular por subciclos agrícolas.

Ciclo	Superficie de cultivo ha							Promedio	Factor
	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012			
Otoño - Invierno	6,185.00	6,605.00	6,744.00		6,793.00	6,752.00	6,615.80	0.84	
Primavera-Verano	20.00	311.00	360.00	6,438.00	47.00	182.00	1,226.33	0.16	
Perenes	275.00	259.00	391.00	279.00	295.00		299.80	0.04	
Segundos Cultivos	5,831.00	6,313.00	6,538.00	257.00	5,977.00	5,900.00	5,136.00	0.65	
Superficie en el módulo							7,869.34	1.69	

Cuadro 5.8. Factores de los tres módulos, para la estimar la distribución de la superficie irregular por subciclos agrícolas.

Subciclo	O-I	P-V	Pernn	SegCult
Concepto	Fact de Pond	Fact de Pond	Fact de Pond	Fact de Pond
Módulo	Decimal	Decimal	Decimal	Decimal
04 Valle de Santiago	0.84	0.16	0.04	0.65
06 Salamanca	0.67	0.20	0.05	0.61
08 Abasolo	0.76	0.44	0.01	0.74

La distribución de las superficies irregulares por subciclos se calculó aplicando los FDSA a las superficies irregulares, los resultados de este cálculo se ilustra en el Cuadro 5.8.

1° se calcularon las superficies con pozo con registro oficial, con registro precario y sin registro, ver Cuadro 5.9.

Cuadro 5.9. Estimación de superficies de bombeo directo con pozos en los tres módulos, con y sin registro.

Módulo	Superficies con pozos (ha)		
	Total	Con registro oficial	Sinregistro o con registro precario
Módulo 04 Valle de Santiago	127.06	19.38	107.68
Módulo 06 Salamanca	426.88	65.12	361.76
Módulo 08 Abasolo	1, 461.17	222.90	1, 238.27
Totales	2, 015.11	307.40	1, 707.71

2°. Para estimar el volumen aplicado a la superficie irregular de cada módulo, con registro precario, sin registro y sin pozo, se distribuyó de acuerdo los respectivos FADS, por subciclo y con las láminas medias estimadas en el módulo, se calcularon los volúmenes, como se ejemplifica para el Módulo 04 Valle. Para el subciclo de O-I, que en el caso de superficie irregular sin cuenta y sin pozo por su FASD ($165.26 \times 0.84 = 138.94$), resulta en 138.94 ha, la que con una lámina del módulo de 58.25cm se estima un volumen aplicado de 809.24 miles de m³.

Este cálculo se realizó para los tres Módulos en estudio.

3°. Teniendo las láminas de riego calculadas y las áreas sin derecho de agua para riego para cada subciclo del año agrícola, se obtuvieron las superficies y los volúmenes que se utilizaron en un subciclo agrícola, para los tres módulos, Cuadro 5.10 al Cuadro 5.12.

Cuadro 5.10. Estimación de volumen de agua que es usada por los usuarios que no cuentan con derecho para uso de agua para riego del Módulo 04 Valle de Santiago, en base a la superficie del Cuadro 5.5.

Subciclo	Factor	Superficie (ha) regada sin registro	Lámina (cm) de riego	Volumen (miles m³) utilizado
Otoño - Invierno	0.84	138.94	58.25	809.24
Primavera-	0.16	25.75	40.11	103.31
Perennes	0.04	6.30	67.03	42.20
Segundos	0.65	107.86	26.53	286.16
Total		278.84	44.50	1,240.91

Cuadro 5.11. Estimación de volumen de agua que es usada por los usuarios que no cuentan con derecho para uso de agua para riego del Módulo 06 Salamanca, en base a la superficie del Cuadro 5.5.

Ciclo	Factor	Superficie (ha) regada	Lámina (cm) de riego	Volumen (miles m³) Utilizado
Otoño - Invierno	0.67	1,249.32	64.43	8,049.3
Primavera-Verano	0.20	372.93	39.19	1,461.5
Perennes	0.05	93.23	57.55	536.6
Segundos	0.61	1,137.44	26.02	2,959.6
Total		2,852.92	45.59	13,007.0

Cuadro 5.12. Estimación de volumen de agua que es usada por los usuarios que no cuentan con derecho para uso de agua para riego del Módulo 08 Abasolo, en base a la superficie del Cuadro 5.5.

Ciclo	Factor	Superficie (ha) regada	Lámina (cm) de riego	Volumen (miles m³) utilizado
Otoño - Invierno	0.76	3,611.85	63.51	23,042.33
Primavera-Verano	0.44	2,112.21	36.69	7,748.87
Perennes	0.01	42.39	56.64	240.12
Segundos	0.74	3,505.68	25.36	8,890.24
Total		9,288.65	42.98	39,921.56

El resumen de volúmenes utilizados en las superficies irregulares para los tres Módulos se presenta en el Cuadro 5.13.

Cuadro 5.13. Resumen de los resultados de volumen irregular de agua extraído para riego a nivel distrito

Numero de Módulo	Volumen (miles m³) Utilizado
Módulo 04 Valle de Santiago	1,240.91
Módulo 06 Salamanca	13,007.00
Módulo 08 Abasolo	39,921.56
Total	54,169.5

Lo que resulta en un total de **54,169.5 de miles de m³** de volumen de agua superficial para uso de riego en superficie sin derecho a nivel Distrito, si se regara toda la superficie que se encuentra con este carácter de agua superficial y sin pozo.

5.5 CÁLCULO DEL IMPACTO QUE REPRESENTA PARA EL DISTRITO LAS EXTRACCIONES DE APROVECHAMIENTOS IRREGULARES

Analizando el volumen de agua que se requiere para regar esta superficie irregular respecto al volumen total que se usa y al volumen total de pérdidas a nivel distrito que se tienen cada año, se tienen los resultados mostrados en el 0.Lo que indica que en promedio, se está utilizando 6.23% del volumen utilizado en el distrito de riego, en superficies sin derecho al servicio de riego.

Cuadro 5.14. Comparativo del volumen usado para riego a superficies sin derecho respecto al volumen total de extracción para uso de riego a nivel Distrito 011.

Año Agrícola	Volumen (miles m³) Usado en el D.R. 011	Volumen (miles m³) Usado sin cuenta	% Respecto al Volumen total
2006-2007	683,600.00	54,169.50	7.92%
2007-2008	885,300.00	54,169.50	6.12%
2008-2009	1,132,900.00	54,169.50	4.78%
2009-2010	359,500.00	10,906.33	3.03%
2010-2011	854,186.60	54,169.50	6.34%
2011-2012	606,575.80	54,169.50	8.93%
PROMEDIO PONDERADO	814,202.77	50,730.12	6.23%

Del volumen estimado que se aplica a la superficie irregular, respecto a las pérdidas totales a nivel Distrito, en superficies sin derecho al servicio de riego se observa que en promedio representan el 45.11% de las pérdidas del Distrito de Riego.

Esto implica que se están cargando a pérdidas de conducción, los volúmenes que se están utilizando por bombeos directos en superficies irregulares o sin derecho al servicio de riego.

Cuadro 5.15. Cálculo del índice de que representa el volumen estimado para la superficie irregular respecto a las pérdidas totales a nivel Distrito 011.

Año Agrícola	Volumen (miles m³) Perdido en el D.R. 011	Volumen (miles m³) Usado sin cuenta	% Respecto al Volumen perdido
2006-2007	66,726.90	54,169.50	85.66%
2007-2008	103,828.60	54,169.50	55.05%
2008-2009	186,893.90	54,169.50	30.58%
2009-2010	57,193.80	10,906.33	19.07%
2010-2011	99,329.20	54,169.50	57.54%
2011-2012	110,624.40	54,169.50	51.67%
PROMEDIO	111,301.81	50,207.92	45.11 %

Para el ciclo 2009-2010 se descontó el volumen irregular para los ciclos otoño-invierno y segundos cultivos, puesto que en ese año no hubo riego. Aquí se concluye el cálculo de

estimación de los volúmenes necesarios para irrigar esta superficie irregular. A continuación se describe los datos reales ocurridos en el periodo analizado.

Conforme a la hoja de cálculo para el BALANCE DE ENTRADAS Y SALIDAS y el registro de los volúmenes de las fuentes de almacenamiento y los entregados a nivel de punto de control de las Asociaciones, en la Figura 5.8 se integra gráfico que indica los índices resultantes y la tendencia que representan los volúmenes perdidos o no cuantificados conforme al registro hidrométrico por tramos, misma que fue elaborada para los últimos seis ciclos agrícolas a nivel distrito y por cada tramo del mismo.



Figura 5.8. Volúmenes reales no cuantificados obtenidos del balance de entradas y salidas en el tramo de Lomo de Toro a la derivadora Markassuza por ciclo agrícola.

5.6 PROMEDIOS OCURRIDOS DEL TRAMO DEL RÍO LERMA DE LOMO DE TORO A MARKASSUZA

En el Cuadro 5.16, se presentan las pérdidas estimadas en el tramo del Rio Lerma de Lomo de Toro a Markassuza, cuantificadas en el tramo, respecto a los volúmenes usados a nivel distrito, como se observa, en promedio las pérdidas en el tramo representan el 1.31% del volumen utilizado en todo el distrito de riego.

Cuadro 5.16. Pérdidas del tramo de Lomo de Toro a Markassuza, respecto a los volúmenes utilizados a nivel distrito.

Año Agrícola	Volumen usado distrito Mm ³	Pérdidas reales del tramo Lomo de Toro a Markassuza	
		Volumen Mm ³	%
2006-2007	683,600.0	3,201.5	0.47%
2007-2008	885,300.0	5,815.7	0.66%
2008-2009	1,132,900.0	3,879.4	0.34%
2009-2010	359,500.0	16,229.9	4.51%
2010-2011	854,186.6	28,141.8	3.29%
2011-2012	606,575.8	2,176.8	0.36%
PROMEDIO PONDERADO	722,104.00	9,492.5	1.31%

En el 0, se presentan las pérdidas en tramo Lomo de Toro a Markassuza en función de los volúmenes no cuantificado del distrito, lo que en promedio representa el 9.52% respecto al volumen no cuantificado en el distrito.

Cuadro 5.17. Volúmenes no cuantificados con respecto a las pedidas totales del distrito.

Año Agrícola	Volumen no cuantificado del distrito	pérdidas del tramo Lomo de Toro Markassuza	
		Volumen	%
2006-2007	66,26.9	3,201.5	4.80%
2007-2008	103,828.6	5,815.7	5.60%
2008-2009	186,893.9	3,879.4	2.08%
2009-2010	57,193.8	16,229.9	28.38%
2010-2011	99,329.2	28,141.8	28.33%
2011-2012	110,624.4	2,176.8	1.97%
PROMEDIO PONDERADO	92,637.69	8,816.6	9.52%

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Del procedimiento definido para analizar los volúmenes se concluye que:

- La tendencia a nivel distrito de riego, es de incremento en sus pérdidas de conducción y esta tendencia difiere en los resultados tramo por tramo los cuales tienen un comportamiento distinto, resaltando que en el tramo de análisis son las menores en comparación a los otros tramos.
- La superficie total dominada con y sin registro conforme al sistema de información geográfica de esta zona por los bombeos directos del río Lerma de los módulos Valle de Santiago, Salamanca y Abasolo es de 12,548.02 has., la de usuarios sin registro oficial o precario, con o sin cuenta y con pozos es de 8,797.45 ha.
- La superficie que cuenta con pozos profundos es de 2,015.11ha. La Superficie de usuarios con bombeos directos del río Lerma sin registro y sin riego de pozo es de 6,782.34 has.
- Los volúmenes necesarios para atender la superficie sin registro o sin derechos de riego y sin pozos profundos utilizando las láminas de riego obtenidas de los seis ciclos analizados es de 54,169.5 miles de m³.
- El porcentaje que representaría el volumen estimado de 54,169.5 miles de m³, contra el volumen usado ponderado a nivel distrito es del 6.23% y el volumen que representaría contra el promedio ponderado del volumen de pérdidas a nivel distrito es de 45.11% : sin embargo, las cifras reales de lo estimado en el tramo de análisis, indican que el promedio de volumen ponderado no cuantificado de 6 seis ciclos agrícolas es de 9,492.5 miles de m³ que representa solo el 1.31% del volumen utilizado en todo el distrito y el 9.52% del volumen no cuantificado o perdido de todo el distrito.
- Por lo que como resultado de la estimación de los volúmenes no cuantificados por bombeos irregulares, se tiene que su influencia en la red Mayor del distrito sin dejar de ser importante no es tan significativa, ni es la única causa del incremento de pérdidas del

distrito, ya que conforme a los datos reales, solo representa un 1.31 % del volumen total utilizado y el 9.52% del total perdido o no cuantificado, del Distrito.

- Lo anterior solo significa que los bombeos irregulares riegan las 6,782.34 ha, solo con este grado de afectación al distrito, que oscila entre lo normal, ya que los títulos de concesión establecen una pérdida del 8.8% en la red mayor.
- La justificación de lo anterior, pudiera ser la recuperación de volúmenes de retorno al río Lerma que no son medidos, o por otros diferentes motivos incluyendo los de lluvia. Sin embargo el volumen utilizado en promedio oscila, alrededor del estimado en el presente trabajo.
- Los volúmenes utilizados por los usuarios irregulares que no se informan, actualmente son cargados como pérdidas a todas las asociaciones del distrito cuando es un hecho que la mayoría de estos volúmenes se utilizan y son productivos provocando conflictos, y creando una anarquía y manejo obscuro de la información que afecta la economía de todos los involucrados desde el Módulo de Riego, la concesionaria de la red mayor y la Comisión Nacional del Agua.

6.2 RECOMENDACIONES

De lo concluido y debido a que la tendencia es que se continúen instalando equipos de bombeo irregulares incrementando su área de riego, se recomiendan las siguientes alternativas de solución:

- Mayor participación, vigilancia y actuación expedita de la autoridad al detectar bombeos nuevos que se instalen o pretendan instalar, así como informar o difundir la no disponibilidad de permisos para explotar volúmenes superficiales del río Lerma a usuarios sin registro.
- Analizar propuestas y condiciones para su regularización, partiendo de que la afectación del uso de estos volúmenes no influyen de forma significativa las pérdidas totales de todo el distrito. Para lo anterior pudieran considerarse volúmenes que se van liberando con motivo del cambio de uso de suelo de usuarios con derecho.

- Se recomienda que se tomen acciones de supervisión, vigilancia e inversión en la infraestructura donde se registran fugas, en los tramos de conducción de volúmenes de la red mayor del resto del distrito, donde se registran porcentajes de pérdidas de consideración.
- Mediante programas de tecnificación se pueden instrumentar proyectos de plantas de bombeo únicas, operadas por las Asociaciones con áreas dominantes, con lo que se logrará el control y medición de volúmenes y eliminar el exceso de equipos de bombeo que no son controlados. Lo anterior puede iniciarse en la margen derecha del río Lerma donde existen las 3, 750.57 ha de usuarios con registro oficial.
- Una alternativa de solución sería la clausura de todos los aprovechamientos con carácter de precario, sin embargo habría que considerar que algunos si tienen derechos por lo cual sería difícil explicar en el medio rural porque algunos si se les autoriza y a otros no, además de que se debe realizar un estudio a fondo del impacto económico, político, ambiental y social que representaría para el estado.
- Ejecutar por parte de la autoridad la clausura de los equipos de usuarios que cuentan con pozos particulares pero que además cuentan con un bombeo para beneficiarse de las aguas superficiales del distrito sin tener derechos o títulos de concesión que los ampare, con pleno conocimiento de que la explotación a los acuíferos será mayor o bien el intercambio de volúmenes subterráneos por superficiales
- Como acción inmediata y bajo algún programa especial, se deben buscar las formas de que todo bombeo ubicado en el río Lerma cuente con su respectivo medidor de volúmenes para que al menos cada fin de ciclo o subciclos se realicen operativos para obtener los volúmenes utilizados por cada uno de estos, dicho trabajo también deberá ser llevado a cabo por la autoridad en la materia y apoyado por los otros órganos de gobierno y dependencias involucradas.

7 BIBLIOGRAFÍA

Aguilera C. M. y Martínez E. R. (1996), Relación Agua, Suelo Planta Atmósfera 4ta edición, Ed. Chapingo. 256 p.

Briones, G. y Garcia, I. 2008. Aforo del agua en canales y tuberías. Tercera Edición. Editorial Trillas, Mexico.

Camacho. M., P. 2010. Los Sistemas de Información Geográfica como Herramientas para el Diagnóstico Integral y el Mejoramiento de la Operación del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B., C. y Son. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México.

CEAA. 2012. Centro de Estudios de Administración del Agua. Página disponible en internet. Consultada el 04 de noviembre de 2012.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Página oficial de la CONAGUA, Consultado el 04 de Noviembre de 2012.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), página oficial disponible en internet. Consultada el 5 de noviembre 2011.

Marín S. L. E. 2008. El agua en México: retos y oportunidades. Instituto de Geofísica de la UNAM. México, D.F. Artículo de Investigación.

Mejía S. E. 1999. Diagnóstico y propuesta para incrementar la productividad de los recursos en distritos y Módulos de riego. Doctorado en Ciencias. Especialidad de Hidrociencias, Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, 56230; MEXICO

Palacios, E. y Exebio A. 2011. La operación de los sistemas de riego con apoyo de las técnicas de la información. Colegio de Posgraduados. México.

Palacios. V. E. 2007. La operación de los sistemas de riego con apoyo de las técnicas de la información. Chapingo. México.

Rodríguez R. J. 2010. Modelación Hidrológica y Análisis de Factibilidad Técnica y Económica del Proyecto de Temporal Tecnificado de Ampliación del Bajo Papaloapan Tesechoacán, Estado de Veracruz. Tesis. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. De México.

Vargas V. S. 2010. Aspectos socioeconómicos de la agricultura de riego en la cuenca Lerma-Chapala. Economía, Sociedad y Territorio, Vol. X, Num. 32, El Colegio Mexiquense, A. C. México.

8 ANEXOS

ANEXO 1. Calculo de las láminas de riego por módulos y por ciclos agrícolas.

Cuadro A.1. Cálculo de lámina de riego para subciclo Otoño-Invierno del Módulo 04 Valle de Santiago.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	6,185.00	34,299.60	55.46
2007-2008	6,605.00	44,100.30	66.77
2008-2009	6,744.00	41,906.00	62.14
2009-2010	0.00	0.00	0.00
2010-2011	6,793.00	42,006.50	61.84
2011-2012	6,752.00	30,360.00	44.96
Promedio	6,615.80	38,534.48	58.25

Cuadro A.2. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Primavera-Verano del Módulo 04 Valle de Santiago.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	20.00	42.40	21.20
2007-2008	311.00	1,894.50	60.92
2008-2009	360.00	1,938.50	53.85
2009-2010	6,438.00	24,082.80	37.41
2010-2011	47.00	190.00	40.43
2011-2012	182.00	1,366.90	75.10
Promedio	1,226.33	4,919.18	40.11

Cuadro A.3. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Perennes del Módulo 04 Valle de Santiago.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	275.00	1,849.50	67.25
2007-2008	259.00	2,309.50	89.17
2008-2009	391.00	2,928.10	74.89
2009-2010	279.00	907.80	32.54
2010-2011	295.00	2,052.60	69.58
2011-2012	0.00	0.00	0.00
Promedio	299.80	2,009.50	67.03

Cuadro A.4. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Segundos cultivos del Módulo 04 Valle de Santiago.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	5,831.00	12,986.60	22.27
2007-2008	6,313.00	15,056.00	23.85
2008-2009	6,538.00	25,847.60	39.53
2009-2010	257.00	1,401.20	54.52
2010-2011	5,977.00	13,421.20	22.45
2011-2012	5,900.00	13,045.90	22.11
Promedio	5,136.00	13,626.42	26.53

Cuadro A.5. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Otoño-Invierno del Módulo 06 Salamanca.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	6,618.45	38,715.66	58.50
2007-2008	8,678.57	57,124.09	65.82
2008-2009	7,849.56	54,603.15	69.56
2009-2010	0.00	0.00	0.00
2010-2011	8,512.54	56,987.24	66.95
2011-2012	7,070.60	42,108.90	59.55
Promedio	7,745.94	49,907.81	64.43

Cuadro A.6. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Primavera-Verano del Módulo 06 Salamanca.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	1,015.98	2,171.10	21.37
2007-2008	700.16	3,549.14	50.69
2008-2009	1,008.21	9,244.28	91.69
2009-2010	8,918.59	30,696.99	34.42
2010-2011	30.82	82.95	26.91
2011-2012	0.00	0.00	0.00
Promedio	2,334.75	9,148.89	39.19

Cuadro A.7. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Perennes del Módulo 06 Salamanca.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	370.61	2,016.71	54.42
2007-2008	479.56	3,641.64	75.94
2008-2009	636.64	4,445.97	69.83
2009-2010	639.61	2,021.88	31.61
2010-2011	767.02	4,877.78	63.59
2011-2012	665.73	3,477.98	52.24
Promedio	593.20	3,413.66	57.55

Cuadro A.8. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Segundos cultivos del Módulo 06 Salamanca.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	6,987.40	15,026.95	21.51
2007-2008	7,852.68	16,009.73	20.39
2008-2009	8,339.53	34,122.92	40.92
2009-2010	0.00	0.00	0.00
2010-2011	7,345.04	15,626.66	21.28
2011-2012	4,774.58	11,063.35	23.17
Promedio	7,059.85	18,369.92	26.02

Cuadro A.9. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Otoño-Invierno del Módulo 08 Abasolo.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	5,684.00	38,668.30	68.03
2007-2008	9,958.00	64,298.40	64.57
2008-2009	10,698.00	69,015.70	64.51
2009-2010	0.00	0.00	0.00
2010-2011	9,253.00	62,308.10	67.34
2011-2012	8,913.00	48,350.30	54.25
Promedio	8,901.20	56,528.16	63.51

Cuadro A.10. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Primavera-Verano del Módulo 08 Abasolo.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	6,931.00	20,880.90	30.13
2007-2008	1,487.00	8,598.10	57.82
2008-2009	1,287.00	7,000.30	54.39
2009-2010	11,022.00	39,559.80	35.89
2010-2011	0.00	0.00	0.00
2011-2012	0.00	0.00	0.00
Promedio	5,181.75	19,009.78	36.69

Cuadro A.11. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Perennes del Módulo 08 Abasolo.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	77.00	402.10	52.22
2007-2008	135.00	836.70	61.98
2008-2009	0.00	0.00	0.00
2009-2010	0.00	0.00	0.00
2010-2011	100.00	528.40	52.84
2011-2012	0.00	0.00	0.00
Promedio	104.00	589.07	56.64

Cuadro A.12. Cálculo de la lámina de riego para subciclo Segundos cultivos del Módulo 08 Abasolo.

Año	Superficie (ha)	Volumen (miles m³)	Lámina (cm)
Agrícola	Regada	entrega en parcela	de riego
2006-2007	7,000.00	14,361.30	20.52
2007-2008	9,749.00	20,509.80	21.04
2008-2009	10,255.00	37,438.50	36.51
2009-2010	0.00	0.00	0.00
2010-2011	7,397.00	14,929.70	20.18
2010-2012	0.00	0.00	0.00
Promedio	8,600.25	21,809.83	25.36