



Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Programa de Posgrado

Tesis

**ANÁLISIS DEL USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN,
RED DE DRENAJE Y EN LA PARCELA,
ASPECTOS DE REHABILITACIÓN Y MODERNIZACIÓN.
CASO DE ESTUDIO: MÓDULO DE RIEGO 1-3 OTAMETO
DEL DISTRITO DE RIEGO 010 CULIACÁN**

**que para obtener el grado de
Maestría en Ciencias del Agua
(Gestión Integral del Agua de Cuencas y Acuíferos)**

**presenta
Macario Menjarez Martínez**

Tutor: M.C. Efrén Peña Peña



Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Programa de Posgrado

Tesis

**ANÁLISIS DEL USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN,
RED DE DRENAJE Y EN LA PARCELA,
ASPECTOS DE REHABILITACIÓN Y MODERNIZACIÓN.
CASO DE ESTUDIO: MÓDULO DE RIEGO I-3 OTAMETO
DEL DISTRITO DE RIEGO 010 CULIACÁN**

**que para obtener el grado de
Maestría en Ciencias del Agua
(Gestión Integral del Agua de Cuencas y Acuíferos)**

**presenta
Macario Menjarez Martínez**

Tutor: M.C. Efrén Peña Peña

Con fundamento en los artículos 21 y 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor y como titular de los derechos moral y patrimoniales de la obra titulada "ANÁLISIS DEL USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, RED DE DRENAJE Y EN LA PARCELA, ASPECTOS DE REHABILITACIÓN Y MODERNIZACIÓN. CASO DE ESTUDIO: MÓDULO DE RIEGO I-3 OTAMETO DEL DISTRITO DE RIEGO 010 CULIACÁN", otorgo de manera gratuita y permanente al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, autorización para que fijen la obra en cualquier medio, incluido el electrónico, y la divulguen entre su personal, estudiantes o terceras personas, sin que pueda percibir por tal divulgación una contraprestación.

MACARIO MENJAREZ MARTÍNEZ

Jiutepec, Morelos, a 25 de julio de 2011.

Lugar y fecha



Firma



DEDICATORIAS

A mis padres, Benigno (que en paz descanse) y María del Carmen, a quienes debo mi existencia y formación, además de enseñarme a ser una persona de bien.

A mi esposa, María del Carmen González, por su paciencia y apoyo en la realización de los estudios.

A mis hijos, Brenda y Javier Alejandro por su apoyo en la integración y depuración de la información.

A mis hijos, Brenda, Javier, Araceli, Liseth y Carmen Elizabeth, por su comprensión y valoración de que para obtener algo en la vida se tiene que luchar.



AGRADECIMIENTOS

Al M. C. Efrén Peña Peña, director de tesis, por su apoyo y conducción en la elaboración de los trabajos hasta el término de los mismos, a los miembros del comité tutorial, M. I. Mario Montiel Gutiérrez, M.C. Pedro Pacheco Hernández y al Dr. Víctor Arroyo Correa, por la revisión y comentarios aportados en la etapa de corrección del presente trabajo.

Al Lic. Luis Javier de la Rocha Zazueta, Director del Organismo de Cuenca Pacifico Norte y al Lic. Dalvingh Iturrios Corrales, Director de Administración en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte, por su apoyo incondicional en el seguimiento y realización de los trabajos y estancias en el Instituto Mexicano de Tecnología del agua hasta la obtención del grado.

Al Dr. Felipe I. Arreguín Cortes, Subdirector General Técnico de la CONAGUA y al Ing. Enrique Mejía Maravilla, Gerente de Saneamiento y Calidad del Agua, por su valioso apoyo en el seguimiento de los estudios, hasta su culminación de los estudiante de Maestría.

Al Dr. Polioptro Martínez Austria, Director del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, por la responsabilidad dentro de la institución que representa, de impartir una Maestría en Gestión Integral del Agua y Acuíferos con calidad y aporte a la sociedad.

A la Coordinación de Riego y Drenaje del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, en especial al M.C. Fernando Fragoza Díaz, al M.C. Juan Carlos Herrera y al Dr. Heber Saucedo por su apoyo brindado dentro de las instalaciones.

Al Director de Infraestructura Hidroagrícola del Organismo de Cuenca Pacifico Norte, de la CONAGUA, Ing. Ricardo Ramón Rodríguez Camarena, por su apoyo en el área a su cargo para la realización de los trabajos y para las estancias de revisión en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA.

Al Jefe del Distrito de Riego 010 Culiacán- Humaya, Ing. Sirio Moreno Armenta, por su apoyo en las estancias para la revisión de los trabajos en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. IMTA

A la Mesa Directiva de la Asociación de Usuarios, A.U.P.A. Módulo de Riego I-3 Otameto del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, en especial al Lic. Jesús Vicente Paredes Fonseca y al Sr. Alberto Cárdenas Medina, presidente y ex presidente, respectivamente.

Al Ing. José Francisco Sepúlveda, Gerente del Módulo de Riego I-3 Otameto, al Ing. Juan José Báez Ramos y al Sr. Jesús Antonio Plata U., Jefes de Zona, a los Señores César Báez Ramos, Francisco Espinoza G., Leonel López López, Valentín López Avendaño y Gabino Benítez Plata, jefes de sección, a la Sra. Daniela Gastelum Ríos, secretaria ejecutiva, a Idelfonso Plata R., Jefe



de Almacén, a la C. P. Addis O. Serrano, contadora general del Módulo de Riego I-3 Otameto y a la Sra. Angelina Sánchez R., jefa de recaudación, por su apoyo en la obtención de información estadística necesaria para la integración del presente trabajo, visitas al sitio de la infraestructura y por el valioso tiempo aportado en la atención y seguimiento de los trabajos, inclusive fuera del tiempo normal de sus actividades cotidianas.

Al Ing. Armando Chávez Durán, Jefe del Departamento de Riego y Drenaje del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, por sus comentarios y apoyo con información estadística y de laboratorio para la realización de los trabajos y al Ing. Luis Sarmiento Ochique, por su apoyo para la obtención de información de la zona de estudio.

A los que me ayudaron de inicio para realizar los estudios de Maestría, Ing. Alfredo Mora Magaña, ex director del Organismo de Cuenca Pacifico Norte, Ing. Jorge Luis Camacho Gaxiola, Ing. Juancelmo Arredondo Cárdenas, e Ing. Alfredo Araujo Beltrán, ex directores de Infraestructura Hidroagrícola del Organismo de Cuenca Pacifico Norte.

Al grupo de profesores que impartieron las diversas materias dentro de la Maestría, por su labor incansable de enseñar, en especial al M.C. Jorge A. Hidalgo Toledo, al Lic. Gustavo A. Ortiz Rendón, al Dr. Víctor Arroyo Correa y al M.I. Juan Francisco Gómez Martínez.

A mis compañeros y amigos de Maestría, por la unión mostrada para trabajar en equipo, en especial a Eva Rodríguez Rodríguez, Armando Catalán Castro, Amalio Cardona Rodríguez y José Luis Montoya Murillo.

A mi compañero José Carlos Douriet Cárdenas por sus palabras de aliento para el buen término de los trabajos.

Un agradecimiento especial al Lic. Felizardo Bracamontes Chávez, Jefe de Proyecto de la Dirección de Administración del Organismo de Cuenca Pacifico Norte, por su apoyo y gestión administrativa ante nuestras autoridades en CONAGUA para el término de los trabajos de esta tesis.

A la Jefatura de Proyecto de la Maestría del IMTA, en especial al Dr. Alejandro Sainz Zamora, Jefe de Proyecto de Maestría, al M.I. Jesús Figueroa Rodríguez y su esposa, la M.I. Lydia Torres Alvarado y a la M. en D. Alejandrina de los Santos, por su apoyo en los trámites dentro las clase normales hasta cumplir los créditos y del seguimiento hasta la terminación del proceso de obtención del Grado de Maestría.

A la M.I. María Mireya Figueroa de Jesús, por su apoyo en las correcciones del formato de la tesis.



CONTENIDO

RESUMEN	14
1 INTRODUCCIÓN	15
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Planteamiento del problema y alcance de la tesis.....	15
1.2.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2.2 Importancia de la tesis	21
1.2.3 Objetivo	22
1.2.3.1 Objetivo particular	22
1.2.3.2 Objetivos específicos	22
2 REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	23
2.1 Marco Jurídico	23
2.1.1 Sustentabilidad ambiental del agua	23
2.1.2 Mejora de la productividad del agua en el sector agrícola.....	23
2.1.3 Organización de los distritos de riego	24
2.2 Problemas de segunda generación que tienen los usuarios del riego	24
2.3 Rehabilitación y Modernización, Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya	25
2.3.1 Plan Director del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya	25
2.4 Conceptos relacionados con el uso y manejo del agua.....	26
2.4.1 Uso y manejo del agua.....	26
2.4.2 Conservación, conservación diferida, rehabilitación y modernización	26
2.4.3 Suelos salinos, suelos salinos sódicos, suelos sódicos no salinos	26
3 MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Características generales del módulo de riego	27
3.1.1 Transferencia de la Infraestructura a los usuarios y concesión del agua	27
3.1.2 Ubicación del módulo de riego I-3 Otameto	28
3.1.3 Fuentes de agua superficial	28
3.1.4 Clima de la zona	28
3.1.5 Tenencia de la tierra	29
3.1.6 Serie de suelos y texturas	30
3.1.7 Sistemas de información geográfica Arc View y vectores de la zona	32
3.2 Metodología de análisis del caso de estudio.....	33
3.3 Aspectos sociales, aplicación de encuestas a usuarios	36
3.4 Funcionamiento de la red de distribución y parcelaria, aspectos sociales	50
3.4.1 Prioridad en la modernización	50
3.4.1.1 Estimación de pérdidas de agua por filtración, en la red de distribución.....	50
3.4.1.2 Estimación de pérdidas de agua por filtración, en regaderas parcelarias	58
3.4.2 Las estructuras de control y medición del agua riego.....	59
3.5 Funcionamiento de la red de drenaje superficial, aspectos sociales.....	65
3.6 El agua y el suelo.....	69
3.7 Componentes del balance del agua en la zona radical	72



3.7.1	Cropwat, requerimientos de riego.....	72
3.7.2	Aporte freático	79
3.7.3	Humedad Residual aprovechable.....	85
3.7.4	Volúmenes de sobre riego	94
3.7.5	Escenarios de requerimientos de lavado de suelos	96
3.8	Demanda y eficiencia del agua, módulo I-3 Otameto.....	104
3.8.1	Demanda y eficiencia de aplicación parcelaria a nivel sección de riego	104
3.8.2	Demanda y eficiencia total desde la Presa hasta la Parcela	106
3.9	Resumen de pérdidas de agua y aspectos sociales	109
3.9.1	Pérdidas de agua a nivel módulo de riego.....	109
3.9.2	Factibilidad de ampliación de zonas de riego	109
3.10	Clasificación de suelos por sodio, reflejo del manto freático en el suelo.....	110
3.11	Cultivos resistentes a sales, sodio y de bajo consumo de agua	111
3.12	Impactos de la gestión dentro del módulo de riego	112
3.12.1	Rendimientos en el cultivo del maíz ciclo agrícola 2008-2009.....	112
3.12.2	Indicadores de producción	123
3.12.3	Productividad de la tierra y del agua, nivel tecnológico.....	125
3.12.4	Comparativa de la productividad de la tierra y el agua.....	128
4	REQUERIMIENTO EN TECNIFICACIÓN, INTERES DE LOS USUARIOS	130
5	ACCIONES ESTRUCTURALES.....	137
5.1	Red de distribución	137
5.2	Red de drenaje superficial.....	141
5.3	Pozos y plantas de bombeo	143
5.4	Estructuras de control y medición de aguas	144
5.5	Camino de operación y servicio.....	146
5.6	La Parcela	147
5.6.1	Nivelación de tierras y trazos de riego.....	147
5.6.2	Drenaje parcelario.....	149
5.6.3	Sistema de riego por goteo	149
5.6.4	Sistema de riego por aspersión.....	150
5.6.5	Regaderas parcelarias	150
5.6.6	Resumen de inversiones de acciones estructurales	151
6	ACCIONES NO ESTRUCTURALES	154
6.1	Reglamento de la asociación de riegos	154
6.2	Plan de riegos.....	154
6.3	Padrón de usuarios.....	154
6.4	Áreas específicas de apoyo para el módulo de riego I-3 Otameto.....	155
6.5	Estudios y proyectos ejecutivos en la red de distribución y drenaje.....	156
6.6	Capacitación	156
6.7	Mejora en la programación del riego utilizando el sistema Cropwat 8	159
6.8	Consideraciones en el cálculo de cuota de riego a nivel módulo riego	162
6.9	Resumen de inversiones no estructurales	167
7	INVERSIONES Y RECUPERACIÓN DE AGUA	168



8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	173
9	REFERENCIAS	175
	GLOSARIO DE TERMINOS	178
	SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y EQUIVALENCIAS	188
	ANEXO A. Requerimientos de volúmenes de riego	190
	ANEXO B. Coeficientes de pérdidas de agua por tipo de suelos.....	191
	ANEXO C. Desglose de pérdidas de canales Sección 15, módulo I-3 Otameto	192
	ANEXO D. Gráficos de Rawls y Brakesiek para obtención de PCC Y PMP.....	193
	ANEXO E. Análisis químicos en pozos freáticos, módulo I-3 Otameto.....	194
	ANEXO F. Salinidad analizada en el suelo al año 1995.....	199
	ANEXO G. Diagrama de Clasificación de agua para riego, manual 60 USA.....	200
	ANEXO H. Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego.....	201
	ANEXO I. Tolerancia de los cultivos a las sales.....	205
	ANEXO J. Cultivos resistentes al sodio intercambiable.....	206
	ANEXO K. Ingresos promedio, módulo de riego I-3 Otameto, enero 2009	207
	ANEXO L. Ventana Principal del Cropwat 8 para la programación del riego	208
	ANEXO M. Tipo de encuesta aplicada a usuarios de riego	209
	ANEXO N. Relación de riegos Instalados en tomas granjas, módulo I-3 Otameto.....	212
	ANEXO O. Detalles de aporte freático sección 14, módulo I-3 Otameto.....	213
	ANEXO P. Triangulo Textural U.S.D.A. para determinar texturas básicas, Módulo I-3	214



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Red de distribución por sección de riego, módulo de riego I-3 Otameto.....	52
Tabla 2. Estimación de Pérdidas de agua por filtración en sección 18	53
Tabla 3. Estimación de Pérdidas de agua por filtración en sección 17	54
Tabla 4. Estimación de pérdidas de agua por filtración en sección 16.....	55
Tabla 5. Estimación de pérdidas de agua por filtración en sección 15.....	55
Tabla 6. Estimación de pérdidas de agua por filtración sección 14.....	56
Tabla 7. Estimación de pérdidas de agua por filtración sección 13.....	57
Tabla 8. Estimación de pérdidas de agua por filtración sección 12.....	57
Tabla 9. Resumen de pérdidas estimadas por filtración, modulo I-3 Otameto	58
Tabla 10. Estimación de pérdidas de agua por filtración en regaderas.....	59
Tabla 11. Estructuras de control y medición del agua	60
Tabla 12. Estructuras de control y medición del agua	61
Tabla 13. Grado de satisfacción de usuarios dentro de distrito con la medida de agua en su parcela y grado en que estarían dispuestos a mejorar la medición	62
Tabla 14. Grado de satisfacción de usuarios fuera de distrito con la medida de agua en su parcela y grado en que estarían dispuestos a mejorar la medición	62
Tabla 15. Situación al ciclo agrícola 2007-2008 de las baterías y plantas de bombeo dentro del módulo de riego I-3 Otameto.....	64
Tabla 16. Históricos de consumos de energía eléctrica de los aprovechamientos del módulo I-3 Otameto a Diciembre de 2008	65
Tabla 17. Histórico de indicadores de eficiencia de los principales conceptos de conservación del Módulo de Riego I-Otameto	66
Tabla 18. Resumen de datos climáticos al centro del módulo de riego I-3 Otameto	75
Tabla 19. Precipitación y precipitación efectiva promedio mensual al centro del módulo de riego I- 3 Otameto.....	75
Tabla 20. Obtención de volúmenes de agua para el ciclo agrícola 2008-2009, utilizando los requerimientos de riego de Cropwat (secciones 12, 13 y 14).....	77
Tabla 21. Obtención de volúmenes de agua para el ciclo agrícola 2008-2009, utilizando los requerimientos de riego de Cropwat (Secciones 15, 16 y 17)	78
Tabla 22. Estimado de aporte freático de calidad aceptable por sección de riego, módulo I-3 Otameto al cultivo de maíz.....	82
Tabla 23. Promedio de hectáreas que aportan agua al cultivo de maíz desde el nivel freático	82
Tabla 24. Láminas promedios de aporte freático al cultivo del maíz por sección de riego, módulo I- 3 Otameto.....	83
Tabla 25. Obtención de PCC Y PMP para las series de suelos del módulo I-3 Otameto.	87
Tabla 26. Obtención de la humedad residual aprovechable y déficit de humedad para riego de asiento.....	93
Tabla 27. Requerimiento de sobreriego considerando el potencial del rendimiento mínimo del maíz y la salinidad del agua de riego	95
Tabla 28. Requerimiento de sobreriego considerando el potencial del rendimiento mínimo del frijol y la salinidad del agua de riego	96



Tabla 29. Clase de suelos por contenido de sales	101
Tabla 30. Láminas y volúmenes promedio de lavados de suelo por sección de riego para maíz, Módulo I-3 Otameto	102
Tabla 31. Láminas y volúmenes promedio de lavados de suelo por sección de riego para frijol, Módulo I-3 Otameto	103
Tabla 32. Demanda de agua por sección de riego considerando riego superficial, humedad residual aprovechable, aporte freático y requerimiento de sobre riego, módulo I-3 Otameto	105
Tabla 33. Eficiencia Promedio de aplicación parcelaria en el módulo de riego I-3 Otameto, años agrícola 2007-2008 y 2008-2009.....	105
Tabla 34. Volúmenes de agua, aprovechamientos de pozos, infraestructura módulo I-3 Otameto.....	106
Tabla 35. Volúmenes de agua, aprovechamientos de pozo con infraestructura de particulares, módulo I-3 Otameto	107
Tabla 36. Volúmenes de agua, aprovechamientos de drenes, bajos naturales y ríos con, infraestructura módulo I-3 Otameto	107
Tabla 37. Volúmenes de agua, aprovechamientos pozos y plantas de bombeo con infraestructura del banco de aguas de los usuarios del Distrito 010 Culiacán-Humaya.....	107
Tabla 38. Traslado de volúmenes año agrícola 2008-2009 a punto de control del módulo de riego I-3 Otameto	108
Tabla 39. Eficiencias de distribución, conducción y aplicación parcelaria año agrícola 2008-2009	109
Tabla 40. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 12	113
Tabla 41. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 13	115
Tabla 42. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 14	116
Tabla 43. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 15	118
Tabla 44. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 16	119
Tabla 45. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 17	120
Tabla 46. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 18	122
Tabla 47. Resumen de incrementos en rendimientos en cultivos de maíz por acciones de mejora, módulo I-3 Otameto	123
Tabla 48. Indicadores de Producción del ciclo agrícola 1998-1999 al ciclo agrícola 2007-2008, módulo I-3 Otameto	124
Tabla 49. Promedio de volúmenes utilizados y láminas brutas a nivel de Presa para los principales cultivos del módulo de riego I-3 Otameto del año agrícola 2005-2006 al 2007- 2008, Distrito de Riego 010 Culiacán	126
Tabla 50. Productividad de la tierra y el agua, nivel tecnológico, en el módulo de riego I-3 Otameto en el periodo de 2005-2008	127
Tabla 51. Comparativa de la productividad de la tierra y el agua, en el módulo de riego I-3 Otameto por tipos de cultivos del periodo comprendido del 2005 al 2008.	129
Tabla 52. Serie de suelos con requerimiento en nivelación de tierras e interés de los usuarios por nivelación de tierras.....	131
Tabla 53. Serie de suelos con requerimiento de drenaje parcelario e interés de los usuarios por el drenaje parcelario	132
Tabla 54. Serie de suelos con requerimiento de riegos por goteo e interés de los usuarios por riego con goteo.....	134



Tabla 55. Serie de suelos con requerimiento de riego por aspersión e interés de los usuarios por riego con aspersión	135
Tabla 56. Serie de suelos con requerimiento en riego con multicompuertas e interés de los usuarios por la tecnificación con multicompuertas	136
Tabla 57. Volúmenes perdidos estimados por canal y por sección de riego, módulo I-3 Otameto	138
Tabla 58. Volúmenes perdidos estimados por canal y por sección de riego, módulo I-3 Otameto (continuación)	139
Tabla 59. Propuesta de Revestimiento de concreto en la red de distribución	140
Tabla 60. Resumen de modernización en la red de distribución a corto y mediano plazo	140
Tabla 61. Inversiones en la red de distribución, módulo I-3 Otameto	141
Tabla 62. Inversiones en la rehabilitación de la red de drenaje, módulo I-3 Otameto a cargo de los usuarios	142
Tabla 63. Inversiones de la red de drenaje superficial a cargo de la CONAGUA	143
Tabla 64. Inversión posible en rehabilitación en la red de drenaje superficial, de no atenderse la conservación a cargo de los usuarios	143
Tabla 65. Inversiones en pozos de bombeo a cargo del módulo de riego I-3 Otameto	144
Tabla 66. Inversiones en estructuras de control y medición de agua del módulo de riego I-3 Otameto	146
Tabla 67. Inversiones en la red de caminos de operación y servicio, módulo de riego I-3 Otameto	147
Tabla 68. Inversiones a cargo del usuario y recuperación de agua por nivelación de tierras en el corto y mediano plazo	148
Tabla 69. Inversiones en drenaje parcelario, módulo de riego I-3 Otameto	149
Tabla 70. Inversión en riego por goteo, módulo de riego I-3 Otameto	149
Tabla 71. Inversiones en riego por aspersión, módulo de riego I-3 Otameto	150
Tabla 72. Inversiones en regaderas parcelarias y volumen estimado de agua a recuperar, módulo de riego I-3 Otameto	151
Tabla 73. Resumen de inversiones y recuperación de agua, módulo de riego I-3 Otameto	151
Tabla 74. Inversiones y recuperación de agua, módulo de riego I-3 Otameto. (Continuación)	152
Tabla 75. Opciones del momento de riego de acuerdo con el Programa Cropwat 8	160
Tabla 76. Opciones de cuando aplicar el riego de acuerdo con Cropwat 8	160
Tabla 77. Programación del riego para el cultivo de maíz en serie de suelo Bledal, considerando regar al cultivo a agotamiento crítico y que la lámina de agua en zona de raíces se reponga a capacidad de campo	161
Tabla 78. Programación del riego para el cultivo de maíz en serie de suelo Bledal, considerando el aporte freático, regar al cultivo a agotamiento crítico y que la lámina de agua en zona de raíces se reponga a capacidad de campo	162
Tabla 79. Necesidades medias Anuales de Conservación	164
Tabla 80. Relación de gastos de operación Año Agrícola 2007-2008, módulo I-3 Otameto	165
Tabla 81. Gastos de administración, año agrícola 2007-2008, módulo de riego I-3 Otameto	165
Tabla 82. Resumen de Inversiones no estructurales	167



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del módulo de riego I-3 Otameto.....	29
Figura 2. Serie de suelos en el módulo de riego I-3 Otameto.....	31
Figura 3. Serie de suelos y texturas, módulo de riego I-3 Otameto	32
Figura 4. Pérdidas de agua observadas por personal operativo, módulo de riego I-3 Otameto.....	52
Figura 5. Aprovechamientos de agua de acuífero, río, drenes y bajos naturales del módulo de riego	63
Figura 6. Caracterización del funcionamiento de la red de drenaje superficial del módulo de riego I- 3 Otameto, al año agrícola 2008-2009	68
Figura 7. Régimen de Humedad del suelo.....	69
Figura 8. Tasa de flujo ascendente para los tipos de suelo.....	81
Figura 9. Zonas de aporte freático de calidad aceptable, sección 14, febrero, módulo I-3 Otameto.....	83
Figura 10. Zonas de aporte freático de calidad aceptable, sección 15, módulo I-3 Otameto.....	84
Figura 11. Zona de aporte freático de calidad aceptable al mes de abril, módulo I-3 Otameto.....	84
Figura 12. Zonas de aporte freático de calidad aceptable y de mala calidad, abril, módulo de riego I-3 Otameto.	85
Figura 13. Suelos por tipo de serie, sección 12, módulo I-3 Otameto.....	88
Figura 14. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 12, módulo I-3 Otameto	88
Figura 15. Suelos por tipo de serie, sección 13, módulo I-3 Otameto.....	89
Figura 16. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 13, módulo I-3 Otameto	89
Figura 17. Suelos por tipo de serie, sección 14, módulo I-3 Otameto.....	89
Figura 18. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 14, módulo I-3 Otameto	90
Figura 19. Suelos por tipo de serie, sección 15, módulo I-3 Otameto.....	90
Figura 20. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 15, módulo I-3 Otameto	90
Figura 21. Suelos por tipo de serie, sección 16, módulo I-3 Otameto.....	91
Figura 22. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 16, módulo I-3 Otameto	91
Figura 23. Suelos por tipo de serie, sección 17, módulo I-3 Otameto.....	91
Figura 24. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 17, módulo I-3 Otameto	92
Figura 25. Suelos por tipo de serie, sección 18, módulo I-3 Otameto.....	92
Figura 26. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 18, módulo I-3 Otameto	92
Figura 27. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, módulo I-3.	97
Figura 28. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 12, módulo I-3.....	97
Figura 29. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 13, módulo I-3.....	98
Figura 30. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 14, módulo I-3.....	98
Figura 31. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 15, módulo I-3.....	99
Figura 32. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 16, módulo I-3.....	99
Figura 33. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 17, módulo I-3.....	100
Figura 34. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 18, módulo I-3.....	100
Figura 35. Clasificación de porcentaje de sodio intercambiable en el manto freático, módulo I-3 Otameto	110
Figura 36. Clasificación de porcentaje de sodio intercambiable en el suelo, módulo I-3 Otameto.....	111
Figura 37. Rendimiento observados de maíz, sección 12, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto	113



Figura 38. Rendimiento observados de maíz, sección 13, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto	114
Figura 39. Rendimiento observados de maíz, sección 14, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto	116
Figura 40. Rendimiento observados de maíz, sección 15, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto	117
Figura 41. Rendimiento observados de maíz, sección 16, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto	118
Figura 42. Rendimiento observados de maíz, sección 17, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto	120
Figura 43. Rendimiento observados de maíz, sección 18, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto	121
Figura 44. Siembra de maíz en ampliación de zona de riego, ciclo otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto	122
Figura 45. Caracterización de zonas que requieren drenaje parcelario, módulo I-3 Otameto.....	133



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Grado de satisfacción con la operación, conservación y administración del módulo de riego de los usuarios dentro de Distrito	39
Gráfico 2. Grado de satisfacción con la operación, conservación y administración del módulo de riego I-3 Otameto de los usuarios fuera de Distrito	39
Gráfico 3. Grado de cumplimiento en entrega de agua usuarios dentro de Distrito, módulo de riego I-3 Otameto	41
Gráfico 4. Grado de cumplimiento en entrega de agua usuarios fuera de Distrito, módulo de riego I-3 Otameto.....	41
Gráfico 5. Grado de satisfacción del usuario dentro de Distrito con la infraestructura del módulo de riego I-3 Otameto.....	42
Gráfico 6. Grado de satisfacción del usuario fuera de Distrito con la infraestructura del módulo de riego I-3 Otameto.....	43
Gráfico 7. Grado de Interés por los usuarios dentro de Distrito en la modernizar de la infraestructura, módulo de riego I-3 Otameto	44
Gráfico 8. Grado de Interés por los usuarios fuera de Distrito en modernizar la infraestructura, módulo de riego I-3 Otameto.....	44
Gráfico 9. Interés de los usuarios dentro de Distrito por los sistemas de riego parcelarios	45
Gráfico 10. Interés de los usuarios fuera de Distrito por los sistemas de riego parcelarios	46
Gráfico 11. Cultivos de reconversión productiva propuestos por los usuarios dentro de Distrito de Riego.....	47
Gráfico 12. Cultivos de reconversión productiva propuestos por los usuarios fuera de Distrito de riego	47
Gráfico 13. Aceptación de la medición del agua con alguna estructura de medición, usuarios dentro de Distrito	48
Gráfico 14. Aceptación de la medición del agua con alguna estructura de medición, usuarios fuera de Distrito	48
Gráfico 15. Interés de los usuarios dentro de Distrito en aportar una sobrecuota de riego para modernizar la infraestructura.....	49
Gráfico 16. Interés de los usuarios fuera de Distrito en aportar una sobrecuota de riego para modernizar la infraestructura.....	49
Gráfico 17. Prioridad para mejoramiento del módulo de riego, según usuario dentro de Distrito.....	157
Gráfico 18. Prioridad para mejoramiento del módulo de riego, según usuario fuera de Distrito.....	157
Gráfico 19. Cursos solicitados y propuestos por los usuarios dentro de Distrito para los usuarios dentro de Distrito	158
Gráfico 20. Cursos solicitados y propuestos por los usuarios fuera para los usuarios fuera de Distrito	158



ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Escasa modernización en la red de distribución, módulo I-3 Otameto.	17
Fotografía 2. Deficiente conservación en taludes y falta de modernización en la red de distribución, módulo I-3 Otameto	17
Fotografía 3. Escasa rehabilitación en la red de drenaje superficial, módulo de riego I-3 Otameto	18
Fotografía 4. Escasa rehabilitación en la red de drenaje superficial, módulo I-3 Otameto.....	18
Fotografía 5. Problemas de tipo financieros, provoca conservación diferida, módulo I-3 Otameto	19
Fotografía 6. Problemas de tipo ambiental, por niveles freáticos someros de mala calidad, debido a sales y a sodio, módulo I-3 Otameto	19
Fotografía 7. Usuarios fuera de Distrito que requieren cada vez mayores volúmenes de agua, módulo I-3 Otameto.	20
Fotografía 8. Escasa modernización parcelaria, falta de estructuras de medición y conservación de estructuras, módulo de riego I-3 Otameto	20



RESUMEN

Se obtuvo una propuesta de mejora para la Rehabilitación y Modernización Integral del Riego dentro de la zona de estudio que comprende la A.U.P.A, módulo de Riego I-3 Otameto del Distrito de Riego 010 Culiacán Humaya, en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte de la CONAGUA en el estado de Sinaloa, para llegar a la propuesta se realizó un diagnóstico utilizando información diversa comprendida dentro periodo 1993-2010, relacionada con la problemática que se presenta en la asociación de usuarios a nivel gestión del agua, se realizó un análisis de opinión, técnico y documental; en el análisis de opinión se llevó a cabo un encuesta a los usuarios de riego y en la parte técnica-documental, con información encontrada en la propia asociación de riego en estudio, los registros de la Jefatura de Riego y Drenaje del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya y la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Pacifico Norte y mediante las herramientas de ayuda como Arc View, Autocad y Cropwat y la bibliografía existente, se logró establecer y aplicar una metodología dentro del uso del agua por sección de riego para estimar varias variables dentro del balance del agua que intervienen de alguna manera en el requerimiento de riego de los cultivos, como lo son el aporte freático; donde se tomó en cuenta la calidad y la profundidad del agua freática, la humedad residual aprovechable, el lavado de suelos y la aplicación del riego superficial, considerando las texturas de los diversos tipos de suelos, el requerimiento de agua de los principales cultivos que se siembran y los que son factibles y los que los propios usuarios manifestaron poder cultivar.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Gobierno Federal, a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), ha concesionado el agua para riego y ha transferido la operación, conservación y administración de las obras a los usuarios. En este proceso en cada Distrito de Riego se formaron Módulos de Riego, que son administrados por una Asociación Civil de Usuarios (ACU), la cual se constituye como concesionaria de los volúmenes de agua para riego y responsable de brindar el servicio de riego a los usuarios y de conservar las obras. En un importante número de casos, las Asociaciones Civiles han constituido una Sociedad de Responsabilidad Limitada, encargada de operar, conservar y administrar la red mayor; después de la transferencia de la infraestructura de riego, en los años 90's, los usuarios de riego se hicieron cargo de mantenerla en buenas condiciones de operación, no obstante por diversas causas, entre las que se encuentran las financieras, en algunas asociaciones eso no fue posible, por lo que de una conservación normal de la infraestructura que permite prevenir problemas en su desempeño se llegó en algunos casos a conservación diferida donde se observó algún problema en el funcionamiento de las obras y en algunos casos se pasó a una rehabilitación donde las estructuras dejaron de funcionar. La asociación de riego en estudio ha tenido que afrontar la problemática; presentándose conservación diferida en la infraestructura, principalmente en su red de drenaje superficial lo que pone en riesgo de llegar a una rehabilitación y donde se presentan algunos casos y otros de no atenderse están por presentarse. Debido a las características de los suelos en la zona de estudio, los bajos niveles de tecnificación en el riego y la escasa medición del agua, el uso y manejo del agua en la red de distribución y en la parcela, ha resultado deficiente. Ha sido del interés del Gobierno Federal y las Asociaciones de Usuarios que para operar la infraestructura eficientemente y obtener la mayor eficiencia en la aplicación del riego y alcanzar mayor productividad, es necesario rehabilitar y modernizar la infraestructura y las zonas parcelarias, percibiéndose como una necesidad nacional; en la presente tesis se ayuda a resolver la problemática, proponiendo una metodología de análisis y un caso de estudio.

1.2 Planteamiento del problema y alcance de la tesis

1.2.1 Planteamiento del problema

Los problemas detectados se derivan de escasa rehabilitación y modernización en su red de distribución, red de drenaje y en la zona parcelaria y por carecerse de estructuras en las tomas parcelarias que permitan contabilizar los volúmenes entregados, las pérdidas de agua debido a las mediciones a tanteo por los jefes de zona, se estima que es mala con diferencias hasta el

veinticinco por ciento, asimismo la problemática se complica por el incremento de usuarios de riego fuera de distrito que requieren cada vez mayores volúmenes de agua, lo que se detecta como una amenaza que puede llevar a la organización de usuarios a conflictos y a enfrentarse por el agua, toda vez que en varios ciclos agrícolas la Asociación Civil de Usuarios "ACU" ha gestionado con sus vecinos más eficientes los sobrantes de agua mediante la compra de derechos del líquido y mantiene en forma constante a través de ciclos agrícolas el rescate de aguas de río, drenes y bajos naturales para cumplir con la demanda de riego, problema que se puede acrecentar cuando por condiciones de una sequía en la cuenca ello no sea posible. La presencia de problemas de tipo ambiental, por mantos freáticos someros de mala calidad debido a sales y sodio, así como la presencia de sales en un buen porcentaje de suelos que se consideran para riego, constituyen de igual forma una amenaza en la productividad de la tierra y del agua, al bajar los rendimientos de los diversos cultivos que se realizan en esas zonas y al utilizarse mayores volúmenes de agua por requerimiento de riego.

En el sistema de gestión de la asociación de riego, se tienen detectados problemas de tipo financiero; de acuerdo con la gerencia del módulo de riego I-3 Otameto, se carece de la totalidad de los recursos para llevar a cabo las acciones necesarias de conservación y mantenimiento en la infraestructura y equipos, lo que a través de los años ha generado conservación diferida principalmente en su red de drenaje superficial, problema que parcialmente se ha atendido y en otros casos de no atenderse puede llevar a una rehabilitación cuyos costes sean considerables y afectar la producción de la tierra, de igual forma se presentan deficiencias en la formulación del plan de riegos, ya que no se considera la totalidad de usuarios dentro y fuera del distrito por lo que se dificulta la programación, distribución y entrega de agua; el cumplimiento en la entrega de volúmenes del módulo a los usuarios ha resultado deficiente por falta de una infraestructura adecuada y la incapacidad del canal principal que surte el punto de control de la asociación con agua de presa de almacenamiento. En la parte operativa del manejo del agua, la frecuencia con que se realiza la medición del vital líquido en los puntos de control de las secciones de riego, es de forma irregular con molinete por lo que se asume que los volúmenes que llegan a las secciones de riego presentan fallas en su cuantificación para la distribución, además en las redes de distribución se dificulta el manejo por falta de estructuras de control, las reparaciones han resultado insuficientes.



Fotografía 1. Escasa modernización en la red de distribución, módulo I-3 Otameto.
Se requiere de revestimientos de concretos en plantillas y taludes



Fotografía 2. Deficiente conservación en taludes y falta de modernización en la red de distribución, módulo I-3
Otameto



Fotografía 3. Escasa rehabilitación en la red de drenaje superficial, módulo de riego I-3 Otameto



Fotografía 4. Escasa rehabilitación en la red de drenaje superficial, módulo I-3 Otameto



Fotografía 5. Problemas de tipo financieros, provoca conservación diferida, módulo I-3 Otameto
Problema que parcialmente se ha atendido y en otros casos puede llegar a una rehabilitación



Fotografía 6. Problemas de tipo ambiental, por niveles freáticos someros de mala calidad, debido a sales y a sodio, módulo I-3 Otameto

La presencia de sales en el suelo constituye una amenaza a la productividad de la tierra y el agua, por lo que bajan los rendimientos y aumenta el requerimiento de riego



Fotografía 7. Usuarios fuera de Distrito que requieren cada vez mayores volúmenes de agua, módulo I-3 Otameto.

Lo anterior detecta una amenaza que puede llevar a los usuarios a enfrentarse por el agua. Se presentan deficiencias en la elaboración del plan de riegos, ya que no se considera la totalidad de usuarios dentro y fuera de Distrito de Riego, se dificulta la programación, distribución y entrega del agua



Fotografía 8. Escasa modernización parcelaria, falta de estructuras de medición y conservación de estructuras, módulo de riego I-3 Otameto

1.2.2 Importancia de la tesis

Los trabajos desarrollados en la presente tesis atienden en gran medida las estrategias 2.3 y 2.4 del Eje Rector 4 "Sustentabilidad Ambiental" y 4.1 "Agua" del Plan Nacional de Desarrollo (PND) y el objetivo 1 "Mejora de la productividad del agua en el sector agrícola" del Plan Nacional Hídrico (PNH) 2007-2012.

UN MÉTODO DE ANÁLISIS DEL USO Y MANEJO DEL AGUA

Se propone un método conveniente de análisis del uso y manejo del agua en la parcela utilizando como herramienta el sistema de información geográfica Arc View y los vectores de la zona parcelaria; se estiman las variables que afectan el balance del agua a nivel sección de riego en el sistema suelo-planta; entre los que se encuentran, el requerimiento de riego superficial, humedad residual aprovechable por lluvia, aporte freático, lavado de suelos o percolación profunda y lámina de sobreriego, utilizando las texturas de los suelos, los niveles y calidad del agua freática, el estudio de salinidad analizada del suelo y los principales cultivos, lográndose conocer de una manera más eficiente la demanda de agua que deben aplicarse a los cultivos y proponer otros cultivos según las condiciones del suelo, lo que permite influir en la toma de decisiones de la asociación de riego para concientizar al usuario en implementar mejores métodos de aplicación dentro del uso del agua en sus parcelas mediante acciones de modernización de sus sistemas de riego parcelario.

El manejo del agua en la red de distribución y regaderas parcelarias considera estimar por sección de riego, las pérdidas de agua por filtración y detectar zonas de pérdidas por fugas en la red de distribución por falta de estructuras medidoras o porque se encuentran en mal estado, utilizando las texturas de los suelos y realizando un levantamiento físico mediante un recorrido por la zona de estudio respectivamente. La intención es priorizar en la rehabilitación y la modernización de la infraestructura. Considerando lo anterior y complementando con la información de estadística hidrométrica en punto de control de entrega de aguas por la CONAGUA, mediante el Distrito de Riego y los volúmenes instalados registrados en tomas granjas, se permitió estimar los volúmenes perdidos en la red de distribución y regaderas parcelarias, lo que permitió proponer acciones de rehabilitación y modernización.

Resultó interesante el estudio de algunas variables del balance del agua, como lo es el aporte freático, el cual permitió estimar zonas de aporte de agua de calidad aceptable para el cultivo y zonas de muy mala calidad que en conjunto con el estudio de los niveles de agua del suelo, permitió detectar áreas donde se debe instalar drenaje parcelario a través de acciones de rehabilitación. La calidad del agua freática permitió estimar rangos por sodio en el suelo para proponer cultivos resistentes al mismo.

SUSTENTABILIDAD DEL USO DEL AGUA Y EL SUELO, INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA Y EL SUELO

El proponer acciones estructurales de mejora, tomando en cuenta la opinión del usuario para implementar mejores métodos de aplicación de agua en la parcela, implantar cultivos ahorradores de agua, resistentes a sales que contaminen menos y que les sean rentables a los usuarios contribuyen a preservar el recurso hídrico en el módulo de riego, lo que implica mantener el suelo con bajos niveles de sales, contaminar en menor proporción el acuífero y elevar la productividad de la tierra y el agua, en beneficio de 1956 usuarios ejidales y 651 usuarios pequeños propietarios.

1.2.3 Objetivo

1.2.3.1 Objetivo particular

Realizar una propuesta de mejora para la Rehabilitación y Modernización Integral del Riego, mediante un análisis de opinión, técnico y documental, del uso y manejo del agua en la red de distribución, red de drenaje y en la parcela del Módulo de Riego I-3 Otameto del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya.

1.2.3.2 Objetivos específicos

Estimar por sección de riego el balance del agua en el suelo y la demanda de agua del cultivo, una vez conocidos los volúmenes que se pueden aprovechar del suelo.

Tomando en cuenta el balance del agua en el suelo y complementando con un análisis de opinión, técnico y documental del uso y manejo del agua en la red distribución, red de drenaje y en la parcela y de la administración de la propia administración, proponer acciones de mejora para la rehabilitación y modernización integral del riego.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Marco Jurídico

2.1.1 Sustentabilidad ambiental del agua

Es de interés en política pública buscar a través del Eje Rector 4 del Plan Nacional de Desarrollo (PND), la “Sustentabilidad Ambiental”. Se busca una administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las poblaciones futuras. En la agricultura se busca incrementar la eficiencia de la utilización del agua, para lograrlo se establece como objetivo alcanzar un manejo integral y sustentable del agua implementando como estrategia el propiciar un uso eficiente del agua en las actividades agrícolas que reduzcan el consumo del líquido al tiempo que protejan al suelo de salinización, para lo cual se deben desarrollar estrategias y programas de ahorro y recuperación de aguas a través de todo tipo de medidas que busquen la preservación del recurso y reduzcan la pérdida de la capacidad productiva de los suelos por salinización.

Se debe buscar la sustentabilidad del agua de riego a través de la modernización y rehabilitación de la infraestructura hidroagrícola, no solo de aquella necesaria para tecnificar el riego y reducir el consumo del agua, sino también la relacionada con la extracción y transporte del líquido, asimismo reforzando los programas enfocados a cuantificar los volúmenes de agua asignada a riego para facilitar la gestión del recurso (PND 2007-2012, Eje Rector 4 páginas 141-147).

En un orden de ideas de sustentabilidad ambiental y bajo el marco de alcanzar un manejo integral y sustentable del agua en el módulo de riego I-3 Otameto, en el capítulo 5 y 6 de esta tesis a partir de un diagnóstico de la problemática y de la opinión de los usuarios se proponen acciones de mejora que propicien un uso eficiente, reduciendo los volúmenes de agua y protegiendo al suelo de salinización contribuyendo a alcanzar el bienestar de sus agricultores y de la población que utiliza el recurso agua en esa región sinaloense, sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras de agricultores ni de la población con la que se tenga que compartir el recurso.

2.1.2 Mejora de la productividad del agua en el sector agrícola

Para garantizar un desarrollo sustentable en el uso y manejo del agua y preservar el medio ambiente, de acuerdo con uno de los objetivos rectores del sector hidráulico, se requiere

mejorar la productividad del agua en el sector agrícola, para lograrlo se tienen estrategias y metas establecidas para este objetivo, dentro de las estrategias se tiene considerado modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas en coordinación con usuarios y autoridades locales, teniendo como meta incrementar la productividad del agua y aumentar las superficies de hectáreas modernizadas.

Otro de los objetivos rectores del sector hidráulico es promover la reconversión de cultivos en función de la disponibilidad de agua y propiciar su valoración económica en el riego; en este punto a nivel distritos de riego las metas ya están alcanzadas en cuanto a que se expiden en forma conciliada los permisos únicos de siembra y riego, no obstante entre los retos que hay que afrontar, están, promover la reconversión de cultivos hacia otros de alto rendimiento económico con base en la disponibilidad del agua y la vocación del suelo, promover mecanismos y canales de comercialización que favorezcan al productor agrícola y crear conciencia entre los usuarios sobre la importancia y beneficios del uso eficiente del agua y la infraestructura (PNH 2007-2012, Cap. 3, páginas 6-12).

2.1.3 Organización de los distritos de riego

La responsabilidad de operar, administrar y conservar los distritos de riego recae en los usuarios de riego, para lo cual la CONAGUA les ha concesionado el agua y la infraestructura. Dentro de las obligaciones de los usuarios de riego están el usar el agua y el servicio de riego de acuerdo al Reglamento del Distrito y se obligan a pagar cuotas de autosuficiencia por los servicios de riego que se hayan acordado por los propios usuarios y que deberán cubrir los gastos de administración y operación del servicio y conservación y mantenimiento de las obras (Ley de Aguas Nacionales, Art. 65 y 68).

2.2 Problemas de segunda generación que tienen los usuarios del riego

Después de la transferencia de la infraestructura de riego a las asociaciones de usuarios por el gobierno federal, se llevó a cabo una evaluación de su desempeño en la gestión del riego, siete años después del inicio de la transferencia, el colegio de postgraduados (1998) encontró diversos tipos de problemas que tienen que afrontar las asociaciones de usuarios, entre ellos "los más difíciles de resolver, está la continua acumulación de conservación diferida" dentro de sus redes de drenaje superficial, atribuyendo las causas a la baja inversión que los usuarios están realizando en ese concepto de gasto y los cuales están afectando de alguna manera la productividad de la tierra; el estudio de evaluación realizado clasifica los problemas en varios tipos, "los legales, como la falta de reglamentación... de distritos y módulos de riego", "los técnicos como el manejo deficiente del agua... en la conducción y aplicación de las parcelas", los financieros y administrativos; y los relacionados con la conservación y mantenimiento de las

obras”, dentro de las conclusiones del estudio se hace referencia a las pérdidas de agua en las redes de distribución entre otros por mal manejo en la operación recomendando capacitar a los operadores de la red y mejorar el sistema de medición en las redes; también la ineficiencia dentro de la aplicación del agua se atribuye en parte al desconocimiento del usuario sobre el valor del agua.

Asimismo dentro de los problemas presentados se ha encontrado una deficiente integración de los presupuestos de egresos por las asociaciones no poniendo la atención necesaria en la conservación de la infraestructura y la integración de la cuota de riego ha resultado deficiente.

2.3 Rehabilitación y Modernización, Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya

2.3.1 Plan Director del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya

En 2005 la Comisión Nacional del Agua, contrató la formulación de un plan que guiara las acciones a seguir en la modernización integral del riego, en ese año se obtuvo a nivel Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, en cada uno de los módulos de riego y sociedades de responsabilidad limitada, acciones estructurales y no estructurales de rehabilitación y modernización en la red de distribución, red de drenaje y en la parcela a nivel distrito de riego, sin embargo las acciones a seguir, algunas de corto plazo no se pudieron concretar y otras de mediano plazo se estima que no se alcanzaran.

No obstante a la propuesta del Plan Director del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, es necesario que la planeación se lleve a cabo tomando en cuenta la Cuenca Hidrológica con acciones locales propuestas por los usuarios o al menos consensuadas con ellos, se requiere para hacer sustentable el uso del recurso hídrico, estimar la demanda de agua a nivel sección de riego considerando las variables del balance del agua en el suelo y tomando en cuenta los resultados de la calidad del aporte freático, salinidad de suelos y estudio agrológico; priorizar en aquellos trabajos que causen mayor impacto por ahorros de agua en la parcela; priorizar los trabajos de la red de distribución que permitan recuperar los mayores volúmenes de agua en el menor tiempo y en los de rehabilitación de la red de drenaje superficial que dé salida a los excesos de agua de las parcelas y que permita disminuir la salinidad de las tierras de cultivo; y conocer el grado de aceptación del productor a las actividades de rehabilitación y modernización.

2.4 Conceptos relacionados con el uso y manejo del agua

2.4.1 Uso y manejo del agua

El uso del agua se refiere a la aplicación del agua a una actividad que implique el consumo parcial o total de ese recurso; el uso del agua agrícola es la aplicación del agua nacional al riego agrícola. (LAN 2007). El concepto de manejo del agua se refiere al proceso de conducir el agua hasta su lugar de destino, el manejo agrícola implica trasladar el agua nacional a la parcela utilizando las redes de conducción y distribución y los sistemas de riego hasta su aplicación, asimismo implica trasladar el agua en exceso mediante la red de drenaje hacia fuera de las parcelas.

2.4.2 Conservación, conservación diferida, rehabilitación y modernización

La conservación implica preservar la infraestructura en buen estado de acuerdo con las características con que fueron diseñadas, este término también se le llama *conservación normal*. El término *conservación diferida* ha creado cierta discrepancia en cuanto a su definición, algunos la consideran como aquella que no se ha realizado en el ciclo correspondiente, mientras que otros la definen como aquella donde las estructuras presentan ciertos tipos de problemas pero que todavía funcionan. El término *rehabilitación* al igual que el término anterior, algunos autores la consideran como los trabajos a realizar cuando la conservación diferida ha sobrepasado los cinco años, otros la toman en cuenta como aquella que es necesaria de realizar para devolverles a las estructuras una característica de funcionamiento similar con la que fueron diseñadas; cuando una estructura requiere rehabilitarse ya no funciona para los fines con que fue construida. El término *modernizar infraestructuras de riego* implica realizar un cambio en sus características originales de diseño para hacerlas más eficientes, incorporando nueva tecnología apropiada a cada caso. (Colegio de Postgraduados.1998., op.cit.).

2.4.3 Suelos salinos, suelos salinos sódicos, suelos sódicos no salinos

Un suelo es salino cuando la conductividad eléctrica del estrato de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25°C y su porcentaje de sodio intercambiable es menor de 15, generalmente su PH es menor de 8.5. Un suelo es salino sódico cuando su conductividad eléctrica del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25° c y sus porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15; cuando hay exceso de sales, el PH, raramente es mayor de 8.5, el lavado de un suelo puede volverlo mucho más alcalino y el PH sería mayor de 8.5. Un suelo es sódico cuando la conductividad eléctrica del estrato de saturación es menor de 4 mmhos/cm a 25°C y su porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15 (Manual 60 U.S.A. Pág. 5 y 6).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características generales del módulo de riego

3.1.1 Transferencia de la Infraestructura a los usuarios y concesión del agua

El 30 de enero de 1992 se otorgó título de concesión de agua y permiso para la utilización de infraestructura hidráulica a la A.U.P.A. Otameto, Módulo I-3 (Asociación de Usuarios Productores Agrícolas de la sección de riego canal lateral km. 28+120 al canal lateral 31+845 del Canal Principal del Sur, Módulo I-3 del Distrito de riego No. 010 Culiacán Humaya San Lorenzo). Asociación Civil, para uso o aprovechamiento de aguas nacionales en su modalidad de suministro de agua para riego en el Distrito de Referencia con fundamento en lo dispuesto en los artículos 35, fracciones XXIV, XXV de la ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 50, 60 y 17, fracciones IV Y VI, 22, 59,60,61,73 y demás relativos a la Ley Federal de Aguas; 29, 30, y 31 del Reglamento Interior de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, así como permiso para la utilización de la infraestructura hidráulica con fundamento en los artículos 73, 131,148,155,156,157 y demás relativos a la Ley Federal de Aguas, dicha asociación se denomina "La Concesionaria".

ORGANIZACIÓN DE USUARIOS

Antes de la transferencia de la gestión del riego a los usuarios del Distrito 010 Culiacán-Humaya, la organización para su operación consistía en tres sistemas de riego, los cuales se integraban por unidades de riego, subdivididas en secciones de riego; después de la transferencia, la Organización de Usuarios, denominada A.U.P.A. "OTAMETO", "MODULO I-3 "Asociación de Usuarios Productores Agrícolas de la Sección de Riego Canal Lateral Km. 28+120 al Canal Lateral 31+845 del Canal Principal del Sur, en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya",¹ fue constituida por 7 secciones de Riego de la Primera Unidad denominada Navolato², con los números de secciones 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18, atendidas por dos jefes de zona y 5 jefes de sección, la finalidad de la asociación es otorgar el riego oportuno y con suficiencia a los usuarios, mediante la operación, conservación y administración la red menor de distribución y sus estructuras, la red menor de drenaje superficial y sus estructuras y la red de caminos.

No obstante de la transferencia de la red menor a la asociación en estudio, hasta el ciclo agrícola 2008-2009, la responsabilidad de operar, conservar y administrar las obras de cabeza,

¹ Comisión Nacional del Agua. Título de Concesión 1992, Módulo de Riego I-3, Anexo IV, Acta Constitutiva de la Asociación Civil, pág. 1.

² Propuesta de Reglamento del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, pág. 11.

incluidos el canal principal que surte el agua de presa de almacenamiento a punto de control de la asociación civil y la red principal de drenaje con sus caminos de operación dentro de las asociaciones de riego de la primera unidad del propio distrito corresponden al Distrito de Riego 010- Culiacán-Humaya, así como también es responsabilidad del mismo las actividades de ingeniería de riego y drenaje y la supervisión de la operación del propio Distrito de Riego.

3.1.2 Ubicación del módulo de riego I-3 Otameto

El Módulo de Riego I-3 Otameto se encuentra localizado dentro de la primera unidad del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte, en el municipio de Navolato, Sinaloa (Figura 1).

3.1.3 Fuentes de agua superficial

El Módulo de Riego I-3 Otameto, forma parte del Sistema Culiacán, dentro del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, el cual se compone de las unidades I Navolato y II Culiacán. Las fuentes de abastecimiento de agua superficial para la primera unidad son los ríos Humaya y Tamazula, los cuales se abastecen de las Presas Adolfo López Mateos y Sanalona. Adicionalmente para complementar las demanda de agua, se utiliza agua del río Culiacán, arroyos, drenes y bajos naturales dentro la zona de influencia del propio módulo de riego.

3.1.4 Clima de la zona

El clima que prevalece en la zona del módulo de riego I-3 Otameto es un clima seco cálido con lluvias en verano, los datos del registro de las normales climatológicas indican, una temperatura media anual de 23°C, la precipitación total anual oscila entre los 400 y los 600 milímetros³. La temperaturas promedios máximas y mínimas registradas en un periodo de 30 años al centro del módulo de riego I-3 Otameto en las coordenadas geográficas (24° 40' 50" latitud N, 107° 47' 14" longitud W), son de 32.9 y 18.2 °C respectivamente⁴

³ <http://laip.sinaloa.gob.mx/sieges/navolayo.htm>

⁴ Programa Aquastac de la FAO

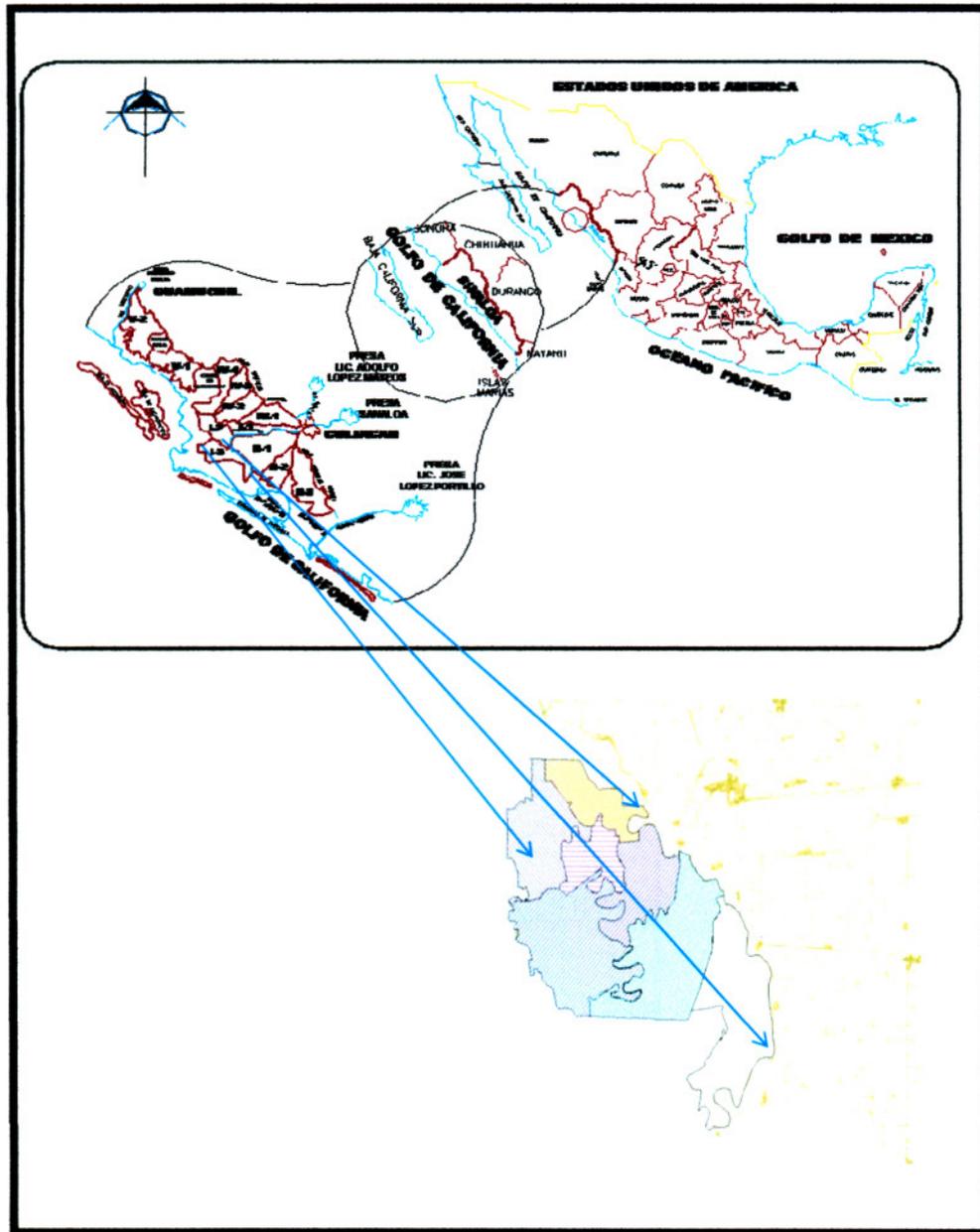


Figura 1. Localización del módulo de riego I-3 Otameto

3.1.5 Tenencia de la tierra

De acuerdo con el padrón de usuarios del Distrito de Riego 010 Culiacán en el módulo de riego I-3 Otameto al mes de marzo de 2008 se cuenta con un total de 22,710 hectáreas físicas registradas y 20,651 hectáreas de riego, el total de usuarios del módulo de riego asciende a 2607, repartidos en 1956 usuarios ejidales y 651 pequeños propietarios, el número de usuarios con concesión es de 1767 y de usuarios sin concesión llamados "precarios" es de 840, a estos últimos usuarios dentro de la presente tesis se les llama usuarios fuera de distrito, ya que el

registro del padrón de usuarios del Distrito de Riego 010-Culiacán-Humaya considera usuarios dentro de Distrito y usuarios fuera de Distrito.⁵

3.1.6 Serie de suelos y texturas

El estudio agrológico indica que en el módulo de riego en estudio existen 4 series de suelos, los porcentajes promedios estimados de superficie para cada una de ellas son: Iraguato 25 %, Bledal 50%, Navolato 20% e higuera un 5%.

Características de texturas y profundidades de las series de suelos:

Serie Iraguato (1)

Predominan las texturas: Franca-limosa, franca y franca-arcillo-limosa, en los horizontes internos es característico la textura franco arenosa, areno francosa, arenosa y franco limosa, la mayoría de los suelos son profundos, mayores de 2 m.

Serie Bledal (2)

Las texturas de estos suelos en el horizonte superficial son variables, dominan las texturas, franco- limosa y franco- arcillosa-limosa; en el interior resaltan la franco-limosa y francosa, Los suelos de la serie Bledal son profundos mayores de 2 m.

Serie Navolato (4)

Las texturas de los suelos dominantes en el horizonte superior son: Franco-limosa, franco-arcilla-limosa y franco arcillosa; en los horizontes internos típicos predominan: franco-arcillo-limosa, arcillosa y franco arcillosa y en ocasiones en el último horizonte es franco limosa. Los suelos de la serie Navolato son profundos, mayores de 2 m.

Serie Higuera (5)

Las texturas de los suelos dominantes más comunes en el horizonte superficial son: Franco-limosa y franco-arcillo-limosa; la textura de los horizontes típicos como lo son "Bt" y Bn", Son: Franco-arcillo-limosa, arcillo-limosa y franco-arcillo-arenosa; en los últimos horizontes se

⁵ La propuesta de reglamento del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya vigente a 2009, considera a los precarios como aquellos que reciben el servicio de riego en forma eventual y cuyos terrenos no cuentan con derecho para hacer uso de las aguas nacionales por no formar parte del padrón de usuarios del Distrito de Riego. El que un usuario de riego no cuente con derechos por no formar parte del padrón de usuario se asume que está fuera de la superficie que delimita al Distrito de Riego y al Módulo de Riego, de lo que resulta que los precarios son usuarios que están fuera de Distrito de Riego, fuera de la zona original de riego. No obstante dentro del módulo de riego I-3 Otameto, no hay distinción entre los usuarios con derechos y sin derechos, por acuerdo de asamblea, a todos incluyendo los que cuentan con derechos se les otorga el servicio de riego por igual y se les cobra una cuota. En la presente tesis a los usuarios precarios sin concesión que alguna vez se registraron como tal mediante una lista en el padrón del Distrito y los que al año agrícola 2009 se encuentran ubicados en zonas de ampliación de suelos salinos sódicos, se les llama usuarios fuera de Distrito, o simplemente los de afuera.

presenta la franco limosa y franco-arcillo-limosa principalmente. Los suelos de la serie Higuera son profundos, mayores de 2 m.

A continuación se observa en la figura 2, la serie de suelos del módulo de riego I-3 Otameto y la clasificación por texturas, asimismo en la figura 3 se observa las texturas de las series de suelos para las profundidades de 1 a 2 metros

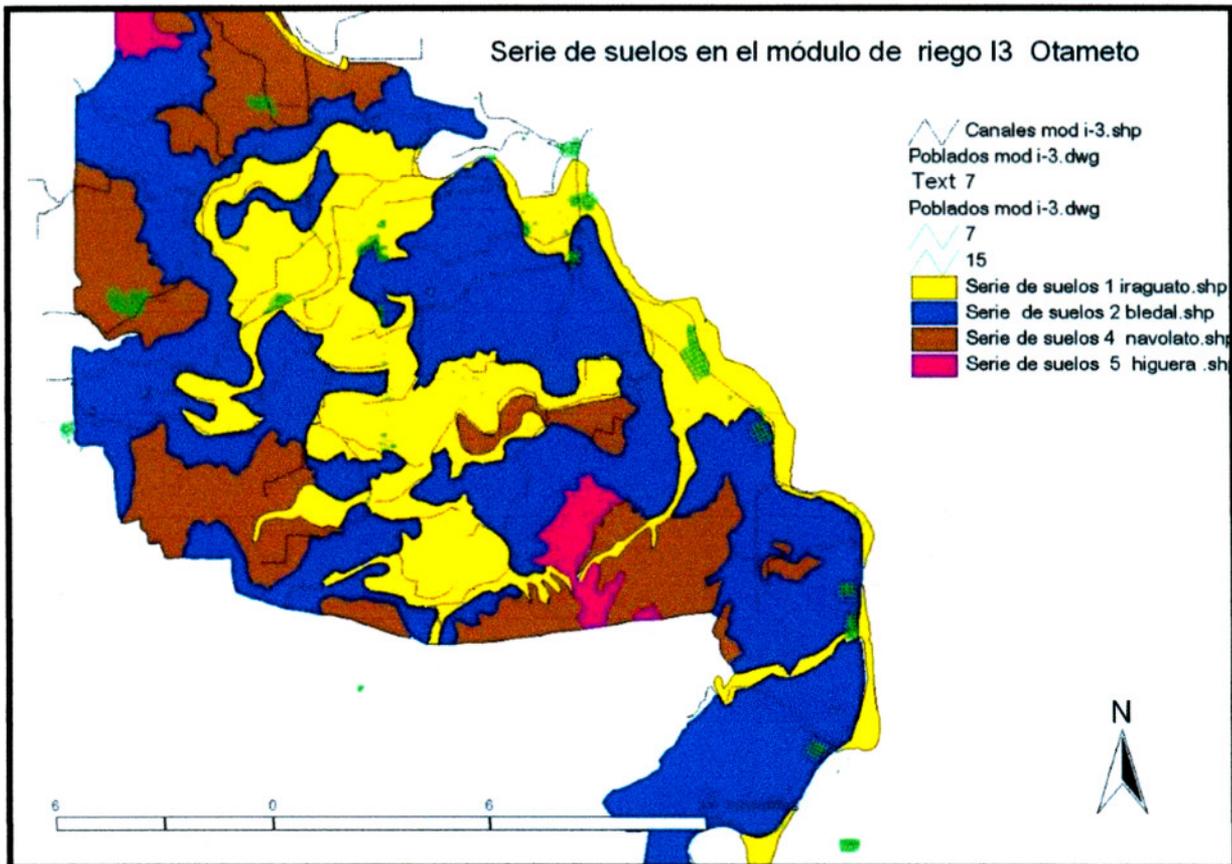


Figura 2. Serie de suelos en el módulo de riego I-3 Otameto

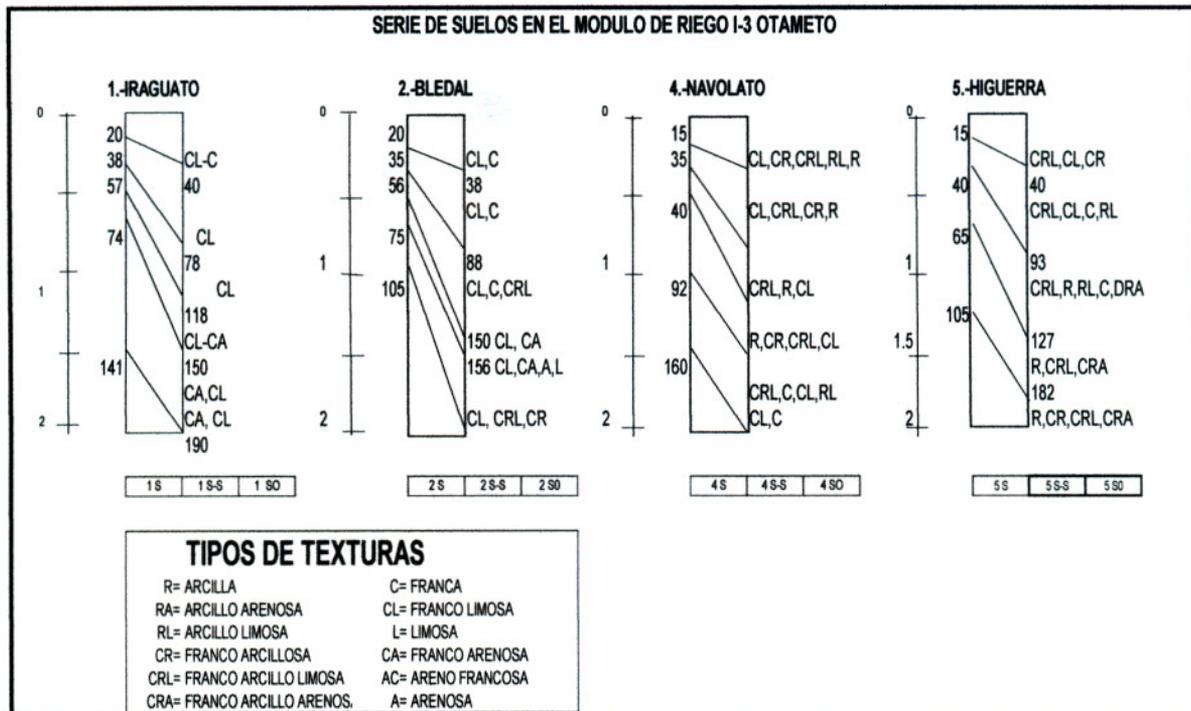


Figura 3. Serie de suelos y texturas, módulo de riego I-3 Otameto

3.1.7 Sistemas de información geográfica Arc View y vectores de la zona

Un sistema de información geográfica es un sistema para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico que se estructura en diferentes conjuntos de información (ESRI).

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [Geographic Information System]) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.⁶

En los últimos años, se han llevado diversos estudios dentro del Organismo de Cuenca Pacifico Norte de la Comisión Nacional del Agua para resolver los problemas de gestión y administración del agua. Por lo que dentro del Distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, se encontró información tipo vectorial, la cual se utiliza en la determinación de las variables del balance del agua en el suelo, utilizando los comandos de ayuda dentro del sistema Arcview, como son la intercepción y la unión de las características de los mapas, entre otros comandos. Los vectores representan a objetos en la realidad, por medio de líneas, puntos, y polígonos.

⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica

3.2 Metodología de análisis del caso de estudio

La metodología de análisis del caso de estudio considera los siguientes puntos:

- 1) *Encuestas a usuarios de riego*
- 2) *Priorización en la modernización y aplicación de recursos en la red de distribución, estimación de pérdidas de agua en regaderas parcelarias*
- 3) *Determinación por secciones de riego donde se presenten las mayores pérdidas de agua por el deterioro de las estructuras de control y medición*
- 4) *Caracterización del funcionamiento de la red de drenaje superficial y propuesta de rehabilitación en su caso*
- 5) *Balance del agua en la zona radical, estimación de la demanda de agua y los volúmenes perdidos en la zona parcelaria por sección y a nivel de módulo de riego*
- 6) *Factibilidad en su caso de ampliación de zona de riego, clasificación de suelos por sales y por sodio*
- 7) *Acciones estructurales y no estructurales*

A continuación se describe cada uno de los puntos de la metodología

1) Encuesta a usuarios de riego

La metodología de análisis implica caracterizar la problemática en el uso y manejo del agua a nivel parcela, red de drenaje y red de distribución, tomando en cuenta la opinión de los usuarios: la investigación propone en primer lugar realizar una encuesta a los usuarios mediante un muestreo estadístico al padrón de usuarios del Distrito de Riego 010 Culiacán en el módulo de riego I-3 Otameto, para conocer su opinión en la gestión del riego llevada a cabo por la asociación de usuarios y determinar el grado de aceptación a participar en la conservación, rehabilitación o modernización de la infraestructura de su módulo de riego.

2) Priorización en la modernización y aplicación de recursos en la red de distribución, estimación de pérdidas en regaderas parcelarias

En forma paralela al levantamiento de encuestas y con el fin de priorizar en la modernización y estimar el orden de aplicación de los recursos a aquellos canales que presenten las mayores pérdidas de agua y determinar los volúmenes perdidos a recuperar, se propuso utilizar la metodología de análisis cualitativo de acuerdo con Barocio (1998), citado por IMTA (De León M. Benjamín et al., Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos página 7), esto es se toman en cuenta las experiencias en la operación por los jefes de sección del módulo de riego, se estiman en forma preliminar donde se presentan las mayores pérdidas de agua en la

conducción en los canales sin revestir, lo que se complementa al estimar las pérdidas por filtración utilizando las características hidráulicas, las texturas de los suelos y el promedio de pérdidas diarias de agua por metro cuadrado de perímetro mojado en estructuras de conducción de agua⁷.

Los resultados se apoyan con la estadística del módulo de riego, con las pérdidas de conducción que se tienen en la red de distribución entre el punto de control y las tomas parcelarias de los usuarios de riego al ciclo agrícola 2008-2009 y al realizar un levantamiento de las estructuras de medición y control para determinar aquellas zonas donde se presentan las mayores pérdidas de agua por el deterioro de la infraestructura, tomando en cuenta la opinión de los usuarios del resultado de las encuestas, en cuanto a mejorar la medición del agua con alguna estructura de medición en toma parcelaria y la opinión de la gerencia del módulo de riego en cuanto a la medición en la red de distribución, punto de control del módulo de riego y entrega del agua en tomas parcelarias.

Para la estimación de pérdidas de agua en regaderas, en forma similar a red de distribución, se utilizan las características hidráulicas, las texturas de los suelos y el promedio de pérdidas diarias de agua por metro cuadrado de perímetro mojado en estructuras de conducción de agua.

3) Determinación por secciones de riego donde se presenten las mayores pérdidas de agua por el deterioro de las estructuras de control y medición

Con la información encontrada en la tarjeta de inventario de estructuras del módulo de riego, el procedimiento de análisis consideró realizar en conjunto con los jefes de sección un levantamiento por sección de riego para estimar donde se presentan las mayores pérdidas de agua por fugas en la red de distribución y por dificultades en el manejo de operación de niveles a causa del grado de deterioro de las estructuras.

4) Caracterización del funcionamiento de la red de drenaje superficial y propuesta de rehabilitación en su caso

En la red de drenaje superficial, la propuesta de mejoras en el módulo de riego I-3 Otameto, requirió caracterizar su funcionamiento; se determinó aquella que está por rehabilitarse o que requiere trabajos preventivos que de no realizarse ameriten mayor inversión, para lo cual se propuso para el caso en estudio en primer lugar, una vez obtenidos y analizados indicadores de conservación en los años agrícolas 2004-2005 al 2007-2008, realizar un recorrido de campo al

⁷ FAO <ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO.../FAO.../X6708s08.htm>

sitio de la infraestructura, luego mediante el método cualitativo de acuerdo con Barocio (1998) citado por IMTA (De León M. Benjamín et al., Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos página 8) y tomando en cuenta el ciclo óptimo de conservación, se estimó su funcionamiento. Contribuyó en la propuesta de rehabilitar, la profundidad de manto freático, su calidad y los rendimientos observados en los principales cultivos, aunque no fue un requisito indispensable.

5) Balance del agua en la zona radical, estimación de la demanda de agua y los volúmenes perdidos en la zona parcelaria por sección y a nivel de módulo de riego

La estimación de la demanda de agua a nivel parcelario consideró analizar algunas variables que intervienen en el balance del agua en el suelo, como la humedad residual producto de las lluvias prevalecientes antes del inicio del periodo de siembras y que contribuye al requerimiento de riego, el aporte freático de calidad aceptable que aporta volúmenes de agua al cultivo durante su desarrollo y el aporte freático de calidad inaceptable que debe evitarse que el cultivo lo utilice y que ayuda en la toma de decisiones de instalar drenaje parcelario, los volúmenes de agua superficial para complementar el riego debido a la evapotranspiración de los principales cultivos⁸, con el programa Cropwat de la FAO, la lámina de sobre riego para evitar problemas de sales en zonas donde la salinidad en el suelo puede llegar a ser un problema para el cultivo y el requerimiento de lavado de suelos con problemas alto de sales.

Una vez conocidas las variables se estimó la demanda promedio de agua que requieren los cultivos tomando en cuenta los ciclos agrícolas 2007-2008 y 2008-2009 por sección de riego y por módulo, y conociendo de la operación del módulo de riego, los volúmenes de agua que se usaron por tomas granjas, se estimaron de una manera más real las pérdidas de agua en la parcela que al conjuntarlas con las perdidas en la red de distribución, red de conducción y el río, se conoció la eficiencia global del uso del agua en el módulo en estudio, lo que contribuyó a proponer, tomando en cuenta la opinión de los usuarios, mejores sistemas de riego, como son los sistemas de riego por aspersión, riegos por goteo y nivelación con trazos de riego; contribuyendo así a hacer más sustentable el uso del vital líquido.

6) Factibilidad en su caso de ampliación de zona de riego, clasificación de suelos por sales y por sodio

Se considera el resultado de la demanda promedio de agua por sección de riego para estimar si es factible que la zona de riego de suelos salinos sódicos se siga ampliando, una vez estimados la cantidad de suelos y los volúmenes de agua que deben aplicarse para lavado de suelos.

⁸ Se consideran los principales cultivos sembrados en el ciclo agrícola 2008-2009, fueron determinados mediante los registros de los jefes de zona del módulo de riego

Con la información encontrada del estudio de salinidad en el manto freático y su reflejo en el suelo, se estima una clasificación de zonas por sales y por sodio en el suelo⁹ y tomando en cuenta la opinión de los usuarios se proponen cultivos que vayan a acordes al rango de salinidad.

Con el fin de realizar una comparativa por acciones de rehabilitación y modernización parcelaria, en conjunto con los jefes de operación de cada una de las secciones de riego se realizó el ejercicio de llevar al Arc View los rendimientos observados en el cultivo de maíz por sección de riego para el ciclo agrícola 2008-2009, tanto para suelos normales, mayormente observados dentro de distrito como para suelos salinos sódicos, mayormente observados fuera de Distrito, como resultado se concluye, si conviene o no que la ampliación de zonas de riego continúe aumentando.

7) Acciones estructurales y no estructurales

Del resultado conjunto del análisis de la problemática a nivel parcela, red de distribución, red de drenaje y administración del módulo de riego se llegó a una propuesta de acciones necesarias para la gestión del módulo de riego; entre ellas acciones a realizarse en la infraestructura, llamadas estructurales y algunas no estructurales, entre otras aquéllas relacionadas con la administración del módulo de riego como el proponer nuevas áreas para la planeación y ejecución de la operación y conservación del módulo de riego y algunas consideraciones para el cálculo de la cuota de riego.

3.3 Aspectos sociales, aplicación de encuestas a usuarios

Aspectos sociales, aplicación de encuestas a usuarios, opinión de la Gerencia de la ACU

Procedimiento de encuesta

El tomar en cuenta la opinión de los usuarios es importante para la toma de decisiones que conlleva a implantar acciones de mejora en la rehabilitación y modernización integral del riego y diagnosticar la problemática, en el presente trabajo se obtuvo la opinión de los usuarios mediante un análisis cuantitativo, a través de la aplicación de una encuesta estructurada, la que consideró algunas variables que ayudan a evaluarla; el total de usuarios servidos por la asociación en estudio de acuerdo al registro del padrón de usuarios del Distrito de Riego 010 Culiacán en el módulo de riego I-3 Otameto al mes de Mayo de 2008 es de 2607 usuarios repartidos en 7 secciones de riego, por lo que al determinar el tamaño de la muestra

⁹ Se considera en una capa de 30 cms

probabilística, se tomó en cuenta ese total como el tamaño del universo N . El modelo que determina la muestra probabilística^{10 11} es la siguiente:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Donde:

n = Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población N asumida; el número de usuarios a encuestar

n_0 = Cantidad teórica del tamaño de la muestra

N = El tamaño del universo; 2607 usuarios

La ecuación que determina n_0 es la siguiente:

$$n_0 = \left[\frac{z}{\varepsilon} \right]^2 p * q ,$$

Donde:

z = valor estandarizado para la probabilidad del 95% de confianza, su valor es de 1.96

ε = error aceptable en el cálculo de la muestra; se toma un error de 0.05, para N mayor de 10

p = probabilidad que tiene la muestra de tener las mismas cualidades de la población

q = probabilidad que tiene la muestra de no poseer las mismas cualidades de la población

Una vez obtenido el tamaño de la muestra, se procedió a distribuirlo de manera proporcional a cada una de las secciones de riego para determinar un tamaño de muestra para cada una de ellas¹² y así tomar en cuenta equitativamente a todos los usuarios, incluyendo los que son minoría de acuerdo a su sector, el procedimiento consistió en obtener la razón de la muestra probabilística n del total de la población N , luego se obtuvo el producto de ese resultado por el número de usuarios de cada estrato, tanto de usuarios con derecho a riego y fuera de distrito; con el programa Stats (H. Sampieri 2007), se determinaron aleatoriamente los usuarios a encuestar de acuerdo a cada uno de los estratos, finalmente trabajando en equipo con los jefes de zona del módulo de riego I-3 Otameto, se procedió a hacer el levantamiento de 71 encuestas, verificando su consistencia.

¹⁰ Martínez C. citado por Moráguez I., como seleccionar el tamaño de una muestra para una investigación educacional

¹¹ La muestra probabilística se determinó igualmente con el programa Stats, de Hernández Sampieri

¹² Hernández Sampieri Metodología de la Investigación Mc Graw Hill, México, 2007, Pág. 247-249

El formato de encuesta aplicado¹³ a los usuarios aparece en **ANEXO M**, los resultados totales de las encuestas levantadas y la determinación de las muestras por estratos están a disposición en las oficinas de la Dirección de infraestructura Hidroagrícola del OCPN de la CONAGUA para su consulta, los resultados más relevantes, de gran ayuda en la elaboración de la propuesta se observan a través del presente documento, en los capítulos 3, 4,5, 6 y dentro de los comentarios y conclusiones del trabajo.

En forma alterna se aplicó un cuestionario a la Gerencia de la asociación de riego en estudio, con el fin de reforzar el diagnóstico y la propuesta de mejora y de igual forma conocer su opinión en el uso y manejo del agua, los resultados están a disposición en la Dirección de Infraestructura Hidroagrícola del Organismo de Cuenca Pacifico Norte de la CONAGUA.

A continuación en el presente capítulo se muestran algunos resultados.

Grado de satisfacción del usuario con la operación, conservación y administración del módulo de riego, llevado a cabo por la asociación de usuarios

En el gráfico 1 y 2, en relación a la operación, conservación y administración del módulo de riego, del resultado de percepción se advierten problemas en la conservación, siendo mayores los usuarios fuera de distrito que no están satisfechos, se asume que los problemas de preservación de la infraestructura son más fuertes fuera de Distrito de Riego. En cuanto a la operación, los usuarios fuera de distrito el porcentaje de no satisfechos e indecisos es considerable, muy similar a los usuarios dentro, no obstante estos últimos no manifiestan estar insatisfechos, solamente indecisos. En cuanto a la administración en promedio las dos terceras partes del total de usuarios manifiestan estar de acuerdo con la administración del módulo de riego, contra un tercio que está indeciso.¹⁴

¹³ Es propiedad de la Coordinación de Ingeniería de Riego y Drenaje del IMTA

¹⁴ El 36% de los usuarios dentro de distrito están indecisos con la administración del módulo de riego contra el 28% de los usuarios fuera.

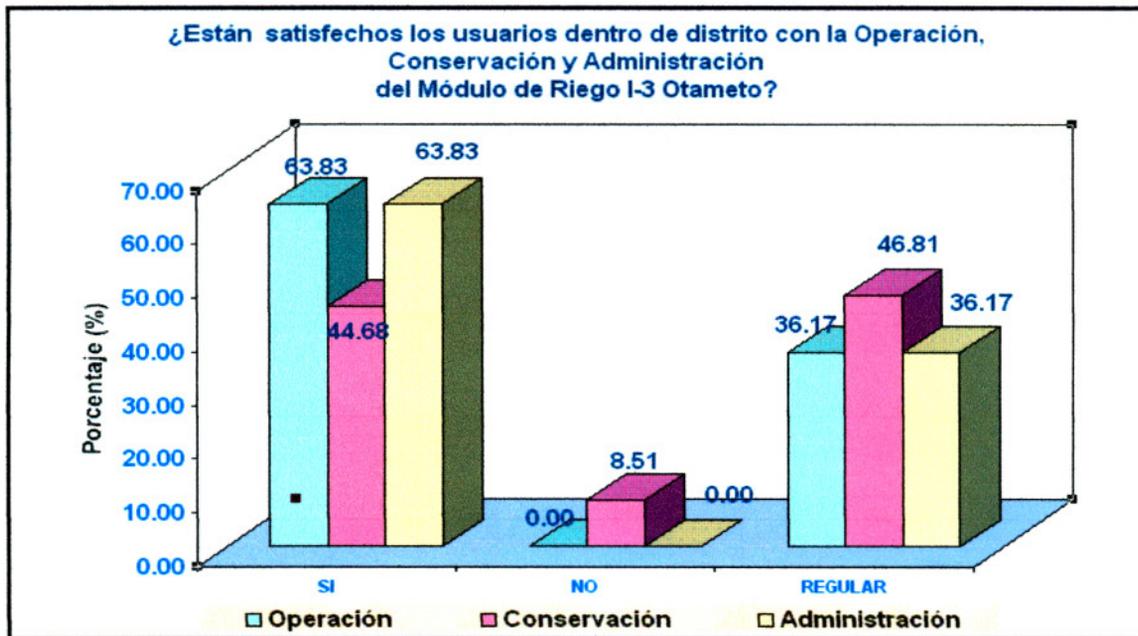


Gráfico 1. Grado de satisfacción con la operación, conservación y administración del módulo de riego de los usuarios dentro de Distrito

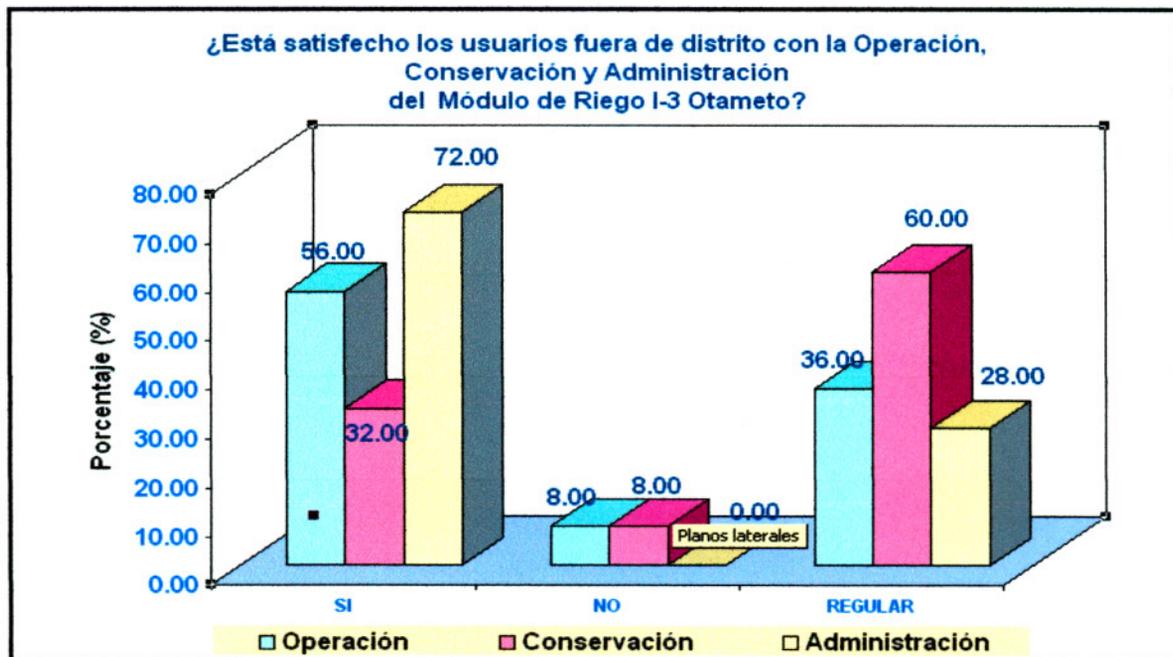


Gráfico 2. Grado de satisfacción con la operación, conservación y administración del módulo de riego I-3 Otameto de los usuarios fuera de Distrito

Grado de satisfacción del usuario con la operación, conservación y administración de la Comisión Nacional del Agua en el módulo de riego

Del resultado obtenido, percibimos cierta inquietud en la operación y conservación realizada por la Comisión Nacional del Agua en las obras de cabeza, algunos usuarios manifestaron no estar satisfechos con la operación y conservación, en el proceso del levantamiento de las encuestas, se detectó inconformidad en la Red Mayor; en el canal principal Rosales y del Sur que surte al Módulo de Riego con agua superficial; los usuarios de igual forma manifestaron que los volúmenes de agua tardan en llegar y las labores de conservación en promedio no se llevan en tiempo y forma, los usuarios más inconformes son los que están dentro de Distrito, también los usuarios manifestaron molestias con relación a la preservación de la red de drenaje colector dentro de la zona de riego.¹⁵

Transferencia de la operación, conservación y administración de la infraestructura hidroagrícola al módulo de riego

Del resultado de las encuestas llevadas a cabo, la mayoría de los usuarios manifestaron estar de acuerdo con la transferencia de la operación, conservación y administración de la Infraestructura al módulo de riego, no obstante algunos dentro de distrito manifestaron no estar satisfechos y otros no opinaron a favor o en contra, se percibe que existe cierta inconformidad en la transferencia con los usuarios dentro de distrito

Medida inadecuada del agua en la parcela

En relación al grado de satisfacción con la medida del agua en su parcela, algunos usuarios manifestaron estar contentos con la medida del agua en su parcela a "tanteo" por el jefe de sección, no obstante un porcentaje del total considera que la medida no es la adecuada¹⁶.

Cumplimiento en la entrega de agua a los usuarios

En el cumplimiento en la entrega de volúmenes de agua al usuario de acuerdo con lo acordado con el jefe de zona indican que es mala, los usuarios que más lo resienten son los usuarios fuera de Distrito. De acuerdo con el resultado de las encuestas, el 31% de los usuarios dentro de Distrito dicen tener el problema en la entrega de volúmenes, con desfases mayores a 3 días, contra el 35% de los usuarios fuera de Distrito en esas mismas condiciones

¹⁵ En aspectos de conservación de obras cabeza. El 10.87 de los usuarios dentro de Distrito no están satisfechos, contra el 12% de los usuarios fuera, los indecisos en si están o no están satisfechos, son el 42.22% para usuarios dentro contra el 64% para usuarios fuera de Distrito, en aspectos de operación de obras de cabeza el 6.67% de los usuarios dentro de Distrito, no están satisfechos contra el 4% de los usuarios fuera y el 48.99% de los usuarios dentro está indeciso y el 52% corresponde a los de afuera.

¹⁶ Los resultados de las encuestas indican que un 76% de los usuarios fuera de Distrito están de acuerdo con la medidas del agua en su parcela, contra un 80.43% por ciento de los usuarios dentro de Distrito.

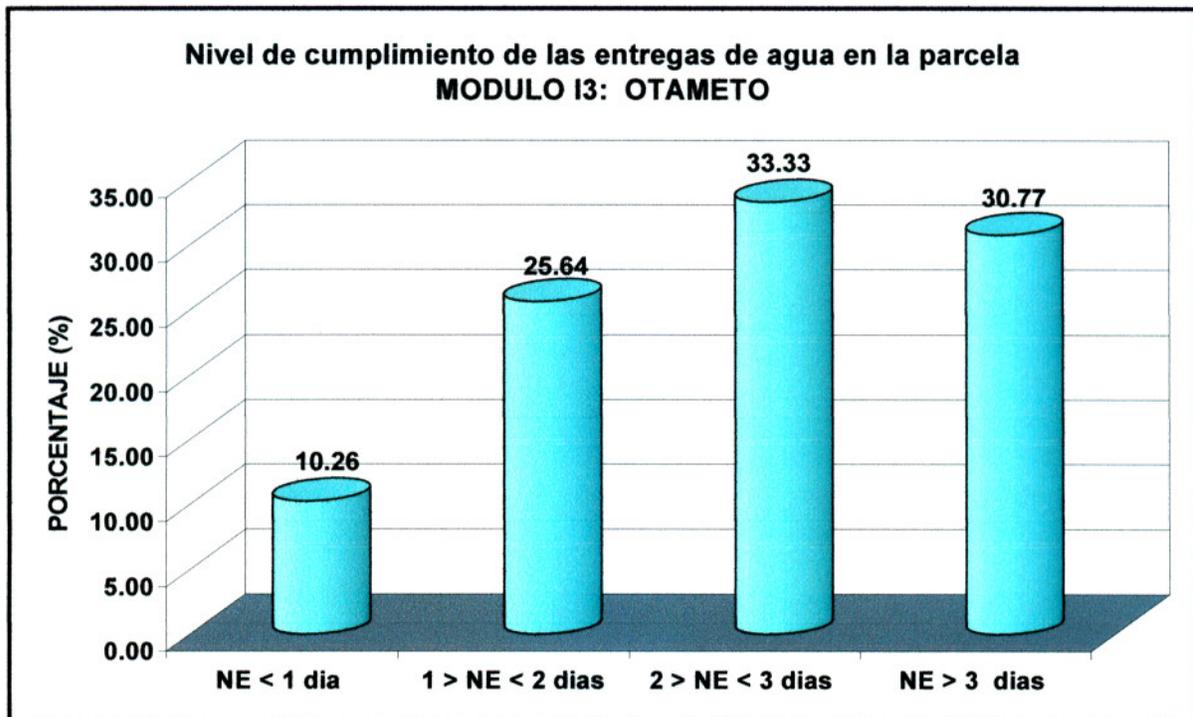


Gráfico 3. Grado de cumplimiento en entrega de agua usuarios dentro de Distrito, módulo de riego I-3 Otameto

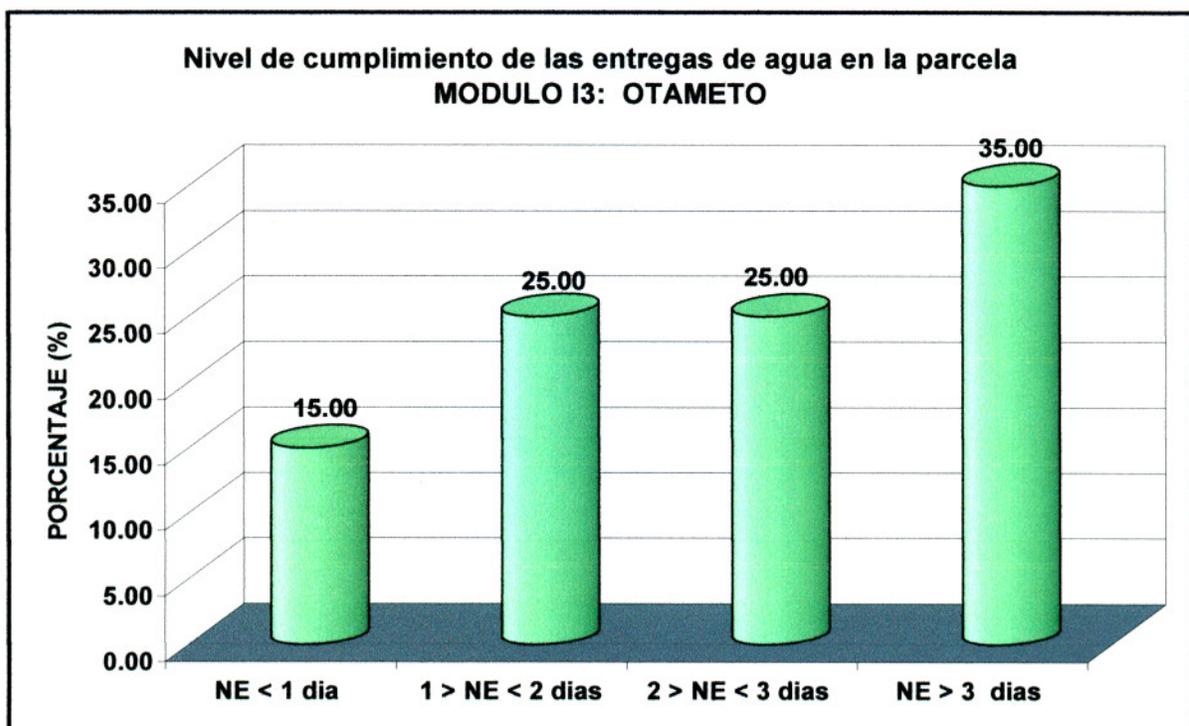


Gráfico 4. Grado de cumplimiento en entrega de agua usuarios fuera de Distrito, módulo de riego I-3 Otameto

El volumen de agua por hectárea que se le da en concesión anualmente es suficiente

Los usuarios consideran que los volúmenes concesionados son insuficientes, los que más resienten la falta de agua son los usuarios fuera de Distrito¹⁷, esto resulta evidente ya que los volúmenes concesionados de agua no los considera y el número de usuarios fuera de distrito ha ido en aumento; además los mantos freáticos someros de mala calidad dominan esas tierras y eso influye en que el requerimiento de riego se incremente por lavado de suelos y la aplicación de mejoradores, se sabe que los usuarios están interesados en el manejo del agua en la parcela¹⁸, por lo que se infiere que debido a un mal manejo también se incrementa el volumen requerido y el que les llega, les resulta insuficiente.

Grado de satisfacción del usuario con la Infraestructura del módulo de riego

En la infraestructura para riego, de acuerdo con la opinión de la gerencia del módulo de riego, se realizan inversiones considerables en la construcción y reparación de represas, tomas granjas y mecanismos, desazolve de canales y drenes, no obstante se reconoce que son insuficientes; de acuerdo con las encuestas a usuarios dentro y fuera de distrito, un porcentaje considerable manifestó no estar satisfecho y varios más se encuentra indecisos, por lo que en mi opinión debe tomarse en cuenta los que manifiestan estar no satisfechos y los indecisos o que manifestaron que se sienten regular con la infraestructura del módulo de riego.

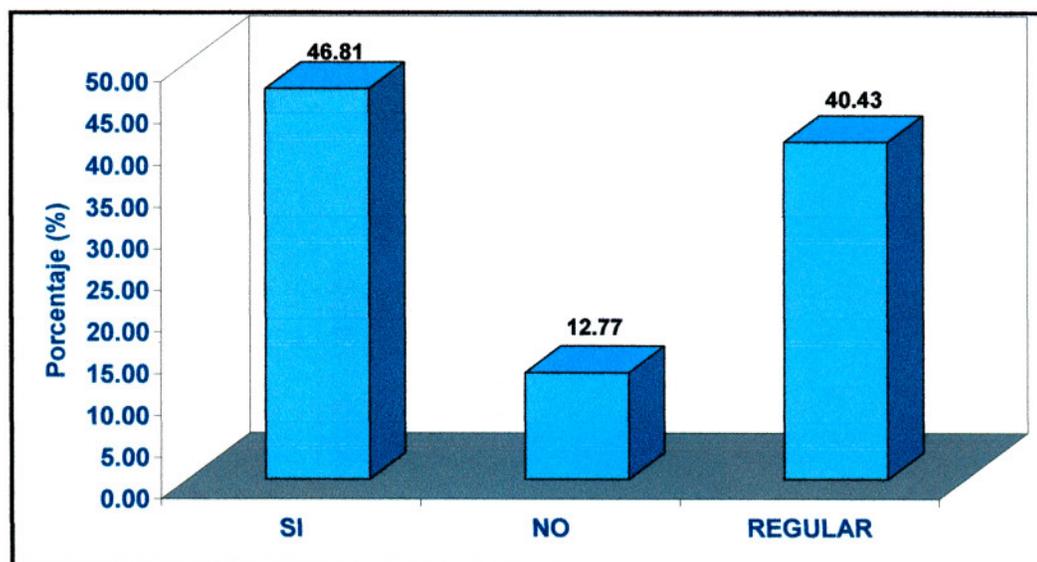


Gráfico 5. Grado de satisfacción del usuario dentro de Distrito con la infraestructura del módulo de riego I-3 Otameto

¹⁷ El 36% de los usuarios fuera de distrito manifestaron que el agua que se les concesiona anualmente es insuficiente, otro 36% se encontró indeciso en su respuesta, el 40% de los usuarios dentro manifiesta que el agua que se le consigna al año es insuficiente, un 13.33% se encontró indeciso.

¹⁸ El porcentaje de usuarios fuera de Distrito que requieren curso de manejo del agua en la parcela es del 8%.

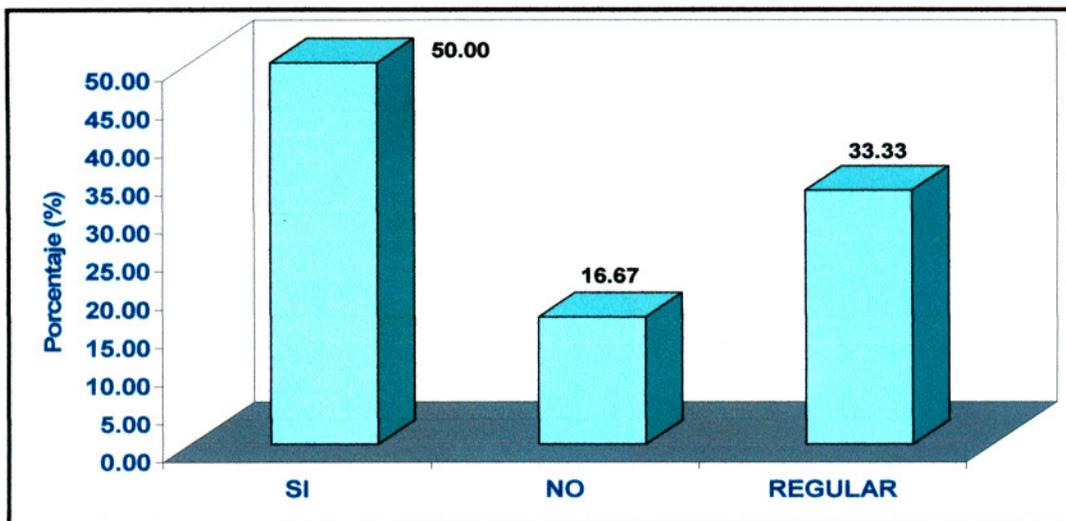


Gráfico 6. Grado de satisfacción del usuario fuera de Distrito con la infraestructura del módulo de riego I-3 Otameto

Interés de los usuarios en la Modernización de la Infraestructura del módulo de riego y lo que considera prioritario

La propuesta de mejora en la Rehabilitación y Modernización Integral del Riego, considera fundamentalmente la opinión del usuario en su implantación, ya que los resultados de aplicarse van a servir directamente a ellos, es por eso que es importante considerar en el diagnóstico sus resultados, en ese orden de ideas, del análisis de percepción implementado, la gran mayoría de los usuarios dentro y fuera de Distrito se interesa en modernizar la infraestructura; el interés principal es en revestimiento de canales y regaderas, rehabilitación de infraestructura hidroagrícola; compuertas y mecanismos¹⁹, rehabilitación de caminos y puentes, en menor medida equipamiento y mejoramiento de vehículos y maquinaria y lo que considera menos prioritario son los sistemas de automatización de control nivel y gasto para la operación de los canales y las estructuras de control y medición del agua.²⁰

¹⁹ El Interés de los usuarios dentro de Distrito por los entubamientos o revestimientos de canales y regaderas es del 72% contra el 64% de los usuarios fuera. En la rehabilitación de la infraestructura hidroagrícola; compuertas y mecanismos el porcentaje de los usuarios fuera de Distrito supera a los de adentro con 24% contra un 19%, de acuerdo a un levantamiento en conjunto con los usuarios, mediante recorrido de campo observamos que existen varios canales de riego donde hacen falta infraestructura o esta deteriorada, ver tabla con el resultado.

²⁰ El 8% de los usuarios fuera de Distrito consideran como prioritarios la rehabilitación de caminos y puentes, contra el 4.26 % de los usuarios dentro de Distrito. El 2.13 por ciento de los usuarios dentro considero como prioritario los sistemas de automatización de control, nivel y gasto para la operación de los canales y equipamiento y mejoramiento de los vehículos y maquinaria, contra el 0% y el 4% de los usuarios fuera respectivamente. Ningún usuario dentro y fuera de Distrito consideró como prioritario las estructuras de control y medición del agua, se percibe que se debe a falta de conocimiento de cómo funcionan y su importancia.

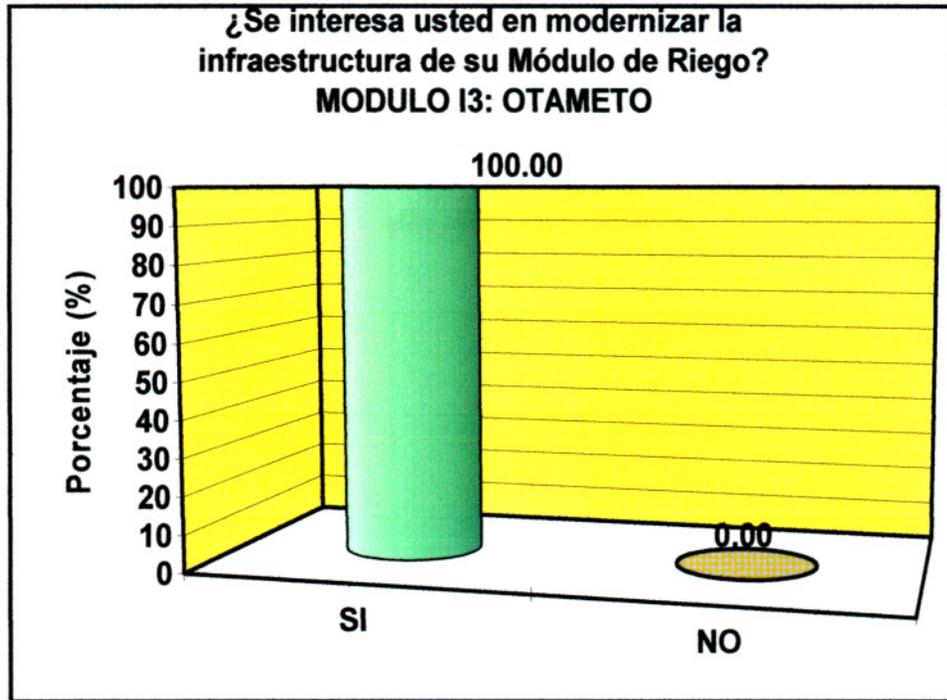


Gráfico 7. Grado de Interés por los usuarios dentro de Distrito en la modernizar de la infraestructura, módulo de riego I-3 Otameto

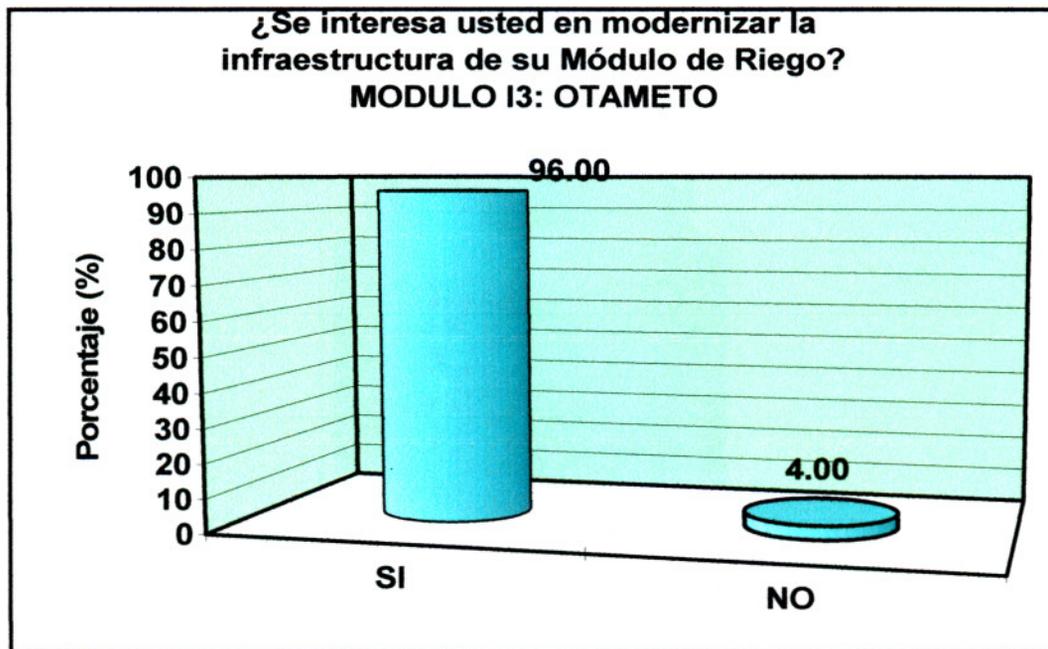


Gráfico 8. Grado de Interés por los usuarios fuera de Distrito en modernizar la infraestructura, módulo de riego I-3 Otameto

Interés de los usuarios en tecnificar el riego a nivel parcelario con algún sistema de riego

El interés de los usuarios por tecnificar sus riego a nivel parcelario con algún sistema de riego es contundente, el 100 por ciento de los usuarios muestran interés en tecnificar, pero no todos los sistemas le interesan por igual; los usuarios dentro de Distrito se inclinan en orden de importancia por la nivelación de tierras y drenajes subterráneos parcelarios principalmente y por sistemas de goteo y baja presión con multicompuertas, en cambio los usuarios fuera de distrito no les interesan los sistemas de goteo; en orden de importancia, se inclinan por la nivelación de tierras, los drenajes parcelarios subterráneos principalmente y los sistemas de riego con multicompuertas y de aspersión²¹.

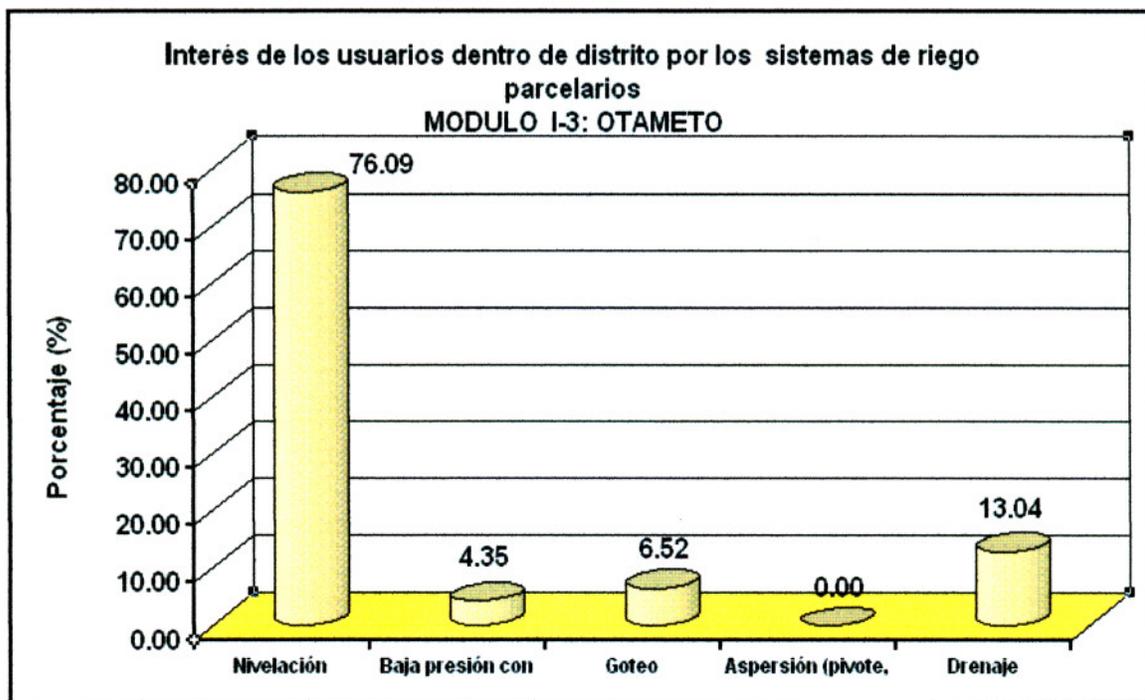


Gráfico 9. Interés de los usuarios dentro de Distrito por los sistemas de riego parcelarios

²¹ En mi opinión los usuarios perciben como de costo alto a los sistemas de riego de goteo y aspersión y a esa causa se debe que los porcentajes de interés en los mismos sean bajos, no obstante se percibió que algunos usuarios dentro de Distrito están conscientes de que los sistemas de riego por goteo incrementan sus rendimientos en el cultivo, en cambio los usuarios fuera de Distrito temen que los sistemas de riego por goteo no alcance a abatir las sales de los mantos freáticos de la zona. Los resultados indicaron en forma contundente que la mayoría de los usuarios del módulo de riego por el interés en la nivelación de tierras

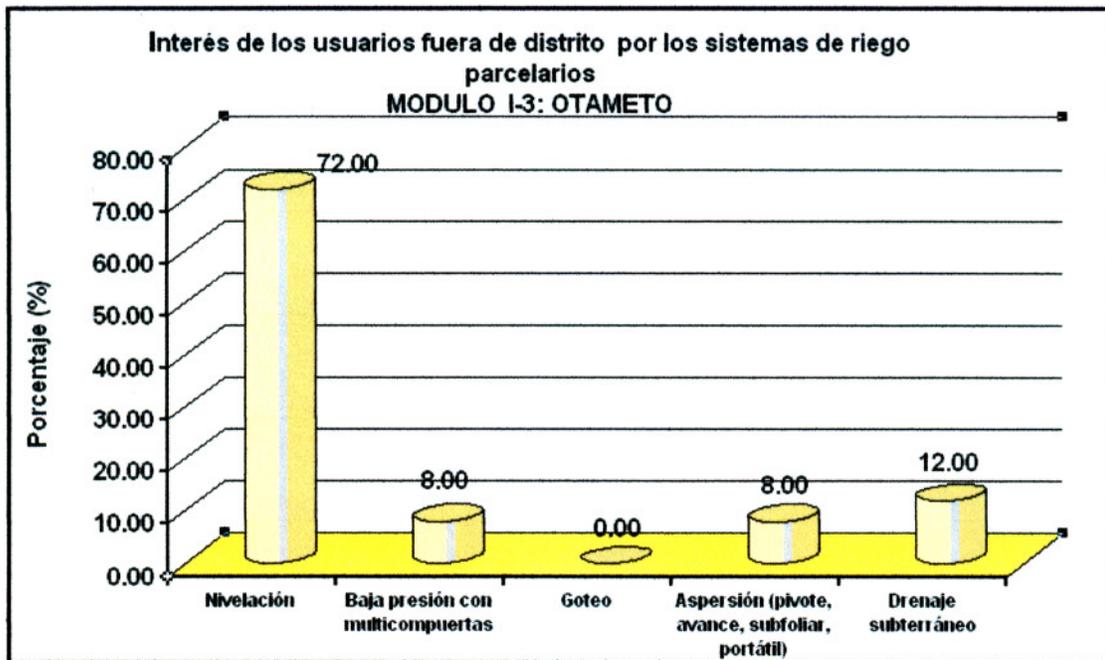


Gráfico 10. Interés de los usuarios fuera de Distrito por los sistemas de riego parcelarios

Interés de los usuarios por otros cultivos diferentes a los que actualmente siembran

La tendencia de los usuarios dentro de Distrito por sembrar otros cultivos se inclina por: frijol, soya, sorgo, calabaza, hortalizas, arroz, forrajes, alfalfa, legumbres y papa, los usuarios fuera de distrito se inclinan por sorgo, frijol, soya, caña de azúcar, calabaza, maíz y sorgo escobero. Ambos usuarios presentan coincidencias por cultivos ahorradores de agua y resistentes a sales, un buen porcentaje de los usuarios fuera de distrito se inclinan por cultivos resistentes a sales e igualmente un porcentaje de los usuarios dentro se inclinan por cultivos ahorradores de agua, como lo es el frijol (gráfico 11 y 12).

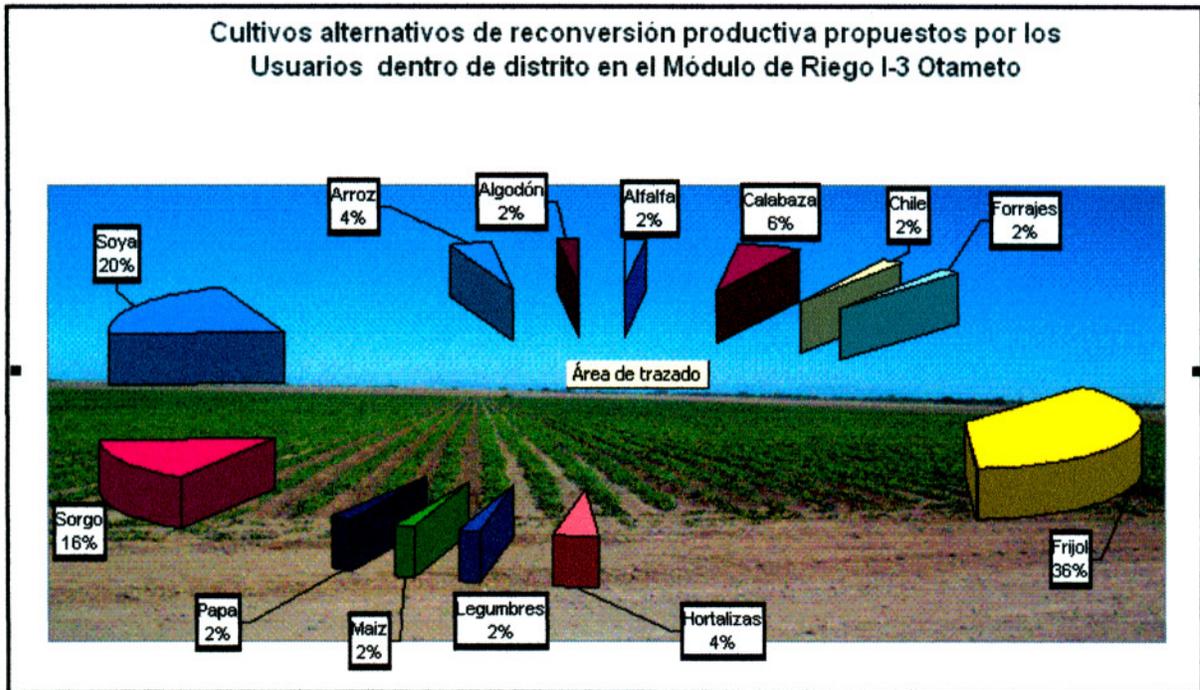


Gráfico 11. Cultivos de reconversión productiva propuestos por los usuarios dentro de Distrito de Riego

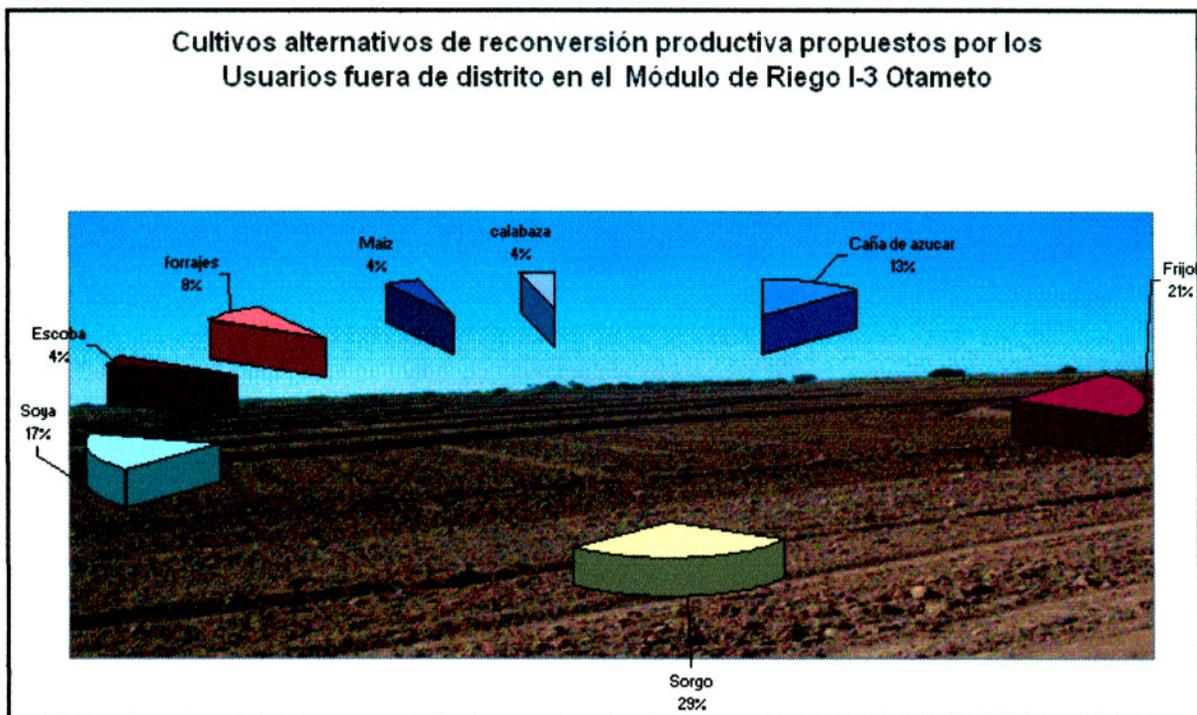


Gráfico 12. Cultivos de reconversión productiva propuestos por los usuarios fuera de Distrito de riego

Aceptación a la medición del agua con alguna estructura para medición

De acuerdo con las encuestas a los usuarios, al preguntarles que tan dispuestos estarían a mejorar la medición del agua en su parcela con la aportación peso por peso para instalarles alguna estructura de medición, en general la mayoría respondieron en forma afirmativa, de las 7 secciones de riego, los usuarios dentro de distrito que más dispuestos están a aceptar alguna estructura de medición, son los de las secciones 15 y 17, con un porcentaje del 100% y el 83.33% o respectivamente y los usuarios fuera de distrito que más aceptarían mejorar la medición del agua, son las secciones 15, 16 y 17, porque lo sería muy factible que se implantara algún plan piloto para la instalación de estructuras bajo el consenso de los propios usuarios o tomar algunas parcelas demostrativas donde se estableciera la medición, en mi opinión la sección 15 resultaría la más viable.

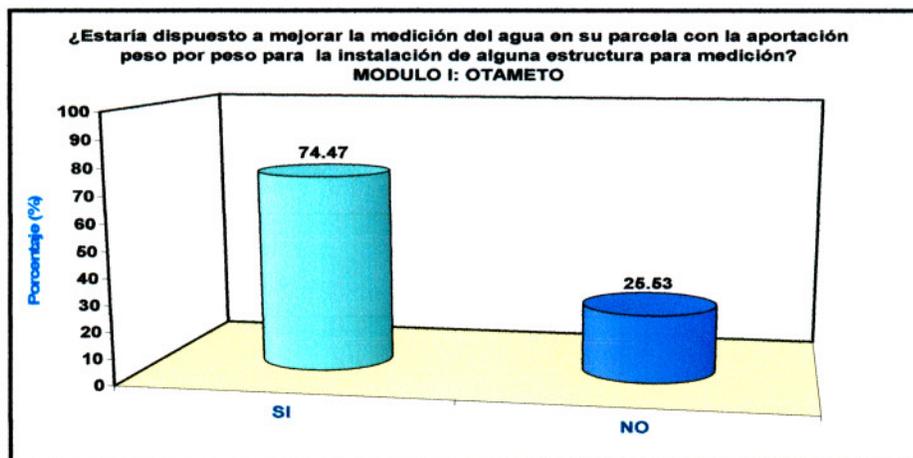


Gráfico 13. Aceptación de la medición del agua con alguna estructura de medición, usuarios dentro de Distrito

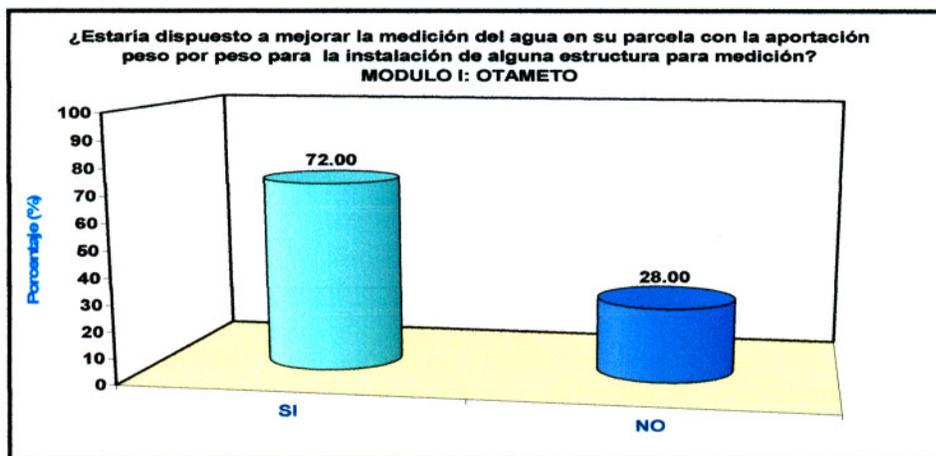


Gráfico 14. Aceptación de la medición del agua con alguna estructura de medición, usuarios fuera de Distrito

Satisfacción con la cuota de riego anual e interés de los usuarios en aportar una sobrecuota de riego para modernizar la infraestructura hidroagrícola

El grado de satisfacción con la cuota de riego anual se considera regular²², no obstante cuando se le hablo al usuario de modernizar la infraestructura, el interés por aportar una sobrecuota de riego mostró el siguiente resultado, 82.98% de los usuarios dentro mostraron interés, contra un 60% de los usuarios fuera, se asume de este resultado que es factible involucrar a los usuarios fuera de distrito en la modernización de la red de distribución, ya que los volúmenes que se pueden recuperar de agua por esa acción servirían para cubrir su requisito de riego.

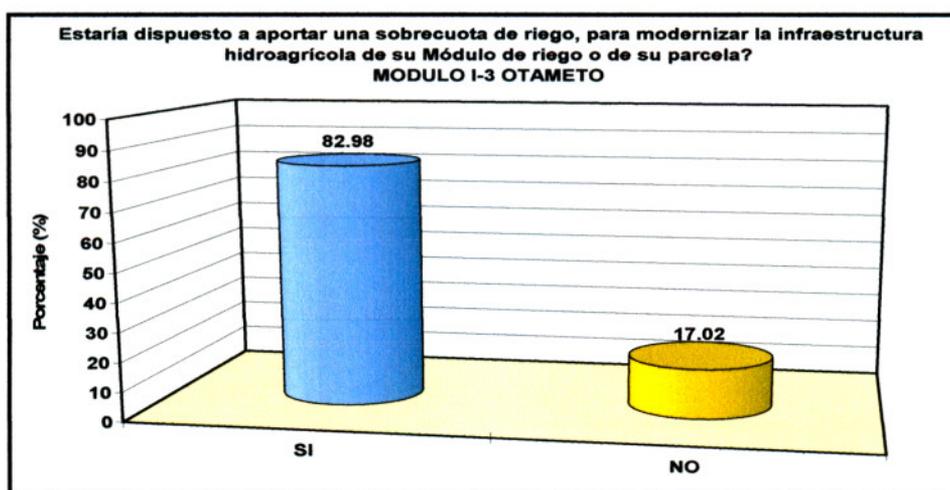


Gráfico 15. Interés de los usuarios dentro de Distrito en aportar una sobrecuota de riego para modernizar la infraestructura

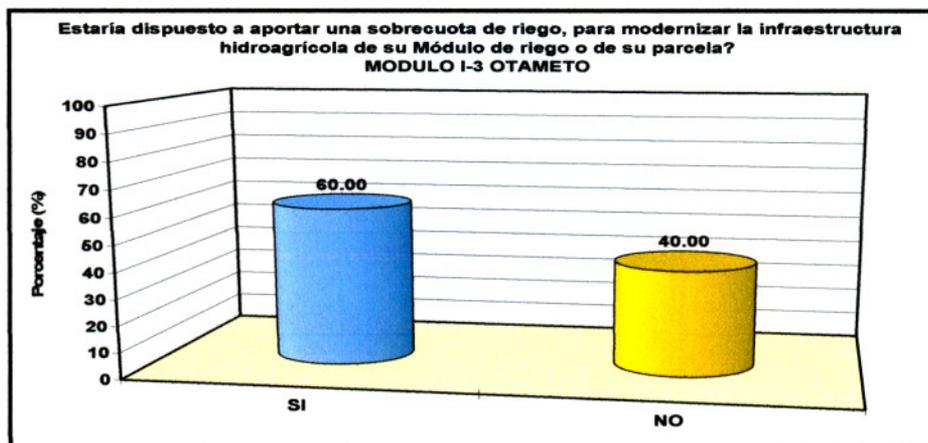


Gráfico 16. Interés de los usuarios fuera de Distrito en aportar una sobrecuota de riego para modernizar la infraestructura

²² El 42.55% de los usuarios dentro de Distrito, les parece adecuada la cuota e riego anual contra el 17.02 que no está de acuerdo, asimismo un 40.43 % se mostró indeciso en su respuesta. El 40.00% de usuarios fuera de Distrito , le parece adecuada la cuota de riego anual, no obstante el 24 no le parece adecuada y el 36% la considera regular

Interés de los usuarios para un mejor manejo del módulo de riego

Del análisis de percepción se determinó que los usuarios se inclinan principalmente por tres cosas para mejorar el manejo del módulo de riego, en orden de importancia, en primer lugar opinaron sobre la implantación de cursos de capacitación a directivos, gerentes y canaleros, en segundo lugar manifiestan su propia capacitación como usuarios del riego, y en tercer lugar opinaron sobre la realización de los estudios y proyectos para modernizar el módulo o las parcelas.²³

Interés del usuario en cursos de capacitación

Como medida para que el usuario de riego participe de forma activa en el buen uso y manejo del agua es necesario que adquiera conocimientos técnicos-prácticos que le ayuden al buen manejo del cultivo, de la tierra y de la aplicación del agua en la parcela, cuidando en todo lo posible la preservación del agua y su medio ambiente, la propuesta de rehabilitación y modernización lo requiere, ya que se pueden ahorrar grandes volúmenes de agua por acciones estructurales en la parcela y red de distribución pero si no se capacita al usuario, el agua que se ahorra por esas acciones se pierde por desconocimiento en su uso y manejo, es por eso que la propuesta considera su capacitación; los resultados indican que a los usuarios dentro, lo que más les interesa es capacitarse en cursos como el manejo del agua en la parcela, como mejorar la producción, como producir maíz, mejoramiento del suelo y estudios y proyectos para la reconversión productiva. En cambio los usuarios fuera de distrito consideran como más importante, el mejoramiento del suelo en sus parcelas, conocimientos de otros cultivos, estudios y proyectos y manejo del agua en la parcela.

3.4 Funcionamiento de la red de distribución y parcelaria, aspectos sociales

3.4.1 Prioridad en la modernización

3.4.1.1 Estimación de pérdidas de agua por filtración, en la red de distribución

De acuerdo con la metodología de análisis, el procedimiento de estimación de pérdidas de agua en la red de distribución consideró en una forma preliminar la clasificación cualitativa descrita por Barocio (1998) citado por IMTA (De León M. Benjamín et al., Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos página 7); esto es de acuerdo con la experiencia por los operadores de la red de canales, se identificó en un plano de la zona, los canales por rango de pérdidas, esto es los canales con pérdidas menores al 20 por ciento se dibujan en color verde,

²³ El porcentaje de usuarios dentro de Distrito que opinaron sobre dar cursos de capacitación a directivos y gerentes y canaleros es el 47 % en contra del 50% de los usuarios fuera. El porcentaje de usuarios fuera de Distrito que requieren capacitarse en el riego es el 21% contra el 19% de usuarios dentro, el porcentaje de usuarios fuera que requieren estudios y proyectos para modernizar el módulo o las parcelas es el 21% contra un 15% de usuarios dentro de Distrito.



los que se encuentren con pérdidas entre el 20 y el 35 por ciento en color amarillo y los que se encuentren con pérdidas mayores al 35 por ciento se dibujan en color rojo, los resultados preliminares aparecen en la figura 4.

De acuerdo a las observaciones realizadas por los jefes de zona y de sección y de quien suscribe esta tesis, las mayores pérdidas se observaron en dos secciones de riego, la 12 y 15. En las secciones 13, 17 y 18 se observa pérdidas mayores al 35 por ciento en algunos canales alojados en textura fina, donde las pérdidas de agua por filtración son mínimas por lo que se asumió que en esos canales se tienen pérdidas considerables por fugas en estructuras y/o por deficiente manejo de los niveles y estructuras de operación.

En forma complementaria y con el fin de conocer la prioridad en la modernización y los volúmenes que se pueden recuperar por acciones de modernización y conociendo que en el módulo de riego se tienen 259.207 kilómetros de canales de acuerdo al título de concesión y los cuales se presentan desglosados por sección de riego en la **tabla 1**, se estiman las pérdidas por filtración al identificar el tipo de textura en que se encuentran alojados los diversos canales de la totalidad de la red de distribución y se aplican a su superficie de mojado los coeficientes de pérdidas diarias de agua por metro cuadrado para estructuras de conducción de agua de la FAO, considerando la conducción a canal lleno en un periodo de cinco meses.

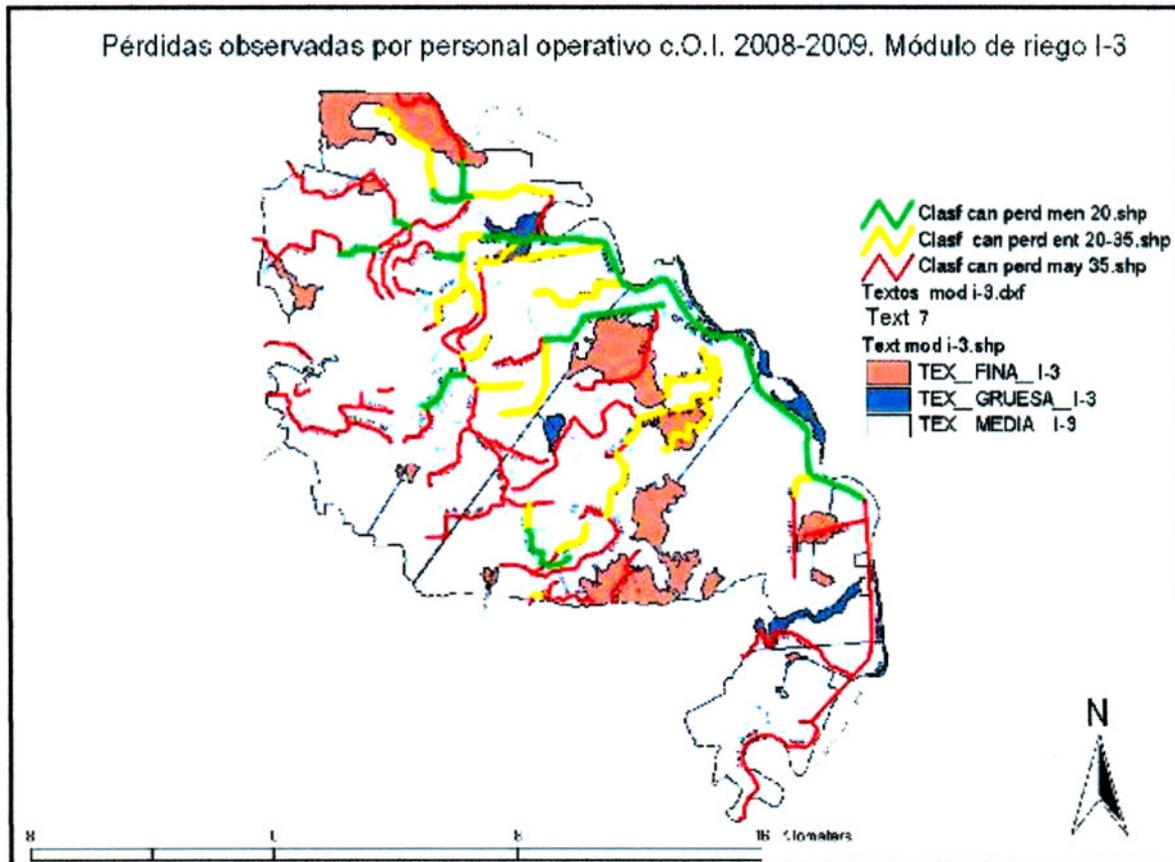


Figura 4. Pérdidas de agua observadas por personal operativo, módulo de riego I-3 Otameto

Red de distribución del módulo de riego I-3						
Sección de riego	Laterales	Sub-laterales	Ramales	Subramales	Terciarios	total
	km.	km.	km.	km.	km.	km.
12		4.55	29.24	7.72		41.51
13	1.70	6.27	5.74	5.16		18.87
14	6.55	13.04	1.50			21.09
15	5.80	24.40	28.58			58.78
16	13.04	16.24				29.28
17	20.08	5.22	9.80	4.70	3.00	42.80
18	16.32	28.10				44.42
	63.49	97.82	74.86	17.58	3.00	256.75
						256.75

Fuente: Anexo II del título de concesión, seccionamiento del módulo del distrito de riego 010. Culiacán Humaya y cálculos propios

Nota: Se observan pequeñas diferencias del total con respecto al título la concesión
km= kilómetro

Tabla 1. Red de distribución por sección de riego, módulo de riego I-3 Otameto

A continuación se presenta los resultados de las pérdidas estimadas por filtración en la red de distribución al año 2008 de acuerdo al promedio de pérdidas diarias de agua por metro cuadrado de perímetro mojado de la FAO en estructuras de conducción de agua, tomando en cuenta las características hidráulicas y las texturas de suelo donde se encuentran alojados los diversos canales de la red de distribución, de acuerdo con la serie de suelos del módulo I-3 y cuyas características resumidas observamos en la figura 3.

Sección 18

Esta sección cuenta con 44.42 km de canales, 16.32 km. son laterales y 28.1 Km. son sublaterales; el porcentaje de revestimiento de la red a septiembre de 2008 es de 15.87%, personal operativo del módulo de riego ha observado pérdidas mayores al 35% en la mayor longitud de la red de distribución.

El análisis de pérdidas indica que esta sección ocupa el tercer lugar comparada con las demás secciones de riego, sus pérdidas por filtración se estiman en 73,329.05 m³/día a canal lleno, las mayores pérdidas por filtración en esta sección se observan en el canal lateral costeño, canal sub-lateral 12+500 las brisas y canal lateral 20+600 las vegas, el desglose de pérdidas por filtración se observa en la tabla 2.

DESGLOSE DE PÉRDIDAS POR FILTRACION SECCION 18				
CANAL	LONG (KM)	M3/DIA	M3/DIA/KM	L/S/KM
LAT. 28+120 COSTEÑO	9.82	24861.33	2531.96	29.31
SUB-LAT. 8+673	2.98	5731.10	1923.19	22.26
SUB-LAT. 9+871 VILLA	4.34	6752.04	1555.77	18.01
SUB-LAT. 13+000 REALITO	4.06	5625.62	1385.62	16.04
SUB-LAT. 12+500 LAS BRISAS	7.50	14880.13	1984.02	22.96
SUB-LAT. 20+600 LAS VEGAS	6.48	11695.35	1804.84	20.89
RAMAL 2+716	2.54	3783.47	1489.55	17.24
SUMA	37.72	73,329.05	1,944.09	22.50

Tabla 2. Estimación de Pérdidas de agua por filtración en sección 18

Sección 17

Esta sección cuenta con 20.08 Km. de canales laterales, 5.22 Km. de canales sub-laterales, 9.8 Km. de canales ramales, 4.7 Km. de canales sub-ramales y 3.0 Km. de canales terciarios, dando un total de 42.8 Km. de canales, de los cuales 4.5 km de canales laterales se encuentran

revestidos, el porcentaje de revestimiento de ésta estructura a septiembre de 2008 es de 10.51%.

De las secciones de riego, la sección 17 ocupa el cuarto lugar en pérdidas por filtración, con pérdidas de 62,747.28 m³/día a canal lleno, las mayores pérdidas se observaron en los canales ramal 2+100 izquierdo Sacrificio, Lateral 31+845 Huitlacoche, Lateral 31+292 chiripas. El desglose de pérdidas por filtración se observa en la tabla 3.

Sección 16

Está sección tiene 13.0 Km. de canales laterales y 16.24 km de canales sub-laterales lo cual suma un total de 29.28 Km., todos se encuentran operando en tierra con excepción de 4.3 Km. del canal lateral Otameto, el porcentaje de revestimiento de ésta sección de riego es 14.68 % a septiembre de 2008.

De las secciones de riego, la sección 16 ocupa el quinto lugar en pérdidas por filtración, con 51,377.23 m³/día a canal lleno, las mayores pérdidas se observan en el canal lateral 29+018 Las Trancas, el canal Sub-lateral 0+385 Palos colorados y en el canal Sub-lateral 1+600 Higuierita. El desglose de pérdidas por filtración se observa en la tabla 4.

DESGLOSE DE PÉRDIDAS POR FILTRACION SECCIÓN 17				
CANAL	LONG (KM)	M3/DIA	M3/DIA/KM	L/S/KM
LATERAL 31+292 CHIRIPA	3.28	5771.35	1759.56	20.37
LAT. 31+845 HUITLACOCHÉ	12.30	15775.03	1282.52	14.84
RAMAL 1+673 EBANO *	3.12	4238.75	1358.57	15.72
SUB-LAT. 3+500 CHILILLOS	2.10	3150.44	1500.21	17.36
RAMAL 2+100 IZQ. SACRIFICIO	9.80	19605.96	2000.61	23.16
SUB-RAMAL 2+980 EBANON	3.20	7754.60	2423.31	28.05
SUB-RAMAL 6+500 MURUBURI	1.50	2222.50	1481.67	17.15
TERC. 0+300 PINTOR	3.00	4228.66	1409.55	16.31
SUMA	38.30	62,747.28	1,638.31	18.96

* SE CARECE DE DATOS HIDRAULICOS PARA EL CALCULO, LAS PERDIDAS SE CALCULARON EN FUNCION DE LOS PRIMEROS 8.5 KM DEL SACRIFICIO Y DE LAS PERDIDAS DEL KM 4+600 AL KM 5+000 DEL HUITLACOCHÉ

Tabla 3. Estimación de Pérdidas de agua por filtración en sección 17

DESGLOSE DE PERDIDAS POR FILTRACION SECCION 16				
CANAL	LONG (KM)	M3/DIA	M3/DIA/KM	L/S/KM
SUB-LAT. 1+600 HIGUERITA	3.98	6792.65	1706.70	19.75
SUB-LAT. 3+100	2.72	4125.48	1516.72	17.55
LAT. 29+018 LAS TRANCAS	8.70	21379.31	2457.39	28.44
SUB-LAT. 0+385 PALOS COLOR.	5.42	10141.36	1871.10	21.66
SUB-LAT. 4+844 CONTINENTAL	2.60	4789.77	1842.22	21.32
SUB-LAT. 8+100 AVIACION	1.54	4148.66	2693.94	31.18
SUMA	24.96	51377.23	2058.38	23.82

Tabla 4. Estimación de pérdidas de agua por filtración en sección 16

Sección 15

Dentro de la sección 15 existen 5.8 Km. de canales laterales, 24.4 km. de canales sub-laterales, 28.58 Km. de canales ramales, dando un total de 57.78 Km. y un porcentaje de canales revestidos de 5.54 %, al mes de septiembre de 2008. En general la longitud total de los canales se encuentra sobre suelos de textura media donde las pérdidas por filtración son considerables.

La sección 15 ocupa el primer lugar en pérdidas por filtración con 112,044.45 m3/día a canal lleno, las mayores pérdidas se observan en los canales 13+193 Rivas, sub-lateral 15+401 Taipime, Ramal 3+660, Lateral 28+120 Otameto, Ramal 6+300 y sub-lateral 14+852 "La Gallera". El desglose de pérdidas por filtración se observa en la tabla 5.

DESGLOSE DE PÉRDIDAS POR FILTRACION SECCION 15				
CANAL	LONG (KM)	M3/DIA	M3/DIA/KM	L/S/KM
LATERAL 28+120 OTAMETO	5.14	12750.99	2480.74	28.71
SUB-LAT. 13+193 RIVAS	10.20	22411.90	2197.25	25.43
RAMAL 3+660	7.79	12992.99	1667.05	19.29
C. RAMAL 4+200 CAMPILLOS	2.00	3136.40	1568.20	18.15
C. RAMAL 5+180	1.90	2952.18	1553.78	17.98
C. RAMAL 6+300	5.00	7768.88	1553.78	17.98
C. LAT. 14+200 ROMEROS	2.80	4390.96	1568.20	18.15
C. S. LAT. 14+852 LA GALLERA	3.20	5839.17	1824.74	21.12
C. RAMAL 2+060 IZQ.	1.50	2157.60	1438.40	16.65
C. SUB-LAT. 15+401 TAIPIMI	7.20	17159.80	2383.31	27.58
C. RAMAL 1+760 RANCHERO	2.60	5684.75	2186.44	25.31
C. RAMAL 2+500 BUENOS AIRES	2.54	3432.80	1351.50	15.64
C. RAMAL 5+060 MONTOSA	2.82	4381.65	1553.78	17.98
C. RAMAL 5+546 CALAVERAS	3.42	6984.39	2042.22	23.64
SUMA	58.114	112,044.45	1928.01	22.31

Tabla 5. Estimación de pérdidas de agua por filtración en sección 15

Sección 14

Esta sección tiene 6.55 Km. de canales laterales, 13.04 km. de canales sub-laterales y 1.5 Km. de canales ramales, los cuales suman 21.09 Km. Asimismo cuenta con 5.69 % de canales revestidos al mes de Septiembre de 2008.

La sección 14, ocupa el séptimo lugar en cuanto a pérdidas con 31,529.74 m³/día, las mayores pérdidas las tiene los canales lateral 28+120 Otameto y 10+332 Tamayo. El desglose de pérdidas por filtración se observa en la tabla 6.

CANAL	DESGLOSE DE PÉRDIDAS POR FILTRACION SECCION 14			
	LONG (KM)	M3/DIA	M3/DIA/KM	L/S/KM
LATERAL 28+120 OTAMETO	2.72	9235.72	3391.75	40.09
SUB-LAT. 6+670 EL VERGEL	4.10	6692.10	1632.22	19.29
RAMAL 3+730	1.50	1681.67	1121.11	13.25
SUB-LAT. 9+370 ESPINOZA	5.00	6653.22	1330.64	15.73
SUB-LAT. 10+332 TAMAYO	3.94	7267.03	1844.42	21.80
SUMA	17.26	31,529.74	1,826.43	21.59

Tabla 6. Estimación de pérdidas de agua por filtración sección 14

Sección 13

Se tienen en ésta sección de riego 1.70 Km. de canales laterales, 6.27 Km. de canales sub-laterales, 5.74 Km. de canales ramales y 5.16 km. de canales sub-ramales. El porcentaje de canales revestidos en esta sección es del 9% al mes de septiembre de 2008.

La sección 13 se encuentra en sexto lugar en cuanto a pérdidas por filtración con 34,904.38 m³/día, las mayores pérdidas las presenta el canal Sub-lateral 5+787 La Bolsa. El desglose de pérdidas por filtración se observa en la tabla 7.

DESGLOSE DE PÉRDIDAS POR FILTRACION SECCION 13				
CANAL	LONG (KM)	M3/DIA	M3/DIA/KM	L/S/KM
LATERAL 28+120 OTAMETO		0		
SUB-LAT. 5+787 LA BOLSA	6.27	21005.07	3350.09	39.60
RAMAL 4+920 LA URRACA	5.74	9835.51	1713.50	19.83
SUB-RAMAL 0+405 POCHOTAL	5.16	4063.80	787.25	9.11
	SUMA	17.17	34,904.38	
			2,032.63	23.53

Tabla 7. Estimación de pérdidas de agua por filtración sección 13

Sección 12

Esta sección cuenta 4.57 Km. de canales sub-lateras, 29.24 Km. de ramales y 7.72 Km. de canales sub-ramales, los cuales en su totalidad están en tierra.

La sección 12 ocupa el segundo lugar en pérdidas por filtración de las siete secciones de riego del módulo I-3, con 84,593.45 m³/día, los canales que presentan las mayores pérdidas son el canal Ramal 11+245 La Bandera, Canal Ramal 7+673 der. La Chole, Canal Ramal 9+235 Tres Marías y Canal Sub-lateral 5+787 La Bolsa. El desglose de pérdidas por filtración se observa en la tabla 8.

DESGLOSE DE PÉRDIDAS POR FILTRACION SECCION 12				
CANAL	LONG (KM)	M3/DIA	M3/DIA/KM	L/S/KM
SUB-LAT. 5+787 LA BOLSA	4.58	12566.96	2746.88	31.79
RAMAL 7+673 DER. LA CHOLE	9.00	17436.31	1937.37	22.42
RAMAL 7+673 IZQ. MASCAREÑO	3.24	6051.36	1867.70	21.62
RAMAL 9+235 TRES MARIAS	7.46	12909.36	1730.48	20.03
SUB-RAMAL 7+380	3.42	5560.54	1625.89	18.82
RAMAL 11+245 LA BANDERA	9.54	22918.96	2402.41	27.81
SUB-RAMAL 8+120 EL TULE	4.30	7149.96	1662.78	19.25
	SUMA	41.54	84593.45	
			2036.68	23.57

Tabla 8. Estimación de pérdidas de agua por filtración sección 12

PERDIDAS POR FILTRACION EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL MODULO DE RIEGO I-3

En la tabla 9 se observa las pérdidas por filtración en la red de distribución por sección de riego y a nivel módulo.

De este análisis se concluyó que las pérdidas de agua por filtración en la red de distribución por año agrícola se estiman en 67, 578.85 millares de metros cúbicos considerando un promedio de cinco meses a canal lleno.

RESUMEN DE PERDIDAS ESTIMADAS POR FILTRACION			
SECCION	M3/DIA	MM3/DIA	MM3/MES
12	84,593.45	84.59	2,537.80
13	34,904.38	34.90	1,047.13
14	31,529.74	31.53	945.89
15	112,044.45	112.04	3,361.33
16	51,377.23	51.38	1,541.32
17	62,747.28	62.75	1,882.42
18	73,329.05	73.33	2,199.87
TOTAL	450,525.58	450.53	13,515.77
FUENTE: Cálculos propios en base a las texturas del suelo y métodos indirectos de la FAO			

Tabla 9. Resumen de pérdidas estimadas por filtración, modulo I-3 Otameto

3.4.1.2 Estimación de pérdidas de agua por filtración, en regaderas parcelarias

Las pérdidas por filtración en regaderas parcelarias consideran el procedimiento siguiente:

Del registro de regaderas del módulo de riego, se obtienen sus longitudes y se estima un promedio de sus características hidráulicas, luego se obtiene el perímetro y superficie de mojado de cada canal, posteriormente se obtiene el promedio de pérdidas de filtración al multiplicar la superficie de mojado por el coeficiente promedio de pérdidas diaria de agua por m² de perímetro al considerar que están alojadas todas en textura media y que operan un promedio de 2 meses a su máxima capacidad.²⁴

²⁴ De la observación de los jefes de zona en la operación del ciclo otoño invierno, de octubre a junio

El volumen de agua que se estima se pierde dentro de las regaderas parcelarias es de **12,652.84** millares de metros cúbicos por ciclo agrícola, los detalles se observan en la tabla 10.

Sección de riego, módulo I-3	Número de tomas directas	Número de tomas con regadera	Longitud total de regaderas (km)	Porcentaje %	Longitud efectiva en metros	Superficie Mojada (m2)	Promedio de pérdidas diarias/m2 per.mojado	Pérdidas filt. m3/día "FAO" Est. de cond
12	130	34	36.67	17.27	36,670.00	91,053.56	0.40	36,421.42
13	48	25	19.22	9.05	19,220.00	47,724.28	0.40	19,089.71
14	64	22	12.9	6.08	12,900.00	32,031.39	0.40	12,812.55
15	146	58	27.51	12.96	27,510.00	68,308.79	0.40	27,323.52
16	87	53	21.53	10.14	21,530.00	53,460.14	0.40	21,384.05
17	94	63	24.99	11.77	24,990.00	62,051.50	0.40	24,820.60
18	68	70	69.5	32.73	69,500.00	172,572.20	0.40	69,028.88
	637	325	212.32	100.00	212,320.00	527,201.85	Total (m3/día)	210,880.74
							Pérdidas por año agrícola (millares/ m3/año)	12,652.84
Fuente: Asociación de riego, módulo I-3 Otameto Formato: Propio								
Nota: las pérdidas de agua por año agrícola consideradas, están comprendidas en el cálculo de octubre a Junio, para todos los cultivos, de esa fecha en adelante los volúmenes son mínimos y no están considerados en los volúmenes puestos en tomas granjas.								

Tabla 10. Estimación de pérdidas de agua por filtración en regaderas

En la tabla 10 se observa las secciones 12, 13, 15 y 18 en las cuales se presentan las mayores pérdidas por filtración en regaderas.

3.4.2 Las estructuras de control y medición del agua riego

Estructura de control, operación y medición en canales en la red de distribución

La propuesta de mejoras en el módulo de riego requiere conocer el estado de las estructuras de control y medición del agua, para lo cual se consultó la tarjeta de inventario del Módulo de Riego I-3 Otameto, al ciclo agrícola 2007-2008 donde se encontró que el número de estructuras que atienden la operación en la asociación de riego es de 1325 piezas de diversos tipos, de las cuales 1095 están en canales y 230 en drenes, entre las que se encuentran mayormente tomas granjas y represas, algunas con un deterioro considerable, de acuerdo con indicadores de eficiencia en la conservación se tiene una eficiencia promedio de 22.07 % en reparación de obra civil y del 25.47% en la reparación de compuertas y mecanismos²⁵.

²⁵ En anexo se presentan los indicadores de eficiencia en la conservación para los ciclos agrícolas 2004-2005 al 2007-2008

El diagnóstico de la situación de las estructuras de control y medición requiere de un trabajo minucioso en equipo con personal de operación, para lo cual en conjunto con los jefes de sección de la asociación de riego se propuso realizar un levantamiento físico para conocer el estado de conservación de las estructuras en la red menor de canales, en total 1008 piezas fueron levantadas y se concluye que el 44% se encuentran en buenas condiciones, el 31 % prevalecen en regulares condiciones y el 25 se encuentran en condiciones malas, asimismo de igual forma a nivel módulo de riego en los mecanismos de las estructuras que así lo requieren, el levantamiento realizado indicó que el 29% están en buen estado, el 14 por ciento están en regulares condiciones y el 57% se encuentran en mal estado, la tabla 11 muestra el estado por tipo de estructura y en la tabla 12 se observa el diagnóstico de las estructuras y mecanismos por sección de riego.

ESTRUCTURAS DEL MÓDULO I-3 AUPA OTAMETO							
ESTRUCTURAS	CANTIDAD	DIAGNÓSTICO					
		ESTRUCTURAS			MECANISMOS		
		BUENO	REGULAR	MALO	BUENO	REGULAR	MALO
		BUEN ESTADO	CONSERVACION DIFERIDA	RECONSTRUIR O REHABILITAR	BUEN ESTADO	CONSERVACION DIFERIDA	RECONSTRUIR O REHABILITAR
TOMA GRANJA	809	320	246	243	213	104	492
REPRESAS	98	60	30	8	46	21	31
REPRESA-ALCANTARILLA	7	3	3	1	3	2	2
REPRESA-PUENTE	27	16	10	1	14	4	9
REPRESA-CAIDA	0	0	0	0	0	0	0
PUENTE-CANAL	11	6	5	0			
PUENTE-VEHICULO	17	11	6	0			
PUENTE-AFORO	2	1	0	1			
PUENTE-PEATONAL	5	3	2	0			
ALCANTARILLA	16	7	8	1			
ALCANTARILLA-CRUCES	8	8	0	0			
SIFONES	2	2	0	0			
DESFOQUES	4	4	0	0			
OTRAS	2	2	0	0			
TOTAL	1008	443	310	255	276	131	534
Porcentajes (%)		43.95	30.75	25.30	29.33	13.92	56.75

Fuente: Levantamiento de campo en conjunto con Jefes de Sección del Módulo de Riego I-3 Otameto, Junio- Octubre 2008, Integración y cálculos Propios

Tabla 11. Estructuras de control y medición del agua

Conclusión sobre la situación de las estructuras de control y medición

En relación a los resultados de las condiciones en que se encontraron las estructuras, se concluye que gran parte de las pérdidas de agua en la red de distribución se debe a pérdidas por fugas debido a un deficiente control de los volúmenes, por lo que es de primer orden considerar en el Módulo de Riego la rehabilitación y modernización de las estructuras de control y medición, como las represas, tomas granjas y mecanismos e implementar nuevas estructuras que mejoren el servicio de riego, asimismo capacitar a sus operadores en el buen manejo.

Las mayores pérdidas por fugas en estructuras se localizan en la sección 12, 14 y 17, la que tiene menos pérdidas por fugas en estructuras es la sección 18, en general todas las secciones tienen problemas en la operación por mecanismos en mal estado, a excepción de la sección 15.

ESTRUCTURAS DEL MÓDULO I-3 AUPA OTAMETO POR SECCIÓN DE RIEGO										
ESTRUCTURAS	CANTIDAD	DIAGNÓSTICO							OBSERVACIONES	
		ESTRUCTURAS			MECANISMOS					
		BUENO	REGULAR	MALO	BUENO	REGULAR	MALO			
	%	BUEN ESTADO	CONSERVACION DIFERIDA	RECONSTRUIR O REHABILITAR	%	BUEN ESTADO	CONSERVACION DIFERIDA	RECONSTRUIR O REHABILITAR	%	
SECCIÓN 12	19.44	41.84	9.69	48.47	100.00	34.24	7.07	58.70	100.00	Gran parte de algunas tomas granjas está colocado solamente el tubo que surte a la parcela
SECCIÓN 13	9.92	56.00	18.00	26.00	100.00	23.16	20.00	56.84	100.00	
SECCION 14	10.71	52.78	18.52	28.70	100.00	26.37	25.27	48.35	100.00	
SECCION 15	11.31	55.26	26.32	18.42	100.00	47.79	12.39	39.82	100.00	
SECCION 16	9.33	34.04	50.00	15.96	100.00	14.89	31.91	53.19	100.00	
SECCION 17	19.94	28.36	51.24	20.40	100.00	15.05	8.60	76.34	100.00	
SECCION 18	19.35	49.23	37.44	13.33	100.00	39.89	8.99	51.12	100.00	
TOTAL	100.00									

Fuente: Levantamiento de campo en conjunto con Jefes de Sección del Módulo de Riego I-3 Otameto, Junio- Octubre 2008, Integración y cálculos Propios

Tabla 12. Estructuras de control y medición del agua

Medición en punto de control de módulo de riego, red de distribución y entrega de agua en toma granja o toma lote

En el módulo de riego I-3 Otameto, la entrega de agua superficial de Presa se realiza en bloque, se lleva a cabo mediante personal operativo de la CONAGUA en un solo punto de control, en el kilómetro 26+ 000 del Canal Principal del Sur, en la comunidad de Otameto en el municipio de Navalato, en ese punto la medición se realiza por medio de un sensor que registra los volúmenes de agua, mediante lecturas de nivel y la velocidad del agua, las mediciones se realizan dos veces al día por personal del módulo de riego y personal de la primera unidad de riego del distrito de riego 010-Culiacán, la medición del agua de acuerdo con los resultados del cuestionario aplicado al gerente del módulo de riego se considera buena con diferencias del 5% en más o en menos. No obstante no se puede decir lo mismo en puntos de control de secciones de riego; en canales laterales y sub-laterales y en toma granjas. En puntos de control de secciones de riego, la medición se realiza irregularmente con molinete con el personal existente, cuyo grado de escolaridad va desde el nivel básico hasta profesional, se considera que el equipo no es el indispensable y de acuerdo con la opinión del Gerente del Módulo de Riego se considera que la medición es mala con diferencias mayores al 10% en más o en menos, de igual forma, en tomas granjas, la medición del agua se realiza en forma estimada por el jefe de zona, se considera mala con diferencias de hasta el 25%, de lo que se asume la entrega de láminas de agua altas en comparación con las necesitadas por requerimiento de riego y las pérdidas parcelarias.

Del resultado de las encuestas en las tablas 13 y 14 se observa el grado de satisfacción de los usuarios con la medida del agua en sus parcelas y el porcentaje de usuarios que estarían dispuestos a mejorar la medición en sus tomas lotes.

POCENTAJE DE USUARIOS QUE ESTAN SATISFECHOS CON LA MEDIDA DE AGUA EN SU PARCELA Y PORCENTAJE DE USUARIOS QUE ESTARIAN DISPUESTOS A MEJORAR LA MEDICIÓN CON ALGUNA ESTRUCTURA DE MEDICION					
USUARIOS DENTRO DE DISTRITO					
	SATISFECHO CON LA MEDIDA DE AGUA EN SU PARCELA		ESTARIA DISPUESTO A MEJORAR LA MEDICION EN SU PARCELA CON LA APORTACION PESO POR PESO PARA LA INSTALACION DE ALGUNA ESTRUCTURA DE MEDICION		
	SI (%)	NO (%)	SI (%)	NO (%)	
SECCION 12	66.67	33.37	33.37	66.67	
SECCION 13	66.67	33.37	75.00	25.00	
SECCION 14	100.00	0.00	75.00	25.00	
SECCION 15	80.00	20.00	100.00	0.00	
SECCION 16	88.89	11.11	77.78	22.22	
SECCION 17	83.33	16.67	83.33	16.67	
SECCION 18	70.00	30.00	60.00	40.00	
TOTAL USUARIOS DENTRO	80.43	19.57	74.47	25.53	

Tabla 13. Grado de satisfacción de usuarios dentro de distrito con la medida de agua en su parcela y grado en que estarían dispuestos a mejorar la medición

De los resultados se observa que en un gran porcentaje los usuarios están satisfechos con la medición del agua en el parcela, no obstante un buen porcentaje estarían dispuestos a mejorar la medición del líquido en sus tomas granjas, se encontró que los usuarios de las secciones 12, 13 y 18 muestran oposición en mejorar la medición del agua en un porcentaje elevado, los usuarios fuera de distrito son los que más se oponen.

En la propuesta de Modernización se considera dentro del corto plazo, la instalación de tomas granjas u otra estructura de medición en un porcentaje similar al porcentaje de usuarios que estaría dispuesto a mejorar la medición en su parcela, dejando para el mediano plazo el porcentaje de aquellos que no lo estén pero que se estima cambien de opinión.

POCENTAJE DE USUARIOS QUE ESTAN SATISFECHOS CON LA MEDIDA DE AGUA EN SU PARCELA Y PORCENTAJE DE USUARIOS QUE ESTARIAN DISPUESTOS A MEJORAR LA MEDICIÓN CON ALGUNA ESTRUCTURA DE MEDICION					
USUARIOS FUERA DE DISTRITO					
	SATISFECHO CON LA MEDIDA DE AGUA EN SU PARCELA		ESTARIA DISPUESTO A MEJORAR LA MEDICION EN SU PARCELA CON LA APORTACION PESO POR PESO PARA LA INSTALACION DE ALGUNA ESTRUCTURA DE MEDICION		
	SI (%)	NO (%)	SI (%)	NO (%)	
SECCION 12	50.00	50.00	16.67	83.33	
SECCION 13	0	100	50.00	50.00	
SECCION 14	*	*	*	*	
SECCION 15	100.00	0	100.00	0.00	
SECCION 16	100.00	0	100.00	0.00	
SECCION 17	100.00	0	100.00	0.00	
SECCION 18	83.33	16.67	83.33	16.67	
USUARIOS FUERA DISTRITO	76.00	24.00	72.00	28.00	

Tabla 14. Grado de satisfacción de usuarios fuera de distrito con la medida de agua en su parcela y grado en que estarían dispuestos a mejorar la medición

Pozos, plantas de bombeo e información complementaria

Para cumplir con las necesidades de riego de los cultivos en pie de las siete secciones de riego que conforman el módulo de riego I-3 Otameto, de usuarios con concesión y precarios, la asociación de usuarios de riego complementa el agua de Presa con el agua de acuífero mediante pozos, además debido a que los volúmenes les resultan insuficientes, utiliza agua de río, drenes y bajos naturales. En la figura 5 se observa la distribución de los aprovechamientos al ciclo agrícola 2008-2009.

De los pozos particulares a cargo del módulo de riego, al año agrícola 2008-2009 cuatro están inactivos por la presencia de arenas finas, derrocamiento o presencia de sales, en la propuesta de mejoras deberá considerarse su estudio para rehabilitarse o reubicarse apegados a la LAN.

Es necesario se instrumente con totalizadores volumétricos a los pozos profundos y equipos de bombeo y vigilar el monitoreo de los niveles estáticos en conjunto con la CONAGUA, no solo para llevar un mejor control de los volúmenes de agua que requiere el cultivo si no en su caso para evitar intrusión de manto salino; de acuerdo con el gerente del módulo de riego se tiene programado su instalación. El control de los gastos extraídos con los equipos de bombeo se realiza con molinete cuando descarga a la regadera, solo que el equipo no es el indispensable, por lo que también se deberá considerar en la propuesta de rehabilitación y/modernización

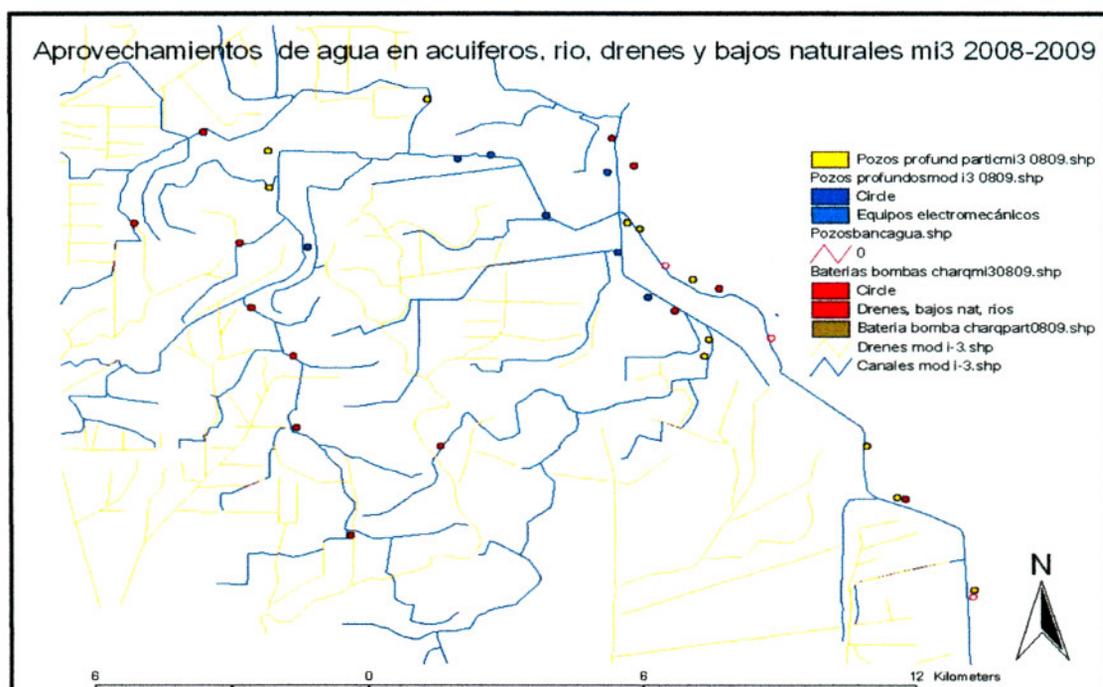


Figura 5. Aprovechamientos de agua de acuífero, río, drenes y bajos naturas del módulo de riego

En la tabla 15 se observa la situación en que se encuentran los equipos de bombeo a cargo del módulo de riego y del banco de aguas hasta el ciclo agrícola 2007-2008. Se observa que las secciones donde más se bombea son dos, la sección 16 y 18 y la que menos requiere de bombeo es la sección 12.

SITUACION ACTUAL BATERIAS DE BOMBEO CON MOTOR ELECTRICO A CARGO DEL MODULO I-3 OTAMETO Y PLANTAS DE BOMBEO DEL BANCO DE AGUAS								
N.º	LOCALIZACION	KM	GASTO lt/seg	MARCA MOTO	MOTOR SERIE	POTENCIA HP	CONSERVACION A CARGO DE	UBICACION/SECCION
1	Bomba Otameto	KM 27+000	Q-400 lt/seg	SIEMENS	K410675TM2	150	MODULO I-3	SECCION 16
2	Bomba Otameto	KM 27+000	Q-250 lt/seg	llegible	llegible	75	MODULO I-3	SECCION 16
3	Bomba Otameto	KM 27+000	Q-200 lt/seg	llegible	llegible	60	MODULO I-3	SECCION 16
4	Bomba Otameto	KM 27+000	Q-200 lt/seg	llegible	llegible	60	MODULO I-3	SECCION 16
5	Bomba Valdez M	KM 13+530	Q-250 lt/seg	llegible	llegible	75	MODULO I-3	SECCION 15
6	Bomba Taipime	KM 15+401	Q-200 lt/seg	SIEMENS	708C03JPP3	60	MODULO I-3	SECCION 15
7	Bomba trebol	KM 5+060	Q-200 lt/seg	SIEMENS	1707002	60	MODULO I-3	SECCION 15
8	Bomba Periquera	KM 3+077	Q-120 lt/seg	SIEMENS	B03TO139TM	75	MODULO I-3	SECCION 17
9	Bomba Periquera	KM 3+077	Q-120 lt/seg	SIEMENS	M96TESP235	50	MODULO I-3	SECCION 17
10	Bomba Mezcalera	KM 10+991	Q-400 lt/seg	SIEMENS	D05T5226TM	150	MODULO I-3	SECCION 18
11	Bomba Mezcalera	KM 10+991	Q-150 lt/seg	SIEMENS	80D001PP8	100	MODULO I-3	SECCION 18
12	Bomba Realito	KM 13+600	Q-300lt/seg	IEM	8706004	140	BANCO DE AGUAS	SECCION 18
13	Bomba Realito	KM 13+600	Q-500 lt/seg	IEM	8912000	150	BANCO DE AGUAS	SECCION 18
14	Bomba Realito	KM 13+600	Q-250 lt/seg	llegible	llegible	75	BANCO DE AGUAS	SECCION 18
SITUACION ACTUAL PLANTAS DE BOMBEO DE COMBUSTION INTERNA A CARGO DEL MODULO I-3 OTAMETO								
N.º	LOCALIZACION	KM	GASTO lt/seg	MARCA MOTO	MOTOR SERIE	POTENCIA HP	CONSERVACION A CARGO DE	UBICACION/SECCION
1	Bom. Ranchero	KM 1+700	Q-120lt/seg	Jhon Dhere	llegible		MODULO I-3	SECCION 15
2	BomHuitlacoche	KM9+950	Q-120lt/seg	Jhon Dhere	llegible		MODULO I-3	SECCION 17
3	Bom el faro	KM 7+250	Q-120lt/seg	Perkins	llegible		MODULO I-3	SECCION 13
4	Bom el 16	KM 10+500	Q- 200lt/seg	Perkins	llegible		MODULO I-3	SECCION 12
5	Bom Tamayo	KM 2+000	Q-120lt/seg	Perkins	llegible		MODULO I-3	SECCION 14

Tabla 15. Situación al ciclo agrícola 2007-2008 de las baterías y plantas de bombeo dentro del módulo de riego I-3 Otameto

En la tabla 16 se observa que el consumo de energía eléctrica de los aprovechamientos del módulo con motor eléctrico a precios actualizados a diciembre de 2008, en ella se observa el incremento en los costos de energía eléctrica de lo que se asume el incremento de suministros de agua por bombeo.

Histórico de consumos de energía eléctrica de aprovechamientos a cargo del módulo de riego I-3 Otameto a precios de Diciembre de 2008							
Ciclo Agrícola							
Bombeo	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	Suma
pozo No 1	24,954.50	28,569.16	0.00	0.00	0.00	208.00	53,731.66
pozo No 2	33,607.69	35,712.50	0.00	4,243.25	0.00	0.00	73,563.44
pozo No 3	73,390.87	101,965.50	10,516.51	49,217.95	25,772.08	24,688.00	285,550.91
pozo No 4	87,007.45	84,032.74	37,632.88	18,539.34	0.00	0.00	227,212.41
pozo No 5	54,565.61	82,299.82	25,623.84	55,367.85	57,009.94	73,373.00	348,240.06
pozo No 6	69,138.03	87,676.76	9,358.22	1,538.00	687.99	36,694.00	205,093.00
	342,664.15	420,256.49	83,131.45	128,906.39	83,470.01	134,963.00	1,193,391.49
Otameto	148,474.38	127,199.91	183,494.83	86,007.44	133,455.15	173,082.00	851,713.71
La Periquera	19,416.55	41,800.91	42,978.29	54,235.37	158,808.54	167,450.00	484,689.67
Valdez Montoya	45,094.86	113,876.35	33,014.09	21,231.35	7,142.18	20,386.00	240,744.82
El Tebol	18,483.98	34,032.70	7,223.78	18,410.51	4,343.84	0.00	82,494.81
La Treinta	10,842.12	13,540.58	18,788.03	37,724.99	7,774.50	25,596.00	114,266.22
Espinoza	33,915.21	38,874.06	49,210.91	22,705.05	13,150.08	21,161.00	179,016.31
La Higuera	0.00	0.00	16,239.41	0.00	0.00	10,790.00	27,029.41
	276,227.10	369,324.50	350,949.34	240,314.72	324,674.28	418,465.00	1,979,954.94
Importes en pesos							
Fuente: Modulo de riego I.3 Otameto							
Formato y cálculos propios							

Tabla 16. Históricos de consumos de energía eléctrica de los aprovechamientos del módulo I-3 Otameto a Diciembre de 2008

3.5 Funcionamiento de la red de drenaje superficial, aspectos sociales

El módulo de riego I-3 Otameto cuenta con 284.6 Km. de drenes secundarios 163.950 km. de ramales, 91.0 km. subramales, 26.0 terciarios y 2.4 Km. subterciarios dando un total de 283.4 km. ligeramente inferior al concesionado.

De acuerdo con los Indicadores de eficiencia de conservación de los años agrícolas 2004-2005 al 2007-2008 en el módulo de riego I-3 Otameto, de acuerdo a la tabla 17 se encontró en forma preliminar que el funcionamiento de la red de drenaje superficial presenta una eficiencia muy baja en los conceptos de desazolve, extracción de plantas terrestres y acuáticas de la red de drenaje superficial, por lo que se asume que existen drenes donde debido a que no se realizó en forma oportuna su conservación de acuerdo con el su ciclo óptimo, sus características originales de proyecto han cambiado.

Histórico de Indicadores de Eficiencia de realización de conservación de los principales conceptos de trabajo por ciclo agrícola Módulo de riego I-3													
TIPO DE OBRA	Unidad Paramétrica)	2004-2005			AÑO 2005-2006			2006-2007			2007-2008		
		Cantidad realizada en el año	Cantidad necesaria en el año	EFICIENCIA (%)	Cantidad realizada en el año	Cantidad necesaria en el año (Unidad paramétrica)	EFICIENCIA (%)	Cantidad realizada en el año	Cantidad necesaria en el año (Unidad paramétrica)	EFICIENCIA (%)	Cantidad realizada en el año	Cantidad necesaria en el año (Unidad paramétrica)	EFICIENCIA (%)
CANALES													
Extracción de plantas terrestres (1 desh equipo ligero)	Km.	123	497.456	24.73	35	497.456	7.04	6	497.456	1.21	5	497.456	1.01
Extracción de plantas acuáticas	Km.	89	497.456	17.89	195	497.456	39.20	216	497.456	43.82	183	497.456	36.79
Desazolve	Km.	0	114.58	0	0	114.58	0	0	114.58	0	0	114.58	0
Tercería	Km.	6	17.41	34.46	17	17.41	97.65	0	17.41	0.00	3	17.41	17.23
DRENES													
Extracción de plantas terrestres (desmontes)	Km.	0	283.04	0	0	283.04	0.00	0	283.04	0.00	9	283.04	3.18
Extracción de plantas acuáticas	Km.	21	0	-----	0	0	-----	0	-----	0	0	-----	-----
Desazolve	Km.	17	94.35	18.02	19	94.35	20.14	5	94.35	5.30	6	94.35	8.48
Tercería	Km.	0	94.35	0	0	94.35	0.00	0	94.35	0.00	9	94.35	9.54
CAMINOS													
Extracción de plantas terrestres (desmontes)	Km.	0	73.69	0	0	73.69	0	0	73.69	0	0	73.69	0
Conformación y rastreo	Km.	0	147.38	0	0	147.38	0	0	147.38	0	0	147.38	0
Terrazas	Km.	0	10.31	0	6	10.31	58.20	0	10.31	0	0	10.31	0
Reposición de revestimiento	Km.	0	10.31	0	0	10.31	0.00	0	10.31	0.00	0	10.31	0.00
ESTRUCTURAS													
Reparación de obra civil	Pza.	61	132.5	46.04	56	132.5	42.26	8	132.5	6.04	0	132.5	0
Reparación de compuertas y mecanismos	Pza.	61	132.5	46.04	53	132.5	40.00	0	132.5	0.00	21	132.5	15.85

Fuente: Diagnóstico de NMAC y cierras de avance de conservación de obra transferida por ciclo agrícola del Módulo de riego I-3 del Distrito de riego 010-Culiacán-Humaya y cálculos propios

Tabla 17. Histórico de indicadores de eficiencia de los principales conceptos de conservación del Módulo de Riego I-Otameto

Determinación del funcionamiento de la red de drenaje superficial

El diagnóstico para el funcionamiento de drenes propone dos criterios que se complementan, el primero es el procedimiento descrito por Barocio (1998) citado por IMTA (De León M. Benjamín et al., Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos página 8), los drenes superficiales cumplen su función en mayor o menor medida; entonces el agua fluye de forma continua a través del tiempo y requieren un trabajo normal de conservación, los drenes que presentan de un ligero a mediano problema en su funcionamiento y requieren poca inversión para mejorarlo y los drenes que no funcionan; el agua no fluye o está estancada y las inversiones que requieren para rehabilitarlos son altas, El segundo criterio considera la clasificación de drenes desde el

punto de vista de su ciclo óptimo de conservación, distinguiendo conservación normal, conservación diferida y rehabilitación y a la verificación física de los mismos en campo, ambos métodos tienen estrecha relación ya que los primeros dentro de la clasificación de Barocio (1998) coinciden en buena medida con los primeros de la segunda clasificación y en los cuales desde la experiencia de quien escribe esta tesis los volúmenes de azolve no rebasan el promedio de los 1000m³/km., los segundos de ambas clasificaciones tienen similitud ya que los problemas que se presentan todavía permite recuperar las condiciones originales con el que fueron diseñados los drenes con poca inversión y donde los volúmenes de azolve fluctúan en promedio de 1000 a 3000 m³/km. y los últimos de ambas clasificaciones coinciden ya que la segunda clasificación considera que después de 5 años en promedio de no realizarse ningún trabajo, las condiciones originales de diseño han cambiado, lo que implica trabajos con alto costo de inversión y en donde los volúmenes de azolve son mayores a los 3000m³/km.

Del resultado de implementar la metodología propuesta al año agrícola 2008-2009, realizando recorridos de campo dentro de infraestructura a cargo de la asociación, se estimó que al final del año agrícola 2009-2010, existen 42.97 kilómetros de drenes superficiales secundarios que requieren de una rehabilitación, y donde sus características de proyecto han cambiado, 105 kilómetros de drenes secundarios requieren de atención en su conservación para evitar llegar a una rehabilitación y 65.9 kilómetros de drenes se observaron con un funcionamiento aceptable.²⁶

Dentro de la red de drenaje principal a cargo de la CONAGUA existen 40.8 kilómetros de drenes que presentan problemas de varios tipos, se requiere se elabore un estudio de la desembocadura a los esteros para cada uno de ellos y diagnosticar como afecta la zona de actividad acuícola en el drenaje y el avance de las sales dentro de la zona de riego. La red de drenaje en estado regular es de 9.89 km. De la observación al funcionamiento de la red se requiere un rediseño de sus características hidráulicas y de la rasante de proyecto que garantice el libre escurrimiento por lluvia, por excedentes de riego y por abatimiento del nivel freático, se requiere detectar zonas de taponamiento sobre su sección transversal que impidan el libre tránsito del agua.

²⁶ Desde el punto de vista de quien escribe esta tesis, la experiencia en el seguimiento al programa de conservación contribuye a la decisión de clasificar la red de drenaje superficial con el método propuesto, por lo que en la planeación y clasificación del funcionamiento de la citada red se debe contar con personal con experiencia.

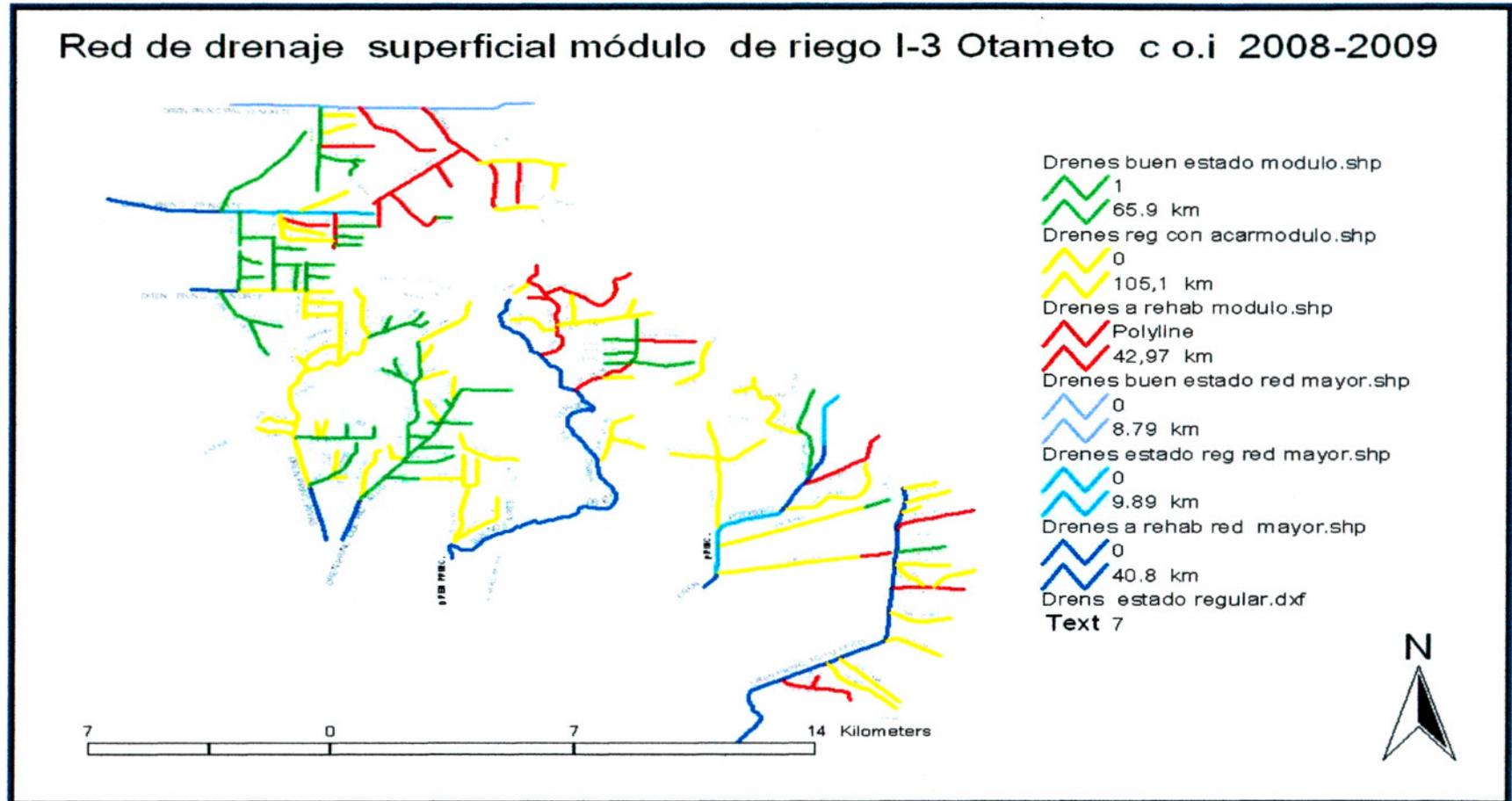


Figura 6. Caracterización del funcionamiento de la red de drenaje superficial del módulo de riego I-3 Otameto, al año agrícola 2008-2009

La caracterización de la red de drenaje superficial del módulo de riego I-3 Otameto, al año agrícola 2008-2009 se observa en la figura 6, las secciones de riego que requieren de atención por deterioro de la red de drenaje superficial secundaria son las secciones 13, 16 y 18 principalmente y 12 y 17 en menor medida.

3.6 El agua y el suelo

La caracterización de las variables que intervienen en el balance del agua en la zona radical, las cuales determinan la demanda del agua por el cultivo requieren del conocimiento del régimen de humedad en el suelo tal y como se observa en la figura 7.

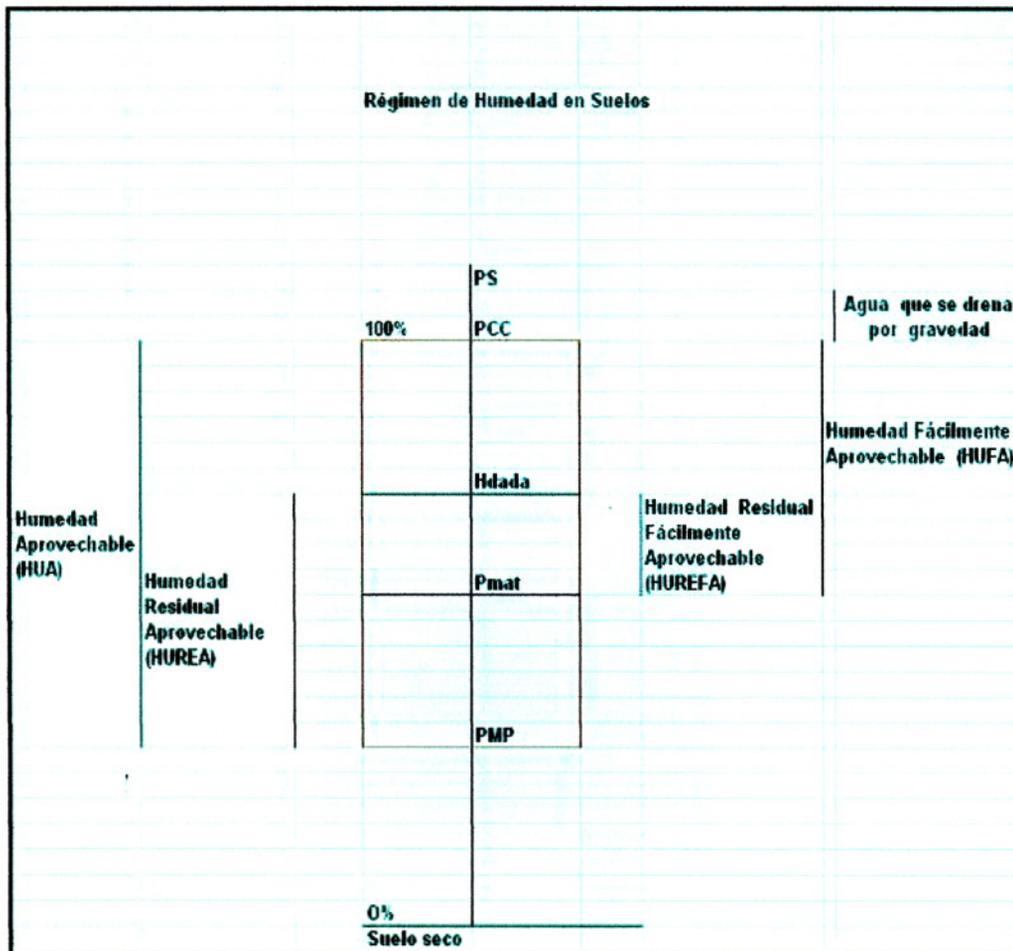


Figura 7. Régimen de Humedad del suelo

De acuerdo a la figura, a continuación se describen cada una de las características del régimen de humedad del suelo.

Se le llama **PS** al contenido de humedad a saturación, se presenta cuando el volumen de vacíos conformado por los poros del suelo se llenan completamente de agua, en ese estado el suelo se satura debido a que se somete a un riego prolongado por los propios usuarios o debido a la lluvia y después de que todos los vacíos se han ocupado por agua empieza el drenaje del agua hacia la capas más profundas.

El **PMP** llamado punto de marchitamiento permanente, es el estado del suelo en el que la planta no puede extraer agua para realizar sus funciones de desarrollo y producción, bajo este punto existe agua muy ligada a los poros del suelo que es complicado que el cultivo la extraiga para cumplir con sus requerimientos de riego.

El **PCC**, llamado punto de capacidad de campo, es el contenido de humedad máximo que el suelo es capaz de retener en sus poros cuando ha dejado de drenar el agua aplicada en el riego o debida a la lluvia por la acción de la gravedad. Cuando un suelo se somete a un riego de asiento o cuando la intensidad de la lluvia es considerable, el agua que penetra al suelo se deposita en el mismo como si este fuera un recipiente hasta llenarlo, si continua el riego o la lluvia, el suelo vierte el agua hacia la capa inferior como si el recipiente arrojara el agua fuera de él. El agua que queda dentro del recipiente a semejanza de la que queda en el suelo debido a la fuerza capilar corresponde a la capacidad de campo. La capacidad de campo del suelo, en la escala de profundidades se encuentra por debajo del contenido de saturación de suelo.

Humedad aprovechable (HUA). La humedad que se encuentra dentro de los poros del suelo entre el PCC Y PMP y la que el cultivo utiliza para realizar sus funciones.

Punto de marchitamiento temporal (Pmat). La humedad aprovechable en los suelos no siempre está disponible en su totalidad para todos los cultivos, se sabe que en la realidad, la humedad que el cultivo puede aprovechar esta por arriba del PMP ya que el cultivo de no hacerlo podría llegar a estrés hídrico. "Algunos investigadores consideran que a partir de este momento la planta deja de producir materia seca, ya que la energía que utiliza para el crecimiento, la utiliza para extraer el agua retenida en el suelo"²⁷

Montiel et al., (1998), citado por Chávez D. (2002)²⁸ expresa el punto de marchitamiento temporal como el mayor déficit que puede resistir la planta sin tener restricción de agua en alguna etapa de su desarrollo vegetativo y sin reducir su producción significativamente.

²⁷ Francisco Chávez D. Cuándo y cuánto regar los cultivos usando refléctómetros de contenido de humedad en el Módulo de Riego II-1. Distrito 010 Culiacán, 2003, pág. 11.

²⁸ Francisco Chávez, ibidem

Expresado en función el punto de marchitamiento temporal se establece de la siguiente manera:

$$P_{mat} = PCC - f(PCC - PMP)$$

Donde

f=fracción de humedad aprovechable

Hdada: Humedad existente en un momento dado.

Humedad Fácilmente Aprovechable (HUFA). Se le considera a la diferencia del PCC y el P_{mat} o una función de la humedad aprovechable.

Humedad residual aprovechable (HUREA). Esta humedad en suelos de zonas semiáridas como la del módulo de riego en estudio se presenta después de la temporada de lluvias antes del ciclo otoño invierno. De acuerdo con el manual de ingeniería del S.C.S. de U.S.A. (Pág. 226) por lo general las aguas de lluvia dejan un remante de humedad en el suelo que en ocasiones pueden elevar el contenido de humedad a capacidad de campo desde el punto de marchitamiento permanente en la zona de raíces, no obstante en suelos donde hay sales, el porcentaje de agua que contribuye al requerimiento del cultivo se considera baja; (Chávez D. 2002: 14) considera "la humedad residual aprovechable de un suelo al contenido de humedad que existe en un determinado momento en el suelo, después de drenar o extraer el agua del mismo".

La humedad residual aprovechable se define como "la diferencia entre un contenido de humedad dado y el punto de marchitamiento permanente" y se expresa mediante la ecuación: $HUREA = Hdada - PMP$.

Humedad Residual Fácilmente Aprovechable (HUREFA): Se obtiene de la diferencia de Hdada menos el P_{mat} , "Bastante importante para la programación del riego en tiempo real, por ejemplo cuando se tiene la evapotranspiración media de la zona en la última semana y se desea estimar los días que faltan por regar"²⁹

En el apartado 3.7.3 se considera una metodología para estimar el remante de humedad del suelo en la asociación de usuarios del módulo de riego I-3- Otameto.

²⁹ Francisco Chávez op.cit., pág 14

3.7 Componentes del balance del agua en la zona radical

El balance de agua en la zona de raíces del suelo implica conocer el agua que ingresa y egresa del perfil del suelo y que puede ser aprovechada por el cultivo; las variables que son consideradas en la presente tesis son: el agua de riego (AR), la lluvia; la cual puede ser utilizada como precipitación efectiva (Pe) y humedad residual aprovechable (HRa) (no obstante alguna parte escurre), el ascenso capilar o aporte freático (AF), como el agua que ingresa. Así mismo se tiene la evapotranspiración del cultivo (ETc) y el requerimiento de lavado (RL) o percolación profunda y la lámina de sobreriego (LSR) como el agua que egresa, de lo anterior se deduce la siguiente ecuación de balance útil en el manejo del riego

$$AR+Pe+ HRa +AF-ETc-RL-RLSR= \text{Demanda de Riego o Aporte al Riego}$$

Donde:

AR= Agua de riego

Pe= Precipitación efectiva

Hra= Humedad residual aprovechable

AF= Aporte Freático

RL= Requerimiento de lavado

RLSR= Requerimiento de lámina de sobreriego

3.7.1 Cropwat, requerimientos de riego

“Los requerimientos de agua para riego pueden definirse como la cantidad o lámina de agua para riego adicional a la precipitación, que es requerida para producir el deseado rendimiento y calidad del producto del cultivo y mantener un aceptable balance de sales en la zona de raíces”³⁰

De acuerdo con la Ecuación de Balance del inciso anterior, el requerimiento de riego de los cultivos sin considerar el aporte freático (AF), la humedad residual aprovechable por lluvia (HRa), el requerimiento de lavado de suelos (RL) y requerimiento de lámina de sobreriego (RLSR), se calcula con la Evapotranspiración del cultivo menos la precipitación efectiva, de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$Rr= ETc-pe$$

Donde

Rr= requerimiento de riego efectivo

³⁰ Manual Nacional de ingeniería del S. C. S. de USA., 1997, pág. 1

Las plantas necesitan agua para su crecimiento y para controlar su temperatura, especialmente en los días soleados en que se presentan vientos calientes y secos. Las plantas extraen agua del suelo y la transportan hacia las hojas. Las pequeñas aberturas (estomas) localizadas en el envés y el haz de la superficie de las hojas, permiten la entrada de bióxido de carbono que se requiere para la fotosíntesis y el crecimiento de la planta. El vapor de agua se evapora de las hojas de la planta a través de las cavidades de los estomas, como un flujo de vapor que va del estoma hacia la atmósfera, este proceso se denomina *transpiración*. La evaporación se lleva a cabo cuando la energía solar o viento caliente y seco entra en contacto con la superficie del suelo. La evaporación y transpiración son difíciles de medir debido a que la tasa de uso de vapor de agua desde las diferentes superficies dentro de un ambiente dinámico, varía con el tiempo. Para la mayor parte de las aplicaciones de riego los flujos de evaporación y transpiración se suman y se denominan *evapotranspiración*³¹

De acuerdo con la FAO, Pereira et al., (1998), “la evapotranspiración del cultivo ET_c se calcula con el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia Et_0 y el coeficiente del cultivo Kc ” donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo [$mm\ d^{-1}$]

Kc = Coeficiente del cultivo [Adimensional]

Et_0 = Evapotranspiración del cultivo de referencia [$mm\ d^{-1}$]

Et_0 está en función de las condiciones climáticas y Kc en función de las cualidades de cada cultivo.

La precipitación efectiva es definida como la parte de la precipitación que puede ser usada para contribuir en la evapotranspiración de cultivos en crecimiento. No incluye escurrimiento superficial o percolación debajo de la zona radical³²

La evapotranspiración del cultivo (ET_c), se calcula mediante la evapotranspiración del cultivo de referencia (Et_0) por un coeficiente de cultivo (kc).

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (Et_0), se recomienda utilizar el método de Penman-Monteih (FAO Pereira et al., 1998), “la precipitación efectiva es difícil de obtener por las prácticas cambiantes de manejo y por los costos en estimar el contenido de humedad del suelo antes y después de la lluvia, la intensidad y duración de la lluvia, la

³¹ Manual Nacional de Ingeniería, op. cit., pág. 7 y 8

³² Manual Nacional de Ingeniería, op. cit., pág. 207

velocidad de infiltración y las características superficiales del suelos”, no obstante tanto Et_0 como la precipitación efectiva pueden ser estimadas con el software Cropwat v. 8.0.

Para el cálculo de la Et_0 mediante Cropwat v. 8.0, es necesario contar con datos de clima en la zona de estudio como son temperatura máximas y mínimas, velocidad de viento a 2 metros de altura, humedad relativa y radiación solar (horas luz), no obstante en zonas donde no se tenga datos históricos confiables de varios años o simplemente no se tengan, estamos de acuerdo con Unland et.al.,³³ de que se pueden obtener usando las herramientas de internet del servicio en línea de resúmenes climatológicos operado por el Instituto Internacional de Gestión del Agua conocido como el IWMI; de manera reciente la FAO cuenta con un instrumento para obtención de información climática llamado AQUASTAT³⁴ el cual cuenta con un registro climatológico promedio de 30 años, la información, es muy confiable y para fines de planeación da excelentes resultados.

En la zona de estudio en la presente tesis mediante el programa AQUASTAT de la FAO, se calcularon los datos climáticos al centro del módulo de riego I-3 Otameto, en las coordenadas geográficas (24° 40' 50" latitud norte, 107° 47' 14" longitud oeste) se obtuvieron, las temperaturas máximas y mínimas, la humedad relativa, la velocidad de viento, las horas sol y la precipitación. Las temperaturas máximas y mínimas y lluvia resultaron muy similares a los de la estación climatológica de Toboloto (24° 45' 08" latitud norte, 107° 43' 20" longitud oeste) en el municipio de Navolato y que administra la CONAGUA en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte por lo que se asume que la información obtenida es confiable para la Gestión del riego en el módulo de riego I-3. Los resultados climáticos se observan en la tabla 18 y la precipitación efectiva en la tabla 19.

³³ Ver páginas de la 1 a la 3 del artículo "Uso de herramienta de internet para facilitar la determinación de los requerimientos de riego para la tecnificación de zonas de riego" del IV seminario internacional de uso integral del agua

³⁴ La dirección de Internet donde se obtiene la información del programa AQUASTAT es www.fao.org/nr/water/aquastat/quickwms/climate.htm, el cual extrae la información del Atlas Climático Mundial del International Water Management Institute y del Climatic Research Unit de la Universidad de East Anglia.

RESUMEN DE DATOS CLIMATICOS Y CALCULO DE ETo PENMAN-MONTEITH							
País: MEXICO		Estación: CentroMI3					
Altitud: 5 m.		Latitud: 24.67 °N Longitud: 107.80 °W					
Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación %	Rad MJ/m²/día	ETo mm/mes
Enero	12.1	27.1	71	1.7	58	13.2	88.02
Febrero	12.1	29.1	65	1.7	60	15.6	97.48
Marzo	12.6	30.8	63	1.9	63	18.9	135.43
Abril	15.2	33.5	59	1.9	58	20.3	153.04
Mayo	18.3	35.3	59	1.9	62	22.3	176.41
Junio	23.2	36.1	64	2.0	56	21.4	171.29
Julio	24.7	36.0	72	1.9	47	19.4	158.86
Agosto	24.4	35.3	76	1.7	51	19.3	149.13
Septiembre	24.3	35.0	76	1.6	54	17.9	133.13
Octubre	21.5	34.5	72	1.7	65	17.1	131.74
Noviembre	16.3	32.2	68	1.7	66	14.6	107.24
Diciembre	13.5	28.9	70	1.6	57	12.4	87.05
Promedio	18.2	32.9	68	1.8	58	17.7	
Cropwat 8.0 Béta						Acumulado	1588.82

Tabla 18. Resumen de datos climáticos al centro del módulo de riego I-3 Otameto

PRECIPITACIÓN MENSUAL DATOS		
Estación: Centro MI3		
Método Prec. Ef: Precip. efectiva es 80 % de precip. real		
	Precipitación mm	Precipitación efectiva mm
Enero	9.4	7.5
Febrero	10.5	8.4
Marzo	4.1	3.3
Abril	0.7	0.6
Mayo	0.6	0.5
Junio	7.8	6.2
Julio	94.4	75.5
Agosto	159.4	127.5
Septiembre	105.4	84.3
Octubre	37.1	29.7
Noviembre	17.1	13.7
Diciembre	19.7	15.8
Total	466.2	373.0
Cropwat 8.0 Béta		

Tabla 19. Precipitación y precipitación efectiva promedio mensual al centro del módulo de riego I-3 Otameto.



Una vez obtenido los datos, mediante el programa Cropwat v.8.0 se calculó el requerimiento de riego neto de la mayoría de los cultivos que siembran en la asociación de usuarios módulo de riego I-3 AUPA Otameto, utilizando los datos de clima de acuerdo con el "IWMI", asimismo para alimentar el software, en cuanto a fechas de siembra, se tomó en cuenta la opinión de los usuarios y la guía para la asistencia técnica agropecuaria para el área de influencia del campo experimental del valle de Culiacán INIFAP, las etapas fenológicas del crecimiento de la mayoría de los cultivos se obtuvieron del departamento de ingeniería de riego y drenaje del Distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, los coeficientes Kc de cultivo se obtuvieron mediante el capítulo 5 de la Publicación 56 de la FAO.

A continuación se presenta un resumen de obtención de volúmenes de agua para el año agrícola 2008-2009 para la mayoría de los cultivos utilizando los requerimientos de riego obtenidos con Cropwat v.8.0 por sección de riego y los cultivos sembrados tablas 20 y 21.



Programa de Posgrado

Tesis: ANÁLISIS DEL USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, RED DE DRENAJE Y EN LA PARCELA, ASPECTOS DE REHABILITACIÓN Y MODERNIZACIÓN.

CASO DE ESTUDIO: MÓDULO DE RIEGO I-3 OTAMETO DEL DISTRITO DE RIEGO 010 CULIACÁN

Volúmenes de agua por riego superficial año agrícola 2008-2009 Sección 15				Volúmenes de agua por riego superficial año agrícola 2008-2009 Sección 16			
Cultivo	Ha	RR mm	Volumen (mm3)	Cultivo	Ha	RR mm	Volumen (mm3)
Maiz (20 de Nov)	2249.14	614.9	13829.96	Maiz (20 de No	2377.7	614.9	14620.48
Tomate (30 de Septiembre)	55.9	461.4	257.92	Tomate (30 de Octubre)	2.22	399.1	8.86
Tomate de invernadero (30 de Septiembre)	59.8	461.4	275.92	Aguacate(1ro de Abril)	6.76	802.9	54.28
Hortalizas chinas (15 de noviembre)	18.5	232.4	42.99	Mango (1ro de Julio)	30.7	1234.5	378.99
Frijol (20 Oct)	48.78	240.5	117.31	Litchi	39.7	764.7	303.59
Frijol (10 Nov)	0	246	0.00	Frijol (20 Oct)	3.199	240.5	7.69
Chile (1ro de Octubre)	53.8	409.3	220.20	Frijol (10 Nov)	1.371	246	3.37
Caña de Azucar (15 de Julio)	91.1	1187.4	1081.72	Ejotero (20 de Sept)	81.45	210.3	171.29
Calabaza (20 de Octubre)	82.04	170.2	139.63	Ejotero (10 de Octubre)	72.4	210.3	152.26
Berenjena (15 de Octubre)	15.44	293.4	45.30	Ejotero (20 de Octubre)	27.15	239.84	65.12
				Calabaza (20 de Octubre)	62.2	170.2	105.86
				Caña de Azúcar (15 de Julio)	59.9	1187.4	711.25
Maiz PV 20 de Febrero				Berenjena de goteo (15 de Octubre)	53.2	293.4	156.09
Sorgo PV				Alfalfa (20 de Noviembre)	3.3	889.3	29.35
				Maiz PV 20 de Febrero	25	590.9	147.73
Ampliación de zona de riego				Sorgo PV	129.9	467.5	607.28
Sorgo Escobero (15 de enero)	51.6	396.2	204.44				
	2726.096		16,215.40		2976.15		17,523.48
Volúmenes de agua por riego superficial año agrícola 2008-2009 Sección 17				Volúmenes de agua por riego superficial año agrícola 2008-2009 Sección 18			
Cultivo	Ha	RR mm	Volumen (mm3)	Cultivo	Ha	RR mm	Volumen (mm3)
Maiz (20 de Nov)	2571.02	614.9	15809.20	Maiz (20 de Nov)	3331.51	614.9	20485.45499
Naranja (1ro de Enero)	2.04	764.7	15.60	Frutales Ltchis	7.96	764.7	60.87012
Frijol (20 Oct)				Frutales Mangos (1ro de Julio)	42.6	1234.5	525.897
Frijol (10 Nov)	26.18	240.5	62.96	Frutales Naranjas (1ro de Enero)	71.9	764.7	549.8193
Ejotero (20 de Sept)	7.335	210.3	15.43	Sorgo Grano (15 de diciembre)	127.11	438	556.7418
Ejotero (10 de Octubre)	6.52	210.3	13.71	Frijol (20 Oct)	55.23	240.5	132.82815
Ejotero (20 de Octubre)	2.445	239.84	5.86	Frijol (10 Nov)	23.67	246	58.2282
Caña de Azúcar (15 de Julio)	73.97	1187.4	878.32	Caña de Azúcar (15 de Julio)	109.07	1187.4	1295.09718
	2700.73		16828.69				
Maiz PV 20 de Febrero				Maiz PV 20 de Febrero	25	590.9	147.73
Sorgo PV				Sorgo PV	40	467.5	187.00
				Sorgo escobero	60	472.7	283.62
Ampliación de zona de riego					3894.05		24283.28
Sorgo Grano (15 de Diciembre)	79.2	438	346.90				
Praderas	15.12	912.7	138.00				
Caña (15 de Julio)	60.5	1187.4	718.38				
	164.82		1203.27				
	2855.55		18031.96				
Suma de requerimientos de riego (MM3)			114,203.60				
Has			18,946.00				
Requerimientos de Riego Cropwat 8.0							
Has. Arview 3.1							

Tabla 21. Obtención de volúmenes de agua para el ciclo agrícola 2008-2009, utilizando los requerimientos de riego de Cropwat (Secciones 15, 16 y 17)

3.7.2 Aporte freático

La presencia de un nivel freático en las inmediaciones de la zona de raíces, donde no se tienen problemas de sales, puede contribuir al requerimiento de riego de los cultivos, no obstante "En áreas donde la salinidad es un problema, la lixiviación es necesaria para remover las sales de la zona radicular de los cultivos, esa agua con contenido alto en sales no estaría retornando a la zona radicular debido a flujo ascendente"³⁵ "La tasa a la que el agua puede ser transferida del manto freático al cultivo, depende de las características del suelo, del contenido de agua en la zona radicular y de la profundidad del manto freático"³⁶

En lo que respecta a la clasificación del agua freática por el peligro que representa el sodio a las plantas, por acumulación del mismo en sus tejidos y sobre el efecto que tiene el sodio sobre la condición física del suelo,³⁷ se utiliza la relación de adsorción de sodio RAS dentro del rango de 0 a 9.5, utilizado en la mayoría de los suelos donde se asume que es muy poco probable se alcancen niveles dañinos de sodio intercambiable, pero que en algunos cultivos sensibles se puede acumular cantidades que los afecten.

Dentro de la planeación y gestión del riego en el módulo I-3 Otameto es necesario que se considere el aporte freático en el requerimiento del riego del cultivo por sección de riego, para estimar zonas factibles de obtener agua por el cultivo; agua de calidad aceptable por sales y por sodio del manto freático que contribuya a su requerimiento de riego, dentro del módulo de riego I-3 Otameto, el procedimiento utilizado es el siguiente:

Tomando en cuenta que "las aguas cuya conductividad eléctrica sea menor de 750 microhm/cm son satisfactorias para el riego por lo que respecta a sales, y aun cuando los cultivos sensibles puedan ser afectados adversamente cuando se usan aguas cuya conductividad varíe entre 250 y 750 micromhos/cm. Las aguas cuya conductividad eléctrica varía entre 750 y 2250 micromhos/cm son comúnmente utilizadas, obteniéndose con ellas crecimiento adecuado de las plantas, siempre y cuando haya un buen manejo de la tierra y un drenaje eficiente".³⁸ Se valora la calidad del agua freática donde se estima que el cultivo pueda obtenerla para su requerimiento de riego, para lo cual se obtiene la media aritmética de la conductividad eléctrica (CE) y relación de absorción de sodio (RAS) y profundidad del agua freática en un periodo de diez años en los meses de Febrero y Abril, trabajándose con el control de análisis químicos de los pozos freátimétricos en la zona de influencia del módulo de riego I-3

³⁵ Manual Nacional de Ingeniería del S.C.S de U.S.A., 1997, pág. 228

³⁶ Manual Nacional de Ingeniería, ibidem

³⁷ Manual 60, U.S. A, págs. 86 y 87

³⁸ Manual 60, op. cit., págs. 75-77

Otameto ver **ANEXO E**, el objetivo que se persigue con fines de apoyo en la toma de decisiones es determinar áreas y clasificar en ellas las aguas del manto freático por sales y por sodio de acuerdo a los parámetros Conductividad Eléctrica (CE) en los rangos de 250 a 2250 micromhos/cm y Relación de Absorción de Sodio (RAS) en el rango comprendido dentro de 0 hasta 9.5, para lo cual mediante interpolación de datos entre los pozos y con ayuda del sistema Arc View 3.1 se obtienen áreas donde la CE y la RAS del agua freática fluctúa entre C2-S1 hasta C3-S2 de acuerdo al diagrama para la clasificación de aguas para riego del manual 60 del departamento de agricultura de los Estados Unidos; ver **ANEXO G**, esto es de 250 hasta 2250 micromhos/cm de conductividad eléctrica³⁹ y de 0 a 9.5 de Relación de Absorción de Sodio⁴⁰, se obtuvieron en forma estimada en un plano para cada uno de los meses en estudio, las áreas probables de que el cultivo⁴¹ obtenga agua por ascenso capilar durante los meses en estudio y de acuerdo con el tipo de suelo, finalmente de la figura 8 se obtiene la tasa de flujo de agua ascendente para los tipos de suelo y profundidades del manto freático abajo de la zona radicular del área de estudio, (Solución Grafica de Doorembos y Pruitt (1977), citados por Manual Nacional de Ingeniería, USC., USA, pág. 233), con los resultados estimados se determinaron los volúmenes de agua que pueden aprovecharse por los niveles freáticos por sección de riego al obtener el producto de las áreas por tipo de textura por la tasa de flujo de agua ascendente para este tipo de suelo y se concluye que con fines de planeación es posible determinar por zonas, las aguas con contenidos aceptables de sales a utilizar por cultivos medianamente resistente a sales y proponer cultivos resistentes a las mismas donde el contenido de agua mantenga un elevado porcentaje de sales o de sodio.

³⁹ La clasificación por sales que realiza el departamento de agricultura de los Estados Unidos es para las aguas superficiales de riego; se considera tal clasificación para las aguas freáticas del módulo I-3 Otameto considerando que dichas muestras de agua provienen del estrato de saturación del suelo, donde los valores de la conductividad eléctrica fluctúan entre 2 y 10 veces el valor de la conductividad eléctrica del agua con que se ha regado, y toda vez que el agua de riego de presa que se utiliza es menor de 750 micromhos/cm (Distrito de riego 010, análisis químicos de agua para riego 2007),

⁴⁰ La clasificación por sodio que realiza el departamento de agricultura de los Estados Unidos es para las aguas superficiales de riego; en forma similar a la clasificación por sales, se considera que las muestras de agua de los pozos freáticos corresponden a "la concentración de la solución que está en contacto con el suelo".

⁴¹ La estimación del flujo de agua ascendente en la zona de estudio, considera el cultivo más representativo de la zona; el maíz, de acuerdo con estudios realizados por Ojeda, et al., (2000), ese cultivo es de los considerados con raíces profundas donde su profundidad efectiva aproximada oscila entre 90 y 150 cm y su profundidad efectiva de exploración de raíces es de 90 cm para textura media, por lo anterior para el análisis del aporte freático se considera una profundidad de raíces en el maíz de 100 cm. Igualmente de acuerdo con los resultados de los estudios de Ojeda et al., se considera que el maíz aprovecha el aporte freático a partir del mes de diciembre cuando alcanza entre el 60 y 70 % de su desarrollo radicular y entre el 20 y 25 % de su desarrollo fenológico, toda vez que la fecha de inicio del cultivo en promedio es el 20 de noviembre para un desarrollo en promedio de 180 días.

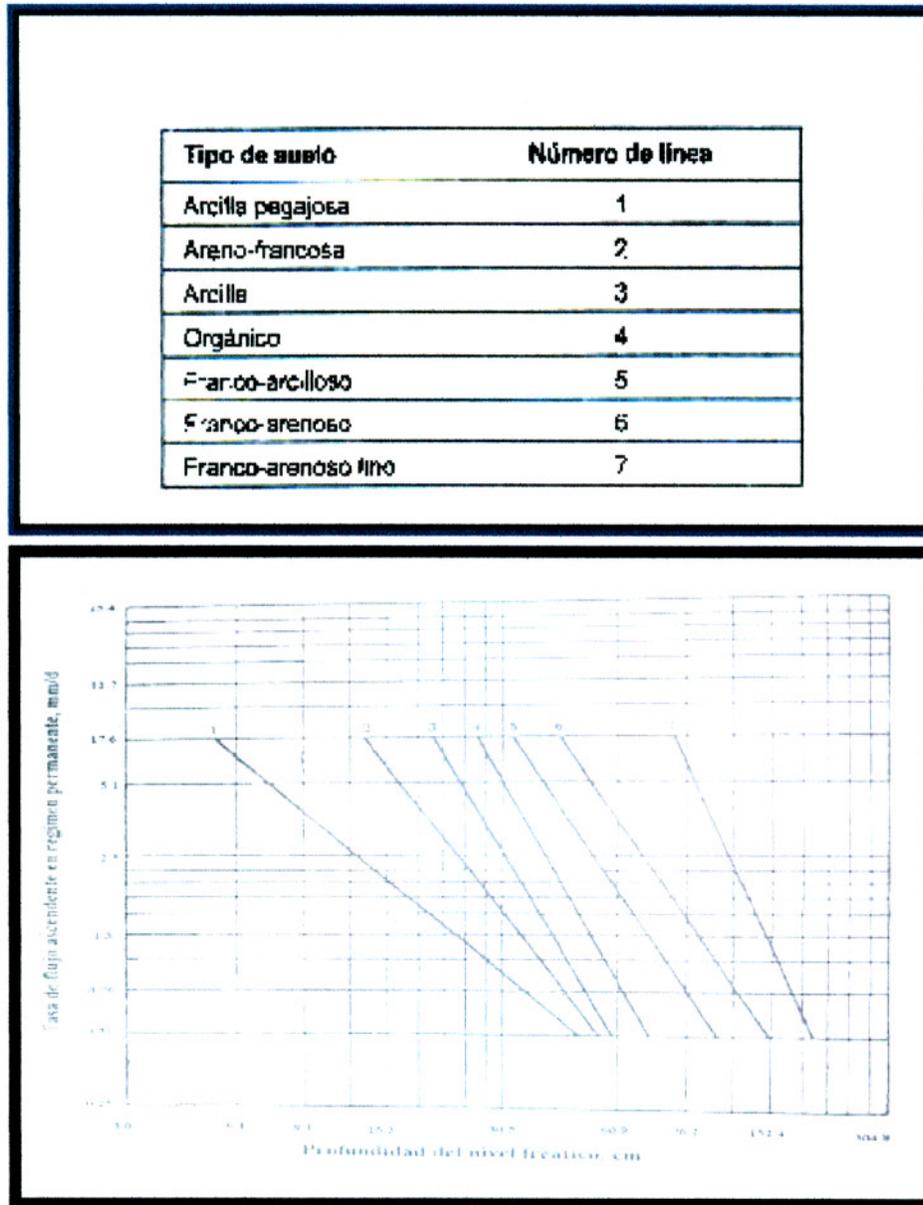


Figura 8. Tasa de flujo ascendente para los tipos de suelo

Los resultados de estimar el aporte freático al cultivo en el módulo de riego I-3 Otameto, se observan por sección de riego y total del módulo de riego I-3 Otameto en la tabla 22 se considera un volumen de 4.6 millones de metros cúbicos de aporte al requerimiento de riego del cultivo, 2 de las 7 secciones aportan los mayores volúmenes, así mismo en las tablas 23 y 24 se observan las áreas y láminas promedio de aporte freático tomando en cuenta los valores estimados en febrero y abril, los detalles se muestran para la sección 14 en Anexo O. En general las áreas donde se pudieron encontrar volúmenes de agua disponibles por sección de

riego de calidad aceptable que no altera el rendimiento del cultivo son bajas⁴² con excepción de la sección 14, debido a condiciones de muy alta salinidad y sodicidad, que limitan el aporte freático al cultivo; las secciones 12, 13, 15, 17 y 18 se encuentran en esa condición en las cercanías a la costa, no obstante en las secciones 16, 17 y 18 en sus partes más altas existe agua freática de buena calidad con profundidad promedio de entre 3 y 4 metros, donde se asume que el cultivo se le dificulta extraerla y aprovecharla en el requerimiento de riego. En las figuras 9 y 10 se observan las zonas de aporte freático que en promedio se estiman en el mes de febrero en la sección 14 y 15 del módulo I-3 Otameto, determinadas con Arc View.

Volumenes de aporte freático , módulo I-3 Otameto							
Sección de riego	Dic	Ene	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Total
12	18.28	18.28	18.28	27.72	37.16	37.16	156.86
13	32.80	32.80	32.80	31.16	29.51	29.51	188.59
14	256.06	256.06	256.06	212.13	168.20	168.20	1316.73
15	223.17	223.17	223.17	193.26	163.35	163.35	1189.47
16	168.62	168.62	168.62	143.45	118.27	118.27	885.86
17	113.17	113.17	113.17	87.29	61.42	61.42	549.62
18	47.26	47.26	46.99	64.19	79.17	81.11	365.97
Suma Total	859.36	859.36	859.09	759.19	657.08	659.03	4653.10

Volumenes en millares de metros cúbicos

Tabla 22. Estimado de aporte freático de calidad aceptable por sección de riego, módulo I-3 Otameto al cultivo de maíz

Héctareas, que aportan agua al cultivo del nivel freático							
Sección de riego	Dic	Ene	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Total
12	85.62	85.62	85.62	97.37	109.12	109.12	572.47
13	214.1	214.1	214.1	216.35	218.6	218.6	1295.85
14	1034.95	1034.95	1034.95	951.45	867.95	867.95	5792.2
15	558.6	558.6	558.6	611.17	663.74	663.74	3614.45
16	633.1	633.1	633.1	624.535	615.97	615.97	3755.775
17	538.65	538.65	538.65	480.675	422.7	422.7	2942.025
18	222.9	222.9	222.9	246.77	270.64	270.64	1456.75
Suma Total							19429.52

Tabla 23. Promedio de hectáreas que aportan agua al cultivo de maíz desde el nivel freático

⁴² No obstante de que los volúmenes se consideran bajos, esos volúmenes pueden dejarse de comprar por la asociación de usuarios a sus vecinos, o dejar de bombearse del acuífero con el correspondiente ahorro de energía.

Láminas de agua de aporte freático por sección de riego en mm/metro de suelo						
Sección de riego	Dic	Ene	Feb	Marzo	Abril	Mayo
12	21.35	21.35	21.35	28.47	34.05	34.05
13	15.32	15.32	15.32	14.40	13.50	13.50
14	24.74	24.74	24.74	22.30	19.38	19.38
15	39.95	39.95	39.95	31.62	24.61	24.61
16	26.63	26.63	26.63	22.97	19.20	19.20
17	21.01	21.01	21.01	18.16	14.53	14.53
18	21.20	21.20	21.08	26.01	29.25	29.97

Tabla 24. Láminas promedio de aporte freático al cultivo del maíz por sección de riego, módulo I-3 Otameto.
 mm= milímetro

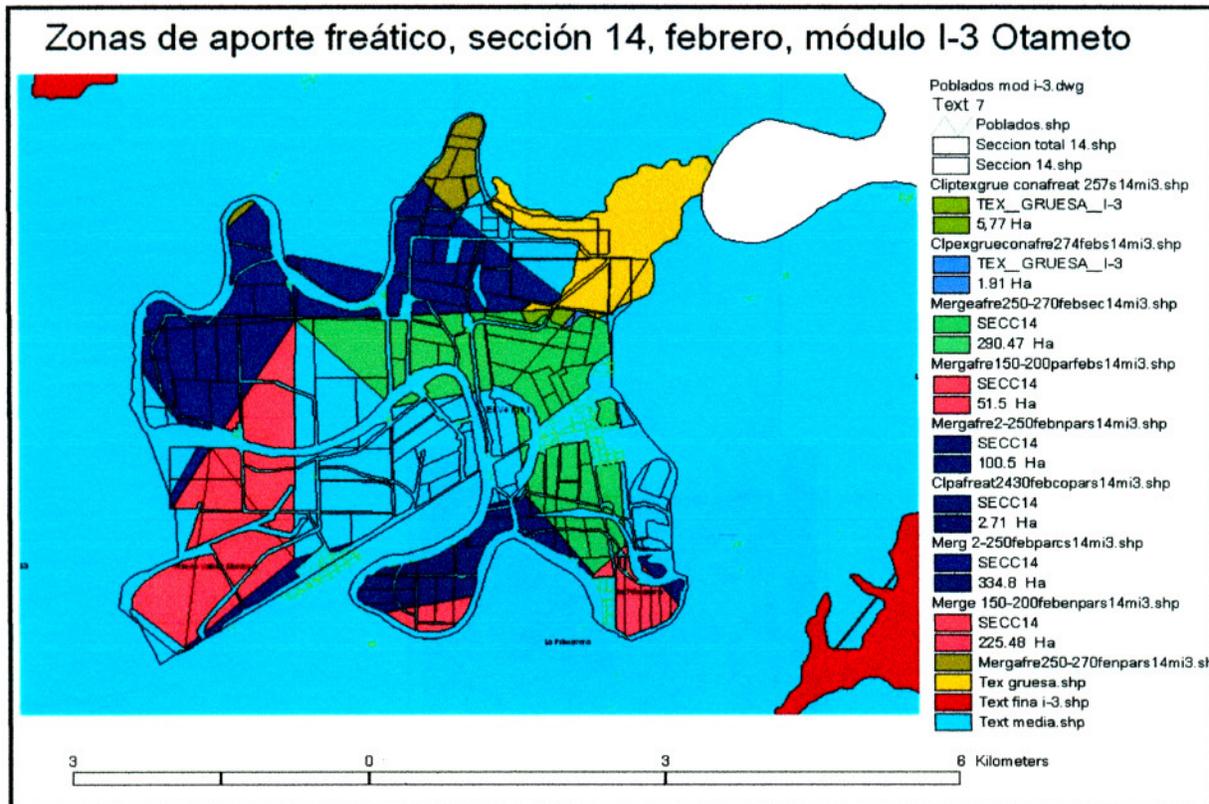


Figura 9. Zonas de aporte freático de calidad aceptable, sección 14, febrero, módulo I-3 Otameto.

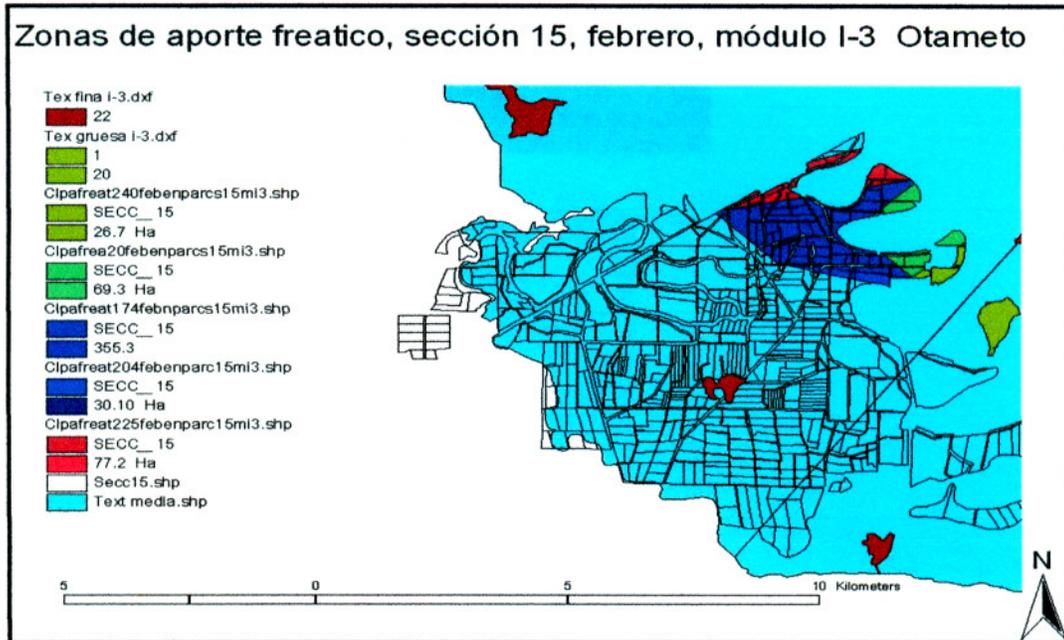


Figura 10. Zonas de aporte freático de calidad aceptable, sección 15, módulo I-3 Otameto

En la **figura 11**, aparecen las zonas de aporte freático de calidad aceptable, para el cultivo en el módulo de riego I-3 Otameto al mes de **abril**

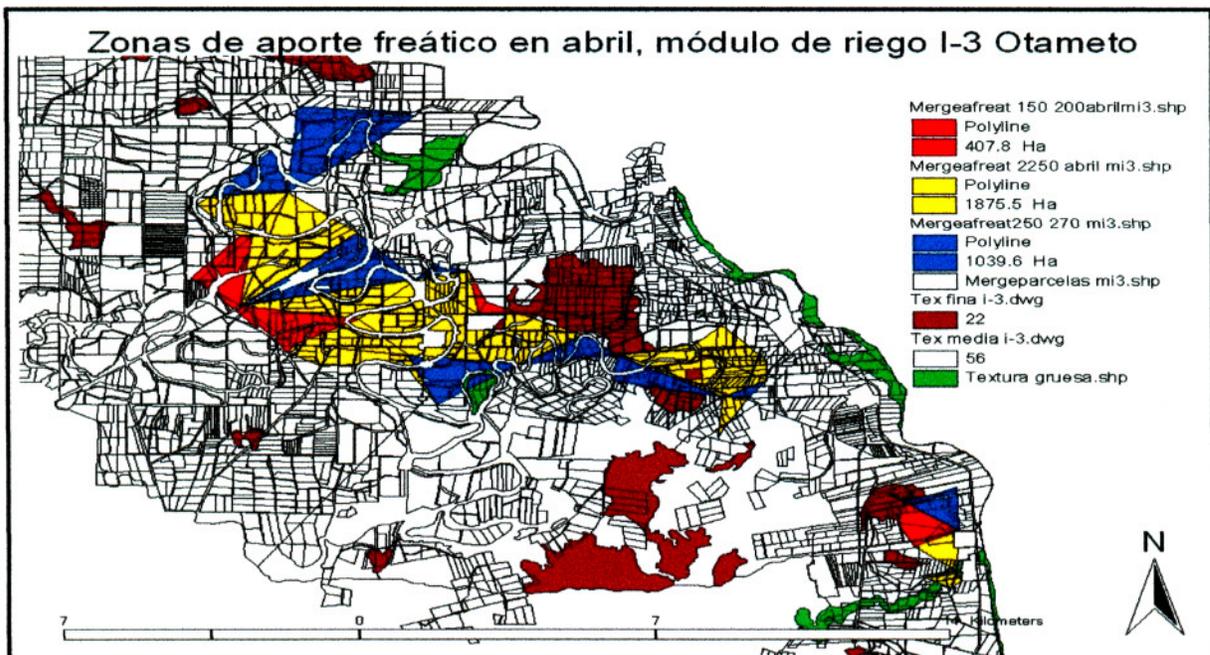


Figura 11. Zona de aporte freático de calidad aceptable al mes de abril, módulo I-3 Otameto

En la **figura 12**, aparecen las zonas de aporte freático de calidad aceptable, de mala calidad y de muy mala calidad para el cultivo en el módulo de riego I-3 Otameto al mes de **abril**.

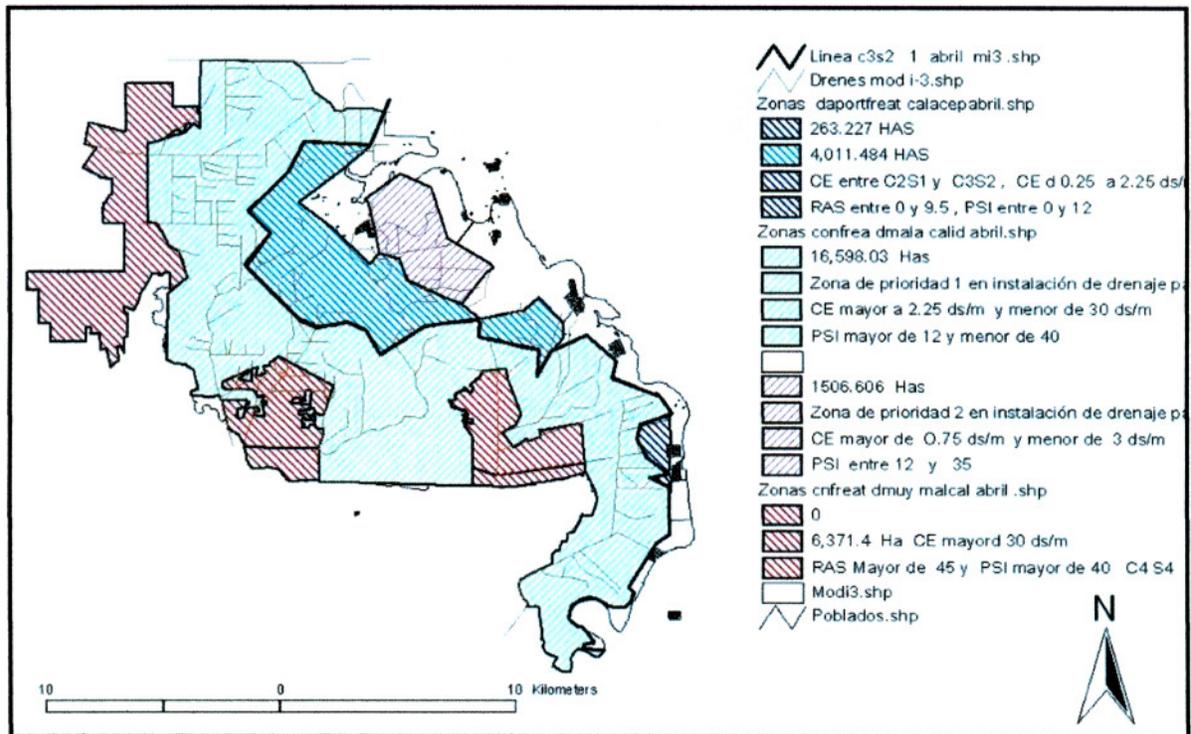


Figura 12. Zonas de aporte freático de calidad aceptable y de mala calidad, abril, módulo de riego I-3 Otameto.

3.7.3 Humedad Residual aprovechable

Se estima que en zonas semi-húmedas donde la lluvia es considerable, como es el caso de la zona de riego del módulo I-3 Otameto, se puede contribuir con la lluvia al requerimiento anual de riego neto de los cultivos, mediante la recarga del suelo en tiempo que el cultivo no esté en la etapa de siembra, crecimiento y cosecha, no obstante “la contribución del agua almacenada del suelo a los requerimientos de riego es generalmente pequeña para áreas que tienen problemas de sales”⁴³ “en algunas áreas la precipitación de invierno es suficiente para elevar a capacidad de campo, la humedad del suelo en la zona radicular”⁴⁴

Para estimar la humedad residual aprovechable por lluvia al inicio de temporada de siembra de acuerdo con el inicio del año agrícola año dentro del módulo de riego, se considera el siguiente procedimiento:

Del estudio Agrológico del Distrito de riego 010 Culiacán-Humaya se digitalizaron las series de suelos del módulo de riego I-3 Otameto, luego con las herramientas de ayuda de Autocad y Arc View se determinaron las series de suelos para cada sección de riego, en forma paralela con el

⁴³ Manual Nacional de Ingeniería del U.S.C. de U.S.A. 1997, págs. 226 y 227

⁴⁴ Manual Nacional de Ingeniería, Ibidem

estudio de salinidad analizada del 1995 para el módulo de riego I-3 Otameto ver **ANEXO F** y con el uso de las mismas herramientas, se determinan los suelos por sección de riego con problemas de sales, enseguida mediante la intersección en Arc View de las capas de suelos con sales y las capas de serie de suelos, se clasifican los suelos por tipo de serie y por sales, finalmente se obtienen las series de suelos sin problema de sales al sustraer el área de suelos clasificados por serie, del área de suelos por tipo de serie y por sales⁴⁵

Del estudio Agrológico del distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, se determina el porcentaje de arena y arcilla de cada una de las series de suelos por **sección** en el módulo de riego en estudio, en la primera capa de suelo, la cual oscila en promedio 30 centímetros, con los que se obtiene el contenido de humedad a capacidad de campo y el contenido de humedad a punto de marchitamiento permanente del estrato de suelo de acuerdo con los gráficos de Rawls y Brakesiek que se observan en el **ANEXO D**.

Se determinó la humedad residual aprovechable de la diferencia entre el contenido de humedad en un momento dado en el suelo (H_{dada}) y el punto de marchitamiento permanente (PMP)⁴⁶; el contenido de humedad en un momento dado se obtuvo para la serie de suelos de la asociación de riego en estudio por el método tradicional de la estufa para el secado de suelos, los resultados de dichos valores se obtuvieron de los registros de varias muestras de las series de suelos en los meses de septiembre y octubre de 2008 en el laboratorio del departamento de riego y drenaje del distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, cuyos valores promedios aparecen en la **tabla 26**.

En la **tabla 25** se observa los resultados para el cálculo de la capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente para cada una de las series de suelos del módulo de riego en función de las texturas de suelos del estudio agrológico en el módulo de riego I-3 Otameto.

⁴⁵ La intención es determinar el aporte de humedad residual por lluvia en suelos sin presencia de sales, ya que donde existen el aporte es mínimo

⁴⁶ Cfr. Sección III.6 el agua y el suelo

Obtención de PCC y PMP				
Serie de suelo			PCC	PMP
Iraguato	profundidad en cm	0-35		
	%			
	Arena	47		
	Limo	44		
	Arcilla	9		
	M.O	1.34		
	* Clasificación	Francosa	0.21	0.09
Bledal	profundidad en cm	0-23		
	%			
	Arena	15		
	Limo	58		
	Arcilla	27		
	M.O	1.61		
	* Clasificación	Franco Arcillo Limoso	0.34	0.17
Navolato	profundidad en cm	0-22		
	%			
	Arena	18		
	Limo	58		
	Arcilla	24		
	M.O	1.74		
	* Clasificación	Franco Limoso	0.33	0.16
Higueras	profundidad en cm	0-20		
	%			
	Arena	13		
	Limo	56		
	Arcilla	31		
	M.O	1.74		
	* Clasificación	Franco Arcillo Limoso	0.37	0.19
*Clasificación: De acuerdo con el triángulo de texturas propuesto por el departamento de agricultura de los Estados Unidos				
PCC Y PMP:	Obtenidos de acuerdo con Gráficos de Rawls y Brakesiek			
Datos de las series: Estudio Agrológico, Distrito de Riego 010 Culiacán				

Tabla 25. Obtención de PCC Y PMP para las series de suelos del módulo I-3 Otameto.

El procedimiento para estimar la humedad residual aprovechable por lluvia antes del inicio del riego en el ciclo otoño invierno en el módulo de riego I-3 Otameto, se obtiene para cada una de las secciones de riego con las superficies sin problemas de sales, obtenidas mediante Autocad y Arcview de acuerdo a las áreas para cada sección de riego, **en las figuras** que se muestran a continuación, se observan la serie de suelos y el suelo por series y por sales utilizadas para calcular el volumen de agua disponible que debe ser considerado en el requerimiento del riego.

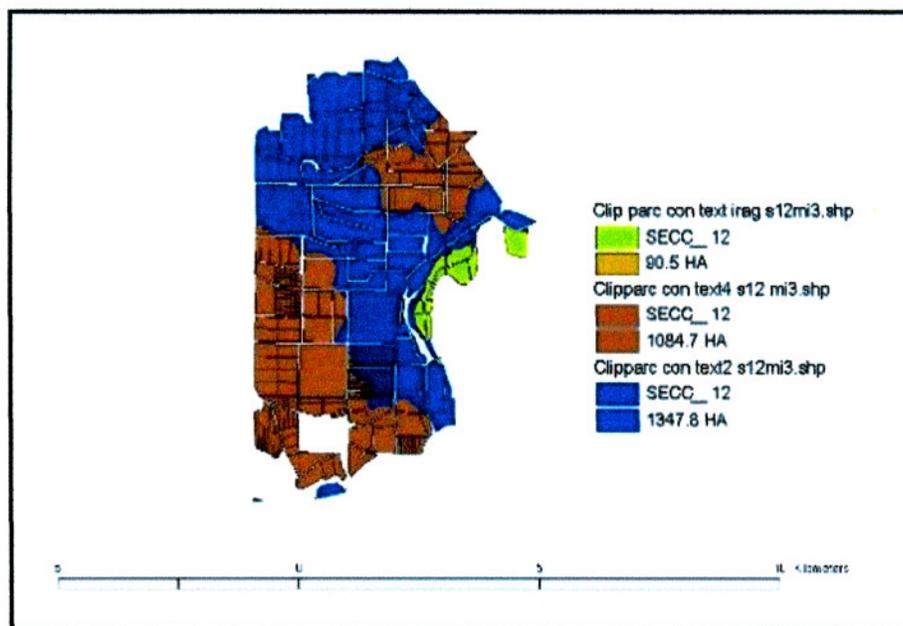


Figura 13. Suelos por tipo de serie, sección 12, módulo I-3 Otameto

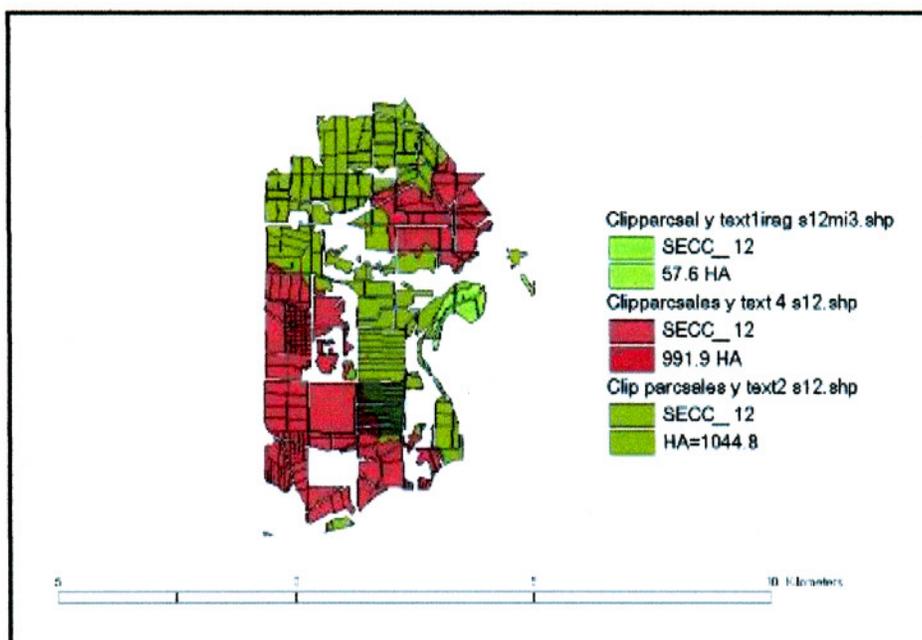


Figura 14. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 12, módulo I-3 Otameto

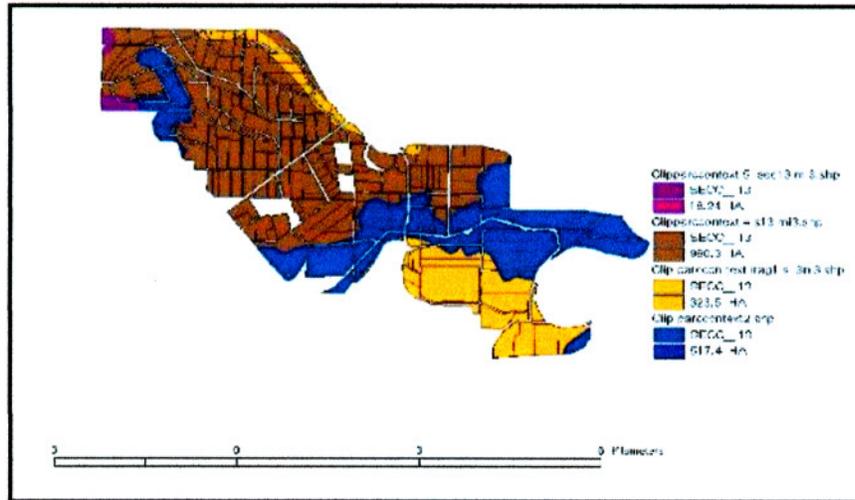


Figura 15. Suelos por tipo de serie, sección 13, módulo I-3 Otameto

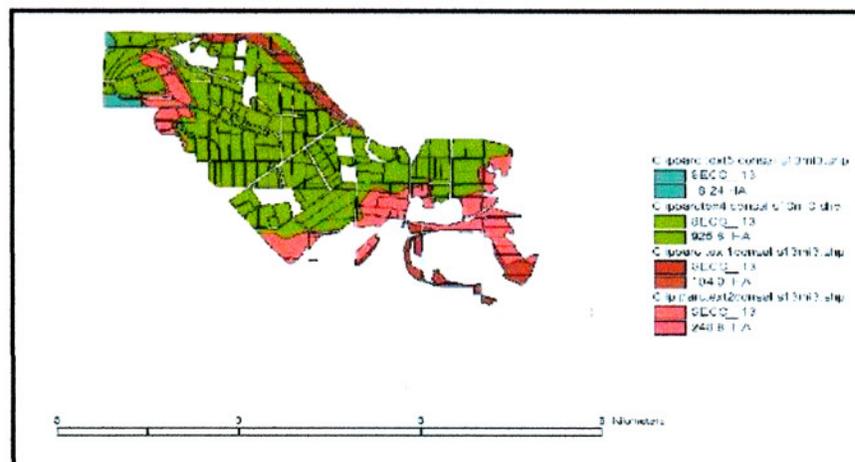


Figura 16. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 13, módulo I-3 Otameto

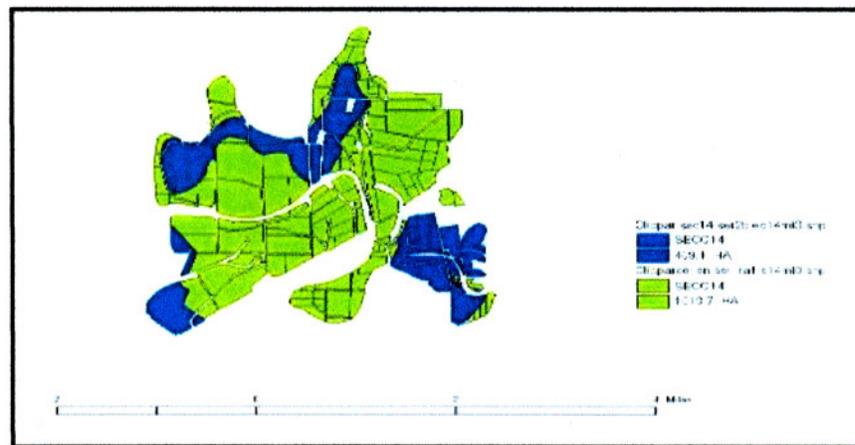


Figura 17. Suelos por tipo de serie, sección 14, módulo I-3 Otameto

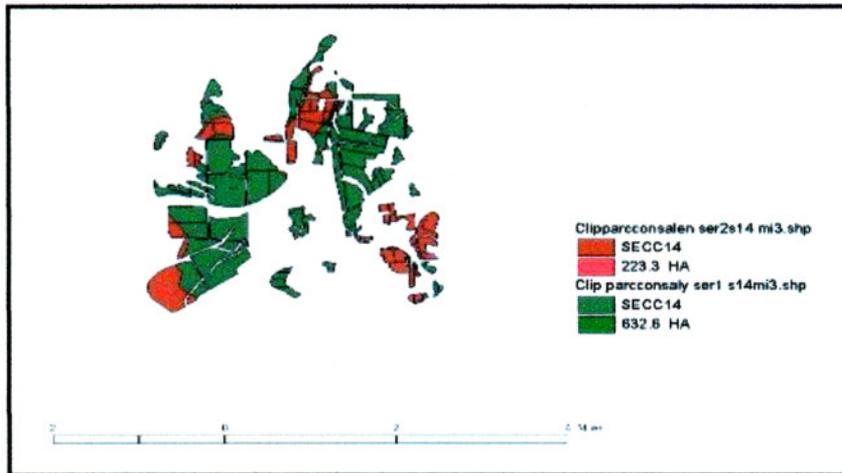


Figura 18. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 14, módulo I-3 Otameto

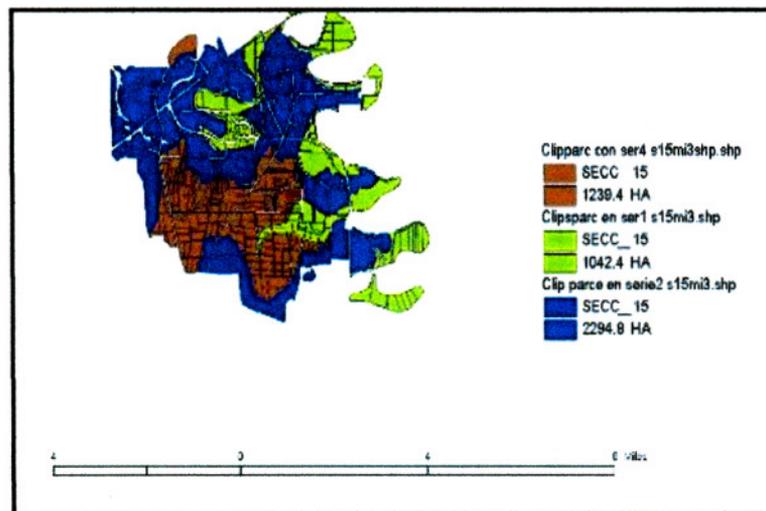


Figura 19. Suelos por tipo de serie, sección 15, módulo I-3 Otameto

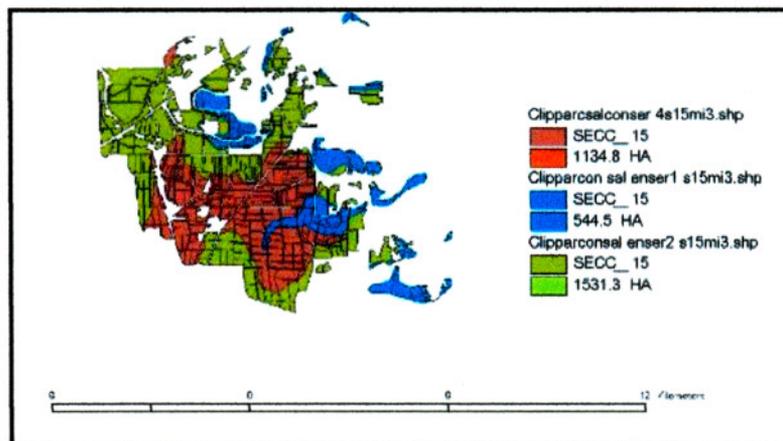


Figura 20. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 15, módulo I-3 Otameto

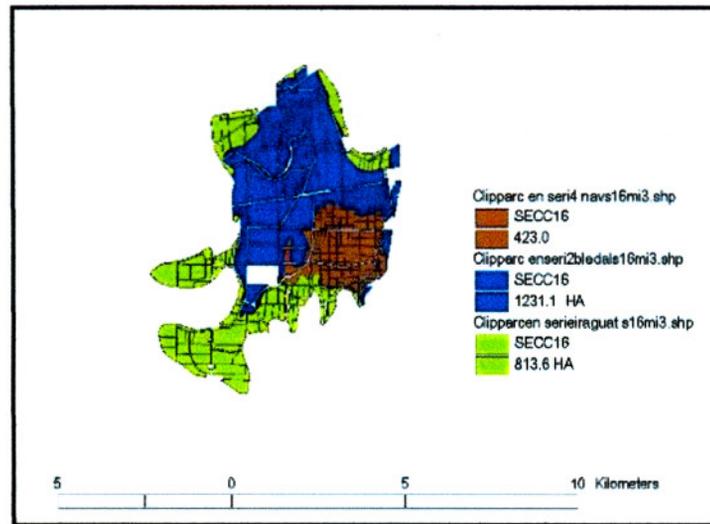


Figura 21. Suelos por tipo de serie, sección 16, módulo I-3 Otameto

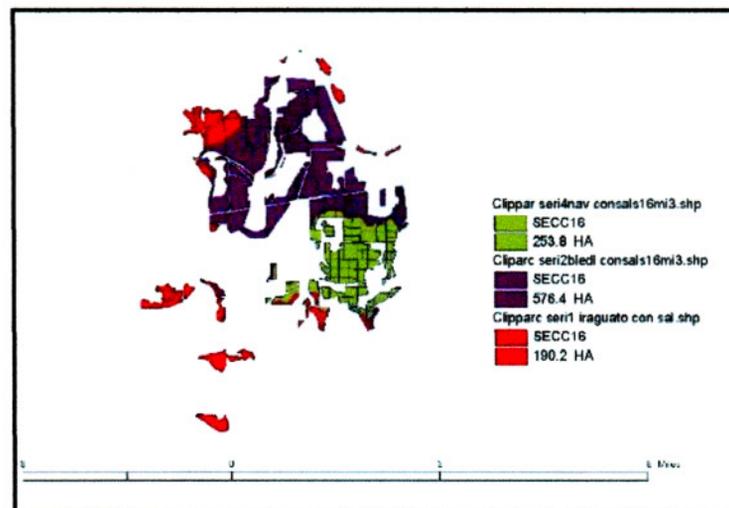


Figura 22. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 16, módulo I-3 Otameto

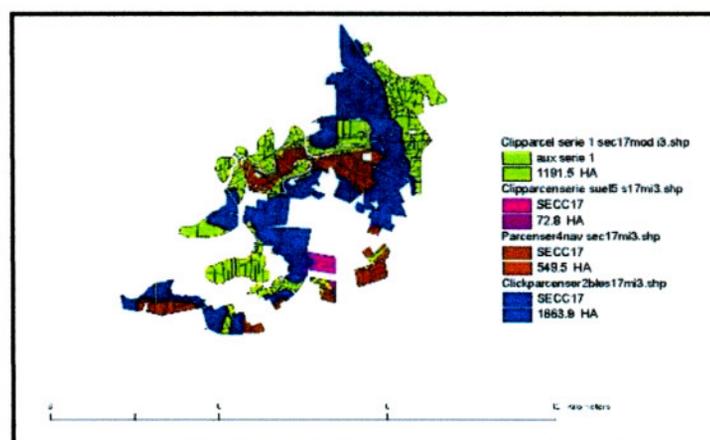


Figura 23. Suelos por tipo de serie, sección 17, módulo I-3 Otameto

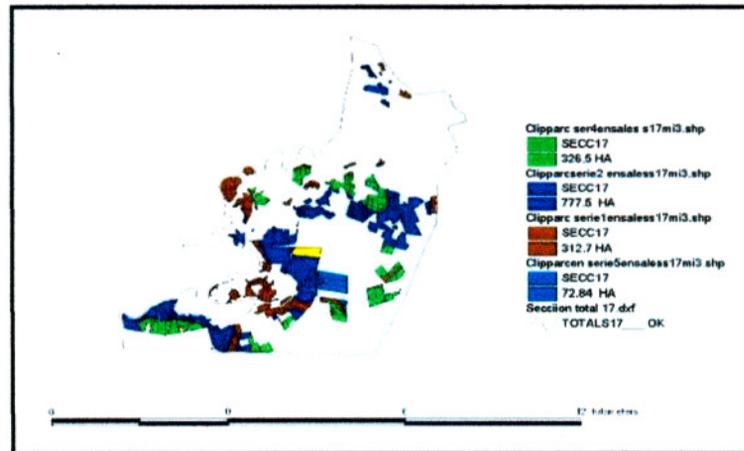


Figura 24. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 17, módulo I-3 Otameto

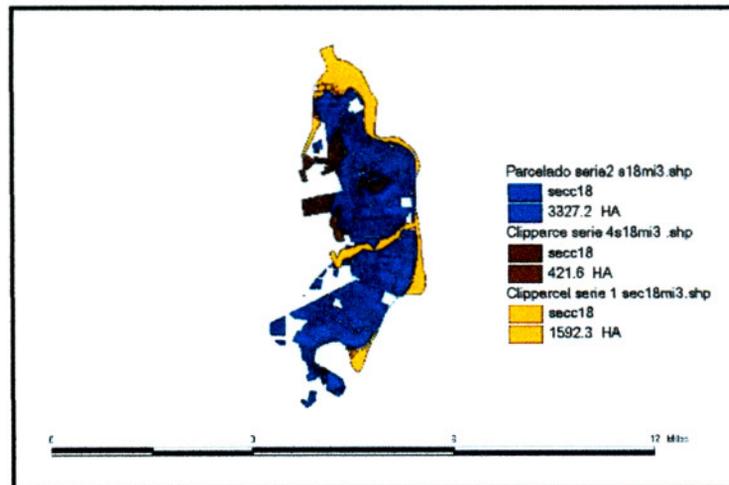


Figura 25. Suelos por tipo de serie, sección 18, módulo I-3 Otameto

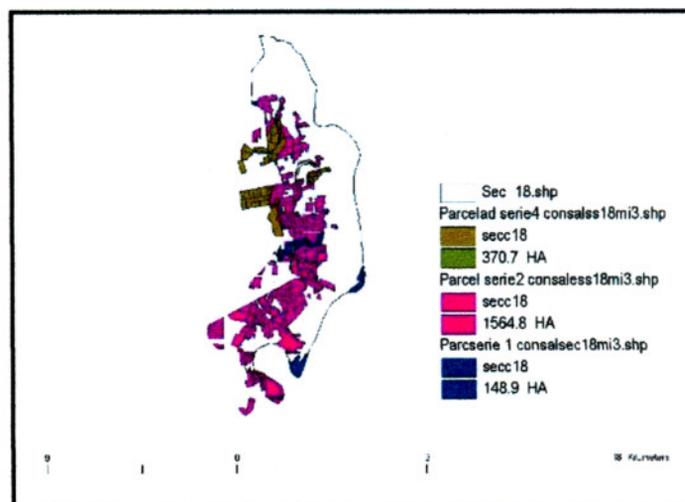


Figura 26. Suelos por tipo de serie y por sales, sección 18, módulo I-3 Otameto

Los resultados para el cálculo de la humedad residual aprovechable para las secciones del módulo de riego I-3 se observan en la tabla 26 del análisis se concluye que el suelo del módulo de riego I-3 Otameto en sus diversas texturas presenta un promedio de diez millones de metros cúbicos de agua, los cuales deben ser considerados en el requerimiento del riego así como el déficit de humedad encontrado para riego de asiento, se estima en cuatro punto dos millones de metros cúbicos.

Sección	Serie de Suelos	Superficie en Has. sin problemas de sales	PCC	PMP	Hdada		Dif= Hdada-PMP D= C-B % y cm	Humedad Residual Aprovechable (HUREA) D*A mm3	Déficit de lámina para riego de asiento G PCC-Hdada en % y cm	Déficit de Humedad para riego de asiento en vol. G/A mm3
					A	%				
12	Iraguato 1	32.9	21	9	16.2	7.2	23.66	4.8	15.82	
	Bledal 2	303.00	34	17	29.7	12.7	384.79	4.3	130.31	
	Navolato 4	92.80	33	16	29.1	13.1	121.32	3.9	36.44	
	Higueras	0	37	19						
							529.77		146.13	
13	Iraguato 1	218.6	21	9	16.2	7.2	157.19	4.8	105.13	
	Bledal 2	268.60	34	17	29.7	12.7	341.11	4.3	115.51	
	Navolato 4	54.50	33	16	29.1	13.1	71.25	3.9	21.40	
	Higueras	0.00	37	19						
							569.55		220.64	
14	Iraguato 1	369.39	21	9	16.2	7.2	265.62	4.8	177.64	
	Bledal 2	170.28	34	17	29.7	12.7	216.25	4.3	73.23	
	Navolato 4	-----	33	16	29.1	13.1				
	Higueras	-----	37	19						
							481.87		250.87	
15	Iraguato 1	497.90	21	9	16.2	7.2	358.04	4.8	501.74	
	Bledal 2	763.5	34	17	29.7	12.7	969.60	4.3	239.44	
	Navolato 4	104.6	33	16	29.1	13.1	136.75	3.9	328.35	
	Higueras		37	19					41.07	
							1464.39		567.79	
16	Iraguato 1	623.4	21	9	16.2	7.2	448.28	4.8	299.80	
	Bledal 2	654.7	34	17	29.7	12.7	831.43	4.3	281.56	
	Navolato 4	169.2	33	16	29.1	13.1	221.20	3.9	66.44	
	Higueras	-----	37	19						
							1500.92		581.35	
17	Iraguato 1	879.5	21	9	16.2	7.2	632.45	4.8	422.95	
	Bledal 2	886.4	34	17	29.7	12.7	1125.68	4.3	381.20	
	Navolato 4	223.0	33	16	29.1	13.1	291.54	3.9	87.56	
	Higueras	0	37	19						
							2049.66		804.16	
18	Iraguato 1	1443.4	21	9	16.2	7.2	1037.94	4.8	694.14	
	Bledal 2	1763.0	34	17	29.7	12.7	2238.91	4.3	758.19	
	Navolato 4	50.9	33	16	29.1	13.1	66.54	3.9	19.99	
	Higueras	-----	37	19						
							3,343.40		1,452.32	
		9,569.6 Total					9939.57		4274.13	

Hdada: Resultado de análisis de laboratorio de Riego y Drenaje Dto. 010

Tabla 26. Obtención de la humedad residual aprovechable y déficit de humedad para riego de asiento

3.7.4 Volúmenes de sobre riego

En el requerimiento de riego, se debe aplicar una lámina de agua útil en la prevención de problemas de tipo ambiental como lo es la acumulación de sales en la zona de raíces de los cultivos; por lo que se hace necesario evitar que los suelos se ensalitre y bajen los rendimientos.

Con fines de mejora en la planeación y gestión del riego dentro del módulo de riego I-3 Otameto y evitar que los suelos se ensalitre es posible obtener escenarios de volúmenes de sobre riego para aplicar a los principales cultivos en las zonas sin problemas de sales por sección de riego y con una conductividad eléctrica en el estrato de saturación de entre 0 y 4 ds/m; con los escenarios se obtiene el promedio de volúmenes que deben de considerarse en la ecuación de balance para estimar la demanda de agua del módulo y por sección de riego, para la cual se siguió el procedimiento descrito a continuación, para maíz y frijol, que se puede aplicar a cualquier otro cultivo.

Del resultado del análisis de requerimientos de riego para maíz y frijol por ciclo agrícola, mediante el programa Cropwat 8, se utilizó la evapotranspiración de los cultivos propuestos (Etc) para obtener la lámina total de consumo de agua por ciclo agrícola mediante el modelo utilizada por Pulido et al.,⁴⁷ citado por IMTA, que considera el requerimiento de lixiviación como se muestra a continuación:

$$LA = \frac{Etc}{1 - RL}$$

Donde

LA= Es la lámina total de consumo (mm/ciclo)

Etc= Es la evapotranspiración del cultivo por ciclo (mm/ciclo)

RL= Es el requerimiento de lixiviación, mínimo que se necesita para controlar las sales dentro de la tolerancia de un cultivo, empleando métodos comunes de riego por superficie

El cálculo de requerimiento de lixiviación se calculó mediante el siguiente modelo

$$RL = \frac{Eca}{5 Ecx - Eca}$$

Donde

Eca = Es la salinidad de agua de riego en ds/m

⁴⁷ Ver páginas 131 a la 133 del libro drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos, de De León M. Benjamín, et al., IMTA, (1999)

E_{cx} = Es la salinidad del estrato de saturación en ds/m que representa la salinidad tolerable por un cultivo determinado⁴⁸.

El valor de E_{cx} para un determinado cultivo y rendimiento potencial del 90%, para el caso del maíz y el frijol los valores son 2.50 y 1.50 respectivamente⁴⁹.

El volumen de sobreriego para un cultivo propuesto se obtuvo al restar la lámina total de consumo (LA) menos la evapotranspiración del cultivo (Etc) y multiplicando por las hectáreas al riego con conductividad eléctrica entre 0 y 4 ds/m en el estrato de saturación del suelo por sección de riego determinadas con Arc view. En las tablas 27 y 28 se observa el requerimiento de sobre riego para el cultivo del maíz y frijol.

Requerimiento de sobreriego para evitar ensaltramiento del suelo Considerando el potencial de rendimiento mínimo del Maíz y la salinidad del agua de riego (1.7ds/m)												
Sección	CE de 0 a		Volumen de Riego (mm ³)				Eca(ds/m)		Ecx(ds/m)		Necesidad de sobreriego (mm)	Volumen de sobreriego (mm ³)
	Ha	1.-	2.-	3.-	4.-	5.-	6.-	7.-	8.-	9=8-4		
12	111.00		614.9	682.54	654.8	0.30	2.50	0.02	671.31	16.51	18.32	
13	593.93		614.9	3652.08	654.8	0.30	2.50	0.02	671.31	16.51	98.04	
14	477.9		614.9	2938.61	654.8	0.30	2.50	0.02	671.31	16.51	78.89	
15			614.9	0.00	654.8	0.30	2.50	0.02	671.31	16.51	0.00	
16	1747.9		614.9	10747.84	654.8	0.30	2.50	0.02	671.31	16.51	288.54	
17	1964.2		614.9	12077.87	654.8	0.30	2.50	0.02	671.31	16.51	324.24	
18	2818.7		614.9	17332.19	654.8	0.30	2.50	0.02	671.31	16.51	465.30	
Total	7602.63			47431.11							1,273.33	

Tabla 27. Requerimiento de sobreriego considerando el potencial del rendimiento mínimo del maíz y la salinidad del agua de riego

El promedio de volúmenes de agua que se requiere para el lavado de sales en todo el ciclo de cultivo, se estima como el promedio obtenido en el frijol y el maíz, esto es 1115.58 mm³ y la lámina promedio para lavado de sales es de 1.67 cm en maíz y 1.26 en frijol.

⁴⁸ En Los datos obtenidos de E_{cx} , se recomienda se utilicen valores de E_{cx} correspondientes a un rendimiento potencial mínimo de 90 %; y para aguas con $E_{ca} > 1.5$ ds/m valores que corresponden a un rendimiento potencial del 100%, Pulido et al., (1999). página 132 del libro drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos, de De León M. Benjamín, et al., IMTA, (1999)

⁴⁹ Pulido Ibidem

Requerimiento de sobreriego para evitar ensaltramiento del suelos por sección de riego Considerando el potencial de rendimiento mínimo del Frijol y la salinidad del agua de riego(1.0ds/m)										
Sección	CE de 0 a 4 (ds/m) Ha	RR (mm)	Volumen de Riego (mm3)	Etc (mm)	Eca(ds/m)	Ecx(ds/m)	$RL = \frac{Eca}{5Exc - Eca}$	$LA = \frac{Etc}{1 - RL}$	Necesidad de sobreriego (mm)	Volumen de sobreriego (mm3)
12	111.00	246.00	273.06	285.60	0.30	1.50	0.04	298.02	12.42	13.78
13	593.93	246.00	1461.07	285.60	0.30	1.50	0.04	298.02	12.42	73.75
14	477.9	246.00	1175.63	285.60	0.30	1.50	0.04	298.02	12.42	59.34
15		246.00	0.00	285.60	0.30	1.50	0.04	298.02	12.42	0.00
16	1747.9	246.00	4299.83	285.60	0.30	1.50	0.04	298.02	12.42	217.04
17	1964.2	246.00	4831.93	285.60	0.30	1.50	0.04	298.02	12.42	243.90
18	2818.7	246.00	6934.00	285.60	0.30	1.50	0.04	298.02	12.42	350.01
Total	7602.63		18975.53							957.83

Tabla 28. Requerimiento de sobreriego considerando el potencial del rendimiento mínimo del frijol y la salinidad del agua de riego

3.7.5 Escenarios de requerimientos de lavado de suelos

Para estimar el requerimiento de lavado⁵⁰ de suelos en la zona de estudio, el presente trabajo considera el siguiente procedimiento:

Con datos encontrados en el Distrito de Riego 010 Culiacán, del estudio general de salinidad analizada de 1995, de manera manual, utilizando el método de interpolación, se determinan los suelos con diferentes grados de salinidad, luego mediante la digitalización se dan entrada y se procesan en el Sistema Arc View, se determinan las áreas de suelo por contenido de sales para el total del módulo de riego y por sección de riego, para ello se delimitan las áreas con diferentes grados de afectación de acuerdo con la conductividad eléctrica (CE) en el estrato de saturación de los primeros treinta centímetros de la capa del suelo de acuerdo con el rango propuesto por de la Peña (1980) y Barocio (1998), citados por el IMTA (1999)⁵¹. Como se observa a en la figura 27 para el total del módulo del riego I-3 Otameto y las figuras de la 28 a la 34 para sus secciones de riegos.

⁵⁰ Se requiere lavado de suelos en los procesos de recuperación de suelos ensaltrados, el lavado de los suelos implica la remoción de las sales alojadas dentro de los poros del suelo y aquellas que se encuentran alojadas cerca de la zona de raíces. Pulido et al., ver página 97 del libro Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos., de De León M. Benjamín, et. al. IMTA (1999).

⁵¹ Ver pagina 12 de libro Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos de De León M. Benjamín et al., IMTA (1999)

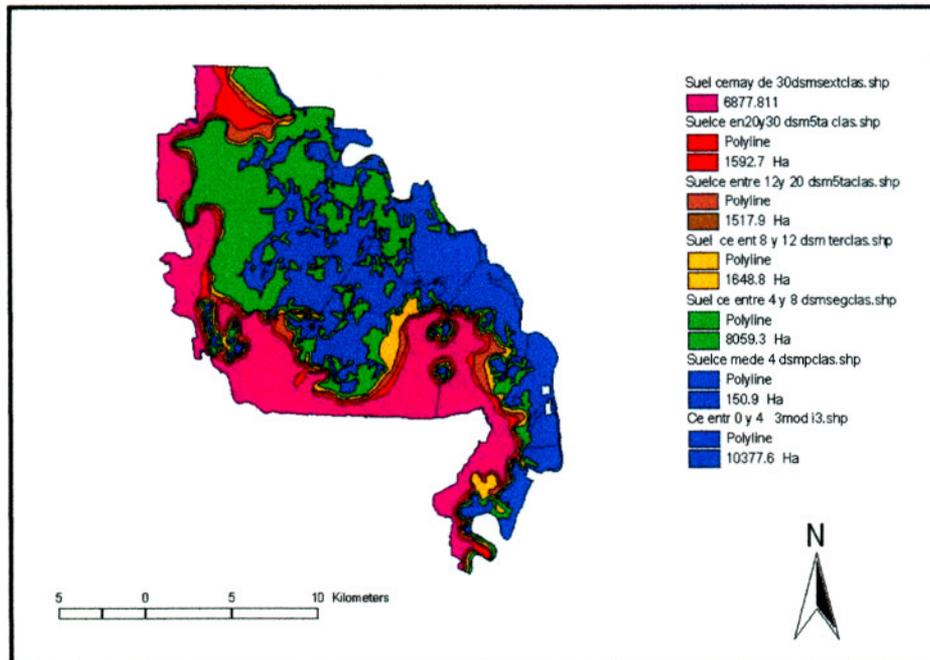


Figura 27. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, módulo I-3.

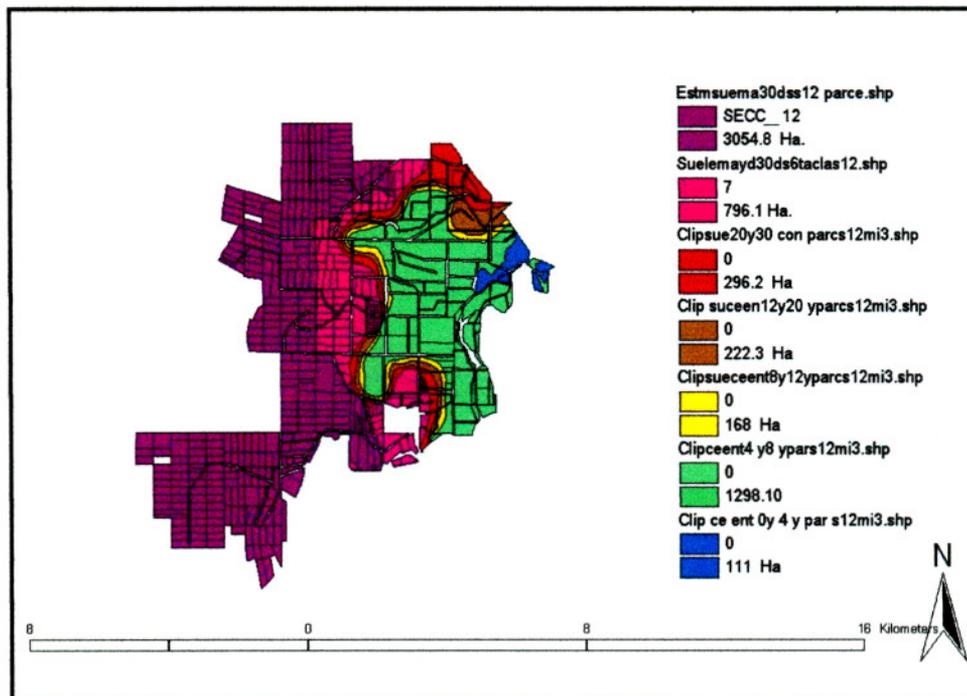


Figura 28. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 12, módulo I-3

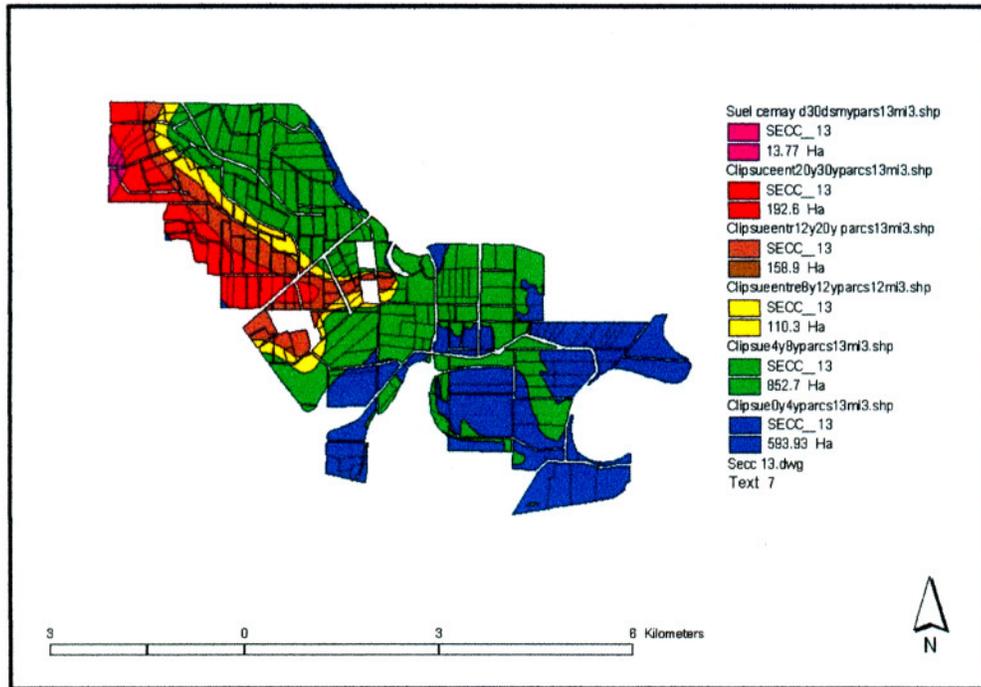


Figura 29. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 13, módulo I-3

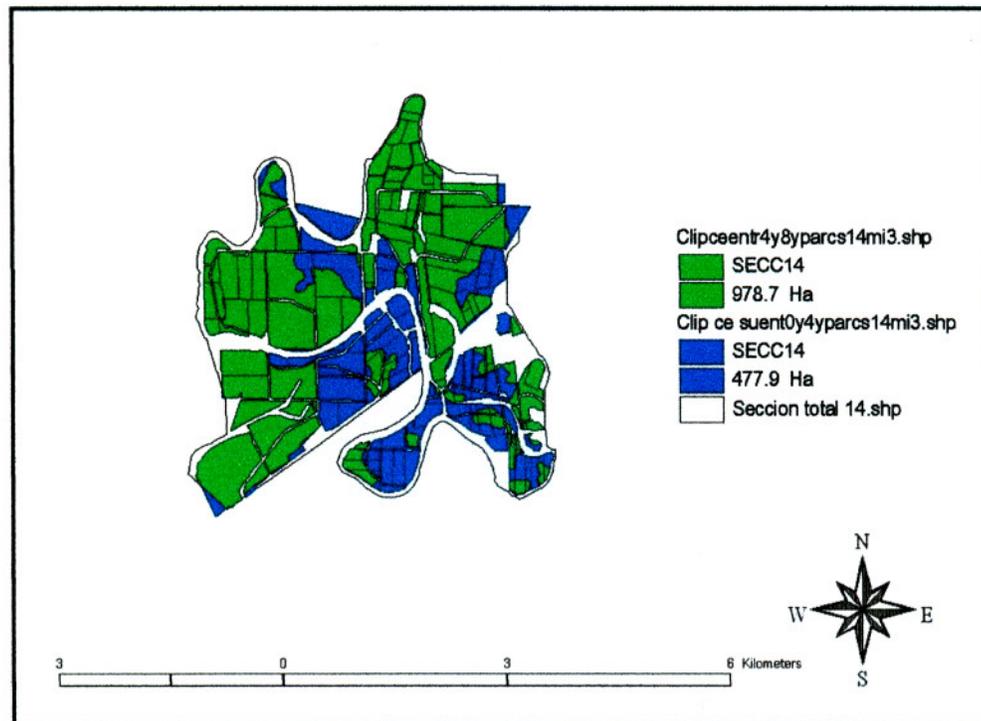


Figura 30. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 14, módulo I-3.

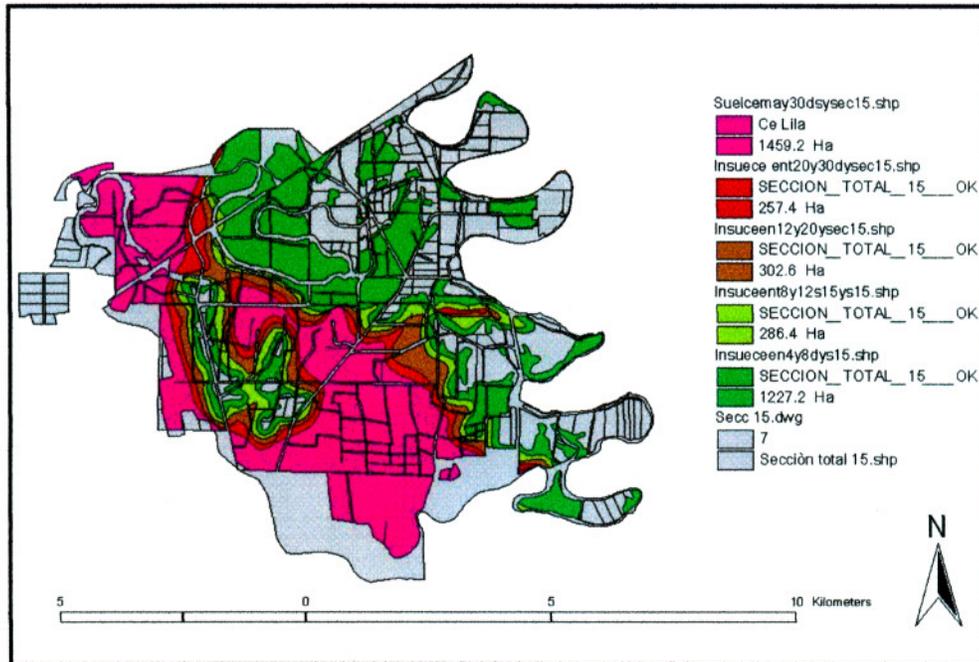


Figura 31. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 15, módulo I-3.

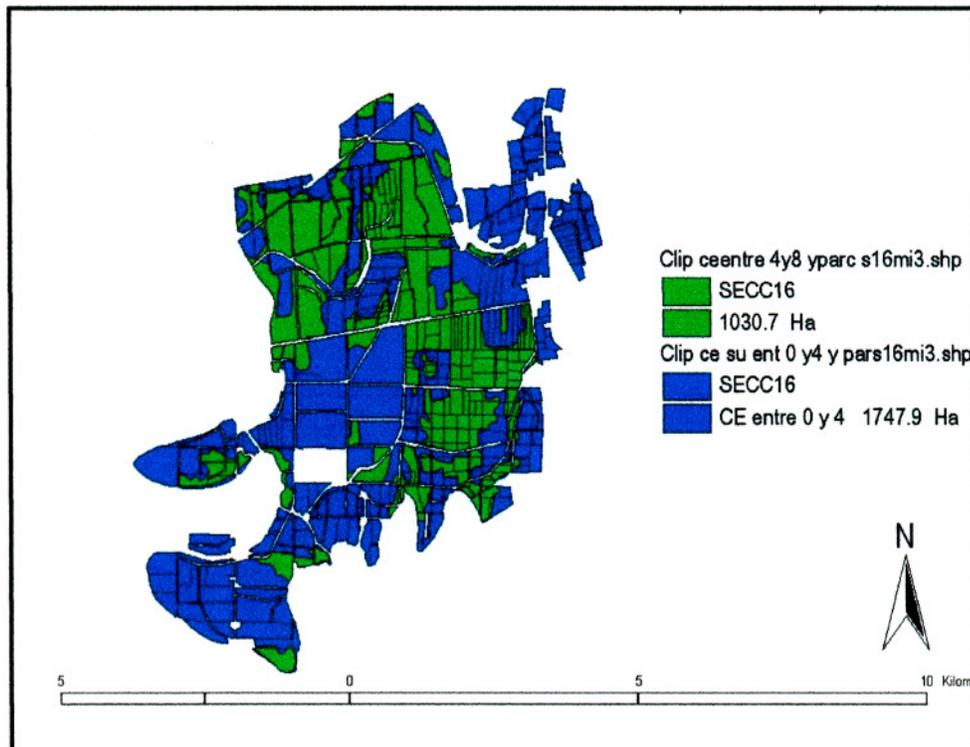


Figura 32. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 16, módulo I-3.

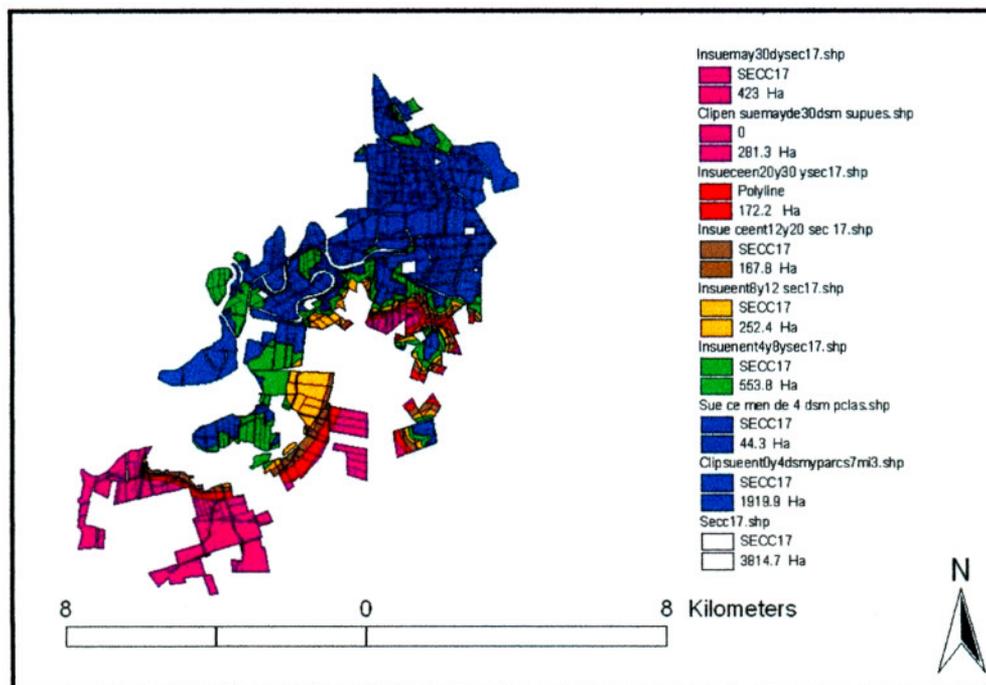


Figura 33. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 17, módulo I-3

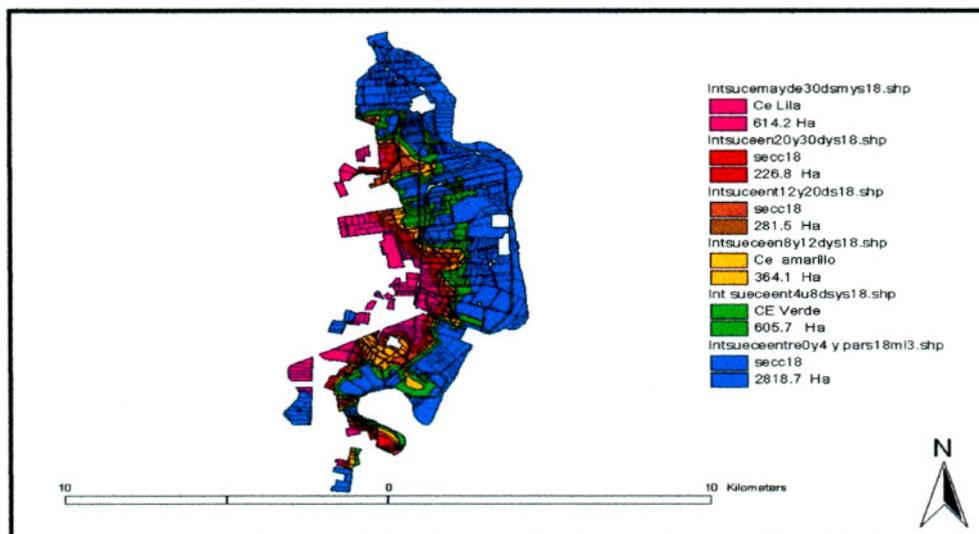


Figura 34. Tipos de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica CE, sección 18, módulo I-3.

Con las áreas determinadas por sección de riego y sus diferentes grados de conductividad eléctrica, se estimaron diferentes escenarios de láminas de lavado considerando algunos cultivos resistentes a sales, y los principales de uso común que se siembran en la asociación de riego, con los resultados obtenidos se estimó un promedio de volúmenes de lavado; en el cálculo de volúmenes se aplicó el modelo de Aceves, citado por Pulido et al.,⁵² (1999) para el

⁵² Ver página 100 del libro drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos, de De León M. Benjamín, et al., IMTA, (1999)

rango de suelos propuesto por de la Peña (1980) y Barocio (1998) citados por el IMTA (1999)⁵³ como se indica a continuación en la **tabla 29**.

Clase de suelos por contenido de sales		
Suelo	CE del suelo (ds/m)	Color en el plano
Primera clase	Menor de 4	Azul
Segunda clase	De 4 - 8 ds/m	Verde
Tercera clase	De 8-12 ds/m	Amarillo
Cuarta clase	De 12 a 20 ds/m	Café
Quinta clase	De 20 - 30 ds/m	Rojo
Sexta clase	Mayor de 30 ds/m	Lila

De la Peña y Barocio (1980 y 1998)

Tabla 29. Clase de suelos por contenido de sales

El modelo de Aceves para el cálculo de lámina de lavados es:

$$L = 9.0(P)^{0.75} (70 - CE_r / CE_i - CE_r)^{0.3} \log CE_i / CE_f$$

Donde:

L= Lámina de agua para lavado, en cm

P= Profundidad de suelo por lavar, en cm

CE_r= Conductividad Eléctrica del agua de lavado en ds/m a 25° C

CE_i= Conductividad eléctrica inicial de suelo, ds/m

CE_f= Conductividad eléctrica final del suelo o permisible para un cultivo por establecer en ds/m a 25° C

De acuerdo con los estudios de calidad del agua de riego que se encuentran en el departamento de riego y drenaje en el distrito de riego 010 Culiacán, se sabe que la conductividad eléctrica promedio del agua de lavado CE_r en la zona de estudio es de 0.3 ds/m, la conductividad eléctrica inicial de suelo CE_i se determina de acuerdo con las clases de suelos por contenidos de sales por sección de riego según de la Peña (1980) y Barocio (1998), procedimiento ya descrito, asimismo la conductividad eléctrica final del suelo CE_f, se propone

⁵³ Ver página 12 de libro Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos de De León M. Benjamín et al., IMTA (1999)

de acuerdo con tolerancia de los cultivos a las sales, tomando en cuenta la mínima salinidad umbral de cada cultivo en la zona de raíces, karen y Miyamoto, 1990, citados por IMTA⁵⁴.

Con los datos generados del estudio de salinidad analizada se determinan zonas de suelos por contenido de sodio, con lo cual se conoce donde se debe aplicar una combinación de mejorador o solamente agua para su lavado, cuidando de transformar a los suelos salinos sódicos en sódicos.

A continuación en las tablas 30 y 31 se observan los resultados de las láminas de lavado y los volúmenes necesarios a aplicar, estimados para cada sección de riego, de acuerdo a la Conductividad eléctrica CE y la salinidad umbral de los cultivos, para el cultivo de maíz y frijol; los resultados para los cultivos de soya, sorgo grano, betabel, calabacita y forrajes, aparecen en ANEXO H.

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego Considerando la salinidad umbral del Maíz (1.7 ds/m)									
Sección	CE de 0 a	Lámina (cm)	Vol.	CE de 4 a 8	Lámina (cm)	Vol.	CE de 8 a	Lámina (cm)	Vol.
	4		Req.(mm3)			Req.(mm3)			12
	Ha			Ha			Ha		
12	111.00	61.20	679.34	1298	330.37	42881.42	168	395.75	6648.56
13	593.93	61.20	3634.97	852.7	330.37	28170.25	110.3	395.75	4365.10
14	477.9	61.20	2924.85	978.7	330.37	32332.86	0	395.75	0.00
15		61.20	0.00	1227.2	330.37	40542.43	286.4	395.75	11334.21
16	1747.9	61.20	10697.51	1030.7	330.37	34050.76	0	395.75	0.00
17	1964.2	61.20	12021.31	553.8	330.37	18295.63	252.4	395.75	9988.67
18	2818.7	61.20	17251.02	605.7	330.37	20010.23	364.1	395.75	14409.17
Total	7602.63		47,208.99	6546.8		216,283.58	1181.2		46,745.70

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego Considerando la salinidad umbral del Maíz (1.7 ds/m)									
Sección	CE de 12 a	Lámina (cm)	Vol.	CE de 20-	Lámina (cm)	Vol.	CE más de	Lámina (cm)	Vol.
	20		Req.(mm3)			Req.(mm3)			30
	Ha			Ha			Ha		
12	222.3	433.37	9633.72	296.2	471.02	13951.51	3850.9	567.83	218666.04
13	158.9	433.37	6886.18	192.6	471.02	9071.78	13.77	567.83	781.90
14	0	433.37	0.00	0	471.02	0.00	0	567.83	0.00
15	302.6	433.37	13113.65	257.4	471.02	12123.96	1459.2	567.83	82857.90
16	0	433.37	0.00	0	471.02	0.00	0	567.83	0.00
17	167.8	433.37	7271.88	172.2	471.02	8110.90	704.3	567.83	39992.34
18	281.5	433.37	12199.25	226.8	471.02	10682.65	614.2	567.83	34876.18
Total	1133.1		49,104.69	1145.2		53,940.81	6642.37		377,174.36

Tabla 30. Láminas y volúmenes promedio de lavados de suelo por sección de riego para maíz, Módulo I-3 Otameto

⁵⁴ Ver página 97 del libro Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos de De León M. Benjamin et al., IMTA (1999)

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego										
Considerando la salinidad umbral del Frijol (1.0 ds/m)										
Sección	CE de 0 a	Lámina	Vol.		Lámina	Vol.		CE de 8 a	Lámina	Vol.
	4		Req.(mm3)	CE de 4 a 8		Req.(mm3)	12			
	Ha	(cm)	Ha	Ha	(cm)	Ha	Ha	(cm)	Req.(mm3)	
12	111.00	261	2897.41	1298	469.37	60924.03	168	514.26	8639.53	
13	593.93	261	15503.25	852.7	469.37	40023.05	110.3	514.26	5672.26	
14	477.9	261	12474.54	978.7	469.37	45937.09	0	514.26	0.00	
15		261	0.00	1227.2	469.37	57600.90	286.4	514.26	14728.34	
16	1747.9	261	45625.12	1030.7	469.37	48377.81	0	514.26	0.00	
17	1964.2	261	51271.16	553.8	469.37	25993.63	252.4	514.26	12979.86	
18	2818.7	261	73576.02	605.7	469.37	28429.65	364.1	514.26	18724.12	
Total	7602.63		201,347.50	6546.8		307,286.15	1181.2		60,744.12	

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego										
Considerando la salinidad umbral del Frijol (1.0 ds/m)										
Sección	CE de 12 a	Lámina	Vol.		Lámina	Vol.		CE más de	Lámina	Vol.
	20		Req.(mm3)	CE de 20-30		Req.(mm3)	30			
	Ha	(cm)	Ha	Ha	(cm)	Ha	Ha	(cm)	Req.(mm3)	
12	222.3	535.94	11913.84	296.2	573.59	16989.61	3850.9	670.40	258164.43	
13	158.9	535.94	8516.01	192.6	573.59	11047.26	13.77	670.40	923.14	
14	0	535.94	0.00	0	573.59	0.00	0	670.40	0.00	
15	302.6	535.94	16217.40	257.4	573.59	14764.10	1459.2	670.40	97824.80	
16	0	535.94	0.00	0	573.59	0.00	0	670.40	0.00	
17	167.8	535.94	8992.99	172.2	573.59	9877.15	704.3	670.40	47216.29	
18	281.5	535.94	15086.57	226.8	573.59	13008.92	614.2	670.40	41175.98	
Total	1133.1		60,726.81	1145.2		65,687.04	6642.37		445,304.64	

Tabla 31. Láminas y volúmenes promedio de lavados de suelo por sección de riego para frijol, Módulo I-3 Otameto

Interpretación de los resultados de lavado de suelos

De acuerdo con los resultados del análisis, los requerimientos de lavado de suelos en las secciones que se estiman dentro de Distrito de Riego indicaron que se requiere aplicar un promedio de agua de 316 millones de metros cúbicos para garantizar suelos libres de sales y el cien por ciento de los rendimientos de los cultivos más representativos dentro del módulo de riego; como lo es el frijol y el maíz, considerando las mejores prácticas de manejo de los cultivos, lo cual representa un volumen de 916 millones de metros cúbicos puesto en parcela desde la Presa y considerando una eficiencia del 34.5 % de acuerdo con la sección 3.8.2.

Asimismo de los resultados del análisis se observa que de continuar la ampliación de las zonas de riego en suelos salinos sódicos fuera de Distrito, los volúmenes necesarios para el lavado de suelos siempre y cuando se cuente con infraestructura de la red de distribución, drenaje parcelario y el drenaje superficial funcionando al 100 por ciento, oscila en un promedio de 260 millones de metros cúbicos de agua para cultivos resistentes a sales como el sorgo grano, la soya, la calabacita, betabel y forrajes puestos en parcela y de 526 millones de metros cúbicos para el cultivo de maíz y frijol, tomando en ambos casos el riego rodado; de lo anterior se

concluye que los volúmenes necesarios de la fuente de aprovechamiento considerando una eficiencia del 34.5%⁵⁵ hasta la parcela, se estiman en 753.65 millones de metros cúbicos para cultivos resistentes a sales y de 1,523.602 millones de metros cúbicos para el cultivo de maíz y frijol, volúmenes de agua que se observan muy elevados.

De lo anterior igualmente se concluye que es muy conveniente que los volúmenes de agua que se vayan recuperando dentro del módulo de riego I-3 Otameto, se utilicen para el lavado de suelos dentro de Distrito.

Considerando que los volúmenes concesionados a punto de control del módulo son 142 millones de metros cúbicos, de igual forma se concluye que el módulo de riego debe de realizar acciones encaminadas a utilizar menores volúmenes de agua, entre las que se encuentran, trabajar en conjunto con la SAGARPA en los permisos únicos de siembra para ver otras alternativas de cultivos que gasten menos agua, resistan las sales y que tengan mercado, como algunos tipos de hortaliza; calabacita y betabel y granos como el sorgo grano y algunos tipos de forrajes o los que pueden ser aprovechados en el pastoreo del ganado de la región.

3.8 Demanda y eficiencia del agua, módulo I-3 Otameto

3.8.1 Demanda y eficiencia de aplicación parcelaria a nivel sección de riego

Desde el punto de vista de sustentabilidad del recurso hídrico dentro de la asociación de riego en estudio, es de vital importancia que se conozca como estimar e integrar de la manera más eficiente los volúmenes de agua que se demandan por los cultivos, así como las eficiencias que se presentan en el uso y el manejo del agua con fines de conocer los volúmenes que se puedan recuperar por acciones de modernización y rehabilitación; por lo anterior a continuación se describe el procedimiento que se tomó en cuenta para tal fin en el presente trabajo a nivel sección de riego.

Con la información obtenida del análisis del balance del agua según la sección 3.7 dentro del módulo de riego, en *la tabla 32* se observan al año agrícola 2008-2009 los volúmenes que demanda los cultivos una vez considerando el aporte freático, la humedad residual aprovechable por lluvia y de lámina de sobreriego.

⁵⁵ De acuerdo con los resultados obtenidos en sección III.8

Demanda de agua para los cultivos del modulo de riego I-3 al año agrícola 2008-2009					
Sección de Riego	Requerimiento de riego= Etc-Pe (mm3)	Humedad residual aprovechable por lluvia (mm3)	Aporte freático (mm3)	Requerimiento de lámina de sobreriego (mm3)	Total (mm3)
12	16855.24	529.77	156.86	16.05	16184.66
13	12189.9	569.55	188.59	85.895	11517.66
14	9104.38	481.87	1316.73	69.115	7374.90
15	16215.4	1464.39	1189.47	0	13561.54
16	17523.48	1500.92	885.86	252.79	15389.49
17	18031.96	2049.66	549.62	284.07	15716.75
18	24283.28	3343.4	365.97	407.66	20981.57
	114203.6	9939.6	4653.1	1115.6	100726.6

Tabla 32. Demanda de agua por sección de riego considerando riego superficial, humedad residual aprovechable, aporte freático y requerimiento de sobre riego, módulo I-3 Otameto

Luego de los registros de riegos instalados en tomas granjas en los años agrícolas 2007-2008 y 2008-2009 de acuerdo al **ANEXO N**, llevados a cabo por los jefes de sección del módulo de riego I-3 Otameto y la demanda de riego 2008-2009 obtenida en la parcela, en la tabla 33 aparecen las eficiencias parcelarias por sección de riego.

Eficiencia promedio de aplicación parcelaria en el módulo de riego I-3 en los años agrícolas 2007-2008 y 2008-2009, Considerando aporte freático, humedad residual aprovechable y lámina de sobreriego								
Sección de Riego	12	13	14	15	16	17	18	Total
Riegos instalados año agrícola 2007-2008	18151.66	19309.54	14976.58	31827.95	18133.20	35015.33	41658.62	179072.88
Riegos instalados año agrícola 2008-2009	22741.34	17996.26	14643.07	28021.85	16842.82	34280.06	37427.62	171953.02
Promedios de riegos instalados	20446.50	18652.90	14809.83	29924.90	17488.01	34647.70	39543.12	175512.95
Demanda	16184.66	11517.66	7374.90	13561.64	15389.49	15716.75	20981.57	100726.67
Eficiencia de aplicación parcelaria	0.79	0.62	0.50	0.45	0.88	0.45	0.53	0.574
* Los volúmenes están en millares de metros cúbicos								

Tabla 33. Eficiencia Promedio de aplicación parcelaria en el módulo de riego I-3 Otameto, años agrícola 2007-2008 y 2008-2009

3.8.2 Demanda y eficiencia total desde la Presa hasta la Parcela

Para conocer la eficiencia de conducción, distribución y aplicación parcelaria a nivel módulo de riego, a continuación se describe el procedimiento que se tomó en cuenta.

Estadísticas hidrométricas

Del registro de la información hidrométrica del uso y manejo del agua, llevado a cabo por la asociación de usuarios de riego “Módulo de Riego I-3 Otameto” y el registro propio del **Banco de Aguas que manejan los propios usuarios del Distrito 010 Culiacán-Humaya**, se encontró que el servicio de riego se realiza con varias fuentes de abastecimiento, los cuales se describen a continuación: Dentro de la Cuenca, el agua superficial que se maneja es agua de Presa concesionada y entregada en punto de control a nivel de laterales por personal de la Primera Unidad Navolato del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya al módulo de riego en el Km. 26+000 del Canal Principal del Sur, asimismo se utiliza agua comprada mediante convenios con usuarios de otros módulos de riego, agua comprada por el Ingenio azucarero del municipio de Navolato para surtir a los usuarios en la siembra de caña de azúcar, y agua de bombeo de drenes, bajos naturales y río con infraestructura del módulo I-3 Otameto; dentro del agua utilizada de acuífero se tiene la de pozo bombeado con infraestructura de la propia asociación, la bombeada de pozos de usuarios particulares y la del banco de aguas con infraestructura propia (pozos y plantas de bombeo). **En las tablas 34, 35 36 y 37** aparecen los registros de volúmenes de agua utilizados con los diversos aprovechamientos.

AÑO AGRICOLA	AGUA DE PRESA EN PUNTO DE CONTROL *	Volumen de pozo bombeado con infraestructura del módulo						SUMA PARCIAL
		POZO PROFUNDO No. 1	POZO PROFUNDO No. 2	POZO PROFUNDO No. 3	POZO PROFUNDO No. 4	POZO PROFUNDO No. 5	POZO PROFUNDO No. 6	
2003-2004	100,214.10	539.2	1119.7	2021.7	2021.7	2021.7	2021.7	9745.7
2004-2005	102,201.60	0	0	1166.4	1166.4	1166.4	1166.4	4665.6
2005-2006	168,328.57	259.2	207.36	1399.68	1166.4	1321.92	0	4354.56
2006-2007	134,475.80	518.4	311.0	583.20	583.20	583.20		2579
2007-2008	184,629.18			699.8		933.1		1632.9
2008-2009	206,228.29			112.89		339.84		452.73

Volumenes en millares de metros cúbicos
 * Los volúmenes en el año agrícola 2008-2009 consideran los volúmenes concesionados de agua superficial al módulo de riego, el agua comprada a otras asociaciones de riego y el agua comprada por el ingenio de Navolato para los usuarios de siembra de caña de azúcar que mantiene mediante contrato

Tabla 34. Volúmenes de agua, aprovechamientos de pozos, infraestructura módulo I-3 Otameto

Volumen de pozo Bombeado en Pozos particulares									
AÑO AGRICOLA	POZO PROFUNDO HUITLACOCHÉ	POZO PROFUNDO ESPINOZA	POZO PROFUNDO CESAR MURILLO	POZO PROFUNDO CESAR MURILLO	POZO PROFUNDO PART. EJ. POTRERO "MUNI"	POZO PROFUNDO LIC. EFRAIN CORTEZ	POZO PROFUNDO LIC. EFRAIN CORTEZ	POZO FOSECA (BOLSA)	SUMA PARCIAL
2003-2004	1,408.30	1181.9							2,590.20
2004-2005	1,166.40	1181.9	829.4		829.4			1036.8	5043.9
2005-2006	233.28	345.6						116.64	695.52
2006-2007	583.20	590.95	518.40	518.40					2,210.95
2007-2008		466.50				777.60	622.00		1,866.10
2008-2009						389.66	610.56		1000.22

Volúmenes en millares de metros cúbicos

Tabla 35. Volúmenes de agua, aprovechamientos de pozo con infraestructura de particulares, módulo I-3 Otameto

Volumen de bombeo de drenes, bajos naturales y río con infraestructura del módulo												
AÑO AGRICOLA	BATERIA OTAMETO 6 BOMBAS CHARQ.	BATERIA PERIQUERA 2 BOMBAS CHARQ.	BATERIA V.MONTOYA 1 BOMBA CHARQ.	BATERIA TAIPIME 2 BOMBAS CHARQ.	BATERIA TEBOL 2 BOMBAS CHARQ.	BOMBA CHARQUERA RANCHERO	BOMBA CHARQUERA HUITLACOCH E	BOMBA CHARQUERA EL FARO	BOMBA CHARQUERA BOLSA (16)	BOMBA CHARQUERA TAMAYO	LA NARANJERA 2 BOMBAS CHARQUERAS	SUMA PARCIAL
2003-2004	4,898.80	3972.6	984.9	1589.5	2052	812.2	414.7	1762.5	622	808.7		17,887.90
2004-2005	5832	3,972.60	984.9	1589.5	2052	812.2	414.7	1762.5	622	808.7		18,821.10
2005-2006	3110.4	864.00	699.84	414.72	933.12			172.8	269.2		492.48	6,946.56
2006-2007	2,916.00	1,986.30	492.45		1,026.00				311.00	404.35	2,073.00	9,209.10
2007-2008	8294.4	2,851.20		1036.8	1986.9	518.4		648	699.8		2332.8	18,368.30
2008-2009	7781	1,104.39	2232	1390.24	380.16			119.23	575.42		2832.42	16,414.86

Volúmenes en millares de metros cúbicos

Tabla 36. Volúmenes de agua, aprovechamientos de drenes, bajos naturales y ríos con, infraestructura módulo I-3 Otameto

AÑO AGRICOLA	Volumenes bombeados con infraestructura del banco de agua (pozos y plantas de bombeo)									SUMA PARCIAL	VOLUMENES TOTALES (AF+B+AP)
	POZO 1098	POZO 1099	POZO 1100	POZO 1095	POZO 1094	EL RIALITO 1	EL RIALITO 2	EL RIALITO 3	EL RIALITO 4		
2003-2004											130,437.90
2004-2005											130,732.20
2005-2006	532.10	313.70	1,193.20	54.40				2,732.90	2,593.60	7,419.00	187,744.21
2006-2007		51.00					2,203.20		1,584.70	3,838.90	152,313.75
2007-2008			1,586.30			2,643.8		2,643.8	3,304.80	10,178.70	216,675.18
2008-2009			1189.7			1982.9		1982.9	2643.8	7,799.30	231,895.40

Volúmenes en millares de metros cúbicos

Tabla 37. Volúmenes de agua, aprovechamientos pozos y plantas de bombeo con infraestructura del banco de aguas de los usuarios del Distrito 010 Culiacán-Humaya

Una vez determinados los volúmenes de los diversos aprovechamientos, con excepción de los volúmenes de presa en punto de control, se consideró el traslado a punto de control del módulo de riego de agua de pozo utilizada con infraestructura del módulo de riego, del bombeo de pozos de particulares, del bombeo de drenes, bajos naturales y río con infraestructura del módulo de riego y del bombeo del banco de aguas dentro del módulo de riego, tomando en cuenta una eficiencia de 0.65 de acuerdo con el promedio de los registros de eficiencias de la

estadística de la red de distribución dentro del módulo de riego I-3 Otameto llevado a cabo por el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya en los años agrícolas comprendidos del 2004-2005 al 2007-2008 y utilizando la estadística de riegos instalados en tomas granjas y el requerimiento de riego, en sus dos modalidades, con y sin aporte freático, humedad residual aprovechable y lámina de sobre riego, al año agrícola 2008-2009, luego se estimaron las eficiencias en el uso y manejo del agua en la red de distribución y en la parcela, determinándose una eficiencia global en el módulo y una total desde la presa a la parcela, tomando en cuenta la eficiencia promedio en la red principal de conducción.⁵⁶

Los resultados del traslado de volúmenes y el cálculo de eficiencias para el año agrícola 2008-2009 con las datos de los correspondientes aprovechamientos a parecen en la tabla 38.

Volumenes Asignados + Rescate de Aguas Otoño Invierno (volúmenes de presa medidos o trasladados a punto de control del módulo I-3)	
Aprovechamiento	P.C. 2008-2009 traslado a p.c
Gravedad	206,228.29
Pozo inf Módulo	696.51
Bombeo Pozos Particulares	1,538.80
Bombeo de Drenes, Bajos Naturales y Rio	25,253.63
Banco de Agua	11,358.32
	245,075.54

Tabla 38. Traslado de volúmenes año agrícola 2008-2009 a punto de control del módulo de riego I-3 Otameto

Los resultados del cálculo de eficiencias para el año agrícola 2008-2009 con los datos de los aprovechamientos aparecen en la **tabla 39**.

Año agrícola	Volumen a punto de control del módulo *	Volumen en toma granja (TG)= De la estadística de riegos instalados ciclo otoño invierno 2008-2009	Requerimiento de riego incluye aporte del nivel freático, el remanente de la humedad de suelo y lámina de sobre riego	Requerimiento de riego, sin aporte freático, remanente de la humedad de suelo y lámina de sobre riego	Eficiencia en el Rio (de la estadística del dto. 010)
	a	b	c	d	e
2008-2009	245,075.54	171,953.02	100,726.60	114,203.60	0.9714
* Volumen a punto de control del módulo: (Incluye agua de Presa, rescate de aguas de pozo, rio, drenes, bajos naturales y volúmenes obtenidos mediante convenios con otros módulos y los cañeros)					

⁵⁶ Dato obtenido de la estadística del Distrito de Riego 010- Culiacán Humaya

Año agrícola	Eficiencia en el canal principal (de la estadística del distrito de riego)	Eficiencia Parcelaria, incluye aporte del nivel freático, remanente de humedad de suelo y lámina de sobreriego	Eficiencia parcelaria sin aporte del nivel freático, remanente de la humedad de suelo y lámina de sobreriego	Eficiencia en la red de distribución
2008-2009	f	c/b=(g)	h=d/b	i=b/a
	0.863	0.586	0.664	0.702

2008-2009	Eficiencia Global del modulo incluye aporte del nivel freático y remanente de la humedad de suelo	Eficiencia Global del módulo sin aporte del nivel freático, remanente de la humedad de suelo y lamina de sobreriego	Eficiencia Total desde la Presa hasta la Parcela, considerando el aporte freático, remanente de la humedad de suelo y lámina de sobreriego	Eficiencia Total desde la Presa hasta la Parcela, sin el aporte freático, remanente de la humedad del suelo y lámina de sobreriego
	=c/a	=d/a	" =e*f*g*i "	" =e*f**h*j "
	0.411	0.466	0.345	0.391

Tabla 39. Eficiencias de distribución, conducción y aplicación parcelaria año agrícola 2008-2009

3.9 Resumen de pérdidas de agua y aspectos sociales

3.9.1 Pérdidas de agua a nivel módulo de riego

De los resultados de análisis de las eficiencias en el uso y manejo del agua a nivel módulo de riego para el año agrícola 2008-2009 se concluye que en la red de distribución y en la parcela, los volúmenes que se pierden por traslado e infiltración en la red de distribución por año agrícola, se estiman en 73.1 millones de metros cúbicos, los volúmenes que se pierden dentro de la zona parcelaria se estiman en 71.2 millones de metros cúbicos considerando el aporte freático y la humedad residual aprovechable por lluvia y la lámina de sobreriego y 57.7 millones de metros cúbicos sin considerar la humedad residual aprovechable y el aporte freático⁵⁷ y la lámina de sobreriego, el volumen que demandan las siete secciones de riego es en promedio 100,726.67 millares de metros cúbicos considerando el aporte freático, la humedad residual aprovechable y la lámina de sobreriego y 114 203.6 millares de metros cúbicos sin considerar esas variables.

3.9.2 Factibilidad de ampliación de zonas de riego

En cuanto a la ampliación de las zonas de riego, al año agrícola 2009-2010, se detectaron en forma aislada actividades parcelarias en suelos salinos sódicos en cuatro de las secciones y que requieren grandes volúmenes de agua para lavado de suelos e implantación de drenaje parcelario y que una vez que se logran mejorarlas, se incrementaría considerablemente los

⁵⁷ En el capítulo 3 se estimó una pérdida de agua en las regaderas parcelarias de 12.6 millones de metros cúbicos, por lo que las pérdidas dentro de las parcelas en el año agrícola 2008-2009 se estiman en de 58.6 millones metros cúbicos, considerando el aporte freático y la humedad residual aprovechable.

volúmenes a servir, lo que conllevaría a tener problemas de varios tipos como el aumento de incapacidad de la red de conducción y distribución, llegando de contarse con el recurso agua, al tandeo de la misma originando graves problemas ente los propios usuarios y la sobreexplotación del acuífero mediante extracción del agua de pozo.

3.10 Clasificación de suelos por sodio, reflejo del manto freático en el suelo

Cuando el nivel freático fluctúa entre 1.50 y 1.80 metros de profundidad, el agua freática se desplaza hacia la zona de raíces y a la superficie del suelo⁵⁸, en tal situación se asume que el agua arrastra sales y sodio en su recorrido, tomando en cuenta lo anterior y debido a que no se encontraron suficientes registros de datos de sodio intercambiable en el suelo del módulo de riego I-3 Otameto, se consideraron los registros mensuales del manto freático para un periodo de diez años y se determinaron rangos de valores de porcentaje sodio intercambiable en el manto freático comprendidos entre los valores de 10 a 15, 15 a 20, 20 a 40 y mayores de 40, dichos valores a su vez se asumieron como valores mínimos de sodio intercambiable que contendrán los suelos salinos sódicos del módulo I-3 en la primera capa de 30 cms⁵⁹ y con los cuales se propusieron cultivos resistentes a sodio en esos rangos⁶⁰. En la figura 35 se observan los rangos de porcentaje de sodio intercambiable en el manto freático y en la figura 36 se observan los porcentajes de sodio intercambiable en el suelo.

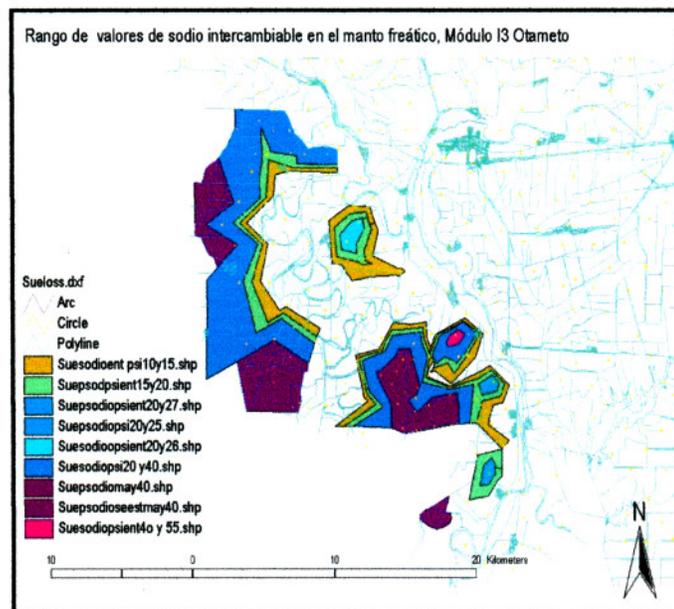


Figura 35. Clasificación de porcentaje de sodio intercambiable en el manto freático, módulo I-3 Otameto

⁵⁸ Manual 60, U. S. A. pág.4.

⁵⁹ Para una profundidad limitada de suelo como lo es la capa de 30 centímetros, la concentración de la solución de suelo, es menor de 2 o 3 veces la concentración del agua para riego. Manual 60 U.S.A. op. cit., pág. 80.

⁶⁰ Algunos de los rangos de porcentajes de 10 a 15 y de 15 a 20 presentan profundidades mayores a 1.80 metros.

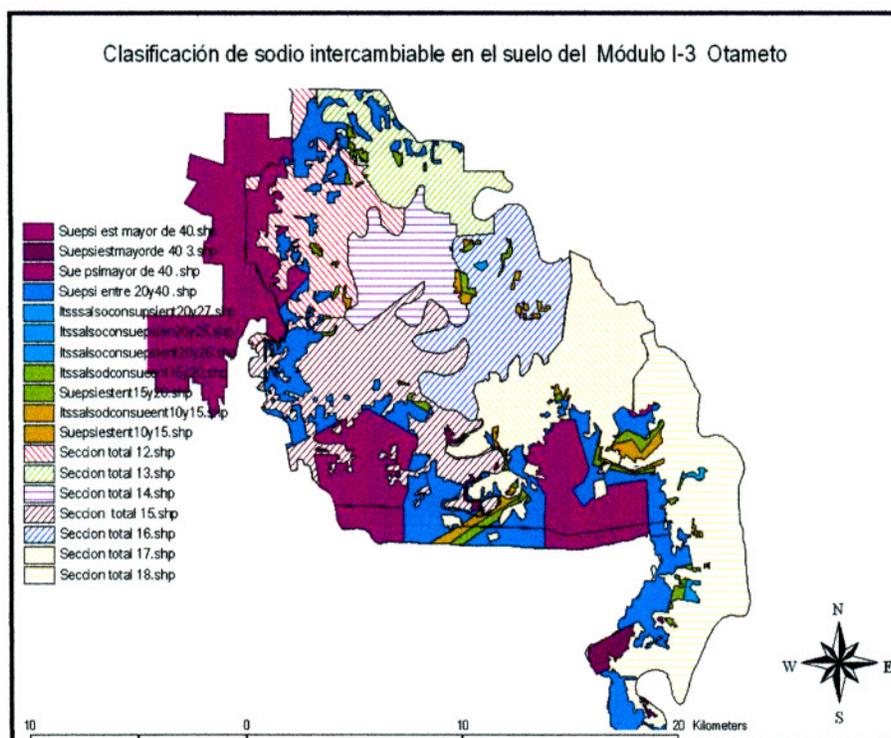


Figura 36. Clasificación de porcentaje de sodio intercambiable en el suelo, módulo I-3 Otameto

3.11 Cultivos resistentes a sales, sodio y de bajo consumo de agua

Las condiciones de salinidad y sodicidad en gran parte de los suelos del módulo de riego I-3 Otameto, son causa de bajos rendimientos de algunos cultivos que se siembran en la zona, entre ellos el maíz; los bajos rendimientos de los cultivos junto con los altos volúmenes de agua que se requieren para el lavado de suelos, hacen necesarios el implantar cultivos que permitan a los agricultores obtener mayores ingresos, que tengan buenos rendimientos en salinidad alta en su estrato de saturación, de igual forma es una necesidad muy apremiante que la asociación de riego promueva con sus agremiados cultivos de baja demanda de agua como el frijol.

De acuerdo con la literatura encontrada, los cultivos clasificados como tolerantes y muy tolerantes a sales y que se asumen como factibles de desarrollarse dentro de las zonas de riego del módulo I-3 Otameto, se encontraron los siguientes; **sorgo, soya, betabel, centeno, cebada, algodón, calabacita, espárragos, pastos y forrajes**, ver ANEXO I, en cuanto a los cultivos resistentes a sodio intercambiable que de igual forma se asume puedan desarrollarse, se encontraron algunos clasificados como semitolerantes y muy tolerantes, entre ellos, zanahoria, lechuga, caña de azúcar, sorgo, rábano, avena, centeno, tomate, espinaca, alfalfa, cebada y forrajes, ver ANEXO J. Entre los cultivos de baja demanda que se recomienda se amplíe su uso, son los que ya están usando, como el frijol, ejotero, chile, calabaza, berenjena y tomate.

3.12 Impactos de la gestión dentro del módulo de riego

3.12.1 Rendimientos en el cultivo del maíz ciclo agrícola 2008-2009

Rendimientos en el cultivo del maíz ciclo agrícola 2008-2009 y los que se pueden obtener por acciones de mejora

Con la intención de mejorar la productividad del agua y de la tierra y detectar mejoras a obtener en el rendimiento del maíz, al implementar posibles acciones parcelarias y mostrar que mediante las herramientas de gestión, se puede llevar un mejor uso y manejo del agua en las zonas de cultivo y de los volúmenes de agua, a continuación se muestra los resultados del análisis observado en el rendimiento del cultivo del maíz por sección de riego, utilizando los registros de los jefes de sección para el ciclo agrícola Otoño Invierno 2008-2009 y el software Arc View dentro del módulo I-3 Otameto.

Sección de riego 12

En la sección 12, se encontró que el rendimiento del maíz en los suelos que normalmente siembran y cultivan los usuarios y que se estima se encuentran dentro de distrito fluctúan entre 7.5 y 12 ton por ha, de esos suelos 933 hectáreas presentaron los mejores rendimientos y 285 hectáreas los rendimientos más bajos, para un total de 1218.7 ha.

La sección de riego 12 se caracteriza por que en los últimos años su zona de riego se ha ampliado considerablemente, estimándose en un porcentaje de más del 100 por ciento con respecto a la transferencia llevada a cabo en los años 90 y las cuales se estima cuentan con derechos agrarios, no obstante las condiciones de vocación del suelo y las limitaciones de agua ha impedido que la zona se desarrolle favorablemente, los rendimientos observados en el cultivo del maíz en esa zona de ampliación de 1325 hectáreas fluctúan entre 6.5 y 9.5 toneladas por hectárea los cuales se consideran bajos.

En la figura 37 y en la tabla 40 se observan los rendimientos en el maíz por lote de riego; los rendimientos observados y los que se podrían obtener por acciones de mejora, no obstante uno de los grandes factores limitantes es el agua ya que se requieren altos volúmenes para el lavados de las sales salinos sódicas del suelo y para el riego de los cultivos, persiste una zona de riego parcelada de 2500 hectáreas sin actividad agrícola y que se estima cuenta con derechos agrarios.

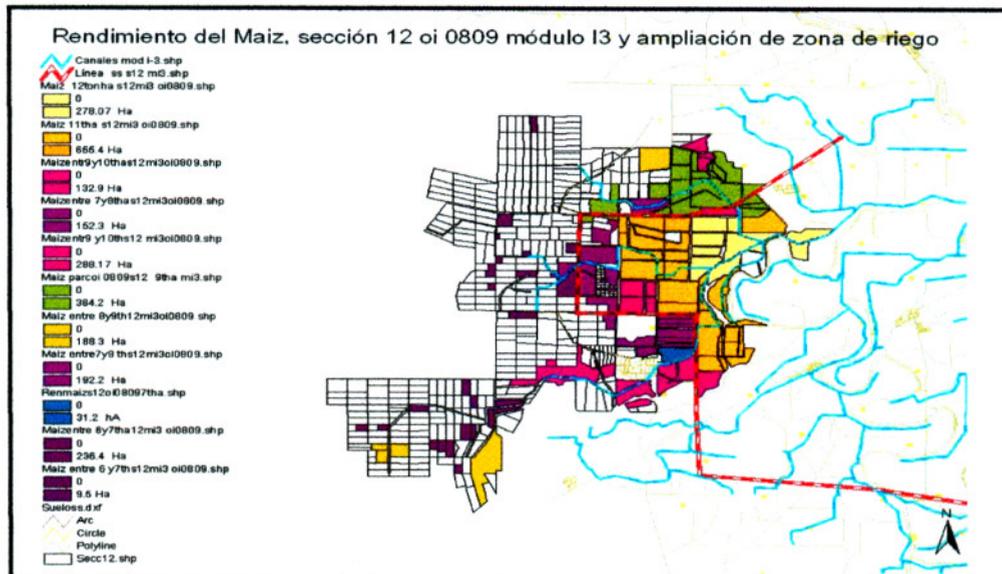


Figura 37. Rendimiento observado de maíz, sección 12, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto

Los incrementos que se puede obtener por acciones de mejora se observan en la tabla 40, que se muestra a continuación.

Sección 12	Rendimiento observado en maíz(2008-2009)			Incremento en rendimiento de maíz por acciones de mejora			
	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Total (ton)
	Suelos predominantes: Salinos y Salinos Sódicos			Otros suelos observados: Normales			
	Textura de Suelo que domina: Media			Otra textura observada: Fina			
Dentro de distrito	152.3	7.5	1142.25	152.3	4.5	685.35	1827.6
	132.9	9.5	1262.55	132.9	2.5	332.25	1594.8
285 has presentan los mas bajos	655.4	11	7209.4	655.4	1	655.4	7864.8
	278.07	12	3336.84	278.07	0	0	3336.84
	1218.67		12951.04	1218.67		1673	14624.04
	Suelos predominantes: Se estiman Salinos Sódicos						
	Textura de Suelo que domina: Media			Otra textura observada: Fina			
	245.9	6.5	1598.35	245.9	5.5	1352.45	2950.8
	31.2	7	218.4	31.2	5	156	374.4
Ampliación de zona de riego	192.2	7.5	1441.5	192.2	4.5	864.9	2306.4
	183.3	8.5	1558.05	183.3	3.5	641.55	2199.6
	384.2	9	3457.8	384.2	3	1152.6	4610.4
Fuera de distrito	288.17	9.5	2737.615	288.7	2.5	721.75	3459.365
	1324.97		11011.72	1325.5		4889.25	15900.97
1325 has los majos rend							
Zona parcela sin actividad agricola	2,500 Ha						

Tabla 40. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 12

Sección de riego 13

La vocación del suelo divide a la sección de riego 13 en dos partes, la primera se caracteriza por sus suelos salinos y normales con un porcentaje pequeño de suelos salinos sódicos, esa parte es la que se estima, se encuentra dentro de Distrito; el rendimiento observado en el cultivo del maíz oscila entre 8.5 y 12.5 toneladas por hectáreas en 1053 hectáreas y de las cuales en 273 hectáreas los rendimientos se consideran bajos fluctuando entre 8.5 y 9.5 Toneladas. La otra parte de 585 hectáreas se caracteriza por sus suelos salinos y salinos sódicos con una pequeña porción de suelos normales la cual se estima fuera de distrito y en la cual los rendimientos observados fluctúan entre 7.5 y 12.5 toneladas por hectárea. En 537 hectáreas los rendimientos se consideran bajos, fluctuando entre 7.5 y 9.5 toneladas por hectárea. La figura 38 y la tabla 41 indican los rendimientos del maíz observados por lotes y el incremento en rendimiento que puede obtenerse por acciones de mejora.

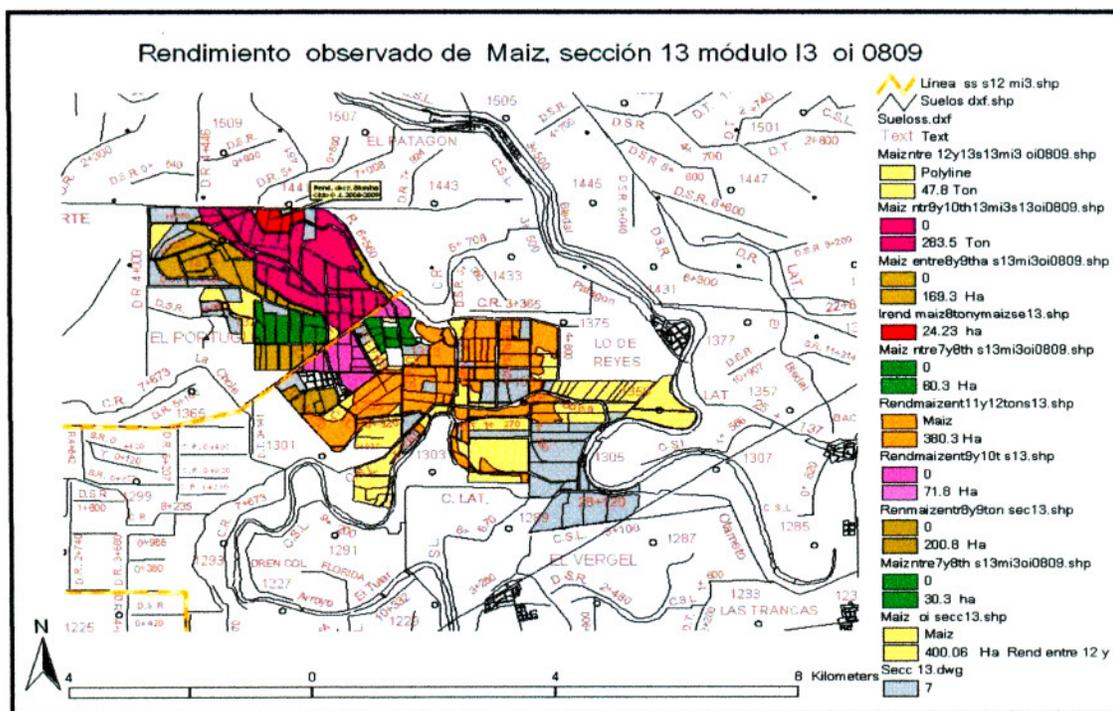


Figura 38. Rendimiento observados de maíz, sección 13, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto

Sección 13	Situación del maíz(2008-2009)			Incremento en rendimiento de maíz por acciones de mejora			
	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Total (ton)
Suelos predominantes: Normales y Salinos							
Textura de Suelo que domina: Media Otra textura observada: Gruesa							
Dentro de distrito	200.8	8.5	1706.8	200.8	4.0	803.2	2510
	71.8	9.5	682.1	71.8	3.0	215.4	897.5
	380.3	11.5	4373.45	380.3	1.0	380.3	4753.75
273 has los mas bajos rend	400.06	12.5	5000.75	400.06	0.0	0	5000.75
	1052.96		11763.1	1052.96		1398.9	13162
Suelos predominantes: salinos y salinos sódicos otros suelos observados: normales							
Textura de Suelo que domina: Fina, media							
Ampliación de zona de riego	60.3	7.5	452.25	60.3	5.0	301.5	753.75
	24.23	8.0	193.84	24.23	4.5	109.035	302.875
Fuera de distrito	169.3	8.5	1439.05	169.3	4.0	677.2	2116.25
	283.5	9.5	2693.25	283.5	3.0	850.5	3543.75
	47.8	12.5	597.5	47.8	0.0	0	597.5
	585.13		5375.89			1938.235	7314.125
537 has con los mas bajos rendimientos							

Tabla 41. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 13

Sección de riego 14

En la sección de riego 14, se encontraron en promedio 973 hectáreas con rendimientos altos en el cultivo del maíz, fluctuando entre 11 y 13 toneladas por hectárea, no obstante se determinaron 162 hectáreas al riego que presentan rendimientos bajos y los cuales oscilan entre 9 y 10 toneladas por hectárea. En la figura 39 y en la tabla 42 observan los rendimientos del cultivo del maíz y los incrementos que pueden ser factibles por acciones de mejora.

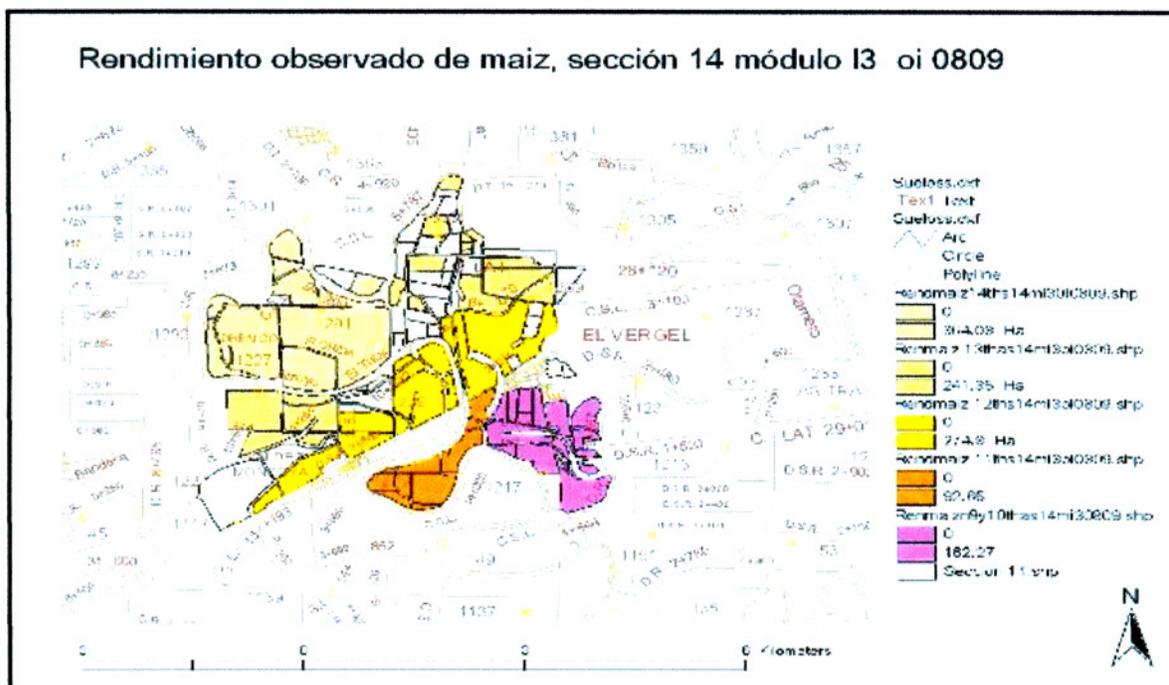


Figura 39. Rendimiento observados de maíz, sección 14, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto

Sección 14	Situación del maíz(2008-2009)			Incremento en rendimiento de maíz por acciones de mejora			
	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Total (ton)
Dentro de Distrito	Suelos predominantes: De salinos a normales			Otros suelos observados; salinos sódicos			
	Textura de Suelo que domina: Media			Otra textura observada: Textura Fina			
	162.27	9.5	1541.565	162.27	3.5	567.945	2109.51
	92.65	11	1019.15	92.65	3	277.95	1297.1
	274.8	12	3297.6	274.8	2	549.6	3847.2
162 has los mas bajos rendimientos	241.35	13	3137.55	241.35	1	241.35	3378.9
	364.08	14	5097.12	364.08	0	0	5097.12
	1135.15		14092.99	1135.15		1636.845	15729.83

Tabla 42. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 14

Sección de riego 15

De manera similar a la sección 12, la sección 15 mantiene una zona de 2249.14 hectáreas donde las características del suelo principalmente son normales y salinos con algunas porciones salinos sódicas donde se estima que la gran mayoría se encuentran dentro de distrito y en la que los rendimientos del cultivo del maíz fluctúan entre 6.5 y 12.5 toneladas por hectárea; de las 2249.14 hectáreas, 272 presentan los más bajos rendimientos, esto es entre 6.5 y 9.5 toneladas por hectárea.

De la información vectorial encontrada, en total en el módulo de riego, el registro del padrón de usuarios y visitas de campo se estima que existen 4964.8 hectáreas parceladas y con derechos agrarios en la sección 15, no obstante las condiciones prevalecientes de los suelos salinos sódicos indicó que 2716 se encuentran en condiciones de muy alta salinidad y sodicidad que impiden su desarrollo, sin embargo en el ciclo agrícola 2008-2009 al ciclo agrícola 2009-2010 se observan actividades aisladas en 987 hectáreas dentro de esas zonas, entre ellas algunas nivelaciones de tierra e instalación de drenaje parcelarios y la siembra de algunos cultivos resistente a sales como el sorgo grano. En la figura 40 y la tabla 43 observan los rendimientos en el cultivo del maíz y los incrementos que se estima se pueden obtener, por acciones de mejora en la sección de riego.

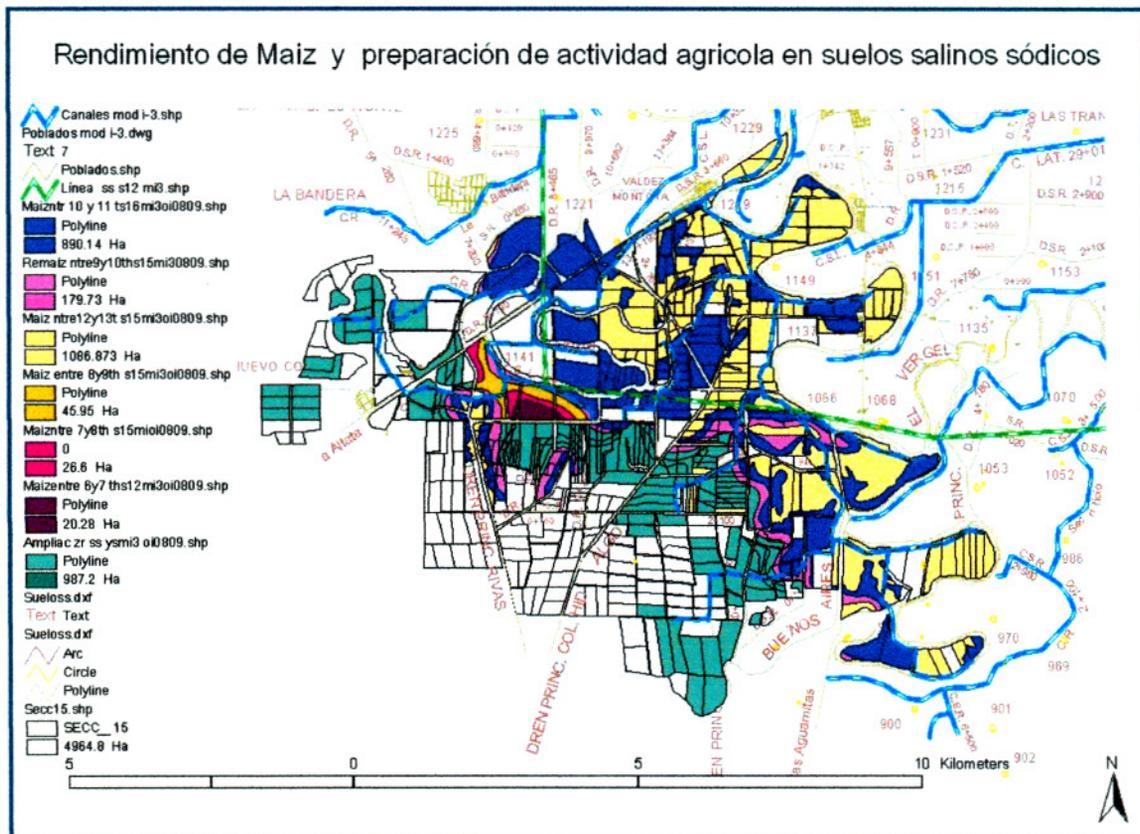


Figura 40. Rendimiento observados de maíz, sección 15, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto

Sección 15	Situación del maíz(2008-2009)			Incremento en rendimiento de maíz por acciones de mejora			Total (ton)
	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	
	Tipo de suelo que domina: Normales, salinos			Otros suelos observados: Salinos-sódicos			
	Textura de Suelo que domina: Textura Media						
Dentro de distrito							
	20.28	6.5	131.82	20.28	6.0	121.68	
	26.6	7.5	199.5	26.6	5.0	133	
272 has. presentan los rendimientos mas bajos	45.95	8.5	390.575	45.95	4.0	183.8	
	179.3	9.5	1703.35	179.3	3.0	537.9	2241.25
	890.14	10.5	9346.47	890.14	2.0	1780.28	11126.75
	1086.87	12.5	13585.875	1086.87	0.0	0	13585.875
	2249.14		25357.59	2249.14		2756.66	26953.875
Fuera de Distrito							
987 has se registran actividades	Tipo de suelo que domina: Salinos Sódicos			Otros suelos observados: Salinos			
	Textura de Suelo que domina: Textura Media Otra textura observada: fina						
	987.2	0	0	987.2	10	9872	9872
	987.2		0			9872	9872
1728.7 Has en suelos sin actividad							

Tabla 43. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 15

Sección de riego 16

De las condiciones de diagnóstico de la sección 16 se estima que los suelos prevalecientes se encuentran divididos en dos clases, los primeros se encuentran en el rango de suelos normales a salinos donde el rendimiento del cultivo del maíz fluctúa entre 11.5 a 12.5 toneladas por hectáreas en 1235.67 has y suelos salinos y salinos sódicos donde los rendimientos del cultivo del maíz se estima en un promedio de 9.5 toneladas por hectárea. En la **figura 41** y en la **tabla 44** observan los rendimientos observados en el maíz y los incrementos que se pueden obtener por acciones de mejora considerando las zonas como cultivadas de maíz.

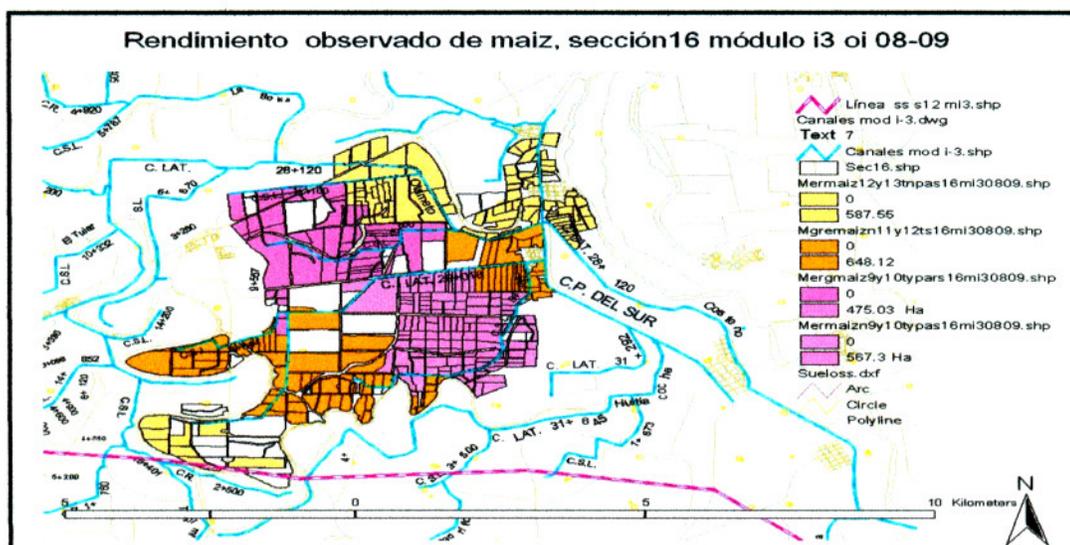


Figura 41. Rendimiento observados de maíz, sección 16, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto

Sección 16	Situación del maíz(2008-2009)			Incremento en rendimiento de maíz por acciones de mejora				
	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Total	Subtotal (ton)	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Total (ton)
Dentro de distrito	Tipo de suelo que domina: Normales Otros suelos observados; Salinos							
	Textura de Suelo que domina: Media							
	648.12	11.5		7453.38	648.12	1	648.12	8101.5
	587.55	12.5		7344.375	587.55	0	0	7344.375
	1235.67			14798			648.12	15445.88
	Tipo de suelo que domina: Salinos y Salinos Sódicos							
	Textura de suelo que domina: Fina y Media							
Dentro de distrito	1042.33	9.5		9902.135	1042.33	3	3126.99	13029.13

Tabla 44. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 16

Sección de riego 17

En forma similar a la sección 12 y 15, en la sección 17, los rendimientos observados en el cultivo del maíz en suelos normales y una porción de suelos salinos que se estiman dentro de distrito y en el límite de los mismos respectivamente, se determinó que fluctúan entre 6.5 y 12.5 toneladas por hectárea y de las cuales un promedio de 246 hectáreas se estiman que presentan los más bajos rendimientos en el cultivo del maíz y los cuales fluctúan entre 6.5 y 8.5 toneladas por hectárea.

En la sección de riego 17 en forma similar a la sección 15 de acuerdo con la información vectorial encontrada, el padrón de usuarios y visitas al sitio se observa registro de actividad en forma aislada en 854 hectáreas en suelos altamente salinos y salinos sódicos, no obstante en esas zonas de acuerdo con los registros se ha desarrollado el cultivo de caña en algunas parcelas, de lo que se deduce que existen algunas parcelas donde los suelos no presentan problemas de sales o cuando menos son muy bajas.

En la **figura 42** y la **tabla 45** rendimiento del cultivo del maíz y los rendimientos que se estima poder obtener por acciones de mejora considerando la siembra del maíz.

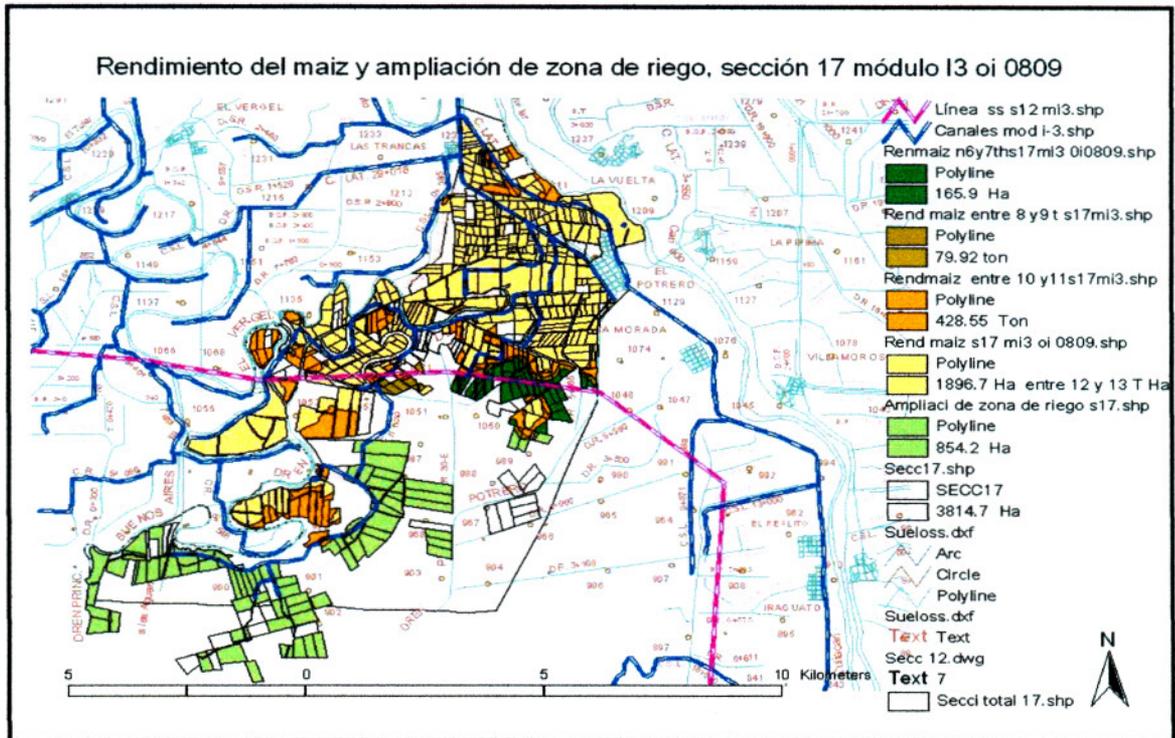


Figura 42. Rendimiento observados de maíz, sección 17, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto

Sección 17	Situación del maíz(2008-2009)			Incremento en rendimiento de maíz por acciones de mejora			
	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Total (ton)
Tipo de suelo que domina: Normales Otros suelos observados: Salinos							
Textura de suelo que domina: Media Otra textura observada: Fina							
Dentro y fuera de distrito	165.9	6.5	1078.35				
	79.92	8.5	679.32	198.2	4.0	792.8	1472.12
	428.5	10.5	4499.25	431.04	2.0	862.08	5361.33
	1896.7	12.5	23708.75	1759	0.0	0	23708.75
	2571.02		29965.67			1654.88	30542.2
Tipo de suelo que domina: Salinos sódicos Otros suelos observados: Salinos							
Textura de suelo que domina: Media y Fina							
Fuera de distrito	854.2	0.00	0	854.2	10.0	8542	8542
	854.2		0				
Zona en expansión							

Tabla 45. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 17

Sección de riego 18

Se estima que dentro de distrito en la sección 18 existen suelos normales salinos y salinos sódicos donde se encontró que los rendimientos observados en el maíz en un promedio de 3331 has se encuentran entre 5.5 y 12 toneladas por hectárea y de las cuales un promedio de 1508 hectáreas presentan los más bajos rendimientos que de acuerdo con el registro del jefe zona fluctúan entre 5.5 y 9.5 toneladas por hectáreas, de lo anterior se deduce de acuerdo con la salinidad umbral que el cultivo del maíz es capaz de producir a máximo rendimiento, que algunas zonas de suelos normales y salinos se han convertido en zonas de suelos salinos o salinos sódicos.

En complemento a lo anterior de acuerdo con el registro del padrón de usuarios y datos vectoriales se encontró que la zona de riego va en aumento y a partir del ciclo agrícola 2008-2009 se ha detectado actividad agrícola en forma aislada, como el lavado de sales, la nivelación de tierras y la instalación de drenajes parcelarios en 526 has.

Los detalles observados en rendimientos y los rendimientos que se estima se pueden obtener por acciones de mejora en cultivo del maíz en la zona normal de riego y en zona de ampliación se observa en las figuras 43, 44 y la tabla 46.

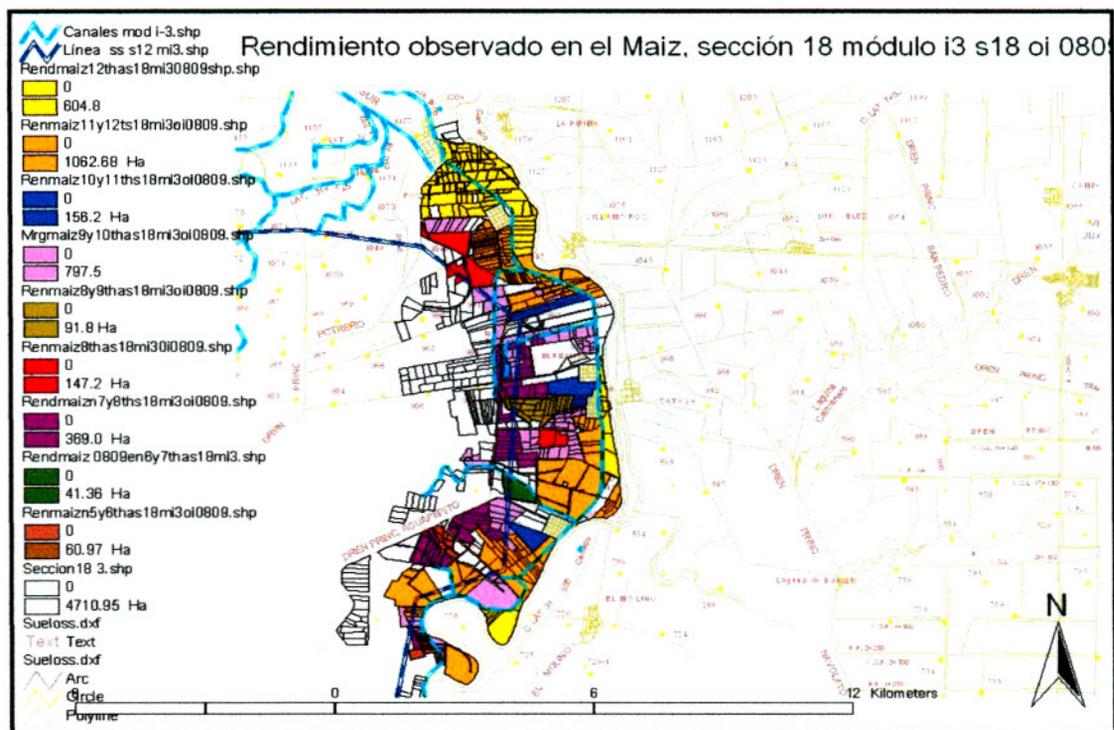


Figura 43. Rendimiento observados de maíz, sección 18, Ciclo Otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto

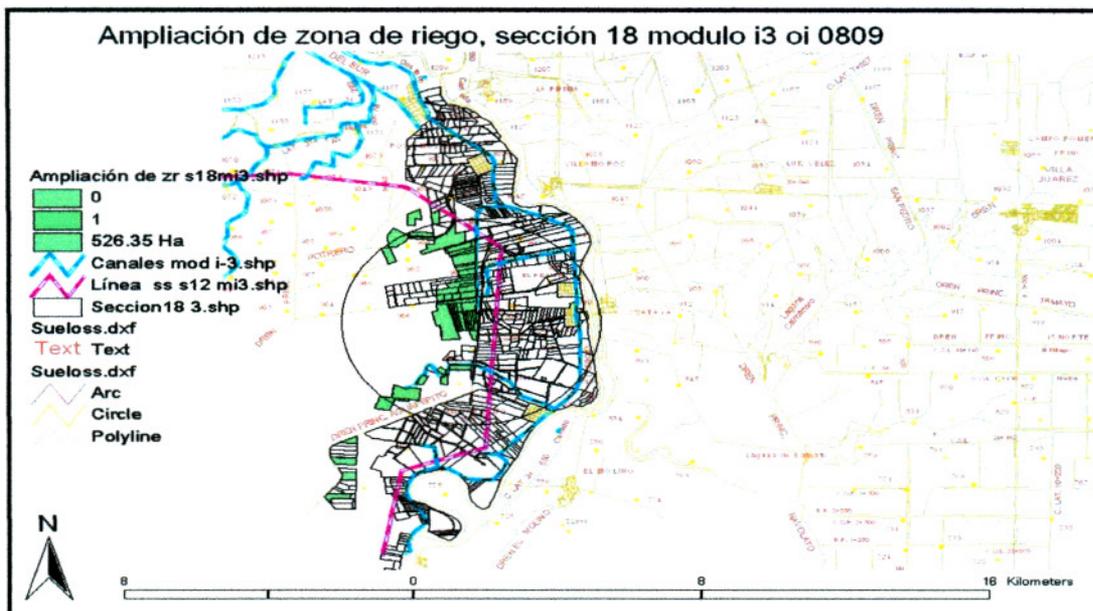


Figura 44. Siembra de maíz en ampliación de zona de riego, ciclo otoño invierno 2008-2009, módulo I-3 Otameto

Sección 18	Situación del maíz(2008-2009)			Incremento en rendimiento de			
	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Has.	Rend.prom. (Ton/Ha)	Subtotal (ton)	Total (ton)
	Tipo de suelos que domina: Normales Otro tipo de suelos observado; Salinos y Salinos Sódicos						
	Textura de suelo que domina: Media, otra textura observada: Gresa y Fina						
Dentro de distrito	60.97	5.5	335.335	60.97	6.5	396.305	731.64
	41.36	6.5	268.84	41.36	5.5	227.48	496.32
	369.0	7.5	2767.5	369.0	4.5	1660.5	4428
1508 has presentaron los rendimientos mas bajos	147.2	8	1177.6	147.2	4	588.8	1766.4
	91.8	8.5	780.3	91.8	3.5	321.3	1101.6
	797.5	9.5	7576.25	797.5	2.5	1993.75	9570
	156.2	10.5	1640.1	156.2	1.5	234.3	1874.4
	1062.68	11.5	12220.82	1062.68	0.5	531.34	12752.16
	604.8	12	7257.6	604.8	0	0	7257.6
	3331.51		34024.35	3331.51		5953.775	39978.12
	Tipo de suelos que domina: Suelos Salinos Sódicos Otros suelos observados: Salinos						
	Textura de suelo que domina: Media						
Fuera de distrito	92.3	5.5	507.65	92.3	6.5	599.95	1107.6
	118	6.5	767	118	5.5	649	1416
	149.36	7.5	1120.2	149.36	4.5	672.12	1792.32
	117.90	8	943.2	117.90	4	471.6	1414.8
	48.80	8.5	414.8	48.80	3.5	170.8	585.6
	526.36		3752.85	526.36		2563.47	6316.32
Zona en expansión							

Tabla 46. Incrementos que se pueden obtener en el maíz por acciones de mejora, sección 18

A continuación se observa en la tabla 47 un resumen del incremento en el rendimiento del maíz que por sección de riego al año agrícola 2008-2009.

Resumen de los incrementos en rendimientos de la producción de maíz por acciones de mejora dentro de las secciones de riego del módulo de riego I-3 Otameto al año agrícola 2008-2009					
Sección	Dentro de distrito		Fuera de distrito		Observaciones
	Has	Incremento (ton)	Has	Incremento (ton)	
12	1218.67	1673	1324.97	4489.25	1324 Hectáreas que se hizo un hábito su siembra. 2500 hectáreas parceladas en expansión de acuerdo al padrón del modulo I-3
13	1052.96	1398.9	585.13	1938.2	585 Hectáreas que se hizo un hábito su siembra
14	1135.15	1638.8			
15	2249.14	2759.66	987		Se observaron actividades aisladas en 987 Hectáreas.....1729 hectáreas parceladas en expansión de acuerdo al padrón de usuarios módulo i-3
16	1235.67	648.12			
16	1042.33	3126.99			
17	2571.02	1654.88	854.2		854.2 Has. ociosas con actividad agrícola aislada
18	3371.51	5953.77	526.36	2563.47	526.36 Has. ociosas con actividad agrícola aislada
Suma	13876.45	18854.12	4277.66	8990.92	
<p>Para lograr los incrementos en el rendimiento del maíz, principalmente usuarios fuera de distrito se requiere agua de riego para lavado de suelos, que la red de drenaje superficial esté en buenas condiciones, nivelación de tierras e instalación de drenaje parcelario donde se requiera.</p> <p style="text-align: right;">Agua que se requiere en promedio para lavar suelos dentro de distrito ALSDD=72 millares m³/ha</p> <p style="text-align: right;">Agua que se requiere en promedio para lavar suelos fuera de distrito ALSFD= 175 millares m³/ha</p>					

Tabla 47. Resumen de incrementos en rendimientos en cultivos de maíz por acciones de mejora, módulo I-3 Otameto

Conclusión: Derivado de la falta de agua en el módulo de riego I-3 Otameto, es necesario que la zona de cultivo ya no continúe creciendo, además dadas las condiciones de suelos salinos sódicos fuera de distrito se estima que los volúmenes de agua para lavado de suelos requieren dos punto cinco veces más que los suelos con problemas de sales dentro, donde se pueden incrementar los rendimientos con buenos resultados y en promedio dos veces por arriba de los suelos con alto problema de sales, como son los suelos salinos sódicos fuera de distrito

3.12.2 Indicadores de producción

Con información obtenida de la Asociación de Usuarios de Riego en estudio y algunas dependencias de Gobierno, entre ellas los Centros de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER)

Navolato y Culiacán adscritos a la SAGARPA, la Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa (CAADES) y la Asociación de Agricultores del río Culiacán, se integraron algunos indicadores de producción tomando en cuenta el promedio de las superficies sembradas desde el del ciclo agrícola 1998-1999 al ciclo agrícola 2007-2008, como se describe a continuación en la tabla 48.

Cultivo	Superficie cosechada ha	Rendimiento Ton/ha	Precio Medio Rural \$/Ton	Valor de la Producción \$/ha	Costo de Producción \$/ha	Utilidad neta promedio por años \$/ha (ciclo)	Indicadores de producción				
							Módulo I-3				
							util/ha	valor de prod	sup	Utilidad Neta* superficie cosechada	Utilidad de la Región
Otoño-Invierno											
Algodón	839.45	2.15	3925	5,396,116.49	11,329.13	-2890.375		10	5	-1,848,235.84	-1.98
Berenjena	17.67	45.45	3723.33	2,989,337.27	55,604.27	113,603.50	1			2,006,995.22	2.15
Calabaza	126.44	10.11	3834.56	4,902,232.98	30,656.28	8,113.58	12	11		1,025,916.58	1.10
Cartamo	146.89	1.74	1764.29	451,850.36	4,060.84	-984.82				-144,664.04	-0.15
Chile	42.62	41.19	3140.56	5,514,185.68	48,677.99	80,695.50	2	9		3,439,421.62	3.68
Frijol	1750.12	1.46	7490.00	19,093,415.44	9,242.54	1,667.25	18	3	2	2,917,879.82	3.12
Ejote	212.48	12.59	4009.00	10,728,495.00	22,637.47	27,853.84	10	4		5,918,440.50	6.33
Garbanzo	3.00	1.58	5000.00	23,671.88	5,441.50	2,449.13	17			7,347.38	0.01
Girasol	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00
Hortaliza	21.21	9.46	3297.29	661,686.95	23,353.21	7,837.42	13			166,265.25	0.18
Maiz	12452.15	9.47	1610.00	189,825,455.41	10,980.41	4,263.99	16	1	4	53,095,847.74	56.79
Maiz Amarillo	75.25	9.81	2100.00	1,550,408.91	14,513.33	6,090.11	15			458,280.58	0.49
Melón	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00
Papá	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00
Pepino de Vara	33.50	45.56	2254.17	3,440,551.45	55,216.43	47,486.60	5	12		1,590,801.10	1.70
Sandía	12.80	22.33	1458.00	416,709.09	31,235.36	1,320.03				16,896.44	0.02
Sorgo Grano	730.43	7.71	1205.00	6,787,109.85	8,889.28	402.71		7	3	294,147.26	0.31
Trigo	8.00	4.81	1250.00	48,076.92	6,651.70	-642.08				-5,136.68	-0.01
Tomate de vara	178.47	50.18	2719.00	24,351,350.56	70,033.77	66,413.59	3	2		11,852,633.67	12.68
Tomate de suelo	21.00	45.57	1990.00	1,904,570.41	42,573.84	48,119.99	4			1,010,519.75	1.08
Escoba	17.39	0.98	7788.89	132,177.56	7,313.87	287.40				4,997.55	0.01
Pepino de suelo	16.00	40.14	1560.00	1,001,984.24	34,104.83	28,519.19	9			456,307.04	0.49
										0.00	0.00
Subtotal	16506.16									0.00	0.00
Primavera Verano											
Forraje	35.77	11.80	4184.40	1,765,848.33	9,407.46	39,964.80	6			1,429,381.04	1.53
Maiz P.V	114.82	7.18	1566.67	1,291,903.98	10,534.07	717.32				82,364.12	0.09
Sorgo P. V.	802.74	6.97	1365.89	7,645,739.08	8,541.61	982.94		6	4	789,046.18	0.84
Soya	8.00	2.20	3000.00	52,800.00	6,541.00	59.00				472.00	0.00
Sorgo Escobero	96.22	1.005911425	8325	805,724.87	7,503.22	871.00				83,803.04	0.09
Subtotal	1057.54									0.00	0.00
										0.00	0.00
Perenes											
Frutales	118.23	12.90	3793.52	5,787,417.39	15,596.90	33,351.94	8	8		3,943,333.52	4.22
Alfalfa	5.52	12.69	3860.00	270,298.65	21,207.27	27,759.87	11			153,234.50	0.16
Caña	331.85	84.23	284.50	7,952,065.08	16,560.33	7,402.42	14	5	6	2,456,501.68	2.63
Forraje	68.09	9.81	4115.78	2,749,017.46	6,682.79	33,688.13	7	13		2,293,959.26	2.45
										0.00	0.00
Subtotal	523.70									0.00	0.00
Total	18087.41									93,496,756.29	100.00

Tabla 48. Indicadores de Producción del ciclo agrícola 1998-1999 al ciclo agrícola 2007-2008, módulo I-3 Otameto

Los resultados muestran que:

1. Del período analizado los cultivos con mayor utilidad por hectárea para los usuarios o para el productores, esto es los que le aportan mayor beneficio a sus bolsillos, se encontraron, la

berenjena, el chile, el tomate de vara, el tomate de suelo, el pepino de vara, los frutales, el pepino de suelo y el ejote dentro del ciclo otoño invierno, así como también los forrajes dentro del ciclo primavera verano.

2. En cuanto al valor de la producción por lo que representa la cantidad de producción, el cultivo más importante es el maíz, luego el tomate de vara y el frijol, este último presentó dos importantes bajas en su siembra y producción, la primera fue en el período 1999-2000, donde la superficie sembrada y cosechada bajó de 8633 ha a 2806 ha, la segunda baja se dio de 2003, 2004, donde la producción bajó de 1524.26 ha a 138.72 ha, en el ciclo 2007-2008, se sembraron y cosecharon 239.26 ha, asimismo el ejote y la caña se encuentran dentro de los primeros cinco cultivos cuyo valor de la producción es importante.

3. En cuanto a la superficie sembrada y cosechada, el maíz es el más importante, le siguen en orden, el frijol y el sorgo grano de otoño invierno y de primavera verano, la caña y el algodón, en este último su siembra ha presentado costos altos y precios medios rurales bajos que han repercutido en el bolsillo del usuario, por lo que realmente, las utilidades han sido negativas; los usuarios han perdido en la siembra de algodón por falta de mercado, los ciclos donde se sembró algodón son 98-99, 99-00.

4. En cuanto a la utilidad para la región, los cinco cultivos más importantes en orden de importancia resultaron ser, el maíz, el tomate de vara, el ejote, los frutales y el chile.

3.12.3 Productividad de la tierra y del agua, nivel tecnológico

De la información contenida en la tabla 49 se observa el promedio de los volúmenes utilizados y la lámina bruta a nivel de la Presa en los años agrícolas 2005-2006, 2006-2007 y 2007-2008 reportados en el plan de riegos a nivel de entrega en canales laterales del distrito de riego 010 Culiacán-Humaya. Se observa asimismo el destino de la producción y la localización de la agroindustria.

En general se observó que los cultivos en los cuales se han utilizado las menores láminas de riego son la calabaza, el frijol, el pepino de vara, los forrajes y la alfalfa, no obstante algunas láminas brutas se observaron altas, como por ejemplo la del maíz de otoño invierno con 122.97 centímetros, ya que el promedio observado de láminas brutas utilizadas dentro del periodo comprendido desde 1990 a 2000 en los distritos de riego es de 111 centímetros (Peña 2007, IMTA) y la cual se estima pueda ser más baja debido a la humedad residual por lluvia y el aporte freático de buena calidad, descontando la lámina de sobrieriego.

Cultivo	Superficie cosechada ha	Volumen Bruto millares m.c.	lámina bruta cm	Destino de la producción \$	Localización de la agroindustrial
Otoño- Invierno y perennes					
Berenjena	12.67	127.79	100.89	Exportación	
Calabaza	101.17	807.51	79.82	Exportación	
Chile	58.77	704.36	119.86	Exportación y local	Empacadoras
Frijol	401.38	3,507.56	87.39	Local y Nacional	
Ejote	243.05	3,021.07	124.30	Exportación	
Maiz	15273.79	187,816.70	122.97	Local o nacional	Industria de etanol Navolato Sinaloa y Regional
Maiz Amarillo	93.67	1,151.79	122.97	Local o nacional	Industria de etanol Navolato Sinaloa y Regional
Pepino de Vara	4.00	6.03	15.07	Exportación	
Sorgo Grano	138.17	2,356.32	170.53	Industrial	Regional
Tomate de vara	86.03	997.93	115.99	Exportación	
Tomate de suelo	7.00	81.20	115.99	Industrial Local	Procesadoras de jugo pure de tomate y mercado Local
Subtotal	16419.69				
Primavera Verano					
Forraje	53.61	375.22	69.99	Local	
Maiz P.V	137.12	1,595.16	116.33	Local y Nacional	
Sorgo P. V.	564.59	3,546.94	62.82	Industrial	Regional
Subtotal	755.32				
Perenes					
Frutales	148.11	1,348.28	91.03	Local y Regional	
Alfalfa	4.00	14.80	37.00	local	
Caña	406.33	6,685.62	164.54	Regional	
Forraje	43.17	302.12	69.99	Local	
Subtotal	601.61	214446.38			

Tabla 49. Promedio de volúmenes utilizados y láminas brutas a nivel de Presa para los principales cultivos del módulo de riego I-3 Otameto del año agrícola 2005-2006 al 2007-2008, Distrito de Riego 010 Culiacán

De igual forma con la información encontrada, en la tabla 50 se observan, los promedios de superficie cosechada, volumen bruto, producción y valor de la producción en el módulo de riego I-3 Otameto, en el periodo comprendido 2005-2008, asimismo se observan indicadores de la productividad de la tierra y del agua, así como el nivel tecnológico. El indicador de 12.06 millares de m³/ha se considera alto y el de la productividad del agua de 2,000.01 \$/millar de

metro cúbico se considera bajo, según los datos de la gerencia de distritos de riego al ciclo 2001-2002 se tiene una productividad de \$2,259.90/millar de metro cúbico a precios constantes de esa fecha.

Cultivo	Superficie cosechada ha	Volumen bruto millares m.c.	Producción Ton	Valor de la producción \$	Productividad de la tierra y el agua y nivel tecnológico	
Otoño-Invierno					a.- Productividad de la tierra Producción Total/Sup cosechada del módulo 12.31 ton/ha b.- Volumen Total Utilizado/Superficie cosechada del módulo 12.06 millares de m3 /Ha c.- Valor Total de la Producción/Superficie cosechada del módulo 24,138.99 \$/ha	
Berenjena	12.67	127.79	370.50	957,125.00		
Calabaza	101.17	807.51	843.03	3,323,213.48		
Chile	58.77	704.36	1807.95	4,459,613.04		
Frijol	401.38	3507.56	759.99	6,839,869.98		
Ejote	243.05	3021.07	3494.06	22,944,297.77		
Maiz	15273.79	187816.70	160191.22	336,401,569.00		
Maiz Amarillo	93.67	1151.79	918.98	1,929,855.61		
Pepino de Vara	4.00	6.03	125.69	201,100.69		
Sorgo Grano	138.17	2356.32	1094.96	1,697,189.33		
Tomate de vara	86.03	997.93	4491.77	14,074,206.43		
Tomate de suelo	7.00	81.20	211.17	246,361.11		
Sub-total	16,419.69	200,578.25	174,309.31	393,074,401.44		Productividad del agua 2,001.01 \$/millar de metro cúbico Lamina promedio utilizada 120.63 cm
Primavera Verano					Nivel Tecnológico a) Superficie con sistemas de riego presurizado/Superficie de riego Superficie con sistemas de riego presurizado 3.50% Con superficie concesionada Superficie Total del módulo 2.56% Con superficie de riego b) Superficie Total Nivelada/ Superficie Total del Módulo Superficie nivelada 22.05% Con superficie concesionada Superficie Total del módulo 16.11% Con superficie de riego	
Forraje	53.61	375.22	762.58	3,615,152.93		
Maiz P. V	137.12	1595.16	1070.16	1,908,456.62		
Sorgo P. V	564.59	3546.94	4322.57	7,564,501.11		
Sub-total	755.32	5517.31	6155.32	13,088,110.65		
Perenes						
Frutales	148.11	1348.28	1714.29	7,991,224.76		
Alfalfa	4.00	14.80	48.52	185,188.68		
Caña	406.33	6685.62	36061.55	11,876,270.75		
Forraje	43.17	302.12	541.31	2,894,573.95		
Sub-total	601.61	8350.82	38365.68	22,947,258.15		
Total	17776.63	214,446.38	218830.30	429,109,770.26		

Tabla 50. Productividad de la tierra y el agua, nivel tecnológico, en el módulo de riego I-3 Otameto en el periodo de 2005-2008

Nivel tecnológico

Al mes de Abril de 2008, de la información obtenida del módulo de riego I-3 Otameto, la superficie con sistemas de riego presurizado es de 525 has, lo que representa un porcentaje de 3.50%, con respecto a la superficie concesionada, y considerando el total de la superficie de riego incluyendo la precaria el porcentaje es de 2.56%; ambos porcentajes se consideraron bajos.

Así mismo al mes de abril de 2008 la superficie nivelada es de 3305 has, esto representa el 22.05% con respecto a la superficie concesionada y de 16.11 % con respecto a la superficie de

riego del módulo, incluyendo la precaria, en el mes de diciembre de 2008 la superficie nivelada llegó a 3600 hectáreas.

Se observa que el avance tecnológico es bajo, por lo que acciones de mejora, con fines de eficientar el riego, deben de encaminarse a acciones de rehabilitación y modernización que hagan más sustentable el uso del recurso hídrico, tomando en cuenta la opinión de los usuarios.

3.12.4 Comparativa de la productividad de la tierra y el agua

En la tabla 51 se observa una comparativa de la productividad de la tierra y del agua en el módulo de riego I-3 Otameto, por tipos de cultivos en el periodo comprendido 2005-2008, destacan las hortalizas como el cultivo que más rendimiento presenta, siendo de 22.13 toneladas por hectárea, con un valor de producción promedio de \$90,126.23 por hectárea, la lámina de riego utilizada promedio es de 112.08 cm, inferior a la utilizada para la producción de granos que es de 122.48 cm. El segundo lugar en producción por superficie cosechada lo ocupan los perennes con un valor de \$ 59,006.55 por hectárea; en el análisis de la lámina promedio de perennes de la tabla 51, no se considera la caña de azúcar.

Es evidente que la producción y el valor total de producción de granos en toneladas por hectárea y pesos por hectárea, respectivamente en el ciclo otoño invierno es mayor que en primavera verano, asimismo los volúmenes de agua utilizados son mayores en otoño invierno que en primavera verano. La productividad del agua en pesos por millar de metro cúbico en primavera verano es ligeramente más alta que en otoño invierno en la producción de granos.

(Comparativa de la productividad de la tierra y el agua)					
Productividad de la		Mortalzas (O.I)	Granos (O.I)	Granos (p.v)	Peronos
a.- Producción Total/Superficie cosechada del módulo	ton/ha	22.13	10.24	7.69	12.32
b.- Volumen Total Utilizado/Superficie cosechada del módulo	millares de m3 /Ha	11.21	12.25	7.33	8.20
c.- Valor Total de la Producción/Superficie cosechada del módulo	\$/ha	90,126.23	21,806.01	13,499.75	59,006.55
Productividad del agua	\$/millar de metro cúbico	8041.57	1,780.34	1,842.24	7,197.63
Lámina promedio utilizada	cm	112.08	122.48	73.28	81.98

Fuente: Módulo de riego I-3, Distrito de riego 010, investigación y cálculos propios.
Pesos corrientes.

Notación O.I. = Otoño invierno, P.V.= Primavera Verano

Tabla 51. Comparativa de la productividad de la tierra y el agua, en el módulo de riego I-3 Otameto por tipos de cultivos del periodo comprendido del 2005 al 2008.

4 REQUERIMIENTO EN TECNIFICACIÓN, INTERES DE LOS USUARIOS

Dentro de los aspectos de Rehabilitación y Modernización del Módulo de Riego a considerar en la propuesta como acciones estructurales de mejora, a continuación tomando en cuenta la opinión de los usuarios y la información encontrada del estudio agrológico de los suelos del módulo de riego I-3 Otameto, se presenta un análisis de los trabajos factibles a desarrollar desde el punto de vista técnico y social que se proponen a la asociación de usuarios para su correspondiente gestión al año agrícola 2007-2008

Nivelación de tierras

En la **tabla 52** se observan las series de suelos con mayor impacto en la nivelación de tierras y el interés de los usuarios dentro y fuera de distrito por llevarla a cabo por sección de riego y por módulo; las series Iraguato y Bledal son las que requieren mayormente la nivelación de tierras con un valor de 19, 050 hectáreas de un total de 25, 560 hectáreas⁶¹. Asimismo se observa del resultado de las encuestas de opinión que el interés total de los usuarios por la nivelación de tierras es de 19, 263 has, cifra que rebasa el requerimiento de hectáreas de la serie de suelos del estudio agrológico, esto demuestra que los usuarios, están muy interesados en llevarla a cabo, a la fecha del cierre del ciclo agrícola 2007-2008, el módulo de riego llevaba un total de 3600 hectáreas niveladas, por lo que sumadas al total de hectáreas del interés de los usuarios resultó un total de 22,863 has. La asociación de usuarios hasta el año agrícola 2007-2008 cuenta con 4 equipos completos de nivelación, el rendimiento promedio de estos equipos de acuerdo con la gerencia de módulo de riego es de 400 has por año agrícola, es un rendimiento bajo, debido que se deben de tener las condiciones de no lluvia y no tener cultivos en pie, para que aumente. En pláticas con autoridades del módulo de riego, se conoció el proyecto de contratar un nivelador que se ajuste a los costos de operación del módulo, además de amortizar con la diferencia del cobro de \$8.50 por metro cúbico al usuario, el costo de los equipos, por lo que se determinó que lo máximo que se podía nivelar en un periodo de 5 años es la cantidad de 3000 has, no obstante se pueden ver otras alternativas como la adquisición de equipo nuevos, con los apoyos de los programas de alianza para el campo a cargo de la CONAGUA, por lo anterior se propuso para el corto plazo la nivelación de 3000 has y para el mediano plazo la nivelación de la diferencia de 16,050 hectáreas contra 1,906.47 hectáreas de riego por goteo y por aspersión del interés de los usuarios en la serie de suelos Iraguato lo que da 14,144 hectáreas.

⁶¹ De acuerdo con el estudio agrológico del distrito de riego 010 Culiacán

Serie de suelos con requerimiento de nivelación de tierras e interés de los usuarios por nivelación de tierras															
Secc	Iraguato *	Higueras Has (5)	Navolato Has (4)	Bledal (Has) (2) *	Suelos que requieren nivelación de tierras (Has.)	Area total por sección	Usuarios en la Sección de dentro del distrito	Promedio de Has. (Usuario) dentro	Interés de los usuarios dentro del distrito por la nivelación de tierras (%)	Suelos de interés de los usuarios dentro del distrito por la nivelación de tierras (Has.)	Usuarios en la Sección de fuera del distrito	Promedio de Has. (Usuario) fuera	Interés de los usuarios fuera del distrito por la nivelación de tierras (%)	Suelos de interés de los usuarios fuera del distrito por la nivelación de tierras (Has.)	Total de hectáreas de interés de los usuarios por la nivelación de tierras
12	180	100	1370	1500	1680	3150	123	9.88	0.67	810.20	211	9.8	0.8333	1723.10	2533.30
13	330	0	1030	680	1010	2040	131	9.88	1.00	1294.28	83	9.8	1	813.40	2107.68
14	1080	0	0	280	1340	1340	151	9.88	1.00	1491.88	0	9.8	0	0.00	1491.88
15	880	0	1300	2760	3840	4940	209	9.88	0.60	1238.95	155	9.8	0.75	1139.25	2378.20
16	1060	0	460	1400	2460	2920	363	9.88	0.67	2391.08	14	9.8	0.5	68.60	2459.68
17	1400	440	1150	2680	4080	5670	415	9.88	0.82	3354.76	182	9.8	0.6	1070.16	4424.94
18	960	0	660	3880	4840	5500	375	9.88	0.70	2593.50	195	9.8	0.6667	1274.06	3867.56
Módulo I-3	5890	540	5970	13160	19,950	25,560				13,175				6,089	19,263

Fuente consultada:

* Serie de suelos con mayor impacto en nivelación de tierras

_Series de suelo que requieren Nivelación de tierras: Estudio Agrológico en 174, 073 Has. en la I, II, III Y VI unidades de riego del Distrito de Riego No. 010 Culiacán Humaya San Lorenzo (1995)

_Resultado de las Encuestas aplicadas en la presente tesis para la formulación del plan de mejoras para la modernización integral del Riego en el módulo de riego I-3 Otameto (2008)

_Tenencia de la Tierra de acuerdo al padrón de usuarios del módulo de riego I-3 contemplado dentro del padrón de usuarios del distrito de riego 010- Culiacán al mes de marzo de 2008

_Cálculos Propios

Tabla 52. Serie de suelos con requerimiento en nivelación de tierras e interés de los usuarios por nivelación de tierras

Drenaje parcelario

En la tabla 53 de acuerdo con el estudio agrológico del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya en el módulo de riego en estudio, se observan los suelos que requieren sistemas de drenaje parcelario, asimismo de acuerdo con el resultado de encuestas también se observa el interés de los usuarios dentro y fuera por los mismos sistemas, por sección de riego y por módulo. De acuerdo con la información se determinó que los suelos que requieren drenaje parcelario son 19,670 hectáreas y el total de suelos dentro del interés de los usuarios fue de 3309.62 hectáreas, para usuarios dentro y fuera de distrito de acuerdo con los resultados de las encuestas realizadas en el presente trabajo. Hasta 2008 el total de drenaje parcelario realizado era de 2018.51 has, lo que da un total de 5,328.13 has. Dentro de la propuesta de mejoras y de acuerdo con lo percibido con los usuarios se propuso dentro del corto plazo el drenaje parcelario de las 3309.62 hectáreas, en el mediano plazo igualmente se propuso realizar la diferencia contra lo realizado y programado al corto plazo; la cantidad de 14, 431.87 has, toda vez que se estima que una vez que los usuarios vean los resultados de mejoramiento en rendimientos de los cultivos y el manejo del agua se motiven para la tecnificación mediante drenaje subterráneo.

Serie de suelos con requerimiento de drenaje parcelario e interés de los usuarios por drenaje parcelario															
Secc.	Iraguato *	Higueras Has (5)	Navolato Has (4)	Bledal (Has) (2)	Suelos que requieren drenaje parcelario (Has.)	Área total por sección	Usuarios en la Sección dentro del distrito	Promedio de Has. (Usuarios) dentro	interés de los usuarios dentro del distrito por sistemas de riego parcelario (%)	Suelos de interés de los usuarios dentro (Has.)	Usuarios en la Sección fuera del distrito	Promedio de Has. (Usuarios) fuera	interés de los usuarios fuera del distrito por sistemas de riego parcelario (%)	Suelos de interés de los usuarios fuera (Has.)	Total de hectáreas de interés de los usuarios
12	180	100	1370	1500	2970	3150	123	9.88	0.33	405.04	211	9.8	0.1667	344.70	749.74
13	330	0	1030	680	1710	2040	131	9.88	0.00	0.00	83	9.8	0	0.00	0.00
14	1080	0	0	260	260	1340	151	9.88	0.00	0.00	0	9.8	0	0.00	0.00
15	880	0	1300	2760	4060	4940	209	9.88	0.20	412.98	155	9.8	0	0.00	412.98
16	1060	0	460	1400	1860	2920	363	9.88	0.11	398.45	14	9.8	0	0.00	398.45
17	1400	440	1150	2680	4270	5670	415	9.88	0.00	0.00	182	9.8	0	0.00	0.00
18	960	0	660	3880	4540	5500	375	9.88	0.30	1111.50	195	9.8	0.3333	636.94	1748.44
Módulo I-3	5890	540	5970	13160	19670	25560				2327.98				981.64	3309.62

* Serie de suelos que no requieren drenaje parcelario

Fuente consultadas:
 _Series de suelo que requieren Drenaje Parcelario: Estudio Agrológico en 174, 073 Has. en la I,II, III Y VI unidades de riego del Distrito de Riego No. 010 Culiacán Humaya San Lorenzo (1995)
 _Resultado de las Encuestas aplicadas en la presente tesis para la formulación del plan de mejoras para la modernización Integral del Riego en el módulo de riego I-3 Otameto (2008)
 _Tenencia de la Tierra de acuerdo al padrón de usuarios del módulo de riego I-3 contemplado dentro del padrón de usuarios del distrito de riego 010-

Tabla 53. Serie de suelos con requerimiento de drenaje parcelario e interés de los usuarios por el drenaje parcelario

De acuerdo con el resultado del análisis de una de las variables del balance del agua en el suelo; el aporte freático, existen zonas de aporte freático de calidad aceptable y zonas de aporte freático de mala y muy mala calidad para el cultivo, como se observa en la **figura 45**, por lo que de acuerdo con la delimitación de esas zonas, los trabajos de drenaje parcelario se proponen se lleven a cabo por prioridad de importancia en la zona 1 (color azul cielo, con problemas de sales y sodio) y la zona 2 (color morado, con problemas de alto porcentaje de sodio intercambiable y donde se asume que está afectando las capas superiores del suelo), dejando en prioridad 3 al área en rojo, donde no es factible la realización de trabajos de drenaje parcelario, principalmente por la falta de agua.

Los resultados del aporte freático en la zona de color azul fuerte indicaron agua de calidad aceptable en el freático para el cultivo por lo que en esas zonas se concluyó que es suficiente en su momento la conservación normal de la red de drenaje y mantener las mejores prácticas de riego llevadas a cabo.

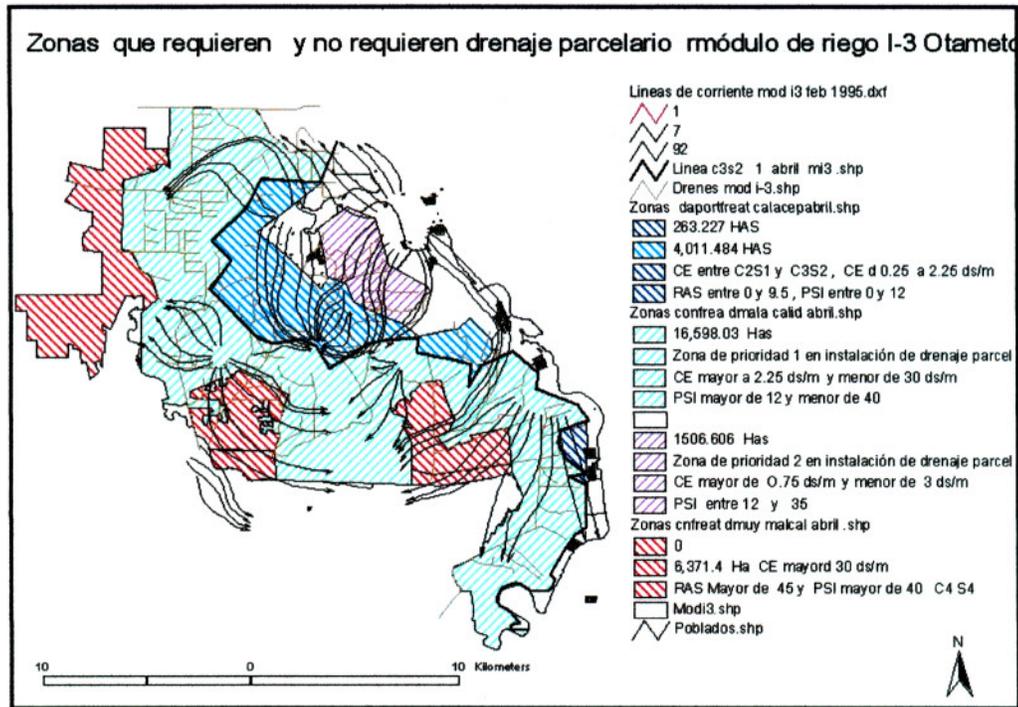


Figura 45. Caracterización de zonas que requieren drenaje parcelario, módulo I-3 Otameto

De acuerdo con las texturas de las series de suelos del módulo de riego I-3 Otameto, en la zona de prioridad 1 (color azul cielo), para el caso de la serie de suelos Navolato e Higueras se recomienda colocar drenaje parcelario a profundidades mayores a 2 metros por su alto contenido en arcilla que impiden que el agua se infiltre a capas menores, no obstante en la serie Navolato de acuerdo a sondeos es posible que algunos lugares sea a menor profundidad al encontrarse suelos francos y francos limosos.

Riego por goteo

En la Tabla 54 se observa la serie de suelos en los que urge la tecnificación y donde se analizó el riego por goteo por sección de riego y por módulo, en general se encontró que los suelos que requieren riego por goteo son 5,890 hectáreas repartidos en las siete secciones de riego, las secciones de riego que menos lo requieren son muy pocas, son la sección 12 y 13. Los suelos del interés de los usuarios dentro por los sistemas de riego por goteo son 1170 has, de acuerdo con el resultado de las encuestas, los usuarios fuera de distrito no se interesan mucho por dicho riego, actualmente se puede decir que en el módulo de riego es muy baja o casi nulo el sistema de riego por goteo por lo que se considerará las 1170 hectáreas en el corto plazo.

Serie de suelos con requerimiento de riegos por goteo e interés de los usuarios por riego con goteo															
Secc.	Iraguato *	Higuera s Has (5)	Navolato Has (4)	Bledal (Has) (2)	Suelos que requieren riego presurizados (por goteo) ((Has.)	Área total por sección	Usuarios en la Sección dentro de distrito	Promedio de Has.(Usuario) dentro	Interés de los usuarios dentro de distrito por riego presurizado (goteo) (%)	Suelos de interés de usuarios dentro de el distrito por el riego presurizado (goteo)(Has.)	Usuarios en la Sección fuera de distrito	Promedio de Has.(Usuarios) fuera	Interés de los usuarios fuera de distrito por sistemas de riego presurizado (goteo) (%)	Suelos de interés de usuarios fuera de distrito por el riego presurizado (Goteo) (Has.)	Total de hectáreas de interés de los usuarios con riego presurizado (goteo)
12	180	100	1370	1500	180	3150	123	9.88	0.00	0.00	211	9.8	0.00	0.00	0.00
13	330	0	1030	680	330	2040	131	9.88	0.00	0.00	83	9.8	0.00	0.00	0.00
14	1080	0	0	260	1080	1340	151	9.88	0.00	0.00	0	9.8	0.00	0.00	0.00
15	880	0	1300	2760	880	4940	209	9.88	0.00	0.00	155	9.8	0.00	0.00	0.00
16	1060	0	460	1400	1060	2920	363	9.88	0.22	796.91	14	9.8	0.00	0.00	796.91
17	1400	440	1150	2680	1400	5670	415	9.88	0.09	372.71	182	9.8	0.00	0.00	372.71
18	960	0	660	3880	960	5500	375	9.88	0.00	0.00	195	9.8	0.00	0.00	0.00
Módulo I-3	5890	540	5970	13160	5,890	25,560				1,170				0.00	1,170

Fuente consultadas:

* Serie de suelos en los que urge la tecnificación (por goteo)

_Series de suelo que requieren Riego por goteo: Estudio Agrológico en 174, 073 Has. en la I,II, III Y VI unidades de riego del Distrito de Riego No. 010 Culiacán Humaya San Lorenzo (1995)

_Resultado de las Encuestas aplicadas en la presente tesis para la formulación del plan de mejoras para la modernización Integral del Riego en el módulo de riego I-3 Otameto (2008)

_Tenencia de la Tierra de acuerdo al padrón de usuarios del módulo de riego I-3 contemplado dentro del padrón de usuarios del distrito de riego 010- Culiacán al mes de marzo de 2008

_Cálculos Propios

Tabla 54. Serie de suelos con requerimiento de riegos por goteo e interés de los usuarios por riego con goteo

Riego por aspersión

En la tabla 55 se observa los suelos que requieren riego por aspersión son 5, 890 hectáreas dentro de la serie de suelos Iraguato, repartidas en las siete secciones de riego. De acuerdo con el resultado de las encuestas al año agrícola 2007-2008, se encontró que los suelos de interés de los usuarios fuera de distrito por los sistemas de riego por aspersión son 736.47 hectáreas, no obstante los usuarios dentro de distrito no presentaron interés por dicho sistema, por lo anterior se propuso en el corto plazo el riego por aspersión en 736.47 hectáreas.

Serie de suelos con requerimiento de riego presurizados (aspersión) e interés de los usuarios por riego presurizado (aspersión)															
Sección	Iraguato	Higueras Has (5)	Navolato Has (4)	Bledal (Has) (2)	Suelos que requieren riegos presurizados (aspersión) (Has.)	Area total por sección	Usuarios en la Sección dentro del distrito	Promedio de Has.(Usuarios) dentro	interés de los usuarios dentro del distrito por el riego presurizado (aspersión) (%)	Suelos de interés de los usuarios dentro del distrito por el riego presurizado (aspersión) (Has.)	Usuarios en la Sección fuera del distrito	Promedio de Has.(Usuarios) fuera	interés de los usuarios fuera del distrito por sistemas de riego parcelario (%)	Suelos de interés de los usuarios fuera del distrito por el riego presurizado (aspersión) (Has.)	Total de hectáreas de interés de los usuarios con riego presurizado (aspersión)
12	180	100	1370	1500	180	3150	123	9.88	0.00	0.00	211	9.8	0	0.00	0.00
13	330	0	1030	680	330	2040	131	9.88	0.00	0.00	83	9.8	0	0.00	0.00
14	1080	0	0	260	1080	1340	151	9.88	0.00	0.00	0	9.8	0	0.00	0.00
15	880	0	1300	2760	880	4940	209	9.88	0.00	0.00	155	9.8	0.25	379.75	379.75
16	1060	0	460	1400	1060	2920	363	9.88	0.00	0.00	14	9.8	0	0.00	0.00
17	1400	440	1150	2680	1400	5670	415	9.88	0.00	0.00	182	9.8	0.20	356.72	356.72
18	960	0	660	3880	960	5500	375	9.88	0.00	0.00	195	9.8	0	0.00	0.00
Módulo I-3	5890	540	5970	13160	5,890	25,560				0.00				736.47	736.47

* Serie de suelos que requieren de riegos presurizados (Aspersión)

Fuente consultadas:
 _Series de suelo que requieren Riego por aspersión: Estudio Agrológico en 174, 073 Has. en la I,II, III Y VI unidades de riego del Distrito de Riego No. 010 Culiacán Humaya San Lorenzo (1995)
 _Resultado de las Encuestas aplicadas en la presente tesis para la formulación del plan de mejoras para la modernización Integral del Riego en el módulo de riego I-3 Otameto (2008)
 _Tenencia de la Tierra de acuerdo al padrón de usuarios del módulo de riego I-3 contemplado dentro del padrón de usuarios del distrito de riego 010- Culiacán al mes de marzo de 2008

Tabla 55. Serie de suelos con requerimiento de riego por aspersión e interés de los usuarios por riego con aspersión

Riego por multicompuertas

En la tabla 56 de acuerdo con el estudio agrológico los suelos en los que se puede implementar riego con multicompuertas son 5,890 has, del resultado de las encuestas los suelos de interés de los usuarios para utilizar el riego con multicompuertas son 1,211 has correspondientes a usuarios dentro y fuera de distrito, por lo que se proponen 1211 hectáreas para la tecnificación con ese tipo de riego. No obstante, de acuerdo con la opinión de la Gerencia del Módulo de Riego I-3 Otameto, en algún momento se trató de trabajar el riego con multicompuertas y percibió que a los usuarios no les fue del agrado, por lo que en la propuesta de mejoras no se considera riego con multicompuertas.

Serie de suelos con requerimiento de tecnificación de riego (multicompuestas) e interés de los usuarios por la tecnificación (multicompuestas)

Sección	Hiraguato *	Higuera Has (5)	Navolato Has (4)	Bledal (Has) (2)	Suelos que requieren tecnificación (multicompuestas) (Has.)	Area total por sección	Usuarios en la Sección dentro del distrito	Promedio de Has.(Usuario) dentro	interés de los usuarios dentro del distrito por tuberías con multicompuestas (%)	Suelos de interés de los usuarios dentro del distrito de riego por multicompuestas (Has.)	Usuarios en la Sección fuera del distrito	Promedio de Has.(Usuario) fuera	interés de los usuarios fuera del distrito por tuberías multicompuestas (%)	Suelos de interés de los usuarios fuera del distrito por tubería de multicompuestas (Has.)	Total de hectareas de interés de los usuarios con tubería de multicompuestas
12	180	100	1370	1500	180	3150	123	9.88	0.00	0.00	211	9.8	0.00	0.00	0.00
13	330	0	1030	680	330	2040	131	9.88	0.00	0.00	83	9.8	0.00	0.00	0.00
14	1080	0	0	260	1080	1340	151	9.88	0.00	0.00	0	9.8	0.00	0.00	0.00
15	880	0	1300	2760	880	4940	209	9.88	0.20	412.98	155	9.8	0.00	0.00	412.98
16	1060	0	460	1400	1060	2920	363	9.88	0.00	0.00	14	9.8	0.50	68.60	68.60
17	1400	440	1150	2680	1400	5670	415	9.88	0.09	372.71	182	9.8	0.20	356.72	729.43
18	960	0	660	3880	960	5500	375	9.88	0.00	0.00	195	9.8	0.00	0.00	0.00
Módulo I-3	5890	540	5970	13160	5,890	25,560				786				425.32	1,211

* Serie de suelos en los que urge la tecnificación

Fuente consultadas:
 _Series de suelo que requieren Drenaje Parcelario: Estudio Agrologico en 174, 073 Has. en la I,II, III Y VI unidades de riego del Distrito de Riego No. 010 Culiacán Humaya San Lorenzo (1995)
 _Resultado de las Encuestas aplicadas en la presente tesis para la formulación del plan de mejoras para la modernización Integral del Riego en el módulo de riego I-3 Otameto (2008)
 _Tenencia de la Tierra de acuerdo al padrón de usuarios del módulo de riego I-3 contemplado dentro del padrón de usuarios del distrito de riego 010- Culiacán al mes de marzo de 2008

Tabla 56. Serie de suelos con requerimiento en riego con multicompuestas e interés de los usuarios por la tecnificación con multicompuestas

5 ACCIONES ESTRUCTURALES

5.1 Red de distribución

La propuesta de mejoras del módulo I-3 Otameto considera dentro de las acciones estructurales, el revestimiento de canales en la red menor, de acuerdo con el diagnóstico y el cálculo estimado de las pérdidas por filtración como indicador por sección de riego a través de las características hidráulicas de los diversos canales y la textura de los suelos donde se encuentran alojados, utilizando esos cálculos a continuación en las **tabla 57 y 58** se presenta los volúmenes perdidos por canal y por sección de riego en millones de metros cúbicos al año agrícola⁶², considerando que el módulo de riego mantiene en operación en promedio cinco meses su red de distribución a máxima capacidad de acuerdo con la opinión de los jefes de zona y la estadística de los volúmenes entregados en el único punto de control sobre el canal Principal del Sur por la CONAGUA al módulo de riego I-3 Otameto y los riegos instalados en tomas parcelarias por su personal operativo durante los ciclos agrícolas 2007-2008 y 2008-2009, asimismo en la **tabla 59** se presentan la cantidad de kilómetros de canales que se proponen dentro de las mejoras en el corto y mediano plazo.

⁶² El año agrícola para el presente trabajo, considera el uso y manejo del agua del mes de octubre al mes de Junio, ya que el principal ciclo es el otoño invierno y los registros de estadística hidrométrica encontrados llegan en promedio al mes de junio.

PROPUESTA DE MODERNIZACION EN EL CORTO Y MEDIANO PLAZO EN LA RED DE DISTRIBUCION						
VOLUMENES PERDIDOS ESTIMADOS POR CANAL Y POR SECCION DE RIEGO EN EL AÑO AGRICOLA						
SECCION DE RIEGO	CANAL	LONGITUD (KM)	VOLUMEN PERDIDO POR INFILTRACION (Mm3/año)	VOLUMEN PERDIDO POR INFILTRACION N (Mm3/Km-año)	VOLUMEN PERDIDO MAYOR O IGUAL A 0.38 (Mm3/Km-año)	VOLUMEN PERDIDO MAYOR O IGUAL A 0.18 Y MENOR O IGUAL 0.37 (Mm3/Km-año)
18						
	LAT. 28+120 COSTEÑO	9.82	3.73	0.38	3.73	
	SUB-LAT. 8+673	2.98	0.86	0.29	0.86	
	SUB-LAT. 9+871 VILLA	4.34	1.01	0.23		1.01
	SUB-LAT. 13+000 REALITO	4.06	0.84	0.21		0.84
	SUB-LAT. 12+500 LAS BRISAS	7.50	2.23	0.30	2.23	
	SUB-LAT. 20+600 LAS VEGAS	6.48	1.75	0.27	1.75	
	RAMAL 2+716	2.54	0.57	0.22		0.57
		37.72	11.00	0.27		
17						
	LATERAL 31+292 CHIRIPA	3.28	0.87	0.26		0.87
	LAT. 31+845 HUITLACOCHÉ	12.30	2.37	0.19		2.37
	RAMAL 1+673 EBANO *	3.12	0.64	0.20		0.64
	SUB-LAT. 3+500 CHILLLOS	2.10	0.47	0.23		0.47
	RAMAL 2+100 IZQ. SACRIFICIC	9.80	2.94	0.30	2.94	
	SUB-RAMAL 2+980 EBANON	3.20	1.16	0.36	1.16	
	SUB-RAMAL 6+500 JURUBURI	1.50	0.33	0.22		0.33
	TERC. 0+300 PINTOR	3.00	0.63	0.21		0.63
		38.30	9.41	0.25		
16						
	SUB-LAT. 1+600 HIGUERITA	3.98	1.02	0.26		1.02
	SUB-LAT. 3+100	2.72	0.62	0.23		0.62
	LAT. 29+018 LAS TRANCAS	8.70	3.21	0.37	3.21	
	SUB-LAT. 0+385 PALOS COLC	5.42	1.52	0.28	1.52	
	SUB-LAT. 4+844 CONTINENTA	2.60	0.72	0.28	0.72	
	SUB-LAT. 8+100 AVIACION	1.54	0.62	0.40	0.62	
		24.96	7.71	0.30		
	Mm3= Millones de metros cúbicos					

Tabla 57. Volúmenes perdidos estimados por canal y por sección de riego, módulo I-3 Otameto

PROPUESTA DE MODERNIZACION EN EL CORTO Y MEDIANO PLAZO EN LA RED DE DISTRIBUCION						
VOLUMENES PERDIDOS ESTIMADOS POR CANAL Y POR SECCION DE RIEGO EN EL AÑO AGRICOLA						
SECCION DE RIEGO	CANAL	LONGITUD (KM)	VOLUMEN PERDIDO POR INFILTRACION (Mm3/año)	VOLUMEN PERDIDO POR INFILTRACION (Mm3/Km-año)	VOLUMEN PERDIDO MAYOR O IGUAL A 0.38 (Mm3/Km-año)	VOLUMEN PERDIDO MAYOR O IGUAL A 0.18 Y MENOR O IGUAL 0.37 (Mm3/Km-año)
15	LATERAL 28+120 OTAMETO	5.14	1.91	0.37	1.91	
	SUB-LAT. 13+193 RIVAS	10.20	3.36	0.33	3.36	
	RAMAL 3+660	7.79	1.95	0.25		1.95
	C. RAMAL 4+200 CAMPILLOS	2.00	0.47	0.24		0.47
	C. RAMAL 5+180	1.90	0.44	0.23		0.44
	C. RAMAL 6+300	5.00	1.17	0.23		1.17
	C. LAT. 14+200 ROMEROS	2.80	0.66	0.24		0.66
	C. S. LAT. 14+852 LA GALLERA	3.20	0.88	0.27	0.88	
	C. RAMAL 2+060 IZQ.	1.50	0.32	0.22		0.32
	C. SUB-LAT. 15+401 TAIPIMI	7.20	2.57	0.36	2.57	
	C. RAMAL 1+760 RANCHERO	2.60	0.85	0.33	0.85	
	C. RAMAL 2+500 BUENOS AIRES	2.54	0.51	0.20		0.51
	C. RAMAL 5+060 MONTOSA	2.82	0.66	0.23		0.66
	C. RAMAL 5+546 CALAVERAS	3.42	1.05	0.31	1.05	
		58.11	16.81	0.27		
14	LATERAL 28+120 OTAMETO	2.72	1.39	0.51	1.39	
	SUB-LAT. 6+670 EL VERGEL	4.10	1.00	0.24		1.00
	RAMAL 3+730	1.50	0.25	0.17		0.25
	SUB-LAT. 9+370 ESPINOZA	5.00	1.00	0.20		1.00
	SUB-LAT. 10+332 TAMAYO	3.94	1.09	0.28	1.09	
	17.26	4.73	0.28			
13	LATERAL 28+120 OTAMETO	0.00	0.00	0.00		
	SUB-LAT. 5+787 LA BOLSA	6.27	3.15	0.50	3.15	
	RAMAL 4+920 LA URRACA	5.74	1.48	0.26		1.48
	SUB-RAMAL 0+405 POCHOTAL	5.16	0.61	0.12		0.61
	17.17	5.24	0.24			
12	SUB-LAT. 5+787 LA BOLSA	4.58	1.89	0.41	1.89	
	RAMAL 7+673 DER. LA CHOLE	9.00	2.62	0.29	2.62	
	RAMAL 7+673 IZQ. MASCAREÑO	3.24	0.91	0.28	0.91	
	RAMAL 9+235 TRES MARIAS	7.46	1.94	0.26		1.94
	SUB-RAMAL 7+380	3.42	0.83	0.24		0.83
	RAMAL 11+245 LA BANDERA	9.54	3.44	0.36	3.44	
SUB-RAMAL 8+120 EL TULE	4.30	1.07	0.25		1.07	
	SUMAS	41.54	12.69	0.30		
	SUMAS	235.06	67.58		43.84	23.73

Mm3= Millones de metros cúbicos

Tabla 58. Volúmenes perdidos estimados por canal y por sección de riego, módulo I-3 Otameto (continuación).

PROPUESTA DE REVESTIMIENTO DE CONCRETO		
	CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO
	KM	KM
SECCION 18	26.78	10.94
SECCION 17	13.00	25.30
SECCION 16	18.26	6.70
SECCION 15	31.76	26.35
SECCION 14	6.66	10.60
SECCION 13	6.27	10.9
SECCION 12	26.36	15.18
TOTAL	129.09	105.97

Tabla 59. Propuesta de Revestimiento de concreto en la red de distribución

Los volúmenes perdidos en la red de canales de la red de distribución se calcularon para el corto y mediano plazo en millones de metros cúbicos por año; dando prioridad a aquellos canales que presentan las mayores pérdidas por infiltración, se tomó como referencia que aquellos que presentaran un volumen de infiltración mayor o igual a 0.38 millones de metros cúbicos por año, se consideran en el corto plazo para su revestimiento, asimismo los que caen de 0.18 a 0.37 millones de metros cúbicos por año se consideran en el mediano plazo.

En las **tabla 60** observamos la propuesta de mejoras mediante revestimiento de concreto por sección de riego y por clasificación de canal de la red de distribución del módulo de riego I-3 Otameto.

Resumen de modernización de infraestructura a corto plazo en el módulo de riego I-3						
Sección de riego	Lateral	Sub-lateral	Ramal	Subramal	Terciario	Suma
18	9.819	16.96				26.779
17			9.8		3.2	13
16	8.7	9.56				18.26
15	5.14	20.6	6.02			31.76
14	2.723	3.94				6.663
13		6.27				6.27
12		4.575	21.78			26.355
Suma	26.382	61.905	37.6	3.2		129.087

Resumen de modernización de infraestructura a mediano plazo en el módulo de riego I-3						
Sección de riego	Lateral	Sub-lateral	Ramal	Subramal	Terciario	Suma
18		8.4	2.54			10.94
17	15.58	2.1	3.12		1.5	25.3
16		6.7				6.7
15	2.8		23.554			26.354
14		9.1	1.5			10.6
13			5.74	5.162		10.902
12			7.46	7.72		15.18
Suma	18.38	26.3	43.914	14.382		105.976

Tabla 60. Resumen de modernización en la red de distribución a corto y mediano plazo

Las inversiones en la red de distribución aparecen en la tabla 61, el volumen a recuperar en el corto plazo es de 29.23 millones de metros cúbicos por año agrícola, se requiere de una inversión de \$ 175, 448,905.10, así mismo en el mediano plazo se estima recuperar 15.82 millones de metros cúbicos por año agrícola, con una inversión de \$ 142, 531, 893; los pesos son a diciembre de 2008, el total de usuarios beneficiados será de 2 607.

Inversiones en la red de distribución dentro del módulo de riego I-3								
	Corto plazo (kms)	Mediano Plazo (Kms)	Precio por km(\$)	Inversión a corto plazo	Inversión a mediano plazo	Recuperación estimada de agua por año al pasar de una eficiencia de conducción del 70% al 90%		Usuarios Beneficiados
						Corto plazo	Mediano plazo	
						Millones de m3	Millones de m3	
Laterales y sublaterales	26.38	18.38	1,725,150	45,509,457	31,708,257	20.59	6.57	
Ramales y subramales	102.71	87.6	1,265,110	129,939,448	110,823,636	8.65	9.25	
Suma	129.09	105.98		175,448,905	142,531,893	29.23	15.82	2607

Fuente:
 Precio por kilómetro de lateral y ramal: Distrito de riego 109 San Lorenzo, actualización propia diciembre de 2008
 Los precios de laterales y ramales incluyen estructuras
 Eficiencias del uso del agua en distritos de riego en México: Peña 2007, Imta
 Cálculos Propios

Tabla 61. Inversiones en la red de distribución, módulo I-3 Otameto

5.2 Red de drenaje superficial

De acuerdo al diagnóstico de la red de drenaje superficial, se detectaron en el módulo de riego I-3 Otameto, 42.97 km. de drenes superficiales, entre ramales, subramales, terciarios y subterciarios, los cuales requieren de una rehabilitación debido a que se estima que sus características de diseño original han cambiado y que por esa causa no es posible se abatan los niveles freáticos dañinos para los cultivos, con el consecuente daño a los suelos al provocarles ensaltramientos y baja en los rendimientos; de acuerdo con el estudio de salinidad y de niveles freáticos del distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, en el módulo de riego, las partes más críticas por sales que afectan a los suelos son las correspondientes a las secciones de riego 12, 13, 15, 17 y 18.

Las inversiones necesarias para dejar en óptimas condiciones la red de drenaje superficial a cargo de los usuarios aparecen en la **tabla 62**.

Resultado del análisis, para que los trabajos anteriores sean efectivos, se requiere se complementen con la Rehabilitación de 40.8 Km. de drenes principales o colectores dentro de la influencia del módulo de riego I-3 Otameto a cargo de la CONAGUA, ya que los drenes principales actúan como descarga de los secundarios. Del resultado de la investigación se tuvo conocimiento que recientemente se constituyó la SRL de la primera unidad del distrito de riego 010-Culiacán Humaya, por lo cual se propone realizar una concertación tripartita entre CONAGUA-SRL y Asociación de Usuarios para que se llegue a una acuerdo en la rehabilitación de los drenes en mención.

Las inversiones necesarias a realizarse en el corto plazo para la CONAGUA, aparecen en las **tablas 63**, debido a lo importante y urgente, no se consideran trabajos en el mediano plazo.

Dentro de los trabajos de rehabilitación tanto de drenes de la red mayor y menor es conveniente que se realicen estudios previos topográficos para conocer con exactitud los volúmenes a ejecutar y darles a los mismos las nuevas características hidráulicas que les permita desalojar el agua de lluvia, abatir los niveles freáticos altos y desalojar los excedentes del riego y que permitan las descargas de drenaje subterráneo parcelario.

	Unidad	Cantidad	Precio índice	Importe (\$)
Ramales	km	23.543	125,010.00	2,943,110.43
Subramales	km	19.427	125,010.00	2,428,569.27
		42.97		5,371,679.70

Tabla 62. Inversiones en la rehabilitación de la red de drenaje, módulo I-3 Otameto a cargo de los usuarios

Resultado asimismo del análisis de la red de drenaje superficial de acuerdo con el diagnóstico, existen 105 kilómetros de drenes superficiales que requieren de atención en sus conservación normal, que de no atenderse corren la suerte de perder sus características originas de diseño y pasar a requerir de una rehabilitación; en la **tabla 64** aparece el importe a erogar en caso de llegarse a ese estado.



	Unidad	Cantidad	Precio índice	Importe (\$)
Colectores Principales	km	40.8	187,515.00	7,650,612.00
		40.8		7,650,612.00
Fuente de Precios Índice: Distrito de riego 109 San Lorenzo, actualización propia diciembre de 2008				

Tabla 63. Inversiones de la red de drenaje superficial a cargo de la CONAGUA

	Unidad	Cantidad	Precio índice	Importe (\$)
Red secundaria	km	105.00	125,010.00	13,126,050.00
		105.00		13,126,050.00
Fuente de Precios Índice: Distrito de riego 109 San Lorenzo, actualización propia diciembre de 2008				

Tabla 64. Inversión posible en rehabilitación en la red de drenaje superficial, de no atenderse la conservación a cargo de los usuarios

5.3 Pozos y plantas de bombeo

De acuerdo con el diagnóstico al año agrícola 2008-2009 en los pozos profundos a cargo del módulo de riego I-3 Otameto, se encontraron dos pozos inactivos por presencias de arenas finas, dos inactivos por derrocamiento y uno inactivo por salinidad de un total de 7 pozos, en pláticas con autoridades del módulo se tuvo conocimiento de que se ha tenido bastantes problemas que los hace inoperantes para su aprovechamiento y dada la utilidad en el uso del agua se consideran necesario reponerlos, aprovechando las instalaciones de transformadores y el equipo de bombeo, en el caso del pozo con salinidad se tiene previsto además, la rehabilitación del equipo electromecánico por desgaste, por lo que en la propuesta de mejoras se propuso considerar a corto plazo, la reposición de 5 pozos y una rehabilitación de los equipo electromecánicos, en los que se considera la sustitución de esos equipos, para lo cual se deberá hacer del conocimiento a la CONAGUA de los trabajos a realizar en apego al título de concesión.

Así mismo debido a que se carece al 100% de medición precisa en el manejo de volúmenes de pozos, plantas y batería de bombeo se proponen 25 medidores de gasto y totalizador de volúmenes que les servirá de mucho a la asociación, principalmente en la estadística y manejo del agua, además cumplirá con lo especificado en la Ley de Aguas Nacionales, en materia de

medición dentro del módulo En la **tabla 65** Se observa las inversiones a realizar en los pozos a cargo del módulo I-3 Otameto

	Unidad	Cantidad	Precio Índice (\$)	Inversión (\$)
Reposición de Pozos	Pozo	5	1,250,100.00	6,250,500.00
Rehabilitación de Pozos	Pozo	1	250,020.00	250,020.00
Medidor de Gasto y totalizador de Volumen	Pieza	25	21,251.70	531,292.50
Total				7,031,812.50

Precios índice de pozos: plan director distrito de riego río yaqui Sonora
 Precios Índice de medidores de gasto: Distrito de riego 109 San Lorenzo
 Actualización, Diciembre de 2008

Tabla 65. Inversiones en pozos de bombeo a cargo del módulo de riego I-3 Otameto

5.4 Estructuras de control y medición de aguas

En la **tabla 66** de acuerdo con el diagnóstico de la sección 3.4.2, se observan las inversiones que el módulo requiere en los diferentes niveles de distribución del agua, cuyo objetivo fundamental es otorgar con certeza, suficiencia y oportunidad los gastos o volúmenes solicitados por los usuarios del agua y el seguimiento diario de la programación hidrométrica para la distribución de los caudales del sistema⁶³.

Debido a la alta demanda del agua y para eficientar su distribución dentro del módulo de riego I-3 Otameto, se propone controlar los volúmenes y medir los gastos en puntos de control de entrega del agua a los jefes de sección de riego “canaleros”, se requiere que la asociación de riego utilice la mejor tecnología, para lo cual tomando en cuenta que las pendientes dentro del módulo de riego son muy suaves, se propone a manera de prueba, la instalación de medidores de velocidad y nivel de efecto doppler distribuidos dentro de 15 puntos de la red de canales laterales y sub-laterales de la red de distribución de las siete secciones de riego, a monitorearse desde un puesto central que puede estar dentro de las instalaciones de la asociación de riego; los medidores de velocidad y nivel parte de la estación remota de operación y medición (EROM) pueden programarse para que cuenten con una interfase módem que permite el intercambio de información entre el sistema de comunicación (radio, teléfono, microondas, satélite) y el sistema de cómputo del puesto central, con el propósito de que los operadores tomen decisiones en la operación de los canales y por otra parte para apoyar la administración del módulo de riego (Guillén et al., 2000, dotación volumétrica, páginas 263-278).

⁶³ Actualización de Operación, Control y Medición del agua en Módulos de Riego” ANEI-CONAGUA –FAS

Asimismo del diagnóstico, al realizar recorrido de campo se concluyó que existen 243 tomas granjas que requieren rehabilitarse o construirse por carecerse de ellas y 12 piezas de diversas estructuras, entre ellas, represas, puentes y alcantarillas que requieren de rehabilitación.

Para el control y medición del agua, tomando en cuenta que una buena parte de los usuarios encuestados manifestó cierto acuerdo con la medición en tomas parcelarias y considerando que una de las principales estructuras que se han instalado en la modernización de los distritos de riego para controlar y dosificar el volumen de los canales son, los módulos aforadores de gasto constante⁶⁴, se propone de acuerdo con el diagnóstico de la existencia de 809 tomas granjas, una cantidad similar de módulos aforadores de gasto constante, las secciones que mostraron mayor interés son la 15, 16 y 17, por lo que la gestión del módulo de riego para eficientar el uso del agua, es aconsejable que los trabajos de instalación empiecen en tales secciones.

Dada la importancia de la estadística hidrométrica para el conocimiento preciso de los volúmenes que se manejan dentro de la red de distribución, estoy de acuerdo con Guillén et al., 2000 (dotación volumétrica, página 127) que "Todas las represas y tomas laterales del canal principal y todas las represas y tomas de canales laterales y sub laterales, cuando menos dispongan con una estación de aforos con escala de observación constante, cuyas lecturas con los datos de aforo directos permitan formar la curva de gastos para cada estación", guía de los operadores para el movimiento del agua, por lo que se propone la instalación de 40 estructuras aforadoras dentro de la red de distribución.

⁶⁴ [Tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/11173/Capitulo2.pdf](https://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/11173/Capitulo2.pdf)

	Unidad	cantidad	Corto plazo (piezas)	Mediano Plazo (pzas)	Precio por pieza o módulo	Inversión a corto plazo (\$)	Inversión a mediano plazo (\$)	Recuperación estimada de agua por año Corto plazo Millares de m3	Mediano plazo Millares de m3	Usuarios Beneficiados
Medidores de velocidad y nivel simultáneos de efecto Doppler en puntos de control de sección de riego, incluye medidor, caseta de medición, telemetría y transporte de datos a central ***	Pieza	15	15		427,000	6,405,000				
Construcción o rehabilitación de tomas granjas (incluye obra civil y mecánica)	Pieza	243	243		45,000	10,935,000				
Módulos aforadores de gasto constante en tomas granjas, incluye suministro e instalación	Módulo	809	591	218	12,138.16	7,168,430.4	2,651,337.3	6,410.9	2365	
Rehabilitación de estructuras en la red de distribución, represas, puentes, alcantarillas, etc.	Pieza	12	12		32,203	386,434				
Estructuras aforadoras en diferentes niveles de la red de distribución (laterales y sublaterales y ramales)	Pieza	40	29	11	111,681.87	3,216,437.84	1,250,836.94			
Suma			29	230		28,111,301.87	1,250,836.94	6,410.89	2365	2607

Fuente:
Precio por pieza o módulo de estructuras: Distrito de riego 010 Culicán- Humaya y 109 San Lorenzo, actualización propia diciembre de 2008
** Recuperación de agua por año, del plan director distrito de riego 109 San Lorenzo

Tabla 66. Inversiones en estructuras de control y medición de agua del módulo de riego I-3 Otameto

5.5 Caminos de operación y servicio

La propuesta de rehabilitación y modernización integral del riego, debe de considerar los caminos de operación y de servicio dentro del módulo de riego, para lo cual se tienen considerados 36.98 kilómetros de formación de bordos y revestimiento de caminos, la necesidad de rehabilitar es de interés de los usuarios, de acuerdo con el resultado de las encuestas tanto a usuarios dentro como a usuarios fuera de distrito, los usuarios que mostraron interés por la rehabilitación de sus caminos corresponden a las secciones 12, 14, 15 y 16, lo cual con excepción de la sección 14 de acuerdo al diagnóstico coinciden con las secciones de los caminos propuestos para rehabilitar por la asociación de usuarios. No obstante lo anterior, el interés de los usuarios para rehabilitar la infraestructura, como los caminos y puentes, es muy bajo, del total de los usuarios dentro de distrito se interesa el 4.25% y del total de los usuarios fuera se interesa el 8%, se asume que es debido a que consideran como prioridad el revestimiento de concreto en canales del módulo de riego I-3 Otameto.

Las inversiones en la red de caminos en el corto y mediano plazo aparecen en **tabla 67** siguiente.

	Unidad	Cantidad	Cantidad	Precio Índice (\$)	Inversión (\$)	Inversión (\$)
		Corto plazo	Largo plazo		corto plazo	mediano plazo
Formación de bordos y revestimiento de caminos	km	36.98	24.34	492,080.00	18,197,118.40	11,977,227.20
Nota: El precio índice es a Diciembre de 2008						

Tabla 67. Inversiones en la red de caminos de operación y servicio, módulo de riego I-3 Otameto

5.6 La Parcela

5.6.1 Nivelación de tierras y trazos de riego

En la tabla 68 se observa las hectáreas a nivelar en el corto y mediano plazo, la recuperación estimada en volúmenes es de 5, 263,000 metros cúbicos en el corto plazo y de 24,815 metros cúbicos en el largo plazo, para un total de 1739 usuarios beneficiados. De acuerdo con el diagnóstico los usuarios se interesan mucho en la nivelación de tierras, y según la percepción que se tiene con autoridades de la asociación de riego, existen muchas hectáreas con grado 3 para nivelación, donde es necesario mover cantidades considerables de tierra para nivelarlas, no obstante para que se recuperen los volúmenes mencionados se deben de realizar trabajos complementarios de trazo y diseños de riego sobre las parcelas para hacer más eficiente el uso del agua, esto es distribuir más eficientemente la lámina de riego en la parcela; en relación a ello del resultado de las encuestas aplicadas a los usuarios dentro y fuera de distrito se les pregunto qué curso de capacitación les interesaría más como usuario de riego, los mayores porcentaje se los llevaron, el manejo del agua en la parcela, mejoramiento del suelo y cómo mejorar la producción, los tres íntimamente relacionados en las labores en las parcelas por cada uno de ellos, por lo que se concluye que la asociación debe gestionar el apoyo de diversas instituciones, principalmente de la CONAGUA, mediante su distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, así como de la SAGARPA, el INIFAP, el Colegio de Postgraduados, el IMTA, y la Universidad Autónoma de Sinaloa para que se de asistencia técnica sobre el manejo de agua, de suelo y de cultivos a los usuarios.

Inversiones a cargo del usuario y recuperación de agua por nivelación de tierras en el corto y mediano plazo									
	Corto plazo (has)	Mediano Plazo (has)	Volumen promedio de material removido por hectárea en la nivelación (m3)	Precio por Ha	Inversión a corto plazo	Inversión a mediano plazo	Recuperación estimada de agua por año al pasar de una eficiencia de aplicación del 72% al 84%		Usuarios Beneficiarios
							Corto plazo	Mediano plazo	
							Millares de m3	Millares de m3	
Nivelación de tierras y trazo de riego, incluye topografía, cálculo y proyecto de movimiento de tierras	3000	14144	350	6,325.55	18,976,650	89,468,579.20	5,595	26,378	1739

Fuente de Precio: Modulo de riego I-3, actualizado propia a diciembre de 2008
Eficiencias del uso del agua en distritos de riego en Mexico: Peña 2007, IMTA
Calculos propios

Recuperación estimada de agua por año agrícola

Eficiencia de aplicación parcelaria (global) 0.574
Perdidas en regaderas 12,652.84 millares/m³

Efic. en regadera* efic parcelaria 0.57
Promedio de riegos instalados en 2007-2009 175,512.95 millares/m³
Demanda de riego 2008-2009 100,726.60 millares/m³

Eficiencia en regaderas = 1 - pérdidas en regaderas/ promedio de riegos instalados
Eficiencia en regaderas = 1 - 0.07209 = 0.93
Eficiencia parcelaria = 0.574/0.9279 = 0.62
Volumenes que se pierden en la parcela = 175,512.95 - 100,726.60 - 12,652.84 = 62,133.41 millares/m³

Del total hectáreas a modernizar (17144 hectáreas en serie Iraguato y Bledal, descontando areas por goteo y por aspersión), los volumenes a recuperar por nivelación son 55,225.671 millares de m³

Para obtener 100 de eficiencia en nivelación y trazos de riego, se requieren rescatar 55,225.671 millares/m³

Si asumimos que lo máximo que se puede alcanzar de eficiencia es un 84% entonces el volumen seria de 31,972.75 millares de m³

Si asumimos que el volumen que se puede recuperar está en 17144 Has Entonces en 3,000 hectáreas se recuperarían 5,594.858 millares de m³
y 26,377.892 millares de m³ en el resto de hectáreas.

Tabla 68. Inversiones a cargo del usuario y recuperación de agua por nivelación de tierras en el corto y mediano plazo

5.6.2 Drenaje parcelario

Las acciones en drenaje parcelario se observan en la tabla 69, los cálculos se basan en el estudio agrológico del distrito de riego, y en el interés de los usuarios según las encuestas de opinión que les fueron realizadas, se propone para el corto plazo inversión en drenaje parcelario en 3309.62 has repartidas en 2327.98 has para usuarios dentro de distrito y 961.84 has para usuarios fuera de distrito. En el mediano plazo se propone realizar la cantidad de 14,431.87 has, repartidas en forma estimada en 4805.81 has para usuarios fuera de distrito y 9, 628.94 has para usuarios dentro de distritos, todo de acuerdo con el capítulo 4.

	Corto plazo (has)	Mediano Plazo (has)	Precio por Ha (\$)	Inversión a corto plazo	Inversión a mediano plazo	Usuarios Beneficiados
Drenaje Parcelario	3,309.62	14,431.87	11,281.33	37,336,918.37	162,810,700.98	1799

Fuente de Precio por Hectarea: Distrito de riego 010 Culiacán, actualizado a diciembre de 2008
 Calculos Propios

Tabla 69. Inversiones en drenaje parcelario, módulo de riego I-3 Otameto

5.6.3 Sistema de riego por goteo

En la tabla 70 se observan las inversiones y la recuperación de agua con los sistemas de riego localizado, de acuerdo con las encuestas y el promedio de hectáreas por usuario, los usuarios que están dispuestos a implementar dichos sistemas son 119, de los resultados obtenidos se concluye que con estos sistemas una vez implementados se ahorrarían 1,833, 000 metros cúbicos de agua por año agrícola en el corto plazo.

	Corto plazo (has)	Precio por Ha (\$)	Inversión a corto plazo	Recuperación estimada de agua por ciclo al pasar de una eficiencia parcelaria del 62% al 93%	Usuarios Beneficiados
				Corto plazo	
				Millares de m ³	
Riego por goteo	1,170.00	34,500.00	40,365,000.00	3,459.21	119

Fuente:
 Precio por Hectarea: Distrito de riego 010 Culiacán, actualización propia diciembre de 2008
 Eficiencias del uso del agua en distritos de riego en Mexico: Peña 2007, Imta
 Calculos Propios

Los volúmenes a recuperar en el riego por goteo en las 1170 son 4,240.322 millares de m³ al 100% de eficiencia
 Con un eficiencia maxima del 93% implementando el riego serían 3,459.21 millares de m³

Tabla 70. Inversión en riego por goteo, módulo de riego I-3 Otameto

5.6.4 Sistema de riego por aspersión

De acuerdo con el diagnóstico se observó que los sistema de riego por aspersión en el módulo de riego I-3 Otameto son poco deseados, se asume que una de las causas de acuerdo con la estratificación de la tenencia de la tierra, es una gran parte de usuarios dentro y fuera de distrito que trabajan en promedio de 3 a 5 hectáreas, por lo que se les dificulta adquirir esos sistemas por el alto costo que representan, no obstante se propone en este aspecto que la asociación de usuarios motive mediante una propaganda del uso eficiente del agua a los usuarios para que estos se unan en pro del uso eficiente del agua en la parcela para que acuerden y adquieran y amorticen los posibles pagos por adquirirlos para utilizarlos en conjunto. Otra de las causas por las que no se cuenta con sistemas de aspersión en el módulo de riego I-3 Otameto se debe en gran parte a que las tierras están en manos de arrendadores que trabajan sus parcelas de área pequeña y las cuales están equidistante unas de las otras. No obstante lo anterior del resultado del estudio agrológico y de las encuestas realizadas en el módulo se propone en la tabla 71 la implementación de riego presurizado en 736.47 hectáreas, cuya recuperación estimada de agua sería de 823, 000 metros cúbicos de por año agrícola en beneficio de 75 productores.

Inversiones en sistemas presurizados (riego por aspersión) y recuperación estimada de agua, en el corto y mediano plazo módulo I-3 Otameto								
	Corto plazo (has)	Mediano Plazo (has)	Precio por Ha (\$)	Inversión a corto plazo	Inversión a mediano plazo	Recuperación estimada de agua por ciclo al pasar de una eficiencia de aplicación del 62% al 87%		Usuarios Beneficiados
						Corto plazo	Mediano plazo	
						Millares de m ³	Millares de m ³	
Riego por aspersión	736	0.00	19,551.70	14,399,240.50	0.00	1,754.88	0.00	75

Fuente:
 Precio por Hectarea: Distrito de riego 0109 San Lorenzo actualización propia diciembre de 2008
 Eficiencias del uso del agua en distritos de riego en Mexico: Peña 2007, Imta
 Calculos Propios

Los volúmenes a recuperar en el riego por aspersión en las 736 Hectáreas son 2,667.416 millares de m³ al 100% de eficiencia
 Con un eficiencia maxima del 87% implementando el riego serían 1,754.878 millares de m³

Tabla 71. Inversiones en riego por aspersión, módulo de riego I-3 Otameto

5.6.5 Regaderas parcelarias

Las regaderas parcelarias son una fuente grande de pérdidas de agua principalmente por filtración, de acuerdo con el resultado del diagnóstico mediante la encuesta a usuarios, se proponen las siguientes inversiones de acuerdo a la tabla 72.



	Corto plazo (kms)	Mediano Plazo (Km)	Precio por km(\$)	Inversión a corto plazo	Inversión a mediano plazo	Recuperación estimada de agua por año al pasar de una eficiencia de conducción del 93% al 95%		Usuarios Beneficiados
						Corto plazo Millares de m3	Mediano plazo Millares de m3	
Revestimiento de regaderas parcelarias	106	106	402,535	42,733,116	42,733,116	1,808	1,808	2,607

Fuente:
Precio por kilometro de regadera Distrito de riego 109 San Lorenzo, actualización propia diciembre de 2008
Eficiencias del uso del agua en distritos de riego en Mexico: Peña 2007, Imta
Calculos Propios

Si tuvieramos 100% de eficiencia al revestir o entubar las regaderas, se recuperarían, 12,652.84 millares de metros cúbicos para el paso de eficiencia del 93% al 95% se considera la mitad de regaderas resvestidas de concreto y la otra mitad entubadas.

Tabla 72. Inversiones en regaderas parcelarias y volumen estimado de agua a recuperar, módulo de riego I-3 Otameto

5.6.6 Resumen de inversiones de acciones estructurales

RESUMEN DE INVERSIONES Y RECUPERACIÓN DE AGUA														
Acciones estructurales														
	Unidad	Cantidad	Corto Plazo				Mediano Plazo				a cargo de quién están las acciones	Programa que aplica de acuerdo a las reglas de operación de infraestructura hidagrícola 2009		
			Inversión	Inversión anualizada	Recuperación de agua / por año agrícola	Costo de recuperar un millar de metro cubico de agua	Inversión	Inversión anualizada	Recuperación de agua / por año agrícola	Costo de recuperar un millar de metro cubico de agua				
			\$	\$	millares de m3	\$		\$	\$	millares de m3	\$			
			a	b	ab			a	b	ab				
Acciones Parcelarias														
Nivelación y trazo de riego	Has.	3,000.00	18,976,650.00	1,265,110.00	5,594.86	226.12	Has.	14,144.00	89,468,579.00	5,964,571.93	26,377.89	226.12	Usuarios- Módulo	Se apoya con equipo para la nivelación mediante el programa de desarrollo parcelario
Riego por goteo	Has.	1,170.00	40,365,000.00	2,691,000.00	3,459.21	777.92							Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Riego por aspersión	Has.	736.47	14,399,240.00	959,949.33	1,754.88	547.02		0.00	0.00		0.00		Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Drenaje parcelario	Has.	3,309.62	37,336,918.37	3,733,691.84				14,431.87	162,810,700.98	16,281,070.10				Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Regaderas parcelarias	kms.	106.16	42,733,116.00	2,136,655.80	1,808.00	1,181.78	kms.	106.16	42,733,116.00	2,136,655.80	1,808.00	1,181.78	Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Red de distribución									0.00					
Revestimiento de canales	kms.	129.09	175,448,905.00	8,772,445.25	29,230.00	300.12	kms.	105.98	142,531,893.00	7,126,594.65	15,820.00	450.48	Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Red de drenaje														
Rehabilitación de la red de drenaje superficial a cargo de los usuarios	kms.	42.97	5,371,680.00										Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Rehabilitación de la red de drenaje superficial a cargo de CONAGUA	kms.	40.80	7,650,512.00										Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Red de caminos														
Formación de bordos y revestimiento de caminos	kms.	36.98	16,197,118.40				kms.	24.34	11,977,227				Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego

Tabla 73. Resumen de inversiones y recuperación de agua, módulo de riego I-3 Otameto



Programa de Posgrado
Tesis: ANÁLISIS DEL USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, RED DE DRENAJE Y EN LA PARCELA, ASPECTOS DE REHABILITACIÓN Y MODERNIZACIÓN.
CASO DE ESTUDIO: MÓDULO DE RIEGO I-3 OTAMETO DEL DISTRITO DE RIEGO 010 CULIACÁN

RESUMEN DE INVERSIONES Y RECUPERACION DE AGUA														
Acciones estructurales														
	Corto Plazo						Mediano Plazo						Programa que aplica de acuerdo a las reglas de operación de Infraestructura Hidroagrícola 2008	
	Unidad	Cantidad	Inversión	Inversión anualizada: Inversión/Vida útil	Recuperación de agua (por año agrícola)	Costo de recuperar un millar de metro cubico de agua	Unidad	Cantidad	Inversión	Inversión Anualizada: Inversión/Vida útil	Costo de recuperar un millar de metro cubico de agua	Costo de recuperar un millar de metro cubico de agua		a cargo de quién están las acciones
			\$	\$ a	millares de m3 b	\$ a/b			\$	a	millares de m3 b	a/b		
Pozos de bombeo y medidores de gasto													Usuarios Conagua	
Reposición de pozos	Pozo	5.0	6,250,600.00											
Rehabilitación de pozos	Pozo	1.0	250,620.00											
Medidor de gasto y totalizador de volumen	pieza	26.0	531,293.00											
Estructuras de control y medición de agua													Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego	
Medidores de velocidad y nivel simultáneos de efecto Doppler en puntos de control de sección de riego, incluye medidor, caseta de medición, telemetría y transporte de datos	pieza	16.0	6,405,000.00											
Construcción o rehabilitación de tomas granjas (incluye obra civil y mecánica)	pieza	243.0	10,936,000.00											
Modulos aforadores de gasto constante en tomas granjas, incluye suministro e instalación	módulo	591.0	7,169,430.43	716,843.04	6,410.90	111.82	módulo	218.0	2,861,337.28	286,133.73	2,368.00	112.11		
Rehabilitación de estructuras en la red de distribución, represas, puentes, alcantarillas, etc.	pieza	12.0	386,433.60											
Estructuras aforadoras en diferentes niveles de la red de distribución (laterales y sublaterales y ramales)	pieza	29.0	3,216,437.94				pieza	11.0	1,250,836.94					
Aforos de canales laterales, sublaterales y ramales	Aforo	4200.0	900,000.00	180,000.00	2,460.00	73.47	Aforo	4,200.0	900,000.00	180,000.00	2460	73.47		
Maquinaria y Equipo para nivelación de tierras														
Tractor agrícola, Exorepa de corte y acarreo y equipo laser	Lote	1.0	2,472,716										Programa desarrollo parcelario	
1 Tractor agrícola	pieza	1.0	1,027,768.06										Programa desarrollo parcelario	
			460,022,727.71		60,707.86				464,323,690.20		48,820.89			

REGLAS DE OPERACIÓN DE LOS PROGRAMAS HIDROAGRICOLAS 2009

En el programa de Rehabilitación y Modernización, la Conagua podrá aportar hasta el 50% de la inversión autorizada y los productores el porcentaje restante, a través de la ACU
 La aportación total de la Conagua para el programa de Modernización y Tecnificación será de: \$ 20,000.00 por hectárea, para el programa de Rehabilitación de Drenes y Caminos de Operación se destinará hasta el 15% y 10% respectivamente del apoyo federal

En el programa de desarrollo parcelario la Conagua podrá aportar hasta el 50% del costo total de los equipos y la ACU el porcentaje restante
 La suma de las aportaciones del Gobierno Federal para la adquisición y rehabilitación de equipos en este programa es hasta por \$ 2,000,000

Nota: De no atenderse la red de drenaje superficial a cargo de los usuarios en 105 kilometros, se requerirían adicionalmente \$ 13,126,050

Nota: el número de aforo se considero tomando en cuenta 7 aforos diarios, 5 días a la semana, en 5 años

Nota: El costo de los aforos, se considera un brigada de 3 personas con un costo de \$ 5000 mensuales por persona durante el periodo de 5 años

Nota: El volumen de agua a recuperar por aforar se estima en 1% del volumen que pasa de la demanda a punto de control al año agrícola 2008-2009

Nota: Vida útil considerada, para la inversión anualizada

Nivelación: 15 años
 riego por goteo: 15 años
 aspersión: 15 años
 regaderas parcelarias: 20 años
 revestido concreto: 20 años
 módulos aforadores: 10 años
 aforos: la inversión considera 5 años

Tabla 74. Inversiones y recuperación de agua, módulo de riego I-3 Otameto. (Continuación)

En el resumen de inversiones y recuperación de agua de la tabla 73 y 74, se obtuvieron, inversiones a llevarse a cabo dentro del módulo de riego I-3 Otameto, en el corto y mediano plazo, asimismo se obtuvo un análisis de lo que cuesta recuperar un millar de metro cúbico de agua para cada uno de los sistemas de riego propuestos dentro de la parcela y la red de distribución, tomando en cuenta lo que los usuarios quieren dentro de su módulo de riego, de acuerdo al resultado de las encuestas, al dividir la inversión anualizada para cada sistema de riego y red de distribución, entre la recuperación de agua por año agrícola. De los resultados obtenidos se concluye que para el módulo de riego I-3 Otameto, lo más viable para la realización de las inversiones, es el siguiente orden: Se debe de invertir primero en nivelaciones y trazos de riego, ya que una vez realizados, el costo de recuperación por metro cúbico de agua es el más bajo, seguido del revestimiento de concretos en la red de distribución, el riego por aspersión y el riego por goteo. El revestimiento de regaderas, dentro de las acciones de la parcela es la que presenta el más alto costo de inversión por metro cúbico de agua recuperado, por lo es aconsejable que se consideren al final en el orden de las inversiones propuestas.

Asimismo dentro de las inversiones y recuperación de agua dentro de las estructuras de control y medición, los módulos aforadores de gasto constante en tomas granjas y los aforos de canales, laterales, sub-laterales y ramales proponen un costo de recuperación de agua por millar de metro cúbico bajo, no obstante en caso de realizarse la inversión en los módulos aforadores, los volúmenes a recuperar no dependen de la estructura colocada, si no del manejo en su operación por el personal encargado; caso similar es el de aforar, la red de distribución en sus diferentes niveles, ya que los volúmenes a recuperar propuestos dependen de la brigada de aforos para realizar una distribución equitativa por sección de riego y de evitar las posibles pérdidas de agua por desfuegos hacia los drenes superficiales por altos niveles en la operación, por volúmenes en exceso no controlados.

6 ACCIONES NO ESTRUCTURALES

6.1 Reglamento de la asociación de riegos

Del resultado de las encuestas aplicadas a los usuarios dentro y fuera de distrito de riego, el 46.59% y el 58.33%, respectivamente respondió que no tenía conocimiento de la existencia de un reglamento en el Distrito de Riego del que forman parte, al consultar con el personal de la asociación de riego se confirmó que el reglamento del Módulo de Riego estaba en proceso y que el del Distrito de Riego no se tenía conocimiento.

De lo anterior se requiere que la asociación de usuarios de a conocer a todos los usuarios el reglamento actual del Distrito Riego para que conozcan sus derechos y obligaciones en el uso y manejo del agua y como usuarios que reciben el servicio de la Asociación de Riego.

6.2 Plan de riegos

Dentro de las acciones no estructurales es necesario que la asociación de riego en estudio considere en la elaboración del plan de riegos, el total de la superficie regada, se tiene conocimiento que en la elaboración del plan de riegos que presenta a la CONAGUA para su validación, solo es la parte correspondiente a los volúmenes concesionados, lo que origina una de las causas para que se tenga muy poco control sobre los volúmenes distribuidos por la red de distribución al no considerar la lámina neta de la totalidad de los cultivos de todas las parcelas; el realizarlo en forma completa aunque no se lo exija la CONAGUA le ayudaría a tener mayor control sobre las aguas.

De la percepción con personal encargado de su elaboración se sabe que es necesario se le capacite en su elaboración y seguimiento tomando en cuenta la condición de que se elabore el plan de riegos para todos los usuarios, para lo cual la asociación de riego se debe de coordinar con personal operativo del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya.

6.3 Padrón de usuarios

De acuerdo con el diagnóstico y al realizar las encuestas a los usuarios para la presente tesis se detecta que los padrones de usuarios en poder del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya y del Módulo de Riego I-3 Otameto presentaron algunas diferencias; algunos nombres de usuarios para un mismo número de cuenta se encontraron diferentes entre ambos padrones. Al realizar las encuestas para la presente tesis, se trabajó principalmente con el padrón del distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, confrontando contra el del módulo I-3 Otameto, físicamente no

se encontraron algunos usuarios por que ya estaban finados y se había vendido la tierra o un familiar se había hecho cargo de la misma o se había rentado.

En base a lo anterior se concluye que en base al artículo 67 de la Ley de aguas nacionales donde se establecen los requisitos que deben de cumplir los usuarios para tener derecho al agua y al artículo 23 de la propuesta de reglamento del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, se requiere que el módulo de riego I-3 Otameto actualice su padrón de usuarios e informe al Distrito de Riego 010 Culiacán Humaya para que lo integre al Organismo de Cuenca Pacifico Norte; es fundamental y aunque no lo especifica la Norma, que el Módulo de Riego solicite apoyo del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, para la debida integración, ya que el padrón deberá ser inscrito en el Registro Públicos de Derechos del Agua (REPGA). La asociación podrá hacer uso del numeral VIII del artículo 83 del reglamento del distrito de riego 010 Culiacán-Humaya donde se indica dentro de las obligaciones del usuario que este deberá comunicar a la asociación correspondiente cualquier acta de traslado de dominio de lotes o transmisión de derechos de riego que modifique el padrón de usuarios, proporcionando la documentación que se requiera, para la actualización del padrón se podrá realizar visitas a las parcelas o a los lugares de residencia de los usuarios.

6.4 Áreas específicas de apoyo para el módulo de riego I-3 Otameto

Derivado de la importancia de la conservación y mejoramiento de las obras, la asociación de riego en estudio requiere integre a sus áreas un departamento que dé seguimiento a los diversos programas relacionados con el mejoramiento de la infraestructura, como son los de ejercicio directo llevados a cabo con inversiones 100% de la CONAGUA, los de Alianza para el campo con inversiones iguales al 50% para la CONAGUA y los propios usuarios y del seguimiento a la aplicación del recurso en la conservación de la obra transferida; se propone que el nuevo departamento este integrado por dos personas con el perfil necesario, una de las cuales coordine los programa de alianza y de ejercicio directo y con ello integre los paquetes de concurso, los proyectos ejecutivos, de seguimiento a las licitaciones y los contratos y supervise que la obra sea de la calidad requerida y otra que se encargue de elaborar los programas de conservación de la obra transferida y con ello que sea la responsable de mantener actualizado los inventarios de maquinaria, red de distribución, red de drenaje, red de caminos, pozos y plantas de bombeo, red comunicación, estructuras, además del cálculo y actualización de las necesidades medias anuales de conservación, balance de maquinaria, programa de utilización de maquinaria y se encargue de verificar los avances físicos de conservación para informar en tiempo y forma de los mismos a la CONAGUA, cuidando cumplir con la conservación y de que se aplique el recurso para evitar conservación diferida o rehabilitaciones costosas.

De igual forma se requiere se forme un área específica que se encargue de llevar el control de la ingeniería, desarrollo en el riego y el drenaje; con el área formada se podría llevar el control del avance de la salinidad en el suelo e implementar acciones para su mitigación, controlar la calidad de agua usada en el riego, vigilar la producción y productividad de la tierra y el agua, opinar sobre el patrón de cultivos más viables para los usuarios desde el punto de vista de la vocación del suelo, del mercado y de la utilidad para la región, calcular la programación del riego y en forma general todo lo que se relacione para el beneficio de hacer producir la tierra al menor costo para los usuarios, para lo cual se propone se integre y lleve a cabo sus funciones de acuerdo a la CONAGUA, con el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya.

Dependientes de esta área y en coordinación con los Jefes de Zona del Módulo de Riego I-3 Otameto, se requiere se implemente una brigada de Aforos para el control de volúmenes de agua, en las derivaciones de canales laterales y sublaterales de la red de distribución, bifurcación de canales y tomas directas.

6.5 Estudios y proyectos ejecutivos en la red de distribución y drenaje

Para conocer con exactitud los volúmenes y cantidades de obra que se requieren ejecutar y considerar en los presupuestos en la rehabilitación de la red de distribución y drenaje es necesario que se realicen los estudios correspondientes que además permitirán devolverle a dichos sistemas las condiciones originales o cuando menos muy parecidas a las de proyecto en el caso de la red de drenaje y realizar el mejor diseño de la red de canales con todo y sus estructuras, partiendo de un levantamiento topográfico de toda la red y su cálculo hidráulico de la red y el diseño de sus estructuras, recibiendo el estudio en un paquete que incluya los términos de referencia incluyendo las normas de calidad y una guía de mantenimiento preventivo y correctivo, Esta acción considera una inversión de acuerdo a la tabla de acciones no estructurales.

6.6 Capacitación

Para un mejor impacto de las acciones estructurales, se requiere que la capacitación llegue no solo a la asociación de usuarios de riego sino a todos y cada uno de los usuarios, de las encuestas realizadas para usuarios dentro y fuera de Distrito los Gráficos 17 y 18 muestran lo que el usuario considera prioritario para el mejor manejo del Módulo de Riego, de lo cual observamos que los mayores porcentajes corresponden a cursos de capacitación a directivos gerentes y canaleros, curso de capacitación a usuarios y estudios y proyectos para modernizar el módulo y las parcelas.

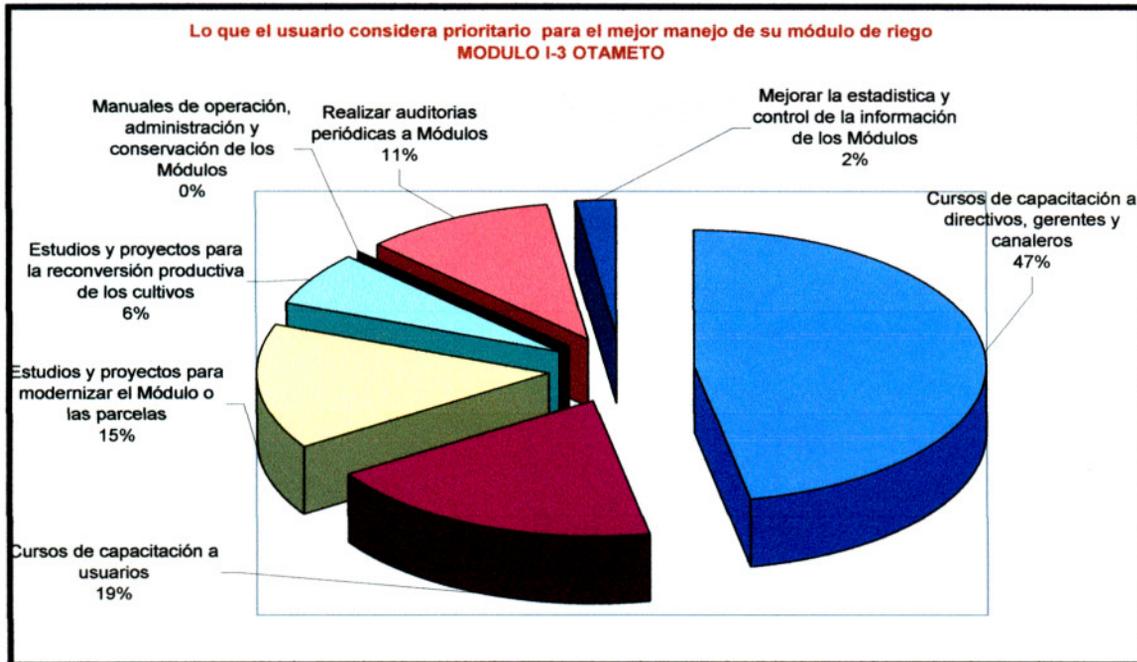


Gráfico 17. Prioridad para mejoramiento del módulo de riego, según usuario dentro de Distrito

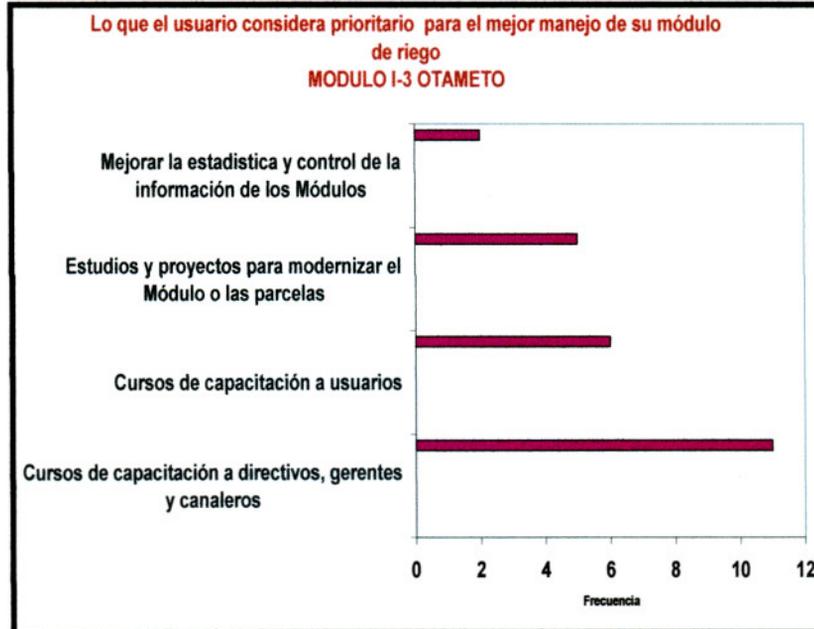


Gráfico 18. Prioridad para mejoramiento del módulo de riego, según usuario fuera de Distrito

Asimismo los cursos solicitados y propuestos por los usuarios para los usuarios se observan en los Gráficos 19 y 20.

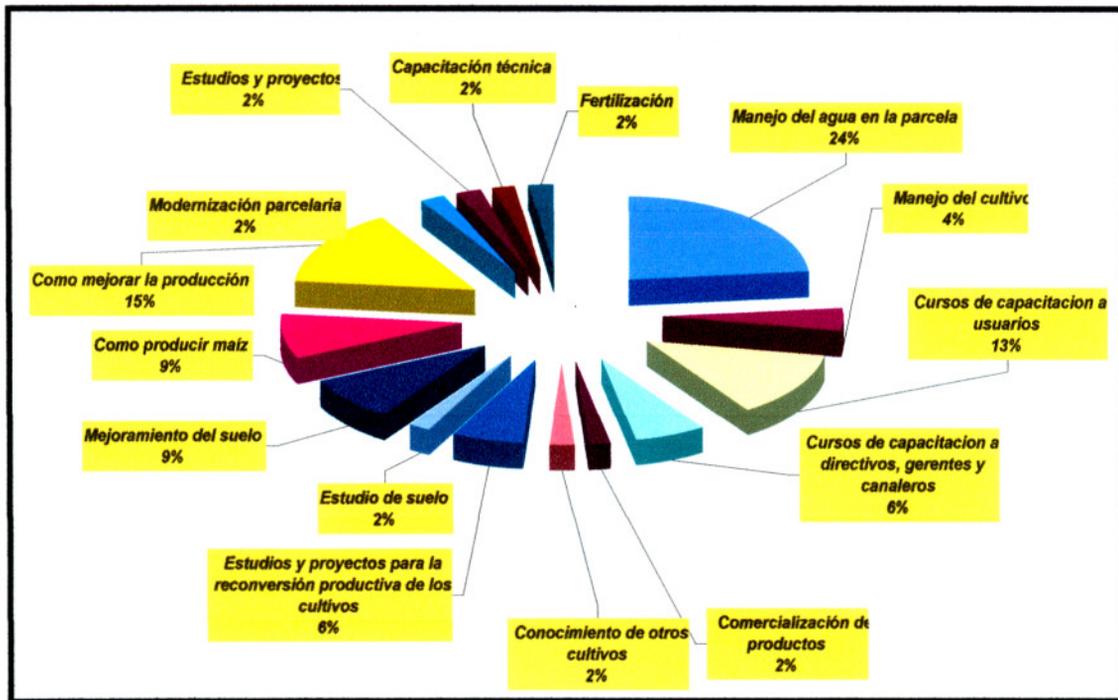


Gráfico 19. Cursos solicitados y propuestos por los usuarios dentro de Distrito para los usuarios dentro de Distrito

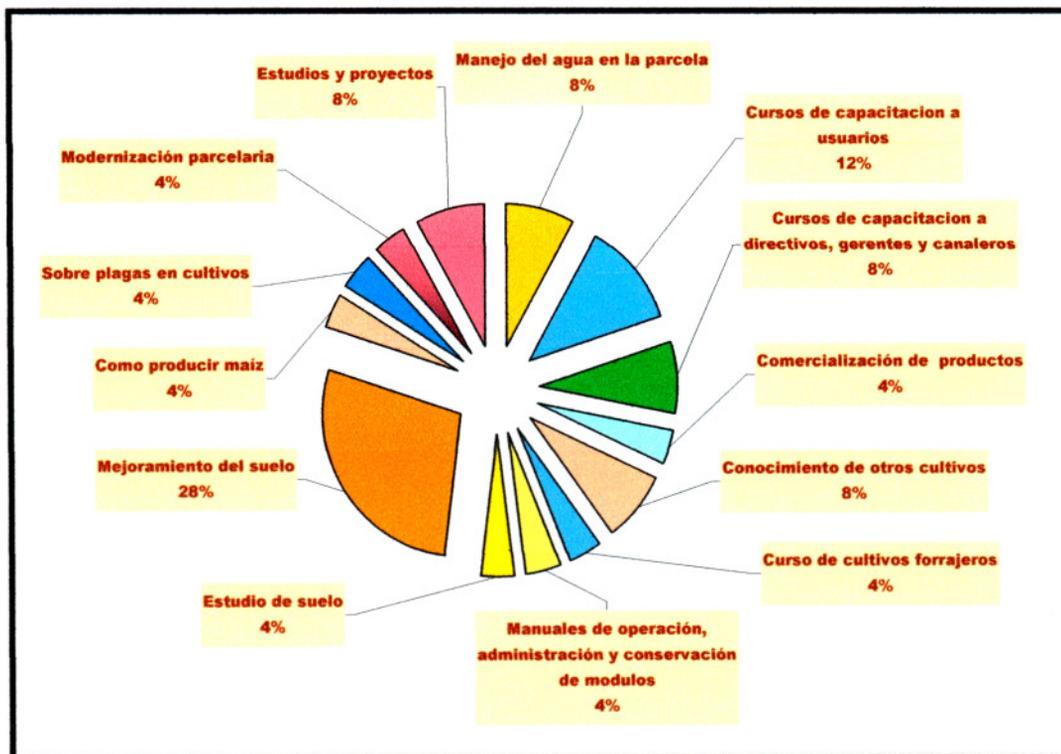


Gráfico 20. Cursos solicitados y propuestos por los usuarios fuera de Distrito para los usuarios fuera de Distrito

6.7 Mejora en la programación del riego utilizando el sistema Cropwat 8

Mejora en la programación del riego del módulo de riego I-3 Otameto, utilizando el sistema Cropwat 8 como herramienta de Gestión

Dentro de los factores causales de baja eficiencia del riego dentro del módulo de riego I-3 Otameto, se asume una deficiente integración de la demanda del agua y distribución de volúmenes por toma parcelaria y por cultivo, tomando en cuenta no exponer al cultivo a estrés hídrico con la correspondiente baja de rendimientos; para reducir esas deficiencias y complementar el ahorro del agua por acciones estructurales de rehabilitación y modernización, se requiere conocer la lámina neta requerida por el cultivo a nivel zona de raíces; lo que ya se determinó en secciones anteriores, las características de los suelos y la eficiencia parcelaria, por lo que a continuación, considerando los datos para el cálculo de requerimiento de riego de la sección 3.7.1 como lo son los datos de clima, precipitación y cultivo previamente cargados en el sistema Cropwat 8 y los datos de suelo del estudio agrológico del distrito de riego 010 Culiacán en el módulo de riego I-3 Otameto, se presenta un ejemplo de cómo estimar la demanda de agua y el intervalo de riego a nivel toma parcelaria, para conocer cuándo y el cómo regar útil en la formulación del plan de riegos y distribución del agua, utilizando el sistema Cropwat 8 para el cultivo del maíz para la serie de suelos Bledal.

Dentro de los datos complementarios requeridos para la carga del sistema Cropwat 8, primero se determinó la humedad del suelo disponible total (CC-PMP) definida como humedad aprovechable (HUA) ver sección 3.6, el agua y el suelo y determinada para los tipos de series de suelo del módulo I-3 Otameto como se indica en la sección 3.7.3.

Luego se cargó la profundidad máxima radicular de los cultivos; en el caso del maíz, se consideró la profundidad máxima de variación en su etapa fenológica entre 0.30 y 1.00 metros y en el frijol entre 0.30 y 0.90 metros.⁶⁵

El siguiente dato requerido fue el agotamiento inicial de la humedad del suelo definida como “un porcentaje de la humedad del suelo disponible total, o humedad aprovechable”⁶⁶, la cual se obtuvo de la diferencia del PCC, “punto de humedad a capacidad de campo” menos la Hdada, “humedad en un momento dado”, ambos en el suelo y de acuerdo con la sección 3.7.3.

⁶⁵ Estos datos los carga Cropwat, de acuerdo a las directrices de la FAO tomado en cuenta el charper 56 de la serie de riego y drenaje

⁶⁶ De acuerdo con el sistema Cropwat 8 el agotamiento inicial, es el deficit de humedad que se observa en el suelo al inicio de temporada de siembra

El último dato requerido dentro del módulo llamado suelos dentro del sistema Cropwat 8 fue la tasa máxima de infiltración de la precipitación, la cual tiene el mismo valor que la conductividad hidráulica del suelo a saturación de acuerdo con el propio sistema Cropwat 8, obteniéndose su valor mediante la calculadora de las propiedades hidráulicas disponible en Internet en la dirección "[http:// whwether.nmsu.edu/Teaching Material/Soil456soilwater.html](http://whwether.nmsu.edu/Teaching%20Material/Soil456soilwater.html)" y al cargar los datos del porcentaje de arena y arcilla de cada serie de suelos, según la sección 3.7.3.

Antes de mostrar los resultados obtenidos, a continuación en las tablas 75 y 76, se describen la opción del momento del riego y de la aplicación del riego considerado por el sistema Cropwat 8⁶⁷.

Opcion de programación del riego, de acuerdo con Cropwat 8		
Momento del riego	Utilizarlo cuando	Características
Regar en agotamiento critico	Cuando se necesita suministrar el riego a nivel de agotamiento critico	La humedad fácilmente aprovechable HUFA se ha agotado, resultan riegos reducidos pero a intervalos irregulares de riego, se requiere de un sistema de riego flexible

Tabla 75. Opciones del momento de riego de acuerdo con el Programa Cropwat 8

Opciones de aplicación del riego, de acuerdo con Cropwat 8		
Aplicación del riego	Utilizarlo cuando	Características
Llevar el suelo a capacidad de campo	Se requiere llevar el suelo a capacidad de campo (PCC)	Como el agotamiento de la zona radicular varía con el cambio de la profundidad radicular y de los niveles permitidos de agotamiento, las aplicaciones del riego pueden variar considerablemente a lo largo de la temporada

Fuente: Cropwat 8

Tabla 76. Opciones de cuando aplicar el riego de acuerdo con Cropwat 8

⁶⁷ www.elregante.com

A continuación en la tabla 77, se observan los resultados de la programación del riego obtenida para el cultivo del maíz en la serie de suelos Bledal, considerando regar el cultivo a agotamiento crítico y que la lámina de agua en zona de raíces se reponga a capacidad de campo, en la tabla se observa dentro de los resultados las fechas de riego, la lámina neta en zona de raíces, la lámina bruta a nivel de toma parcelaria y el gasto en litros por segundo por hectárea.

Fecha		Día	Etapa	Precipi	ks	Eta	Agot	Lám.net	Déficit	Pérdida	Lam. Br	Caudal
				mm	mm	fracc	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
31-ene	73		Des	0.0	1.00	100	56	88.8	0.0	0.0	153.1	0.24
25-feb	98		Des	0.0	1.00	100	57	96.8	0.0	0.0	167.0	0.97
17-mar	118		Med	0.6	1.00	100	57	97.3	0.0	0.0	167.7	0.71
03-abr	135		Med	0.3	1.00	100	56	95.6	0.0	0.0	164.9	1.12
19-abr	151		Fin	0.0	1.00	100	58	97.9	0.0	0.0	168.8	1.22
18-may		Fin	Fin	0.0	1.00	0	78					
476.4											821.5	
Datos generales del suelo				Reducción del rendimiento								
				Stage label		A	B	C	D	ESTACION		
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)				170.0 mm/metro		Reducciones en ETC		0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
Tasa máxima de infiltración de la precip				161 mm/día		Factor de respuesta del rendimiento		0.4	0.4	1.3	0.5	1.25
Profundidad radicular máxima				100 centímetros		Reducción del		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agotamiento inicial de hum. de suelo				4.0%		Reducción acumulada del rendimiento		0.0	0.0	0.0	0.0	
Humedad de suelo inicialmente				163.2 mm/metro								

Tabla 77. Programación del riego para el cultivo de maíz en serie de suelo Bledal, considerando regar al cultivo a agotamiento crítico y que la lámina de agua en zona de raíces se reponga a capacidad de campo

Programación del riego considerando el aporte freático

Considerando los resultados de las láminas de agua por aporte freático de la sección 3.7.2 a continuación en la tabla 78, se muestra a manera de ejemplo la programación del riego para un maíz PMP se siembre en la sección 14 del módulo de riego I-3 Otameto utilizando el sistema Cropwat 8.

Programación del riego del cultivo											
ETo estación: Centromi3				Cultivo: MAIZ 20 NOV				Siembra: 20/11			
Est. de lluvia: Centro MI3				Suelo: BLEDAL				Cosecha: 18/05			
Crop scheduling options				Red. Rend.: 0.0 %							
Momento: Regar a 100 % de agotamiento crítico				Ef. campo 58 %							
Aplicación: Reponer a 100 % de capacidad de campo											
Formato de Tabla: Program. de riego											
Fecha	Día	Etap	Precipi	ks	Eta	Agot	Lám.net considerando afreatico	Déficit	Pérdida	Lam. Br	Caudal
		mm	mm	fracc	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
31-ene	73	Des	0.0	1.00	100	56	39.0	0.0	0.0	67.2	0.11
25-feb	98	Des	0.0	1.00	100	57	75.0	0.0	0.0	129.3	0.6
17-mar	118	Med	0.6	1.00	100	57	82.0	0.0	0.0	141.4	0.82
03-abr	135	Med	0.3	1.00	100	56	41.0	0.0	0.0	70.7	0.48
19-abr	151	Fin	0.0	1.00	100	58	46.0	0.0	0.0	79.3	0.57
18-may		Fin	0.0	1.00	0	78					
							283.0			487.9	
Datos generales del suelo				Reducción del rendimiento							
				Stage label	A	B	C	D	ESTACION		
Humedad de suelo disponible total (PCC-PMP)			170.0 mm/metro	Reducciones en ETC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00		
Tasa máxima de infiltración de la precip			161 mm/día	Factor de respuesta del rendimiento	0.4	0.4	1.3	0.5	1.25		
Profundidad radicular máxima			100 centímetros	Reducción del	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Agotamiento inicial de hum. de suelo			4.0%	Reducción acumulada del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0			

Tabla 78. Programación del riego para el cultivo de maíz en serie de suelo Bledal, considerando el aporte freático, regar al cultivo a agotamiento crítico y que la lámina de agua en zona de raíces se reponga a capacidad de campo

Los resultados esperados obvios, arrojan la necesidad de aplicar láminas netas y brutas más bajas e igualmente gastos en tomas granjas más bajas. En el **ANEXO L** se muestra la ventana principal del sistema Cropwat 8.

6.8 Consideraciones en el cálculo de cuota de riego a nivel módulo riego

Del diagnóstico se sabe que en el módulo de riego I-3 Otameto, existen usuarios dentro y fuera de distrito de acuerdo al padrón de usuarios del distrito de riego 010 Culiacán, ellos se surten del vital líquido a través de la infraestructura concesionada que tienen al pie de sus regaderas parcelarias mediante el sistema de canales interparcelarios, por lo que esto es una razón que hace necesario que se considere el total de superficie de usuarios con concesión y usuarios precarios en el cálculo de la cuota por servicio de riego, también se sabe del diagnóstico que los usuarios dentro de distrito aceptaron a los usuarios fuera mediante convenio para que la asociación de usuarios les brinde el servicio de riego, en este sentido en los ciclos agrícolas correspondientes la asociación brinda el servicio a todo aquel que esté conectado y no



distinguen diferencia de clases, no obstante el servicio se tandeo en la fechas de máxima demanda.

La cuota por servicio de riego a pagar por los usuarios para el mantenimiento de la infraestructura a cargo del módulo de riego, se calcula de la siguiente manera.

$$\text{CSR} = (\text{POA} + \text{PCON}) / \text{ST}$$

Donde:

CSR= Cuota a pagar por los usuarios en pesos por hectárea

POA= Presupuesto para la operación y administración normal anual del módulo de riego

PCON= Presupuesto para la conservación del módulo de riego normal anual en pesos.

ST= Superficie total regable del módulo de riego

De la tabla 79 “necesidades medias de conservación anual del módulo de riego I-3 Otameto” al término del año agrícola 2007-2008, se obtiene:

PCON= NMAC= \$7,380, 241.90

MODULO: I-3 OTAMETO								
NECESIDADES MEDIAS ANUALES DE CONSERVACION								
DESCRIPCION	Unidades		CANTIDADES TOTALES		FRECUEN	NECESIDAD MEDIA ANUAL		
	Param.	Trabajo	Param.	Trabajo	CIA	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
PRESA DE ALMACENAMIENTO	Pza.							
PRESAS DERIVADORAS	Pza.							
POZOS	Pza.							
Reparación de la obra civil	Pza.	Pza.	2	2	0.53	0.2	55661.5	11132.3
Reparación, mantenimiento sistema electromecánico, instalaciones hidráulicas y eléctricas	Pza.	Pza.	2	2	1	2	16000	32000
SUMA								43132.3
PLANTAS DE BOMBEO	Pza.							
Reparación de Obra Civil	Pza.	Pza.						
Reparación, mantenimiento sistema electromecánico, instalaciones hidráulicas y eléctricas	Pza.	Pza.						
SUMA PARCIAL								0
RED DE DISTRIBUCION	Km		235.21					
Extracción de plantas terrestres 1 deshierbe equipo ligero	Km	Ha	235.21	117.60	2.00	235.20	2316.04	544733.67
Extracción de plantas terrestres 2 Desm								
Tractor	Km	Ha	235.21	70.56	1.00	70.56	2908.52	205225.24
Extracción de plantas acuáticas	Km	Ha	235.21	70.56	2.00	141.12	6032.49	851304.71
Desazolve	Km	M3	235.21	211686.00	0.5	105843.00	8.62	912138.04
Terracerías	Km	M3	259.21	259208.00	0.07	17280.53	27.47	474685.28
Revestimiento de bordos de caminos (canales)	km	M3	259.21	58321.60	0.07	3888.11	70.02	272245.03
Material para relleno en revestimiento								
Reparación de revestimiento								
SUMA PARCIAL								3260331.97
RED DE DRENAJE	Km	HA	283.04					
Extracción de plantas terrestres (desmorte)	Km	Ha	283.04	34.00	1.00	34.00	2316.04	78745.51
Extracción de plantas terrestres (equipo ligero)	KM	HA	283.04	205.00	1.00	205.00	2908.52	596246.81
Extracción de plantas acuáticas	Km	Ha	283.04	113.22	0.33	37.36	7002.00	261612.74
Desazolve	Km	M3	283.04	509472.00	0.33	168125.76	9.70	1629991.01
Terracerías	Km	Km.	283.04	283.00	0.33	93.39	807.92	75451.88
Terracerías (descopete)	Km	M3	283.04	95960.00	0.33	31666.80	4.85	153505.92
SUMA PARCIAL								2795553.87
RED DE CAMINOS	Km		620.01					
Extracción de plantas terrestres (desmorte)	Km	Ha	547.33	273.68	0.50	136.84	2908.52	398002.01
Conformación	Km	Km	547.33	545.96	1.00	545.96	323.17	176437.35
Rastreo	Km	Km	547.33	545.96	1	545.96	592.48	323468.47
Terracerías	Km	M3	72.68	14499.50	0.07	1014.97	48.48	49200.78
Reposición revestimiento	Km	M3	72.68	31173.93	0.07	2182.18	70.02	152795.79
SUMA PARCIAL								1099904.41
ESTRUCTURAS	Pza.		441.00					
Reparación de Obra Civil	Pza.	Pza.	310.00	310.00	0.10	31.00	4847.54	150273.59
Reparacion Compuertas y Mecanismos	Pza.	Pza.	131.00	131.00	0.10	13.10	2369.91	31045.77
EDIFICIOS	Pza.							
Reparación mantenimiento	Pza.	Pza.						
RED DE COMUNICACIÓN	Pza.							
Reparación mantenimiento	Pza.	Pza.						
SUMA PARCIAL								181319.3536
SUMA								7,380,241.90

FUENTE:
 Necesidades medias anuales de conservación 3 de octubre de 2007, distrito de riego 010, Culiacán-Humaya
 Talleres sobre Inversión en conservación de obra y maquinaria para distritos de riego de la Gerencia de Distritos de Riego, Conagua, 2008
 Indicadores de conceptos de obra del programa de conservación normal del distrito 010 Culiacán-Humaya, 2008-2009
 Anexos técnicos del título de concesión del Módulo de riego I-3 Otameto, 1992
 Indices nacionales de precios al consumidor
 Actualización a diciembre de 2008

Tabla 79. Necesidades medias Anuales de Conservación

De los importes de operación y administración que aparecen en las tablas 80 y 81 al año agrícola 2008-2009 se integró el POA.

$$POA = \$1,773,634.79 + 2,272,415.27 = \$4,046,050.06$$



Programa de Posgrado
Tesis: ANÁLISIS DEL USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, RED DE DRENAJE
Y EN LA PARCELA, ASPECTOS DE REHABILITACIÓN Y MODERNIZACIÓN.
CASO DE ESTUDIO: MÓDULO DE RIEGO I-3 OTAMETO DEL DISTRITO DE RIEGO 010 CULIACÁN

CONCEPTO	OCTUBRE	NOVIEMB.	DICIEMB.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	TOTAL
SUELDOS	80,995.21	80,995.21	80,995.21	80,995.21	80,995.21	80,995.21	80,995.21	80,995.21	80,995.21	80,995.21	80,995.21	80,995.23	971,942.54
DESPENSA	8,781.74	8,781.74	8,781.74	8,781.74	8,781.74	8,781.74	8,781.74	8,781.74	8,781.74	8,781.74	8,781.74	8,781.74	105,380.88
RENTA DE VEHICULO	8,140.74	8,140.74	8,140.74	8,140.74	8,140.74	8,140.74	8,140.74	8,140.74	8,140.74	8,140.74	8,140.74	8,140.74	97,688.88
SAR	4,841.85	4,841.85	4,841.85	4,841.85	4,841.85	4,841.85	4,841.85	4,841.85	4,841.85	4,841.85	4,841.85	4,841.85	58,102.20
INFONAVIT	5,116.26	5,116.26	5,116.26	5,116.26	5,116.26	5,116.26	5,116.26	5,116.26	5,116.26	5,116.26	5,116.26	5,116.26	61,395.12
IMSS	5,880.44	5,880.44	5,880.44	5,880.44	5,880.44	5,880.44	5,880.44	5,880.44	5,880.44	5,880.44	5,880.44	5,880.44	70,565.28
GRATIFICACIONES	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	36,000.00
AGUINALDO			83,732.85										83,732.85
PRIMA VACACIONAL										6,953.95			6,953.95
COMBUSTIBLES	20,597.50	20,597.50	20,597.50	20,597.50	20,597.50	20,597.50	20,597.50	20,597.50	20,597.50	20,597.50	20,597.50	20,597.50	247,170.00
MANT.EQ.TRANSP.	1,250.00	4,585.00	8,020.09	258.00	1,584.00	458.00	785.00	654.00	852.00	115.00	777.00	965.00	20,303.09
MANTO.EQ.DE COM.	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	14,400.00
TOTAL	139,803.74	143,138.74	230,306.68	138,811.74	140,137.74	139,811.74	139,338.74	139,207.74	139,405.74	145,622.69	139,330.74	139,518.76	1,773,634.79

Importe en pesos
Fuente: Módulo de riego I-3

Tabla 80. Relación de gastos de operación Año Agrícola 2007-2008, módulo I-3 Otameto

GASTOS DE ADMINISTRACIÓN CICLO 2007-2008.													
CONCEPTO	OCTUBRE	NOVIEMB.	DICIEMB.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	TOTAL
SUELDOS Y SALARIOS	57,020.74	57,020.74	57,020.74	57,020.74	57,020.74	57,020.74	57,020.74	57,020.74	57,020.74	57,020.74	57,020.74	57,020.74	684,248.88
DESPENSA	7,369.11	7,369.11	7,369.11	7,369.11	7,369.11	7,369.11	7,369.11	7,369.11	7,369.11	7,369.11	7,369.11	7,369.11	88,429.32
RENTA DE VEHICULO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAR	4,257.26	4,257.26	4,257.26	4,257.26	4,257.26	4,257.26	4,257.26	4,257.26	4,257.26	4,257.26	4,257.26	4,257.26	51,087.12
INFONAVIT	4,650.51	4,650.51	4,650.51	4,650.51	4,650.51	4,650.51	4,650.51	4,650.51	4,650.51	4,650.51	4,650.51	4,650.51	55,806.12
IMSS	5,749.58	5,749.58	5,749.58	5,749.58	5,749.58	5,749.58	5,749.58	5,749.58	5,749.58	5,749.58	5,749.58	5,749.58	68,994.96
GRATIFICACIONES	4,073.94	4,073.94	4,073.94	4,073.94	4,073.94	4,073.94	4,073.94	4,073.94	4,073.94	4,073.94	4,073.94	4,073.94	48,887.26
AGUINALDO			58,028.01										58,028.01
PRIMA VACAC.										7,601.65			7,601.65
COMBUSTIBLES	45,600.00	45,600.00	45,600.00	45,600.00	45,600.00	45,600.00	45,600.00	45,600.00	45,600.00	45,600.00	45,600.00	45,600.00	547,200.00
PLACAS Y TENENCIAS				6,466.38									6,466.38
MANT.EQ. DE TRANSP.	8,998.15	14,252.28	10,932.42	9,625.30	15,123.02	4,052.32	825.69	2,585.69	2,564.20	985.36	1,000.00	1,285.50	72,229.93
MANT Y EQ.COMUNIC.					30,958.67								30,958.67
MANT.EQ. DE COMPUTO	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	24,000.00
SEGUROS Y FIANZAS		107,881.81											107,881.81
ENERGIA ELECTRICA	7,485.53	7,485.53	7,485.53	7,485.53	7,485.53	7,485.53	7,485.53	7,485.53	7,485.53	7,485.53	7,485.53	7,485.53	89,826.36
PAPELERIA	5,668.89	5,668.89	5,668.89	5,668.89	5,668.89	5,668.89	5,668.89	5,668.89	5,668.89	5,668.89	5,668.89	5,668.89	68,026.68
DIVER/UTILASEO	521.00	150.00	125.00	250.00	500.00	152.00	980.00	725.00	465.00	1,110.00	765.00	859.00	6,602.00
ASAMBLEA						68,486.61				15,000.00			83,486.61
TELEFONO	4,372.77	4,372.77	4,372.77	4,372.77	4,372.77	4,372.77	4,372.77	4,372.77	4,372.77	4,372.77	4,372.77	4,372.77	52,473.24
CUOTA ANUR					28,901.11								28,901.11
AUDIT.Y HONO		21,514.50											21,514.50
GASTOS CONSEJO	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	12,000.00
PROPAGANDA Y PUB.	3,613.72	3,613.72	3,613.72	3,613.72	3,613.72	3,613.72	3,613.72	3,613.72	3,613.72	3,613.72	3,613.72	3,613.72	43,364.64
VIATICOS	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	14,400.00
TOTAL	163,581.20	297,860.64	223,147.48	170,403.73	229,544.85	226,752.98	155,867.74	157,372.74	157,091.25	178,759.06	155,827.05	156,206.55	2,272,415.27

Importe en pesos
Fuente: Módulo de riego I-3

Tabla 81. Gastos de administración, año agrícola 2007-2008, módulo de riego I-3 Otameto



La superficie total regable del módulo de riego "ST", se obtuvo de las hectáreas promedio sembradas y cosechadas dentro del ciclo agrícola 2005-2006 al ciclo agrícola 2007-2008.

ST= 17,986.49 HA

Por lo que la cuota de riego promedio por hectárea resultó de:

CSR: \$ 635.27/HA

El cálculo de la cuota anterior, es la cuota que resultó para el pago por parte de los usuarios para la administración-operación y conservación de la infraestructura del módulo de riego al año agrícola 2007-2008 y que una vez aplicada no se genera conservación diferida, no obstante dicha cuota no considera su aporte en la operación, administración y conservación de la red mayor y obras de cabeza a cargo de la CONAGUA, por lo que una vez que la asociación de usuarios determine en conjunto con la dependencia en el año agrícola, los presupuestos normales de operación, conservación y administración de las obras de cabeza y de la Red Mayor, las actividades de ingeniería de riego y drenaje, así como la supervisión que queda a cargo de la CONAGUA podrán acordar la cuota de autosuficiencia, respetando la forma de integrar las necesidades medias anuales de conservación en los tres niveles; módulo de riego, red mayor y obras de cabeza de acuerdo a los anexos técnicos de conservación de la infraestructura del título de concesión.

De lo anterior, de acuerdo con la propuesta de Reglamento del Distrito de Riego 010 Culiacán, la cuota de autosuficiencia se podrá calcular de dos maneras como se indica a continuación.

La primera opción para el cálculo de la cuota considera la que corresponda a la concesionaria y que deberá ser suficiente para cubrir los costos normales de operación, conservación mantenimiento y administración del módulo de riego y la que corresponda a la CONAGUA por el suministro de agua en bloque, la que deberá ser suficiente para cubrir los costos de operación, conservación y mantenimiento y supervisión a cargo de la Dependencia.

La segunda opción con el objeto de asegurar la sustentabilidad financiera de la Asociación y del Distrito de Riego, aún en condiciones de escasez, se propone una cuota fija y otra variable, donde la cuota fija se cobrará a los usuarios haga o no uso del servicio de riego y, la variable con base en el volumen disponible cada año agrícola⁶⁸

⁶⁸ Par mayor referencia del cálculo de la cuota de riego, consultar la propuesta de reglamento del Distrito de Reglamento del Distrito de Riego O10- Culiacán Humaya.



6.9 Resumen de inversiones no estructurales

A continuación se presenta en la tabla 82 el resumen de inversiones no estructurales:

Descripción	Unidad	Cantidad	Inversión (Corto Plazo)	Unidad	Cantidad	Inversión	a cargo de quien están las acciones	Programa que aplica de acuerdo a las reglas de operación de infraestructura hidroagrícola a partir de 2008
			\$			\$		
Estudios y proyectos ejecutivos en la red de distribución de 236.06 km	km	236	10,985,727.72				Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Estudios y proyectos ejecutivos en la red de drenaje	km	42.97	172,972.30				Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Capacitación a personal directivo y empleados del módulo								
Capacitación Administrativa	lote		862,575.00				Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Capacitación Técnica	lote		575,050.00				Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Apoyo a la Capacitación a usuarios							Usuarios Conagua	Programa de rehabilitación y modernización de distritos de riego
Capacitación Técnica			2,000,000.00					
			14,596,325.01			0.00		

En el programa de Rehabilitación y Modernización la Conagua podrá aportar hasta el 50% de la inversión autorizada y los productores el porcentaje restante, a través de la ACU

La aportación total de la Conagua para el programa de Modernización y tecnificación será de: \$ 20,000.00 por hectárea, para el programa de Rehabilitación de Drenes y Caminos de Operación se destinará hasta el 15% y 10% respectivamente del apoyo federal

Inversiones de acuerdo al Distrito de Riego 010 Cukcán

Tabla 82. Resumen de Inversiones no estructurales

7 INVERSIONES Y RECUPERACIÓN DE AGUA

El problema principal que se tiene en el módulo de riego I-3 Otameto es que el agua normalmente no alcanza para dar el servicio de riego, la dotación de acuerdo con el título de concesión con la CONAGUA es de 132.3 millones de metros cúbicos de agua de Presa puesta en punto de control y de 10.789 millones de metros cúbicos del acuífero, en los últimos años han bombeado agua de muchas partes y en diversas ocasiones la han comprado a los vecinos que de alguna manera son más eficientes en el uso y manejo del agua, asimismo tomando en cuenta los anexos de distribución de agua de los años agrícolas 2004 al año 2008 del distrito de riego 010 Culiacán-Humaya y el anexo de distribución de aguas 2007-2008 del módulo de riego I-3 Otameto, así como los datos de los volúmenes bombeados, los datos de compra de agua a los módulos vecinos y conociendo el requerimiento de agua para el mosaico de cultivos que en promedio se siembra en la zona de estudio hasta el año agrícola 2007-2008, el cual es de 18,000 Has., se estima un déficit de agua en promedio de 87 millones de metros cúbicos a nivel de punto de control de módulo de riego, déficit que se incrementó con el cálculo de la demanda del agua a nivel parcelario y por sección de riego de acuerdo con la sección 3.8 para el año agrícola 2008-2009, a un promedio de 131 millones de metros cúbicos sin considerar el aporte freático, humedad residual aprovechable y lámina de sobre riego y de 145 millones considerándolos para un promedio de 19,000 hectáreas al riego.

El resumen de inversiones y recuperación de agua de la propuesta en las tablas 73 y 74, nos muestra diversas acciones estructurales que mediante la gestión del módulo de riego con el consenso de su asamblea de usuarios se pueden llevar a cabo para rescatar esos volúmenes que hacen falta; puede haber varias combinaciones, pero las acciones que se muestran se priorizan de acuerdo al criterio de lo que es más importante y urgente, J. Hidalgo (2007), (Materia "Planificación para la Gestión Integrada de los recursos hídricos"), esto es lo que permita que el usuario llegue a tener los beneficios del ahorro del agua y los mayores volúmenes ahorrados en el mínimo de tiempo y a su vez se toma en cuenta la capacidad de pago de los usuarios. Es interesante observar en el resumen de inversiones que para el corto plazo una vez realizados las inversiones y ejecutadas las obras se recuperaría un volumen de 50.7 millones de metros cúbicos y es hasta mediados del año 9 dentro del mediano plazo que el módulo de riego I-3 Otameto podría regar un mosaico de cultivos estimado de 18,000 hectáreas, considerando los mismos cultivos de acuerdo a los años agrícolas del 2004 al 2008, cuyo volumen estimado es de 229,097 millones de metros cúbicos, sin comprar aguas a sus vecinos, bombear del acuífero, rescatar agua de drenes, bajos naturales y río, no obstante de acuerdo al mosaico de cultivo que se tiene hasta el año agrícola 2008-2009 en 19,000 hectáreas en promedio, habría un déficit estimado de 2.5 millones de metros cúbicos de agua, aun realizando todas las acciones estructurales, del corto y mediano plazo, tomando en cuenta

el aporte freático, la humedad residual aprovechable y la lámina de sobreriego, por lo que derivado de lo anterior es aconsejable que el área de cultivo ya no continúe creciendo.

En la tabla 74 en el corto plazo se deben de invertir \$ 400,022,727.21; cifra que es considerable, pero sabiendo que los fines justifican a los medios Ackoff (1981), citado por J. Hidalgo (2007, sesión 6 "Métodos y Técnicas para la planificación Hídrica" de la materia "Planificación para la Gestión Integrada de los recursos hídricos"), es necesario que la asociación promueva con los usuarios su participación en las inversiones y gestione en las tres esferas de gobierno, con los tomadores de decisiones, los dineros faltantes para hacer frente ese reto, veamos como la asociación de riego puede enfrentar los requerimientos económicos para realizar las acciones estructurales en el corto plazo considerando costos hasta el año agrícola 2008-2009.

Inversión necesaria

La inversión necesaria por acciones estructurales en el corto plazo, considerando costos hasta el año agrícola 2008-2009, es de \$ 400,022, 727.71; los cuales se divide en dos partes, una correspondiente directamente al usuario por \$ 107, 760, 345, que se debe de invertir dentro de las parcelas, en nivelación y trazos de riego, con un importe de \$18,976,650, inversión que representa 100% de los usuarios, riego por goteo, con un importe de \$ 20,182,500, inversión que representa 50% para el usuario, riego por aspersión, con un importe de \$7,199,620, inversión que representa 50% para el usuario, drenaje parcelario con un importe de \$18,668,459, inversión que representa 50% para el usuario y regaderas parcelarias⁶⁹ con importe de \$ 42,733,116, que representa una inversión 100% para el usuario, para una recuperación por año agrícola de 12, 617 millares de metros cúbicos de agua y que para lograrlo la asociación a través de su asamblea general que es la que llega a las bases ejidales y de la pequeña propiedad, se propone realice las siguientes acciones a sabiendas que de acuerdo con las encuestas el mayor porcentaje de usuarios está dispuesto a participar en la modernización aportando sobrecuotas siempre y cuando se realicen las obras.

- A. Establecer una campaña para el uso eficiente del agua dentro de la parcela incluyendo la entrega de folletería y pequeños cursos, donde se les dé a conocer a los usuarios

⁶⁹ De acuerdo a las reglas de Operación para los Programas de Infraestructura hidroagrícola... a cargo de la CONAGUA, aplicables al 2009, entre los apoyos que se otorgan y que benefician a los usuarios del módulo de riego I-3 Otameto, se encuentran los siguientes: Rehabilitar o modernizar canales, rehabilitar drenes o caminos de operación, rehabilitar, relocalizar o reponer pozos de propiedad federal, instalación de drenaje parcelario, construir, adquirir e instalar equipo de medición y control de agua, sistemas de riego que reduzcan los volúmenes de riego empleados, como pueden ser los de riego en baja presión y alta presión o riego a la demanda, donde la CONAGUA podrá aportar el 50% de la inversión autorizada, sin rebasar el presupuesto base autorizado y el resto corresponde a las ACU o SRL. La aportación total de la CONAGUA es de \$ 20,000 por hectárea para las obras de rehabilitación, modernización y tecnificación y de hasta \$ 40 000 para el riego a la demanda.

principalmente los beneficios de implementarla, esos beneficios redundarían desde luego en el incremento de la productividad y del ahorro del agua.

- B. Invitar a los usuarios a participar en pro de las mejoras del campo, tecnificando su riego a nivel parcelario con algún sistema de riego, como lo es la nivelación y trazo de riego, los sistemas de riego de aspersion, de goteo, drenaje parcelario y revestimiento de regaderas. Es importante hacer saber a los usuarios que se pueden unir para alcanzar los beneficios descritos mediante la inversión correspondiente. Dada la inversión alta en las regaderas parcelarias y los volúmenes bajos de agua que se van a recuperar, es aconsejable, que la inversión en regaderas sea al final de las demás acciones estructurales propuestas.

La otra parte de la inversión en el corto plazo, le corresponde a la Asociación de Riego y es por \$ 292, 262,383 para una recuperación de agua de 38,091 millares de metros cúbicos de agua, una vez que las acciones estructurales se realicen en el corto plazo para lo cual se propone lo siguiente:

- A. La Asociación de Usuarios por medio de la gestión y con bases bien sustentadas y de acuerdo a los criterios de selección para priorizar los proyectos y obras que son elegibles de participar y recibir los beneficios de los programa de alianza para el campo, como son las que plantean una mayor eficiencia en el uso del agua, los que sean más rentables y los que tengan un mayor número de beneficiarios, además de conseguir un incremento de la productividad de la tierra y el ahorro de gastos excesivos por consumo de energía eléctrica y una posible sobreexplotación del acuífero del río Culiacán, puede proponer y acordar con la CONAGUA se le adelante el 50% de la inversión que es de \$ 146,131,191 en 5 partes iguales de \$ 29,226,238 en 5 años agrícolas, para lo cual ya no recibirá apoyos en las obras dentro de ese programa en los años en que se acuerde que así sea; con esa inversión se estarían recuperando por año agrícola 19,045 millares de metros cúbicos de agua
- B. La otra parte proporcional que es de \$ 146, 131,191 corresponde a la asociación de usuarios donde también se estarían recuperando 19, 045 millares de metros cúbicos de agua para lo cual se propone lo siguiente:
- C. Que la asociación gestione un financiamiento pagable entre 10 y 15 años a la tasa de interés que más le convenga con alguna institución de crédito, donde participen para su amortización y pago los propios usuarios, que de acuerdo con la percepción en las encuestas de opinión realizadas están dispuestos a aportar una sobre cuota de riego para la rehabilitación y/o modernización, siempre y cuando las obras se realicen, para lo cual tomando en cuenta los ingresos promedio por año agrícola, por recaudación de servicio de riego, **ver ANEXO K**, específicamente, el ingreso normal en modernización a enero de 2009 en el módulo de riego I-3 Otameto se obtendría por año agrícola los siguientes importes que ayudarían a amortizar el préstamo adquirido.



Por cuota normal de modernización de \$150 por hectárea: \$2, 546,806.50
Por sobrecuota para la modernización de \$ 300 por hectárea: \$ 5, 093,613.00
Por dejar de bombear agua de drenes, bajos naturales y río: \$ 2,166, 992.76
Por dejar de comprar aguas a los Módulos vecinos; \$ 363, 687.00
Total de ingresos promedio por ciclo \$ 10, 171,009.30
Total de Ingresos en un período de 10 años \$ 101,710.993
Total de ingresos en un período de 15 años \$ 152,566,489

El período de entre 10 y 15 años depende mucho de la institución que otorga el préstamo por lo que puede caer en un período promedio que se ajuste para amortizar el importe de \$ 146, 131,191 cuando menos, o que se consiga el plazo máximo de 15 años para pagar el adeudo con la cual se podría empezar las acciones de mediano plazo o realizar parte de las acciones no estructurales o inclusive todas y cuyo monto asciende a \$14, 596, 325.

Se requiere buscar el apoyo del Gobierno del Estado para las inversiones dentro del corto o mediano plazo ya que de acuerdo con su plan estatal de desarrollo, en materia de agricultura pudiera aportar una parte de los recursos, asimismo es igualmente importante buscar apoyos con el municipio de Navolato, Sinaloa, ya que la agricultura es la principal fuente de empleos de la región. Es fundamental concertar con los usuarios el visto bueno y el compromiso de pago y amortización de los préstamos obtenidos con las instituciones financieras, es de relevancia que se logró que la CONAGUA adelante el 50% de recursos, buscando la participación y apoyo de los tomadores de decisiones al nivel central.

Como resultado de las inversiones en el corto plazo, se contribuirá a reducir considerablemente los niveles freáticos de mala calidad, la salinidad en el suelo y aumentar los rendimientos de los cultivos en las partes afectadas por sales, en relación a esto último y en base a la percepción de las encuestas realizadas y el levantamiento obtenido en el rendimiento del maíz por los jefes de zona al ciclo agrícola 2008-2009, algunos productores tienen rendimientos en el maíz en la temporada otoño invierno entre 7 y 8 toneladas y algunos casos ligeramente inferiores, por hectárea en las zonas afectadas con salinidad y niveles freáticos someros, algunos otros tienen excelente rendimientos en esas zonas, por arriba de 10 toneladas, no obstante los costos se elevan mucho con respecto a la media por la mayor cantidad de insumos, entre ellos los fertilizantes que tienen que aplicar para hacer producir la tierra y obtener esos rendimientos, redundando en una reducción de beneficios.

Con las inversiones estructurales a corto plazo se recuperarán 50,707.85 millares de metros cúbicos de agua que sumados a los 132, 300 millares de metros cúbicos concesionados de Presa y 10,789 millares del acuífero suman 193,796.85 millares de metros cúbicos, no obstante



dentro del corto plazo se tendrá todavía un déficit de 51,278 millares de metros cúbicos considerando la demanda de agua a punto de control de 245,075 millares de metros cúbicos del año agrícola 2008-2009, los cuales la asociación les puede recuperar casi en su totalidad al invertir en las acciones estructurales de mediano plazo, esto realmente es un reto ya que las inversiones que se necesitan en el mediano plazo son superiores a los del corto plazo, no obstante si la asociación implementa un programa de inducción y capacitación al usuario se pueden recuperar 48,821 millares de metros cúbicos con las acciones a realizar en el mediano plazo. Otra opción probable de hacerle frente al déficit, es conciliar cultivos de baja demanda, en el equivalente para abatir el déficit de agua de 51,278 millares de metros cúbicos.

Asimismo otra opción es que los usuarios se organicen con los demás usuarios de otros módulos de riego y con el Comité Hidráulico del Distrito de Riego, para formar algún tipo de fideicomiso que les ayude a hacerle frente a las necesidades de inversión para obtener los volúmenes faltantes.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La propuesta aquí presentada, se considera la mejor propuesta en cuanto a Rehabilitación y Modernización Integral del Riego para el Módulo de Riego I-3 Otameto; de llevarse a cabo por la asociación de usuarios las acciones indicadas, buscando los recursos económicos necesarios de las tres esferas de gobierno y el apoyo de la Asociación Nacional de Usuarios de Riego y de la propia Asamblea de Usuarios, los problemas que hoy presenta pueden quedar en el pasado.

La intención del presente trabajo, fue dar a conocer a la asociación de usuarios una metodología factible de integrar un diagnóstico de los principales problemas que presenta en su gestión en el uso y manejo del agua e indicar las mejores soluciones dentro de red de distribución, red de drenaje y la parcela y de la propia administración por acciones de modernización, utilizando las herramientas de gestión, como los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, entre ellos Cropwat y Arc View.

De llevarse a cabo las acciones en la red de drenaje superficial y la instalación de drenaje parcelario donde se requiera, los problemas por manto freático de mala calidad, alto contenido de sales en los suelos, con la correspondiente baja de rendimientos de los cultivos desaparecerá, aumentando la producción y la utilidad para el usuario por hectárea y la utilidad para la región.

Igualmente del resultado de implementar las acciones estructurales en la red de distribución y la parcela, con los revestimiento de los canales, nivelación de tierras con sus trazos de riego, la implantación de sistema de riego de acuerdo con lo que los usuarios desean y revestimientos de regaderas parcelarias, se logrará abatir en el corto plazo un buen porcentaje del faltante de agua, sin necesidad de comprarla a los módulos de riego vecinos, ni explotarla del acuífero mediante pozos, ni rescatándola del río, drenes y bajos naturales, garantizando, la sustentabilidad del recurso hídrico.

Dentro del Distrito de Riego, para reforzar las acciones de Rehabilitación y Modernización en el Módulo de Riego I-3 Otameto, es recomendable implementar en conjunto con la SAGARPA, cultivos ahorradores de agua, entre ellos; frijol, ejote, chile, berenjena y tomate, cultivos resistentes a sales como el sorgo grano, soya, calabacita, betabel y forrajes, y cultivos resistentes a sodio intercambiable, como zanahoria, lechuga, caña de azúcar, rábano, tomate, alfalfa y forrajes, aprovechando que de acuerdo a las encuestas, varios de ellos son de interés de los usuarios.

De igual forma de llevarse a cabo las acciones no estructurales por la asociación en estudio, se podrá lograr una mejor gestión de las asociación de usuarios, mejorando su potencial humano con el que dispone, asimismo debido a que los usuarios están dispuestos a participar hay que hacerlos partícipes de la capacitación en el uso y manejo del agua, hay que tomar en cuenta que si se les induce a mejorar en sus parcelas, pueden ahorrar grandes volúmenes de agua y modificar sus patrones de cultivos por otros más ahorradores y que vallan de acuerdo con la vocación del suelo.

Los resultados del presente trabajo indican que no es factible que la zona de riego se continúe expandiendo por lo que de igual forma se requiere hacer saber sin fines de alarmar al usuario del gran déficit que se tiene para dar el riego y con ello lograr que valore el agua.

Es recomendable que la zona de riego ya no continúe expandiéndose ya que de continuar así pueden aparecer otros problemas, entre ellos el avance de las sales hacia adentro del Distrito de Riego, sobreexplotación del acuífero, además de grandes volúmenes faltantes de agua en la zona y lo más grave conflictos entre los usuarios por el reparto del agua.

Es importante hacerle ver al usuario o productor sobre lo no factible de llevar a cabo siembras de cultivos en zonas de suelos fuera de Distrito de Riego con alto contenido de sales y de sodio intercambiable, ya que el proceso de hacer producir las tierras en esas condiciones es largo y el desembolso de dineros es muy alto, obteniendo en algunas casos más pérdidas que ganancias.

En cuanto a las inversiones del corto y mediano plazo, es recordable que la asamblea de usuarios busque el apoyo de sus propios usuarios, de los tomadores de decisiones al nivel central de la CONAGUA, gobierno del estado, municipal y de la Sagarpa, principalmente, para que los dineros que se requieren en beneficio de la recuperación de agua y de elevar la productividad del agua y del suelo se haga realidad, al invertir en obras en un lapso de tiempo corto y donde a la vuelta de 5 años se vea un avance considerable en la tecnificación parcelaria y la red de distribución, ya que al año 2008-2009, los avances en tecnificación y revestimiento no permiten visualizar recuperaciones considerables de agua.

Es importante que los trabajos parcelarios, de la red de distribución y la red de drenaje, tomen en cuenta el diagnóstico del presente trabajo de tesis, tanto en los resultados como en la metodología ya que ello permitirá una mejor planeación de los trabajos y una mejor gestión del riego.

9 REFERENCIAS

Allison L.E. , Brown J.W., Hayward H.E., Richards L.A., Bernstein L., Fireman M. , Pearson,G.A. , Wilcox L.V. , Bower C.A., Hatcher J.T., Reeve R. C. (1947). **Manual 60 del departamento de Agricultura de los Estados Unidos de America. Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos**, México, Limusa, pp 172.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2008) **Ley de Aguas Nacionales**. México, Secretaria de Servicios parlamentarios, pp 66-70.

Chávez D. Francisco A. (2002). **Cuando y Cuanto Regar los cultivos usando reflectómetros de contenido de Humedad en el módulo de riego II-1, del Distrito de Riego 010 Culiacán. Tesis Profesional**, Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo, pp 84.

Chávez M. Jesús, Exebio G. Adolfo, Rubiños P. Enrique, Valdivia A. Ramón. (1998). **Problemas de Segunda Generación que tienen las Asociaciones de Usuarios del Agua**. Montecillo, México, Fundación Ford-Colegio de Postgraduados, pp 158.

Comisión Nacional del Agua. (2008). **Programa Nacional Hídrico 2007-2012**, México, Semarnat, pp 65-68.

Comité Hidráulico del Distrito de riego 010 Culiacán Humaya. (2000). **Propuesta de Reglamento del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya**. Culiacán, Sinaloa, México, Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, pp 75.

De León M. Felipe Benjamín, Fuentes R. Carlos, González C. Arturo, Lázaro C. Pedro Rigoberto, Lemus Ramírez Oscar, Namuche V. José R. Saucedo R. Heber Eleazar, Zataráin M. Felipe, Palacios V. Oscar L., Llerena V. Félix A. Nikolski G. Iouri, Landeros S. Cesáreo, Rendón P. Luis, de la Peña Ildelfonso, Barocio F. Carlos. (1992). **Manual de diseño e instalación de drenaje parcelario en zonas áridas y semiáridas bajo riego**, Morelos, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp 72.

Derrel L. Martín y James R. Guilley. (1997). **Requerimientos de agua para riego. Capítulo 2, parte 623, Manual Nacional de Ingeniería. Servicio de Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos**. Montecillo, México, Comisión Nacional del Agua - Colegio de Posgraduados, pp 405.



Espinosa M. Rafael, Ramírez L. Javier, Guillén G. José A. Ruiz C. Víctor (2000). **Operación y Selección de Estructuras Hidráulicas en Canales**, Morelos, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp 196.

Federación Agronómica de Sinaloa A.C. Asociación Nacional de especialistas en Irrigación A.C. (2008). **Actualización en Operación, Control y Medición del Agua en Módulos de Riego**, México, Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), pp 94.

Gerencia Regional Pacifico Norte, Subgerencia de Operación, Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya-San Lorenzo, Jefatura de Ingeniería de Riego y Drenaje. (1995), **Actualización del Estudio Agrológico en 174, 073 Ha. en la I, II, III y IV unidades de riego del distrito de riego no 010, Culiacán-Humaya- San Lorenzo**. Culiacán, Sinaloa, México, Comisión Nacional del Agua, pp 70.

G. Allen Richard, S. Pereira Luis, Raes Dirk, Smit Martín. (2006) **Publicación número 56 de la serie Riego y Drenaje de la FAO, Evapotranspiración del Cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**, Roma, Departamento de Desarrollo Sostenible, pp 322.

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos; Presidencia de la República Mexicana, (2007). **Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012**, México, SHCP, pp 141-147.

Guillen G. José Ángel, Peña P. Efrén, Montiel G. Mario, Ruiz C. Víctor. (2000). **Dotación Volumétrica**. Morelos, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp 282.

Hernández Sampieri (2007). **Metodología de la Investigación**. México, Mc Graw Hill, pp 247-249.

International Comisión on irrigación & drainage. (1992). **Conferencia Regional Panamericana. Resúmenes, la Modernización de los Distritos de Riego**, Mazatlán, Sinaloa, México, Carrasquilla, pp 159.

L. Vermillion Douglas, A. Sagardoy Juan. (2001). **Directrices de la Transferencia de la Gestión del Riego**. Roma, Instituto internacional de manejo del agua IWMI y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación FAO, pp 114.

De León M. Benjamín et al., (1999). **Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos**. Morelos, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje, pp 183.

Ojeda B. Waldo (2000). **Pronóstico del Riego en tiempo real**. Morelos, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp 230.

Palacios V. Enrique, Exebio G. Adolfo, Rubiños P. Juan Enrique, Mejía Sáenz Enrique. (1998) **III Seminario Internacional sobre Transferencia de Sistemas de Riego**. Montecillo, México, Fundación Ford-Colegio de Postgraduados, pp 252.

Peña P. Efrén (2007). **Eficiencias del uso del agua en distritos de riego en México**. Juitepec, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp 5.

Programa de computación que puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego en base a datos climáticos y de cultivo ya sean existentes o nuevos http://www.fao.org/nr/water/informes_databases_cropwat.html División de desarrollo de tierras y aguas de la FAO.

Secretaría de medio ambiente y recursos naturales, Comisión Nacional del Agua (2008). **Reglas de Operación para los Programas de Infraestructura Hidroagrícola y de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a cargo de la Comisión Nacional del Agua, aplicables a partir de 2009**. México, DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, pp 44.

Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola. Gerencia Regional Pacifico Norte. (2005). **Resumen Ejecutivo del Plan Director para la Modernización integral del Riego del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya**, México, Comisión Nacional del Agua, pp 178.

Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola. (1992). **Títulos de Concesión, Anexos, Asociación de Usuarios, Módulo de Riego I-3, Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya-San Lorenzo, Estado de Sinaloa**. México, Comisión Nacional del Agua, pp 192.

Unland W. Helene, Peña P. Efrén y Herrera P. Juan Carlos (2008). **Uso de Herramientas de Internet para facilitar la determinación de los requerimientos de riego para tecnificación de zonas de riego del IV seminario internacional de uso integral del agua**. México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp. 12.

GLOSARIO DE TERMINOS

Absorción

Proceso por el cual una sustancia es retenida por otra, por ejemplo: entrada de agua al suelo, o de agua, nutrientes y otras sustancias a las plantas.

Adsorción

Concentración excesiva de moléculas o iones en una superficie, incluyendo cationes y aniones intercambiables en las partículas del suelo.

Agua Subterránea

Agua en el suelo debajo de la superficie, generalmente bajo condiciones de mayor presión que la atmosférica y donde todos los vacíos del suelo están sustancialmente llenos de agua.

Alcalino

Un término químico que se refiere a la reacción básica cuyo pH es mayor de 7, para diferenciar de la reacción ácida menor de 7.

Año agrícola

Período comprendido del 1 de Octubre de una año al 30 de septiembre del año siguiente.

Arcilla

Todas las partículas de menos de 0.002 mm.

Arena

Todas las partículas entre 2 a 0.05 mm.

Asociación civil de usuarios

La asociación de usuarios correspondiente a la que se le ha otorgado concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales y para el uso de obras de infraestructura hidráulica.

Cal

Estrictamente, óxido de calcio (CaO), pero en la terminología agrícola acostumbrada, incluye también carbonato de calcio (CaCO_3) e hidróxido de calcio (Ca(OH)_2). La cal agrícola se refiere a cualquiera de estos compuestos con o sin magnesio, y se usan como mejoradores en suelos ácidos.

Capa freática

El límite superior del agua subterránea. La superficie superior del locus de puntos en los cuales la presión en el agua subterránea es igual a la atmosférica.

Capacidad de campo

Contenido de humedad del suelo dos o tres días después de humedecer el perfil del suelo con lluvia o por riego. La capacidad de campo se expresa como porcentaje de humedad del suelo seco.

Capacidad de intercambio de cationes

La cantidad total de cationes que puede adsorber un suelo y que se expresa generalmente en miliequivalentes por 100 gramos. Los valores k que se obtengan dependerán en cierta forma del método que se utilice en la determinación.

Carga hidráulica

La elevación con respecto a un nivel de referencia, del agua en un manómetro conectado al punto del suelo por determinarse. Esto incluye carga de elevación, carga de presión y también carga de velocidad, si la abertura terminal del medidor apunta aguas arriba. Para corriente no turbulenta en el suelo, la carga de velocidad es nula. En suelo no saturado se debe usar un cuerpo poroso para establecer contacto hidráulico entre el agua del suelo y el agua en un manómetro. La carga hidráulica se mide por longitud (L).

Catión intercambiable

Un catión adsorbido en el complejo de intercambio que es capaz de intercambiarse con otros cationes.

Conductividad eléctrica

La recíproca de la resistencia eléctrica. Esta es la resistencia en ohms de un conductor metálico o eléctrico, que tiene un cm de largo y una área trasversal de un 1 cm^2 , por consiguiente, la conductividad eléctrica se expresa en recíprocas de ohms por centímetro, o sea, mhos por centímetro. Los términos "la conductividad eléctrica" y "conductividad eléctrica específica" tienen el mismo significado.

Propiedad de una sustancia para transferir una carga eléctrica (recíproca de la resistencia). La conductividad eléctrica del extracto de saturación, es la transmisión de electricidad a través del extracto a 25° C , obtenido de una pasta de suelo, utilizada para medir su contenido de sales. Se expresa en ds/m.

Conductividad hidráulica

El factor de proporcionalidad en la Ley de Darcy que establece que la velocidad efectiva de escurrimiento es proporcional a gradiente hidráulico. La conductividad hidráulica, por lo tanto es la velocidad efectiva de escurrimiento a la unidad de gradiente hidráulico y tiene las dimensiones de velocidad (LT^{-1}).

Cuota de autosuficiencia

Es aquella destinada a recuperar los costos derivados de la operación, conservación y mantenimiento de las obras de infraestructura hidráulica, instalaciones diversas y de las zonas de riego, así como los costos incurridos en las inversiones en infraestructura, mecanismos y equipo, incluyendo su mejoramiento, rehabilitación y reemplazo. Las cuotas de autosuficiencia no son de naturaleza fiscal y normalmente son cubiertas por los usuarios de riego o regantes, en los distritos, unidades y sistemas de riego, en las juntas de agua con fines agropecuarios y en otras formas asociativas empleadas para aprovechar aguas nacionales en el riego agrícola; las cuotas de autosuficiencia en distritos y unidades de temporal son de naturaleza y características similares a las de riego, en materia de infraestructura de temporal, incluyendo su operación, conservación y mantenimiento y las inversiones inherentes.

Densidad aparente

La relación entre la masa del suelo seco y su volumen. Se expresa en líneas por pie cúbico o gramos por centímetro cúbicos y también se designa densidad de volumen. Cuando se expresa en gramos por centímetro cúbico, la densidad por volumen es numéricamente igual a la gravedad específica aparente o peso volumétrico.

Densidad real

La densidad media aparente de las partículas del suelo. La densidad real generalmente se expresa en gramos por centímetros cúbicos y algunas veces se menciona como densidad de partículas o densidad de grano.

Desarrollo sustentable

En materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras.

Distrito de riego

Es el establecido mediante decreto presidencial, el cual está conformado por una o varias superficies previamente delimitadas y dentro de cuyo perímetro se ubica la zona de riego, el cual cuenta con las obras de infraestructura hidráulica, aguas superficiales y del subsuelo, así como con sus vasos de almacenamiento, su zona federal, de protección y demás bienes y obras conexas, pudiendo establecerse también con una o varias unidades de riego.

Drenaje

El proceso de descarga de agua de un suelo por corriente superficial (drenaje superficial) y eliminación de agua excesiva dentro del suelo por movimiento descendente a través del mismo (drenaje interno). Los medios para efectuar la eliminación de agua superficial y dentro del suelo por ejemplo: topografía con pendiente o canales (drenaje superficial) o drenes abiertos o por tubería subterránea (drenaje artificial), o por bombeo.

Eficiencia de aplicación de agua

Fracción de agua derivada al rancho y almacenada en la zona radicular para utilización de cultivo, expresada en por ciento.

Extracto de saturación

La solución que se extrae al suelo cuando éste contiene agua a su por ciento de saturación.

Extracto de suelo

La solución que se tiene de una suspensión del suelo o un suelo con determinado contenido de humedad.

Gestión del Agua

Proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua.

Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de esta Ley en relación con este concepto se consideran primordialmente agua y bosque.

Gradiente hidráulico

La disminución de carga hidráulica por unidad de distancia en el suelo en la dirección del mayor grado de disminución de la carga hidráulica.

Grado de penetración; velocidad de infiltración

El grado de penetración de agua en el suelo expresado como lámina de agua por unidad de tiempo. Este término no implica restricciones con respecto a área de aplicación o corriente divergente en el suelo, por lo tanto, el procedimiento de medición debe especificarse. Tiene las dimensiones de velocidad (LT^{-1}).

Infiltración

La entrada hacia abajo del agua en el suelo.

Intercambio de cationes

El intercambio de un ión en solución con otro en la superficie de un material activo.

Isobata

Que tiene profundidad constante. Una línea que une puntos con capa freática a igual profundidad.

Lavado

El proceso de remoción de material soluble del suelo cuando pasa agua a través del mismo.

Limo

Todas las partículas cuyo tamaño varía de 0.002 a 0.05 mm.

Mejoradores

Para los suelos, sustancias o material que mejora las características físicas de los suelos. Para las aguas, sustancias químicas que se agregan al agua para mejorar ciertas propiedades del sistema suelo-agua, como una mejor infiltración producida por un cambio en la composición química del mismo.

Modernización

Implica realizar un cambio en las características originales de diseño para hacerlas más eficientes, incorporando nueva tecnología apropiada a cada caso.

Módulo

El área de riego del distrito que comprende las superficies e infraestructura cuya operación, conservación, mantenimiento y administración queda a cargo de la asociación correspondiente.

Necesidad de drenaje

Especificaciones de trabajo y capacidad de un sistema de drenaje, por ejemplo: profundidades permitidas y modo de variación de la capa freática con respecto a la zona radicular o superficie del suelo y la calidad de agua que los drenes deben conducir en un momento dado.

Necesidad de lavado

La fracción de agua que entra en el suelo y que debe pasar a través de la zona radicular para evitar salinidad del suelo al exceder un valor específico. La necesidad de lavado se usa principalmente bajo condiciones estables o medias después de un largo período de tiempo.

Obras de cabeza

Son las obras que están a cargo de la agencia de Gobierno (Conagua) o de la sociedad de responsabilidad limitada (participan en su conformación, dos o mas asociaciones civiles de usuarios) y entre las que se encuentran las presas de almacenamiento, la red principal de distribución, la red principal de drenaje superficial y pozos profundos.

Pasta saturada del suelo

Una mezcla de suelo y agua. A saturación, la pasta brilla al reflejar la luz, escurre ligeramente al inclinar el recipiente y la pasta se desliza libremente de una espátula, excepto en suelos de alto contenido de arcilla.

Percolación

Un término cualitativo que se aplica al movimiento descendente del agua en suelo saturado o casi saturado a gradientes hidráulicos de uno o menores.

Planta indicadora

Una planta nativa que indica en general, y a veces en forma específica, la naturaleza de las condiciones del suelo con respecto a humedad y salinidad. Las especies dominantes son las indicadores más importantes en tales condiciones.

Porcentaje de marchitez permanente

El porcentaje de humedad en el cual las plantas se marchitan sin recobrar turgidez. Generalmente se determina usando girasoles enanos. La expresión solamente tiene significado para suelos no salinos.

Porcentaje de sodio intercambiable

Grado de saturación con sodio del complejo de intercambio.

Porcentaje de humedad

Base de suelo seco. El peso de agua por 100 partes de peso del material secado a temperatura constante a una temperatura estándar. 2. Base a profundidad. La profundidad de agua equivalente a 100 unidades de profundidad del suelo. Numéricamente este valor se aproxima al volumen de agua por 100 unidades del volumen de suelo.

Porcentaje de saturación

El porcentaje de humedad de una pasta saturada del suelo, expresado con base a suelo seco.

Porosidad

La fracción del volumen del suelo no ocupada por las partículas del mismo, la relación de la suma de los volúmenes de las fases líquida y gaseosa a la suma de los volúmenes de las fases sólidas, líquida y gaseosa del suelo.

Precarios

De acuerdo con la propuesta de reglamento del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, vigente al 2009, en su páginas de la 34 a 36, el servicio de riego precario es el que se proporciona con carácter eventual a terrenos que no cuentan con derecho para hacer uso de las aguas nacionales por no formar parte del padrón de usuarios del Distrito. Las personas beneficiadas con este tipo de servicio, recibirán el nombre de precaristas.

Predio

Lote registrado en el padrón de usuarios identificado mediante un número de cuenta.

Presión osmótica

La presión negativa equivalente que tiene influencia en el grado de difusión del agua a través de una membrana semipermeable. Su valor experimental directo para una solución es la diferencia de presión requerida para igualar los grados de difusión entre la solución y agua pura a través de una membrana semipermeable. La presión osmótica se puede calcular y expresar en atmósferas utilizando el punto de abatimiento de la congelación T en $^{\circ}\text{C}$ al aplicar la fórmula $PO=12.06 \Delta T - 0.021 \Delta T^2$.

Punto de control

Lugar de entrega de agua a la asociación de riego para su distribución al usuario, llevada a cabo por la sociedad de responsabilidad limitada o por la agencia de gobierno (CONAGUA).

Rehabilitación

El proceso de eliminar exceso de sales solubles o exceso de sodio intercambiable en el suelo.

Se considera como aquella que es necesaria de realizar para devolverle a las estructuras una características de funcionamiento similar con las que fueron diseñadas., cuando una estructura requiere rehabilitarse ya no funciona para los fines con que fue construida.

Registro Público de Derechos de Agua (REPGA)

Registro que proporciona información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y bienes inherentes a través de la inscripción de los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, así como las modificaciones que se efectúen en las características de los mismos.

Relación de absorción de sodio

Una relación para extracto del suelo y aguas de irrigación, que se usa para expresar la actividad relativa de iones de sodio en reacciones de intercambio con el suelo.

Salinización

El proceso de acumulación de sales en el suelo.

Sistema de Información Geográfica

Es un sistema para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico, que se estructura en diferentes conjuntos de información (ESRI).

Sodificación

Proceso por el cual se aumenta el contenido de sodio intercambiable en un suelo.

Suelo alcalino

Un suelo con reacción alcalina, o sea, aquel cuyo pH de la pasta saturada es mayor de 7.

Suelo salino

Un suelo no sódico que contiene sales solubles en tales cantidades que impide el crecimiento de la mayor cantidad de cultivos. La conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 milimhos por centímetro (a 25°C) y el porcentaje de sodio intercambiable es menor de 15. El pH de la pasta saturada, generalmente es menor de 8.5.

Suelo sódico

Un suelo que contiene suficiente sodio intercambiable para impedir el crecimiento de la mayor parte de los cultivos, ya sea con alto contenido de sales solubles o en ausencia de ellas.

Suelos sódicos-salinos

Un suelo que contiene suficiente sodio intercambiable para impedir el crecimiento de la mayor parte de las plantas y además contiene altas cantidades de sales solubles. El porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15 y la conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 milimhos por centímetro (a 25°C). El valor del pH de pasta saturada es generalmente menor de 8.5.

Superficie específica

El área superficial por unidad de peso del suelo, la cual se expresa comúnmente en metros cuadrados por gramos de suelo (m²/g).

Tensión de la humedad del suelo

El equilibrio de la presión negativa o succión de agua en el suelo. Experimentalmente, la succión de agua en el suelo es la diferencia de presión requerida a través de una membrana permeable para producir equilibrio hidráulico entre el agua del suelo y el agua libre.

Textura del suelo

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa.

Toma granja

Estructura al pie de la parcela, mediante la cual se entrega y se estima el agua a los usuarios de riego.

Uso Agrícola

La aplicación de agua nacional para el riego destinado a la producción agrícola y la preparación de ésta para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

Uso consuntivo

El agua que usan las plantas en transpiración y crecimiento, más el agua que se pierde en forma de vapor de una superficie adyacente de suelo o nieve, o de precipitación interceptada en cualquier tiempo. Generalmente se expresa como lámina de agua por unidad de tiempo.

Usuario

La persona física o moral poseedora legal del derecho para hacer uso de los servicios que proporciona el “distrito” y la “asociación” correspondiente y que se encuentra registrada en el padrón de usuarios.

Velocidad de infiltración, capacidad de infiltración

El grado máximo a que un suelo, bajo ciertas condiciones y en un tiempo dado, puede absorber lluvia. También es el grado de absorción de agua, cuando éstas se almacenan sobre una gran superficie con poca profundidad, o cuando se toman precauciones para evitar corriente divergente en los bordos. Es el volumen de agua que pasa el suelo por unidad de área en unidad de tiempo y tiene las dimensiones de velocidad (LT^{-1}).

Zona de aforos

Delimitación Geográfica que permite una mejor distribución, control y supervisión del manejo del agua, misma que abarca una o más secciones de riego.

Fuente del Glosario:

Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos, de De León Mojarro Benjamín et al., (1999).

Manual 60 del departamento de Agricultura de los Estados Unidos de America. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos salinos (1947) Allison L.E., et al.,

Ley de Aguas Nacionales (2008)

Propuesta de Reglamento del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya (2000)

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y EQUIVALENCIAS

CE	Conductividad eléctrica en mhos/cm a menos que se dé otra especificación
CE x 10 ³	Conductividad eléctrica en milimhos/cm (valor en mhos/cm x 10 ³)
CE x 10 ⁶	Conductividad eléctrica en micromhos/cm (valor en mhos/cm x 10 ⁶)
CE	Conductividad eléctrica del extracto de saturación
mho	La recíproca de ohm (ohm deletreado en sentido inverso)
mmho	Milimhos
umho	Micromhos
PSI	$\text{Por ciento de sodio intercambiable} = \frac{\text{Sodio intercambiable (m.e./100 g de suelo)}}{\text{Capacidad de intercambio de cationes (m.e. /100 g de suelo)}}$
m.e	Miliequivalente
RAS	$\text{Relación de absorción de sodio} = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg) / 2}}$
Na	Sodio
Ca	Calcio



Mg	Magnesio
C2-S3	Ejemplo de clasificación de agua para riego; C denota conductividad eléctrica; S denota sodio (RAS) y los números indican las cantidades respectivas.
1 milimhos	Equivale a 1000 micromhos/cm
1 ds/m	Equivale 1 milimhos/cm
1 milimhos/cm	Equivale a 640 ppm y a 640 mg/l
ppm	Partes por millón
ppm	Numéricamente igual a miligramos por litro
mg/l	Miligramos de soluto por litro de solvente
PH	El PH de una solución acuosa es el logaritmo negativo de la actividad del ión hidrógeno, está influenciado por la composición de los cationes intercambiables, la naturaleza de los materiales de intercambio catiónico, composición y concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos de metales alcalino-térreos.
M3/DIA/KM	Metro cúbico por día por kilómetro
L/S/KM	Litros por segundo por kilómetro
m ³ /km	Metro cúbico por kilometro
LONG (Km)	Longitud en kilómetro
FAO	Food and Agriculture Organization
LAN	Ley de Aguas Nacionales

ANEXO A. Requerimientos de volúmenes de riego

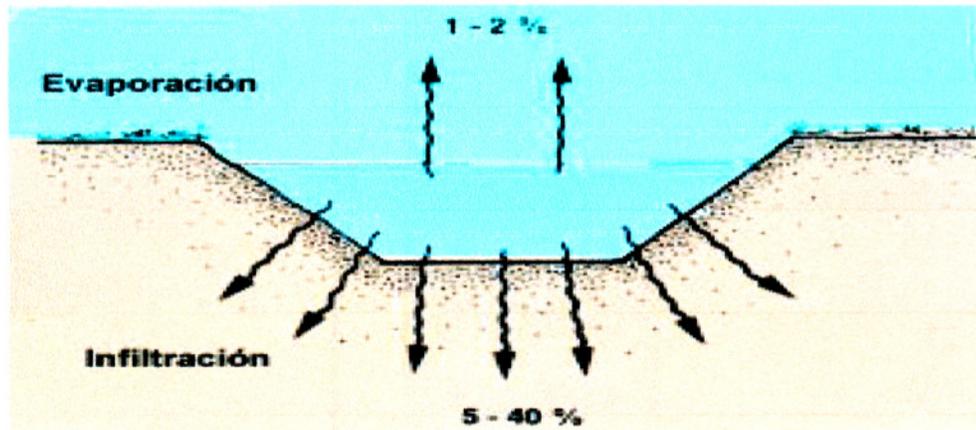
Las necesidades de agua por la evapotranspiración de los diversos cultivos calculados con el programa Cropwat 8.0 para la zona de estudio aparecen en el cuadro por sección de riego.

Requerimientos y volúmenes de riego					2007-2008	2008-2009
Cultivo	Descripción	2007-2008	2008-2009	RR mm	Vol (Mm3)	Vol (Mm3)
Otoño						
04	Algodón			609.3	0	0
11	Chile 1ro de Oct	135.90	95.67	409.30	556.24	391.58
	Frijol	257.26		244.30	628.49	0.00
13	Frijol 20 de Oct		275.55	240.50		662.70
13	Frijol 10 de Nov		238.07	246.00		585.65
	Ejotero	314.84		225.07	708.61	0.00
14	Ejote 20 de Sept		152.28	210.30	0.00	320.25
14	Ejote 10 de Oct		135.36	210.30	0.00	284.67
14	Ejote 20 de Oct		50.76	239.84	0.00	121.75
18	Otras hortalizas		39.46	232.40	0.00	91.71
20	Maiz 20 de Nov	15260.42	15798.00	614.90	93836.32	97141.90
20.-1	Maiz Amarillo	52.00	52.00	614.90	319.75	319.75
					0.00	0.00
Invierno						
					0.00	0.00
06	Berenjena 15 Oct	28.00	68.64	293.40	82.15	201.39
07	Calabaza 20 Oct	112.50	153.10	170.20	191.48	260.58
21	Melon			370.30	0.00	0.00
29	Tomate de suelo 30 Oct	2.00	4.38	399.10	7.98	17.48
28	Tomate de vara tomate 20Sept	56.70	115.70	461.40	261.61	533.84
25	Sorgo grano 15 de Dic	143.53	228.61	438.00	628.66	1001.31
	Sorgo Escobero 15 Ene		57.20	396.20	0.00	226.63
Primavera						
					0.00	0.00
	Maiz 20 de Feb		270.0	590.90	0.00	1595.43
25	Sorgo 20 de Feb	702.72	324.90	467.50	3285.22	1518.91
30	Escoba 1ro de Marzo	7.00	100.00	472.70	33.09	472.70
Verano						
Perenes						
					0.00	0.00
01	Frutales(Limon, Naranja, Lichis)	174.00	174.51	764.70	1330.58	1334.48
	Aguacate 1ro Abril	13.80	13.84	802.90	110.80	111.12
	Mango 1ro de Julio	98.50	98.53	1234.50	1215.98	1216.35
03	Alfalfa 20 Nov	5.00	3.30	889.30	44.47	29.35
08	Caña 15 de Julio	399.39	449.37	1187.40	4742.36	5335.82
	Praderas		46.87	912.70		427.78
		17763.56	18946.109		107,983.78	114,203.11

Fuente. Registros de campo de jefes de zona y control interno del módulo de riego I-3

ANEXO B. Coeficientes de pérdidas de agua por tipo de suelos

Coeficiente de Pérdidas diarias de agua por metro cuadrado para estructuras de conducción de agua FAO



Tipo de suelo*	Promedio de las pérdidas diarias de agua por m ² de perímetro mojado	
	(m ³ /día)	(l/día)
Arcilla impermeable	0.09	90
Légame arcilloso	0.18	180
Arcilla arenosa o conglomerados	0.25	250
Légame o légame arcilloso de arena	0.4	400
Légame arenoso	0.5	500
Tierra y grava o material de aluvión	0.7	700
Gravina y material poroso	1	1000
Gravas muy porosas	1.8	1800

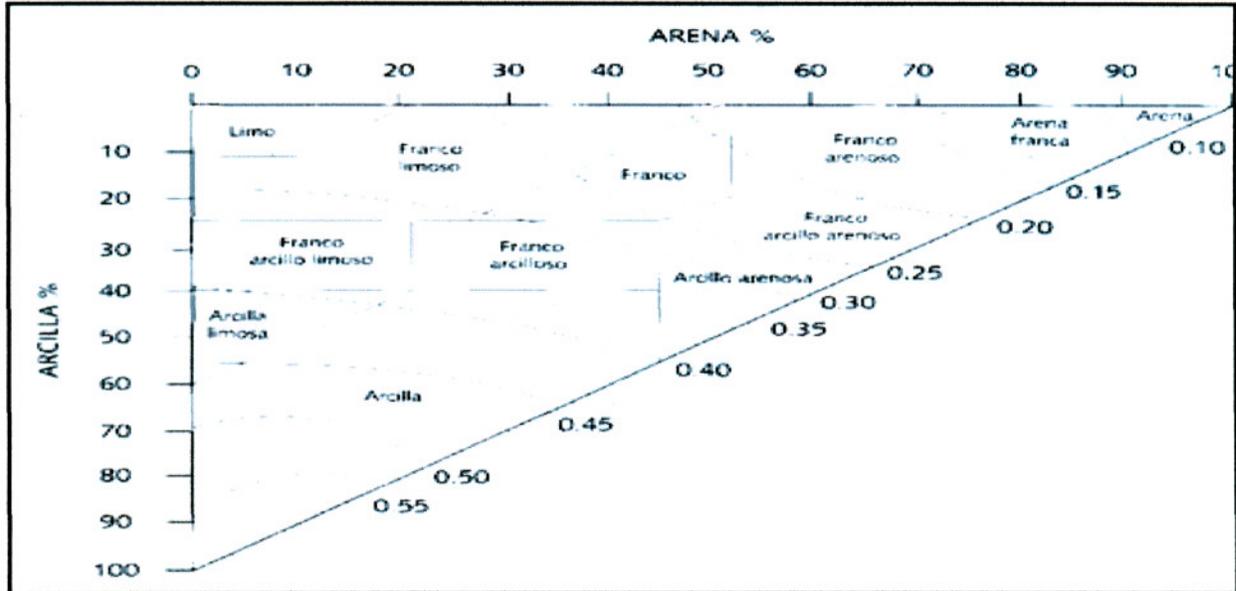


ANEXO C. Desglose de pérdidas de canales Sección 15, módulo I-3 Otameto

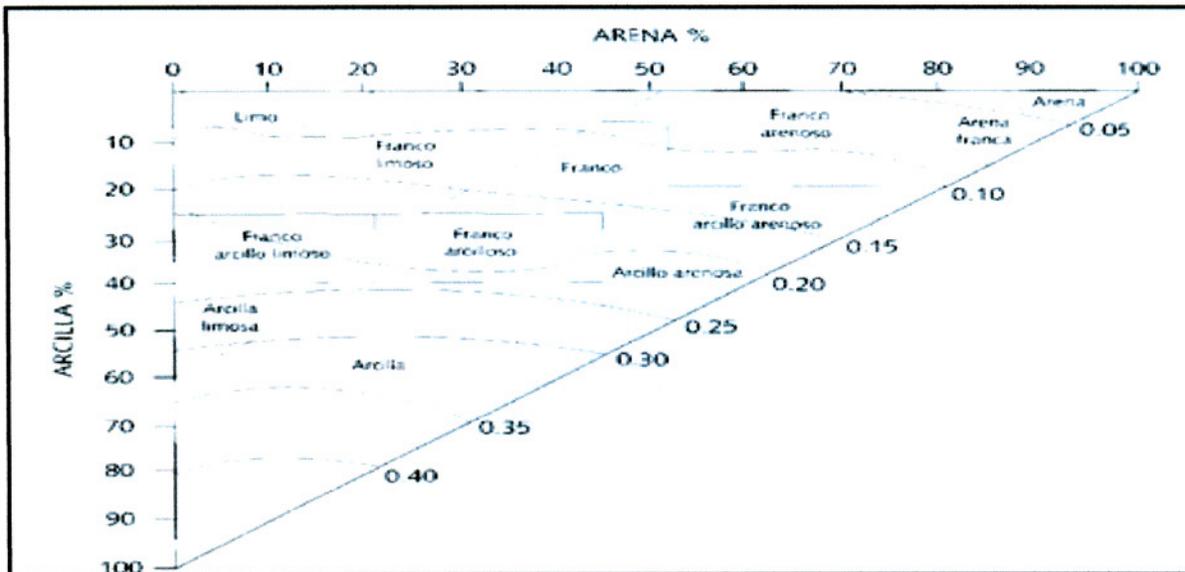
No DE INVENTARIO	NOMBRE DE LA OBRERA	CADENAMIENTO		Tipo de suelo	LONGITUD EFECTIVA Km	Longitud efectiva en Kilometros	CONSERVACIÓN A CARGO DE	GASTO (Q) m ³ /seg	PENDIENTE (S)	ANCHO DE PLANTILLA (b) m	TIRANTE NORMAL (d) m	LIBRE BORDO (Lb) m	TALUDES	PERIMETRO MOJADO	SUPERFICIE MOJADA (M ²)	PROMEDIO DE PERDIDAS DIARIAS DE AGUA POR M ² DE PERIMETRO MOJADO	PERDIDAS POR FILTRACION (M ³ /DIA) "FAO"	ESTRUCTURAS DE CONDUCCION DE AGUA 2008
		INICIAL Km	FINAL Km															
1	C. LATERA L 28+120 OTAMETO	0+000	5+974			0	MODULO I-3	7.500	0.00015									
		10+470	12+120	TM	0.670	670	MODULO I-3	3.800	0.00025	3.00	1.55	0.60	1.5:1	8.58860448	5,754.36	0	0	
		12+120	13+193	TM	1.073	1073	MODULO I-3	3.800	0.00025	3.00	1.55	0.60	1.5:1	8.58860448	9,215.57	0	0.00	
		13+193	15+860	TM	2.667	2667	MODULO I-3	3.800	0.00025	3.00	1.55	0.60	1.5:1	8.58860448	22,905.81	0.5	11,452.90	
		15+860	17+260	TM	1.400	1400	MODULO I-3	3.200	0.00022	1.00	1.50	0.60	1.5:1	6.40832691	8,971.66	0.5	4,485.83	
18	C. SUB-LAT. 13+193 RIVAS	0+000	2+630	TM	2.630	2630	MODULO I-3	2.500	0.0003	1.50	1.42	0.60	1.5:1	6.61988281	17,410.29	0.5	8,705.15	
		2+630	4+460	TM	1.830	1830	MODULO I-3	1.800	0.0002	1.50	1.23	0.60	1.5:1	5.93482807	10,860.74	0.5	5,430.37	
		4+460	7+880	TM	3.400	3400	MODULO I-3	1.200	0.0002	1.50	1.10	0.60	1.5:1	5.4661064	18,584.76	0.5	9,292.38	
		7+880	10+200	TM	2.340	2340	MODULO I-3	1.000	0.0002	1.00	0.81	0.60	1.5:1	3.92049653	9,173.96	0.5	4,586.96	
19	7.78 C. RAMAL 3+660	0+000	0+732	TM	0.732	732	MODULO I-3	1.420	0.0008	1.20	0.91	0.50	1.5:1	4.48105166	3,280.13	0.5	1,640.06	
		0+732	1+725	TM	0.993	993	MODULO I-3	1.080	0.00048	1.20	0.90	0.50	1.5:1	4.44499615	4,413.88	0.5	2,206.94	
		1+725	2+714	TM	0.989	989	MODULO I-3	0.950	0.0006	1.20	0.80	0.50	1.5:1	4.08444102	4,039.51	0.5	2,019.76	
		2+714	4+162	TM	5.080	5080	MODULO I-3	0.520	0.00015	1.20	0.80	0.50	1.5:1	4.08444102	20,748.96	0.5	10,374.48	
20	7.8 C. RAMAL 4+200 CAMPILLOS	0+000	2+000	TM	2.000	2000	MODULO I-3	1.000	0.0008	1.00	0.81	0.40	1.5:1	3.92049653	7,840.99	0.5	3,920.50	
21	7.8 C. RAMAL 6+180	0+000	1+900	TM	1.900	1900	MODULO I-3	1.000	0.0009	1.00	0.80	0.40	1.5:1	3.88444102	7,380.44	0.5	3,690.22	
22	7.8 C. RAMAL 6+300 3.6 KM	0+000	5+000	TM	5.000	5000	MODULO I-3	1.000	0.0006	1.00	0.80	0.40	1.5:1	3.88444102	19,422.21	0.5	9,711.10	

No DE INVENTARIO	NOMBRE DE LA OBRERA	CADENAMIENTO		Tipo de suelo	LONGITUD EFECTIVA Km	Longitud efectiva en Kilometros	CONSERVACIÓN A CARGO DE	GASTO (Q) m ³ /seg	PENDIENTE (S)	ANCHO DE PLANTILLA (b) m	TIRANTE NORMAL (d) m	LIBRE BORDO (Lb) m	TALUDES	PERIMETRO MOJADO	SUPERFICIE MOJADA (M ²)	PROMEDIO DE PERDIDAS DIARIAS DE AGUA POR M ² DE PERIMETRO MOJADO	PERDIDAS POR FILTRACION (M ³ /DIA) "FAO"	ESTRUCTURAS DE CONDUCCION DE AGUA 2008
		INICIAL Km	FINAL Km															
23	C. LAT. 14+200 ROMEROS	0+000	2+800	TM	2.800	2800	MODULO I-3	1.000	0.00080	1.00	0.81	0.40	1.5:1	3.9204965	10977.39029	0.5	5488.695146	
24	C. S. LAT. 14+882 LA GALLERA	0+000	2+100	TM	2.100	2100	MODULO I-3	1.200	0.00030	1.50	1.00	0.60	1.5:1	5.105551	10,721.66	0.5	5360.828839	
		2+100	3+200	TM	1.100	1100	MODULO I-3	1.000	0.00040	1.00	0.70	0.60	1.5:1	3.623886	3,876.27	0.6	1,938.14	
25	C. RAMAL 2+060 IZQ.	0+000	1+600	TM	1.600	1600	MODULO I-3	1.000	0.00030	1.00	0.72	0.40	1.5:1	3.696997	6,394.00	0.6	2,697.00	
26	C. SUB-LAT. 15+401 TAPIRES	0+000	1+700	TM	1.700	1700	MODULO I-3	3.000	0.00036	1.50	1.49	0.60	1.5:1	6.872271	11,682.86	0.6	6,841.43	
		1+700	3+400	TM	1.700	1700	MODULO I-3	2.600	0.0004	1.50	1.39	0.60	1.5:1	6.611716	11,069.92	0.6	6,634.96	
		3+400	4+240	TM	0.840	840	MODULO I-3	1.600	0.0004	1.50	1.07	0.60	1.5:1	6.36794	4,600.67	0.6	2,260.33	
		4+240	7+200	TM	2.960	2960	MODULO I-3	1.100	0.0002	1.50	1.06	0.60	1.5:1	6.286829	16,646.06	0.6	7,823.03	
27	C. RAMAL 1+780 RANCHERO	0+000	2+600	TM	2.600	2600	MODULO I-3	1.200	0.0002	1.60	1.10	0.40	1.5:1	6.466106	14,211.88	0.6	7,106.94	
28	C. RAMAL 2+500 BUENOS AIRES	0+000	1+700	TM	1.700	1700	MODULO I-3	0.600	0.0002	1.60	0.80	0.40	1.5:1	3.663331	6,227.66	0.6	3,113.83	
		1+700	2+540	TM	0.840	840	MODULO I-3	0.400	0.00025	1.00	0.50	0.40	1.5:1	2.802776	2,354.33	0.5	1,177.17	
29	C. RAMAL 5+060 MONTOSA	0+000	2+820	TM	2.820	2820	MODULO I-3	1.000	0.0008	1.00	0.80	0.40	1.5:1	3.884441	10,954.12	0.5	5,477.06	
30	C. RAMAL 5+546 CALAVERAS	0+000	3+420	TM	3.420	3420	MODULO I-3	1.500	0.00030	1.50	1.00	0.40	1.5:1	5.105551	17,460.99	0.5	8,730.49	

ANEXO D. Gráficos de Rawls y Brakesiek para obtención de PCC Y PMP
Capacidad de campo cm^3/cm^3



Punto de marchitamiento permanente





ANEXO E. Análisis químicos en pozos freáticos, módulo I-3 Otameto.

Control de análisis químicos en aguas de pozos freáticos del módulo de riego I-3 Otameto del período de octubre de 1997 a febrero 2008

POZO	CORDENADAS		PROFUNDIDAD VALOR MIN.	FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
	W	N		CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.
784	107° 40' 59.82"	24° 34' 59.41"	1.67	2,928.57	7.78	2.15			2.28	0.00	0.00	2.11			
838	107° 41' 49.13"	24° 35' 22.69"	1.00	1,866.67	12.44	1.19						1.54			
841	107° 40' 36.51"	24° 36' 13.52"	0.57	2,371.00	22.60	0.88	2,346.00	23.12	1.32			0.89	3,000.00	25.20	1.39
895	107° 40' 20.56"	24° 37' 03.52"	0.53	1,700.00	11.43	1.06	1,647.00	11.14	1.86			1.64			1.27
897	107° 41' 31.02"	24° 36' 49.06"	0.77	8,500.00	11.55	2.03	9,250.00	12.14	2.07			1.38			
900	107° 47' 04.09"	24° 37' 28.73"	0.65	2,840.00	12.30	1.63	56,210.00	44.42	1.74			1.80	47,500.00	27.50	1.61
902	107° 46' 06.45"	24° 36' 54.43"	2.13			2.20	58,000.00	62.13				2.13			
903	107° 44' 35.74"	24° 37' 31"	0.54	136,400.00	56.45	0.90	184,075.00	98.07	0.86						
904	107° 44' 00.82"	24° 37' 27.49"	0.87	138,450.00	74.64	1.15	155,585.71	87.76	1.31	162,000.00	93.71	1.01			1.33
906	107° 42' 31.56"	24° 37' 38.65"	0.50	120,000.00	77.09	0.72	123,250.00	76.71	1.00	120,000.00	73.69	0.53	105,900.00	56.75	0.87
907	107° 41' 44.24"	24° 37' 43.82"	0.62	1,900.00	15.15	1.26	1,753.33	16.02	0.90			1.53	2,920.00	21.39	1.16
908	107° 40' 51.14"	24° 37' 35.30"	0.20	3,750.00	7.16	1.24	2,430.00	6.38	0.77			0.69	2,930.00	6.92	0.98
962	107° 40' 17.41"	24° 38' 09.02"	1.35			1.64	1,714.00	3.55	1.63			1.85			
964	107° 41' 28.33"	24° 38' 25.14"	0.29	2,710.00	14.84	0.81	1,652.50	13.53	0.67			0.78	1,926.00	13.28	1.37
965	107° 42' 37.55"	24° 38' 30.93"	0.80			1.35	169,111.11	91.09	1.62			1.52			1.25
966	107° 43' 30.24"	24° 38' 12.12"	1.05	77,700.00	65.84	1.36	67,714.29	80.51	1.54			1.53			1.47
967	107° 44' 02.88"	24° 38' 24.31"	0.49	21,900.00	31.61	1.08	15,725.00	22.68	1.27			0.91			1.22
968	107° 44' 48.34"	24° 38' 13.78"	0.48	67,150.00	80.18	0.90	49,025.00	65.82	1.21			0.72	25,100.00	42.75	1.26
969	107° 45' 31.32"	24° 38' 08.20"	0.40	2,054.50	15.48	1.07	4,303.75	26.09	1.14	1,450.00	11.05	1.11	2,160.00	16.66	1.56
970	107° 46' 15.54"	24° 38' 18.94"	0.74	1,036.00	6.01	1.48	2,134.00	8.30	2.26			1.16	2,258.00	18.42	1.46
986	107° 45' 31.11"	24° 39' 03.37"	1.01	19,550.00	60.88	1.67	24,000.00	58.76	1.63			1.52	19,580.00	53.94	1.85
987	107° 44' 53.51"	24° 39' 11.01"	0.49	113,250.00	89.49	0.97	109,700.00	93.00	1.03	130,000.00	102.97	1.03			1.26
988	107° 43' 58.96"	24° 38' 42.91"	0.51	50,000.00	72.00	1.27	46,000.00	42.60	1.70	45,000.00	53.32	1.48	41,200.00	51.81	1.46
990	107° 42' 38.17"	24° 38' 47"	0.70	2,200.00	7.39	1.13	14,714.29	20.99	1.51	16,000.00	22.00	1.21	27,600.00	32.82	1.51
991	107° 41' 35.15"	24° 38' 52.21"	0.81	7,560.00	16.13	1.17	7,818.89	19.30	1.39			1.49	2,570.00	17.10	1.40
992	107° 40' 47.42"	24° 38' 59.99"	0.51	7,175.00	26.52	1.62	12,023.75	37.76	1.84	7,200.00	42.37	1.83	10,000.00	49.71	1.95
1047	107° 41' 54.99"	24° 39' 43.04"	0.60	1,605.00	12.04	2.38	1,930.00	16.11	3.09			2.50			4.00



POZO	CORDENADAS		PROFUNDIDAD VALOR MIN.	FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
	W	N		CE	RAS	PROF.									
1049	107° 42' 29.41"	24° 39' 39.32"	0.48	8,062.00	14.74	1.60	1,005.29	2.63	1.54			1.83	1,224.00	3.60	1.97
1050	107° 44' 12.18"	24° 39' 33.74"	0.93												
1051	107° 44' 35.12"	24° 39' 31.67"	0.40	129,950.00	87.84	1.32	111,062.50	85.58	1.68	116,000.00	83.98	1.57	102,500.00	77.57	1.90
1052	107° 45' 37.93"	24° 39' 49.86"	1.04	4,200.00	6.96	1.25	3,800.00	23.05	1.89			2.04			
1053	107° 46' 26.9"	24° 39' 30.85"	1.33	5,975.00	13.38	2.09	5,993.75	28.26	2.43	7,000.00	33.67	2.40	5,440.00	10.88	1.95
1055	107° 47' 47.9"	24° 39' 25.47"	1.61	6,300.00	27.50	1.90	17,400.00	54.93	1.42	10,000.00	37.95	2.20			4.00
1062	107° 51' 10.55"	24° 39' 52.04"	1.17	22,950.00	22.20	1.87	43,714.29	58.24	2.08			2.08	45,100.00	47.03	2.24
1064	107° 49' 59.76"	24° 40' 01.64"	1.25	5,115.00	41.86	1.65	2,830.00	27.98	1.88			1.91	3,080.00	38.21	2.00
1066	107° 48' 15.37"	24° 40' 00.44"	0.96			1.16	4,550.00	14.14	1.33			1.84	2,240.00	8.70	2.00
1070	107° 45' 32.66"	24° 40' 08.84"	1.73			4.00			4.00			3.24			
1071	107° 45' 07.47"	24° 40' 15.55"	2.04			2.61	2,582.50	15.58	2.77	1,500.00	14.98	3.28	1,500.00	13.91	
1072	107° 44' 09.63"	24° 40' 01.40"	0.22	23,600.00	34.02	0.57	36,433.33	40.74	0.96	47,000.00	54.53	0.91	52,000.00	59.40	1.10
1073	107° 43' 26.68"	24° 40' 18.19"	1.10	1,272.00	1.64	1.80	935.00	1.84	2.33			2.26	842.00	2.00	2.77
1074	107° 42' 25.72"	24° 40' 17.95"	1.40	23,700.00	81.06	2.08	2,970.00	7.99	4.00			3.17			2.35
1076	107° 41' 06.53"	24° 40' 22.99"	4.00			4.00			4.00			4.00			4.00
1129	107° 41' 58.85"	24° 40' 53.71"	4.00			4.00			4.00			4.00			4.00
1131	107° 43' 29.8"	24° 40' 59.91"	0.21	446.00	1.38	0.63	621.30	2.37	0.92	400.00	1.25	1.72			1.30
1133	107° 44' 56.19"	24° 40' 57.31"	1.09	1,065.00	1.19	3.19			2.55			2.57			
1135	107° 46' 18.74"	24° 40' 46.99"	2.47			3.27	900.00	2.05	4.00	1,450.00	1.80	2.90	1,100.00	1.50	2.82
1137	107° 47' 52.33"	24° 40' 54.91"	1.48	1,943.33	0.73	2.08	2,078.00	1.70	2.86			2.48	1,979.00	1.50	
1139	107° 49' 28.32"	24° 41' 03.55"	0.95	1,130.50	5.86	2.04	1,343.86	7.21	1.69			1.65	1,764.00	5.50	2.23
1141	107° 50' 51.59"	24° 40' 35.47"	4.00	23,260.00	36.48	4.00						4.00			
1145	107° 51' 28.79"	24° 41' 40.51"	0.60	22,214.00	20.50	0.85	33,315.71	40.98	1.25			1.17	5,800.00	21.47	1.56
1147	107° 50' 13.92"	24° 41' 41.71"	1.03	1,700.00	4.46	1.67			2.04			1.47			
1149	107° 48' 34.81"	24° 41' 29.71"	1.76	1,600.00	2.24	1.22	1,900.00	2.16	2.26			1.98			
1151	107° 46' 54.26"	24° 41' 36.67"	1.00	1,116.00	6.66	1.49	1,444.89	7.91	1.27			1.57	1,080.00	7.64	2.10
1153	107° 45' 48.02"	24° 41' 34.27"	0.74	2,831.67	4.35	1.58						1.22			
1155	107° 44' 17.27"	24° 41' 30.79"	4.00	475.00	0.38	4.00			4.00			4.00			
1157	107° 42' 46.12"	24° 41' 34.27"	4.00			4.00			4.00			4.00			4.00
1211	107° 43' 28.16"	24° 42' 15.94"	4.00			4.00			4.00			4.00			4.00



POZO	CORDENADAS		PROFUNDIDAD VALOR MIN.	FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
	W	N		CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.
1213	107° 44' 47.11"	24° 42' 08.50"	1.83	1,373.33	9.46	2.95			4.00						
1215	107° 46' 20.70"	24° 42' 24.58"	2.30			2.62			2.73			1.42			
1217	107° 47' 47.33"	24° 42' 09.46"	2.30	940.50	5.26	2.57	927.88	5.37	2.60			3.04			
1219	107° 49' 20.44"	24° 42' 10.90"	4.00			4.00			4.00			4.00			
1221	107° 50' 51.15"	24° 42' 04.90"	0.90	1,600.00	11.16	1.53	1,398.75	8.72	1.85			1.61			2.11
1225	107° 51' 41.55"	24° 42' 46.90"	1.00	19,000.00	50.65	1.58	4,732.00	29.04	1.82	9,000.00	17.15	1.56	3,110.00	27.56	
1227	107° 50' 03.80"	24° 42' 50.50"	4.00			4.00			4.00			4.00			
1229	107° 48' 36.77"	24° 42' 55.54"	1.47	2,960.00	8.42	2.69	1,282.50	4.94	2.73			3.36			4.00
1231	107° 47' 02.22"	24° 42' 57.94"	1.54	2,000.00	24.27	2.51	2,633.33	20.33	2.81			2.51			
1233	107° 45' 27.42"	24° 42' 47.62"	4.00	1,050.00	2.76	4.00						4.00			
1235	107° 44' 15.43"	24° 42' 52.90"	4.00			4.00			4.00			4.00			
1287	107° 46' 30.06"	24° 43' 34.17"	0.51	2,620.00	22.72	1.13	1,630.13	20.82	1.85			1.38	1,673.00	22.25	2.02
1307	107° 45' 54.06"	24° 44' 17.37"	4.00			4.00						4.00			
1289	107° 47' 54.53"	24° 43' 40.41"	1.15			3.18	660.00	11.62	2.58			3.30			
1291	107° 49' 36.52"	24° 43' 35.37"	0.88	873.00	1.16	1.82	1,281.38	1.64	1.99			2.30			2.12
1293	107° 50' 40.83"	24° 43' 29.38"	2.07	395.00	1.32	3.04			2.57			2.70			
1295	107° 52' 15.38"	24° 43' 22.66"	0.82	24,100.00	27.81	1.44	63,000.00	48.19	1.72		1.72			1.45	
1303	107° 48' 39.65"	24° 44' 13.53"	4.00			4.00						4.00			
1361	107° 47' 46.85"	24° 44' 55.53"	4.00			4.00						4.00			
1363	107° 49' 29.80"	24° 44' 59.61"	2.18	1,300.00	6.67	2.88	1,737.50	8.27	3.00			2.72			4.00
1373	107° 48' 49"	24° 45' 30.72"	0.39	9,000.00	33.69	0.71	7,450.00	13.08				1.04			
1375	107° 47' 24.5"	24° 45' 42.40"	1.91			2.25									
1433	107° 47' 55.41"	24° 46' 20.64"	2.16			2.16									



POZO	JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.
784	3,033	7.76	2.91	1,451	6.12	1.33							2,936	7.29	2.11	0	0.00	2.03	0	0.00	0.00
838	1,828	16.77	1.73										2,923	19.80	1.37						
841	2,231	22.67	1.41									2.15	1,978	20.35	0.93	2,625	26.465	0.90	2,228	22.02	1.075
895	1,636	11.86	2.27									4.00	1,707	12.98	2.43	2,400	17.92	1.05	1,887	15.21	1.14
897	9,710	12.67	3.21									2.50	7,500	9.39	1.91			2.11	9,000	116.00	1.65
900	46,379	39.43	2.01	60,000	45.43	2.03						1.91	44,153	39.36	1.36	56,400	45.68	1.38	54,120	29.76	1.60
902	83,250	64.51				2.54															
903	153,340	79.05	1.06	180,000	95.79								154,663	84.25	0.67	131,500	58.59	0.87	164,000	82.87	
904	145,018	80.15	1.23									1.27	118,675	76.58	1.03	116,900	59.24	1.06	139,775	79.17	1.10
906	109,570	70.03	1.02	120,000	64.93	0.93						0.36	110,867	71.46	0.73	123,250	75.00	0.80	127,925	80.81	0.70
907	1,757	15.66	2.07			2.33						1.80	1,993	16.50	1.56	2,000	22.23	1.64	2,430	17.43	1.53
908	3,140	6.92	1.43			1.64						1.48	3,229	6.37	0.78	1,874	7.15	0.80	3,525	6.14	0.81
962	1,333	2.59	3.19			2.20						4.00	1,664	5.31	1.64			1.89	2,000	3.84	1.79
964	1,607	12.38	1.39			1.72						1.73	1,602	11.44	0.69	2,030	12.92	0.65	5,619	29.33	0.79
965	134,875	80.80	1.58			1.74							157,667	85.60	1.10	160,000	88.89	1.17	162,667	94.14	1.34
966	48,260	66.72	1.56			1.78							90,143	86.72	1.35	104,000	100.09	1.40	68,750	81.21	1.26
967	13,359	22.34	1.39									0.88	7,409	14.37	1.08	12,720	20.57	1.20	4,475	14.54	1.28
968	43,005	57.26	1.33			1.48						0.82	34,000	73.94	1.01	28,200	56.50	0.97	18,925	45.57	0.98
969	3,955	24.66	1.80	2,230	19.16	1.71						1.69	3,201	17.50	0.99	3,305	18.88	1.13	9,138	36.62	1.10
970	2,087	8.86	1.96	3,600	11.23	2.32						2.32	1,582	7.34	1.63	2,575	9.12	1.52	3,323	10.84	1.45
986	21,760	60.59	1.99			2.37						2.01	23,375	61.34	1.81	27,650	64.02	1.54	20,575	59.08	1.72
987	111,936	93.56	1.13			0.82						0.85	127,113	104.00	1.02	114,000	85.61	1.72	113,733	98.12	0.90
988	48,350	60.60	1.85	48,000	54.57	1.74						1.12	38,480	49.72	1.14			1.13	34,500	47.89	1.45
990	11,417	19.82	1.82	18,000	32.59	1.87						1.53	18,267	16.93	1.13	17,000	39.94	1.19	10,100	16.24	1.21
991	8,513	20.99	1.93			2.05						2.03	5,568	13.82	1.28	4,585	12.19	1.22	5,928	16.47	1.25
992	11,338	43.91	2.17	6,000	39.60	2.26						4.00	6,437	30.62	1.66	14,600	60.82	1.43	7,376	37.15	1.55
1047	2,400	16.44	3.24			4.00						4.00	5,280	54.20	1.19	1,422	15.32	1.70	872	7.50	1.47
1048	11,434	22.21	2.08	7,000	18.18	2.17						1.80	7,184	15.02	1.33			1.50	4,800	9.86	1.33



POZO	JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.	CE	RAS	PROF.
1049	3,461	7.54	2.13	750	2.28	2.75						4.00	848	3.37	1.76	6,724	20.27	1.619	2,387	4.87	1.79
1050																					
1051	95,075	86.82	1.52	110,000	78.51	1.70							85,371	66.88	1.12	60,500	50.61	1.14	61,667	59.6633	1.105
1052	3,825	17.90	3.30										3,400	13.83	2.08			1.64			
1053	5,593	25.56	2.72	7,150	26.61	4.00						4.00	6,119	27.63	2.42	4,370	21.35	2.07	5,320	34.79	2.10
1055	8,700	33.35	3.17			2.25						4.00	12,100	37.09	2.12	19,400	43.33	2.03	14,200	37.24	2.20
1062	40,667	52.86	2.80	36,000	62.00							2.65	37,175	50.86	2.20	45,950	53.33	1.97	33,400	55.65	1.95
1064	3,239	29.02	2.40	3,000	66.19	2.53						4.00	3,694	29.39	1.92	3,980	30.81	16.74	3,210	39.65	0.96
1066	19,000	32.39	2.62			4.00							2,010	12.88	1.57	2,200	7.00	1.32	2,823	15.42	1.41
1070			4.00			4.00						4.00			4.00			4.00			
1071	2,253	16.69	3.36			3.00						4.00	1,940	16.98	3.21	2,800	23.37	2.49	2,200	17.89	
1072	35,146	42.04	1.57	44,000	48.86	1.51						0.90	31,268	34.99	0.83	2,220	21.50	0.88	30,400	44.89	
1073	861	1.81	3.27			4.00							1,032	1.74	2.28	1,047	1.80	2.13	937	2.36	2.15
1074	6,060	17.10	4.00			4.00						4.00	2,673	10.80	3.16			10.70			4.00
1076			4.00			4.00						4.00			4.00			4.00			4.00
1129			4.00			4.00						4.00			4.00			4.00			4.00
1131	558	2.17	1.72	500	1.42	1.94						4.00	489	2.26	0.95	404	1.27	0.84	647	2.85	0.96
1133	1,850	3.80	4.00			2.71				1,058.00	1.33	4.00			2.00	1,000	1.23	2.03			
1135			4.00									4.00	2,217	3.61	3.12			3.27	1,180	4.30	
1137	2,000	2.45	3.16			4.00						4.00	2,584	1.64	2.42	2,900	2.29	2.13	2,040	2.12	1.76
1139	1,108	4.35	2.46			4.00						4.00	1,069	5.11	1.79	446	1.63	2.03	1,565	9.60	1.59
1141	1,500	8.50				4.00							1,040	4.79	4.00						
1145	29,309	33.08	1.57			1.68						1.39	33,187	38.17	1.06	18,831	32.35	0.87	27,533	35.23	0.95
1147			2.19			1.52							2,385	3.77	1.56						
1149	1,850	2.57	2.58			2.35						4.00	2,292	2.48	1.90						
1151	1,246	7.38	2.11			4.00							1,261	6.97	1.60	1,338	7.48	1.50	917	5.26	1.33
1153	2,747	4.72	2.31			2.43						1.50	2,320	3.62	1.55			0.81			
1155	670	1.91	4.00			4.00						4.00	550	0.19	4.00			4.00			
1157			4.00			4.00						4.00			4.00			4.00			4.00
1211			4.00			4.00						4.00			4.00			4.00			4.00

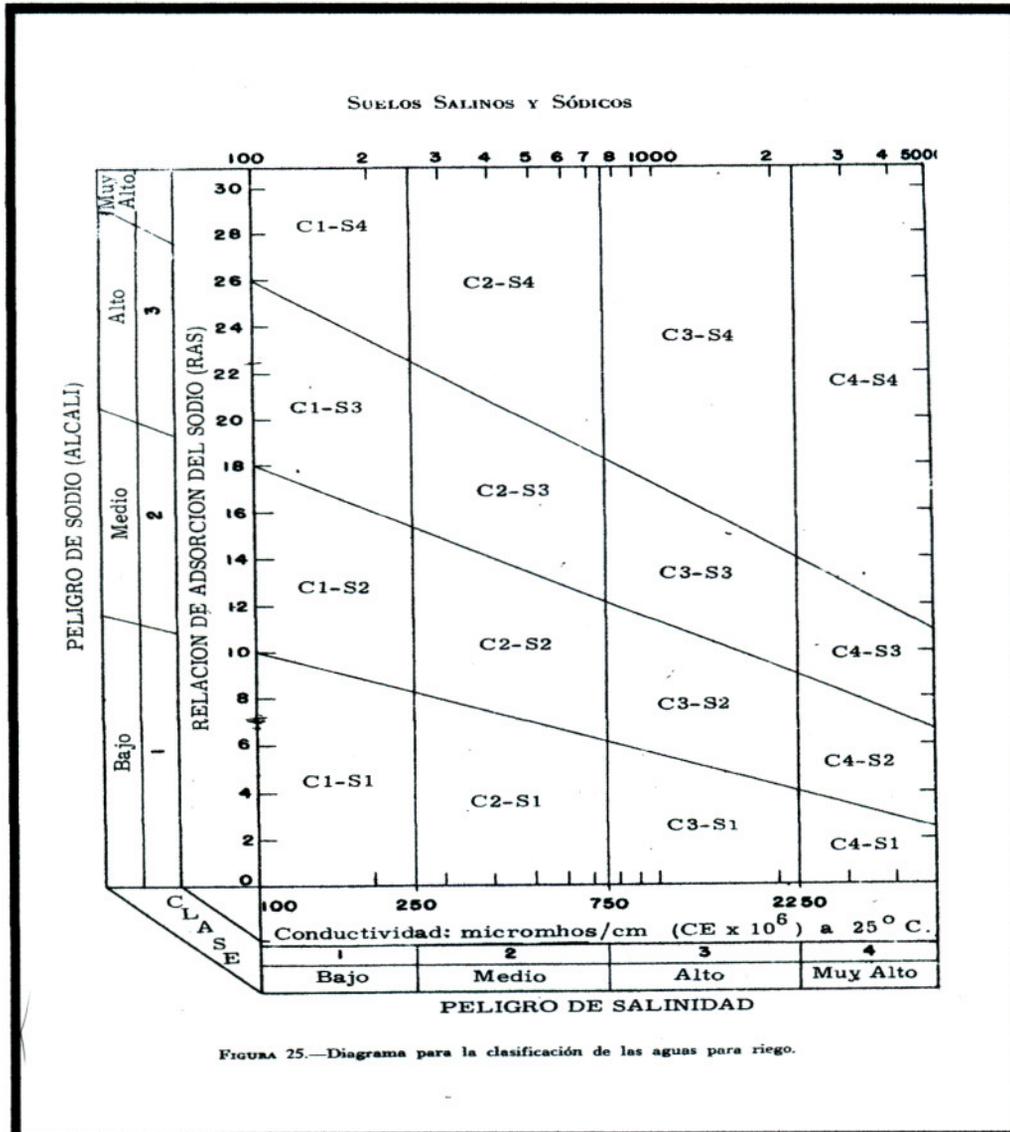


ANEXO F. Salinidad analizada en el suelo al año 1995

POZOS	CE	RAS	PSI	POZOS	CE	RAS	PSI	POZOS	CE	RAS	PSI	POZOS	CE	RAS	PSI	POZOS	CE	RAS	PSI
726	20.2	41.6	37.54	971				1127	4			1291	1.2			1430	9.9		
727	29	17.38	19.6	971.1	1.5	1.68	1.2	1129	0.7			1293	1.4			1431	7.1		
728	8.9	25.81	26.81	973.1	23.4			1131	2.29	1.33	0.69	1295	46			1432	5		
729	5.6	7.48	8.91	974	180	61.74	47.31	1133	6			1299	9.2			1433	1.5		
775	25.5	30.09	30.13	980	140			1135	1.25			1301	7.7			1434	3.2		
776	1.7	4.346	4.898	982	4.1			1137	6			1303	1.5			1435	5	25.4	26.58
777	1.4	2.12	1.84	984	1.85	2.08	3.17	1139	5.2			1305	4.5			1436	1.3		
778	5.6	2.09	1.78	985	18.8			1141	2	7.21	8.57	1307	1.4			1437	2.8	18.19	20.36
779	1.09	2.99	3.06	986		60.88	1.67	1145	20			1309	1.07	1.12	0.39	1438	2		
780	70	96.52	58.52	987	19	52.15	43.07	1147	0.97			1311	8			1439	0.72		
784	23.2	13.9	16.14	988		72	1.27	1149	2.65			1313	8.9			1440	1.1		
786	14	39.26	36.16	989		5.15	1.81	1151	3	2.83	2.84	1315	3.8			1441	2		
835	0.96	2.08	1.77	990	18.4	26.34	27.32	1153	2.4			1351	1.2	1.877	1.486	1442	2.65		
836	0.53	1.88	1.49	991	5.7			1154	1			1353	0.8			1443	12.2		
837	2.1	3.35	3.35	992	1.8	31.93	31.43	1155	2.6			1355	1.4			1444	1.3		
838	2.25	13.08	15.28	994	2.2	1.7	1.23	1156	2.7			1357	0.7			1445	3		
839	100	66.86	49.33	998.1	1.3	6.07	7.147	1157	0.75	2.75	2.72	1359	3.8			1446	15		
841	0.8	1.74	1.28	1045	5			1159	1.8			1361	5.2			1447	33		
842	1.4	1.53	0.99	1047	5.5	23.5	25.04	1161	63.6			1363	9.5			1448	0.6		
843	0.43	2	1.67	1048	106			1207	1.5			1363	12.8			1449	6		
894	1.5	2.13	1.84	1049	4.7			1209	0.3			1370	2.65			1450	0.93		
895	2.2	14.27	16.51	1050	48	73.54	51.74	1211	1.12			1371	1	22.14	22.94	1451	1.7		
896	7.3	23.08	8.78	1051	114			1213	6.1			1373	17.2	48.07	41.05	1452	2.6		
897	1.1	4	4.4	1052	0.7			1215	4			1375	26			1453	8		
899	35.6	29.22	29.5	1053	84			1217	16.4			1377	2.5			1454	1		
900		12.3	1.63	1054	0.5			1221	1.1			1378	1.7	1.55	1.02	1455	0.5		
903	77	82.97	54.78	1055	11.8			1225	44			1379	17						
904		74.64	1.15	1057	18.2	19.24	21.33	1227	9			1380	0.6						
906		77.09	0.72	1062	36.4			1229	1.2			1381	0.62						
907	18	27.94	28.33	1064	44			1231	1.5			1382	2.4						
908.1	6.2	10.97	12.98	1066	28			1233	7.2			1383	2.9						
910	0.6	0.9	0.09	1068	2.57	0.26	0	1235	4.4			1384	2.1						
962	2.6	3.77	4.06	1070				1237	3.65			1385	1.13						
963.1	3	3.32	3.51	1071		16.73	2.77	1239	1.63			1423	0.6						
964	14	22.3	24.08	1072	33			1279	4.3			1424	6						
965	72.4	59.24	46.27	1073	3.8			1281	0.63			1425	1.3						
967		31.61	1.08	1074				1283	3.02			1426	1						
968		80.18	0.9	1074	15.4	22.52	24.22	1285	0.7			1427	1.1						
969	14.4	28.7	29.12	1076	0.6	1.13	0.56	1287	6			1428	1						

ANEXO G. Diagrama de Clasificación de agua para riego, manual 60 USA

Diagrama de clasificación de aguas para riego, manual 60, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos



ANEXO H. Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego									
Considerando la salinidad umbral de Soya (5.0 ds/m)									
Sección	CE de 0 a	Lámina (cm)	Vol.	CE de 4 a 8	Lámina (cm)	Vol.	CE de 8 a	Lámina (cm)	Vol.
	4		Req.(mm3)			8			Req.(mm3)
	Ha			Ha			Ha		
12	111.00	-345	0.00	1298	47.76	6199.36	168	114.09	1916.67
13	593.93	-345	0.00	852.7	47.76	4072.57	110.3	114.09	1258.38
14	477.9	-345	0.00	978.7	47.76	4674.36	0	114.09	0.00
15		-345	0.00	1227.2	47.76	5861.21	286.4	114.09	3267.46
16	1747.9	-345	0.00	1030.7	47.76	4922.71	0	114.09	0.00
17	1964.2	-345	0.00	553.8	47.76	2645.00	252.4	114.09	2879.57
18	2818.7	-345	0.00	605.7	47.76	2892.88	364.1	114.09	4153.92
Total	7602.63		0.00	6546.8		31,268.09	1181.2		13,476.01

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego									
Considerando la salinidad umbral del Soya (5 ds/m)									
Sección	CE de 12 a	Lámina (cm)	Vol.	CE de 20-	Lámina (cm)	Vol.	CE más de	Lámina (cm)	Vol.
	20		Req.(mm3)			30			Req.(mm3)
	Ha			Ha			Ha		
12	222.3	224.83	4998.07	296.2	262.49	7774.81	3850.9	359.30	138362.66
13	158.9	224.83	3572.62	192.6	262.49	5055.46	13.77	359.30	494.76
14	0	224.83	0.00	0	262.49	0.00	0	359.30	0.00
15	302.6	224.83	6803.49	257.4	262.49	6756.36	1459.2	359.30	52428.99
16	0	224.83	0.00	0	262.49	0.00	0	359.30	0.00
17	167.8	224.83	3772.72	172.2	262.49	4519.99	704.3	359.30	25305.47
18	281.5	224.83	6329.09	226.8	262.49	5953.16	614.2	359.30	22068.18
Total	1133.1		25,475.99	1145.2		30,059.78	6642.37		238,660.05

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego									
Considerando la salinidad umbral de Sorgo grano (6.8 ds/m)									
Sección	CE de 0 a	Lámina (cm)	Vol.	CE de 4 a 8	Lámina (cm)	Vol.	CE de 8 a	Lámina (cm)	Vol.
	4		Req.(mm3)			8			Req.(mm3)
	Ha			Ha			Ha		
12	111.00	-461	0.00	1298	-32.79	0.00	168	86.13	1447.04
13	593.93	-461	0.00	852.7	-32.79	0.00	110.3	86.13	950.05
14	477.9	-461	0.00	978.7	-32.79	0.00	0	86.13	0.00
15		-461	0.00	1227.2	-32.79	0.00	286.4	86.13	2466.87
16	1747.9	-461	0.00	1030.7	-32.79	0.00	0	86.13	0.00
17	1964.2	-461	0.00	553.8	-32.79	0.00	252.4	86.13	2174.01
18	2818.7	-461	0.00	605.7	-32.79	0.00	364.1	86.13	3136.12
Total	7602.63		0.00	6546.8		0.00	1181.2		10,174.10

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego
Considerando la salinidad umbral del Sorgo Grano (6.8 ds/m)

Sección	CE de 12 a 20 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)	CE de 20-30 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)	CE más de 30 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)
12	222.3	165.40	3676.80	296.2	203.05	6014.31	3850.9	299.86	115474.41
13	158.9	165.40	2628.18	192.6	203.05	3910.72	13.77	299.86	412.91
14	0	165.40	0.00	0	203.05	0.00	0	299.86	0.00
15	302.6	165.40	5004.95	257.4	203.05	5226.48	1459.2	299.86	43756.07
16	0	165.40	0.00	0	203.05	0.00	0	299.86	0.00
17	167.8	165.40	2775.38	172.2	203.05	3496.50	704.3	299.86	21119.38
18	281.5	165.40	4655.96	226.8	203.05	4605.15	614.2	299.86	18417.61
Total	1133.1		18,741.28	1145.2		23,253.16	6642.37		199,180.40

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego
Considerando la salinidad umbral de la calabacita (4.7 ds/m)

Sección	CE de 0 a 4 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)	CE de 4 a 8 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)	CE de 8 a 12 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)
12	111.00	-322	0.00	1298	63.97	8303.27	168	168.63	2832.92
13	593.93	-322	0.00	852.7	63.97	5454.70	110.3	168.63	1859.95
14	477.9	-322	0.00	978.7	63.97	6260.72	0	168.63	0.00
15		-322	0.00	1227.2	63.97	7850.36	286.4	168.63	4829.45
16	1747.9	-322	0.00	1030.7	63.97	6593.36	0	168.63	0.00
17	1964.2	-322	0.00	553.8	63.97	3542.64	252.4	168.63	4256.13
18	2818.7	-322	0.00	605.7	63.97	3874.65	364.1	168.63	6139.68
Total	7602.63		0.00	6546.8		41,879.70	1181.2		19,918.13

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego
Considerando la salinidad umbral del Calabacita (4.7 ds/m)

Sección	CE de 12 a 20 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)	CE de 20-30 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)	CE más de 30 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)
12	222.3	236.79	5263.95	296.2	274.45	8129.07	3850.9	371.26	142968.48
13	158.9	236.79	3762.67	192.6	274.45	5285.82	13.77	371.26	511.22
14	0	236.79	0.00	0	274.45	0.00	0	371.26	0.00
15	302.6	236.79	7165.41	257.4	274.45	7064.22	1459.2	371.26	54174.25
16	0	236.79	0.00	0	274.45	0.00	0	371.26	0.00
17	167.8	236.79	3973.42	172.2	274.45	4725.95	704.3	371.26	26147.84
18	281.5	236.79	6665.77	226.8	274.45	6224.42	614.2	371.26	22802.78
Total	1133.1		26,831.22	1145.2		31,429.49	6642.37		246,604.57

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego
Considerando la salinidad umbral del Betabel (7 ds/m)
Cultivo anual

Sección	CE de 0 a	Lámina (cm)	Vol.	CE de 4 a 8	Lámina (cm)	Vol.	CE de 8 a	Lámina (cm)	Vol.
	4		Req.(mm3)			Ha			Req.(mm3)
	Ha			Ha			Ha		
12	111.00	-472	0.00	1298	-40.38	0.00	168	79.66	1338.28
13	593.93	-472	0.00	852.7	-40.38	0.00	110.3	79.66	878.64
14	477.9	-472	0.00	978.7	-40.38	0.00	0	79.66	0.00
15		-472	0.00	1227.2	-40.38	0.00	286.4	79.66	2281.45
16	1747.9	-472	0.00	1030.7	-40.38	0.00	0	79.66	0.00
17	1964.2	-472	0.00	553.8	-40.38	0.00	252.4	79.66	2010.61
18	2818.7	-472	0.00	605.7	-40.38	0.00	364.1	79.66	2900.40
Total	7602.63		0.00	6546.8		0.00	1181.2		9,409.38

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego
Considerando la salinidad umbral del Betabel (7 ds/m)

Sección

Sección	CE de 12 a	Lámina (cm)	Vol.	CE de 20-	Lámina (cm)	Vol.	CE más de	Lámina (cm)	Vol.
	20		Req.(mm3)			30			Req.(mm3)
	Ha			Ha			Ha		
12	222.3	159.80	3552.24	296.2	197.45	5848.34	3850.9	294.26	113316.67
13	158.9	159.80	2539.14	192.6	197.45	3802.80	13.77	294.26	405.20
14	0	159.80	0.00	0	197.45	0.00	0	294.26	0.00
15	302.6	159.80	4835.40	257.4	197.45	5082.25	1459.2	294.26	42938.45
16	0	159.80	0.00	0	197.45	0.00	0	294.26	0.00
Total	167.8	159.80	2681.36	172.2	197.45	3400.01	704.3	294.26	20724.75
	281.5	159.80	4498.23	226.8	197.45	4478.07	614.2	294.26	18073.46
	1133.1		18,106.38	1145.2		22,611.48	6642.37		195,458.53

Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego
Considerando la salinidad umbral del wheatgrass tall (forraje: agropiro alargado) / 7.5ds/m
Cultivo anual

Sección	CE de 0 a	Lámina (cm)	Vol.	CE de 4 a 8	Lámina (cm)	Vol.	CE de 8 a	Lámina (cm)	Vol.
	4		Req.(mm3)			Ha			Req.(mm3)
	Ha			Ha			Ha		
12	111.00	-498	0.00	1298	-58.45	0.00	168	64.25	1079.41
13	593.93	-498	0.00	852.7	-58.45	0.00	110.3	64.25	708.69
14	477.9	-498	0.00	978.7	-58.45	0.00	0	64.25	0.00
15		-498	0.00	1227.2	-58.45	0.00	286.4	64.25	1840.14
16	1747.9	-498	0.00	1030.7	-58.45	0.00	0	64.25	0.00
17	1964.2	-498	0.00	553.8	-58.45	0.00	252.4	64.25	1621.69
18	2818.7	-498	0.00	605.7	-58.45	0.00	364.1	64.25	2339.37
Total	7602.63	-498	0.00	6546.8		0.00	1181.2		7,589.29



Requerimiento de lavado de suelos por sección de riego									
Considerando la salinidad umbral del wheatgrass tall (forraje: agropiro alargado) / 7.5ds/m									
Sección	CE de 12 a 20 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)	CE de 20- 30 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)	CE más de 30 Ha	Lámina (cm)	Vol. Req.(mm3)
12	222.3	146.46	3255.78	296.2	184.11	5453.32	3850.9	280.92	108181.04
13	158.9	146.46	2327.23	192.6	184.11	3545.95	13.77	280.92	386.83
14	0	146.46	0.00	0	184.11	0.00	0	280.92	0.00
15	302.6	146.46	4431.85	257.4	184.11	4738.98	1459.2	280.92	40992.44
16	0	146.46	0.00	0	184.11	0.00	0	280.92	0.00
17	167.8	146.46	2457.58	172.2	184.11	3170.37	704.3	280.92	19785.48
18	281.5	146.46	4122.82	226.8	184.11	4175.60	614.2	280.92	17254.36
Total	1133.1		16,595.26	1145.2		21,084.22	6642.37		186,600.15

ANEXO I. Tolerancia de los cultivos a las sales

Cultivos resistentes a sales que son factibles de desarrollarse en el Módulo de riego I-3 Otameto			
Tipo de cultivo	Tolerancia Crítica	Disminución del Rendimiento	Clasificación Cualitativa de tolerancia a las sales
	mmho/cm	% por mmho/cm	
Cultivos anuales			
Cebada	8	5	T
Algodón	7.7	5.2	T
Chicharos de			
Vaina	4.9	12	MT
Sorgo	6.8	16	MT
Soya	5.0	20	MT
Betabel	7.0	5.9	T
Avena			MT
Centeno	11.4	10.8	T
Cartamo			MT
Alfalfa	2	7.3	MS
Pastos y cultivos Forrajeros			
Pasto Ingles			
L. perenne	5.6	7.6	MT
Pasto			
Bermuda		6.4	T
Pasto Sudan	2.8	4.3	MT
Wheat			
(Forraje)	4.5	2.6	MT
Cultivos hortícolas y frutales			
Alcachofa			MT
Esparrago	4.1	2	T
Betabel Rojo	4	9	MT
Cultivos Hortícolas y Frutales			
Calabacita	4.7	9.4	MT
Cultivos leñosos			
Aceituna			MT
Papayo			MT
Piña			MT
Granada			MT
T	Tolerante		
MT	Moderadamente Tolerante		
MS	Medianamente sensible		
Fuente:	Capitulo 2...Manual Nacional de Ingenieria del S.C.S, Departamento de Agricultura de E.U.A.		

ANEXO J. Cultivos resistentes al sodio intercambiable

Cultivos resistentes a sodio intercambiables que son factibles de desarrollarse en el Módulo de riego I-3 Otameto		
Sensibles PSI<15	Semitolerantes	Tolerantes PSI>40
Aguacate Frutas caducifolias Nueces Frijoles Algodón (germinación) Maiz Chicharo Toronja Naranja Durazno Mandarina Frijol chino Cacahuate Garbanzo Caupíes Wheat (Forraje)	Zanahoria Trébol ladina Pasto miel, gramalote Festucia Alta Lechuga Mijo Caña de azúcar Trébol de alejandria Trebol dulce Moztaza Avena Rabano Centeno Grama de centeno Sorgo Espinaca Tomate Veza Trigo	Alfalfa Cebada Betarraja homamental, Remolacha azucarera Grama de bermuda Algodón Hierba de Para Grama rhodes Agropiro crestado Agropiro alargado Grama karnal
Fuente: Ayers y Westcot (1987), citados IMTA		



ANEXO K. Ingresos promedio, módulo de riego I-3 Otameto, enero 2009

AUPA OTAMETO MÓDULO I-3, A.C.													
INGRESO PROMEDIO POR AÑO AGRICOLA EN EL MODULO I-3 OTAMETO POR RECAUDACION DE SERVICIO DE RIEGO													
CULTIVO	HAS.	COSTO		BOMBEO	BANCO DE AGUA	REPARACION DE COMPUERTAS	CUENTA DEL PRODEP	ING.MOD. (\$)	TOTAL MODERNIZACION	TOTAL BOMBEO	TOTAL BANCO DE AGUA	TOTAL COMPUERTAS	TOTAL CUOTA PRODEP
		DEL AGUA(HA) (\$)	MODERNIZACION (\$)										
INVIERNO Y PERENNES													
FRUTALES	148.11	600.02	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	88,868.96	22,216.50	18,903.28	3,998.97	740.55	7,405.50
ALFALFA	4.00	912.20	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	3,648.80	600.00	510.52	108.00	20.00	200.00
BERENJENA	12.67	957.81	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	12,135.45	1,900.50	1,617.07	342.09	63.35	633.50
CALABAZA	101.17	600.02	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	60,704.02	15,175.50	12,912.33	2,731.59	505.85	5,058.50
CARTAMO	45.30												
CAÑA	406.33	11,999.97	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	4,875,947.81	60,949.50	51,859.90	10,970.91	2,031.65	20,316.50
CHILE	58.77	875.22						51,436.68					
FRJOL	401.38	428.69	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	172,067.59	60,207.00	51,228.13	10,837.26	2,006.90	20,069.00
EJOTE	243.05	600.02	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	145,834.86	36,457.50	31,020.47	6,562.35	1,215.25	12,152.50
FORRAJE	43.17	752.93	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	32,503.99	6,475.50	5,509.79	1,165.59	215.85	2,158.50
HORTALIZA	19.00												
MAIZ	15,367.46	544.20	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	8,362,971.73	2,305,119.00	1,961,348.92	414,921.42	76,837.30	768,373.00
PEPINO DE VARA	4.00		150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	0.00	600.00	510.52	108.00	20.00	200.00
SORGO	138.17	509.77	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	70,434.92	20,725.50	17,634.64	3,730.59	690.85	6,908.50
TOMATE DE VARA	86.03	810.96	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	69,766.89	12,904.50	10,980.01	2,322.81	430.15	4,301.50
TOMATE DE SUELO	7.00	810.96	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	5,676.72	1,050.00	893.41	189.00	35.00	350.00
ESCOBA	16.17	450.00	150.00	127.63	27.00	5.00	50.00	7,276.50	2,425.50	2,063.78	436.59	80.85	808.50
P.V													
FORRAJE	53.61	600						32166	0	0	0	0	0
SORGO	564.59	600						338754	0	0	0	0	0
MAIZ	137.12	600						82272	0	0	0	0	0
ESCOBA	129.39	600						77634	0	0	0	0	0
TOTAL	17,986.49							14,490,100.93	2,546,806.50	2,166,992.76	458,425.17	84,893.55	848,935.50
LAS HECTAREAS CORRESPONDEN AL PROMEDIO DE LAS SIEMBRAS COSECHADAS DEL CICLO AGRICOLA 2005-2006 AL CICLO 2007-2008													
LA COMPRA PROMEDIO DE AGUA EN BLOQUE CORRESPONDE DEL CICLO 2005-2006 AL CICLO 2007-2008													
EL EGRESO DEL MODULO DE \$ 2, 109,165.00 POR CONCEPTO DE AGUA EN BLOQUE RESULTA DEL PRODUCTO DE LA COMPRA PROMEDIO DEL CICLO 2005-2006 AL CICLO 2007-2008 POR LA CUOTA AUTORIZADA PARA EL CICLO 2008-2009													
(-) COMPRA PROMEDIO 158,301.7933 MM3 VOLUMEN DE AGUA EN BLOQUE A C.N.A. 2,109,165.60 CALCULO ENERO 2009													
TOTAL INGRESOS MÓDULO								12,380,935.33					
FUENTE: ESTADISTICA DEL MODULO DE RIEGO I-3, CALCULOS PROPIOS													



ANEXO L. Ventana Principal del Cropwat 8 para la programación del riego

Ventana Principal del Cropwat 8 para la programación del riego

Programación de riego de cultivo

ETo estación: Centro3 Cultivo: MAIZ 20 NOV Siembra: 20/11 Red. Rend.:
 Est. de lluvia: Centro M3 Suelo: BLEDAL Cosecha: 18/05 0.0 %

Formato de Tabla:
 Program. de riego Momento: Regar a agotamiento crítico
 Bal. diario de agua de suelo Aplicación: Reponer a capacidad de campo
 El campo: 58 %

Fecha	Día	Etago	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lím. Mole	Déficit	Pérdida	Lam. Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
31 Ene	73	Des	0.0	1.00	100	56	88.0	0.0	0.0	153.1	0.24
25 Feb	98	Med	0.0	1.00	100	57	96.0	0.0	0.0	167.0	0.77
17 Mar	118	Med	0.6	1.00	100	57	97.3	0.0	0.0	167.7	0.97
3 Abr	135	Med	0.3	1.00	100	56	95.6	0.0	0.0	164.9	1.12
19 Abr	151	Fin	0.0	1.00	100	58	97.9	0.0	0.0	168.8	1.22
18 May		Fin	0.0	1.00	0	78					

Uso pot. de agua del cultivo: 651.4 mm Reques. reales de riego: 601.4 mm
 Efic. de programación de riego: 100.0 % Efic. de precipitación: 100.0 %
 Deficiencia de programación de riego: 0.0 %

Reducción de rendimiento

Stagelabel	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Factor de respuesta del rend.	0.40	0.40	1.30	0.50	1.25
Red. del rend.	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Reducc. acum. del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %

Archivo ETo: climacm3aquarstat.pcm Arch. de prec.: pprecipitacion centro m3 agua: Arch. de cultivo: maiz 20 de nov. cro Arch. de suelo: serie MedaL.soi Siembra: 20/11 Arch. de pat. de cultivo: Arch. de progia:

C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\crops\FAO\MODULO I3 NAWOLATO\MAIZ 20 DE NOV.CRO

Inicio Tesis_Mod_65.doc - Micr... FAO CROPWAT 8.0 for ... 06:29 p.m.



ANEXO M. Tipo de encuesta aplicada a usuarios de riego

Número 5			
Nombre	Alfonso Ramirez Mojardin		Opcional
Modulo de riego	MODULO 1-3 Otameto	Fecha	16/05/2008
Superficie registrada en padrón	5.00 ha	Cultivo principal	maiz
		número de cuenta:	26251

1.- ¿ Se interesa usted en modernizar la infraestructura de su módulo de Riego?

Si No **OK PLANO Y CANALERO**

2.- En caso afirmativo, enumere en orden progresivo lo que considere prioritario

1	Entubamientos o revestimientos de canales o regaderas
4	Rehabilitación de la infraestructura hidroagícola (compuertas , represas , etc.)
6	Estructuras de control y medición del agua
5	Sistemas de automatización de control nivel y gasto para la operación de los canales
3	Rehabilitación de caminos, puentes, etc.
2	Equipamiento y mejoramiento de los vehículos y maquinaria de su módulo de riego

3.- ¿Está usted interesado en tecnificar su riego a nivel parcelario con algún sistema de riego?

Si No

4.- En caso de estar interesado, cual de estos sistemas le interesa más?

1	Nivelación
2	Sistemas de riego a baja presión con multicompuertas
5	Sistemas de riego por goteo
3	Sistemas de riego por aspersión (Pivote, avance, subfoliar, portátil, etc)
4	Drenaje Subterráneo

5.- Esta usted satisfecho de la transferencia de la operación, conseravación y administración de infraestructura hidroagícola a los usuarios?

Si
 No
 Regular

6.- Esta satisfecho con la infraestructura hidroagícola del módulo?

Si
 No
 Regular

7.- Le parece suficiente la maquinaria del módulo de riego?

Si
 No
 Regular

8.- Esta satisfecho con la Operación, Conservación y Administración de su modulo de riego

<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Regular	OP	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Regular	Cons.	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Regular	Admon
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------

9.- Está satisfecho con la operación, Conservación y Administración de la Comisión Nacional del Agua su moldulo de riego

<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Regular	OP	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Regular	Cons.	<input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Regular	Admins
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

10.- El volumen de agua por ha. que se le concesiona anualmente es suficiente

Si
 No
 Regular



Numero 17

Nombre	Ramón Niebla Inzunza	Opcional	
Modulo de riego	MODULO 1-3 Otameto	Tenencia	P.P.F
Fecha	19/05/2008		
Superficie registrada en padrón	4.13	Cultivo principal	maiz
		numero de cuenta:	26251
			OK PLANO Y CANALERO

11. Le parece adecuada la tarifa o cuota de riego anual?

Si
 No
 Regular

12.- Riega usted mismo?

Si No

13.- Indique la forma de pago al regador

Por turno de 24 horas por ha regada
 por semana (contrato permanente en sus plantilla de personal)

14.- ¿ Alguna vez ha realizado negocios adicionales con el agua para riego?

Si No

Si es afirmativo señalar cuales de las siguientes

Vendido Rentado comprado derechos de agua de tierra

15.- Si su respuesta es afirmativa, considera que existen problemas para la compra venta -renta de derechos de agua en el dto. de riego?

Si No

En ambas contestar por que:

Se da sin problemas

16.- Cree que debería existir un mecanismo de regulación del mercado de los derechos de agua?

Si No

17.- Si su respuesta es afirmativa como considera usted que sería mas apropiado esta legalización?

Respuesta: En asamblea de usuarios

18.- Esta satisfecho con las autoridades o directiva de su modulo de riego

Si No

19.- Está satisfecho con el gerente y personal de operación de su módulo de riego?

Si No

20.- Sabe usted si hay un reglamento del distrito de riego?

Si No



Número 17

Nombre	Ramón Niebla Inzunza	Opcional	
Modulo de riego	MODULO 1-3 Otameto	Tenencia	P.P.F
Fecha	19/05/2008	Cultivo principal	maiz
Superficie registrada en padrón	4.13 ha	número de cuenta:	26251

21.- Está satisfecho con la medida del agua en su parcela?

Si No

22.- Estaría dispuesto a mejorar la medición del agua en su parcela con la aportación peso por peso para la instalación de laguna estructura para medición?

Si
 No

23.- El manejo del cultivo lo realiza de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP o de alguna institución que brinde asesoría técnica?

Si
 No

24.- Estaría dispuesto a aportar una sobre cuota de riego, para modernizar la infraestructura hidroagícola de su modulo de riego o de su parcela?

Si
 No

25.- Enumere en orden progresivo lo que usted considere prioritario para el manejo de su modulo de riego?

<input checked="" type="checkbox"/>	2	Cursos de capacitación a directivos, gerentes y canaleros
<input type="checkbox"/>	1	Cursos de capacitación a usuarios
<input type="checkbox"/>	4	Estudios y proyectos para modernizar el módulo o las parcelas
<input type="checkbox"/>	3	Estudios y proyecto para la reconversión productiva de los cultivos
<input type="checkbox"/>	5	Manuales de Operación, Administración y Conservación de los módulos
<input type="checkbox"/>	7	Realizar auditorías periódicas a módulos
<input type="checkbox"/>	6	Mejorar la estadística y control de la información de los módulos

26.- Que curso de Capacitación le interesaría mas a usted como usuario del agua?

Respuesta: Curso para el mejor uso del agua

27.- Que otro cultivo le interesaría sembrar, aparte del que actualmente siembra?

Respuesta soya

28.- Por último, sabe usted cuanta agua consumen sus cultivos al año?

Si No

< o = 1 días < o = 2 días < o = 3 días

> 3 días Indique:

ANEXO N. Relación de riegos instalados en tomas granjas, módulo I-3 Otameto

Relación de gastos instalados en tomas granjas módulo de riego I-3 Otameto, año agrícola 2007-2008								
Sección	12	13	14	15	16	17	18	Total
Octubre	2334.528	2074.464	1944.864	2774.304	2264.544	2561.76	2712.096	16666.56
Noviembre	3363.552	2560.032	1780.704	6196.5216	2519.424	5380.992	6848.064	28649.2896
Diciembre	820.8	779.328	130.464	256.608	12.096	472.608	1199.232	3671.136
Enero	2374.272	2054.592	1878.336	2948.832	2108.16	2762.208	3820.608	17947.008
Febrero	3562.272	3446.496	2609.28	5161.536	3827.952	5455.296	5963.328	30026.16
Marzo	246.119731	3632.256	2848.608	6622.56	3087.072	7831.296	7919.424	32187.3357
Abril	3891.456	3004.128	2739.744	5596.992	2738.016	6691.68	7585.92	32247.936
Mayo	1348.704	1400.544	738.72	2257.632	1155.168	2870.208	3865.536	13636.512
Junio	209.952	357.696	305.856	12.96	420.768	937.44	1268.352	3513.024
Julio	0	0	0	0	0	51.84	476.064	527.904
	18151.6557	19309.536	14976.576	31827.9456	18133.2	35015.328	41658.624	179072.865

Relación de gastos instalados en tomas granjas módulo de riego I-3 Otameto, año agrícola 2008-2009								
Sección	12	13	14	15	16	17	18	Total
Octubre	2484	2191.968	1330.56	1313.28	2313.792	3842.208	3526.848	17002.656
Noviembre	2784.672	2028.672	2039.04	5152.032	2036.448	3780	5792.256	23613.12
Diciembre	1357.344	1571.616	917.568	2128.032	1359.072	3316.896	3084.48	13735.008
Enero	4946.4	3319.488	3063.744	4581.792	3506.976	7364.736	7261.92	34045.056
Febrero	4763.232	3017.088	2083.104	4746.5568	2764.8	6369.408	6410.016	30154.2048
Marzo	5130.432	3235.68	3169.152	6728.832	3011.904	6747.84	6985.44	35009.28
Abril	1141.344	1257.984	1308.96	2834.784	1028.16	1850.688	2648.16	12070.08
Mayo	133.92	907.2	466.56	536.544	566.784	577.152	1264.896	4453.056
Junio	0	466.56	264.384	0	254.88	431.136	453.6	1870.56
Julio								
	22741.344	17996.256	14643.072	28021.8528	16842.816	34280.064	37427.616	171953.021

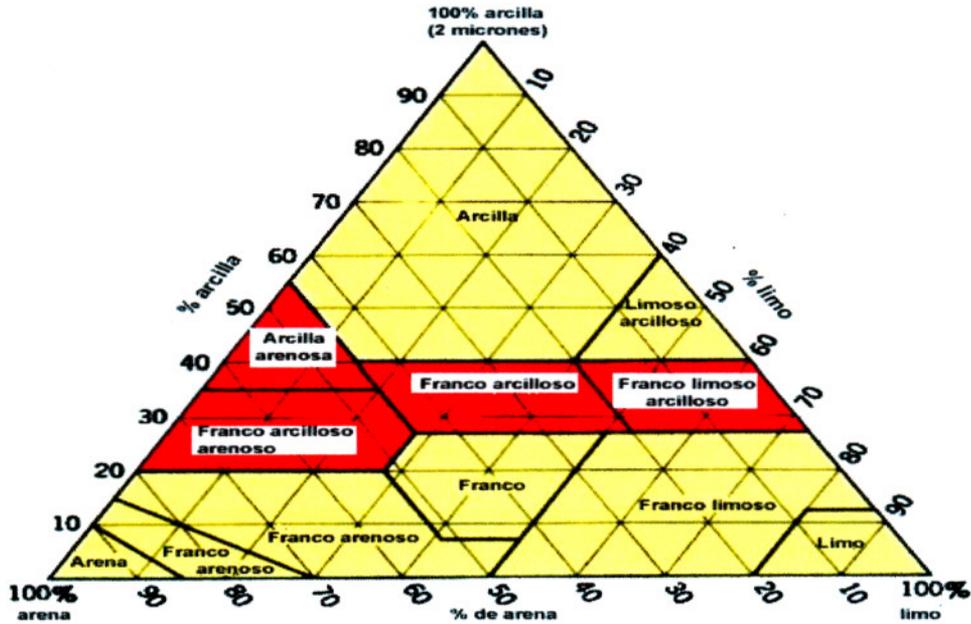


ANEXO O. Detalles de aporte freático sección 14, módulo I-3 Otameto

Aporte Freático por sección de riego módulo I-3 Otameto											
Estudio de freátimetría del módulo de riego I-3 donde se estima algunas áreas donde no existen problemas de sales de acuerdo con la CE y la RAS en un periodo de 10 años											
SECCION 14	Profundidad del estrato en cm	Nivel freático bajo la zona radicular en cm	Textura	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Marzo	Abril	Mayo
Areas en Héctareas											
	0-50		fina								
	50-100		media								
	100-150	0-50	fina								
	150-200	50-100	media								
	200-250	100-150	fina			276.9	276.9	276.9	179.1	63.2	63.2
	250-270	150-170	media			436.0	436.0	436.0	483.6	529.2	529.2
			fina			320.0	320.0	320.0	297.8	275.5	275.5
						1035.0	1035.0	1035.0	951.5	868.0	868.0
Tasa de ascenso capilar en mm/día y por estrato	150-200	50-100	fina			0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.5
	200-250	100-150	media			1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.6
	250-270	150-170	fina			0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.6
			media			0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Mult 1*2	150-200	50-100	fina								
	200-250	100-150	media			429.195	429.195	429.195	263.60075	98.0065	98.0
	250-270	150-170	fina			280.3392	280.3392	280.3392	309.5072	338.6752	338.7
			media			144.009	144.009	144.009	134.001	123.993	124.0
Lts/día						8535432	8535432	8535432	7071089.5	5606747	5606747.0
						30	30	30	30	30	30.0
			media			256,062,960	256,062,960	256,062,960	212,132,685	168,202,410	168,202,410
			fina			0	0	0	0	0	0
mm3						256.06296	256.06296	256.06296	212.132685	168.20241	168.20241
Subtotal mm3 = 1316.7											

Nota: Doorembos y Priut 1977 consideran que el flujo de agua del manto freático a las raíces del cultivo es insignificante en todos los suelos, con excepción de suelos de textura media, en la tabla se observa el análisis para el cultivo del maíz, el cual domina la zona donde el freático puede ser considerado en el requerimiento de agua del cultivo

ANEXO P. Triangulo Textural U.S.D.A. para determinar texturas básicas, Módulo I-3



ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

Clases texturales de suelos, según el USDA

Nombres vulgares de los suelos(textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45			