



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO DE HIDROCIENCIAS

**“LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO 014
RÍO COLORADO, B. C. Y SON.”**

PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México

2010

La presente tesis, titulada: **Los Sistemas de Información Geográfica como herramientas para el Diagnóstico Integral y el mejoramiento de la operación del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B. C. y Son.**, realizada por el C. Pedro Camacho Martínez, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

HIDROCIENCIAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. ENRIQUE MEJÍA SAENZ

ASESOR:



DR. OSCAR L. PALACIOS VÉLEZ

ASESOR:



DR. RAMÓN ARTEAGA RAMÍREZ

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por haberme brindado el apoyo económico para realizar mis estudios y continuar con mi formación profesional.

Al **Colegio de Postgraduados** en especial al **Posgrado de Hidrociencias**, personal académico y administrativo, por el apoyo brindado y facilidades otorgadas durante mi estancia en esta institución.

Al **Dr. Enrique Mejía Sáenz**, por sus consejos y aportaciones para la realización del presente trabajo; por su dirección, por sus palabras hacia mi persona y sobre todo por su amistad.

Al **Dr. Oscar Luis Palacios Vélez** por las observaciones y comentarios vertidos para lograr un mejor trabajo de investigación.

Al **Dr. Ramón Arteaga Ramírez** por sus observaciones y tiempo dedicado a la revisión de este documento de tesis.

A **mis padres** y a la **Ing. Sandra Colchado**, por confiar en mí y por ser mi razón de superación día a día.

Al **Ing. Fernando Mercado García**, por sus consejos, por ayudarme a entender la labor del ingeniero en Irrigación, por contribuir en mi formación profesional y personal con sus muestras de honestidad. Mi más sincero agradecimiento.

A la Jefatura del **Distrito de Riego 014 Río Colorado**, en especial a los ingenieros **Carlos Robles, Jesús Flores** y **Francisco Delgado**, por las facilidades otorgadas, así como su disponibilidad en brindarme la información requerida en este trabajo.

Al **personal de la SRL** y de los **22 módulos de riego**, del Distrito de Riego 014, por permitirme trabajar a su lado y por participar con su información para la realización de esta tesis.

A la **Sra. Ma. Esther Bernal** por su apoyo desinteresado.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Margarita Martínez Morán y Refugio Camacho Sánchez por darme la luz de la vida; por su ejemplo de vida, por ser amigos y consejeros, por siempre confiar en mí.

A mis hermanos:

Diego, Daniel y Sandra por su cariño, apoyo y comprensión.

A mi familia:

Elodia Martínez (QEPD), Arturo Martínez, Melchor Martínez, por haber depositado un grano de confianza en mi persona.

A la **Ing. Sandra Colchado Morales**, amiga y compañera, por estar siempre a mi lado en los momentos buenos y malos; gracias por tu apoyo, cariño sincero y amor, porque simplemente ya formas parte de mi vida y de mi familia.

A mis grandes maestros:

Oscar Gómez Ruano y Félix Santiago Díaz por ser mis ejemplos a seguir y sobre todo por su amistad.

A mis amigos de Chapingo:

Consuelo Acuayte, Marcos Díaz, Omar Figueroa, Fernando Flores, Carlos Alfonso Guzmán, Rusbelth Guzmán, Abel Lorenzo, Azael May, Juan Rodríguez, José Sánchez, Santiago Sánchez, Celestino Flores, Patricio Aguillón, José Buenabad, Modesto Campos, Jesús Díaz, Félix Hernández, Cuauhtémoc Pérez y Erik Reséndiz, por su amistad sincera.

A mi brigada en Mexicali:

Edith, Ariana, Blancka, Adriana, Celes, Fidel, Gil, Iván, Erik, Luis, Mulmaro, Haniel, Yonatan y Hugo; por haberme aguantado en Chicali, y por siempre estar dispuestos a trabajar a mi lado.

A mis compañeros de Proyectos Externos de Hidrociencias del Colegio de Postgraduados:

José, Celes, Alex, Félix, Orta, Gil, Erik, Guty, Davicho, Emmanuel, Andy, Tránsito y David por las horas de trabajo, compañerismo y amistad.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. HIPÓTESIS.....	6
3. OBJETIVOS	6
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
3.2. OBJETIVOS PARTICULARES	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
4.1 CONCEPTOS GENERALES.....	7
4.1.1. Definición de Distrito de Riego	7
4.1.2. Definición de Sustentabilidad	7
4.1.3. Agricultura Sustentable	7
4.1.4. Agricultura de precisión	8
4.2 IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA BAJO RIEGO	9
4.2.1 Agricultura de riego en México	9
4.2.2. Agricultura de riego en la Península de Baja California	11
4.2.2. Impacto de la Agricultura de riego	12
4.3. DISTRITOS DE RIEGO EN MÉXICO	13
4.3.1 Operación.....	14
4.3.2 Conservación	17
4.3.3 Administración.....	20
4.3.4 Riego y Drenaje.....	20
4.4. MANEJO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA CON UN ENFOQUE SUSTENTABLE.....	21
4.5 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS (SIG)	23
4.5.1 Definición	23

4.5.2 Componentes de un SIG	24
4.5.3 Aplicación de los SIG en los Distritos de Riego.....	25
4.5.4 Fundamentos de la Agricultura de precisión	27
4.5.5 La agricultura de precisión posible en México.....	28
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
5.1 MATERIALES.....	32
5.1.1 Características generales del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C. y Son.	33
5.1.2 Operación del Distrito de Riego 014 Río Colorado.....	34
5.1.3 Información hidrológica	34
5.1.4 Información meteorológica	38
5.1.5 Información de suelos	39
5.1.6 Red de Distribución y puntos de control del Distrito de Riego 014 Río Colorado.....	42
5.1.7 Tenencia de la tierra.....	45
5.1.8. Sistema de Riego	47
5.1.9 Producción agrícola.....	47
5.1.9.1 Superficies.....	47
5.1.9.2 Volumen Bruto.....	50
5.1.9.3 Volumen Neto.....	51
5.1.9.4 Lámina Neta	54
5.1.9.5 Eficiencia de Riego.....	55
5.1.10. Productividad de la tierra y del agua	56
5.2 METODOLOGÍA.....	58
5.2.1. Desarrollo de Modelo de Sistema de Información Geográfica del Distrito de Riego 014 Río Colorado.....	58
5.2.2. Diagnóstico del Distrito de Riego	59
5.2.3. Propuesta de Acciones Estructurales y No Estructurales en el Distrito de Riego 014 Río Colorado.....	60
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
6.1. MODELO DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	61
6.1.1. Situación del Padrón de Usuarios	63
6.1.2. Análisis de superficie en producción	66
6.1.3. Estimación de los volúmenes de riego	70
6.1.4. Estado de la Infraestructura Hidroagrícola	74
6.2. DIAGNÓSTICO DEL DISTRITO DE RIEGO	76

6.2.1 Situación Actual del Distrito.....	76
6.2.1.1 Grado de satisfacción de los usuarios	76
6.2.1.2 Nivel tecnológico del Distrito de Riego.....	80
6.2.2 Análisis FODA del Distrito de Riego 014 Río Colorado.....	83
6.3. PROPUESTAS ACCIONES ESTRUCTURALES	86
6.3.1. Obra de cabeza.....	86
6.3.2. Red Mayor.....	88
6.3.3. Red Menor.....	95
6.3.4. Red de drenaje.....	96
6.3.5. Caminos de operación y Servicio	97
6.3.6. Pozos federales.....	97
6.3.7. Acciones parcelarias	98
6.4 PROPUESTA DE ACCIONES NO ESTRUCTURALES.....	101
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
7.1 CONCLUSIONES.....	103
7.2 RECOMENDACIONES	105
8. LITERATURA CITADA	106
9. ANEXOS.....	109
ANEXO 1. ENCUESTA A USUARIOS	109
ANEXO 2. FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DE MODELOS DE SIG DE SISTEMAS	
HIDROAGRÍCOLAS	115
1. Atributos del shape del parcelamiento del Distrito de Riego	115
2. Atributos del shape de la red de conducción del Distrito de Riego	118
3. Atributos del shape de la red de drenaje del Distrito de Riego.....	120
4. Atributos del shape de los ríos del Distrito de Riego	121
5. Atributos del shape de las presas del Distrito de Riego	122
6. Atributos del shape de la red de caminos del Distrito de Riego	123
7. Atributos del shape de la red de carreteras del Distrito de Riego.....	124
8. Atributos del shape de las estructuras del Distrito de Riego	125
9. Atributos del shape de pozos del Distrito de Riego.....	127
10. Atributos del shape de bombeos del Distrito de Riego.....	129
11. Atributos del shape de los poblados del Distrito de Riego	131
12. Atributos del shape de vías férreas del Distrito de Riego.....	132
ANEXO 3. PLANOS DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA POR MÓDULO DE RIEGO.....	133

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1. Volumen utilizado con fines agrícolas en diferentes países	9
Cuadro 4.2. Productividad del Agua en el Organismo de Cuenca Península de Baja California.....	11
Cuadro 5.1. Títulos de concesión en los módulos del DR 014 Río Colorado	37
Cuadro 5.2. Series de suelo en el DR 014 Río Colorado	40
Cuadro 5.3. Textura, predominantes en el DR 014, Río Colorado	41
Cuadro 5.4. Obra de Cabeza y Red Mayor del DR 014 Río Colorado	42
Cuadro 5.5 Red de canales secundarios en los Módulos del DR 014, Río Colorado.....	43
Cuadro 5.6. Puntos de Control en los Módulos del DR 014 Río Colorado	44
Cuadro 5.7. Tenencia de la tierra en el DR 014 Río Colorado.....	45
Cuadro 5.8. Tipo de Usuario en el DR 014 Río Colorado	46
Cuadro 5.9. Superficie promedio por cultivo a nivel DR 014 Río Colorado	49
Cuadro 5.10. Volumen Neto promedio por cultivo en el DR 014 Río Colorado	53
Cuadro 5.11. Lámina neta promedio por cultivo en el DR 014 Río Colorado	54
Cuadro 6.1. Usuarios y superficie calculada en el SIG del DR 014 Río Colorado.....	63
Cuadro 6.2. Tipo de usuarios y superficie física calculada en el SIG del DR 014 Río Colorado	64
Cuadro 6.3. Comparativo de cultivos principales por sistema en el DR 014 Río Colorado	69
Cuadro 6.4. Volumen de riego neto en sistema de gravedad en el DR 014 Río Colorado	71
Cuadro 6.5. Volumen de riego neto en sistema de pozos federales en el.....	73
DR 014 Río Colorado	73
Cuadro 6.6. Volumen de riego neto en sistema de pozos particulares en el.....	74
DR 014 Río Colorado	74
Cuadro 6.7. Clasificación del tipo de estructuras del DR 014 Río Colorado.....	75
Cuadro 6.8. Estado físico de las estructuras del DR 014 Río Colorado	76
Cuadro 6.9. Análisis FODA del DR 014 Río Colorado	83
Cuadro 6.10. Frecuencia de las estrategias detectadas a partir del Análisis FODA del DR 014 Río Colorado	85
Cuadro 6.11. Inversiones en obra de cabeza a corto plazo	87
Cuadro 6.12. Sobreelevaciones realizadas en el Canal Nuevo Delta	93
Cuadro 6.13. Inversiones en red mayor.....	94
Cuadro 6.14 Inversiones en red menor	95
Cuadro 6.15. Acciones en la Red de Drenaje.....	96
Cuadro 6.16. Acciones en Caminos de Operación y servicio.....	97
Cuadro 6.17. Inversión en pozos federales	98
Cuadro 6.18. Volumen rescatado por acciones parcelarias.....	99
Cuadro 6.19. Resumen de Inversiones a Precios privados y sociales de 2009	100
Cuadro 6.20. Acciones No estructurales en el D.R. 014.....	101
Cuadro II.1. Parcelas_DR014.dbf	115
Cuadro II.2. Red_conducc_DR014.dbf	118
Cuadro II.3. Red_drenaje_DR014.dbf	120
Cuadro II.4. Rios_DR014.dbf.....	121
Cuadro II.5. Presas_DR014.dbf.....	122

Cuadro II.6. Caminos_DR014.dbf.....	123
Cuadro II.7. Carreteras_DR014.dbf	124
Cuadro II.8. Estructuras_DR014.dbf.....	125
Cuadro II.9. Pozos_DR014.shp	127
Cuadro II.10. Bombeos_DR014.shp	129
Cuadro II.11. Poblados_DR014.dbf	131
Cuadro II.12. Vías_férreas_DR014.dbf.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Usos del agua en México	10
Figura 4.2. Ubicación de los Distritos de Riego en México	14
Figura 4.3. Variaciones de las eficiencias de conducción en los Distritos de Riego	15
Figura 4.4. Cálculo de la dotación volumétrica	17
Figura 4.5. Elementos de un SIG	25
Figura 4.6. Etapas de la agricultura de precisión	27
Figura 4.7. Metodología para el incremento de la productividad y competitividad del campo mexicano en un desarrollo sustentable del sector agroalimentario.	30
Figura 5.1. Ubicación del Distrito de Riego 014 Río Colorado	33
Figura 5.2. Volumen recibido en el Sistema de Gravedad	35
Figura 5.3. Volumen extraído del subsuelo del ciclo 1999-2000 al 2008-2009	36
Figura 5.4. Temperaturas de la estación No.008 Estación Delta	38
Figura 5.5. Balance hídrico de la estación No.008 Estación Delta	39
Figura 5.6. Series y tipos de suelos en el Distrito de Riego 014 Río Colorado	41
Figura 5.7. Red de canales principales.....	42
Figura 5.8. Red de canales secundarios en el Distrito de Riego 014	44
Figura 5.9. Parcela media en el Distrito de Riego 014	46
Figura 5.10. Tipo de Sistema en el Distrito de Riego 014 Río Colorado	47
Figura 5.11. Estratificación de subciclos agrícolas en el DR 014 Río Colorado	48
Figura 5.12. Superficie promedio en el Distrito de Riego 014 Río Colorado	48
Figura 5.13. Patrón de cultivos en el Distrito de Riego 014 Río Colorado.....	50
Figura 5.14. Volumen bruto por subciclo agrícola en el DR 014 Río Colorado	51
Figura 5.15. Volumen Neto promedio en el DR 014 Río Colorado.....	52
Figura 5.16. Eficiencia de distribución del Distrito de Riego 014 Río Colorado	55
Figura 5.17. Productividad de la tierra en el Distrito de Riego 014 Río Colorado.....	56
Figura 5.18. Productividad del agua en el Distrito de Riego 014 Río Colorado.....	57
Figura 6.1. Visualización general del Modelo de SIG del DR 014 Río Colorado	61
Figura 6.2. Módulos que integran al DR 014 Río Colorado.....	62
Figura 6.3. Situación del Padrón de Usuarios en el Distrito de Riego 014 Río Colorado	65
Figura 6.4. Situación actual del padrón de usuarios a nivel parcela en el Distrito de Riego 014 Río Colorado	66
Figura 6.5. Superficie de riego en el Distrito de Riego 014 Río Colorado	67
Figura 6.6. Superficie por sistema de riego a nivel parcela en el Distrito de Riego 014 Río Colorado	68
Figura 6.7. Patrón de cultivos a nivel parcela en el Distrito de Riego 014 Río Colorado	70
Figura 6.8. Satisfacción de los usuarios con la infraestructura hidroagrícola	77
Figura 6.9. Necesidades de infraestructura hidroagrícola	77
Figura 6.10. Grado de satisfacción con la operación en los módulos	78
Figura 6.11. Grado de satisfacción con la conservación en los módulos	78
Figura 6.12. Grado de satisfacción con la administración en los módulos	79
Figura 6.13. Necesidad de tecnificación del riego parcelario	79
Figura 6.14. Sistemas de interés en la tecnificación del riego parcelario	80
Figura 6.15. Sistemas de Riego en el Distrito de Riego 014 Río Colorado	81
Figura 6.16. Grado de nivelación en el Distrito de Riego 014 Río Colorado	81

Figura 6.17. Estado de la red de distribución en el Distrito de Riego 014	82
Figura 6.18. Frecuencia de las estrategias del análisis FODA del Distrito de Riego 014 Río Colorado	85
Figura 6.19 Red de canales de conducción Mesa Arenosa	87
Figura 6.20. Canal Reforma sin revestir del Km 68+880 al Km 95+160.....	89
Figura 6.21. Canal Alimentador del Sur sin revestir del Km 0+880 al Km 5+475	90
Figura 6.22. Canal Revolución sin revestir del Km 0+000 al Km 20+340.....	91
Figura 6.23. Deterioro del concreto asfáltico en el Canal Independencia	92
Figura 6.24. Revestimiento en red menor y reposición de estructuras.....	95
Figura 6.25. Rehabilitación de sección de drenes y reposición de estructuras	96
Figura 6.26. Rehabilitación y reposición de pozos federales en el D.R. 014.....	97
Figura 6.27. Acciones parcelarias en el Distrito de Riego 014	99

RESUMEN

Los Sistemas de Información Geográfica como herramientas para el Diagnóstico Integral y el mejoramiento de la operación del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B. C y Son.

La actividad agrícola genera gran cantidad de información en su desarrollo; el análisis y uso de esa información permite una mejor toma de decisiones y una planeación de la misma. Una de las tecnologías para el manejo de la información es el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten trabajar en forma integrada y organizada los datos geográficos y numéricos existentes con la finalidad de facilitar su almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y su presentación en forma gráfica. El Distrito de Riego 014 Río Colorado, por la superficie dominada, es uno de los más importantes en el Noroeste de México, sin embargo, debido a la transferencia de los distritos a los usuarios, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como organismo normativo de este recurso, ha visto disminuido su personal técnico dedicado a dar seguimiento a las actividades de operación y conservación en los distritos, caso concreto el Distrito 014. Es por esto, que el uso de la tecnología de los SIG se convierte en una alternativa viable para mejorar la operatividad de los distritos y para dar seguimiento a los programas hidroagrícolas y planes de riego. El presente trabajo, desarrollado en el ciclo agrícola 2008-2009, propone una metodología que integra el uso de SIG, técnicas de percepción remota y de participación social que permita generar información base confiable para desarrollar un diagnóstico integral del Distrito de Riego 014, con la finalidad de definir los cursos de acción que mejoren la productividad de los recursos agua y suelo y un uso eficiente y sustentable de los mismos.

Palabras Clave: Sistemas de Información Geográfica, Distrito de Riego 014 Río Colorado, Transferencia, Operación.

ABSTRACT

Geographic Information Systems as tools for Integral Diagnosis and improvement of the operation of the Irrigation District 014 Río Colorado, B. C and Son.

Agricultural activity generates large amounts of information. The analysis and use of this information enables better decision-making and planning. One of the technologies available for information management are the Geographic Information Systems (GIS) that make possible to work in an integrated and organized way the geographic and numeric data, in order to facilitate their storage, update, manipulation, analysis and their presentation in graphical form. Irrigation District 014 Río Colorado, by dominated surface, is one of the most important districts in the Northwest of Mexico. However, due to the districts were transferred to users, the National Water Commission (CONAGUA), the regulator institution of this resource, has suffered a reduce in its technical staff devoted to monitor the operation and maintenance activities carried out in the districts, specifically in District 014. That is why the use of GIS technology becomes a viable alternative to improve the operating capacity and to monitor the hydro-agricultural programs and irrigation plans, as well as the efficient and sustainable use of resources, and therefore, it is an element that improves the productivity of the irrigation districts. The present work, developed in the cropping season 2008-2009, propose a methodology that incorporates the use of GIS and remote sensing and social participation techniques, that enables the generation of reliable ground information to develop an integral diagnosis of the Irrigation District 014 in order to define courses of action which improve the productivity of water and soil resources and their efficient and sustainable use.

Keywords: Geographic Information Systems, Irrigation District 014, transfer, operation.

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura como actividad económica tiene como misión fundamental la de producir, proveer y satisfacer las necesidades de alimento que demanda con mayor magnitud la creciente población humana. Sin embargo, existen varios factores que limitan la actividad agrícola, dentro de los que podemos citar al clima, orografía, tipo de suelo, insumos agrícolas y disponibilidad de agua, entre otras.

Dentro de los factores que limitan la producción agrícola el agua es un elemento preponderante. Para que las plantas puedan desarrollarse es necesario que cuenten con agua en cantidad suficiente en el espacio y en el tiempo. En algunos lugares, las necesidades hídricas de los cultivos puede ser satisfechas solamente por la lluvia, no obstante, la precipitación no es uniforme ni espacial ni temporalmente, por lo que es necesario complementar esas necesidades con el riego.

En lo que respecta a nuestro país, dos de sus terceras partes presentan características áridas y semiáridas. En la mayor parte del país la temporada de lluvias ocurre durante el verano por lo que las precipitaciones, y los escurrimientos generados, se concentran en unos cuantos meses del año. Lo anterior ha implicado la necesidad de construir presas y derivadoras para almacenar y regular los volúmenes escurridos de agua y tenerla disponible para las épocas en que se requiere su aplicación a los cultivos. Por otra parte, en algunas zonas se ha recurrido a la perforación de pozos profundos para obtener el agua requerida para la producción agrícola.

En el caso de la agricultura, el agua es el insumo principal, favoreciendo a mejores rendimientos, permite hacer un uso más eficiente de fertilizantes, así como el uso de mejores variedades, diseñadas para condiciones de riego. Por lo anterior, es necesario contar con la disponibilidad de agua para que se pueda dar el desarrollo de las plantas. La agricultura de riego es más productiva que la de temporal o seco; teniendo una productividad media de la tierra en las zonas de riego tres veces mayor que en las de temporal. La diferencia radica en que en las zonas regadas se obtienen mejores rendimientos y una calidad superior en las cosechas.

En promedio, en México se cosechan un total de 18.53 millones de hectáreas, de las cuales 13.33 son en temporal y 5.20 bajo riego. Se tiene una superficie dominada con infraestructura hidroagrícola del orden de 6.4 millones de hectáreas, de las cuales 3.5 millones corresponden a 85 Distritos de Riego y 2.9 millones a pequeñas Unidades de Riego.

En la década de los noventas, el Gobierno Federal realizó la Transferencia de los Distritos de Riego a los Usuarios. A la fecha, se tiene constituidas 460 Asociaciones Civiles de Usuarios y 11 Sociedades de Responsabilidad Limitada.

Parte de la problemática actual en el manejo de los Distritos de Riego es la siguiente:

- Reducción del personal técnico de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en los Distritos de Riego hasta en un 90%.
- Falta de Asistencia Técnica a los Usuarios
- Falta de recursos para Rehabilitación y Modernización de la Infraestructura
- Problemas ocasionados por falta de personal: información agrícola (superficies, rendimientos) e hidrométrica de dudosa calidad.
- Se requiere información actualizada de usuarios, catastro, infraestructura

Si bien, la conducción y distribución del agua corre a cargo de los usuarios en los Distritos transferidos, la CONAGUA, como dependencia normativa, ha visto disminuido su personal destinado a realizar las actividades de seguimiento y supervisión.

Así, para contar con los elementos necesarios para desarrollar estrategias para un uso eficiente y sustentable del agua en los Distritos de Riego, es necesario el realizar un diagnóstico preciso de las condiciones actuales. Sin embargo, parte de la problemática actual en los Distritos de Riego es no contar con información confiable para precisar las acciones estructurales y no estructurales que se requieren en los mismos.

Bajo este contexto, destaca el Distrito de Riego 014 Río Colorado, el cual se encuentra en los límites de los estados vecinos de Baja California y Sonora, en lo que es conocido como el Valle de Mexicali. Dicho Distrito es de los más importantes en el noroeste del país y por la superficie dominada por infraestructura hidroagrícola, también lo es a nivel nacional.

Como todo quehacer humano, la actividad agrícola genera información espacial y temporal en su haber; el análisis y uso de esa información permite una mejor toma de decisiones y una planeación de la actividad agrícola. Una de las tecnologías para el manejo de la información es el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten trabajar en forma integrada y organizada los datos geográficos (planos) y numéricos (padrones de usuarios, estadísticas agrícolas, estudios diversos y caracterización genérica) con la finalidad de facilitar su almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y su presentación en forma gráfica. De tal forma que con la oportunidad requerida, técnicos y usuarios de los Distritos y Módulos de Riego podrán disponer de información adecuada y suficiente para evaluar el logro de sus actividades, así como también para planear el mejor uso de los recursos a corto y mediano plazo.

Así, en este trabajo de investigación se realizó un diagnóstico integral del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C. y Son. Este diagnóstico considera el proponer una metodología que parte de generar toda la información requerida, así como la opinión de los propios usuarios y técnicos del distrito de riego, incorporándolas a una plataforma de Modelo de Sistema de Información Geográfica apoyado en Técnicas de Percepción Remota y Técnicas de Participación Social.

Al generar esta metodología que considera las técnicas antes indicadas, es posible el obtener un diagnóstico integral que permita proponer cursos de acción a los técnicos del Distrito de Riego para que realicen las actividades de operación, conservación, administración e ingeniería de riego y drenaje en una forma más eficiente; así como detectar acciones que mejoren la productividad, y que coadyuven a hacer un uso sustentable del agua y de los recursos disponibles en el Distrito de Riego 014 Río Colorado.

2. HIPÓTESIS

Utilizar una metodología que integre el uso de SIG, técnicas de percepción remota y de participación social permite generar información base confiable para un diagnóstico integral del Distrito de Riego 014 Río Colorado.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Desarrollar el diagnóstico integral del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C. y Son., con la finalidad de definir los cursos de acción que permitan mejorar la productividad de los recursos agua y suelo y un uso eficiente de los mismos.

3.2. Objetivos particulares

- Desarrollar una metodología que integre el uso de Sistemas de Información Geográfica, Percepción Remota y Técnicas de Participación Social, para el diagnóstico integral del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C. y Son., que permita hacer un uso eficiente de la información disponible, así como analizar la situación actual de la superficie bajo riego y el padrón de usuarios.
- Desarrollar un Modelo de Sistema de Información Geográfica del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C. y Son., que sirva como base para mejorar las actividades requeridas para el manejo eficiente de este Distrito de Riego.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Conceptos Generales

4.1.1. Definición de Distrito de Riego

Un 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 (CONAGUA, 2004).

4.1.2. Definición de Sustentabilidad

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

4.1.3. Agricultura Sustentable

La agricultura sustentable se traduce en un enfoque integral hacia la producción de alimentos, fibras y forrajes que equilibran el bienestar ambiental, la equidad social y la viabilidad económica entre todos los sectores de la sociedad en un tiempo indeterminado (Altieri, 1996 y Gliessman, 1990; citado por Rival, 2000).

La agricultura sustentable es una forma de agricultura alterna que toma en consideración no solamente los aspectos científicos y tecnológicos, así como los aspectos biofísicos y ecológicos del problema, sino que particularmente se refiere todo ello en un contexto de consideraciones de orden socioeconómico e institucional,

relacionados con este proceso, que permita llegar a encontrar un desarrollo de la agricultura que sea económicamente viable, ecológicamente sustentable, socialmente aceptable e institucionalmente factible. Es decir, el desarrollo agrícola sustentable que es resultado de un desarrollo agrícola mediante la aplicación científica y tecnológica de conocimientos re-alineados bajo consideraciones ambientales, se le debe sumar los aspectos de orden socioeconómico e institucional, para dar lugar a lo que finalmente podemos llamar Agricultura Sustentable (Sánchez, 1997).

4.1.4. Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo. Requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas junto con Sistemas de Información Geográfico (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones. La información recolectada puede ser usada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar fertilizantes y otras entradas necesarias, y predecir con más exactitud la producción de los cultivos (Wikipedia, 2010).

Es la utilización de modernas herramientas capaces de facilitar la obtención y análisis de datos georreferenciados, mejorando el diagnóstico, la toma de decisiones y la eficiencia en el uso de insumos. Mayor producción con sostenibilidad del ambiente productivo. La Agricultura de Precisión es una herramienta que permite tomar decisiones más precisas seguidas de aplicaciones de insumos con mayor exactitud (agricultura de precisión, 2010).

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

4.2 Importancia de la agricultura bajo riego

4.2.1 Agricultura de riego en México

El agua es el principal insumo agrícola, por ende en muchos países el mayor volumen es el destinado a fines agrícolas, Cuadro 4.1. Cabe mencionar que esta forma de distribución es común a diversos países en vías de desarrollo, ya que el uso predominante es el agrícola, a diferencia de muchos de los países desarrollados, en donde el empleo del agua es eficiente en la mayoría de los usos y el mayor consumo se destina al sector industrial, principalmente en las centrales termoeléctricas (CONAGUA, 2008a).

Cuadro 4.1. Volumen utilizado con fines agrícolas en diferentes países

País	Extracción total del agua (Hm ³)	Uso agrícola (Hm ³)	%
Somalia	3,300	3,280	99
Myanmar	33,220	32,640	98
Afganistán	23,260	22,840	98
Uruguay	3,150	3,030	96
Pakistán	169,380	162,650	96
Madagascar	14,970	14,310	96
Tailandia	87,070	82,750	95
México	77,300	59,400	77
Turquía	37,520	27,860	74
España	35,630	24,240	68
Sudáfrica	12,496	7,836	63
Brasil	59,300	36,630	62
Estados Unidos de América	479,290	197,750	41
Francia	39,960	3,920	10

Fuente: CONAGUA (2008a)

La evolución de la agricultura bajo riego en México ha sido siempre frenada por la falta de coincidencia entre la disponibilidad de agua y de tierras propicias. Por lo tanto, se ha hecho necesario reunir las mediante obras que acondicionen las tierras y/o las provean de riego (Aguilera, 1996).

El agua se encuentra mal distribuida en nuestro país; la mayor parte de los escurrimientos se presentan en el Sur-Sureste de México y el Centro y el Norte, donde se concentra la mayor parte de la población y donde se tienen las mejores zonas agrícolas del país, el recurso es limitado y en muchos casos escaso.

No obstante, la demanda por este recurso aumenta cada año debido al crecimiento de la población y a un requerimiento mayor en la industria, en las poblaciones y en la agricultura. El mayor consumidor de agua es el sector agropecuario, el que utiliza el mayor porcentaje del agua extraída de las fuentes de abastecimiento, Figura 4.1 (Palacios, 2007).

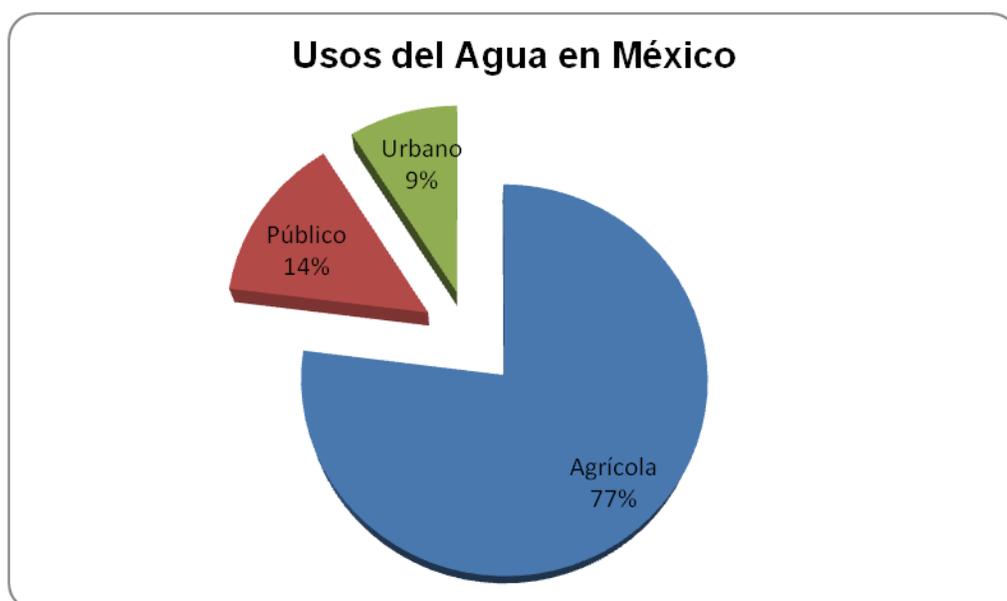


Figura 4.1. Usos del agua en México

Fuente: CONAGUA (2008a)

4.2.2. Agricultura de riego en la Península de Baja California

En la región, el uso agrícola es el mayor consumidor seguido por la industria y el sector servicios con un consumo de 3,145 Hm³, 255 y 28 Hm³. Respectivamente. Caso contrario sucede con la participación en el Producto Interno Bruto (PIB), ya que la agricultura representa un 3%, el sector industrial representa el 63 % y el sector servicios con un 34 %, dando como resultado que en la agricultura un m³ de agua produce \$0.70 pesos, la industria produce \$182 pesos por m³ y en el sector servicios la productividad de cada m³ de agua es de \$87.0 pesos, Cuadro 4.2 (CONAGUA, 2007).

Cuadro 4.2. Productividad del Agua en el Organismo de Cuenca Península de Baja California

Sector	Productividad del Agua Regional			
	Volumen (Hm ³)	%	PIB (Millones de \$)	%
Agrícola	3,145.00	92	2,189.00	3
Industrial	255.00	7	46,172.00	63
Servicios	28.00	1	24,365.00	34
Totales	3,428.00	100	72,726.00	100

Fuente: CONAGUA, 2007

En el caso concreto del Distrito de Riego 014 Río Colorado integra 211, 625 ha, de las que corresponden al Valle de Mexicali 181,318 ha. Esta superficie se complementa con 30, 307 ha de Unidades de Riego con un consumo anual hasta el año 2005 de 2, 825 Hm³.

Sin embargo, la eficiencia en el riego, que es de 50.5%, se considera baja y existe un gran desperdicio de agua debido entre otras causas a prácticas rudimentarias de riego, deficiente conservación de la infraestructura hidráulica, problemas de nivelación e inadecuado manejo del agua en el nivel parcelario.

Las pérdidas de agua por infiltración en canales no revestidos con capacidad de conducción menor de un metro cúbico por segundo alcanzan los 17 L/s/km y en canales

con capacidades de conducción mayor es de 23 L/s/km. En el nivel parcelario la eficiencia es del 71%, lo que resulta en una eficiencia total del 56% en los sistemas de conducción por gravedad, lo que significa que de cada metro cúbico derivado, se pierde casi la mitad del agua.

Los principales cultivos en el Distrito de Riego Río Colorado durante el ciclo Otoño-Invierno son el trigo, cártamo, cebada, cebollín, rye grass y hortalizas. En el ciclo Primavera- Verano predominan el algodón, sorgo grano y sorgo forrajero, en tanto que de los cultivos perennes, la alfalfa, espárrago, vid, zacate bermuda y frutales son los cultivos más sobresalientes (CONAGUA, 2007).

4.2.2. Impacto de la Agricultura de riego

La agricultura en México es una actividad que impacta el ambiente, de una manera proporcional a la energía externa que consume el sistema. Los sistemas agrícolas destinados a generar una alta cantidad de recursos económicos, orientados a la exportación con alto uso de energía e insumos es la que más impacto tiene sobre el suelo, el agua, los organismos vivos y la atmósfera.

Desde la revolución verde, en los años cincuenta, grandes áreas de México se destinaron a la producción especializada, la cual se caracterizó por las altas cantidades de insumos externos y alta inversión energética. El uso de paquetes tecnológicos que incluían el uso de semillas mejoradas, fertilizantes y pesticidas efectivamente aumentaron sustancialmente los rendimientos, pero el daño efectuado al ambiente ha sido, en algunos casos irreversible.

Las principales consecuencias de la agricultura comercial sobre la base de recursos naturales se pueden apreciar en la salinización, acidificación, erosión, compactación y desertificación del suelo; la erosión genética, disminución de la diversidad y el aumento de los monocultivos en detrimento de los policultivos; la deforestación de los bosques; la contaminación y sedimentación de las aguas; el efecto invernadero y la ruptura de la capa de ozono; y los efectos en la salud humana. No obstante esta problemática, el

papel de la agricultura será absolutamente crucial para resolver las tensiones entre los sectores rural y urbano. Su importancia estriba en la contribución al crecimiento económico, su papel en la seguridad alimentaria y en la estabilidad macroeconómica y política (Soto, 2009).

4.3. Distritos de Riego en México

Los Distritos de Riego están constituidos por tres tipos de obras: las de riego, las de drenaje y las vías o caminos. Las primeras tienen por objeto llevar el agua de la fuente de abastecimiento a los cultivos, la segundas extraer los excesos de agua tanto superficiales como subterráneas, así como las sales que ésta trae en solución y por último, los caminos son indispensables para la movilización del personal y equipo de operación y de los usuarios (Palacios, 1981).

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

La función de la Jefatura del Distrito de Riego es la de determinar y dar a conocer al inicio de cada ciclo agrícola, el volumen de agua disponible para la formulación del plan de riegos de los módulos de riego para un uso racional y eficiente del recurso y mantener en condiciones óptimas la infraestructura hidráulica.

En la Figura 4.2 se presenta la ubicación de los Distritos de Riego en México.



Figura 4.2. Ubicación de los Distritos de Riego en México

4.3.1 Operación

El uso del agua en el sector agropecuario no tiene que pagar ningún derecho, como lo tienen que hacer en los otros usos y por esta razón se señala a este sector como el que utiliza el agua con menor eficiencia; además, en uso de la corriente eléctrica para el bombeo del agua en el mismo sector, tiene un considerable subsidio, lo cual también propicia la baja eficiencia en su utilización.

La producción y la productividad de los Distritos de Riego, están relacionadas directamente con la disponibilidad del agua, con la entrega oportuna y suficiente del líquido a los cultivos y con las condiciones en las que se encuentra la infraestructura hidroagrícola, es decir, la capacidad productiva real de los Distritos de Riego depende directamente del estado físico de su infraestructura.

En el contexto del sector agropecuario se encuentran los Distritos de Riego, sumergidos en el marco de ineficiencia en el manejo del agua. La eficiencia de conducción es la relación entre el agua entregada a las parcelas para el riego entre la derivada de una fuente de alimentación, ya sea pozo, planta de bombeo, almacenamiento o derivación de corrientes. En este caso hay que descontar las pérdidas por evaporación en la conducción, las debidas a la infiltración, las fugas en estructuras en mal estado y “las debidas al manejo”.

Esta es la eficiencia que se ha estimado con más frecuencia, como un indicador del requerimiento del mejoramiento de las redes de riego, generalmente bajo el supuesto que mediante el revestimiento con concreto de los canales, puede mejorarse, Figura 4.3 (Palacios 2007).



Figura 4.3. Variaciones de las eficiencias de conducción en los Distritos de Riego
Fuente: Palacios (2007)

La función de la Jefatura de Operación es la de supervisar y operar la infraestructura de las obras de cabeza, y entregar a la S. de R. L. el agua en bloque para que ésta la conduzca hasta los puntos de control de los módulos de riego y organismos

operadores. Solicitar los volúmenes de agua a la CILA y fungir como secretario técnico en el Comité Hidráulico.

En cada distrito de riego se establecerá un Comité Hidráulico, cuya organización y operación se determinarán en el reglamento que al efecto elabore y aplique cada distrito, el cual actuará como órgano colegiado de concertación para un manejo adecuado del agua e infraestructura. El Comité Hidráulico propondrá un reglamento del distrito de riego respectivo y vigilará su cumplimiento (CONAGUA, 2004).

El Comité Hidráulico está presidido por el Jefe del Distrito de Riego, por los presidentes de los módulos de riego, los cuales se eligen cada tres años, un representante de Gobierno del Estado, de la SAGARPA, y representantes de los diferentes usuarios del agua que hay en el Distrito. Este Comité tiene la autoridad para hacer cambios en la superficie de riego, las normas de transferencia de agua, y la equivalencia de volumen para cada hectárea de derechos de agua. Sin embargo, cualquier cambio debe ser acordado por mayoría del Comité, lo que implica el acuerdo de la mayoría de los agricultores en calidad de representantes de los módulos (Carrillo, 2009).

Respecto a la medición del agua y su recaudación, en el Distrito de Riego 014 Río Colorado, el sistema empleado para el cobro del servicio de riego es por dotación volumétrica a nivel de toma granja. El cálculo de la Dotación Volumétrica, está en función de la disponibilidad de agua con la que se cuenta, tanto de aguas superficiales como subterráneas; para las primeras mencionadas, en la mayoría de los distritos de riego se tienen que hacer los análisis probabilísticos correspondientes, no siendo el caso para el Distrito de Riego 014 puesto que cuenta con la dotación prevista en el Tratado de Aguas con los Estados Unidos; en la Figura 4.4, se muestra la forma de calcular la dotación volumétrica en los diferentes niveles de distribución del agua, hasta llegar a nivel usuario en la toma granja (CONAGUA, 2008b).

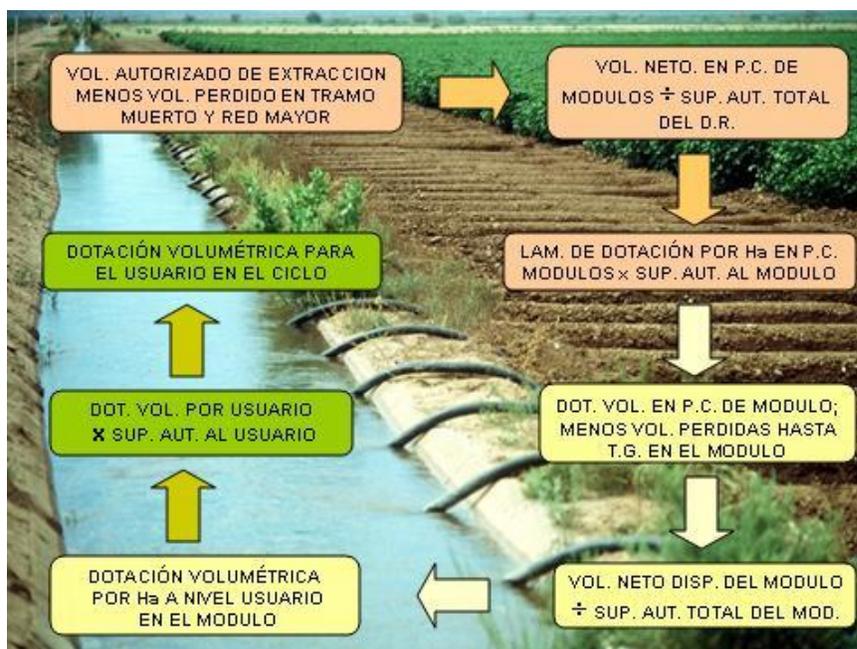


Figura 4.4. Cálculo de la dotación volumétrica

El derecho de riego en el Distrito de Riego 014 es de 117 litros por segundo en un periodo de 24 horas al año. El cual equivale alrededor de 10,109 m³ por hectárea y por año (Carrillo, 2009).

4.3.2 Conservación

La Conservación de la infraestructura es una acción correctiva y periódica que debe realizarse a fin de preservarla en las condiciones más cercanas al proyecto original, con la finalidad de que pueda operar adecuadamente. Las inversiones a realizar están directamente relacionadas con el tipo de obra de conservación a efectuar, el que depende a su vez de las condiciones de la zona y de las características de la propia infraestructura, así como de la maquinaria disponible para ejecutar los trabajos.

La programación de los trabajos de conservación es un conjunto de actividades encaminadas a determinar las prioridades con las que deberá realizarse dichos trabajos en el corto plazo para que la infraestructura, esté en condiciones de proporcionar el servicio de riego con oportunidad y suficiencia, lo que repercutirá directamente en la producción y la productividad de los terrenos ubicados en la zona de riego.

La programación de los trabajos de conservación de obras en las ACU y SRL comprende una serie de instrucciones ordenadas para efectuar una sucesión de operaciones orientadas a la realización correcta y oportuna de las diferentes actividades de la conservación de las obras.

Para elaborar el programa, deberán seguirse los siguientes pasos:

1. Actualizar el inventario de obras.
2. Formular el diagnóstico de necesidades.
3. Determinar los volúmenes de obra de los trabajos de conservación.
4. Determinar las necesidades de maquinaria y personal.
5. Calcular los costos de los trabajos de conservación.

Para tener un pleno conocimiento de la infraestructura es necesario contar con un inventario de todas y cada una de las obras que la forman, con el objeto de formular un programa de conservación adecuado, ya que su objetivo es preservar las obras con sus características de proyecto.

Es conveniente que cada una de las obras tenga bien definidas sus características de proyecto y de funcionamiento, a efecto de que al llevar a cabo las acciones de conservación éstas permanezcan invariables; sobre todo las que por su función se construyen con capacidades fijas, como los canales y drenes.

La importancia del inventario y de cada obra en lo particular debe juzgarse fundamentalmente y en primer término por su función, pero ubicada en el tiempo. Por ejemplo: los canales adquieren mayor importancia en los períodos de riego, mientras que las presas, los drenes y los caminos, en las épocas de lluvias. En segundo término, la importancia de las obras debe juzgarse desde el punto de vista de su conservación y por los estragos que podrían causarse en caso de colapso. Esto implica introducir un factor de jerarquización en los programas. El inventario es un documento que se utiliza para programar el presupuesto necesario para el mantenimiento (programa anual).

La actualización de los inventarios de obra es una actividad anual que los Módulos o las S. de R. L., deben llevar a cabo. Los trabajos que modifiquen, amplíen o cancelen la infraestructura concesionada, requerirán invariablemente la autorización de la Comisión Nacional del Agua a través de las autoridades del Distrito de Riego.

La actualización de los inventarios de obra deberá ser anual. En el caso de ejecución de obras por parte de las asociaciones o sociedades que modifiquen, amplíen o cancelen la infraestructura transferida, se requerirá invariablemente la autorización de la CONAGUA a través del responsable del DR.

Para mantener o incrementar la producción en los Distritos de Riego, es imprescindible, entre otras cosas, que las obras funcionen correctamente, lo cual se logra cuando éstas operan a su máxima capacidad y cumplen con el objetivo para el que fueron construidas, esto no es fácil, ya que las obras están expuestas a un proceso de deterioro constante producido por el clima, las condiciones de trabajo y, en algunos casos, por el vandalismo, desde que se termina la construcción de las obras, o antes en algunos casos.

Todo programa de conservación requiere, antes que nada, que se determine el grado de deterioro de las obras; para lo cual es necesario dictaminar si están funcionando adecuadamente y si cumplen con su objetivo para determinar si es imprescindible ejecutar trabajos de conservación en una determinada obra. En otras palabras, es necesario elaborar el diagnóstico de necesidades de conservación.

El diagnóstico de necesidades tiene por objeto conocer el estado de deterioro y desgaste en que se encuentran las obras, así como, en su caso, la factibilidad técnica de su conservación, para valorar los costos respectivos y proponer su programa de realización. Sobre todo, para determinar si la obra está funcionando adecuadamente (CONAGUA, 2003).

La función de la Jefatura de Conservación es la de ejecutar y supervisar los trabajos de conservación de las obras de cabeza y la infraestructura hidráulica concesionada a la S. de R. L. y módulos de riego.

4.3.3 Administración

En relación a los aspectos administrativos de los distritos de riego, se encuentra el de la determinación de las cuotas por servicio de riego y drenaje, la cual es considerada vital para la operación de los distritos.

Un enfoque economista para establecer la cuota por servicio de riego es que los usuarios deberían pagar una cuota muy cercana a la productividad marginal del agua en las zonas áridas y semiáridas, donde este recurso es escaso, para que su utilización fuera eficiente.

La finalidad principal de las cuotas por el servicio de riego, es lograr el sostenimiento del distrito, aunque en algunos casos, parte de esas cuotas se usan para amortizar inversiones debidas a la construcción o rehabilitación de las obras. No obstante, sólo unos cuantos distritos llegan a ser autosuficientes, el resto tiene que depender de un subsidio gubernamental (Palacios, 1989).

La función de la Jefatura de Administración es la de tramitar y controlar los asuntos inherentes a personal, compras, almacén y servicios generales. Vigilar y prestar asesoría para el buen funcionamiento de las asociaciones de usuarios y la Sociedad. Estudiar, evaluar y promover las cuotas de autosuficiencia del distrito, en sus tres niveles de distribución.

4.3.4 Riego y Drenaje

La Subjefatura de Distrito de Ingeniería de Riego y Drenaje, tiene a su cargo todo lo que se refiere al seguimiento de la evolución de la freaticimetría, salinidad y caracterización del agua y los suelos; así como la inducción de las técnicas más convenientes para el

manejo del agua en los terrenos de cultivo, en el marco de un programa específico y sistemático que permita su evaluación permanente.

El Distrito de Riego 014, es el único Distrito de Riego en el país que tiene una Subjefatura de Ingeniería de Riego y Drenaje, en gran parte debido al problema de la salinidad que en algún momento se presentó en el Distrito, además de monitorear la calidad del agua que recibe el Distrito a través del Tratado Internacional de Límites y Aguas. Dicha Subjefatura está integrada por un jefe de la misma, personal de campo y de laboratorio (CONAGUA, 2008b).

La Jefatura de Riego y Drenaje tiene como objeto estudiar, analizar y propiciar la administración racional de los recursos agua-suelo, para lograr una agricultura de riego sustentable.

4.4. Manejo del agua en la agricultura con un enfoque sustentable

Mejía (2007) menciona que la CONAGUA considera que el uso sustentable del agua se logra cuando se cumplen los aspectos siguientes:

1. El agua genera bienestar social: básicamente se refiere al suministro de los servicios de agua potable y alcantarillado a la población, así como al tratamiento de las aguas residuales.
2. El agua propicia el desarrollo económico: considera al agua como un insumo en la actividad económica; por ejemplo, en la agricultura, la producción de energía eléctrica o la industria.
3. El agua se preserva: es el elemento que cierra el concepto de sustentabilidad. Si bien se reconoce que el agua debe proporcionar bienestar social y apoyar el desarrollo económico, es una necesidad imperativa preservar en cantidad y calidad adecuadas para las generaciones actuales y futuras y la flora y fauna de cada región.

Es importante señalar que el 77% del agua que se utiliza en nuestro país se emplea en la agricultura, que la disponibilidad es escasa en amplias zonas del territorio y que las

eficiencias en el uso del agua en el riego en general son bajas. Esta situación se torna más crítica si se considera que el crecimiento poblacional que se presenta en nuestro país requiere una mayor producción agrícola para cubrir las crecientes necesidades alimentarias.

En este contexto, la modernización y tecnificación del riego permitirá incrementar la productividad del agua utilizada en los distritos de riego, lo que redundará en un mayor beneficio para los productores, al mismo tiempo que se logrará un uso más eficiente del agua al disminuir sustancialmente los consumos.

Conforme se determinen los volúmenes que efectivamente se extraen de las fuentes de abastecimiento y los que utilizan los usuarios en sus parcelas, se podrán precisar los ahorros de agua y destinarlos para atender otras prioridades de uso en las cuencas, así como para propiciar la preservación de las fuentes de abastecimiento.

Al respecto, es conveniente también introducir el concepto del agua como insumo productivo y su medición en términos de valor agregado por volumen, lo que contribuirá a definir los usos de mayor conveniencia para un bien escaso, optimizando su aplicación y ampliando la visión hacia las actividades industriales y de servicios, como lo es por ejemplo, el turismo.

Al reducir los volúmenes de agua empleados en el riego, como resultado de la modernización y tecnificación, se deberán ajustar los títulos de concesión en función de la disponibilidad del agua, ya que existen fuentes de abastecimiento superficial que están sobreconcesionadas o diversos acuíferos que están severamente sobreexplotados.

Además, dadas las condiciones de extrema escasez de agua en amplias zonas del territorio, es indispensable propiciar la reconversión hacia cultivos más rentables y menos consumidores de agua, considerando la disponibilidad de agua y la vocación del suelo, para lo cual la conciliación de los permisos de siembra y riego será fundamental (CONAGUA, 2008a).

Los volúmenes de agua destinados al uso sustentable se puede destinar tanto al uso ambiental o para satisfacer las demandas por incremento poblacional o actividades industriales y comerciales (CONAGUA, 2007).

4.5 Sistemas de Información Geográficos (SIG)

4.5.1 Definición

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta de software que permite almacenar, recuperar, analizar y desplegar información geográfica; de igual manera, integra operaciones comunes de bases de datos así como consultas y análisis estadístico, con el beneficio de la visualización y análisis geográfico que ofrecen los mapas.

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

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

4.5.2 Componentes de un SIG

Un SIG integra cinco componentes clave que son: hardware, software, datos, recursos humanos y métodos (Núñez et al. 2009).

- a) Hardware. Es el equipo de cómputo con el cual opera un SIG; de igual manera también lo hay para la captura de datos, para convertir información existente en papel en formato digital, así como otros para la localización de objetos.
- b) Software. Proporciona las herramientas y funciones necesarias para almacenar, analizar y desplegar información geográfica. Se compone de herramientas para la entrada y manipulación de información geográfica, un sistema de administración de base de datos, herramientas que soportan consultas, análisis y visualización de elementos geográficos y una interfaz gráfica con el usuario.
- c) Datos. Componente importante del SIG, los datos son elementos básicos que al ser interpretados en base a conocimientos se produce información.
- d) Recurso humano. Un SIG se ve limitado sin la gente que administre y opere el sistema. En un SIG intervienen personas desde el inicio del sistema, así como usuarios y administradores cuando el sistema está en operación.
- e) Métodos. Son los planes diseñados y las reglas a seguir; son modelos prácticos de operación únicos.

La Figura 4.5 lo muestra gráficamente:



Figura 4.5. Elementos de un SIG

Fuente: Núñez (2009)

4.5.3 Aplicación de los SIG en los Distritos de Riego

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

En el caso de la aplicación de los SIG en los Distritos de Riego pueden ser varios, Mejía (2007) destaca:

- Actualización de los Inventarios de Infraestructura Hidroagrícola.
- Revisión de padrones de usuarios.

- Cuantificación de la superficie establecida en un ciclo agrícola
- Control estricto de los avances del plan de riegos
- Dar seguimiento a los programas de conservación y manejo
- Seguimiento a los estudios técnicos de la Jefatura de Ingeniería de Riego y Drenaje
- Dar seguimiento al estado financiero de los productores con respecto al pago de sus cuotas, y
- Dar respuesta rápida a la solicitud de informes.

Carrillo (2009), desarrolla un Modelo de SIG del Distrito de Riego 014 Río Colorado, a partir de la información proporcionada por la CONAGUA, aunque sin realizar recorridos de campo para verificar esta información. Las capas de información que integran al modelo son: límites de los 22 Módulos de Riego, límites de los Ejidos, Colonias y Pequeña Propiedad, red de canales y red de drenaje.

A partir del Modelo de SIG integra la información obtenida de la aplicación de entrevistas directas a 319 usuarios de riego. El análisis espacial se realizó para 6 preguntas claves utilizando el método del inverso del cuadrado de la distancia generando mapas temáticos para indicadores del uso del agua en el Distrito de Riego 014. Los indicadores que utilizó fueron: lámina aplicada, longitud de la tirada de riego, hectáreas regadas en 24 horas, número de regadores por parcela, grado de nivelación del terreno y nivel económico del usuario del riego.

Este mismo autor indica que la integración de la información proporcionada por los agricultores permite una mejor comprensión del uso del agua en el Distrito de Riego 014, así como de la distribución espacial de las prácticas en el uso del agua. Así mismo, recomienda que se integre al Modelo de SIG las prácticas de cultivo, el patrón de cultivo y las eficiencias en el uso del agua a nivel de parcela para estar en capacidad de desarrollar acciones para un mejor uso del agua de riego. Se indica también la necesidad de realizar el monitoreo de la salinidad, abatimiento del acuífero y problemas de drenaje.

4.5.4 Fundamentos de la Agricultura de precisión

El concepto de agricultura de precisión como el conjunto de técnicas orientado a optimizar el uso de los insumos agrícolas (semillas, agroquímicos y correctivos) en función de la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola.

La tecnología no consiste solamente en medir la variabilidad existente en el área, sino también en la adopción de prácticas administrativas que se realicen en función de esa variabilidad. No es una novedad la observación de la existencia de variabilidad en las propiedades o factores determinantes de la producción en los agroecosistemas, lo que es diferente, en realidad, es la posibilidad de identificar, cuantificar y mapear esa variabilidad. Más aun, es posible georreferenciar y aplicar los insumos con dosis variables en puntos o áreas de coordenadas geográficas conocidas. De esta forma, se definen prácticas agrícolas orientadas a sustituir la recomendación habitual de insumos con base en valores promedio, como ocurre en la agricultura tradicional, por una más precisa, con manejo localizado, que considera las variaciones del rendimiento en toda el área.

En la Figura 4.6 se muestran las 3 etapas de la agricultura de precisión: Recolección de datos, Interpretación de la información y Aplicación de dicha información.



Figura 4.6. Etapas de la agricultura de precisión

Fuente: AGCO (2005)

4.5.5 La agricultura de precisión posible en México

Debido al proceso de transferencia de los Distritos de Riego del Gobierno Federal a los propios usuarios de riego, aunado al adelgazamiento del número de técnicos en los Distritos de Riego, se tiene una serie de actividades relacionadas al manejo de los mismos, que no se están cumpliendo, debido a la falta de personal en la CONAGUA y a la falta de interés de los usuarios (Mejía et al. (2003b), Exebio et al. (2009)).

Así, para contar con los elementos necesarios para desarrollar estrategias para un uso eficiente y sustentable del agua en los Distritos de Riego, es necesario el realizar un diagnóstico preciso de las condiciones actuales. Sin embargo, parte de la problemática actual en los Distritos de Riego es no contar con información confiable para precisar las acciones estructurales y no estructurales que se requieren en los mismos (Ortega et al. (2009), Palacios et al. (2002)).

Mejía y Hernández (2010) indican que, ante la falta de personal técnico de la CONAGUA en los Distritos de Riego, y la falta de interés en las Asociaciones Civiles de Usuarios, es necesario el utilizar las tecnologías de la información, en particular los Modelos de SIG, las técnicas de percepción remota y el internet. El reto de la CONAGUA y de los propios usuarios es el realizar con un reducido número de técnicos, pero con tecnologías de frontera, las actividades que antes desarrollaban un número considerable mayor de personal.

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

El desarrollo de una agricultura empresarial y su interacción con la economía mundial globalizada, traerá como consecuencia la aparición de nuevas oportunidades de negocios para productos de alta calidad con un valor agregado importante y un

incremento en los niveles de producción de los sectores con mayor potencial productivo. En el futuro, tanto los factores económicos como la preocupación ambiental influenciarán fuertemente la tasa de adopción de las nuevas tecnologías agrícolas. En este contexto, los productores están forzados, y lo estarán aún más en el futuro, a planificar y controlar en detalle la operación de sus áreas de explotación agropecuaria.

Para tener éxito hoy en día, y debido a la infinidad de variables que se deben manejar, ya no basta la intuición o la habilidad para hacer buenos negocios. Los productores agropecuarios deben apoyarse cada vez más en técnicas computacionales y herramientas de decisión para mejorar su gestión empresarial, es decir, deben hacer un mayor y mejor uso de la información para tomar decisiones económica y ambientalmente adecuadas, en donde el manejo adecuado y sustentable del agua será la prioridad de estos sistemas de producción.

Las tecnologías de la información han sido conceptualizadas como la integración y convergencia de la computación, las telecomunicaciones y la técnica para el procesamiento de datos, sus principales componentes son: el factor humano, los contenidos de la información, el equipamiento, la infraestructura material, el software y los mecanismos de intercambio electrónico de información, los elementos de política y regulaciones y los recursos financieros.

El actual avance tecnológico, tanto en el campo de los microprocesadores y componentes electrónicos, así como en los sistemas de comunicaciones miniaturizados y software de programación, han conducido al desarrollo de diversas soluciones que permiten evaluar, analizar y procesar importantes volúmenes de información ya sea en tiempo real o como post proceso, para hacer un manejo de precisión de las explotaciones agrícolas.

Para la toma de decisiones de manejo en el sector agropecuario, en las condiciones actuales de cambio acelerado, se requieren una base de información amplia y sistematizada y métodos mas rápidos para la colección de información y la

interpretación requerida para la tomar decisiones sobre manejo de los sistemas agropecuarios o cambios de uso de los recursos disponibles.

Las políticas para el sector agropecuario deben iniciarse de abajo hacia arriba, primero deben partir de las percepciones y necesidades y objetivos de los productores y segundo deben basarse en la sistematización de los conocimientos de manejo que ellos tienen (suelos, disponibilidad de agua, infraestructura e insumos, sistemas de producción, políticas existentes, el conocimiento de los expertos y la tecnología disponible). En la Figura 4.7 se presenta el diagrama de una propuesta para el Incremento de la productividad y competitividad del campo mexicano en un desarrollo sustentable del sector agroalimentario.

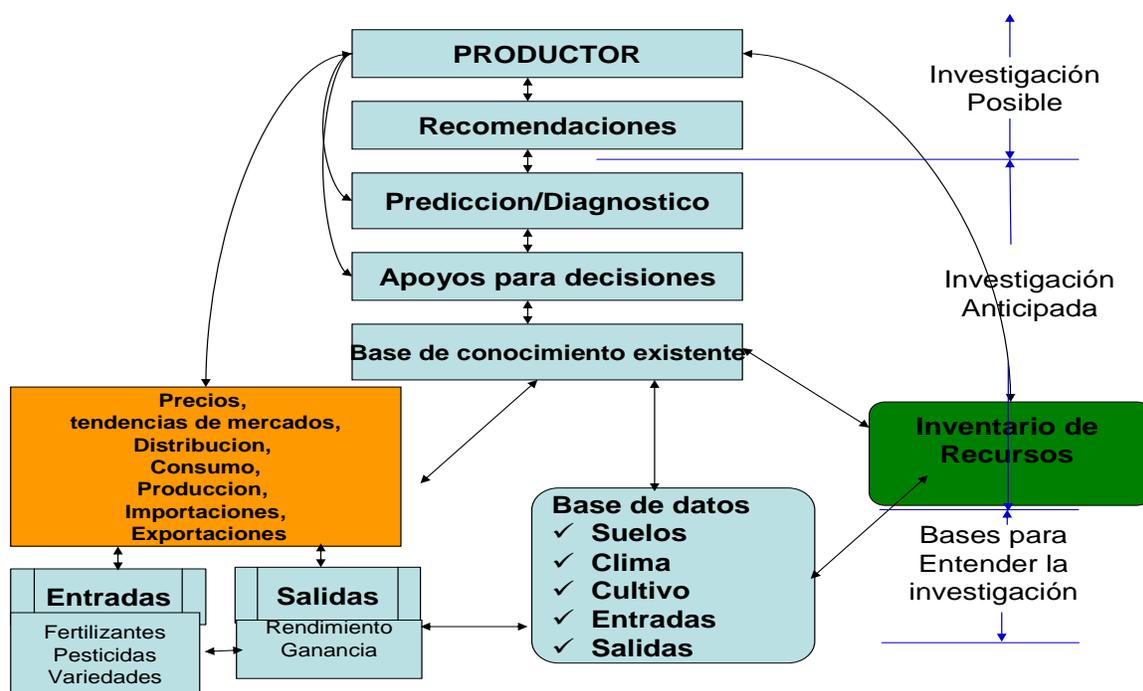


Figura 4.7. Metodología para el incremento de la productividad y competitividad del campo mexicano en un desarrollo sustentable del sector agroalimentario.
Fuente: Mejía (2007)

Esta metodología presenta un alto grado de complejidad, al integrar factores del medio físico (suelo y clima), medio biológico (plagas, enfermedades), de manejo (insumos, tipo de cultivos, manejo del sistema agropecuario, etc.) y socioeconómico (precios de insumos, precios de cosechas, mercados, etc.), todo esto bajo las condiciones de disponibilidad y preservación del agua en cantidad y calidad.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se realizó un diagnóstico integral del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C. y Son. Este diagnóstico propone una metodología que parte de generar toda la información requerida, así como la opinión de los propios usuarios y técnicos del Distrito de Riego, incorporándolas a una plataforma de Modelo de SIG apoyado en técnicas de percepción remota y técnicas de participación social.

5.1 Materiales

Los materiales utilizados para la realización de este trabajo se indican a continuación:

- Información estadística del Distrito (Estadística Agrícola, Informes de Distribución de Aguas, Inventarios de Obras, etc.)
- Estudios previos en el Distrito de Riego 014 Río Colorado
- Encuestas a usuarios para medir el grado de satisfacción (Ver Anexo 1).
- Microsoft Office (Word y Excel)
- Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y cámara fotográfica para el geoposicionamiento de la infraestructura hidroagrícola y verificar el estado actual en que se encuentra la infraestructura hidroagrícola.
- ArcView 3.2 como software para el desarrollo del Modelo de Sistema de Información Geográfica.
- Imágenes del Satélite SPOT, pancromáticas con una resolución de 2.5 m correspondientes al área del Distrito de Riego 014 Río Colorado, con escala similar a las ortofotos 1:20,000 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

5.1.1 Características generales del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C. y Son.

El Distrito de Riego 014 Río Colorado es uno de los más grandes distritos de riego en el noroeste de México. Se localiza en el extremo noroeste de la República Mexicana; en la porción noreste del Estado de Baja California y noroeste de Sonora. Políticamente, comprende los Municipios de Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora; cerca de la frontera con los Estados Unidos de América (EUA). Ubicado a una altura promedio de 25 msnm. Figura 5.1.



Figura 5.1. Ubicación del Distrito de Riego 014 Río Colorado

Comprende una superficie física total de 328,000 hectáreas, de las cuales 250,000 forman el Distrito compactado, donde se encuentran las obras de infraestructura hidroagrícola. Cuenta con una superficie de 210,000 ha que pertenece a 16,500 usuarios registrados en el Padrón de Usuarios del Distrito aproximadamente.

5.1.2 Operación del Distrito de Riego 014 Río Colorado

La operación del Distrito de Riego comprende cuatro funciones:

- a) La distribución del agua de riego
- b) La conservación y mantenimiento de las obras
- c) El Asesoramiento al usuario para una aplicación eficiente del riego y en la construcción de obras de drenaje, cuando sea necesario, para la prevención o combate de los problemas debido al empantanamiento y salinidad
- d) Trabajo administrativo

El objetivo básico de una eficiente operación de un Distrito de Riego será: Obtener el mayor rendimiento posible de los cultivos regados mediante un uso eficiente y racional de los recursos agua, tierra, humanos y económicos con un costo mínimo de operación.

5.1.3 Información hidrológica

La principal fuente de abastecimiento es el Río Colorado que de acuerdo al tratado de 1944 firmado con los Estados Unidos, le corresponden a México en condiciones normales 1,850.234 Millones de m³ anuales de los cuales se reciben 1,677.5 Millones de m³ por el punto denominado lindero norte localizado aguas arriba de la presa Morelos y 172.734 Millones de m³ por el punto denominado lindero sur o Canal Sánchez Mejorada el cual se localiza en San Luis Río Colorado Sonora, frontera con San Luis Arizona en Estados Unidos. En caso de existir excedentes se le asigna a México 2,096 Millones de m³.

En la Figura 5.2 se aprecia que en los últimos años México ha recibido volúmenes superiores a los del Tratado Internacional, sin embargo, también se aprecia que éstos han ido disminuyendo, por lo que se debe hacer un manejo más eficiente del recurso hídrico debido a que la tendencia es que el volumen recibido sea sólo el del Tratado.

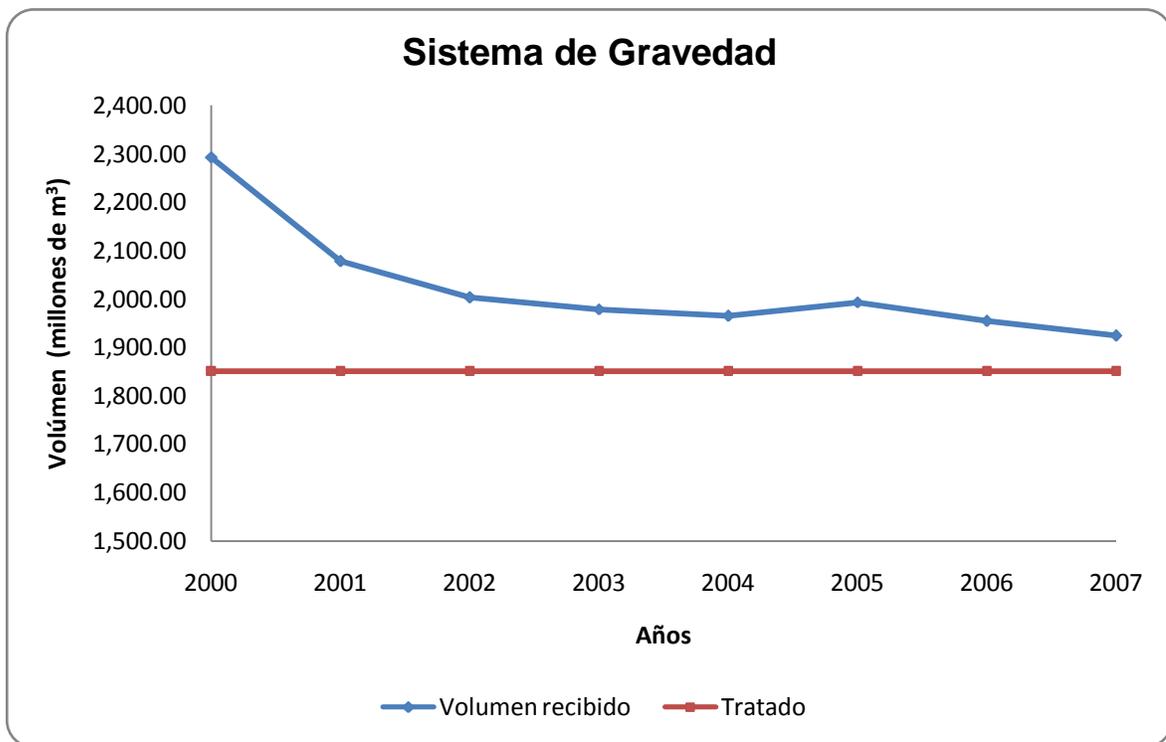


Figura 5.2. Volumen recibido en el Sistema de Gravedad

Además se cuenta con volúmenes del subsuelo teniendo dos zonas de explotación. La zona Antigua ubicada al noreste del valle de Mexicali y norte del valle de San Luis Río Colorado Sonora de la cual se pueden extraer 700 millones de metros cúbicos anuales de los cuales 500 millones son para pozo federal y 200 millones para pozo particular.

En la Mesa Arenosa de San Luis Río Colorado Sonora se localiza al este de la ciudad una batería de 67 pozos para extraer 200 millones de metros cúbicos para el uso urbano de las ciudades de san Luis, Mexicali, Tecate, Tijuana y Ensenada.

En la Figura 5.3 se muestra que el volumen extraído del sistema de pozos federales supera al volumen concesionado, ya que en el periodo en cuestión siempre ha estado por arriba de los 500 Millones de m³, por otro lado, el volumen extraído en pozos particulares ha permanecido por abajo del volumen concesionado, sin embargo, se aprecia la tendencia en los últimos años agrícolas a incrementarse.

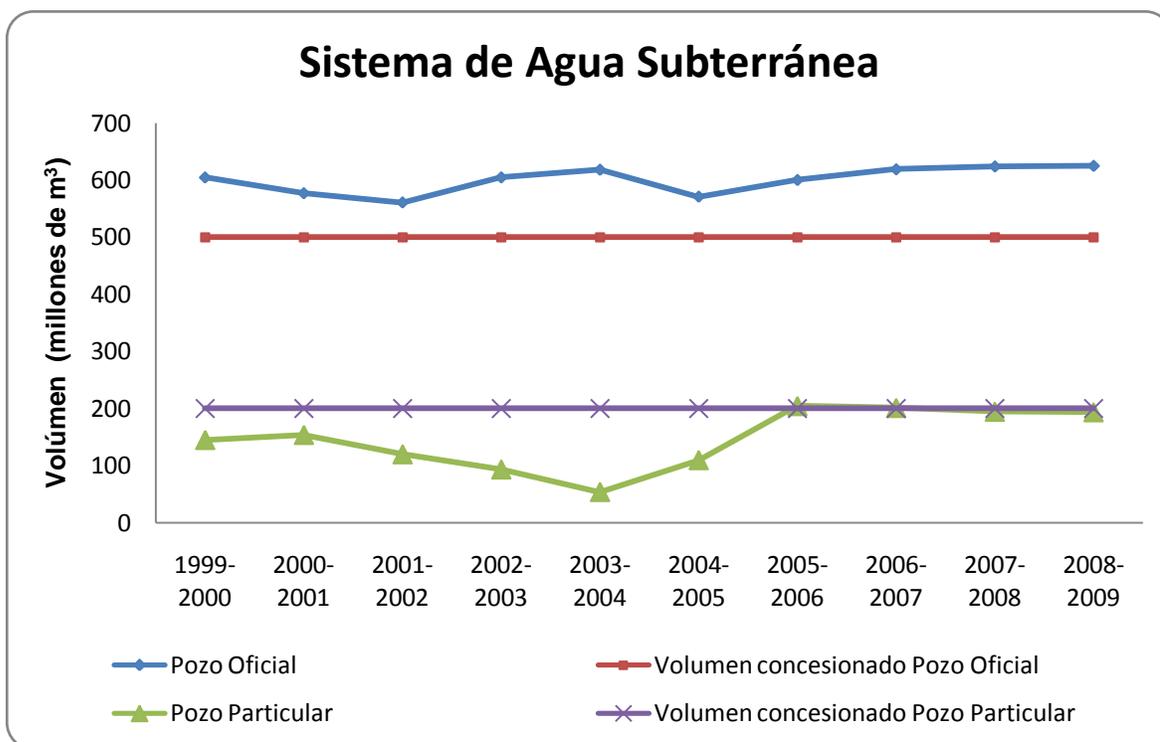


Figura 5.3. Volumen extraído del subsuelo del ciclo 1999-2000 al 2008-2009

En el Cuadro 5.1 se muestran los títulos de concesión de los 22 módulos del Distrito de Riego, así como su volumen concesionado de agua superficial y subterránea. Nótese que aún sigue vigente el título de concesión del módulo 13, el cual se desintegró y ahora esos volúmenes están distribuidos entre los módulos 15 y 16.

Cuadro 5.1. Títulos de concesión en los módulos del DR 014 Río Colorado

Título	Titular	Superficial (miles de m ³)	Subterránea (miles de m ³)	Total (miles m ³)
01BCA401401/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 1, Margen Izquierda del Rio Colorado, A. C.	84,763.00	25,917.99	110,680.99
01BCA401402/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 2, Margen Izquierda del Rio Colorado, A. C.	43,717.00	13,367.47	57,084.47
01BCA401403/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 3, Margen Izquierda del Rio Colorado, A. C.	75,436.00	23,066.14	98,502.14
01BCA401404/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 4 Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	85,337.00	26,093.50	111,430.50
01BCA401405/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 5 Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	82,862.00	25,336.92	108,198.92
01BCA401406/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 6, Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	52,952.00	16,191.12	69,143.12
01BCA401407/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 7 Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	61,978.00	18,951.14	80,929.14
01BCA401408/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 8 Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	75,908.00	23,210.47	99,118.47
01BCA401410/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 10 Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	117,460.00	35,915.75	153,375.75
01BCA401411/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 11 Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	83,312.00	25,474.28	108,786.28
01BCA401412/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 12 Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	85,235.00	26,062.28	111,297.28
01BCA401413/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 13 Margen Derecha del Rio Colorado	67,349.00	20,593.40	87,942.40
01BCA401414/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 14 Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	77,223.00	23,612.68	100,835.68
01BCA401415/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 15, Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	87,917.00	26,882.44	114,799.44
01BCA401416/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 16, Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	58,222.00	17,802.60	76,024.60
01BCA401417/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 17 Margen Derecha Rio Colorado, A. C.	81,261.00	24,847.50	106,108.50
01BCA401418/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 18, Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	70,005.00	21,405.57	91,410.57
01BCA401419/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 19, Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	75,660.00	23,134.77	98,794.77
01BCA401420/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 20, Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	46,523.00	14,225.34	60,748.34
01BCA401421/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 21, Margen Izquierda del Rio Colorado, A. C.	59,101.00	18,071.34	77,172.34
01BCA401422/07ATGC00	Usuarios del Módulo No. 22, Margen Izquierda del Rio Colorado, A. C.	44,323.00	13,552.68	57,875.68
01BCA401423/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 9-A Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	59,081.00	18,065.29	77,146.29
01BCA401424/07ATGC00	Usuarios del Modulo No. 9 Bis Margen Derecha del Rio Colorado, A. C.	59,586.00	18,219.57	77,805.57
	Total	1,635,211.00	500,000.23	2,135,211.23

5.1.4 Información meteorológica

Para determinar el clima de la región se utilizó la Estación No. 008 Estación Delta, debido a que se encuentra en la parte central del Distrito de Riego, además de poseer un registro histórico de datos superior a los 30 años, necesarios para caracterizar un clima. De acuerdo al Sistema de Clasificación Climática de Köppen modificado por García (1964), en el área de influencia del Distrito de Riego 014 Río Colorado el clima predominante es un clima desértico seco extremoso Bw (h') h (x') (e'), con temperatura media anual superior a 22°C, la del mes más frío de 14.1°C, régimen de lluvias en invierno con precipitación menor de 36 mm con oscilación anual de temperaturas medias mensuales entre 14.1 y 33.3 °C, lo que significa una variación de 19.2 °C, Figura 5.4.

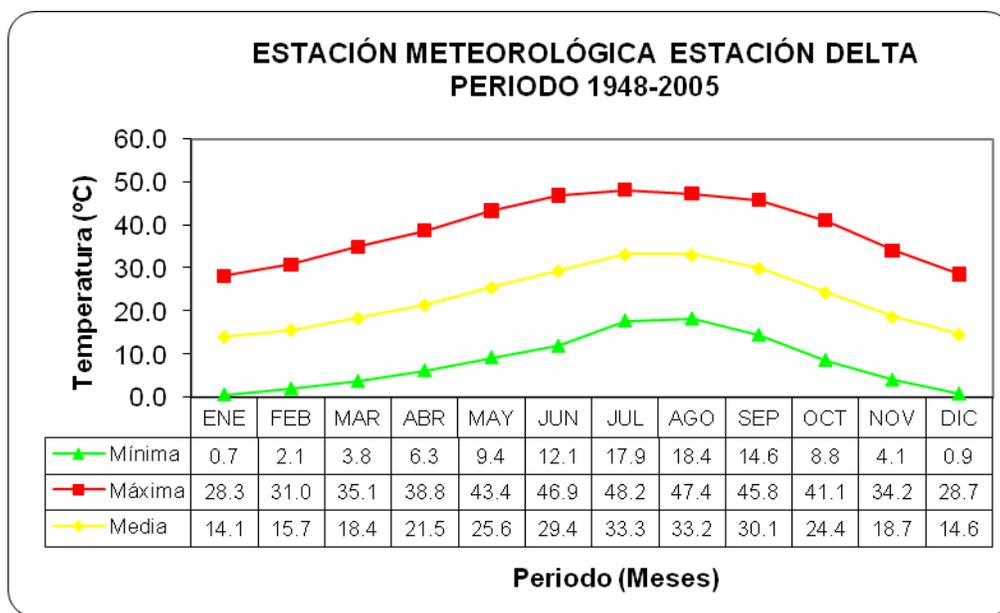


Figura 5.4. Temperaturas de la estación No.008 Estación Delta

En la Figura 5.5 se muestra el balance hídrico en la estación No. 008 Estación Delta, en la cual se aprecia claramente la necesidad de riego en los cultivos, debido a que la evapotranspiración es muy alta comparada con la precipitación.

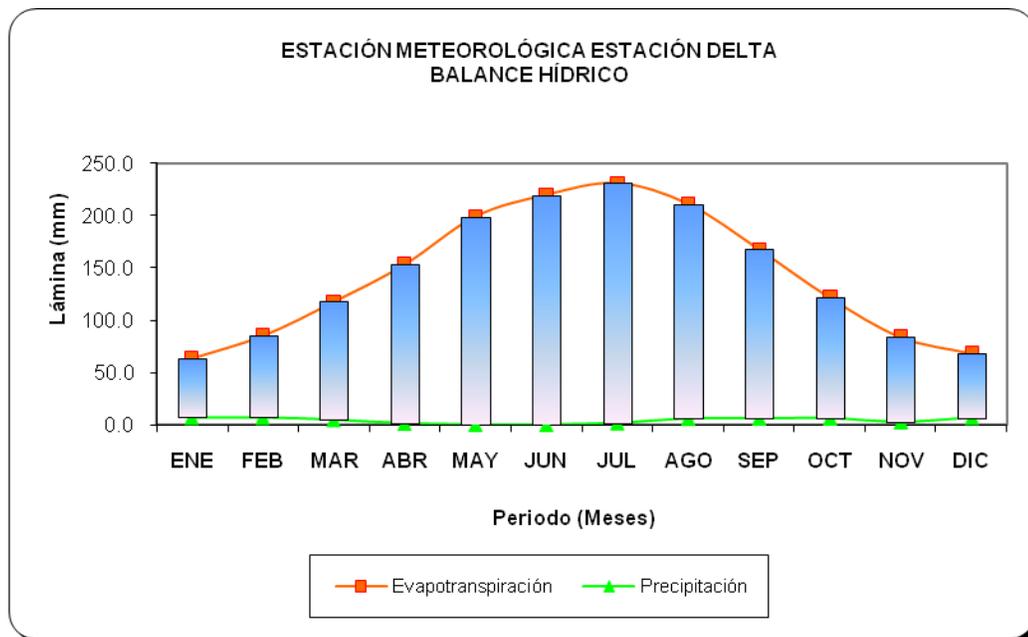


Figura 5.5. Balance hídrico de la estación No.008 Estación Delta

5.1.5 Información de suelos

El valle de Mexicali conjuntamente con el Valle Imperial en territorio americano, constituyen la región del Delta del Río Colorado y en ella se observan unidades fisiográficas, como planicies, terrazas y el macizo montañoso de la Sierra Cucapá, los suelos por su formación en su mayor parte son aluviales y tienen su origen en los grandes volúmenes de material en suspensión que trajeron consigo las avenidas del Río Colorado y que fueron depositado en su delta; como en la mayoría de los distritos de riego costeros, son suelos profundos y presentan pendientes suaves hacia el mar, en este caso hacia el Golfo de California y hacia la zona norponiente, la ciudad de Mexicali.

En 1966, en el Distrito de Riego se hizo un estudio agrológico y a partir de éste se definieron las series de suelo presentes en el mismo. En el Cuadro 5.2 se muestran las seis series identificadas, la superficie que ocupa cada una en el distrito de riego y la textura predominante en la serie; asimismo se indica la superficie que en ese momento eran barrancos, dunas, conocidas éstas también localmente como morros, que en realidad son montículos con predominancia textural de arena y se estimó el área ocupada por poblados y por la ciudad de Mexicali, para totalizar una superficie de

327,000 ha; cabe hacer notar que en aquella época la superficie con derechos de riego registrada en el padrón de usuarios del distrito era de 203,400 ha, Figura 5.6.

Cuadro 5.2. Series de suelo en el DR 014 Río Colorado

Serie	Superficie (ha)	%	Textura
Imperial	45,800	14.0	Arcillosos
Gila fase pesada	142,940	43.7	Medios arcillosos
Gila fase ligera	104,920	32.1	Medios o migajones
Holtville	13,290	4.1	Pesados o arcillosos
Meloland	1,020	0.3	Medios arenosos
Supertition	430	0.1	Ligeros arenosos
Dunas y Barrancos	8,850	2.7	
Poblados	4,620	1.4	
Ciudad de Mexicali	5,150	1.6	
Total	327,020	100.0	

Fuente: Distrito de Riego 014, Río Colorado, CONAGUA (1966)

Se puede observar que las series predominantes en el distrito son en orden de tamaño, la Gila fase pesada que ocupa casi 143,000 ha, la Gila fase ligera con 105,000 ha y la Serie Imperial con casi 46,000 ha que representa aproximadamente el 90 por ciento de la superficie considerada en el estudio. Los suelos clasificados por su textura como migajón limoso se localizan preferentemente en las zonas por las que tradicionalmente derivó el Río Colorado e hizo la mayor parte de los depósitos del material suspendido y acarreado con sus avenidas y como ya se mencionó antes, entrando a México por la zona noreste del distrito de riego y siguiendo la pendiente natural hacia el sur al Mar de Cortés y hacia el poniente siguiendo en forma paralela la línea internacional, Cuadro 5.3.

Cuadro 5.3. Textura, predominantes en el DR 014, Río Colorado

Textura	Serie	Superficie (ha)	%
Ligera	Gila fase ligera, Supertition	98,845	39.5
Media	Gila fase Pesada, Meloland	110,607	44.3
Pesada	Imperial, Holtville	40,548	16.2
Suma		250,000	100.0

Fuente: Distrito de Riego 014, Río Colorado, CONAGUA

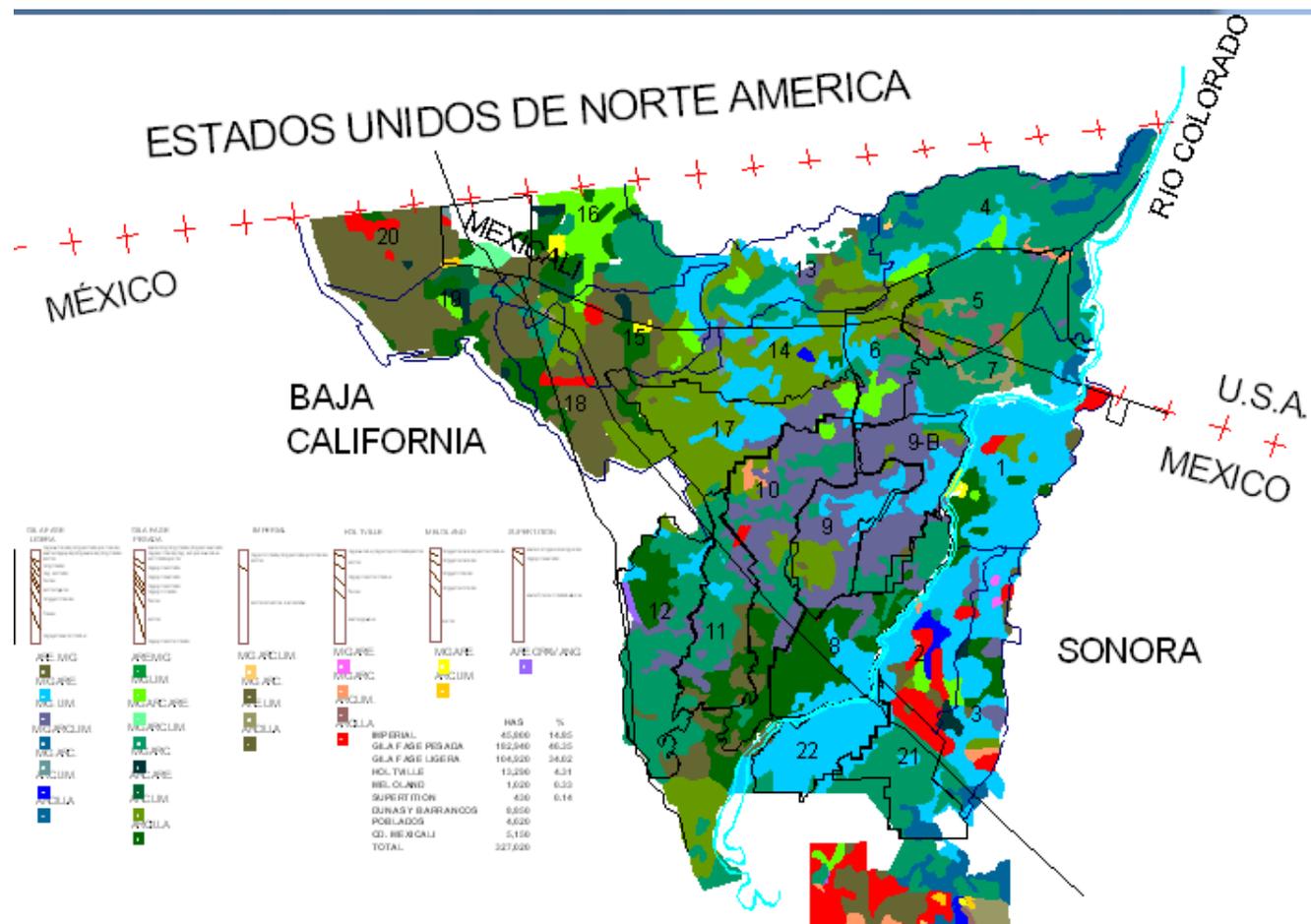


Figura 5.6. Series y tipos de suelos en el Distrito de Riego 014 Río Colorado
Fuente: Distrito de Riego 014, Río Colorado, CONAGUA (1966)

5.1.6 Red de Distribución y puntos de control del Distrito de Riego 014 Río Colorado

De la red de conducción del Distrito de Riego, la CONAGUA tiene bajo su cargo canales dentro de la Obra de cabeza, dichos canales corresponden a 147.616 Km, de los cuales 139.916 Km están revestidos. Por su parte, la Sociedad de Responsabilidad Limitada tiene bajo su cargo la Red Mayor de los canales dentro del Distrito, dicha Red tiene una longitud de 292.552 Km, de los cuales, 206.192 Km están revestidos, Cuadro 5.4 y Figura 5.7.

Cuadro 5.4. Obra de Cabeza y Red Mayor del DR 014 Río Colorado

A cargo de	Longitud de canales revestidos (km)	Longitud de canales sin revestir (Km)	Total
CONAGUA	139.916	7.7	147.616
SRL	206.192	86.36	292.552
Total	346.108	94.06	440.168



Figura 5.7. Red de canales principales

En el cuadro 5.5 se muestra que por su parte, en la red de distribución, concesionada a los 22 módulos que integran al Distrito de Riego se cuenta con una red de canales secundarios cuya longitud total es de 2,239.38 km, de los cuales se encuentran revestidos 1,917.27 Km, 311.44 Km son canales en tierra y 10.67 Km son entubados, Figura 5.8.

Cuadro 5.5 Red de canales secundarios en los Módulos del DR 014, Río Colorado.

Módulo	Longitud de canales revestidos (Km)	Longitud de canales sin revestir (Km)	Longitud de canales entubados (Km)	Total (Km)
Módulo 1	82.86	7.06	6.13	96.05
Módulo 2	58.34	0.00	0.00	58.34
Módulo 3	104.01	0.00	0.00	104.01
Módulo 4	77.09	26.73	0.00	103.82
Módulo 5	44.81	29.84	0.80	75.44
Módulo 6	35.76	27.10	3.42	66.27
Módulo 7	64.07	20.00	0.00	84.07
Módulo 8	126.31	0.00	0.00	126.31
Módulo 9-A	109.04	0.00	0.00	109.04
Módulo 9-B	69.29	2.67	0.00	71.96
Módulo 10	136.12	0.00	0.00	136.12
Módulo 11	91.12	0.00	0.00	91.12
Módulo 12	120.68	0.00	0.00	120.68
Módulo 14	128.34	0.00	0.00	128.34
Módulo 15	132.60	13.09	0.33	146.02
Módulo 16	163.48	0.00	0.00	163.48
Módulo 17	107.94	0.00	0.00	107.94
Módulo 18	40.10	54.10	0.00	94.20
Módulo 19	35.26	44.04	0.00	79.30
Módulo 20	18.74	77.15	0.00	95.89
Módulo 21	86.56	2.73	0.00	89.30
Módulo 22	84.77	6.93	0.00	91.70
Total	1,917.27	311.44	10.67	2,239.38



Figura 5.8. Red de canales secundarios en el Distrito de Riego 014

En el Cuadro 5.6 se muestran los puntos de control con los que cuenta el Distrito de Riego en los diferentes módulos. Nótese que en este cuadro aun se considera el módulo 13, el cual, después fue dividido y la superficie que dominaba se integró a los módulos 15 y 16.

Cuadro 5.6. Puntos de Control en los Módulos del DR 014 Río Colorado

Número de módulo	Puntos de control
1	22
2	36
3	83
4	20
5	17
6	17
7	29
8	4
10	49
11	33
12	2
13	42
14	9
15	5
16	54
17	37
18	27
19	48
20	1
21	3
22	2
9-A	4
9-B	35
Total	579

5.1.7 Tenencia de la tierra

En el Cuadro 5.7 se presenta la estratificación de la tenencia de la tierra en el Distrito de Riego, superficie física y usuarios.

Cuadro 5.7. Tenencia de la tierra en el DR 014 Río Colorado.

Nivel	Estrato	Usuarios					Superficie				
		Ejidal	Colonia	Peq. Prop.	Total	(%)	Ejidal	Colonia	Peq. Prop.	Total	(%)
A	SP ≥ 100	4.00	1.00	5.00	10.00	0.08	898.94	157.00	1,560.32	2,616.26	1.28
B	100 > SP ≥ 50	4.00	4.00	19.00	27.00	0.21	316.75	281.68	1,269.50	1,867.93	0.92
C	50 > SP ≥ 20	284.00	54.00	298.00	636.00	4.88	7,136.19	1,353.70	8,468.16	16,958.06	8.31
D	20 > SP ≥ 10	5,497.00	691.00	2,157.00	8,345.00	64.09	107,392.47	11,967.90	37,276.25	156,636.62	76.77
E	10 > SP ≥ 5	932.00	303.00	1,113.00	2,348.00	18.03	8,556.00	2,549.14	9,785.54	20,890.67	10.24
F	5 > SP ≥ 2	260.00	166.00	546.00	972.00	7.46	1,062.38	680.25	2,305.66	4,048.29	1.98
G	SP ≤ 2	136.00	123.00	424.00	683.00	5.25	223.71	180.38	614.36	1,018.45	0.50
TOTAL		7,117.00	1,342.00	4,562.00	13,021.00	100.00	125,586.43	17,170.04	61,279.80	204,036.27	100.00

De acuerdo con el Cuadro, el ejido representa el 54.66% de los usuarios en el Distrito, seguido por la pequeña propiedad con un 35.04% y finalmente la colonia que significa el 10.30% restante. Ahora bien, tomando en cuenta la superficie por tipo de tenencia, el ejido representa el 61.55% de la superficie del Distrito, seguido de un 30.03% de la pequeña propiedad y el 8.42% restante corresponde a la colonia.

De igual forma, se observa que la mayoría de los usuarios del Distrito (64.09%) se encuentra ubicados en parcelas de 10 a 20 ha de superficie, representando el 76.77% de los usuarios registrados en el padrón.

Por otro lado, en la Figura 5.9 se muestra que la parcela media por tipo de tenencia de la tierra es de 17.65 ha en el ejido, 13.43 ha en la pequeña propiedad y 12.79 ha en el tipo de tenencia de colonia.

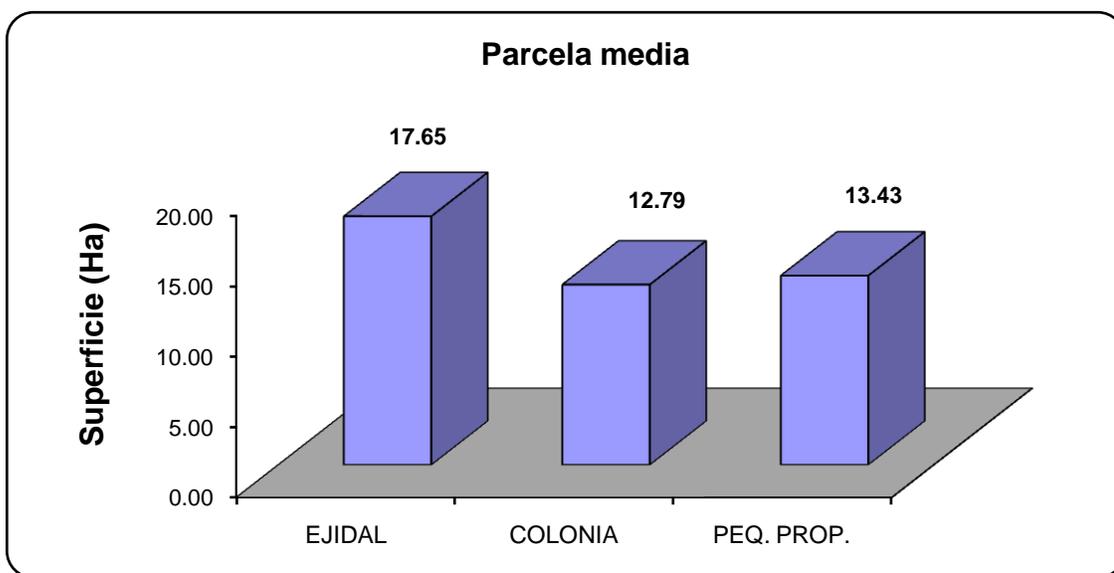


Figura 5.9. Parcela media en el Distrito de Riego 014

En el Cuadro 5.8, del análisis del padrón de usuarios se refleja que los usuarios agrícolas son los más importantes dentro del Distrito, los cuales representan el 97% de los usuarios y el 98% de la superficie bajo riego.

Cuadro 5.8. Tipo de Usuario en el DR 014 Río Colorado

Tipo de Usuario	Número de Usuarios	Superficie física (ha)	Superficie de riego (ha)
Ejidatario	9,503	129,603.06	125,586.43
Colono	1,481	19,217.57	17,170.04
Pequeño Propietario	5,313	65,621.35	61,279.80
Doméstico	2	9.00	9.00
Industrial	35	767.31	736.32
Público-Urbano	6	48.00	48.00
Ejidatario fuera del Distrito	62	977.13	670.34
Pequeño Propietario fuera del Distrito	64	1,585.80	693.21
Otros	319	2,424.35	2,356.82
Total	16,785	220,253.55	208,549.96

5.1.8. Sistema de Riego

Respecto a los diversos sistemas de riego en el Distrito, el sistema de gravedad es el que posee más superficie bajo riego, con aproximadamente el 66% de la superficie bajo riego del Distrito, equivalente a 137,359 ha, Figura 5.10.

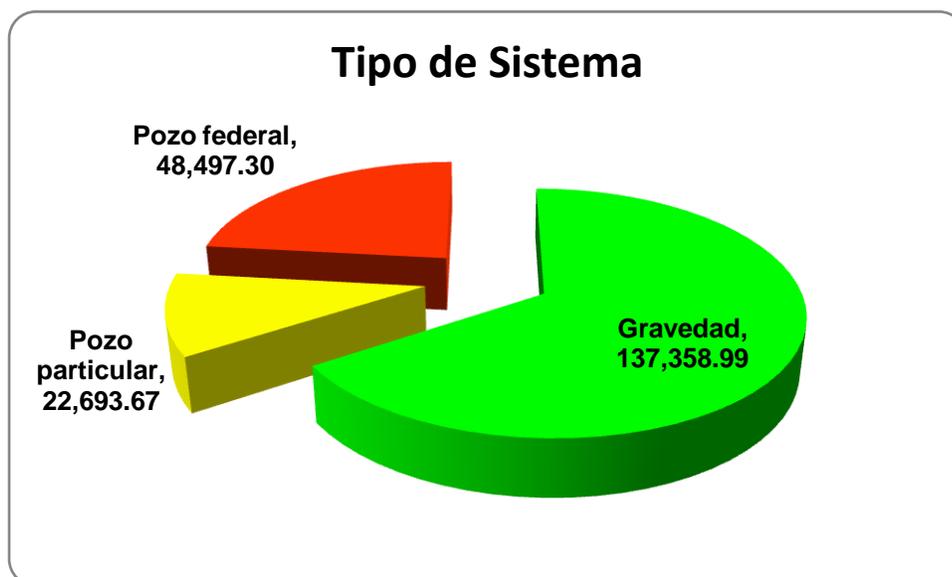


Figura 5.10. Tipo de Sistema en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

5.1.9 Producción agrícola

5.1.9.1 Superficies

En el periodo comprendido entre 1999-2009 en promedio se establecieron 201,869 ha en todo el Distrito, incluyendo los tres sistemas: gravedad, pozos federales y pozos particulares. De ésta superficie, el subciclo más importante es el otoño-invierno, que representa más del 50% de la superficie bajo riego; el subciclo de perennes representa un 18.9% y primavera-verano un 18.6%, Figura 5.11.

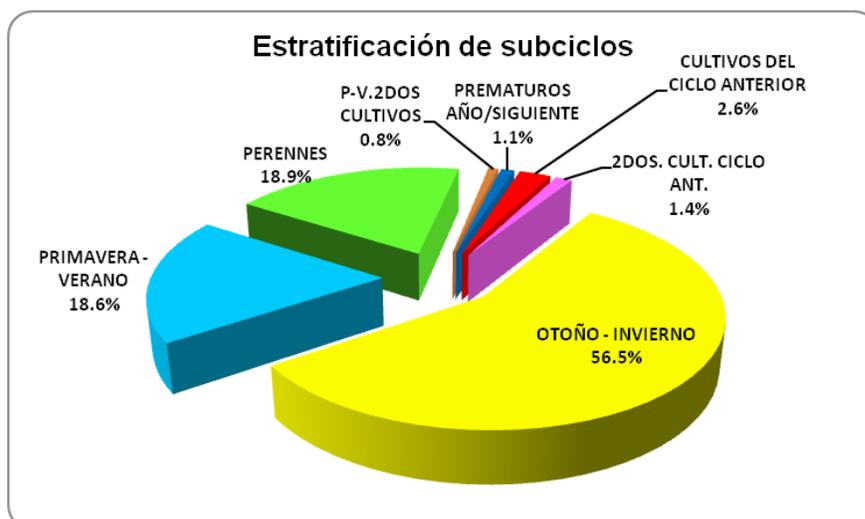


Figura 5.11. Estratificación de subciclos agrícolas en el DR 014 Río Colorado

El subciclo otoño-invierno es el más importante dentro del Distrito, con aproximadamente 114, 000 ha, los subciclos primavera-verano y perennes prácticamente están a la par, respecto a la superficie establecida con valores cercanos a las 40, 000 ha en cada uno de ellas, Figura 5.12.

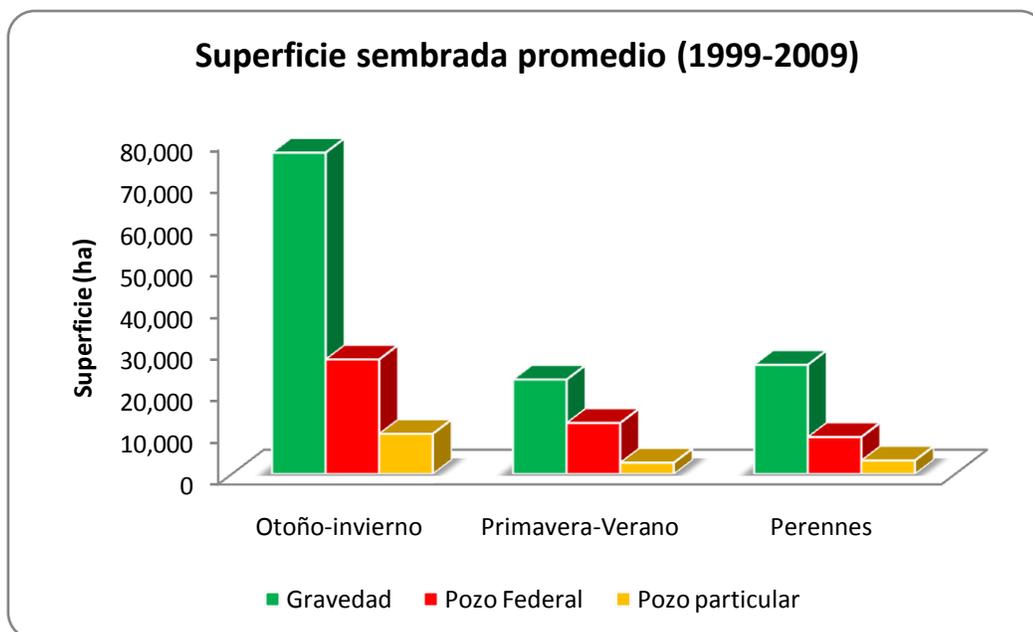


Figura 5.12. Superficie promedio en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

En el Cuadro 5.9 se muestran las superficies promedio establecidas en el periodo de 1999-2009 en el Distrito de Riego.

Cuadro 5.9. Superficie promedio por cultivo a nivel DR 014 Río Colorado

Cultivos	Superficie Sembrada (ha)										Promedio
	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	
Otoño - Invierno											
Cártamo	3,999	1,423	2,529	3,491	3,379	3,575	2,600	2,231	591	262	2,408
Cebada	324	1,204	2,319	2,868	1,580	553	223	475	337	190	1,007
Hort.(cebollín)	4,387	4,653	4,944	5,393	7,301	4,909	5,944	4,237	5,667	4,808	5,224
Rye Grass	5,569	5,617	5,188	5,266	5,910	4,771	4,537	4,933	5,006	3,789	5,059
Trigo	90,741	84,075	81,391	89,382	96,802	93,838	88,385	94,667	99,516	104,535	92,333
Varios	7,238	7,091	6,238	7,061	7,185	7,761	10,381	8,935	10,184	8,598	8,067
Subtotal	112,258	104,063	102,609	113,461	122,157	115,407	112,070	115,478	121,301	122,182	114,099
Primavera - Verano											
Algodonero	15,194	24,325	13,647	15,495	20,209	23,767	27,883	23,702	22,786	20,039	20,705
Sgo. grano temp.	1,536	857	1,471	1,118	575	953	213	335	183	107	735
Sgo. grano tard.	925	1,472	2,134	8,598	8,682	5,249	2,338	5,659	4,248	3,948	4,325
Sgo. forr. temp.	6,440	6,513	7,164	5,499	3,830	6,319	4,626	5,752	2,595	2,069	5,081
Sgo. Forr. tardío	1,223	1,401	1,011	2,226	2,032	3,358	4,762	4,952	4,646	5,116	3,073
Maíz temprano	961	240	381	160	233	185	110	162	134	76	264
Maíz tardío	891	639	480	856	465	509	488	402	359	392	548
Varios	1,879	3,176	2,510	3,803	3,996	2,511	3,389	2,326	2,556	2,508	2,865
Subtotal	29,049	38,623	28,798	37,755	40,022	42,851	43,809	43,290	37,507	34,255	37,596
Perennes											
Alfalfa	26,738	29,384	30,627	31,703	28,055	30,816	33,380	33,884	34,853	34,331	31,377
Esparrago	3,066	3,026	2,815	2,521	2,363	2,469	2,483	2,102	2,064	1,630	2,454
Vid	602	736	297	173	340	286	207	195	198	114	315
Frutales	805	860	914	784	688	680	654	578	651	465	708
Bermuda	3,907	3,852	3,565	2,852	2,220	2,469	2,349	2,812	2,854	3,842	3,072
Varios	134	180	222	236	243	240	295	525	639	545	326
Subtotal	35,252	38,038	38,440	38,269	33,909	36,960	39,368	40,096	41,259	40,927	38,252

Dentro del mismo periodo de análisis de 1999-2009 el cultivo más importante a nivel Distrito y en el subciclo otoño-invierno es el trigo, el cual cubrió una superficie promedio en el periodo en cuestión de 92, 333 ha; el segundo cultivo más importante en el Distrito es la alfalfa con una superficie de 31, 377 ha, convirtiéndolo en el cultivo más importante de los perennes y por último el algodónero es el tercer cultivo en importancia con una superficie de 20, 705 ha, siendo el cultivo más importante de los cultivos de los primavera-verano, Figura 5.13.

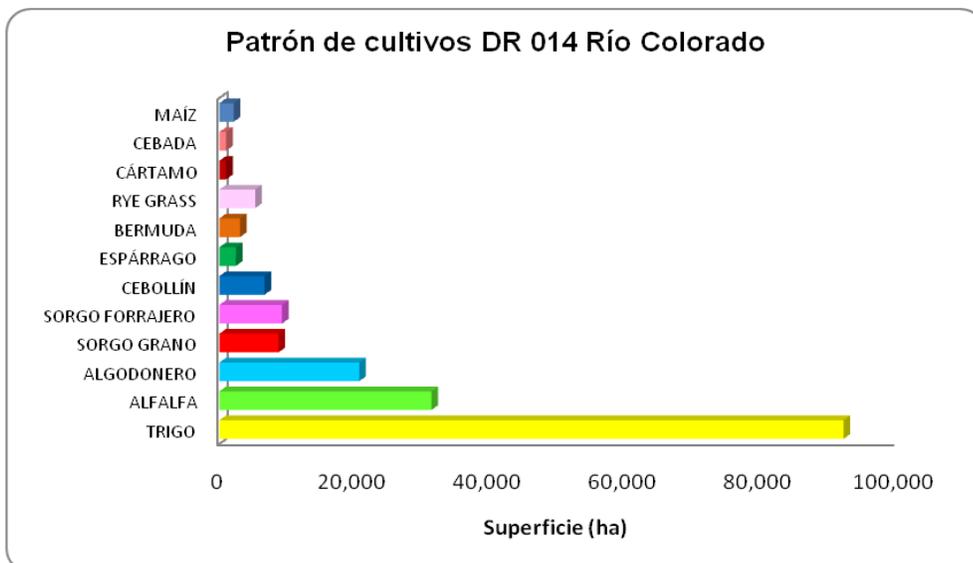


Figura 5.13. Patrón de cultivos en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

5.1.9.2 Volumen Bruto

En la Figura 5.14 se muestran el volumen bruto por subciclo agrícola y por sistema en el Distrito de Riego. Como se puede apreciar, el subciclo de otoño-invierno es el que más volumen dispone dada la superficie establecida con trigo. El subciclo de perennes no es menos importante en el Distrito, disponiendo de la mitad del volumen bruto total de cada uno de los sistemas.

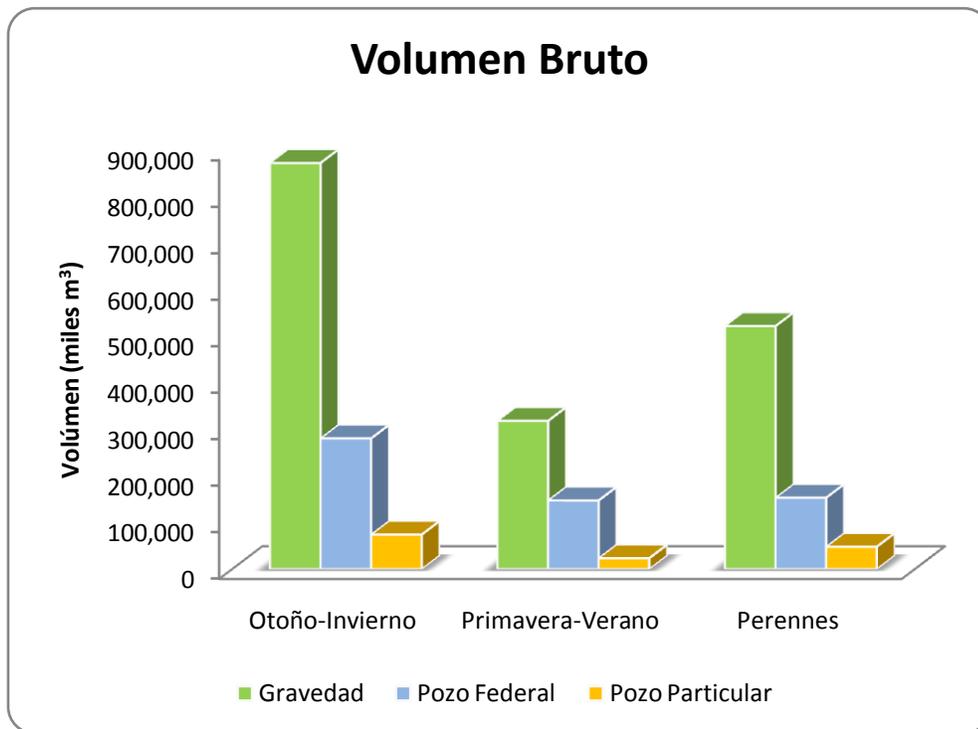


Figura 5.14. Volumen bruto por subciclo agrícola en el DR 014 Río Colorado

5.1.9.3 Volumen Neto

El volumen neto en el subciclo otoño-invierno es el que ocupa el primer lugar en cuanto a volumen requerido, esto por la superficie establecida dentro de este subciclo, el volumen neto requerido para riego es de 977, 566 miles de m³. En el caso de los perennes, es el subciclo que sigue en grado de importancia, debido a que son cultivos de alta demanda hídrica y que además están establecidos durante todo el año agrícola, siendo que el volumen neto es de 560, 609 miles de m³. Figura 5.15.

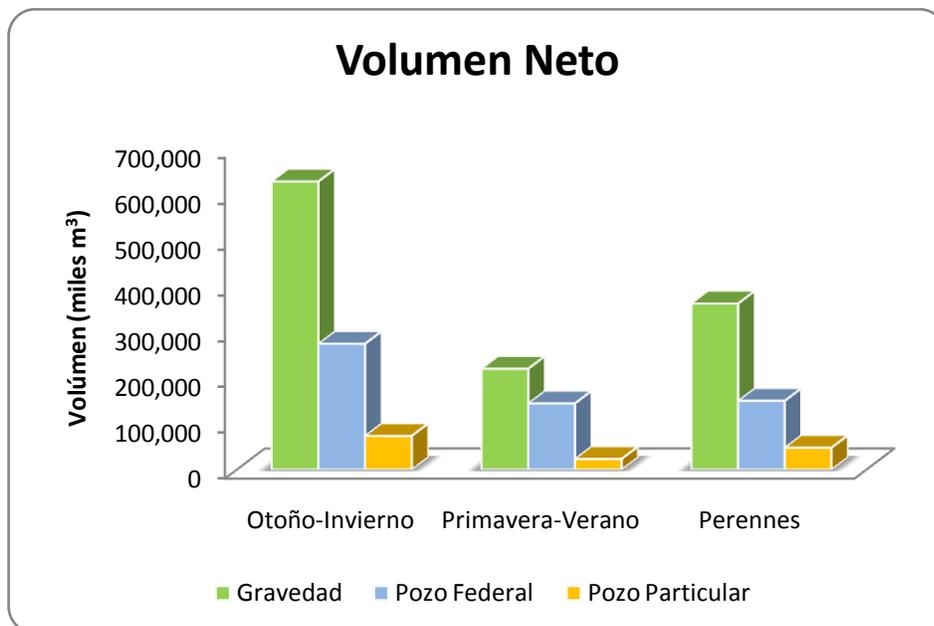


Figura 5.15. Volumen Neto promedio en el DR 014 Río Colorado

Cabe mencionar que en el caso concreto del Distrito de Riego 014, el uso agrícola no es el único usuario en el sistema, sobre todo en el caso del sistema de gravedad, ya que hay otros usos como lo son el doméstico, industrial, lavado de suelos y otros usos, los cuales también se tienen que considerar al momento de hacer los análisis hídricos de demandas de agua. Sobre todo cabe destacar al usuario de tipo doméstico, dado que el crecimiento de la población es un problema a considerar y que también reclama sus volúmenes de agua para llevar a cabo sus actividades sustanciales. Cuadro 5.10.

Cuadro 5.10. Volumen Neto promedio por cultivo en el DR 014 Río Colorado

Cultivos	Volumen Neto (miles m ³)			
	Sistema de Gravedad	Pozos Federales	Pozos Particulares	Total
Otoño - Invierno				
Cártamo	8,974	705	375	10,053
Cebada	6,841	206	84	7,132
Hort.(cebollín)	21,781	11,986	5,576	39,343
Rye Grass	36,545	754	30	37,329
Trigo	519,724	241,110	59,804	820,638
Varios	35,400	20,037	7,635	63,071
Subtotal	629,264	274,798	73,503	977,566
Primavera - Verano				
Algodonero	112,009	116,138	17,609	245,756
Sgo. grano temp.	4,189	1,769	298	6,255
Sgo. grano tard.	20,754	11,442	1,544	33,740
Sgo. forr. temp.	42,039	4,521	1,739	48,299
Sgo. forr. tard.	22,136	1,921	341	24,397
Maíz temprano	1,455	1,003	110	2,568
Maíz tardío	2,317	1,224	76	3,617
Varios	15,376	6,447	1,551	23,374
Subtotal	220,275	144,464	23,267	388,006
Perennes				
Alfalfa	305,584	125,974	39,845	471,404
Esparrago	19,775	19,279	5,365	44,418
Vid	1,381	1,084	1,237	3,703
Frutales	6,042	2,927	1,092	10,061
Bermuda	27,698	291	36	28,025
Varios	2,218	583	198	2,999
Subtotal	362,699	150,137	47,773	560,609
Usos				
I Para riego	1,232,864	581,678	145,262	1,959,804
II Lavado de suelos	91	0	0	91
III Domestico	220,657	23	0	220,680
IV Industrial	9,599	0	0	9,599
V Otros usos	22,473	6,160	629	29,262
VI S u m a	1,485,684	587,862	145,892	2,219,437
VII Fuera del Dto.	1,417	0	0	1,417
VIII T o t a l	1,487,101	587,862	145,892	2,220,854

5.1.9.4 Lámina Neta

En el Cuadro 5.11 se muestran las láminas netas promedio por sistema y por subciclo agrícola, producto de los Informes de Distribución de Aguas, en el periodo de análisis 1999-2009.

Cuadro 5.11. Lámina neta promedio por cultivo en el DR 014 Río Colorado

Cultivos	Lamina Neta (m)			
	Sistema de Gravedad	Pozos Federales	Pozos Particulares	Promedio
Otoño - Invierno				
Cártamo	0.40	0.56	0.60	0.52
Cebada	0.71	0.87	0.61	0.73
Hort.(cebollín)	0.75	0.75	0.75	0.75
Rye Grass	0.73	1.10	0.76	0.86
Trigo	0.85	1.03	0.78	0.89
Varios	0.76	0.87	0.68	0.77
Subtotal	0.82	1.00	0.76	0.86
Primavera - Verano				
Algodonero	1.16	1.26	0.94	1.12
Sgo. grano temp.	0.79	1.05	0.78	0.87
Sgo. grano tard.	0.75	0.88	0.55	0.73
Sgo. forr. temp.	0.94	1.24	0.76	0.98
Sgo. forr. tard.	0.80	0.81	0.63	0.75
Maíz temprano	0.88	1.19	0.76	0.94
Maíz tardío	0.63	0.76	0.46	0.62
Varios	0.79	0.89	0.78	0.82
Subtotal	0.97	1.18	0.86	1.00
Perennes				
Alfalfa	1.45	1.66	1.49	1.53
Esparrago	1.67	2.04	1.66	1.79
Vid	1.10	1.72	0.98	1.27
Frutales	1.43	1.53	1.17	1.38
Bermuda	0.91	1.45	1.87	1.41
Varios	0.88	1.25	0.74	0.96
Usos				
I Para riego	0.93	1.11	0.92	0.99
II Lavado de suelos	0.42			0.42
III Domestico	NA			NA
IV Industrial	NA			NA
V Otros usos	0.29	0.24	0.23	0.25
VI S u m a	1.06	1.07	0.91	1.01
VII Fuera del dto.				
VIII Total	1.06	1.07	0.91	1.01

Al igual que en el caso de los volúmenes, las laminas netas se tienen que analizar por separado cada uno de los sistemas, debido a que las condiciones son diferentes en cada una de ellas. Como puede apreciarse en el Cuadro 5.11, las laminas en pozos federales son las más altas en cada uno de los subciclos. Nótese que en el sistema de gravedad las láminas en los usos domésticos e industrial se colocaron la leyenda de No Aplica, esto debido a que si bien si se consideran volúmenes no se hace lo mismo con superficie, por lo que la inclusión de dichos valores en este análisis estadístico generaría sesgo en la información.

5.1.9.5 Eficiencia de Riego

Las eficiencias de riego en los sistemas de pozos federales y particulares reflejan valores muy cercanos al 100%, debido en gran medida que el volumen neto considerado a nivel de toma granja se da a nivel parcelario, caso contrario del sistema de gravedad que presenta variaciones en su eficiencia de riego en rangos de entre 60 y 80%, lo cual refleja los volúmenes perdidos en la red mayor y menor del sistema, Figura 5.16.

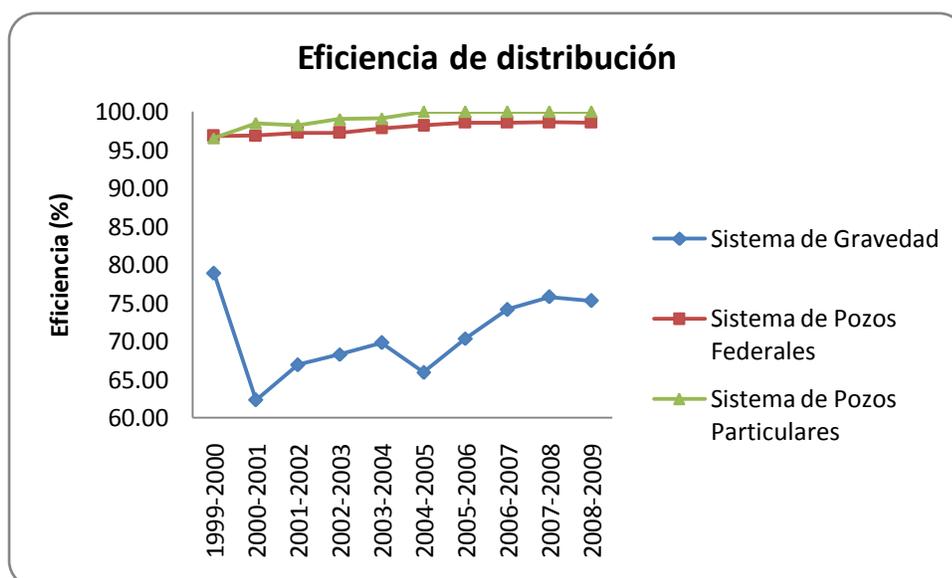


Figura 5.16. Eficiencia de distribución del Distrito de Riego 014 Río Colorado

5.1.10. Productividad de la tierra y del agua

En cuanto a la productividad de la tierra, ésta ha fluctuado en el periodo de análisis a precios corrientes entre 15 a 30 mil pesos por ha, encontrándose los valores más altos en los ciclos agrícolas de 2007-2008 y 2008-2009. Figura 5.17.

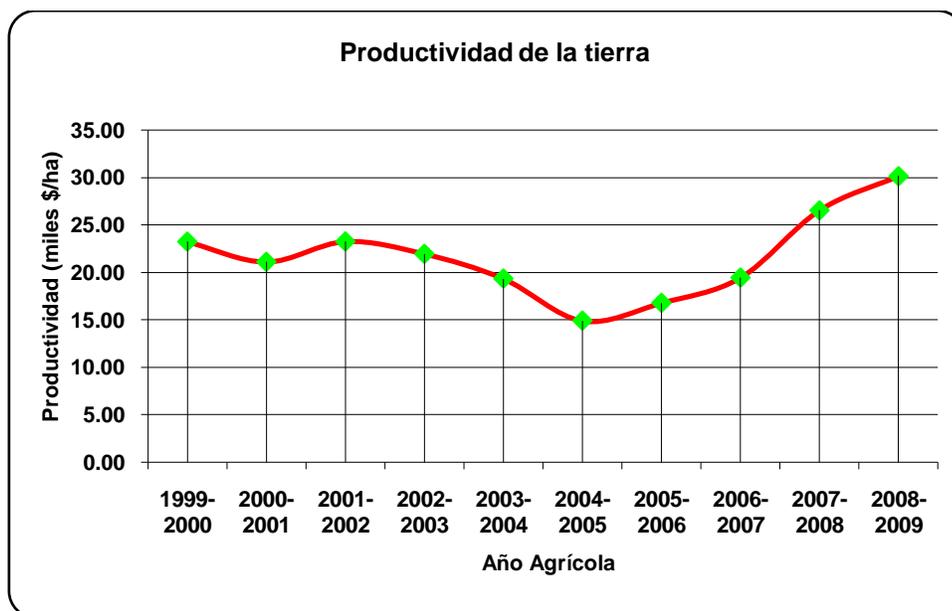


Figura 5.17. Productividad de la tierra en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

Respecto a la productividad del agua, ésta ha mantenido una tendencia a la baja, con valores fluctuando a precios corrientes entre 1.5 a 2.8 pesos por m³, encontrándose los valores más altos en los ciclos agrícolas comprendidos entre 2007 y 2009. Figura 5.18.

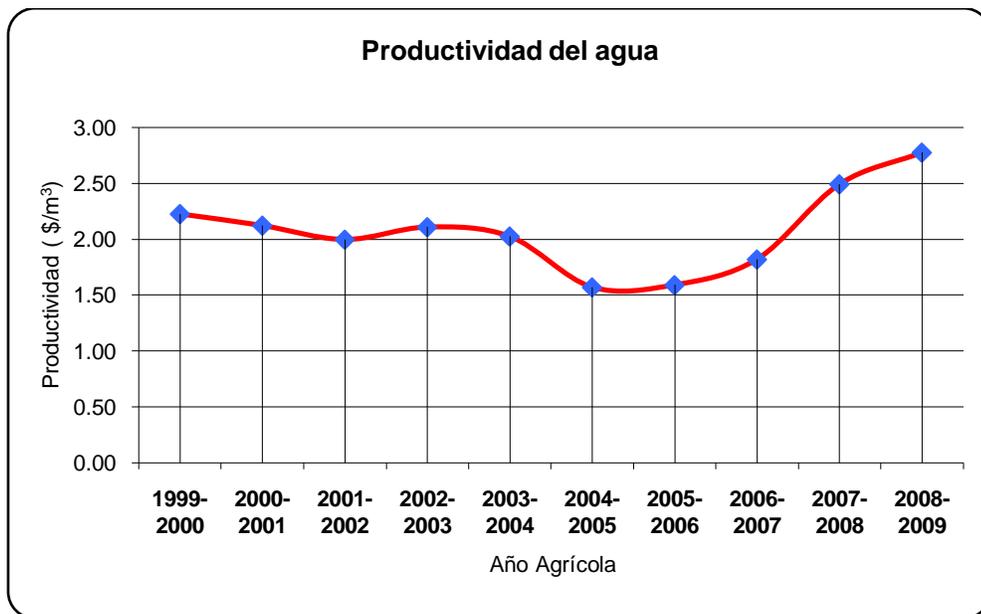


Figura 5.18. Productividad del agua en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

5.2 Metodología

5.2.1. Desarrollo de Modelo de Sistema de Información Geográfica del Distrito de Riego 014 Río Colorado

Para la realización del Modelo de Sistema de Información Geográfica del Distrito de Riego 014 Río Colorado, se utilizó la siguiente metodología:

- a. Adquisición de imágenes del Satélite SPOT, pancromáticas con una resolución de 2.5 m que cubra la superficie del Distrito de Riego, con escala similar a las ortofotos 1:20,000 del INEGI. Estas imágenes se procesaron e integraron en un mosaico para ser manejadas en el Programa de SIG denominado ArcView versión 3.2 o superior. A partir de esta plataforma fotográfica se integró la información analizada.
- b. Se revisó la información oficial del padrón de usuarios de los Módulos del Distrito de Riego 014 Río Colorado, basado en la superficie, ubicación de las parcelas, números de cuenta, cultivos y nombre del usuario de riego.
- c. Se identificaron las parcelas y usuarios que no están actualizados mediante la revisión del padrón de usuarios con personal técnico de los Módulos de Riego, el cual se registro en planos digitales.
- d. Se Identificaron las parcelas que actualmente se encuentran urbanizadas mediante planos y la superficie que abarcan dichas parcelas.
- e. Los planos de catastro actualizados se georreferenciaron a partir del mosaico fotogramétrico, ubicando toda la información de interés: parcelas de los módulos del Distrito, red de canales, red de drenaje, pozos federales, bombeos, poblados, ríos, carreteras y caminos, vías férreas, etc.
- f. Se hicieron recorridos de campo con personal de los módulos de riego con el fin de georreferenciar la infraestructura hidroagrícola con la que cuenta el Distrito de

Riego, como son: canales, drenes y pozos oficiales con el fin de verificar el estado físico que guardan.

- g. Los planos topográficos de la zona se contrastaron y georreferenciaron con un Modelo de Elevación Digital (MED) desarrollado a partir de la información de INEGI (Pedraza et al, 2005).
- h. Finalmente, con la información recabada se integró el Modelo de Sistema de Información Geográfica del Distrito de Riego 014 Río Colorado.

Como resultado del Modelo de SIG se planea dar respuesta a las siguientes preguntas ¿Cuál es la superficie establecida en el Distrito de Riego y cuales son los volúmenes de riego empleados? ¿Cómo se puede establecer un sistema de jerarquización para la rehabilitación y conservación de la infraestructura hidroagrícola en base a los requerimientos de la misma?

5.2.2. Diagnóstico del Distrito de Riego

El diagnóstico del Distrito de Riego se realizó a partir de la información recopilada en la Jefatura del Distrito de Riego (Informes de Distribución de Aguas, Estadísticas Agrícolas, estudios previos del Distrito), encuestas realizadas a personal técnico de la Sociedad de Responsabilidad Limitada y de los Módulos de Riego, así como a usuarios de riego (ver Anexo 1).

De igual manera se realizaron reuniones técnicas con la jefatura del Distrito de Riego y personal técnico de la SRL y módulos de riego para identificar los principales problemas que aquejan al Distrito, así como la jerarquización de los mismos.

A partir de la información recopilada se realizó el análisis FODA del Distrito de Riego; con esta herramienta se lograron identificar las estrategias generales a seguir para hacer un uso sustentable de los recursos agua y suelo en el Distrito.

5.2.3. Propuesta de Acciones Estructurales y No Estructurales en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

Se programaron y llevaron a cabo reuniones con personal del Distrito de Riego, de la SRL y de los 22 módulos de riego para identificar las acciones de tipo estructural y no estructural que se requiere a nivel de obra de cabeza, red mayor, red menor y a nivel parcelario, para hacer un uso sustentable en el Distrito de Riego. De dichas reuniones se priorizaron las acciones en corto (1-5 años), mediano (6-10 años) y largo plazo (11-20 años) según la jerarquización en importancia.

La propuesta de Acciones de tipo estructural y no estructural del Distrito de Riego 014 se formuló a partir de los problemas identificados por los usuarios y personal del Distrito, SRL y Módulos de Riego, de las estrategias observadas del análisis FODA, así como con los resultados obtenidos del uso del Modelo de SIG.

Dicha propuesta se evalúa económicamente para medir su rentabilidad, usando los indicadores: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio-Costo (R B/C) a precios privados y precios sociales. El CEPEP (2004) indica que la diferencia entre la evaluación privada y la social es que la primera utiliza precios de mercado para todos los bienes que produce, así como para los insumos que emplea, la segunda no utiliza estos precios porque considera que no representan el verdadero costo y/o beneficio que realmente tienen para la sociedad o para el país. Los precios sociales indican el verdadero costo que representan para el país los insumos que utiliza el proyecto, así como el verdadero beneficio que tendrán los bienes o servicios que producirá.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presenta el Modelo de Sistema de Información Geográfica desarrollado para el Distrito de Riego 014. Se analizan los resultados obtenidos en el mismo respecto a la información reportada por el Distrito de Riego. Así mismo, se analizan los resultados de las encuestas aplicadas a los usuarios del riego y los resultados de las estrategias del análisis FODA. Por último, se proponen las acciones estructurales y no estructurales requeridas en el Distrito de Riego para un uso eficiente y sustentable de los recursos.

6.1. Modelo de Sistema de Información Geográfica

Una visualización general del Modelo de Sistema de Información Geográfica del Distrito de Riego 014 se presenta en la Figura 6.1.

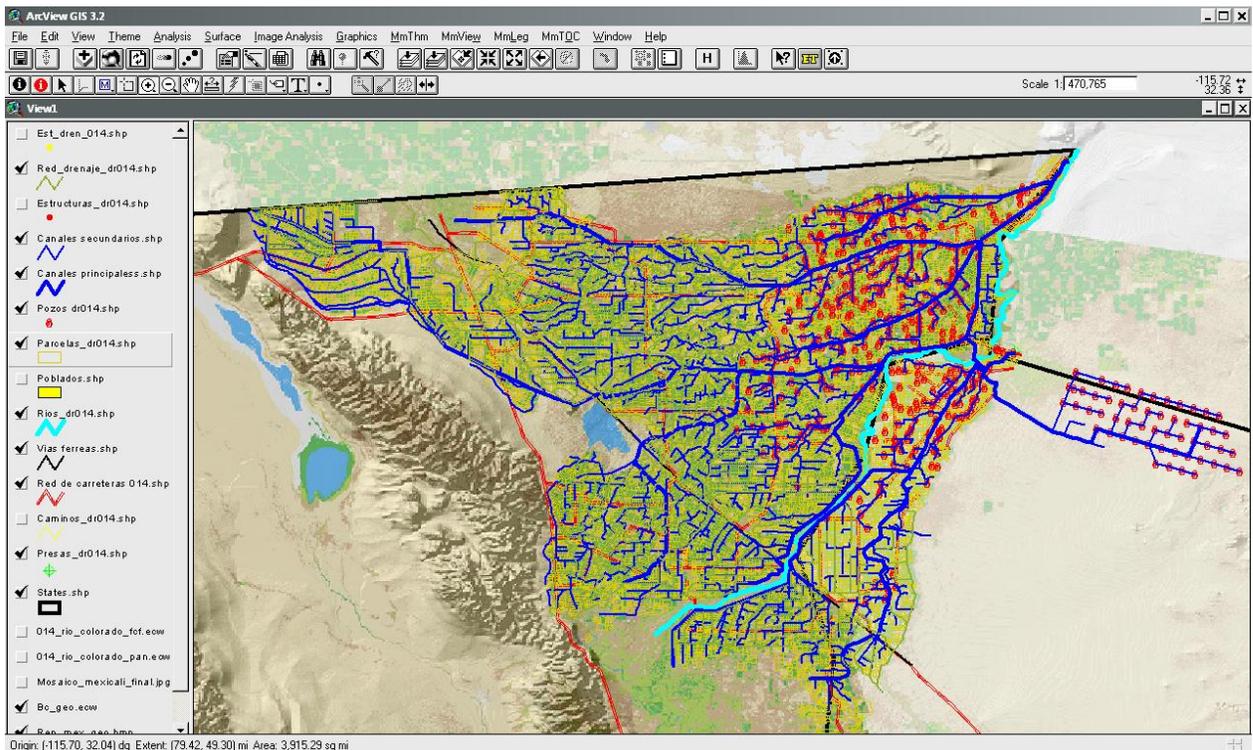


Figura 6.1. Visualización general del Modelo de SIG del DR 014 Río Colorado

Los 22 Módulos de Riego dentro del Modelo de SIG del Distrito de Riego 014 se presentan en la Figura 6.2.

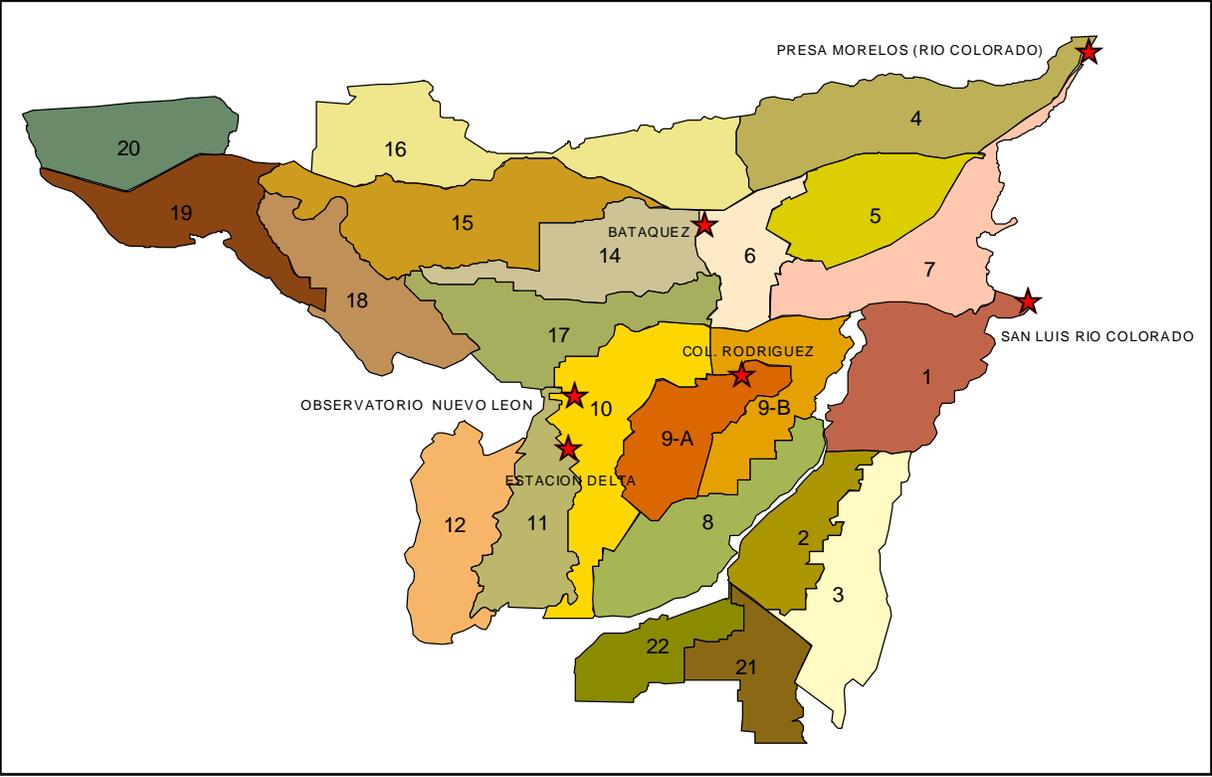


Figura 6.2. Módulos que integran al DR 014 Río Colorado

Los planos particulares de infraestructura a nivel de Módulo de Riego se presentan en el Anexo III.

6.1.1. Situación del Padrón de Usuarios

Los resultados obtenidos a partir del Modelo de SIG en relación al número de usuarios y la superficie de riego por Módulo de Riego se presentan en el Cuadro 6.1.

Cuadro 6.1. Usuarios y superficie calculada en el SIG del DR 014 Río Colorado

Módulo	Número de usuarios	Superficie Calculada SIG (ha)
1	809	12,217.89
2	492	7,342.27
3	717	12,839.07
4	904	15,566.19
5	635	10,683.99
6	475	7,047.44
7	781	12,350.28
8	831	11,787.25
9-A	598	9,356.17
9-B	687	9,939.60
10	887	14,435.18
11	674	10,446.64
12	762	10,854.86
14	676	11,295.82
15	873	17,065.57
16	1,134	16,284.25
17	676	11,726.93
18	735	11,385.33
19	704	11,290.97
20	464	6,813.95
21	551	9,926.58
22	529	6,548.56
Total	15,594	247,204.79

Así, en el Distrito de Riego se tienen 15,594 usuarios, y una superficie física de 247,204.79 ha. El análisis comparativo de esta información respecto a la reportada por el Sistema de Padrón de Usuarios (SIPAD) del Distrito de Riego, se presenta en el Cuadro 6.2.

**Cuadro 6.2. Tipo de usuarios y superficie física calculada en el SIG del DR 014
Río Colorado**

Tipo de Usuario	SIG		SIPAD	
	Número de Usuarios	Superficie física (ha)	Número de Usuarios	Superficie física (ha)
No identificado	1,281	45,100.47		
Ejidatario	7,482	122,377.16	9,503	129,603.06
Colono	1,081	15,908.34	1,481	19,217.57
Pequeño propietario	4,084	60,364.19	5,313	65,621.35
Doméstico	1	1.76	2	9.00
Industrial	18	494.30	35	767.31
Público-Urbano	2	22.82	6	48.00
Ejidatario-Fuera del Dto.	24	585.78	62	977.13
Peq. Propietario- Fuera del Dto.	33	911.97	64	1,585.80
Otros	136	1,438.00	319	2,424.35
Total	14,142	247,204.79	16,785	220,253.55

Los resultados obtenidos con el Modelo de SIG presentan importantes variaciones respecto al número de usuarios y superficie de riego. Es necesario indicar que hubo 1,281 usuarios a los cuales no se pudo establecer su situación respecto al padrón de usuarios, lo que representa una superficie de 45,100 ha. Esto se debe en gran medida a que hay usuarios que ofertan sus derechos de riego en lo que en el Distrito se conoce como Banco de Agua, lo cual propicia a que haya cuentas de riego que no sea posible identificarlas o asociarlas con una parcela física. Este fenómeno es lo que provoca la existencia de cuentas que no puedan ser identificadas.

De los resultados observados respecto a la revisión del padrón de usuarios se aprecia que aproximadamente el 80% se encuentra actualizado respecto a su superficie. De las demás razones de actualización se encuentran por cambios en el uso de suelo, cambio de usuario, cambio en la codificación del SIPAD y parcelas urbanizadas. También es necesario mencionar que hay parcelas que se desconoce la situación actual de la parcela, ya que personal de operación de los módulos de riego no pudieron establecer su situación. En la Figura 6.3 se presenta el análisis de la situación actual del padrón de usuarios.



Figura 6.3. Situación del Padrón de Usuarios en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

En la Figura 6.4 se presenta el plano a nivel de parcela de la situación actual del padrón de usuarios.

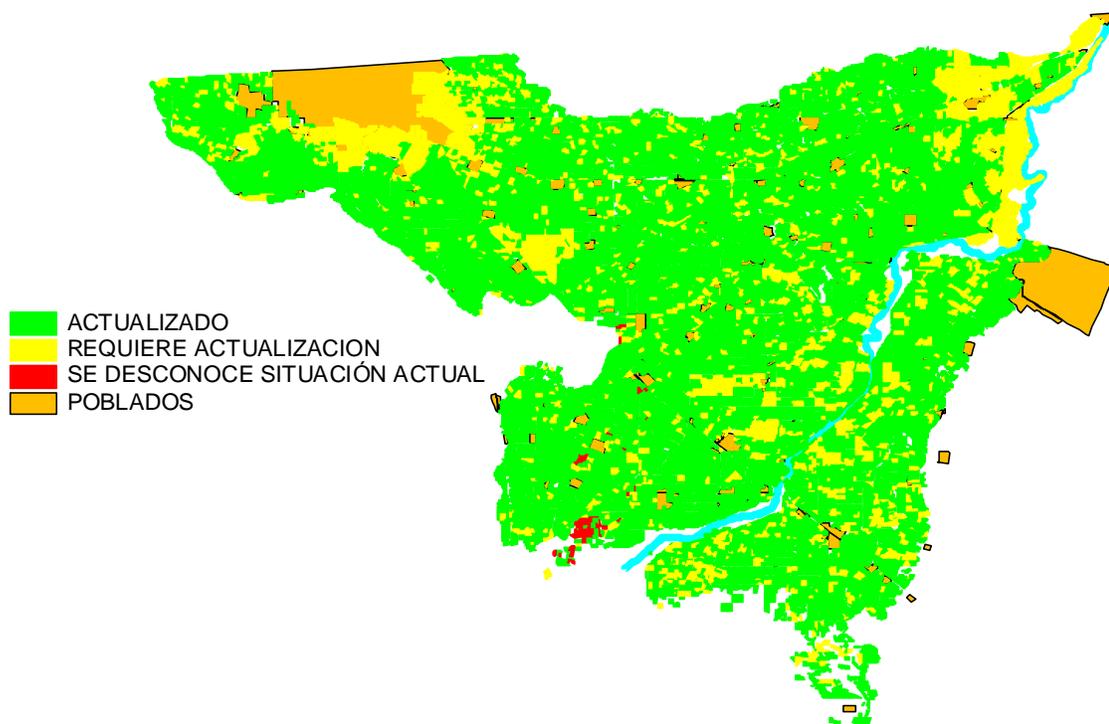


Figura 6.4. Situación actual del padrón de usuarios a nivel parcela en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

6.1.2. Análisis de superficie en producción

De acuerdo al padrón de usuarios del Distrito de Riego 014 se tienen bajo riego 208, 549 ha; los informes de distribución de aguas (Estadística) reportan en promedio en los últimos diez años 200,447 ha; el uso del modelo del SIG y la revisión de cultivos en los 22 módulos de riego arrojan una superficie bajo riego de 223,785 ha, lo cual representa un 11.63% por arriba de lo reportado por la Estadística.

En la Figura 6.5 se observa que la superficie establecida en el sistema de gravedad es la que tiene mayores variaciones respecto a la Estadística del Distrito, dicha variación corresponde a casi un 14% por arriba respecto a lo reportado. Si bien, en los sistemas de pozo federal y particulares si existe una diferencia entre los valores detectados en el SIG con lo de los informes de distribución de aguas esto representan valores cercanos al 7% en ambos casos.

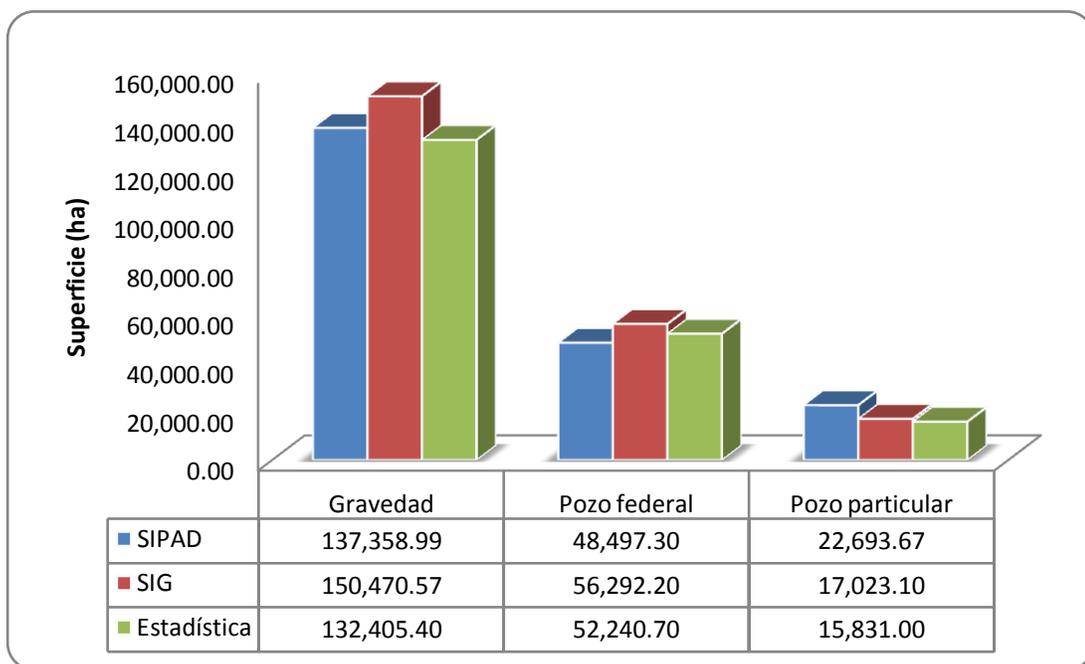


Figura 6.5. Superficie de riego en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

En la Figura 6.6 se presenta el plano a nivel de parcela el tipo de riego que se tiene.

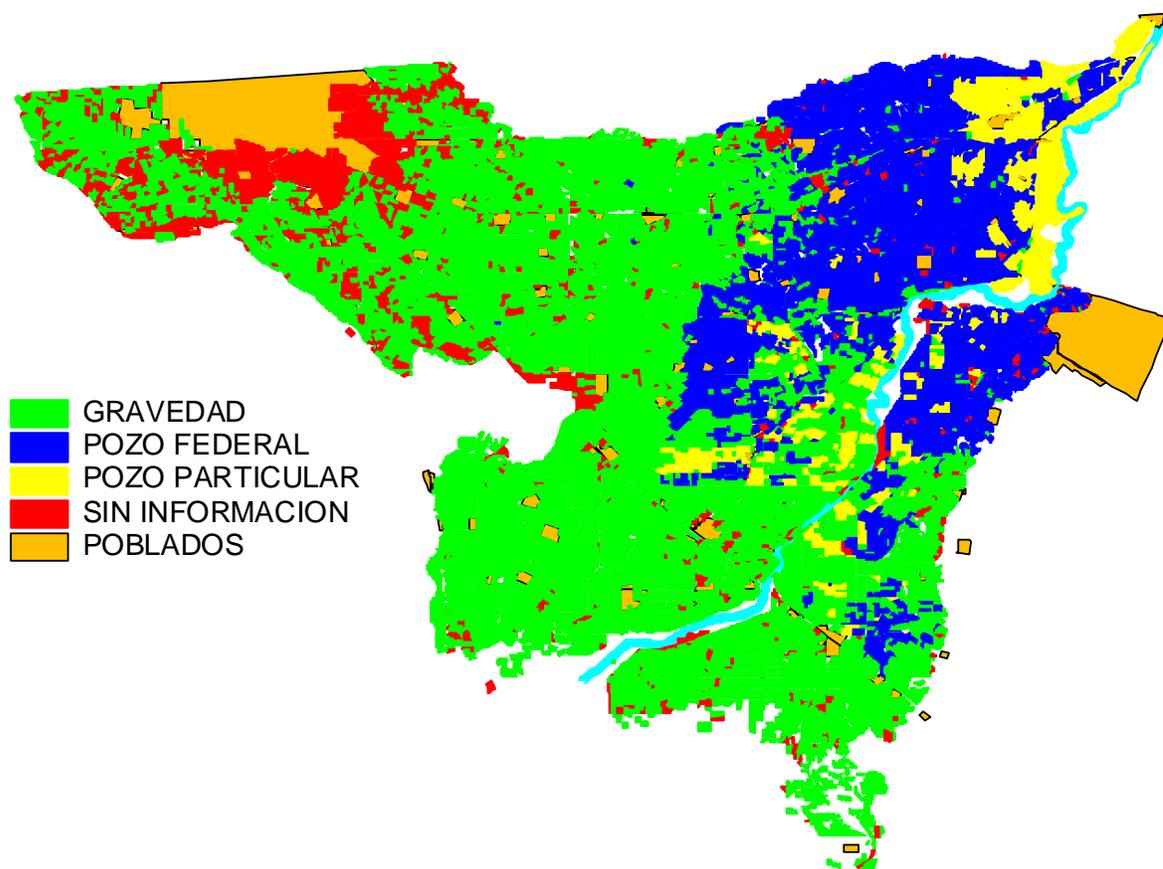


Figura 6.6. Superficie por sistema de riego a nivel parcela en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

Como ya se ha mencionado anteriormente, los principales cultivos en el Distrito de Riego son el trigo en el subciclo otoño-invierno, algodónero en primavera-verano y alfalfa en el caso de los perennes. Por consiguiente, se realiza un comparativo de dichos cultivos en los diferentes sistemas con la superficie estimada a través del SIG y lo reportado en la estadística agrícola en los últimos diez años.

En el Cuadro 6.3 se presenta el comparativo de dichos cultivos en los tres sistemas de riego del Distrito de Riego.

Cuadro 6.3. Comparativo de cultivos principales por sistema en el DR 014 Río Colorado

Cultivo	Superficie SIG (ha)	Estadística (ha)	Variación (%)
<i>Gravedad</i>			
Trigo	80,228.64	61,299.30	30.9%
Algodonero	11,741.43	9,619.30	22.1%
Alfalfa	27,717.83	21,125.70	31.2%
<i>Pozo federal</i>			
Trigo	27,624.73	23,343.30	18.3%
Algodonero	8,945.22	9,205.40	-2.8%
Alfalfa	10,344.15	7,584.10	36.4%
<i>Pozo particular</i>			
Trigo	1,570.07	7,690.60	-79.6%
Algodonero	424.43	1,880.00	-77.4%
Alfalfa	431.83	2,667.30	-83.8%

El cuadro 6.3 muestra que el sistema de gravedad presenta variaciones significativas entre la superficie calculada con el modelo de SIG y lo reportado con los informes estadísticos de distribución de aguas; el caso más sobresaliente es el del trigo que con el análisis se tiene una diferencia cercana a las 20,000 ha por arriba respecto a lo reportado.

Otro aspecto a destacar es en el sistema de pozos particulares, la superficie calculada para los tres cultivos en mención en el modelo de SIG está abajo de lo reportado en la estadística agrícola, esto en gran medida se debe a que los módulos de riego no llevan a cabo una supervisión de la superficie establecida en los pozos particulares, por estar fuera de la jurisdicción de los mismos módulos, por lo que dichas variaciones se deben en gran medida a este aspecto.

En la Figura 6.7 se presenta el plano a nivel de parcela del patrón de cultivos que se tiene en el Distrito de Riego 014.

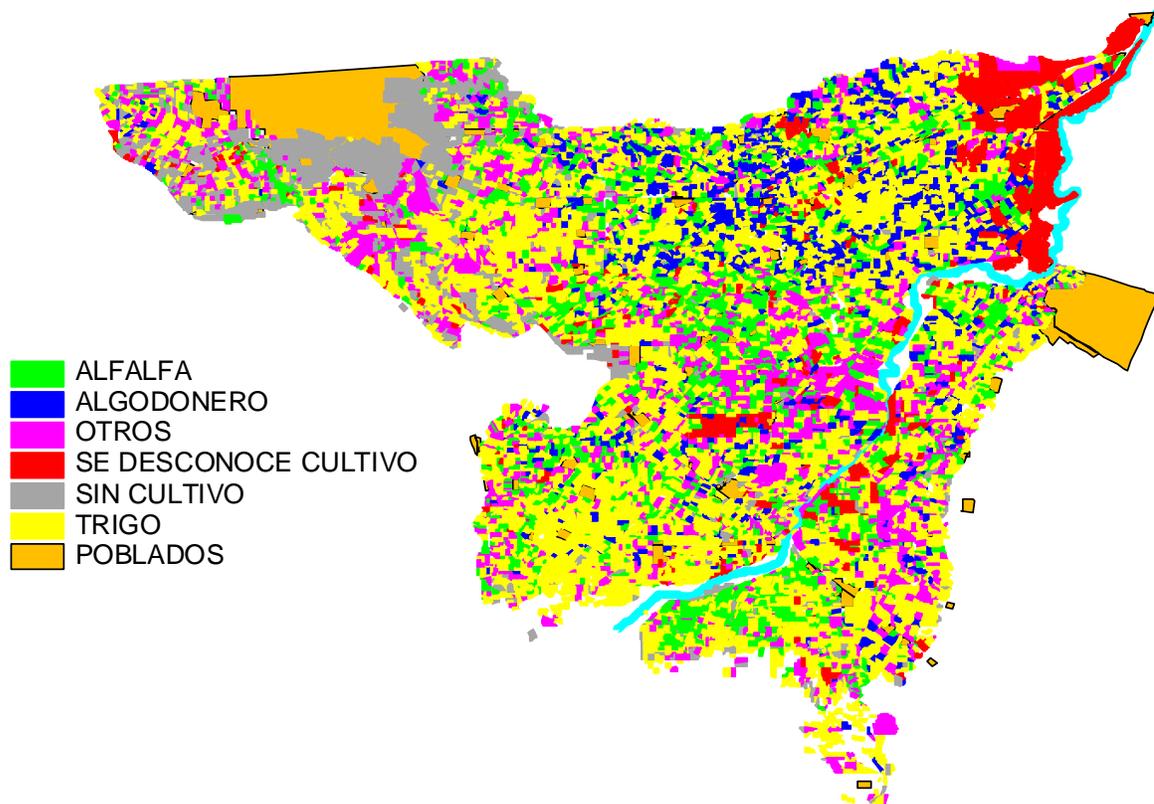


Figura 6.7. Patrón de cultivos a nivel parcela en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

6.1.3. Estimación de los volúmenes de riego

Los volúmenes de riego estimados para el sistema de gravedad se muestran en el Cuadro 6.4. Las superficies de los cultivos en el cuadro son el resultado del modelo de SIG. Las láminas netas en el caso de las estadísticas son los valores promedio en el sistema de gravedad en el periodo de 1999-2009.

La Lámina Neta Estimada (L.N.¹) se obtuvo del requerimiento de riego de cada cultivo más una lámina de lavado equivalente al 30% del requerimiento de riego. Los requerimientos de riego se obtuvieron usando como base la información climatológica de la Estación No. 008 Estación Delta y la ecuación de Blaney y Criddle para el cálculo de la evapotranspiración de referencia.

Cuadro 6.4. Volumen de riego neto en sistema de gravedad en el DR 014 Río Colorado

Cultivo	Superficie (ha)	Estadística			SIG
		L.N. (m)	Volumen de Riego Neto (miles m ³)	L.N. ¹ (m)	Volumen de Riego Neto (miles m ³)
Ajo	178.35	0.75	1,337.63	0.81	1,444.64
Alfalfa	27,717.83	1.45	401,908.54	2.42	670,771.49
Algodonero	11,741.43	1.16	136,200.59	1.54	180,818.02
Avena	891.74	0.71	6,331.35	0.8	7,133.92
Cártamo	277.02	0.4	1,108.08	0.83	2,299.27
Cebada	115.36	0.71	819.06	0.8	922.88
Cebollín	2,395.74	0.75	17,968.05	0.72	17,249.33
Esparrago	731.56	1.67	12,217.05	2.43	17,776.91
Hortalizas	1,260.27	0.75	9,452.03	0.81	10,208.19
Maíz	361.36	0.88	3,179.97	0.96	3,469.06
Palma datilera	256.22	1.43	3,663.95	1.85	4,740.07
Varios (Perennes)	253.30	0.88	2,229.04	2.19	5,547.27
Pradera	51.57	0.91	469.29	0.87	448.66
Rye-Grass	4,311.64	0.73	31,474.97	0.87	37,511.27
Varios (P-V)	2,575.28	0.79	20,344.71	1.12	28,843.14
Sorgo forrajero	1,043.06	0.87	9,074.62	1.15	11,995.19
Sorgo grano	5,597.62	0.77	43,101.67	1.04	58,215.25
Sudan	1,377.00	0.73	10,052.10	0.87	11,979.90
Trigo	80,228.64	0.85	681,943.44	0.8	641,829.12
Varios (O-I)	6,156.71	0.76	46,791.00	0.81	49,869.35
Vid	43.33	1.1	476.63	1.86	805.94
Zacate	2,905.54	0.91	26,440.41	2.38	69,151.85
Bermuda					
Total	150,470.57	0.97	1,466,584.17	1.22	1,833,030.69
Volumen Neto Promedio 1999-2009 (miles m³)					1,232,864

¹La lámina Neta se calculó con los requerimientos de riego sumado a una lámina de lavado.

En el Cuadro 6.4, se tiene que el volumen neto de riego estimado usando las láminas netas promedio en el sistema de gravedad está por arriba del promedio estadístico en los últimos diez años en aproximadamente 230, 000 miles m³. Por su parte, el volumen de riego estimado con el requerimiento de riego está por arriba del promedio en 600, 000 miles m³.

Como es de notarse, ambos volúmenes estimados están por encima del volumen neto estadístico en los últimos diez años, aunado a que la superficie calculada a través del modelo de SIG en el sistema de gravedad también excede a lo reportado en los informes de distribución de aguas, esto, conlleva a la conclusión de que se está regando más superficie que la que se reporta en los informes de distribución de aguas, pero que se está regando en forma deficiente, debido a que no se cubren los requerimientos de riego.

En el caso del sistema de pozos federales, los volúmenes estimados con las láminas de la estadística generan un volumen neto de 662,353 miles m^3 y el estimado con el modelo de SIG 706, 948 miles m^3 . En el caso de los sistemas de pozos federales y particulares la eficiencia es cercana al 100%, por lo que el volumen neto es prácticamente igual al volumen bruto, que en este caso representa el volumen de extracción. Siguiendo este símil, ambos volúmenes exceden el volumen concesionado para el sistema de pozos federales que es de 500 miles m^3 . Cuadro 6.5.

Cuadro 6.5. Volumen de riego neto en sistema de pozos federales en el DR 014 Río Colorado

Cultivo	Superficie (ha)	Estadística		SIG	
		L.N. (m)	Volumen de Riego Neto (miles m ³)	L.N. ¹ (m)	Volumen de Riego Neto (miles m ³)
Ajo	96.44	0.75	723.30	0.81	781.16
Alfalfa	10,344.15	1.66	171,712.89	2.42	250,328.43
Algodonero	8,945.22	1.26	112,709.77	1.54	137,756.39
Cártamo	29.76	0.56	166.66	0.83	247.01
Cebollín	1,376.57	0.75	10,324.28	0.72	9,911.30
Esparrago	841.20	2.04	17,160.48	2.43	20,441.16
Hortalizas	1,805.23	0.87	15,705.50	0.81	14,622.36
Maíz	86.82	0.97	842.15	0.96	833.47
Palma datilera	134.69	1.53	2,060.76	1.85	2,491.77
Varios (Perennes)	141.16	1.25	1,764.50	2.19	3,091.40
Rye-Grass	67.51	1.1	742.61	0.87	587.34
Varios (P-V)	786.37	0.89	6,998.69	1.12	8,807.34
Sorgo grano	943.59	0.97	9,152.82	1.04	9,813.34
Sudan	126.50	1.1	1,391.50	0.87	1,100.55
Trigo	27,624.73	1.03	284,534.72	0.8	220,997.84
Varios (O-I)	2,838.82	0.87	24,697.73	0.81	22,994.44
Vid	61.28	1.72	1,054.02	1.86	1,139.81
Zacate	42.16	1.45	611.32	2.38	1,003.41
Bermuda					
Total	56,292.20	1.18	662,353.70	1.26	706,948.52
Volumen Neto Promedio 1999-2009 (miles m³)					581,678
Volumen Concesionado (miles m³)					500,000

¹La lámina Neta se calculó con los requerimientos de riego sumado a una lámina de lavado.

En el caso de los pozos particulares, los volúmenes estimados a través de la estadística y del modelo de SIG están por abajo del volumen concesionado a este sistema. Cuadro 6.6.

Cuadro 6.6. Volumen de riego neto en sistema de pozos particulares en el DR 014 Río Colorado

Cultivo	Superficie (ha)	Estadística		SIG	
		L.N. (m)	Volumen de Riego Neto (miles m ³)	L.N. ¹ (m)	Volumen de Riego Neto (miles m ³)
Alfalfa	431.83	1.49	6,434.27	2.42	10,450.29
Algodonero	424.43	0.94	3,989.64	1.54	6,536.22
Cártamo	24.97	0.6	149.82	0.83	207.25
Cebollín	193.28	0.75	1,449.60	0.72	1,391.62
Esparrago	216.86	1.66	3,599.88	2.43	5,269.70
Hortalizas	505.67	0.75	3,792.53	0.81	4,095.93
Palma datilera	65.01	1.17	760.62	1.85	1,202.69
Varios (Perennes)	12.39	0.74	91.69	2.19	271.34
Varios (O-I)	12,885.02	0.68	87,618.14	0.81	104,368.66
Sorgo grano	43.66	0.66	288.16	1.04	454.06
Trigo	1,570.07	0.78	12,246.55	0.8	12,560.56
Varios (P-V)	649.91	0.78	5,069.30	1.12	7,278.99
Total	17,023.10	0.74	125,490.17	0.91	154,087.30
Volumen Neto Promedio 1999-2009 (miles m³)					145,262
Volumen Concesionado (miles m³)					200,000

¹La lámina Neta se calculó con los requerimientos de riego sumado a una lámina de lavado.

6.1.4. Estado de la Infraestructura Hidroagrícola

Con los resultados de los recorridos de campo se elaboró la base de datos de los diferentes componentes de la infraestructura hidroagrícola.

De los recorridos realizados a través del Distrito de Riego, se georreferenciaron un total de 12,211 estructuras, de las cuales la gran mayoría eran de operación (9,976), 1,897 estructuras de cruce y 123 de protección. En el Cuadro 6.7 se muestra la clasificación del tipo de estructuras por el módulo donde se encuentran. Se aprecia que los sistemas de información geográfica son una herramienta útil para la actualización de los inventarios, así como para la elaboración rápida de informes.

Cuadro 6.7. Clasificación del tipo de estructuras del DR 014 Río Colorado

Modulo de Riego	Tipo de estructura				Total
	Operación	Cruce	Protección	Otras	
01	483	79			562
02	306	43	2	2	353
03	570	94	1	6	671
04	457	90		13	560
05	434	74	3	10	521
06	297	46		6	349
07	387	66	3	12	468
08	504	116	10	15	645
9-A	506	93	11	22	632
9-B	341	67	6	14	428
10	704	126	7	18	855
11	397	92	8	7	504
12	483	100	9	6	598
14	410	77	5	7	499
15	560	104	9	12	685
16	571	118	6	13	708
17	436	76	2	10	524
18	252	57	2	1	312
19	262	54		3	319
20	269	65	11	14	359
21	368	77	3	9	457
22	432	65	5	6	508
DTO	18	2	2	2	24
SRL	529	116	18	7	670
Total	9,976	1,897	123	215	12,211

Dentro de los alcances del modelo de SIG está el de servir de plataforma para la planeación de las acciones de conservación y rehabilitación de la infraestructura hidroagrícola, así que en los recorridos de campo se planteó la necesidad de verificar el estado que guarda la misma. La gran mayoría se encuentra en buen estado (6,797); 2,135 están en mal estado, requiriendo remplazo, mientras que 3,279 guardan un estado regular, requiriendo rehabilitación. Cuadro 6.8.

Cuadro 6.8. Estado físico de las estructuras del DR 014 Río Colorado

Tipo de Estructura	Estado de la Infraestructura			Total
	Bueno	Malo	Regular	
Cruce	1,457	65	375	1,897
Operación	5,231	2,046	2,699	9,976
Otras	41	12	162	215
Protección	68	12	43	123
Total	6,797	2,135	3,279	12,211

6.2. Diagnóstico del Distrito de Riego

Se aplicaron 222 encuestas con 21 preguntas a los usuarios en los 22 módulos de riego; las preguntas están enfocadas a medir el grado de satisfacción de los usuarios con la operación, conservación y administración en los módulos de riego, así como tomar en cuenta la opinión de los usuarios respecto a las obras de rehabilitación y modernización que ellos consideran conveniente llevar a cabo en su modulo de riego. A partir de las encuestas aplicadas a los Usuarios del Distrito de Riego y del análisis de las mismas, correlacionando esta información con el Modelo de SIG, se tienen los resultados siguientes.

6.2.1 Situación Actual del Distrito

6.2.1.1 Grado de satisfacción de los usuarios

A partir de las encuestas realizadas a los usuarios del Distrito de Riego se obtuvo el grado de satisfacción de los mismos en varios aspectos del Distrito, así como sus perspectivas de obra.

- Satisfacción con la infraestructura hidroagrícola

Del total de los usuarios encuestados, el 41% de los mismos si están satisfechos con la infraestructura, un 20% no se encuentran satisfechos, y el resto tienen un grado de satisfacción regular, Figura 6.8.

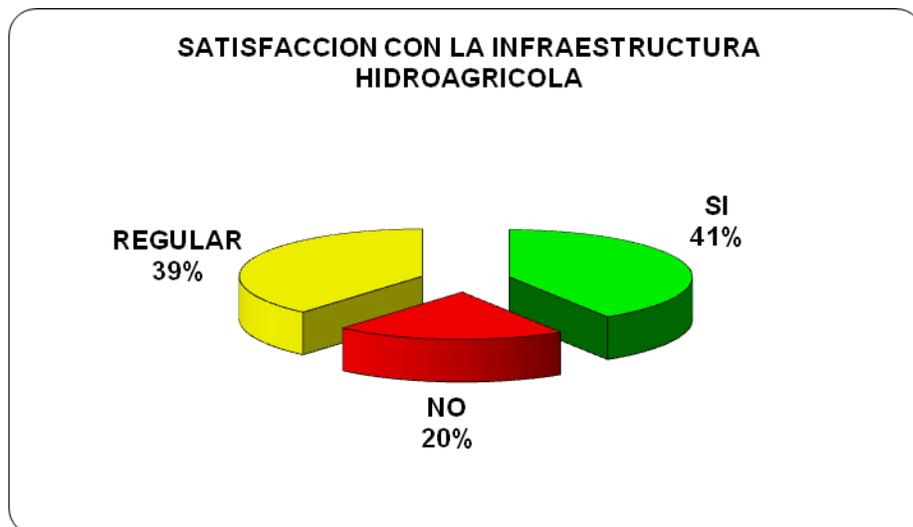


Figura 6.8. Satisfacción de los usuarios con la infraestructura hidroagrícola

Como principal prioridad de infraestructura en el Distrito de Riego los usuarios plasmaron a través de las encuestas realizadas que el revestimiento de canales es la principal necesidad (35%), en segundo lugar consideraron la rehabilitación de estructuras de medición y operación (27%), un 21% consideraron la rehabilitación de caminos y puentes y el restante 17% contemplaron la instalación de sistemas de monitoreo de nivel y gasto para mejor operación de los canales, Figura 6.9.

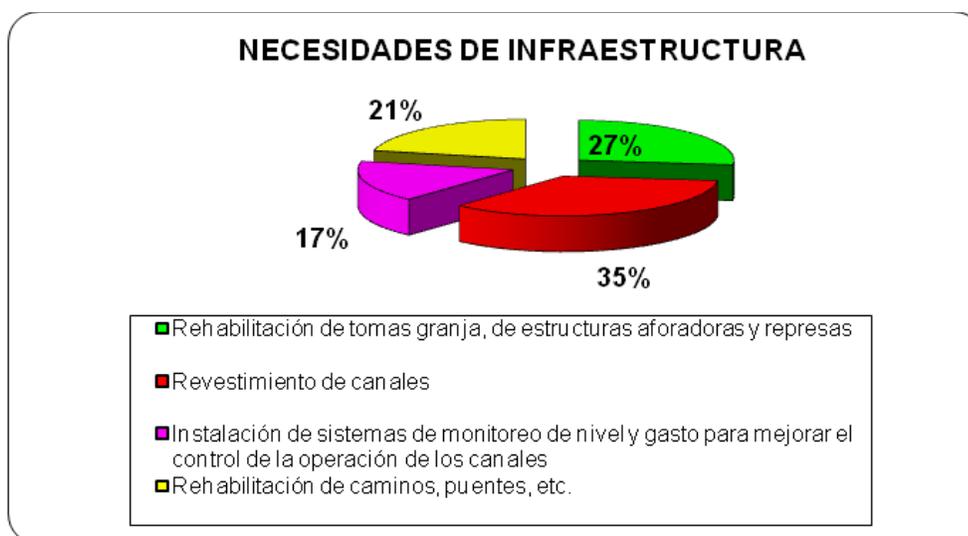


Figura 6.9. Necesidades de infraestructura hidroagrícola

- Con las funciones de servicio en los módulos de riego

De los usuarios encuestados, el 50% está satisfecho con la operación en los módulos de riego, con la consecuente satisfacción en el servicio de riego, un 38 % más indicaron un grado de satisfacción regular y un 12% restante no están satisfechos en este rubro, Figura 6.10.



Figura 6.10. Grado de satisfacción con la operación en los módulos

De los usuarios encuestados, el 28% está satisfecho con la conservación de las obras e infraestructura hidroagrícola al interior de los módulos de riego, un 50% más registraron un grado de satisfacción regular y un 22% restante no están satisfechos en este rubro, Figura 6.11.

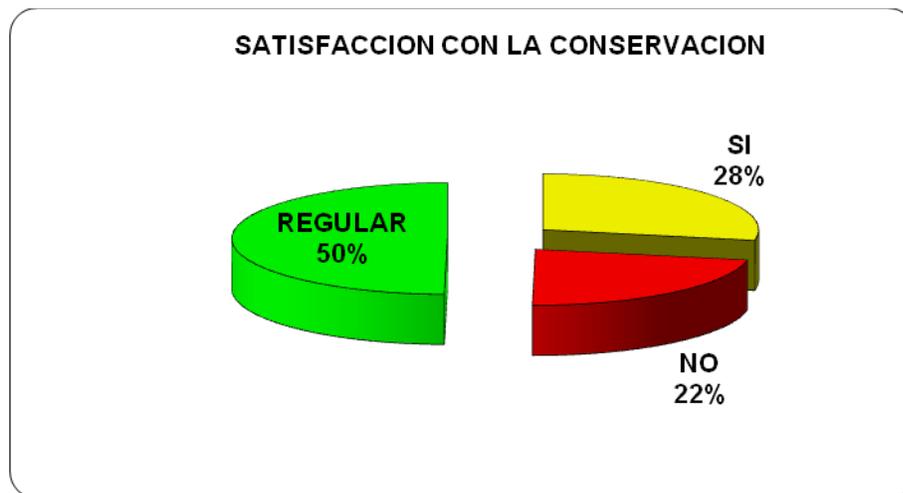


Figura 6.11. Grado de satisfacción con la conservación en los módulos

De los usuarios encuestados, el 53% está satisfecho con la administración en los 22 diferentes módulos que integran al distrito, un 36% más registraron un grado de satisfacción regular y un 11% restante no están satisfechos en este rubro, Figura 6.12.

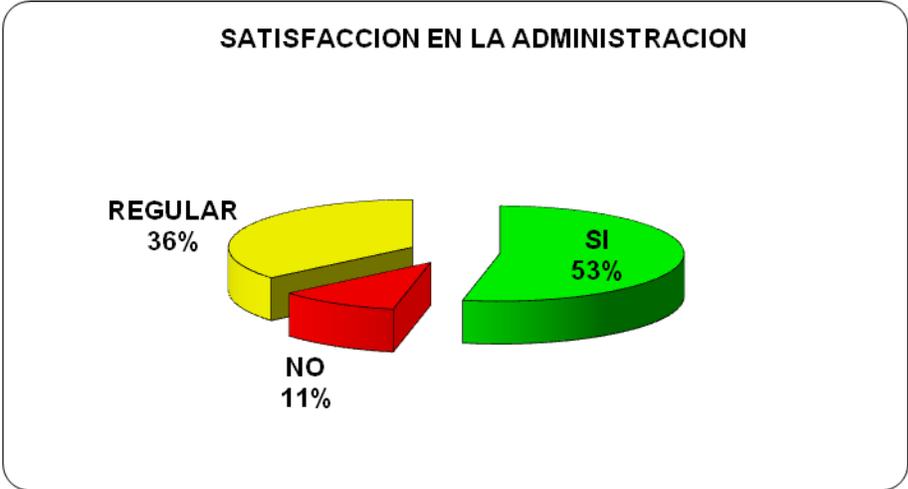


Figura 6.12. Grado de satisfacción con la administración en los módulos

- **Tecnificación del riego parcelario**

De los usuarios encuestados, el 85% considera que es una necesidad imperativa del Distrito de Riego la tecnificación del riego a nivel parcelario, Figura 6.13.

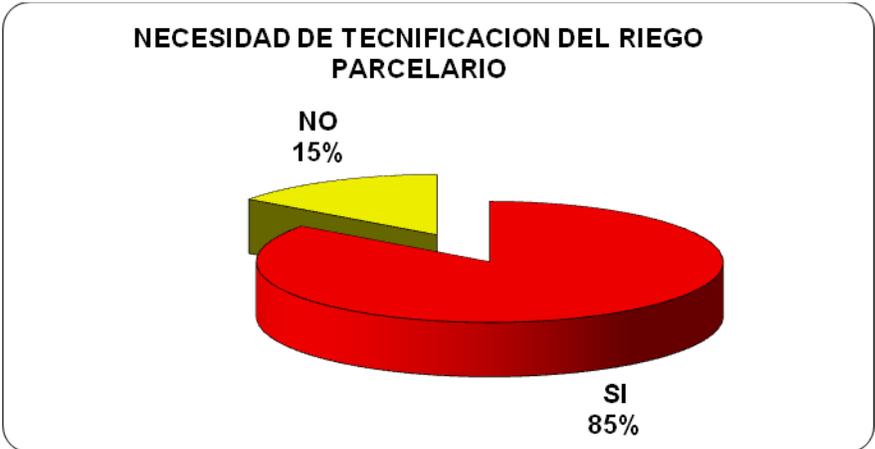


Figura 6.13. Necesidad de tecnificación del riego parcelario

Del mismo universo de usuarios encuestados, la nivelación de tierras (39%) es considerada como la principal acción de tecnificación parcelaria, seguida del revestimiento y/o entubamiento de regaderas (26%), un 13% considera el trazo de riego en el sistema de gravedad; el 22% restante contempla la instalación de sistemas de baja y alta presión, Figura 6.14.

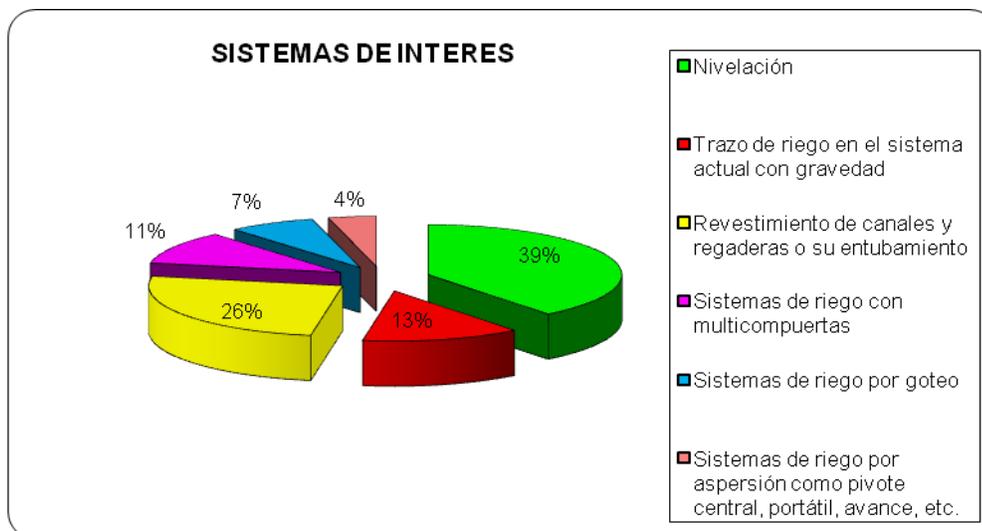


Figura 6.14. Sistemas de interés en la tecnificación del riego parcelario

6.2.1.2 Nivel tecnológico del Distrito de Riego

A partir de las encuestas realizadas a los gerentes de los diferentes módulos que integran el Distrito de Riego se obtuvo el nivel tecnológico.

- Sistemas de Riego en el DR 014 Río Colorado

A partir de las encuestas realizadas, se aprecia en la Figura 6.15 que el riego por gravedad es el método de riego predominante en el Distrito, con un 95.17%, siendo el método de riego por melgas el de mayor importancia, debido en gran medida que el cultivo más importante es el trigo y éste es el método de riego por el cual se le aplica el agua que requiere; los riegos presurizados ocupan el 4.83% restante, Figura 6.15.



Figura 6.15. Sistemas de Riego en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

- Grado de Nivelación en el DR 014 Río Colorado

En la Figura 6.16 se aprecia que el 74% de la superficie del Distrito se encuentra nivelada; mientras que el restante 26% requiere de trabajos de nivelación.



Figura 6.16. Grado de nivelación en el Distrito de Riego 014 Río Colorado

- Longitud de canales revestidos en el DR 014 Río Colorado

En la Figura 6.17 se aprecia que el 85.61% de la longitud de los canales de distribución del Distrito se encuentran revestidos, un 0.47% se encuentran entubados; mientras que el restante 13.90% son canales en tierra.

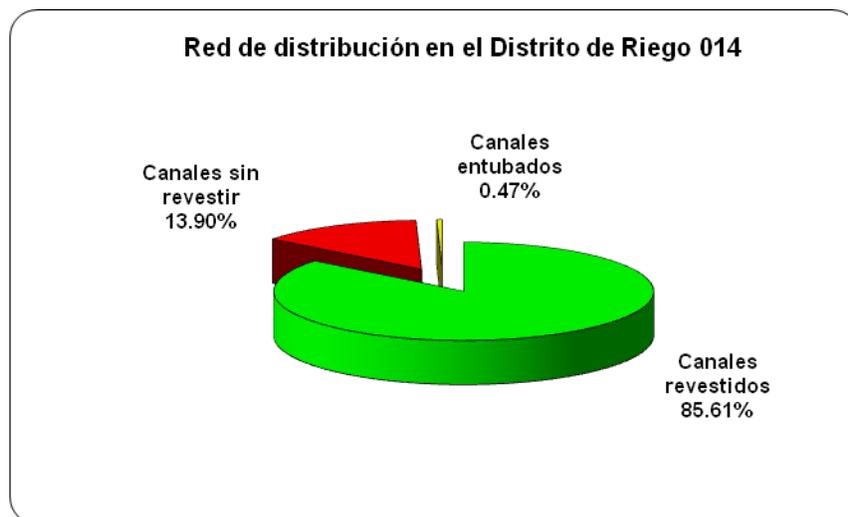


Figura 6.17. Estado de la red de distribución en el Distrito de Riego 014

6.2.2 Análisis FODA del Distrito de Riego 014 Río Colorado

A partir de la información disponible, se realizó el análisis FODA del Distrito de Riego 014 Río Colorado. Dicho análisis se muestra en el Cuadro 6.9.

Cuadro 6.9. Análisis FODA del DR 014 Río Colorado

ANÁLISIS FODA	
Fortalezas	Oportunidades
<p>F1.- Cercanía con el principal mercado en el mundo y principal destino de la producción agrícola de México.</p> <p>F2.- Seguridad en el volumen recibido de agua por la existencia del Tratado Internacional de Aguas con los EU.</p> <p>F3.- Presencia del concepto de dotación volumétrica en el Distrito de Riego.</p> <p>F4.- Es un Distrito de Riego transferido a los usuarios, con 22 Asociaciones Civiles consolidadas y una Sociedad de Responsabilidad Limitada.</p> <p>F5.- La mayor parte de la superficie Distrito de Riego se encuentra mecanizada.</p> <p>F6.- Predominan suelos ricos en materia orgánica.</p> <p>F7.- Buenos rendimientos de cultivo respecto a la media nacional</p>	<p>O1.- Usuarios de Riego interesados en la problemática de su Distrito de Riego.</p> <p>O2.- Tecnificar superficie apta para algún tipo de sistema de riego (nivelación de tierras, riegos presurizados, entubamiento y/o entubamiento de regaderas).</p> <p>O3.- Implementación de drenaje en superficie que lo requiere.</p> <p>O4.- Implementar una cadena de comercialización sólida.</p>
Debilidades	Amenazas
<p>D1.- Pérdidas de agua en los diferentes niveles operativos del Distrito de Riego.</p> <p>D2.- Deterioro de infraestructura.</p> <p>D3.- Desequilibrio en la cédula de cultivos de alta, mediana y baja demanda de agua.</p> <p>D4.- Disminución del personal del Distrito de Riego destinado a supervisión.</p> <p>D5.- No hay Reglamentos de las Asociaciones Civiles de Usuarios.</p> <p>D6.- Superficie establecida superior a la programada en el Plan de Riegos.</p> <p>D7.- Cuota de autosuficiencia no actualizada.</p> <p>D8.- Alto contenido de sales del agua de gravedad del Río Colorado.</p> <p>D9.- Deterioro en la calidad del agua subterránea.</p> <p>D10.- La información estadística del DR es poco confiable</p>	<p>A1.- Declaración de Sequía en la Cuenca Alta del Colorado, lo que implicaría una disminución del Volumen del Tratado Internacional de Aguas.</p> <p>A2.- Disminución de los volúmenes infiltrados por el Revestimiento del Canal Todo Americano.</p> <p>A3.- Crecimiento de las ciudades de Mexicali, San Luis Río Colorado, Tijuana, Ensenada, con la consecuente necesidad de agua.</p>

A partir de la detección de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas presentes en el Distrito de Riego 014 se identificaron las estrategias a seguir para hacer un uso sustentable de los recursos disponibles. En el Cuadro 6.10 se muestra la frecuencia de las diferentes estrategias.

Estrategias identificadas:

E1= Impulsar la Agricultura por contrato en el mercado local y regional, así como el mercado exterior (Estados Unidos), con la finalidad de crear una red de comercialización y asegurar el mercado de los productos.

E2= Fomentar la organización de los usuarios y promover la participación de los mismos en proyectos interinstitucionales que permitan la tecnificación de la superficie apta para ello en el Distrito.

E3= Fomentar un equilibrio en la cédula de cultivos en el Distrito, de acuerdo a la disponibilidad del recurso agua, con el apoyo de la SAGARPA, CONAGUA, gobiernos estatales y los módulos de riego con la finalidad de buscar los rendimientos óptimos y la máxima productividad, así como la comercialización de los productos.

E4= Actualizar la cuota de riego, de acuerdo al valor real del agua en el Distrito; promoviendo la cuota de autosuficiencia financiera, así como la medición de los caudales en los diferentes niveles operativos del Distrito.

E5= Contratación de personal calificado por parte de los módulos de riego y uso de metodologías de la información (SIG) para el seguimiento y supervisión de los programas hidroagrícolas, así como de los planes de riego (superficie establecida y volúmenes de riego utilizados), con el fin de hacer un uso eficiente y sustentable del agua.

Cuadro 6.10. Frecuencia de las estrategias detectadas a partir del Análisis FODA del DR 014 Río Colorado

ESTRATEGÍA	FRECUENCIA
E1	15.8
E2	17.5
E3	24.6
E4	7
E5	35.1

En la Figura 6.18 puede apreciarse que la estrategia de mayor peso es la E5, que relaciona la contratación de personal calificado y uso de tecnologías de la información (SIG), que en su conjunto permite darle un seguimiento más adecuado a los programas hidroagrícolas y plan de riegos, con la consecuente jerarquización de las acciones y seguimiento preciso a los programas de conservación y obtención de estadística confiable.

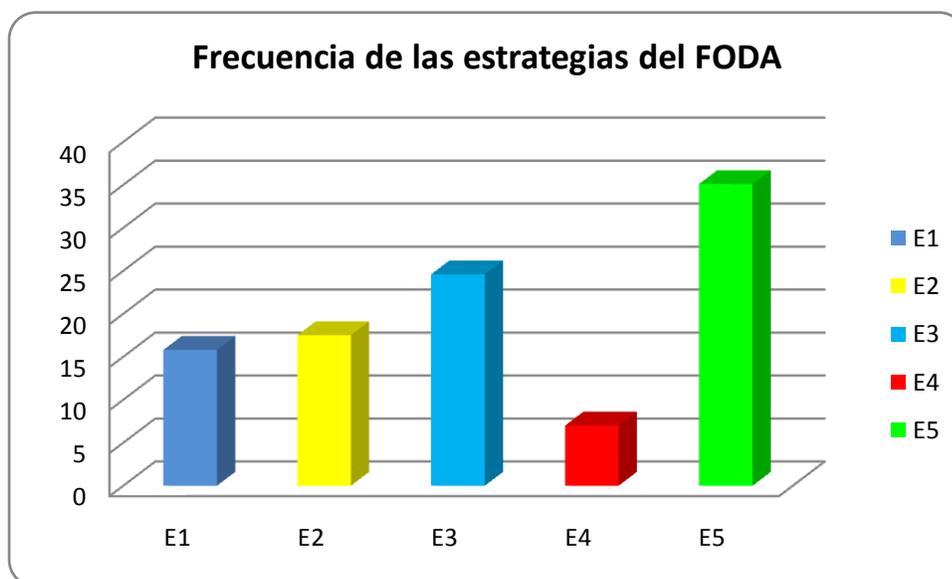


Figura 6.18. Frecuencia de las estrategias del análisis FODA del Distrito de Riego 014 Río Colorado

6.3. Propuestas acciones estructurales

Las acciones estructurales se consideran aquellas que requieren de rehabilitación, construcción o modernización de la infraestructura hidroagrícola a cargo del Distrito de Riego o de los Módulos, constituidas básicamente por las obras de cabeza (obras de almacenamiento y sus estructuras, presas derivadoras y sus estructuras), los canales principales y los que conforma la red de distribución o red menor, las estructuras de medición y control, red de drenaje, red de caminos, obras a nivel parcelario, maquinaria y equipo para la conservación de la infraestructura.

6.3.1. Obra de cabeza

Como obra importante en Obra de cabeza se contempla el entubamiento de la Red de canales de la Mesa Arenosa, en el Distrito de Riego 014, Río Colorado, B.C. y Son.

También dentro de las obras contempladas de Obra de Cabeza se encuentra la rehabilitación de todos los pozos de la Mesa Arenosa, cuya operación y conservación le corresponden a la CONAGUA, a través de la Jefatura del Distrito de Riego.

Sin embargo, el entubamiento de los canales de la Mesa Arenosa son los que están contemplados como obra a corto plazo.

Con la construcción del entubamiento de la red de canales de la Mesa Arenosa con el fin de eliminar las erogaciones anuales destinadas al desazolve, limpieza y reposición de losas de esta red de canales, las cuales son ocasionadas por la acumulación continua de azolves en la misma, a la vez se rescatarían volúmenes de agua del orden de 6.3 Millones de m³ anuales, los cuales se pueden utilizar tanto para uso agrícola como publico-urbano.

Considerando que el agua que actualmente se extrae de los 67 pozos que conforma la red de de canales de la Mesa Arenosa, tiene como fin el abastecimiento de agua para las ciudades de Tijuana, Tecate, y Ensenada, las cuales reciben estos volúmenes

finalmente mediante el intercambio de los mismos, los cuales son conducidos por el canal Alimentador Central, para finalmente establecer al Canal del Acueducto Río Colorado – Tijuana, el entubamiento de la red de canales de la Mesa Arenosa contribuirá a incrementar la eficiencia en el uso del agua del Distrito de Riego.

La construcción del entubamiento de 115 Km de la red de canales de la Mesa Arenosa contempla la instalación de estructuras de conexión y distribución correspondientes, en el Distrito de Riego 014, Río Colorado. Con la obra del entubamiento se incrementaría la eficiencia del Distrito de Riego, para el aprovechamiento de dichos volúmenes, ya sea para uso agrícola o uso público-urbano. Esta obra está contemplada como una acción en un corto plazo, Figura 6.19.



Figura 6.19 Red de canales de conducción Mesa Arenosa

Los volúmenes y montos, en miles de pesos, para las obras de cabeza se muestran en el Cuadro 6.11.

Cuadro 6.11. Inversiones en obra de cabeza a corto plazo

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (miles \$)	Inversión (miles \$)	Volumen recuperado (Millones de m ³)
Obras de cabeza	Km	115	5,012	576,380	6.3
Total				576,380	6.3

6.3.2. Red Mayor

Dentro de las acciones a desarrollar en la red mayor del Distrito de Riego 014 Río Colorado se contempla el revestimiento de los tramos en tierra del Canal Reforma, del Revolución, del Alimentador del Sur y la rehabilitación con concreto hidráulico los 26 Km del Canal Independencia que están hasta este momento revestidos con concreto asfáltico.

Revestimiento de Canal Reforma

Se contempla el revestimiento del Canal Alimentador Central (Reforma) del Km 68+880 al Km 95+160 en el Distrito de Riego 014, Río Colorado, B.C. y Son. Con esta obra se pretende lograr la recuperación de volúmenes de agua de riego, que actualmente se podrían aprovechar tanto para riego, como para usos urbanos. Dichos volúmenes se estiman en 16 Millones de m³ anuales, los cuales dados los pronósticos más recientes, en cuanto a la escasez de excedentes en los próximos años a través del Río Colorado, serán de vital importancia para el desarrollo económico futuro de la región.

El planteamiento surge debido a la necesidad de aprovechar al máximo la infraestructura existente dentro del Distrito, la cual es operada a través, tanto de la SRL, así como de la propia CONAGUA. El revestimiento del Canal Alimentador Central contribuirá a incrementar la eficiencia en el uso del agua del Distrito de Riego, fomentando con esto el uso eficiente del agua.

La construcción del revestimiento de concreto en los tramos mencionados del Canal Alimentador Central (Reforma) en los tramos mencionados equivale a 23.3 Km de canal así como la modernización de sus estructuras. Con la construcción de este proyecto, se incrementaría la eficiencia de los módulos 18, 19 y 20 del Distrito de Riego, en una superficie de 23,250 ha, así como al canal del Acueducto Río Colorado-Tijuana, el cual suministra actualmente gran parte del agua para uso público-urbano de las ciudades de Tijuana, Tecate y Ensenada.

Los incremento de la eficiencia de conducción y recuperación de volúmenes de agua serían utilizados tanto para uso agrícola como para uso público urbano, y por lo tanto incremento en la productividad a través de la reducción de pérdidas de agua, así como el mejoramiento en la aplicación del riego a nivel parcelario y con ello el rescate de volúmenes de agua, Figura 6.20.



Figura 6.20. Canal Reforma sin revestir del Km 68+880 al Km 95+160

Revestimiento de Canal Alimentador del Sur

Contempla el revestimiento del Canal Alimentador del Sur del Km 0+880 al Km 5+475, en el Distrito de Riego 014. Con el revestimiento del Canal Alimentador del Sur, se tiene como objeto lograr la recuperación de volúmenes de agua de riego, que actualmente se podrían aprovechar tanto para riego, como para usos urbanos. Dichos volúmenes se estiman en 5 Millones de m³ anuales.

La construcción del revestimiento de concreto contempla en un tramo de 4.6 Km así como la modernización de estructuras. Con la construcción de este proyecto, se incrementa la eficiencia del Distrito de Riego, en una superficie de 6,350 ha, para el aprovechamiento de dichos volúmenes, ya sea para uso agrícola o uso público-urbano, Figura 6.21.



Figura 6.21. Canal Alimentador del Sur sin revestir del Km 0+880 al Km 5+475

Revestimiento de Canal Revolución

Contempla el revestimiento del Canal Revolución del Km 0+000 al Km 20+340, en el Distrito de Riego 014, Río Colorado, B.C. y Son. Se requiere realizar la construcción de este tramo del revestimiento del Canal Revolución, con el objeto de lograr la recuperación de los volúmenes de agua de riego, que actualmente se podrían aprovechar tanto para riego, como para usos urbanos. Dichos volúmenes se estiman en 20 Millones de m³ anuales.

El revestimiento del Canal Revolución contribuirá a incrementar la eficiencia en el uso del agua del Distrito de Riego, fomentando con esto el uso eficiente del agua, la construcción de dicho revestimiento de concreto en 20.3 Km del Canal revolución contempla de igual manera la modernización de estructuras, en el tramo mencionado del canal en el Distrito de Riego 014, Río Colorado, en el Estado de Sonora. Con la construcción de este proyecto, se incrementaría la eficiencia de los módulos 1 y 2 del Distrito de Riego, en una superficie de 22, 500, Figura 6.22.



Figura 6.22. Canal Revolución sin revestir del Km 0+000 al Km 20+340

Rehabilitación con concreto hidráulico del Canal Independencia

Se plantea dentro de las obras a realizar en la red mayor la rehabilitación del Canal Principal Independencia, que es una obra que tiene más de 35 años funcionando, es un canal construido con la rehabilitación y tiene la característica particular de que fue revestido con asfalto y es muy probablemente el único en Latinoamérica de tales características y dimensiones y con él se atiende la superficie que se riega con agua de gravedad en los módulos 4 y 5 (muy reducida) y atiende también a los módulos 6, 7, 14, 15 y 16 y también por el se conducen los volúmenes de agua para usos domésticos de la ciudad de Mexicali.

El mantenimiento al asfalto de dicho canal prácticamente ha sido nulo, salvo el retiro de maleza acuática o la que ocurra en los bordos y taludes, por lo que el deterioro del concreto asfáltico de su sección es evidente; así mismo por referencias de personal de la SRL que lo tiene a su cargo, hay algún tramo en el que se tienen asentamientos ocasionados probablemente por movimientos telúricos, aunque no se tiene precisado el alcance de dicho asentamiento, pero por recorrido en campo se pudieron apreciar dichos asentamiento, al igual que en un canal lateral localizado en el mismo tramo.

Desafortunadamente no se puede apreciar el estado físico de la obra en la plantilla, ni tienen tampoco información en la SRL, sin embargo, llama la atención que en el canal ocurren pérdidas por conducción muy superiores a las calculadas y determinadas por

aforo en alguna época anterior, perdidas que llegan a considerar hasta 2.5 m³/s, mismas que sobrepasando con mucho a las esperadas que son del orden de 500 lps, lo que podría hacer suponer posibles fisuras a lo largo de la plantilla, los puentes y represas que son de concreto hidráulico, al igual que en todo el Distrito de Riego, presentan franco deterioro; los 2.0 m³/s, representan del orden de 63 Millones de m³ anuales como volumen recuperable, Figura 6.23.



Figura 6.23. Deterioro del concreto asfáltico en el Canal Independencia

Como se puede apreciar es indispensable considerar la rehabilitación de dicho canal y del gasto recuperado se podría completar el volumen faltante para el impacto del Canal Todo Americano. No se omite comentar que dicha obra al margen del concepto específico, es indispensable que se rehabilite para continuar asegurando el riego a todos los módulos que sirve.

Hundimiento del Canal Nuevo Delta

El canal Nuevo Delta, uno de los canales principales de la red mayor del Distrito de Riego 014. Inicia su trazo desde el centro geográfico del Distrito y se prolonga hacia el sur-oeste del mismo con una longitud total de 37.020 km. La capacidad máxima de proyecto original de 24.7 m³/s y domina una superficie de riego de 32,270 ha, pertenecientes a los módulos 10, 11 y 12.

El canal en referencia está alojado en la zona central donde se localizan las fallas de cerro prieto e imperial, por lo que debido al sismo de junio de 1980, se detectaron los primeros hundimientos de la zona del canal.

Actualmente se observa que este canal presenta hundimientos en diversos grados a todo lo largo del tramo del Km 6+700 al 22+100, siendo la zona mas crítica en el tramo comprendido del Km 8+900 al Km 17+030. Se estiman hundimientos de hasta 2.50 m. En su parte mas afectada, con respecto al nivel original de proyecto.

Para no suspender los riegos a los cultivos asentados en esta región, la CONAGUA ha realizado trabajos de sobre-elevación en el canal en diferentes tramos del mismo en 1985, 1995 y 2000, así como trabajos de sobreelevación de estructuras en 2002 y 2004, Cuadro 6.12.

Cuadro 6.12. Sobreelevaciones realizadas en el Canal Nuevo Delta

Año	Tramo	Sobre elevación promedio (cm)
1985	16+700 - 19+300	30
1995	14+000 - 19+000	40
2000	6+700 - 22+220	50
2002	14+053 - 20+453	Sobre elevación de estructuras de control y medición
2003	7+300 - 8+100 y	50
	16+650 - 20+453	90
2004	11+200 - 14+000 y	110 (SRL); 75 (Mod.11)
	20+550 - 22+220	

Fuente: Distrito de Riego 014 Río Colorado

El estudio de diversas alternativas para contrarrestar hundimientos presentados en algunos tramos del canal nuevo delta, con objeto de apoyar la actividad agrícola en el valle de Mexicali, y asegurar el suministro de agua potable a 28 poblados dominados por este canal, ha arrojado como resultado diversas acciones que permitirán la solución

a esta problemática, dichas acciones comprenden cinco etapas anuales que incluyen la construcción de 4 plantas de bombeo que permitirán continuar satisfaciendo la demanda de todos los usuarios, tal y como lo señala el Plan Nacional de Desarrollo y Plan Nacional Hídrico del país.

Como resultado de las conclusiones y recomendaciones de los estudios previos elaborados, se obtuvo la propuesta del proyecto integral de solución, el cual contempla adecuaciones a la red de líneas y sub-estaciones eléctricas que alimentarán a plantas de bombeo proyectadas para satisfacer tanto la demanda de los volúmenes de agua necesarios, como los niveles de agua requeridos.

Los volúmenes y montos, en miles de pesos, para las obras en la red mayor a desarrollarse en el corto plazo se muestran en el Cuadro 6.13.

Cuadro 6.13. Inversiones en red mayor

Concepto	Unidad	Obra	Inversión (miles \$)	Volumen recuperado (Millones de m³)
Revestimiento Canales Principales	Km	77	989,575	134
Estructuras Canales Principales	Pieza	376	87,845	
Total			1,077,520	134

Los volúmenes ahorrados en la red mayor son por las pérdidas que se dejarían de tener por concepto de la infiltración, los cuales ascienden a 104 Millones de m³, tal y como se mencionó en párrafos anteriores, el volumen restante (30 Millones de m³) es por concepto de volumen recuperable por mejorar la operación.

6.3.3. Red Menor

En la red menor se presenta el resumen de obras y los montos, mismos que han sido calculados a partir de los precios de la residencia de conservación. Los conceptos incluidos han sido los trabajos de reforzamiento de bordos y la reposición de losas de concreto en mal estado; en cuanto a las estructuras se ha considerado la reparación de la obra civil así como la reparación o reposición de compuertas y mecanismos, Figura 6.24.



Figura 6.24. Revestimiento en red menor y reposición de estructuras

En el Cuadro 6.14 se muestran las acciones en la red menor a nivel de modulo de riego. A manera de resumen se muestran las inversiones a corto plazo en la red menor, así como el volumen ahorrado.

Cuadro 6.14 Inversiones en red menor

Concepto	Unidad	Obra	Inversión (miles \$)	Volumen recuperado (Millones de m ³)
Revestimiento y/o entubamiento de la red menor	Km	276.30	525,019	35
Estructuras red menor	Pieza	2,917	139,124	
Total			664,143	35

6.3.4. Red de drenaje

En la red de drenaje se ha considerado la rehabilitación de la red en función de los parámetros originales. La restauración de estos parámetros está basada en el desmonte de taludes y zonas de construcción, la extracción de planta acuáticas, el desazolve y la realización de obras de terracería en los taludes y zonas de depósito de azolves, Figura 6.25.



Figura 6.25. Rehabilitación de sección de drenes y reposición de estructuras

En el Cuadro 6.15 se muestran las acciones en la red de drenaje en acciones de rectificación de secciones, desazolve y reposición de estructuras.

Cuadro 6.15. Acciones en la Red de Drenaje

Concepto de Obra	Unidad	Cantidad	Inversión (miles \$)
Rehabilitación de drenes	Km	66	26,750
Reposición de estructuras de drenes	Pieza	94	5,020
Total			31,770

6.3.5. Caminos de operación y Servicio

A continuación, Cuadro 6.16, se muestran las acciones propuestas en cuanto a la rehabilitación de los caminos de operación y servicio del Distrito de Riego.

Cuadro 6.16. Acciones en Caminos de Operación y servicio

Concepto de Obra	Unidad	Cantidad	Inversión (miles \$)
Rehabilitación de caminos	Km	533	63,603
Total			63,603

6.3.6. Pozos federales

Considerando que en el Distrito de Riego hay una zona cuya fuente de abastecimiento básicamente son pozos federales es necesario la rehabilitación de los mismos, así como la reposición de los pozos que ya hayan llegado a su vida útil, pero que aun sigan teniendo concesión, Figura 6.26.



Figura 6.26. Rehabilitación y reposición de pozos federales en el D.R. 014

Es así que la obra requerida por estos conceptos en el Distrito de Riego en los próximos años se aprecia en el Cuadro 6.17.

Cuadro 6.17. Inversión en pozos federales

Concepto de Obra	Unidad	Cantidad	Inversión (miles \$)
Rehabilitación de pozos	Pieza	110	55,000
Reposición de pozos	Pieza	250	575,000
Total			630,000

6.3.7. Acciones parcelarias

Dentro de las acciones parcelarias propuestas por los usuarios se tiene en primer lugar la nivelación de tierras, revestimiento y/o entubamiento de regaderas, instalación de drenaje subterráneo, así como recuperación de suelos salinos y riegos presurizados como son aspersión y goteo.

De las acciones parcelarias propuestas por los usuarios está por el grado de importancia el concepto de nivelación de tierras y el revestimiento y/o entubamiento de regaderas como conceptos de obra más importantes en el Distrito. Respecto a los sistemas de riego presurizados están en segundo plano en importancia debido a la salinidad contenida en el agua, lo que limita en gran medida la instalación de estos sistemas de riego, Figura 6.27.

Dentro de las acciones parcelarias que fueron contempladas por los usuarios se encuentran:

- Revestimiento de regaderas
- Entubamiento de regaderas
- Nivelación de tierras
- Riegos presurizados (Aspersión)
- Riegos a baja presión (Goteo)
- Riegos de baja presión (Tubería Multicompuertas)

- Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos.



Figura 6.27. Acciones parcelarias en el Distrito de Riego 014

A modo de resumen se muestra el Cuadro 6.18 con las acciones parcelarias más importantes contempladas en un corto plazo. Como beneficio de las acciones parcelarias se plantea un volumen rescatado, el cual se aprecia a continuación.

Cuadro 6.18. Volumen rescatado por acciones parcelarias

Acciones parcelarias	Unidad	Cantidad	Volumen recuperado anual (Millones de m³)
Revestimiento de regaderas	Km	622.5	16.59
Entubamiento de regaderas	Km	318.68	12.05
Nivelación	ha	61,712	13.20
Riegos presurizados	ha	4,040	2.93
Multicompuertas	ha	7,440	0.79
Total			45.58

En el Cuadro 6.19 se presentan los montos a precios sociales de las acciones a realizarse en el Distrito, siendo Reposición de pozos, revestimiento de canales principales, entubamiento y/o revestimiento de regaderas y obras de cabeza los conceptos con mayores montos de inversión.

Cuadro 6.19. Resumen de Inversiones a Precios privados y sociales de 2009

Inversiones	Precios Privados	Precios Sociales
	(miles \$)	(miles \$)
Obras de Cabeza	576,400	539,423
Revestimiento Canales Principales	989,575	926,093
Estructuras Canales Principales	87,945	82,303
Revestimiento red menor	525,019	491,338
Estructuras red menor	139,124	130,199
Rehabilitación de caminos	63,603	59,523
Rehabilitación de drenes	26,750	25,034
Estructuras en drenes	5,020	4,698
Rehabilitación de pozos	55,000	51,472
Reposición de pozos	575,000	538,113
Nivelación de tierras	308,560	288,766
Riegos presurizados	232,800	217,866
Drenaje parcelario	68,250	63,872
Entubamiento y/o revestimiento de regaderas	765,630	716,514
Entrenamiento y Capacitación	30,200	28,263
Apoyo Institucional	9,100	8,516
Proyectos ejecutivos y supervisión técnica de trabajos	353,494	330,817
Subtotal inversiones	4,811,470	4,502,809
Indirectos (2%)	96,229	90,056
Imprevistos (10%)	481,147	450,281
IVA (10%)	481,147	
Total Inversiones	5,869,993	5,043,146

6.4 Propuesta de acciones no estructurales

Las acciones no estructurales son aquellas que involucran los estudios de carácter general o institucional del Distrito de Riego y de las Asociaciones de Usuarios, con apoyos de la CONAGUA y de los gobiernos de los estados, que permitan hacer un uso sustentable y eficiente del agua. Tan importante es su ejecución, que muchos especialistas consideran que al no llevarlas a cabo es tan importante como no realizar las acciones estructurales, Cuadro 6.20.

Cuadro 6.20. Acciones No estructurales en el D.R. 014

Acciones No estructurales

Institucionales carácter general y específico. CONAGUA

- Actualización del Estudio Geohidrológico del Acuífero del Valle de Mexicali
- Estudio de factibilidad para la construcción de vasos reguladores en los canales Álamo y cauce viejo del canal Reforma.
- Estudio de factibilidad para la construcción de una obra hidráulica para pasar volúmenes del canal Revolución al canal Reforma aguas abajo de la Represa del Km 27.
- Elaboración del Sistema de Información Geográfica del Distrito de Riego, con la Infraestructura Hidroagrícola del mismo, así como la actualización del Padrón de Usuarios del Distrito.
- Certificación de la competencia laboral de los operadores de riego en los diferentes niveles de operación del Distrito.
- Elaboración de los manuales de organización y funciones del personal en los diferentes niveles de gestión del agua
- Elaboración de los manuales de procedimientos de operación, conservación y administración en los diferentes niveles de gestión del agua
- Estudio específico para analizar la reconversión productiva en el distrito de riego.
- Elaboración de los reglamentos de las asociaciones civiles y sociedad de responsabilidad limitada

SRL y Asociaciones de Usuarios con apoyo de CONAGUA y Gobierno del Estado

- Estudio integral sobre el mejoramiento del riego parcelario con parcelas demostrativas y manejo del riego por gravedad mediante la instalación de un sistema
-

de pronóstico de riego en tiempo real

- Estudio para formular y ejecutar un programa de calibración de las estructuras principales en los canales de la red mayor y menor de conducción del distrito de riego
- Estudio para determinar la cantidad y el origen de los volúmenes que se pierden en los canales principales de la red mayor y menor del distrito de riego
- Consolidar el establecimiento y uso del sistema PLAN-DR para la formulación de planes de riego hasta alcanzar su estandarización y sistematización en los módulos de riego y sociedad de responsabilidad limitada
- Consolidar el establecimiento y uso del sistema SISTAG-DR, mediante sistemas modernos de captura de la información de campo
- Estudio para la conciliación de la operación de la red de canales y de la extracción de volúmenes del acuífero durante el ciclo agrícola para definir políticas de operación sustentable de ambos sistemas
- Consolidar el establecimiento de una oficina de asesoría técnica y apoyo tecnológico en la SRL para los módulos de riego
- Continuar con el seguimiento anual del comportamiento de los niveles estáticos del acuífero en el Distrito de Riego
- Continuar con los estudios de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Balance de sales en el distrito de riego
- Consultaría para la estandarización, equipamiento y puesta en operación de sistemas contables y administrativos computarizados de aplicación estándar en los módulos de riego
- Estudio específico para el control biológico de la maleza acuática en los canales principales
- Estudio específico para determinar la factibilidad de que los volúmenes autorizados a los módulos de riego sean contabilizados por año fiscal

Capacitación

- Normativo
- Gerencial
- Operación
- Conservación
- Riego y drenaje
- Informática

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Del Modelo de Sistema de Información Geográfica

- La construcción del Modelo de SIG permite sentar las bases de los cursos de acción de las actividades requeridas para hacer un uso eficiente del agua en el Distrito de Riego, tales como la programación de las actividades de rehabilitación y modernización, así como las de seguimiento a la superficie establecida y al plan de riegos.
- El padrón de usuarios en el Distrito de Riego se encuentra en su mayor parte actualizado, sin embargo es necesario que la actualización se siga llevando a cabo de forma periódica, ya que el SIPAD es dinámico temporalmente.
- Con el uso del modelo del SIG se encontró que los volúmenes de riego utilizados y la superficie en producción, son superiores respecto a lo reportado en los informes de distribución de agua; se observa que se está regando más superficie que la que está contemplada en el Plan de Riegos, sin embargo, como los volúmenes de riego están condicionados a la disponibilidad, esa superficie se está regando de forma deficiente, teniendo un impacto en los rendimientos, y por ende, en la productividad del Distrito de Riego.

Del Diagnóstico del Distrito de Riego

- Como resultado del diagnóstico del Distrito, se requieren llevar a cabo acciones en los diferentes niveles de operación del Distrito, así como a nivel parcelario, con el fin de mejorar la productividad del Distrito y hacer un uso eficiente y sustentable del agua.
- Se debe fomentar el fortalecimiento de las organizaciones de usuarios en administración, inducir el valor real del agua a los usuarios, la medición en los diferentes niveles operativos y en la comercialización, así como imprimir un valor

agregado a los productos agropecuarios, que reflejen un plan de desarrollo del distrito y por ende de la región.

- Es importante que se siga midiendo el agua tanto en cantidad como en calidad en los diferentes niveles operativos del Distrito, así como incorporar esa información al Modelo de SIG, para que esto sirva de pauta para la toma de decisiones y una estrategia para la mejor operación del Distrito.
- La construcción del Modelo de SIG del Distrito de Riego 014 permitió analizar la situación actual de la superficie bajo riego, del padrón de usuarios, así como el estado físico de la infraestructura hidroagrícola, lo cual, aunado a las estrategias detectadas en el análisis FODA y las encuestas realizadas a usuarios de riego y técnicos operativos de los módulos, SRL y Distrito, coadyuvo a sentar las bases de los cursos de acción para hacer un uso sustentable del agua en el Distrito e incrementar la productividad de los recursos agua y suelo en el mismo.

De las inversiones requeridas

- La propuesta técnica de acciones estructurales y no estructurales, producto del Modelo de SIG, de las encuestas a usuarios, personal técnico de los módulos de riego, SRL y Distrito de Riego, así como del análisis FODA, resultó técnicamente viable y económicamente rentable.
- La propuesta técnica permite establecer volúmenes de rescate anuales, al poner en marcha el programa de inversiones. El volumen de agua de rescate es de 200 Millones de m³.
- Es importante involucrar a todos usuarios del agua del Distrito (agrícolas. publico-urbano, industrial, etc.) en la propuesta técnica, ya que el uso sustentable del agua no sólo se debe llevar a cabo en el Distrito si no en todos los ámbitos en general.

7.2 Recomendaciones

- Es conveniente que se sigan actualizando las bases de datos del Modelo de SIG del Distrito de Riego 014 Río Colorado, ya que con el quehacer cotidiano en la actividad agrícola se sigue generando información y nuevos estudios que retroalimentan al sistema. Se debe analizar con personal del Distrito la conveniencia de incorporar información personal del usuario al SIPAD como es domicilio del usuario, número de teléfono y dirección electrónica, entre otras.
- Se recomienda capacitar al personal administrativo y operativo del Distrito de Riego en el uso del modelo de SIG con el fin de actualizar el sistema y para la obtención de información de una forma rápida ordenada y precisa en su quehacer.
- Es conveniente emprender un proceso de difusión con los usuarios de los módulos de riego para dar a conocer la importancia y las bases que puede establecer el Modelo de SIG para futuros trabajos que conlleven al desarrollo de la zona; así como la planeación de nuevos estudios que permitan agilizar la toma de decisiones y el desarrollo sustentable del Distrito de Riego.
- Es importante el integrar factores del medio físico (suelo y clima), medio biológico (plagas, enfermedades), de manejo (insumos, tipo de cultivos, manejo del sistema agropecuario, etc.) y socioeconómico (precios de insumos, precios de cosechas, mercados, etc.) en el Modelo de SIG, con el objetivo de lograr una agricultura de precisión.

8. LITERATURA CITADA

- AGCO.2005.<http://www.fieldstar.com/agco/FieldStar/FieldStarUK/System/DataCollection.htm>. (19 de Junio de 2010).
- Agriculturadeprecision.org. 2010. Proyecto Nacional de Agricultura de Precisión. <http://www.agriculturadeprecision.org/presfut/AgPrecArgentina.htm>. (19 de Junio de 2010).
- Aguilera Contreras, M. y Martínez Elizondo, R. 1996. Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera. 4ta. Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp 256.
- Carrillo Guerrero, Y. K. 2009. Water conservation, wetland restoration and agricultural in the Colorado River Delta, México. The University of Arizona. Arizona, USA. pp 197.
- Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP). 2004. Apuntes sobre Evaluación Social de Proyectos. 2da. Edición. Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos. México, D.F. pp 472.
- CONAGUA. 2008a. Programa Nacional Hídrico 2007-2012. 1era. Edición. SEMARNAT. México, D.F. pp 159.
- CONAGUA. 2008b. Plan Director para la Modernización Integral del Riego, del Distrito de Riego 014 Rio Colorado, B. C. y Son. 1era. Edición. SEMARNAT. México, D.F. pp 390.
- CONAGUA. 2007. Programa Hídrico por Organismo de Cuenca, Visión 2030, Península de Baja California. 1era. Edición. SEMARNAT. México, D.F. pp 302.
- CONAGUA. 2004. Ley de Aguas Nacionales. SEMARNAT. México, D.F. pp 103.
- CONAGUA. 2003. Conservación de Distritos y Módulos de Riego. SEMARNAT. México, D.F. pp 58.
- Exebio García A., Palacios Vélez E., Mejía Sáenz, E. y Santos Hernández, A. L. 2009. Conservación diferida y su impacto en el mantenimiento de Distritos de Riego. TERRA Latinoamericana. Volumen 27. Núm.1. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 71-83.
- Mejía Sáenz E. y Hernández Rodríguez A. 2010. Monitoreo de los terrenos bajo riego de México y la asistencia informática y tecnológica para mejorar la

- eficiencia del agua. International Conference on social, economical and ecological problems of agricultural water management. Moscow State University of Environmental Engineering (MSUEE). Moscú, Rusia.
- Mejía Sáenz, E. 2007. Las Tecnologías de la Información en el Uso Eficiente del Agua en la Agricultura en México. Conferencia de Titularidad. Campus Montecillo, Estado de México. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México. Material electrónico.
 - Mejía Sáenz, E., Exebio García A., Palacios Vélez E., Santos Hernández, A. L. y Delgadillo Piñón, Ma. E. 2003a. Mejoramiento del manejo de distritos y módulos de riego utilizando Sistemas de Información Geográfica. TERRA Latinoamericana. Vol. 21 Núm. 4. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 513-522.
 - Mejía Sáenz, E., Palacios Vélez, E., Chávez Morales, J., Zazueta Ranahan, F., Tijerina Chávez, L. y Casas Díaz, E. 2003b. Evaluación económica del proceso de transferencia del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, México. TERRA Latinoamericana. Vol. 21 Núm. 4. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 523-532.
 - Núñez de Santiago, L. J., Mejía Sáenz, E., Palacios Vélez, E., Pedraza Oropeza, F. J. A., Torres Benítez, E., Santos Hernández, A. L., Rodríguez González, A., Vásquez Soto, D. y Salgado Tránsito, J. A. 2009. Manual práctico de ArcView GIS 3.2. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp 314.
 - Ortega Gaucin, D., Mejía Sáenz, E., Palacios Vélez, E., Rendón Pimentel, L. y Exebio García, A. 2009. Modelo de optimización de recursos para un Distrito de Riego. TERRA Latinoamericana. Vol. 27. Núm. 3. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 219-226.
 - Palacios Vélez, E. 2007. Eficiencia en el Uso del Agua en los Distritos de Riego de México. XIV Congreso Nacional de Irrigación. Ponencia M 001. 2007. Morelia, Mich. México. pp 15.
 - Palacios Vélez, E., Exebio García, A., Mejía Sáenz, E. Santos Hernández, A. L. y Delgadillo Piñón, Ma. E. 2002. Problemas financieros de las Asociaciones de Usuarios y su efecto en la conservación y operación de Distritos de Riego.

TERRA Latinoamericana. Vol. 20. Núm. 4. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 505-513.

- Palacios Vélez, E., Exebio García, A., Mejía Sáenz, E. y Rubiños Panta, E. 1994. Diagnóstico sobre la administración de los Módulos operados por las Asociaciones de Usuarios. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp 418.
- Palacios Vélez, E., Exebio García, A. 1989. Introducción a la teoría de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp 482.
- Palacios Vélez, E. 1981. Manual de Operación de Distritos de Riego. UACH, 3era edición. Chapingo, México. pp 333.
- Pedraza Oropeza, F.J. A., Mejía Sáenz, E., Cuevas Renaud, B., Exebio García, A. y Oropeza Mota J.L. 2005. Desarrollo de un Sistema Generador de Modelos Altimétricos para la República Mexicana. TERRA Latinoamericana. Vol. 23. Núm. 2. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 191-200.
- Rival Cesaire, J.R. 2000. Análisis de sustentabilidad de la producción hortícola bajo un sistema de manejo orgánico durante cinco años, en Texcoco, México. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. pp 56.
- Sánchez García, M. A. 1997. Factores que inciden en el cambio tecnológico y en la sostenibilidad del Agroecosistema Maíz en el municipio de Veracruz, Ver. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp 203.
- Sánchez Preciado, S., et al. 2001. Indicadores de sustentabilidad. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. pp 115.
- Soto Pinto, M. L. 2009. Agricultura e Impacto Ambiental en México. X Simposio Internacional y V Congreso Anual de Agricultura Sostenible 2009. Conferencia 80. Agricultura Sostenible Vol. 6. Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, A.C.
- StarJ., Estes J. 1990. Sistemas de Información Geográfica: una Introducción. Traducción libre del inglés por Herrera y H., B. E. e Ibarra Ochoa, M. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias forestales. Chapingo, México.
- Wikipedia. 2010. http://es.wikipedia.org/wiki/Agricultura_de_precisi%C3%B3n. (19 de Junio de 2010).

9. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta a Usuarios

Encuesta a usuarios de los Módulos de Riego cuya información se tomará en cuenta para la elaboración del Diagnostico de la Situación Actual del Distrito de Riego 014 Río Colorado

Nombre _____ (Opcional)

Modulo _____ Ejido _____ Colonia _____ P. Propiedad _____

Fuente de Abastecimiento del Riego: Canal _____ Pozo _____ Ambos

Cultivo principal _____ Superficie (padrón usuarios) _____
ha

Marque con una X la respuesta que considere conveniente o priorice numerando a partir del 1, hasta completar las opciones

1.- ¿Está satisfecho con la infraestructura hidroagrícola del Modulo de Riego al que pertenece?

Sí _____ No _____ Regular _____

2.- ¿Conoce cuanta agua consumen sus cultivos durante el ciclo?

Sí _____ No _____

3.- ¿Cual considera usted que sea el nivel de cumplimiento en la entrega del servicio de riego para su parcela, en relación con lo solicitado o lo acordado con el personal de distribución de aguas de su modulo?

≤ 1 día_____ ≥ 2 días_____ > 3 días_____ > _____
días_____

4.- ¿Considera necesario tener infraestructura hidroagrícola moderna en el modulo de riego al que pertenece?

Sí_____ No_____

5.- Indique lo que crea prioritario

_____Rehabilitación de tomas granja, de estructuras aforadoras y represas

_____Revestimiento de canales

_____Instalación de sistemas de monitoreo de nivel y gasto para mejorar el control de la operación de los canales

_____Rehabilitación de caminos, puentes, etc.

6.- ¿Cree necesario tecnificar el riego de su parcela con algún sistema?

Sí_____ No_____

7.- En su caso, ¿en cual de estos trabajos y sistemas estaría más interesado?

Nivelación _____

Trazo de riego en el sistema actual con gravedad _____

Revestimiento de canales y regaderas o su entubamiento _____

Sistemas de riego con multicompuertas _____

Sistemas de riego por goteo _____

Sistemas de riego por aspersion como pivote central, portátil, avance, etc. _____

8.- ¿Cree necesario instalar un sistema de drenaje en su parcela?

Sí _____ No _____

9.- ¿Le parece suficiente la maquinaria del Distrito de Riego?

Sí _____ No _____ Regular _____

10.- ¿Está satisfecho con la Operación, Conservación y Administración del Modulo de Riego?

Operación

Sí _____ No _____ Regular _____

Conservación

Sí _____ No _____ Regular _____

Administración

Sí _____ No _____ Regular _____

11.- ¿Le parece adecuada la tarifa que se aplica para el cobro por el servicio de riego?

Sí_____ No_____ Regular_____

12.- ¿Riega usted mismo o contrata regadores?

Riego yo mismo _____ Contrato regadores _____

13.- ¿Si contrata regadores, como les paga?

Por turno de 24 horas _____

Por hectárea regada _____

Contrato por tiempo indefinido _____

14.- ¿Ha comercializado derechos de agua para riego?

Sí_____ No_____

Si es afirmativo: señalar cuales de las siguientes formas

Vendido_____ Rentado_____ Comprado_____

15.- Sí su respuesta es afirmativa, ¿considera que existen problemas para la renta, compra o venta de derechos de agua en el distrito de riego?

Sí_____ No_____

16.- ¿Cree usted que el mecanismo de regulación existente para el mercadeo de los derechos de riego funciona adecuadamente?

Sí_____ No_____

17.- Sí su respuesta no es afirmativa, ¿que propondría?

18.- ¿Esta satisfecho con la medición del agua para riego en su toma granja?

Sí_____ No_____

19.- ¿Estaría dispuesto a mejorar la medición del agua en su toma granja con la aportación peso por peso para la instalación de alguna estructura para medición?

Sí_____ No_____

20.- ¿Sabe usted si hay un Reglamento del Distrito?

Sí_____ No_____

¿Y del Modulo al que pertenece?

Sí_____ No_____

21.- ¿Creé necesario que debiera funcionar permanentemente en el distrito de riego, una oficina con suficiente personal calificado para realizar actividades de servicio, asesoría y capacitación en la tecnificación del riego a nivel parcelario (nivelación, diseño de riego por gravedad, trazo, fertirrigación, pronóstico del riego en tiempo real, operación y manejo de sistemas de riego, cursos de capacitación, evaluaciones y otros solicitados por usted?

Sí_____ No_____

¿Estaría dispuesto a aportar una cuota anual para su instalación y funcionamiento?

Sí_____ No_____ Depende del monto de la cuota_____

Anexo 2. Formato para la Elaboración de Modelos de SIG de Sistemas Hidroagrícolas

1. Atributos del shape del parcelamiento del Distrito de Riego

Cuadro II.1. Parcelas_DR014.dbf

No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Den_M_U	Texto	1	-	Denominación de Módulo (M) ó unidad (U).	M
4	Clave_M_U	Texto	2	-	Clave del módulo o unidad de riego (En caso de que los módulos tengan nombre en lugar de número, se ordenara de acuerdo a la clasificación del Distrito de Riego y se numerara en ese orden)	05
5	Cuenta	Número	8	0	Clave única de control que asigna la CONAGUA a cada parcela. (SIPAD).	2514
6	Subcuenta	Texto	5	0	Clave adherida al número de cuenta, que se asigna cuando la parcela ha sido dividida. (SIPAD).	1
7	Apaterno	Texto	25	-	Apellido paterno del dueño de los derechos de agua ante la CONAGUA. (SIPAD).	PÉREZ
8	Amaterno	Texto	25	-	Apellido materno del dueño de los derechos de agua ante la CONAGUA. (SIPAD).	HERNÁNDEZ
9	Nombre	Texto	25	-	Nombre del dueño de los derechos de agua ante la CONAGUA. (SIPAD).	JOSÉ ANTONIO
10	Unidad	Número	3	0	Clave de la unidad a la que pertenece la parcela (SIPAD).	1
11	Zona	Número	3	0	Clave de la zona a la que pertenece la parcela (SIPAD).	2
12	Módulo	Texto	5	0	Clave del modulo al que pertenece la parcela (SIPAD).	1
13	Sección	Número	3	0	Clave de la sección a la que pertenece la parcela (SIPAD).	5
14	CP	Número	3	0	Clave asignada al Canal Principal (SIPAD).	2
15	Lt	Número	3	0	Clave asignada al Canal Lateral (SIPAD).	1
16	Slit	Número	3	0	Clave asignada al Canal sublateral (SIPAD).	1
17	Ra	Número	3	0	Clave asignada al Canal	1

No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
18	Sra	Número	3	0	ramal (SIPAD). Clave asignada al Canal Subramal (SIPAD).	1
19	Ssra	Número	3	0	Clave asignada al Canal Sub-subramal (SIPAD).	1
20	Pcontrol	Número	5	0	Clave asignada al punto de control (SIPAD).	12
21	Tenencia	Número	2	0	Clave correspondiente al tipo de tenencia de la parcela (1;Ejido, 2;Colonos, 3;Pequeña propiedad).	1
22	Estado	Número	3	0	Clave correspondiente al estado de la República donde se encuentre (SIPAD).	5
23	Municipio	Número	3	0	Clave correspondiente al municipio (SIPAD).	14
24	Ejido	Número	3	0	Clave correspondiente al Ejido (SIPAD).	13
25	Grupo	Número	5	0	Clave de Grupo (SIPAD)	2
26	Sistriego	Número	2	0	Clave correspondiente al Sistema de riego: 1:gravedad, 2:bombeo, 3:mixto, 4:goteo, 5:aspersión, 6;otros. (SIPAD).	2
27	Equipo	Número	2	0	Clave del SIPAD para el equipo de bombeo: 1;prop. del usuario, 2; prop. De la SAR, 3; otros.	1
28	SupFisica	Número	6	2	Superficie física de la parcela registrada en el SIPAD. (ha).	15.20
29	SupRiego	Número	6	2	Superficie de riego de la parcela registrada en el SIPAD. (ha).	15.00
30	SupPROCEDE	Número	6	2	Superficie de la parcela registrada en el PROCEDE. (ha).	15.00
31	Sup_calc	Número	6	2	Superficie calculada con la herramienta "calcula ha" del programa Arc View. (siguiendo la metodología recomendada al término de la tabla)*.	15.00
32	Cultivo	Texto	20	-	Cultivo que se sembró en el ciclo anterior	MAIZ
33	U_actual	Texto	70	-	Nombre del usuario actual de la parcela, el que les sea indicado en sus recorridos de campo, procede, vecinos, etc. (si acentos).	PEREZ HERNANDEZ JOSE ANTONIO
34	Cta	Texto	10	-	Cuenta y subcuenta separadas por un guión (concatenadas)**.	2514-1
35	C_pozo	Texto	12	-	Clave del pozo con el que se riega la parcela (en caso de que exista).	CDD234
35	Req_Actu	Texto	2	-	Requiere actualización: "SI" o "NO"	SI

No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
36	Razon_Actu	Texto	20	-	Acordar una clasificación de motivos de actualización	CAMBIO DE USO DEL SUELO PARCELA URBANIZADA PROPIETARIO FALLECIDO CAMBIO DE PROPIETARIO CAMBIOS EN SUPERFICIE ETC...
37	Observacion	Texto	100	-	Situación o condición en la que se encuentra la parcela y/o el usuario y que valga la pena mencionar (como el hecho de que el punto de control no corresponda con el especificado en el SIPAD).	"TIENE 1 HA DE TERRENO CON PROBLEMAS DE SALINIDAD" "NO RIEGA DESDE HACE 5 AÑOS" "TERRENO OCIOSO" "EN LOS PLANOS DEL MODULO APARECE COMO EL LOTE 1460-E" "TERRENO CON PROBLEMAS LEGALES" "NO TIENE TOMA GRANJA, TIENE BOMBA CHARQUERA"

2. Atributos del shape de la red de conducción del Distrito de Riego

Cuadro II.2. Red_conducc_DR014.dbf

No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Operado_por	Texto	10	-	Señalar quien opera ese tramo de infraestructura: Distrito de Riego (DISTRITO) o Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL); o el Módulo de Riego (MODULO)	MODULO
4	Den_M_U	Texto	1	-	Denominación de Módulo (M) ó unidad (U) (Solo cuando aplique)	M
5	Clave_M_U	Texto	2	-	Clave del módulo o unidad de riego (En caso de que los módulos tengan nombre en lugar de número, se ordenara de acuerdo a la clasificación del Distrito de Riego y se numerara en ese orden)	05
6	Tipo_red	Texto	8	-	Canal ó Tubería.	CANAL
7	Nombre	Texto	30	-	Nombre del canal registrado en el Inventario de obras.	INDEPENDENCIA
8	Nivel_red	Texto	15	-	Principal, lateral, sublateral, Sub-sublateral, etc.	PRINCIPAL
9	Margen	Texto	10	-	Margen sobre el cual se encuentra el canal (derecho ó izquierdo).	DERECHO
10	Tipo_sec	Texto	15	-	Indicar el tipo de sección hidráulica.	TRAPECIAL
11	Tipo_rev	Texto	15	-	Indicar el tipo de revestimiento (concreto, tierra, otro).	CONCRETO
12	Tipo_tub	Texto	6	-	Indicar el tipo de material de la tubería (ACERO, PVC, OTRO).	ACERO
13	Diámetro	Texto	5	0	Diámetro en pulgadas.	34
14	Gast_cond	Número	7	2	Gasto de conducción en litros por segundo. Obtenido del inventario de infraestructura (lps).	600.00
15	No_invent	Texto	5	0	Número de inventario (registrado en la CONAGUA para ese canal).	5
16	Long_efec	Número	6	2	Longitud del canal registrada en el inventario de la CONAGUA (km).	3.45
17	Gasto	Número	8	3	Gasto (m ³ /s)	2.412
18	V_media	Número	6	4	Velocidad media (m/s)	0.5649
19	Pendiente	Número	6	4	Pendiente	0.0005

No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
20	Area_hid	Número	6	3	Área hidráulica (m ²)	4.270
21	Plantilla	Número	5	2	Ancho de plantilla (m)	1.65
22	Tirante	Número	5	2	Tirante normal (m)	1.20
23	Libre_b	Número	5	2	Libre bordo (m)	0.30
24	Talud	Número	5	2	Taludes (m)	1.00
25	Corona	Número	5	2	Ancho de corona (m)	5.00
26	Edo_fisico	Texto	8	-	Mencionar el Estado físico actual: Bueno (no requiere rehabilitación), regular (requiere poca rehabilitación), malo (requiere rehabilitación mayor o reposición para operar)	BUENO
27	Long_calc	Número	6	2	Longitud calculada en el SIG (km)	3.45
28	Observacion	Texto	100	-	Alguna observación o comentario a destacar del canal, podría ser que no esta dentro del inventario, que el cadenamiento es erróneo, etc. el canal no tiene estructuras funciona como regadera, que esta mal la clasificación de tipo de canal, etc.	CANAL NUEVO, NO INVENTARIADO
29	Imagen	Texto	16	-	Fotografía asociada al canal o red de conducción. Al inicio del tramo o que sea representativa del tramo considerado	DR000M00RC000*
30	Fecha	Texto	10	-	Fecha en que se tomo la fotografía (dd-mm-aaaa)	28-07-2009

3. Atributos del shape de la red de drenaje del Distrito de Riego

Cuadro II.3. Red_drenaje_DR014.dbf

No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Operado_por	Texto	10	-	Señalar quien opera ese tramo de infraestructura: Distrito de Riego (DISTRITO) o Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL); o el Módulo de Riego (MODULO)	MODULO
4	Den_M_U	Texto	1	-	Denominación de Módulo (M) ó unidad (U). (Solo cuando aplique)	M
5	Clave_M_U	Texto	2	-	Clave del módulo o unidad de riego (En caso de que los módulos tengan nombre en lugar de número, se ordenara de acuerdo a la clasificación del Distrito de Riego y se numerara en ese orden)	05
6	Nombre	Texto	30	-	Nombre del dren	DREN DE LA MESA
7	Tipo_dren	Texto	10	-	Tipo de dren (principal, ramal, sub-ramal, terciario).	PRINCIPAL
8	No_invent	Texto	5	0	Número de inventario (registrado en la CONAGUA para ese dren).	5
9	Long_efec	Número	6	2	Longitud del dren registrada en el inventario de la CONAGUA (km).	3.41
10	Gasto	Número	8	3	Gasto (m ³ /s)	2.412
11	V_media	Número	6	4	Velocidad media (m/s)	0.5649
12	Pendiente	Número	6	4	Pendiente	0.0005
13	Area_hid	Número	6	3	Área hidráulica (m ²)	4.270
14	Plantilla	Número	5	2	Ancho de plantilla (m)	1.65
15	Tirante	Número	5	2	Tirante normal (m)	1.20
16	Libre_b	Número	5	2	Libre bordo (m)	0.30
17	Talud	Número	5	2	Taludes (m)	1.00
18	Corona	Número	5	2	Ancho de corona (m)	5.00
19	Edo_fisico	Texto	8	-	Mencionar el Estado físico actual: Bueno (no requiere rehabilitación), regular (requiere poca rehabilitación), malo (requiere rehabilitación para operar).	REGULAR
20	Long_calc	Número	10	2	Longitud del dren (m). Obtenida por el programa Arcview.	500.00
21	Observacion	Texto	100	-	Alguna observación o comentario a destacar del dren, podría ser que no esté dentro del inventario, que el cadenamamiento es erróneo, etc.,	DREN NUEVO, NO INVENTARIADO
22	Imagen	Texto	16	-	Fotografía asociada al dren. Al inicio del tramo o que sea representativa del tramo considerado	DR000M00RD000*
23	Fecha	Texto	10	-	Fecha en que se tomo la fotografía (dd-mm-aaaa)	28-07-2009

4. Atributos del shape de los ríos del Distrito de Riego

Cuadro II.4. Rios_DR014.dbf

No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Nombre	Texto	30	-	Nombre del río	COLORADO
4	Long_calc	Número	10	2	Longitud del río en km.	3.21
5	Imagen	Texto	11	-	Fotografía asociada al río. Al inicio del tramo o que sea representativa del tramo considerado	DR000RIO0*
6	Fecha	Texto	10	-	Fecha en que se tomo la fotografía (dd-mm-aaaa)	28-07-2009

5. Atributos del shape de las presas del Distrito de Riego

Cuadro II.5. Presas_DR014.dbf

No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Den_M_U	Texto	1	-	Denominación de Módulo (M) ó unidad (U). Cuando solo preste servicio a un módulo o unidad de riego	M
4	Clave_M_U	Texto	2	-	Clave del módulo o unidad de riego. Cuando solo preste servicio a un módulo o unidad de riego	05
5	Nombre	Texto	30	-	Nombre de la presa.	MORELOS
6	Tipo	Texto	15	-	Tipo de presa (Almacenamiento ó derivadora)	DERIVADORA
7	Capacidad	Número	12	2	Capacidad de la presa en hm ³ (Millones de metros cúbicos).	5038.00
8	Material	Texto	30	-	Material con el que está construida la presa. (Tierra, Mampostería, Concreto, Materiales Graduados, etc.)	CONCRETO
9	Altura	Número	6	2	Altura de la presa (m)	14.30
10	Long_cortina	Número	8	2	Longitud de la cortina o cresta (m)	400.00
11	O_de_T	Texto	40	-	Obra de toma (Compuerta deslizante, tipo Miller, tubería, etc.)	DESILIZANTE 1.54X1.52 M
12	Vertedor	Texto			Tipo de vertedor (Creaguer, cresta libre, etc.)	CREAGUER
13	Carga_max	Número	6	2	Carga máxima (m)	1.50
14	Long_cresta	Número	8	2	Longitud de la cresta	26.50
15	Gasto_max.	Número	8	2	Gasto máximo (m ³ /s)	50.30
16	Observacion	Texto	100	-	Alguna observación o comentario a destacar de la presa, podría ser que no esté dentro del inventario	DREN NUEVO, NO INVENTARIADO
17	Imagen	Texto	10	-	Fotografía asociada a la presa**.	DR000PA0*
18	Fecha	Texto	10	-	Fecha en que se tomo la fotografía (dd-mm-aaaa)	28-07-2009

6. Atributos del shape de la red de caminos del Distrito de Riego

Cuadro II.6. Caminos_DR014.dbf

No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Operado_por	Texto	10	-	Señalar quien opera ese tramo de infraestructura: Distrito de Riego (DISTRITO) o Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL); o el Módulo de Riego (MODULO)	MODULO
4	Den_M_U	Texto	1	-	Denominación de Módulo (M) ó unidad (U).	M
5	Clave_M_U	Texto	2	-	Clave del módulo o unidad de riego.	05
6	Nombre	Texto	20	-	Nombre del camino	REAL DE SAN VICENTE
7	Tipo_camino	Texto	10	-	Tipo de servicio (acceso, operación).	OPERACIÓN
8	Ancho	Número	5	2	Ancho de la superficie de rodamiento en metros.	4.5
9	Tipo_revest	Texto	10	-	Tipo de revestimiento, (Grava, pavimento, tierra u otros).	GRAVA
10	Long_efec	Número	10	2	Longitud efectiva registrada en el inventario de infraestructura del Distrito (km).	2.14
11	Long_calc	Número	10	2	Longitud calculada en el SIG (km).	2.14
12	Imagen	Texto	16	-	Fotografía asociada al camino. Al inicio del tramo o que sea representativa del tramo considerado	DR000M00CM000*
13	Fecha	Texto	10	-	Fecha en que se tomo la fotografía (dd-mm-aaaa)	28-07-2009

7. Atributos del shape de la red de carreteras del Distrito de Riego

Cuadro II.7. Carreteras_DR014.dbf

No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
4	Nombre	Texto	20		Nombre de la carretera	MÉXICO-TIJUANA
5	Tipo	Texto	10		Tipo de carretera (Federal o Autopista).	AUTOPISTA

8. Atributos del shape de las estructuras del Distrito de Riego

Cuadro II.8. Estructuras_DR014.dbf

No	Atributos	Tipo de datos	de	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Operado_por	Texto	10	-	-	Señalar quien opera esta estructura: Distrito de Riego (DISTRITO) o Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL); o el Módulo de Riego (MODULO)	MODULO
4	Den_M_U	Texto	1	-	-	Denominación de Módulo (M) ó unidad (U).	M
5	Clave_M_U	Texto	2	-	-	Clave del módulo o unidad de riego.	14
6	Estructura	Texto	20	-	-	Nombre de la estructura: compuerta, alcantarilla, sifón, puente, etc. (únicamente el nombre, cualquier observación o especificación adicional debe colocarse en la columna "Observación")	REPRESA
7	Tipo_est	Texto	12	-	-	Tipo de estructura: Operación, protección ó Cruce.	OPERACIÓN
8	Longitud_X	Número	10	4	-	Longitud, coordenada geográfica de la estructura expresada en grados decimales.	-98.4785
9	Latitud_Y	Número	10	4	-	Latitud, coordenada geográfica de la estructura expresada en grados decimales.	18.8017
10	UTM_X	Número	10	2	-	Longitud, coordenadas UTM del pozo.	2332532.58
11	UTM_Y	Número	10	2	-	Latitud, coordenadas UTM del pozo.	722372.73
12	Caract	Texto	150	-	-	Características de la estructura.	Represa con 2 compuertas de 1.50 m X 0.40 m sobre canal MI

No	Atributos	Tipo de datos	de	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
13	Edo_fisico	Texto	8	-		Mencionar el estado físico actual de conservación (Bueno, Regular ó Malo).	REGULAR
14	Ubicacion	Texto	6	-		Especificar si es margen derecha (MD), izquierda (MI) o frontal (FR)	MD
15	Cadenamien	Texto	10	-		Cadenamiento oficial del inventario de estructuras	20+500
16	Nom_canal	Texto	30	-		Señalar en que canal se encuentra la estructura caracterizada	CANAL LATERAL HECHICERA
17	Observacion	Texto	100	-		Algún detalle que sea importante destacar: el vástago esta doblado, sin mecanismo, no se usa, toma no inventariada, regadera entubada, sellada, clausurada,,, etc.	TOMA SELLADA
18	Imagen	Texto	20	-		Fotografía(s) asociada(s) a la estructura.	DR000M00C000E000*
19	Fecha	Texto	10	-		Fecha en que se tomo la fotografía (dd-mm-aaaa)	28-07-2009

9. Atributos del shape de pozos del Distrito de Riego

Cuadro II.9. Pozos_DR014.shp

No	Atributos	Tipo de datos	de	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Operado_por	Texto	10	-	-	Señalar quien opera esta infraestructura: Distrito de Riego (DISTRITO) o Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL); o el Módulo de Riego (MODULO)	MODULO
4	Den_M_U	Texto	1	-	-	Denominación de Módulo (M) ó unidad (U).	M
5	Clave_M_U	Texto	2	-	-	Clave del módulo o unidad de riego.	05
6	No_pozo	Número	10	-	-	Número de pozo.	27
7	Nombre	Texto	15	-	-	Nombre del pozo.	POZO 27A
8	Longitud_X	Número	10	4	-	Longitud, coordenada geográfica de la estructura expresada en grados decimales.	-98.4785
9	Latitud_Y	Número	10	4	-	Latitud, coordenada geográfica de la estructura expresada en grados decimales.	18.8017
10	UTM_X	Número	10	2	-	Longitud, coordenadas UTM del pozo.	2332532.58
11	UTM_Y	Número	10	2	-	Latitud, coordenadas UTM del pozo.	722372.73
12	Eficiencia	Número	5	2	-	Porcentaje de eficiencia.	60.12
13	Diam_desc	Número	5	0	-	Diámetro de descarga en pulgadas.	6
14	Long_colum	Número	5	0	-	Longitud de la columna de agua (m).	4
15	Uso	Texto	10	-	-	Agrícola, pecuario, urbano, otros.	AGRICOLA
16	Usuarios	Número	3	0	-	Número de usuarios del pozo.	3
17	Sup_total	Número	8	2	-	Superficie total (ha).	138.00
18	Sup_cultivada	Número	8	2	-	Superficie cultivada (ha).	80.00
19	Sup_regada	Número	8	2	-	Superficie regada (ha).	80.00

No	Atributos	Tipo de datos	de	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
20	Observacion	Texto		70	-	Breve descripción del pozo. (Aquí pueden hacerse todo tipo de observaciones que se requiera).	BOMBA VERTICAL, DE 6" DE DIÁMETRO DE DESCARGA
21	Edo_fisico	Texto		8	-	Mencionar el estado físico actual de conservación (Bueno, Regular ó Malo).	BUENO
22	Imagen	Texto		15	-	Fotografía(s) asociada(s) al pozo.	DR000M00P00 *
23	Fecha	Texto		10	-	Fecha en que se tomo la fotografía (dd-mm-aaaa)	28-07-2009

10. Atributos del shape de bombeos del Distrito de Riego

Cuadroll.10. Bombeos_DR014.shp

No	Atributos	Tipo de datos	de	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Operado_por	Texto	10	-	-	Señalar quien opera ese tramo de infraestructura: Distrito de Riego (DISTRITO) o Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL); o el Módulo de Riego (MODULO)	MODULO
4	Den_M_U	Texto	1	-	-	Denominación de Módulo (M) ó unidad (U).	M
5	Clave_M_U	Texto	2	-	-	Clave del módulo o unidad de riego.	05
6	No_bombeo	Número	10	-	-	Número de bombeo	3
7	Nombre	Texto	15	-	-	Nombre del bombeo	DDC-5
8	Longitud_X	Número	10	4	-	Longitud, coordenada geográfica de la estructura expresada en grados decimales.	-98.4785
9	Latitud_Y	Número	10	4	-	Latitud, coordenada geográfica de la estructura expresada en grados decimales.	18.8017
10	UTM_X	Número	10	2	-	Longitud, coordenadas UTM del bombeo.	2332532.58
11	UTM_Y	Número	10	2	-	Latitud, coordenadas UTM del bombeo.	722372.73
12	Eficiencia	Número	5	2	-	Porcentaje de eficiencia.	60.12
13	Diam_desc	Número	5	0	-	Diámetro de descarga en pulgadas.	6
14	Long colum	Número	5	0	-	Longitud de la columna de agua (m).	4
15	Uso	Texto	10	-	-	Agrícola, pecuario, urbano, otros.	AGRICOLA
16	Usuarios	Número	3	0	-	Número de usuarios del bombeo.	3
17	Sup_total	Número	8	2	-	Superficie total (ha).	138.00
18	Sup_cultivada	Número	8	2	-	Superficie cultivada (ha).	80.00
19	Sup_regada	Número	8	2	-	Superficie regada (ha).	80.00

No	Atributos	Tipo de datos	de	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
20	Observacion	Texto		70	-	Breve descripción del bombeo. (Aquí pueden hacerse todo tipo de observaciones que se requiera).	BOMBA VERTICAL, DE 6" DE DIÁMETRO DE DESCARGA
21	Edo_fisico	Texto		8	-	Mencionar el estado físico actual de conservación (Bueno, Regular ó Malo).	BUENO
22	Imagen	Texto		15	-	Fotografía(s) asociada(s) al bombeo.	DR000M00B00*
23	Fecha	Texto		10	-	Fecha en que se tomo la fotografía (dd-mm-aaaa)	28-07-2009

11. Atributos del shape de los poblados del Distrito de Riego

Cuadro II.11. Poblados_DR014.dbf

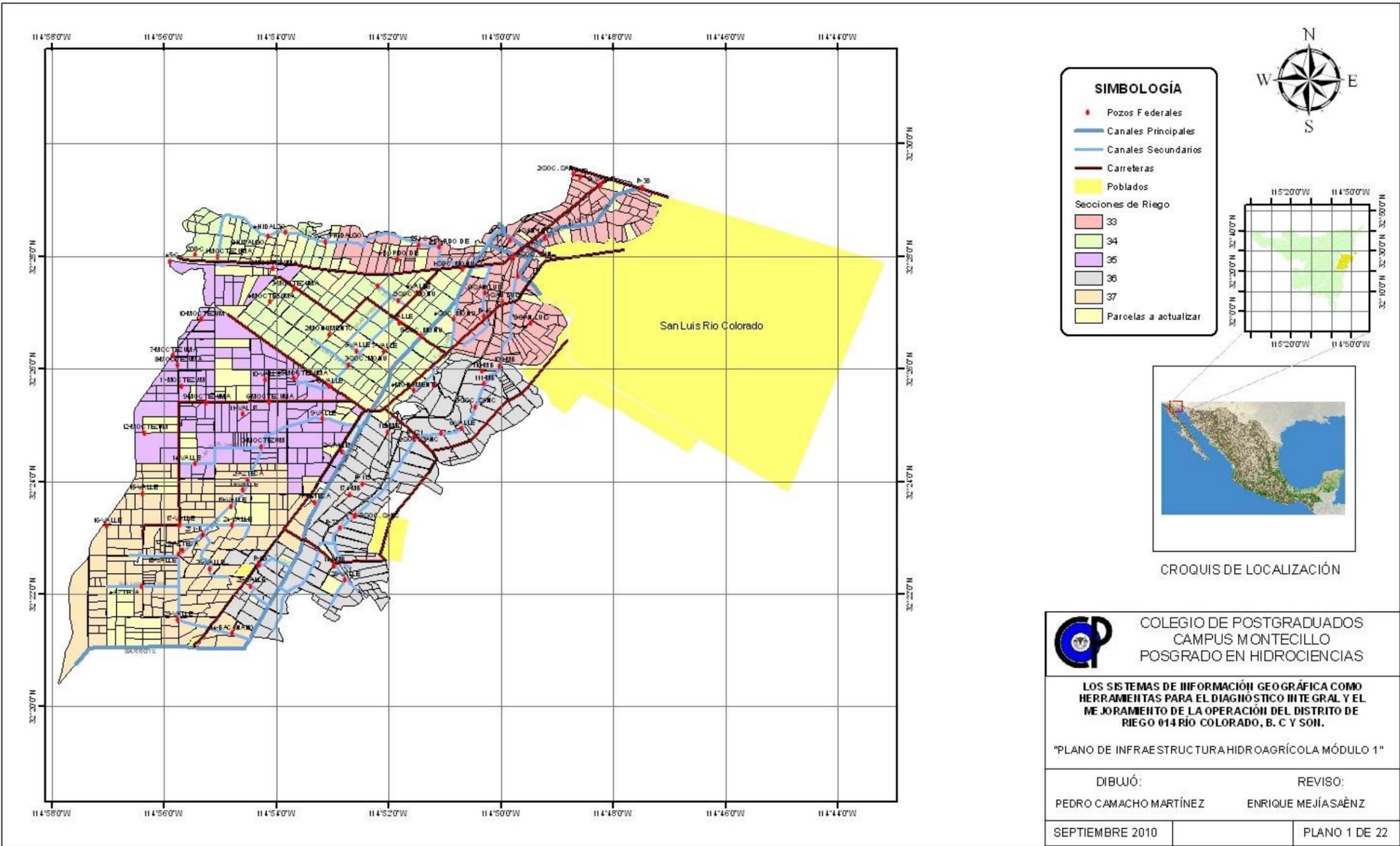
No	Atributos	Tipo de datos	de	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto		2	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto		3	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Nombre	Texto		25	-	Nombre oficial de la población	GUADALUPE VICTORIA
4	No_hab	Número		10	0	Número de habitantes	93296
5	Estado	Texto		25	-	Nombre del estado	BAJA CALIFORNIA
6	Municipio	Texto		25	-	Nombre del Municipio	MEXICALI

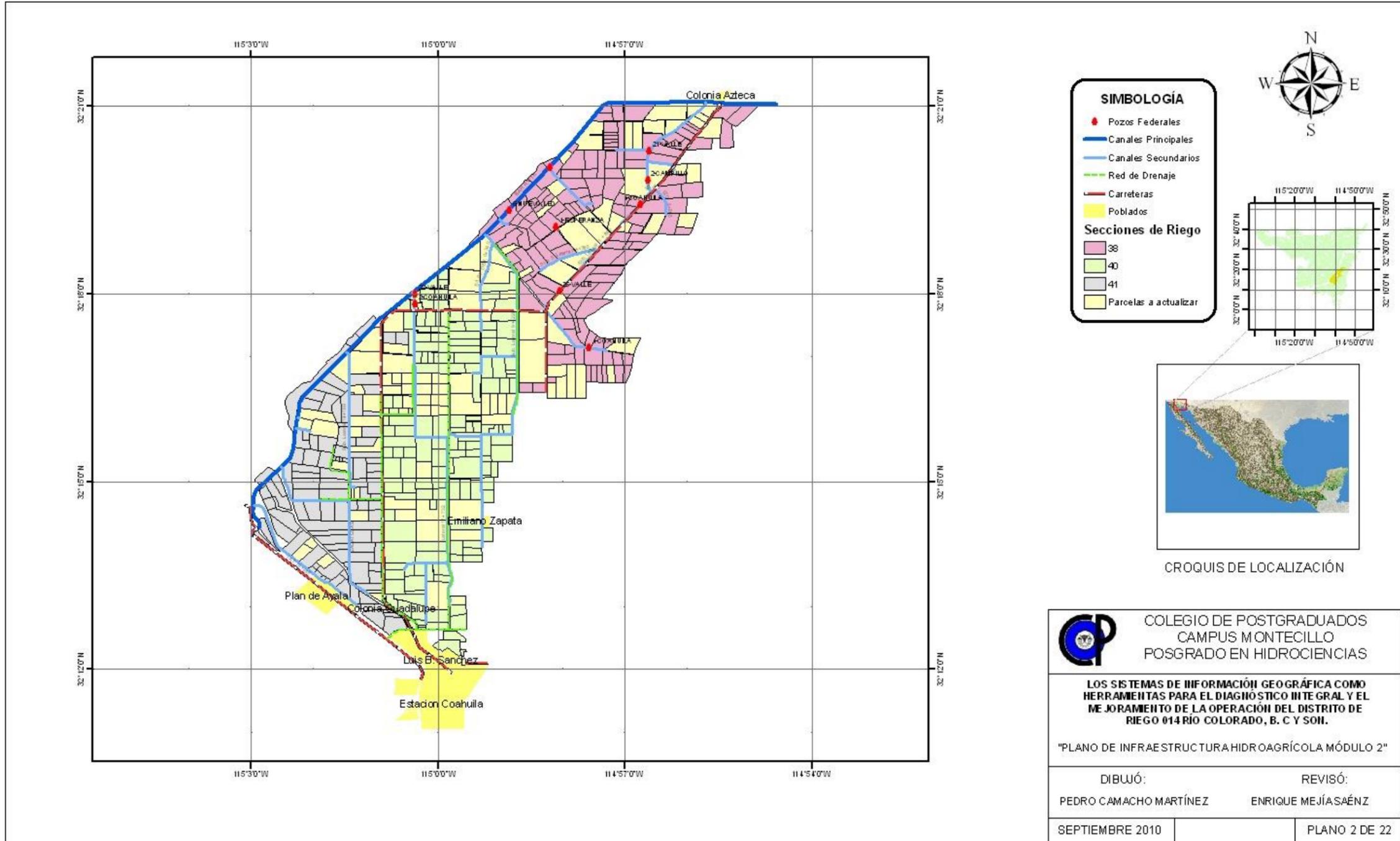
12. Atributos del shape de vías férreas del Distrito de Riego

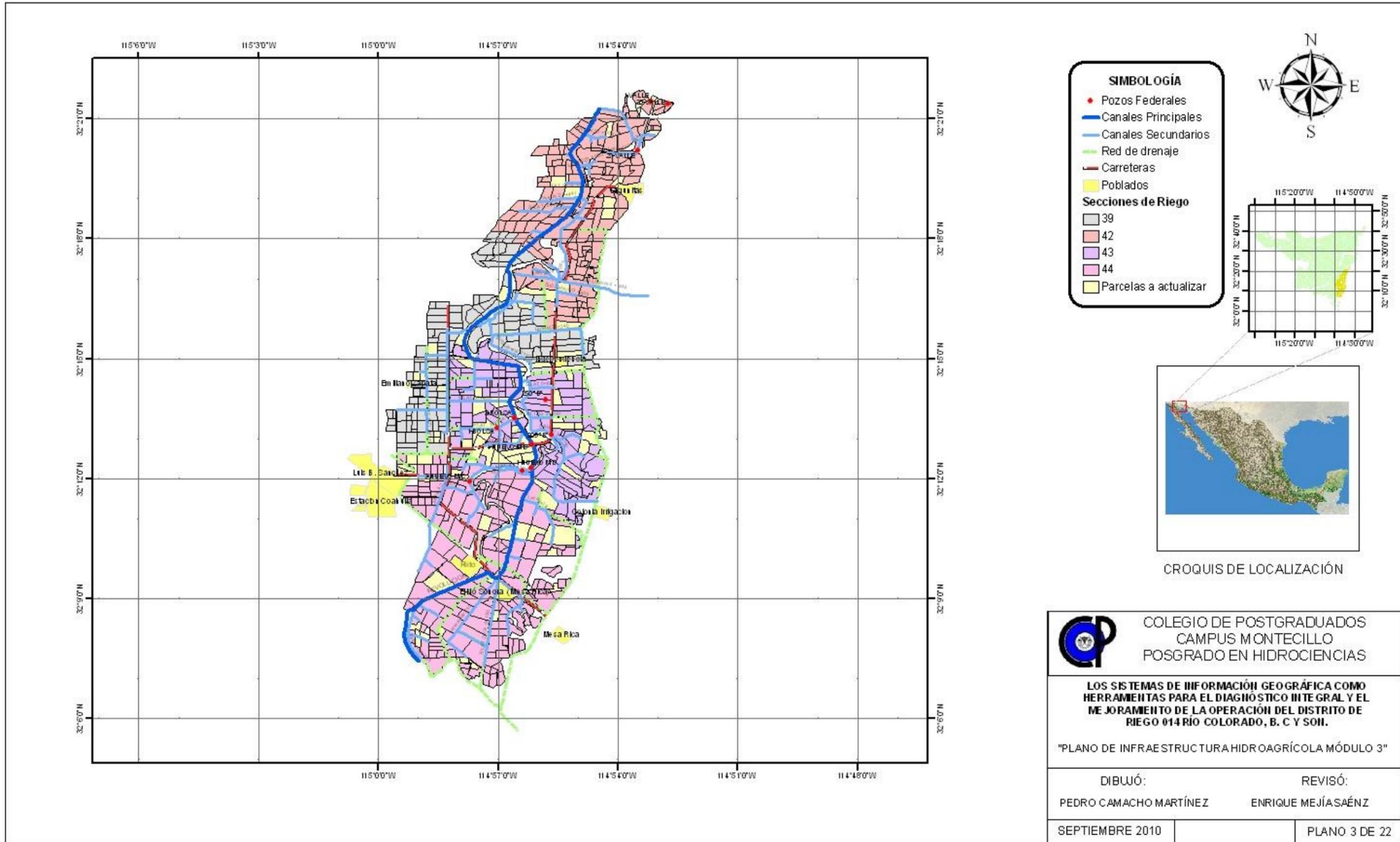
Cuadro II.12. Vías_férreas_DR014.dbf

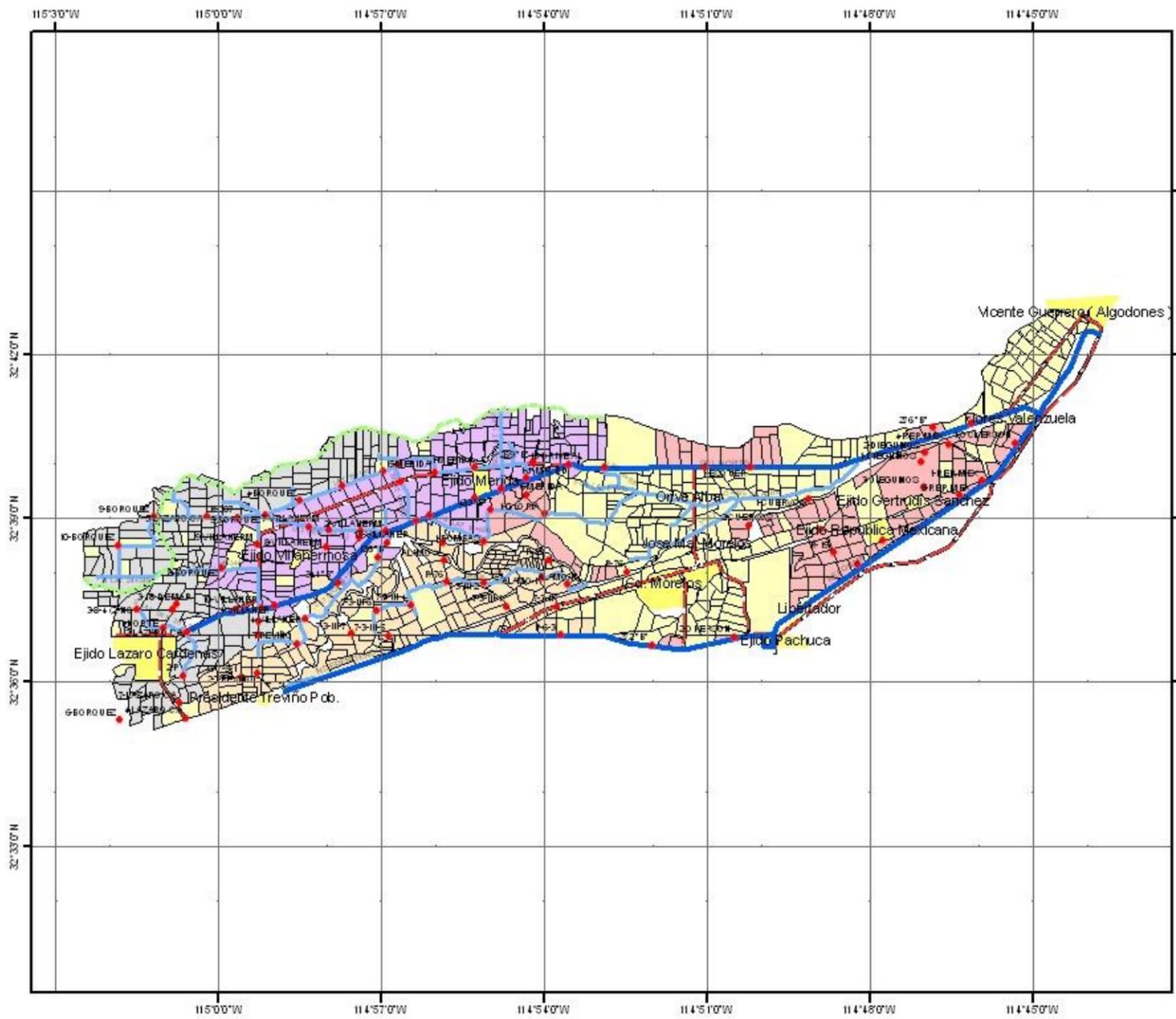
No	Atributos	Tipo de datos	Carácter	Decimal	Descripción	EJEMPLO
1	Denom	Texto	2	-	Denominación de Distrito de Riego	DR
2	Clave_DR	Texto	3	-	Clave del Distrito de Riego (000).	014
3	Nombre	Texto	20		Nombre de la vía (generalmente Origen-Destino)	MÉXICO-MEXICALI
4	Long_calc	Número	6	2	Longitud calculada (km)	16.2

Anexo 3. Planos de Infraestructura Hidroagrícola por Módulo de Riego







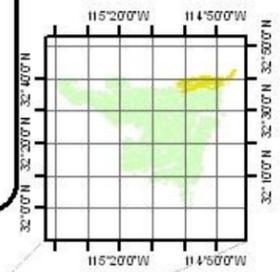


SIMBOLOGÍA

- Pozos Federales
- Red de drenaje
- Canales principales
- Canales secundarios
- Carreteras
- Poblados

Secciones de riego

- 1
- 2
- 3
- 4
- Parcelas a actualizar



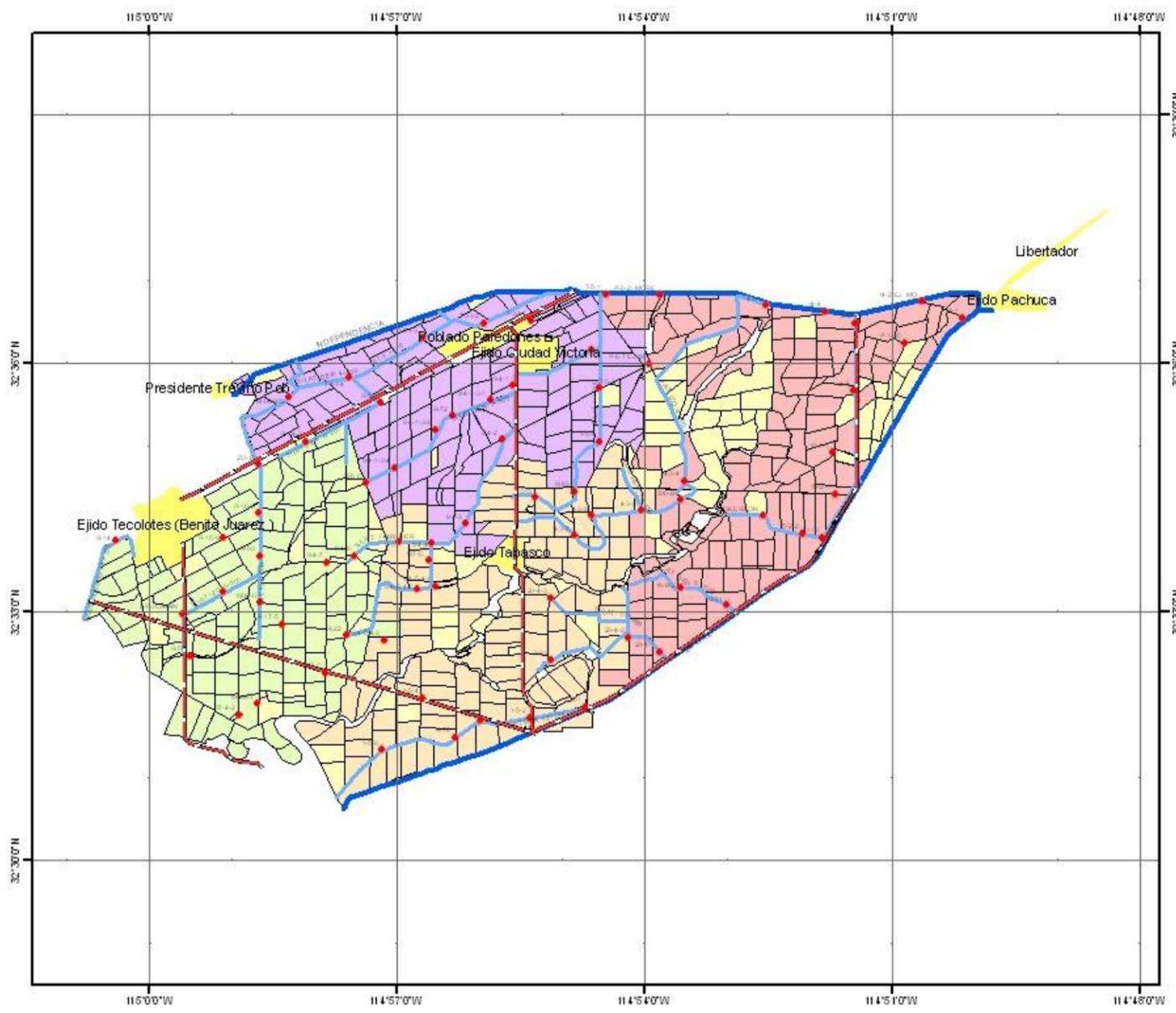
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

 **COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C Y SON.**

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 4"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉNZ
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 4 DE 22

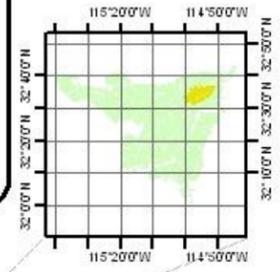


SIMBOLOGÍA

- Pozos federales
- Canales principales
- Canales secundarios
- Carreteras
- Poblados

Secciones de riego

- 10
- 11
- 8
- 9
- Parcelas a actualizar



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
REGO 014 RÍO COLORADO, B. C. Y SON.**

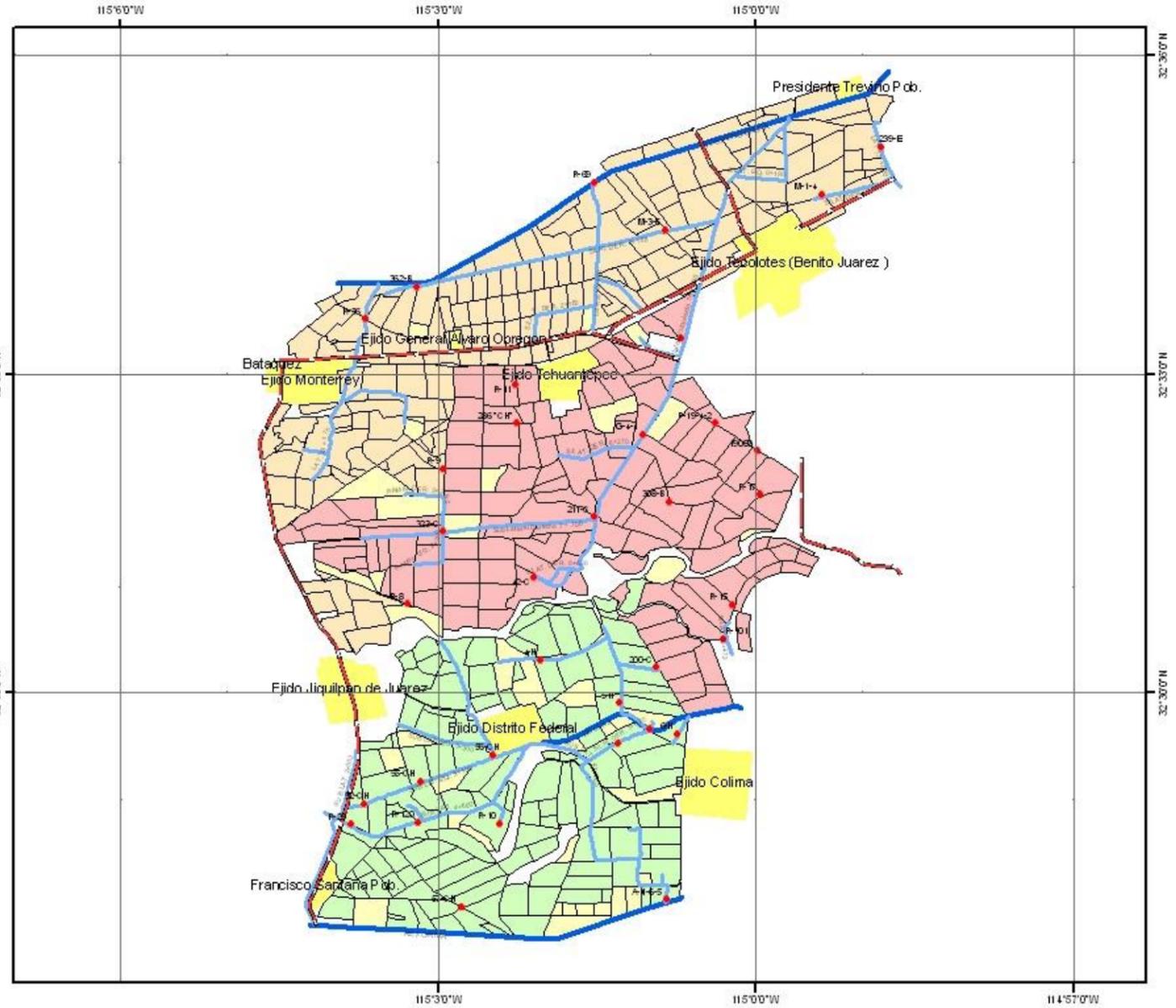
"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 5"

DIBUJÓ:
PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ

REVISÓ:
ENRIQUE MEJÍAS AÉNZ

SEPTIEMBRE 2010

PLANO 5 DE 22

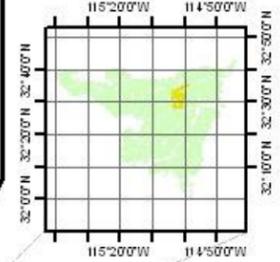


SIMBOLOGÍA

- Pozos federales
- Canales principales
- Canales secundarios
- Carreteras
- Poblados

Secciones de riego

- 12
- 13
- 19
- Parcelas a actualizar



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



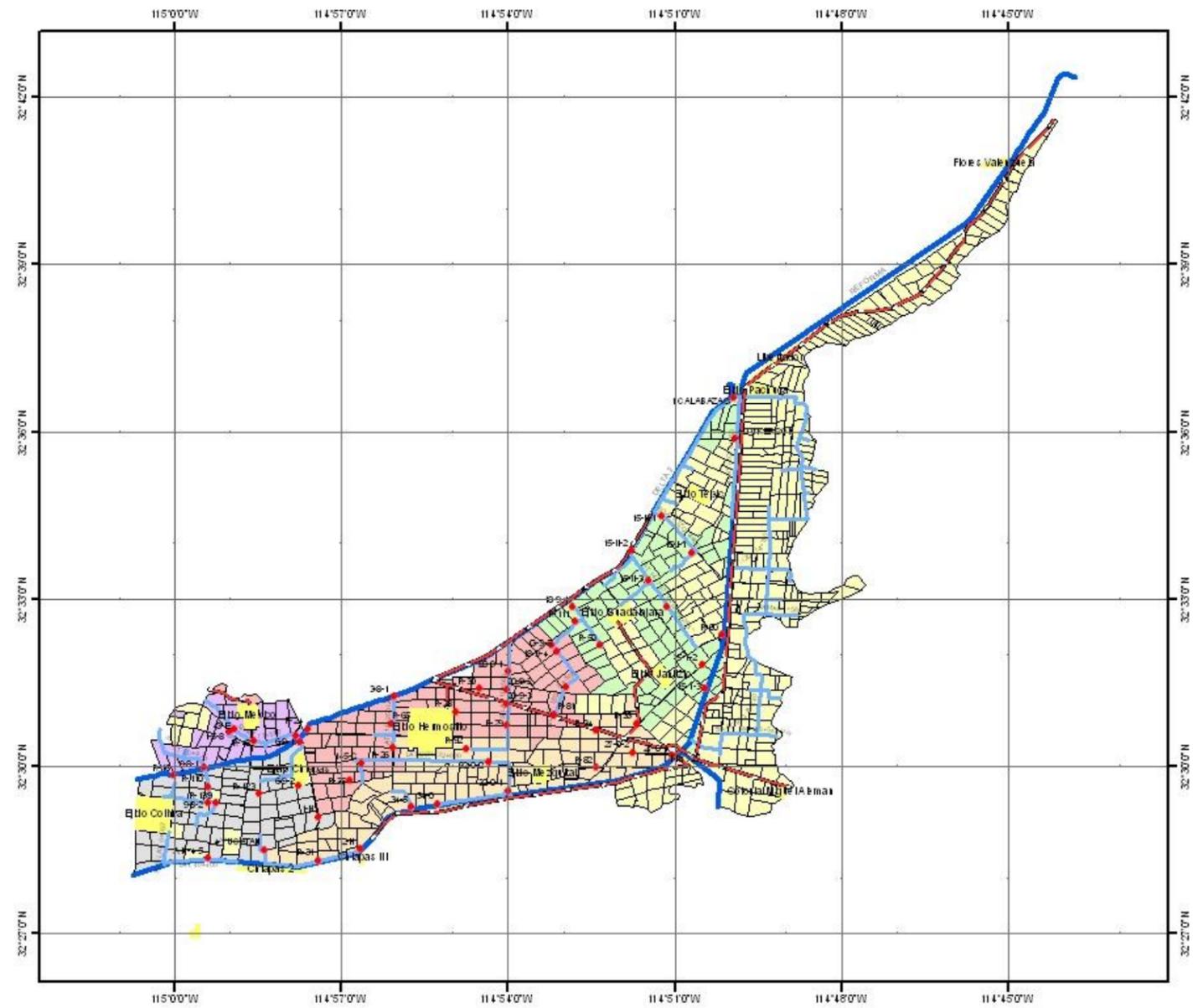
COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C. Y SOH.

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 6"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASÁENZ

SEPTIEMBRE 2010 PLANO 6 DE 22

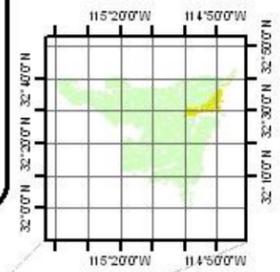


SIMBOLOGÍA

- Pozos Federales
- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Carreteras
- Poblados

Secciones de riego

- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- Parcelas a actualizar



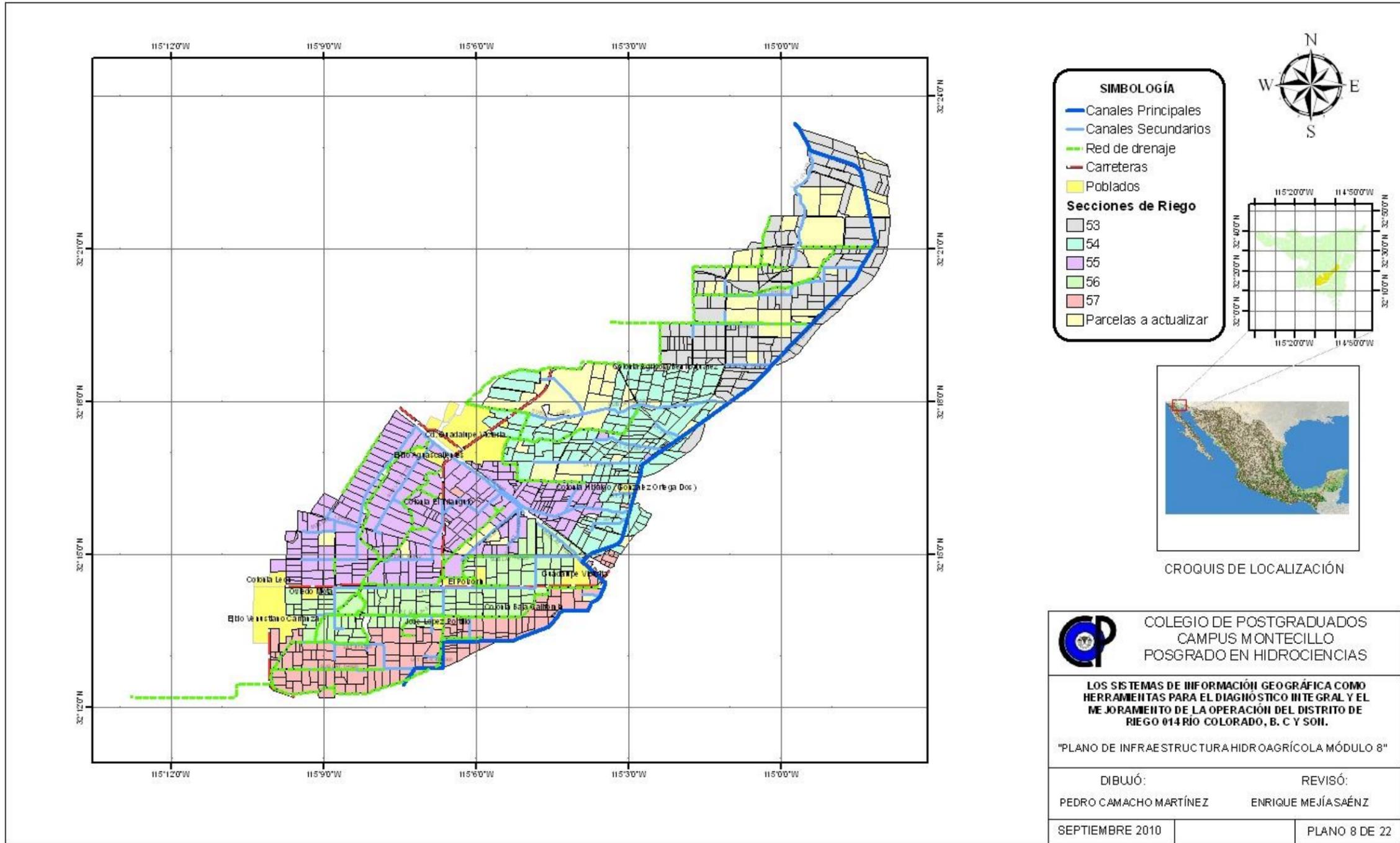
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

 **COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C. Y SON.**

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 7"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉNZ
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 7 DE 22

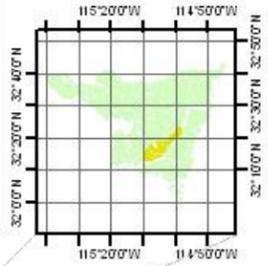


SIMBOLOGÍA

- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras
- Poblados

Secciones de Riego

- 53
- 54
- 55
- 56
- 57
- Parcelas a actualizar



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RIO COLORADO, B. C. Y SOH.

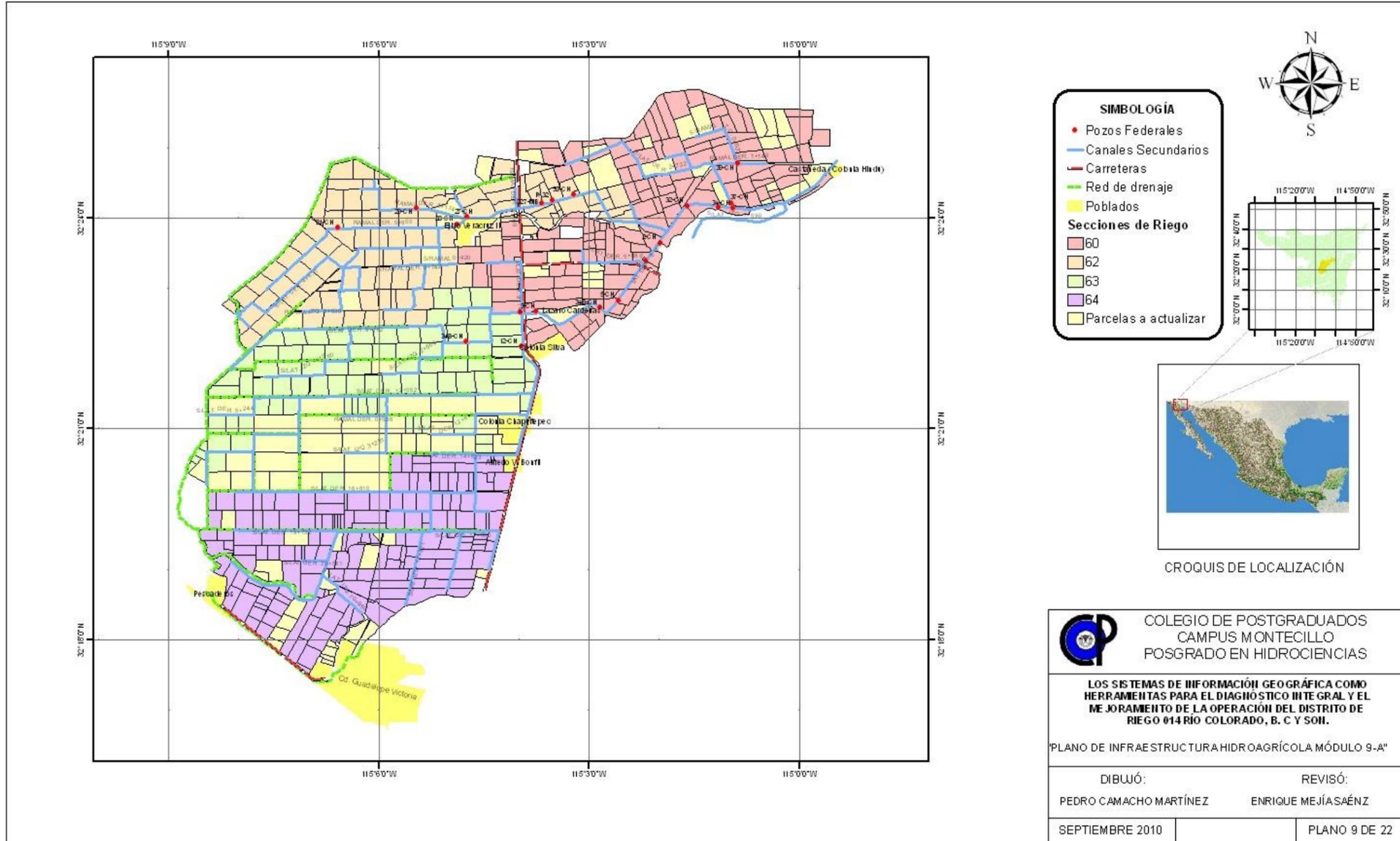
"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 8"

DIBUJÓ:
PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ

REVISÓ:
ENRIQUE MEJÍASAÉN

SEPTIEMBRE 2010

PLANO 8 DE 22

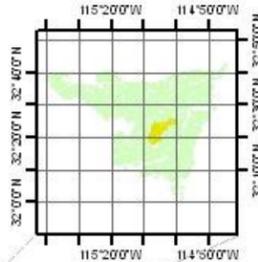


SIMBOLOGÍA

- Pozos Federales
- Canales Secundarios
- Carreteras
- Red de drenaje
- Poblados

Secciones de Riego

- 60
- 62
- 63
- 64
- Parcelas a actualizar



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

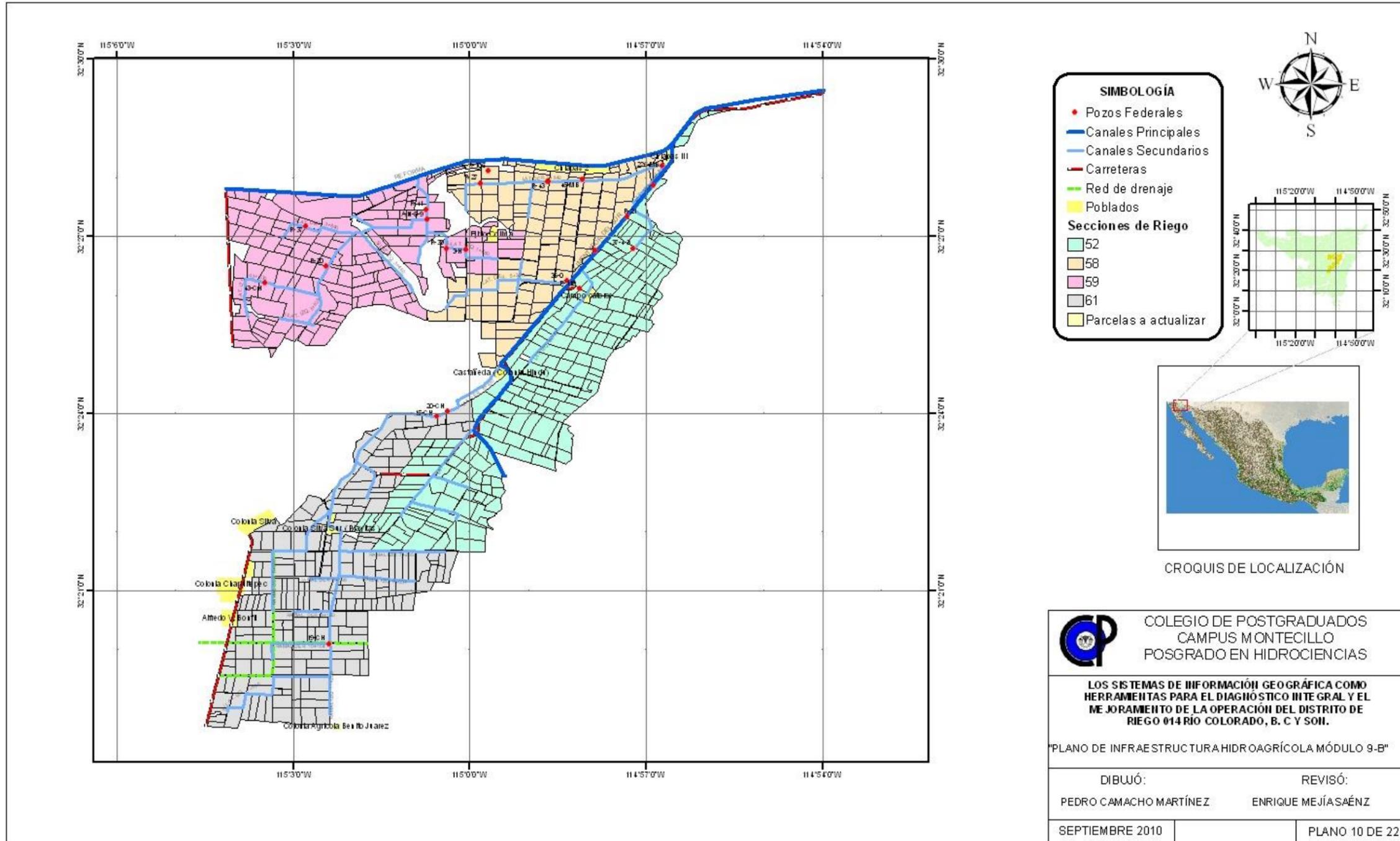
 COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS

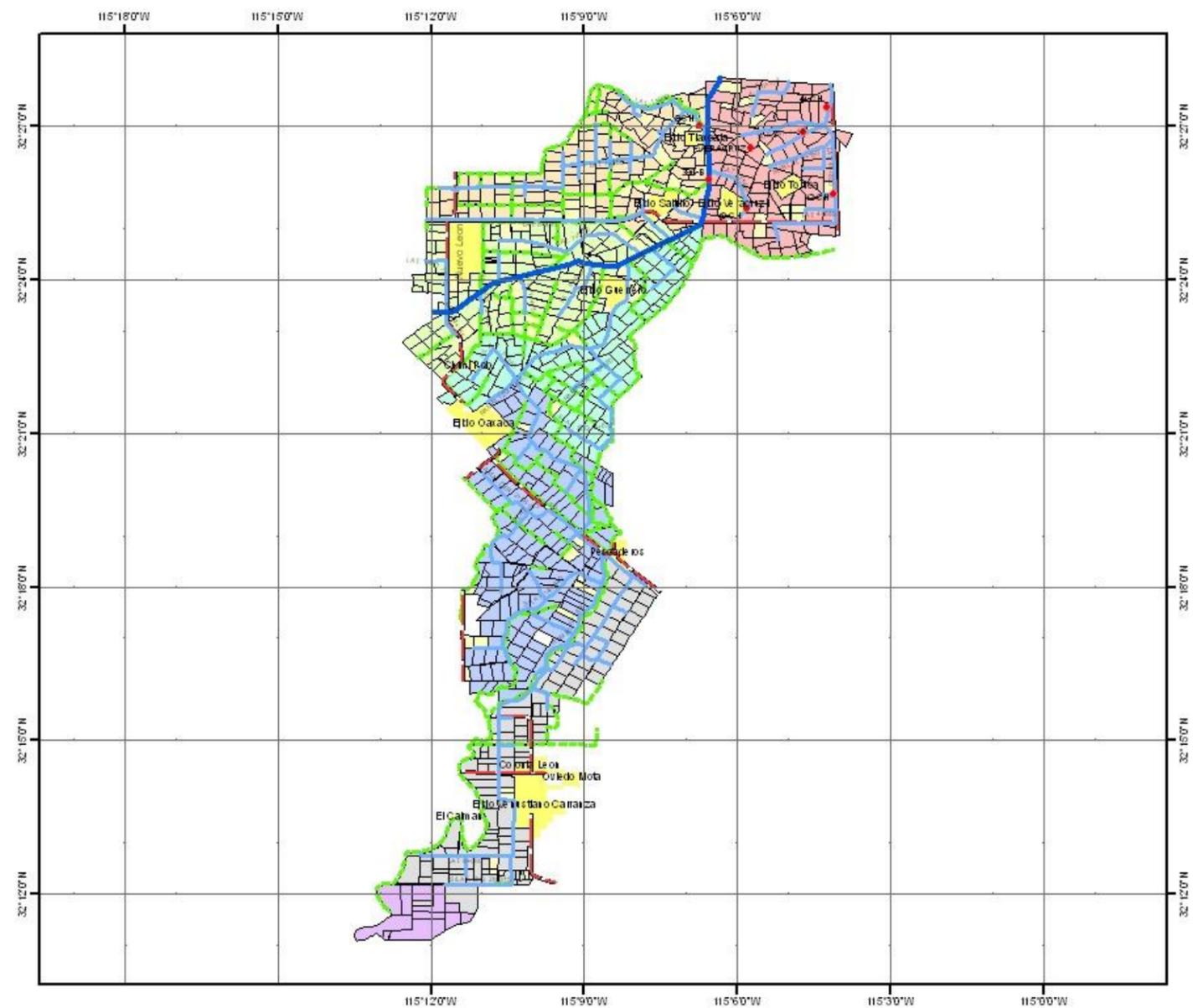
LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C Y SON.

PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 9-A"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉNZ

SEPTIEMBRE 2010 PLANO 9 DE 22



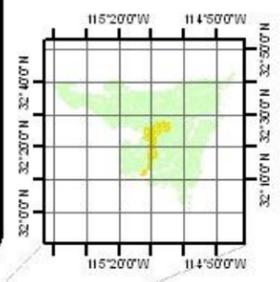


SIMBOLOGÍA

- Pozos Federales
- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras
- Poblados

Secciones de Riego

- 65
- 66
- 67
- 68
- 69
- 70
- FLC
- Parcelas a actualizar



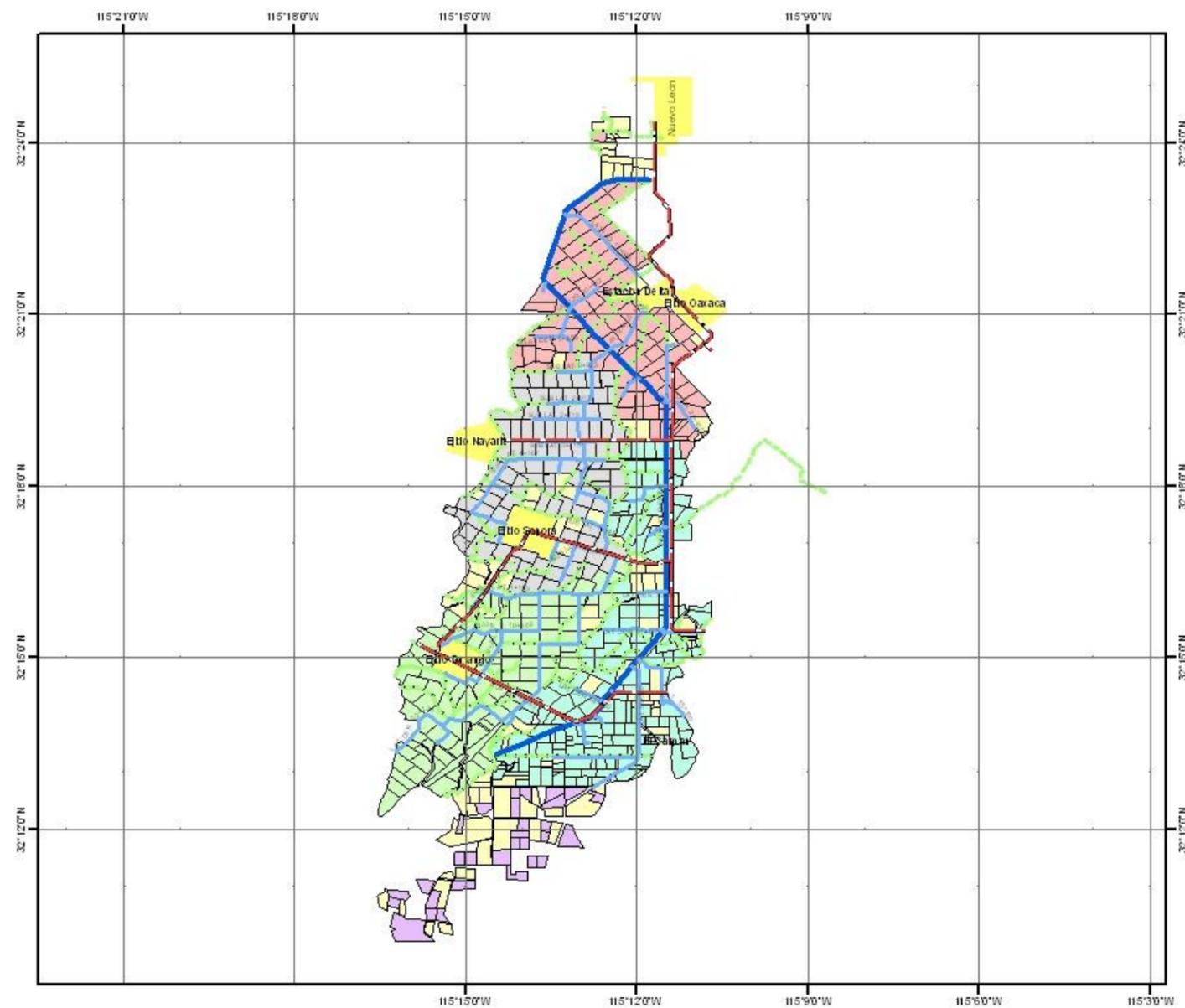
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

 **COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C. Y SON.**

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROGRÁFICA MÓDULO 10"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉN
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 11 DE 22

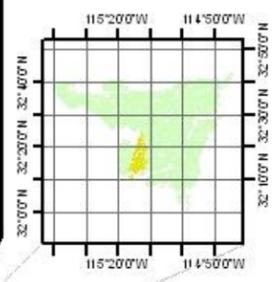


SIMBOLOGÍA

- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras
- Poblados

Secciones de Riego

- 71
- 72
- 73
- 74
- FLC
- Parcelas a actualizar



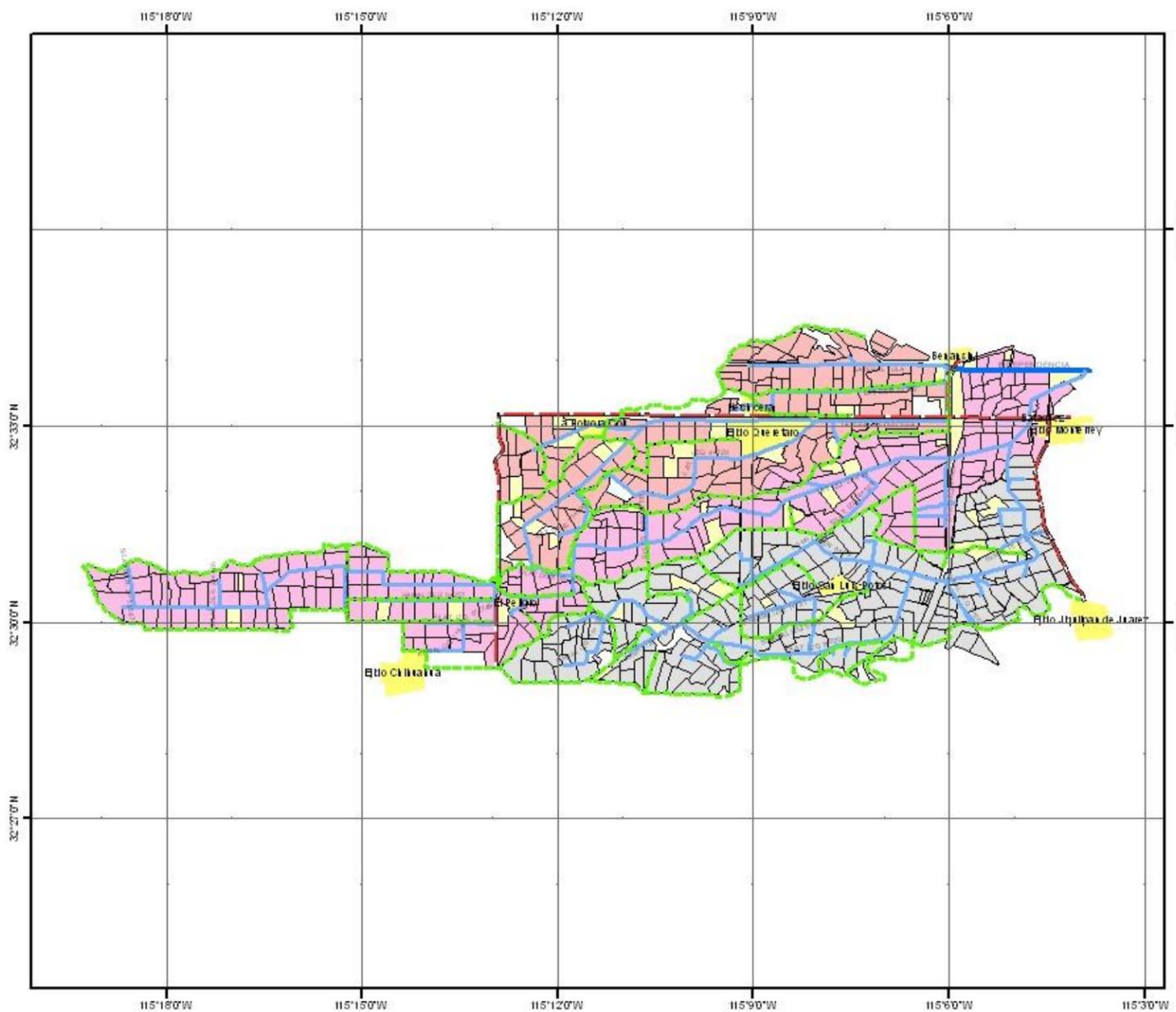
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

 **COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C Y SON.**

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROGRÁFICA MÓDULO 11"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASÁENZ
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 12 DE 22

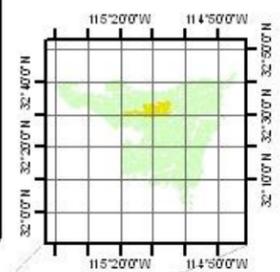


SIMBOLOGÍA

- Canales Principales
- Canales secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras
- Poblados

Secciones de Riego

- 22
- 23
- 24
- Parcelas a actualizar



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

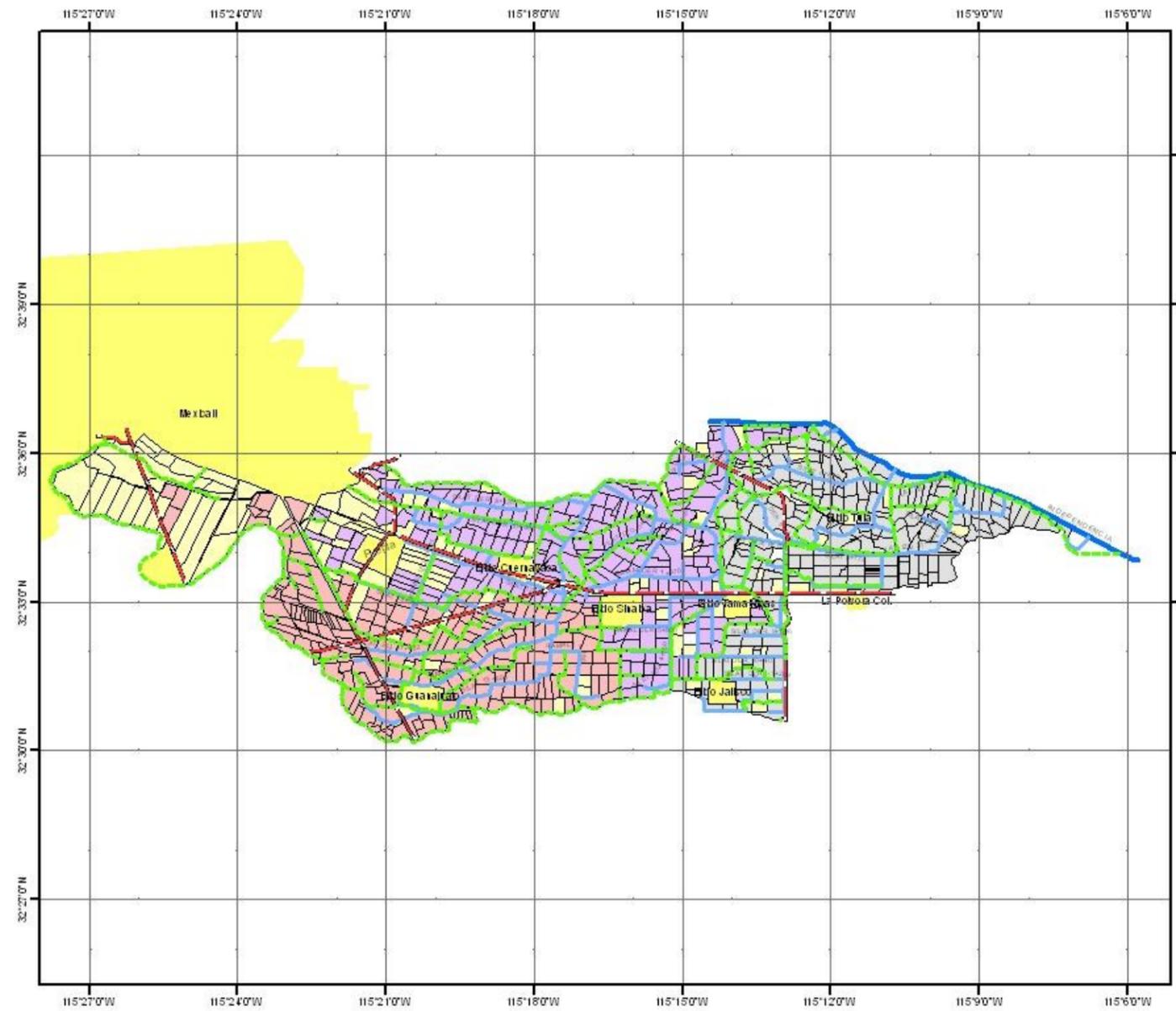


COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C. Y SON.

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROGRÁFICA MÓDULO 14"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉNZ
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 14 DE 22

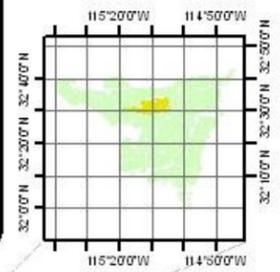


SIMBOLOGÍA

- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras
- Poblados

Secciones de Riego

- 25
- 26,28
- 29,30
- Parcelas a actualizar



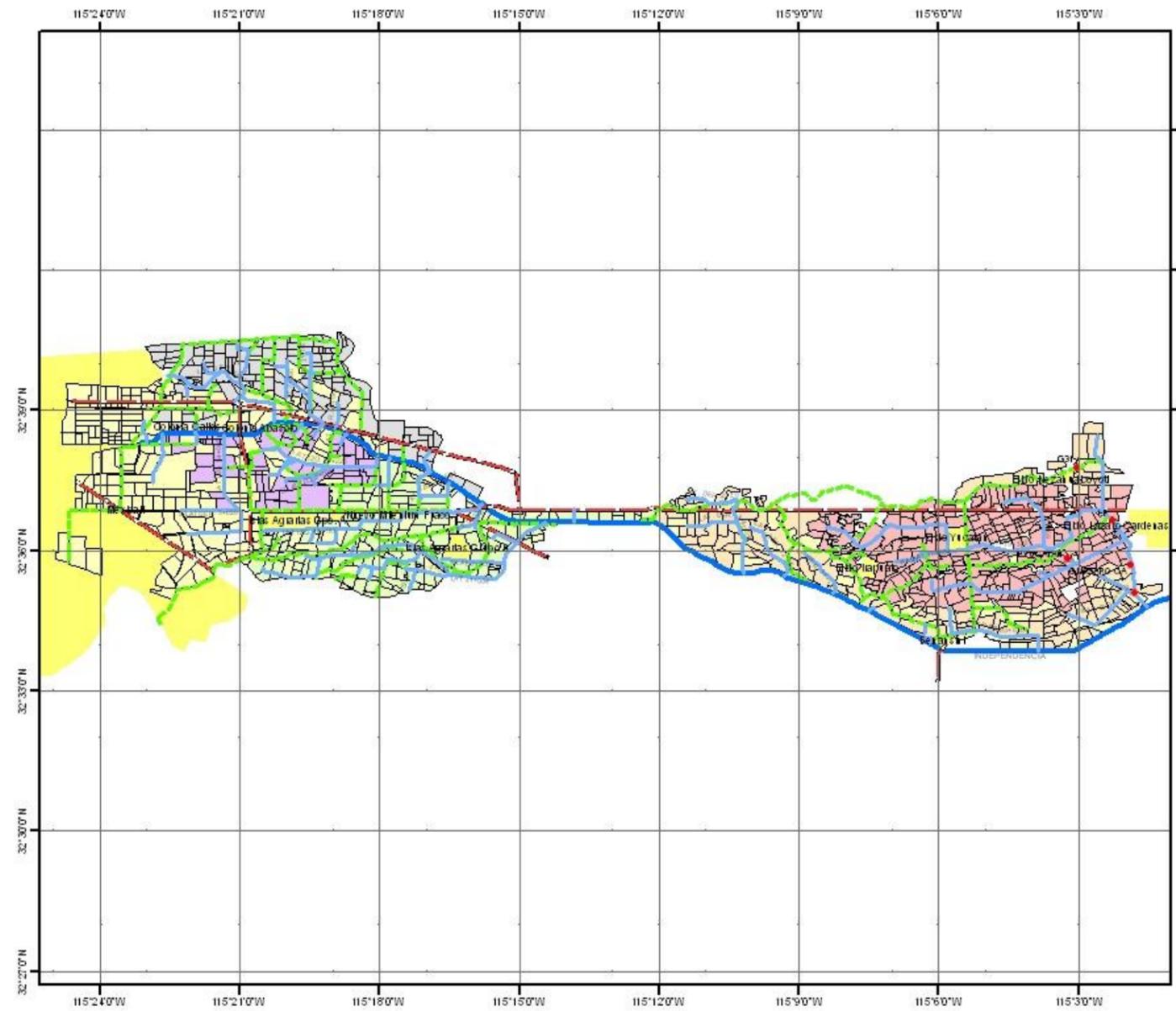
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

 **COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C Y SON.**

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROGRÁFICA MÓDULO 15"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉN
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 15 DE 22

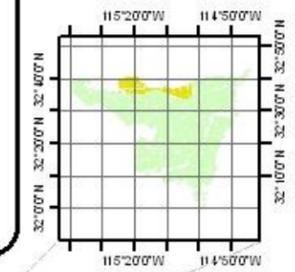


SIMBOLOGÍA

- Pozos Federales
- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras
- Poblados

Secciones de Riego

- 20
- 21
- 27
- 31
- 32
- Parcelas a actualizar



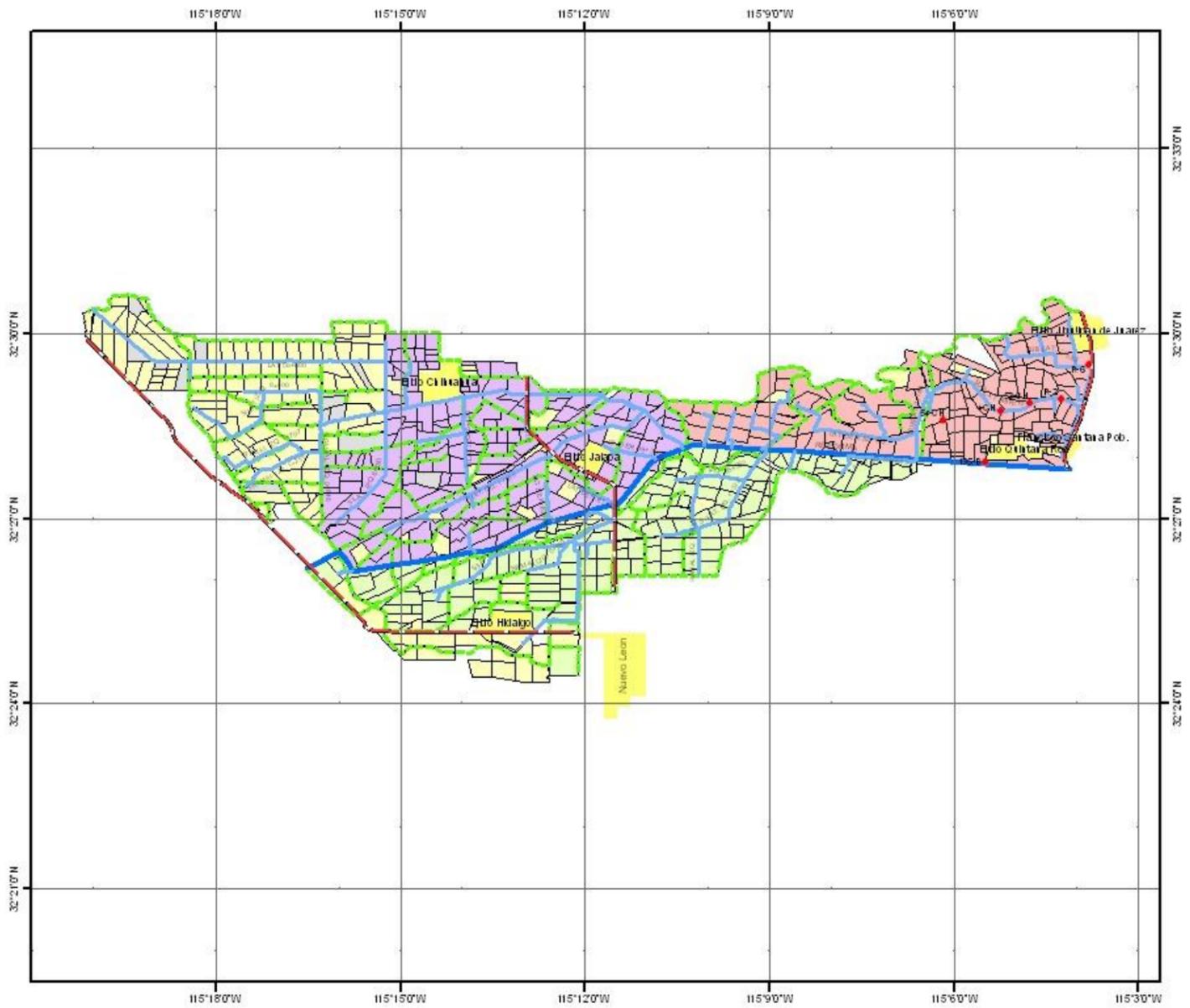
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

 **COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C Y SON.**

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 16"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉNZ
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 16 DE 22

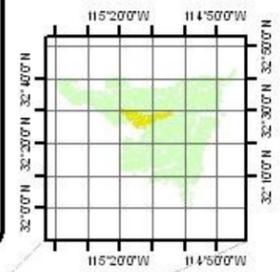


SIMBOLOGÍA

- Pozos Federales
- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras
- Poblados

Secciones de Riego

- 79
- 80
- 81
- 82
- Parcelas a actualizar



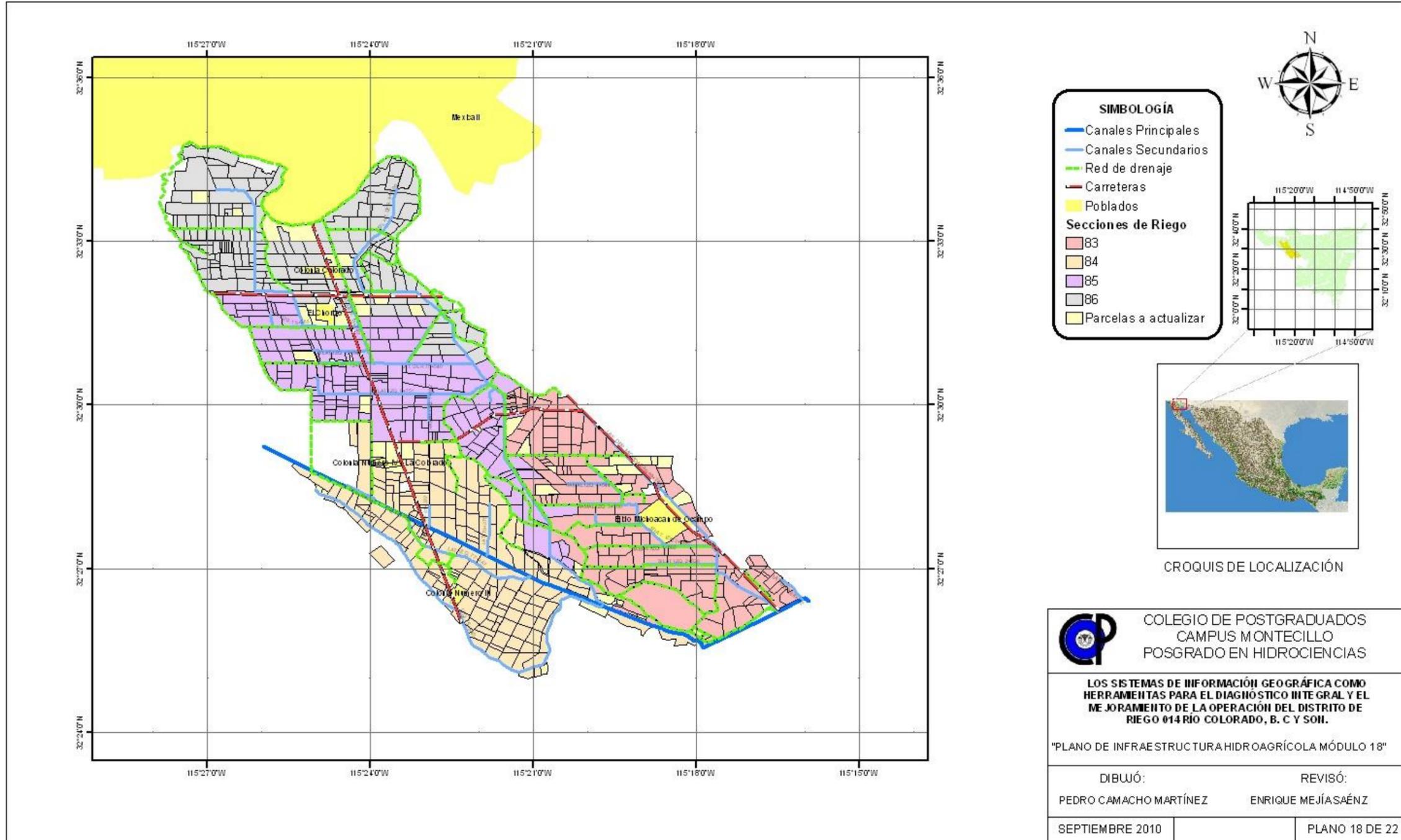
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

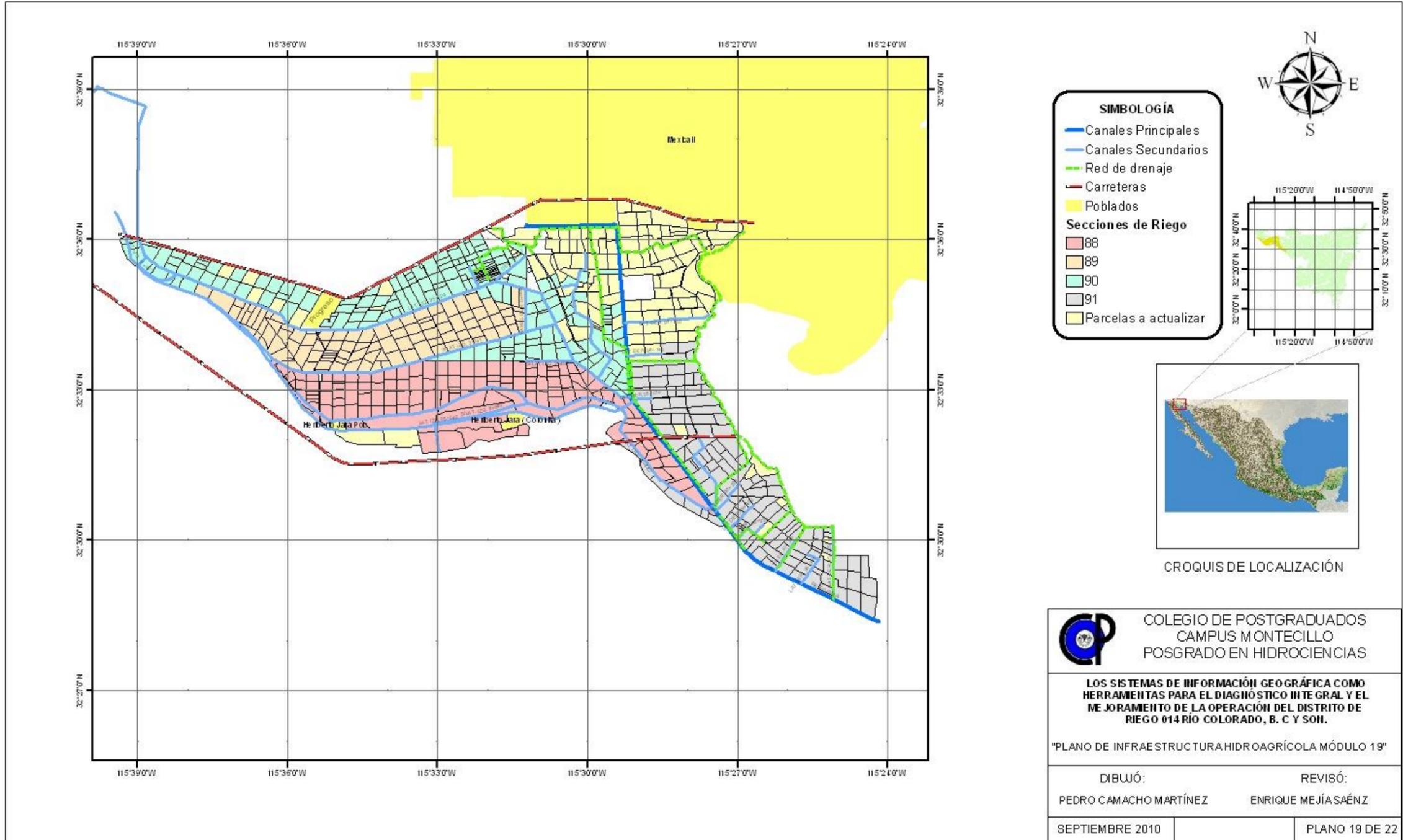
 **COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C Y SON.**

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 17"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉNZ
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 17 DE 22



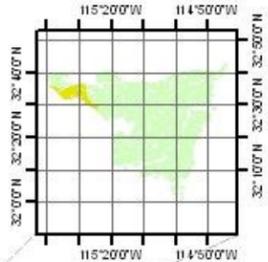


SIMBOLOGÍA

- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras
- Poblados

Secciones de Riego

- 88
- 89
- 90
- 91
- Parcelas a actualizar



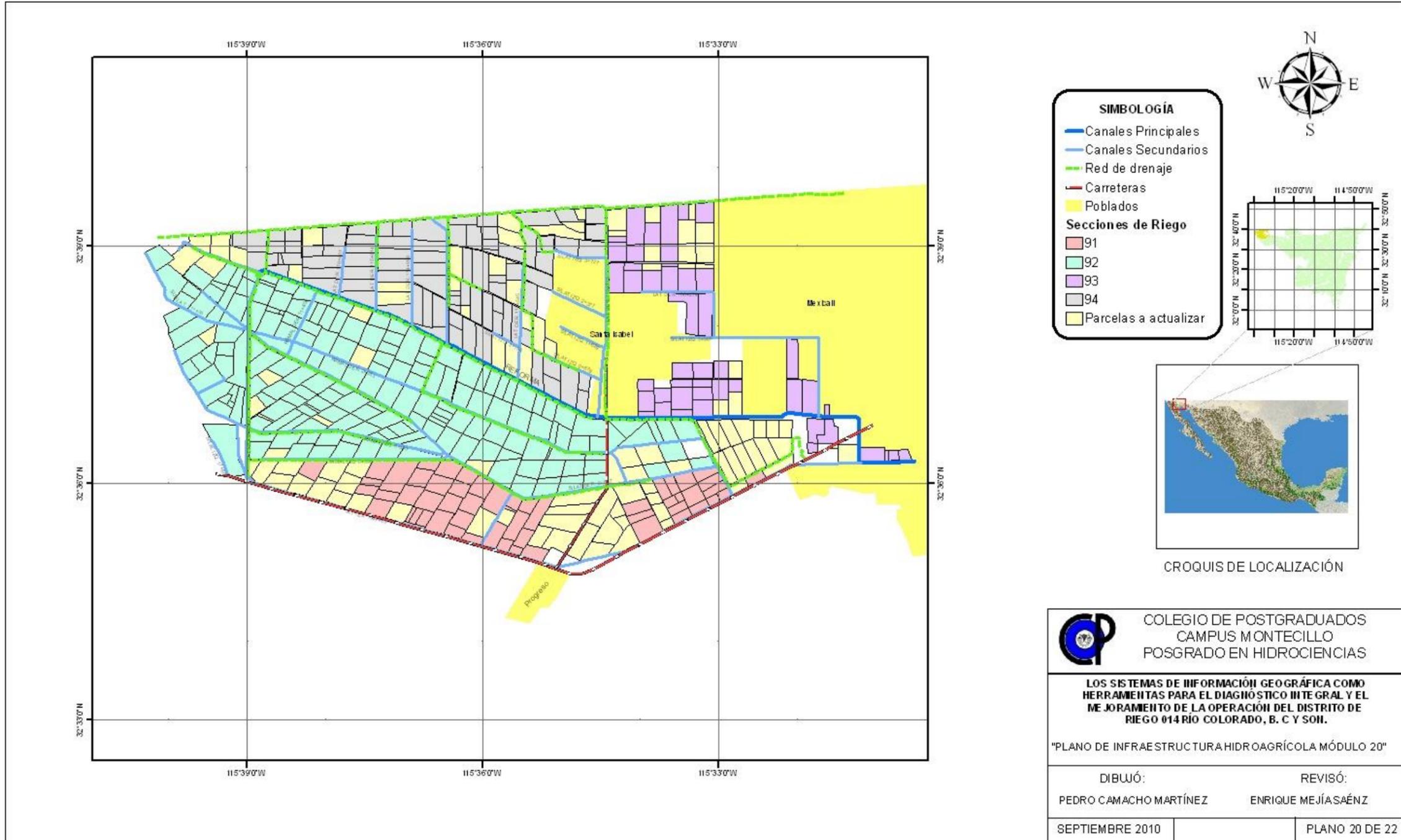
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

 **COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C. Y SON.**

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 19"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉNZ
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 19 DE 22

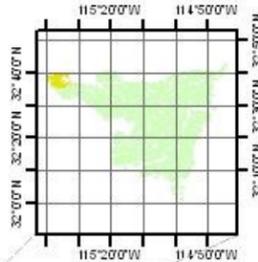


SIMBOLOGÍA

- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras
- Poblados

Secciones de Riego

- 91
- 92
- 93
- 94
- Parcelas a actualizar



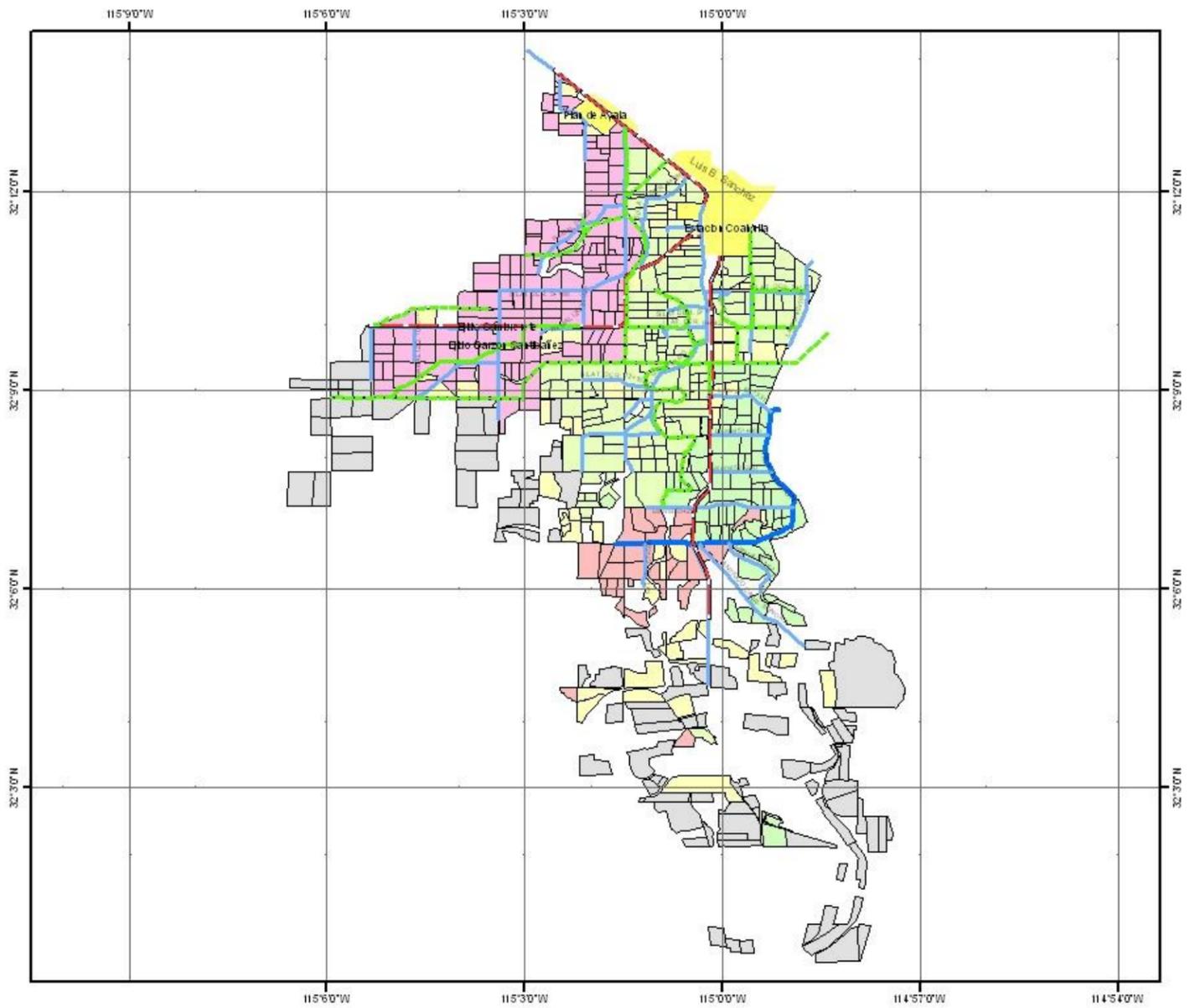
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

 **COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C. Y SON.**

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 20"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉNZ
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 20 DE 22

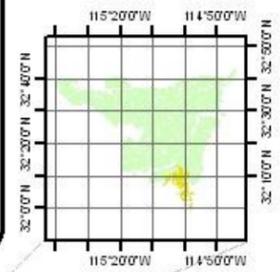


SIMBOLOGÍA

- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras
- Poblados

Secciones de Riego

- 45
- 46
- 47
- 48
- FLC
- Parcelas a actualizar



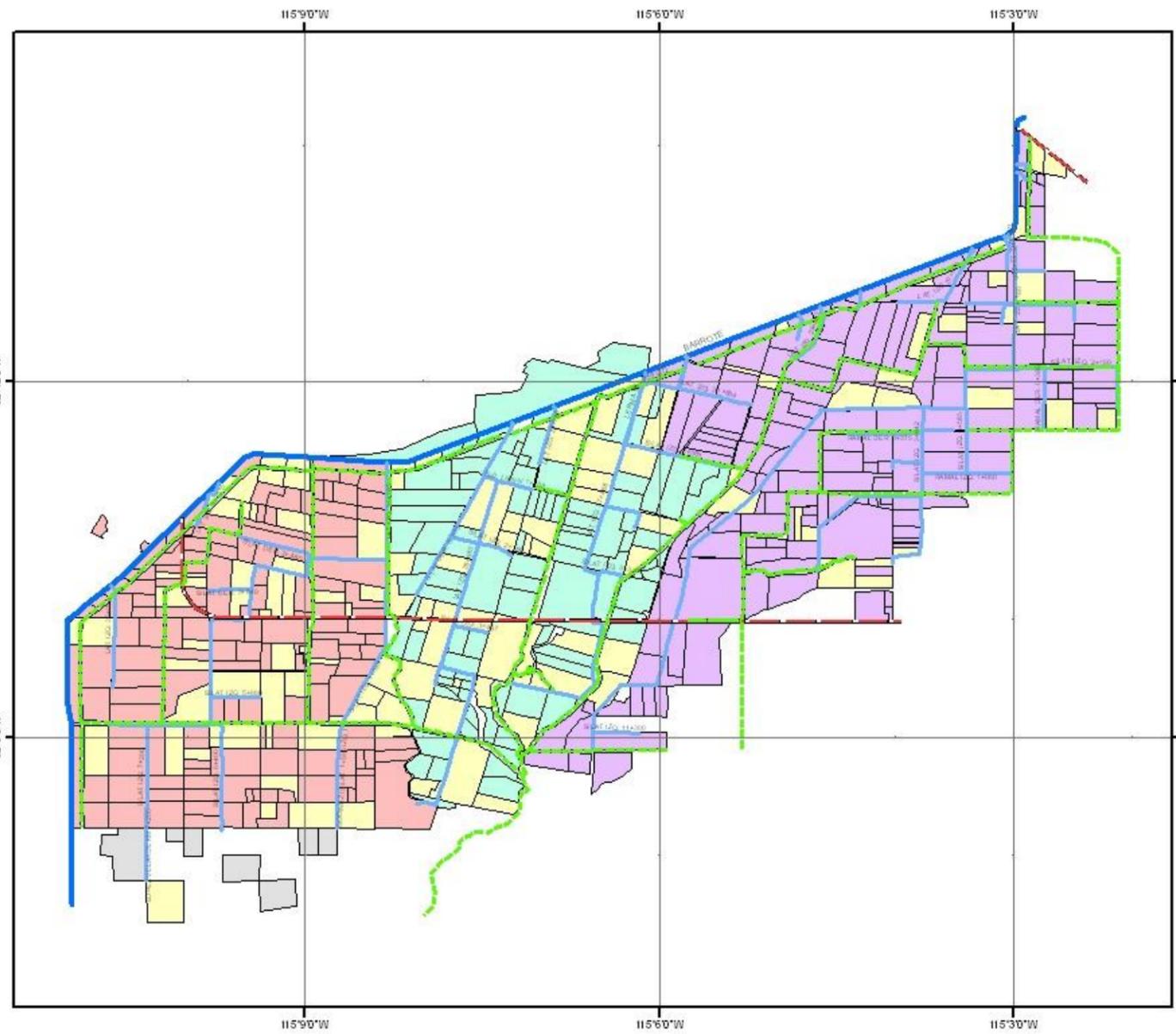
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

 **COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS**

**LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL
MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE
RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C Y SON.**

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROGRÁFICA MÓDULO 21"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉNZ
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 21 DE 22

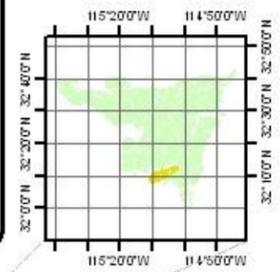


SIMBOLOGÍA

- Canales Principales
- Canales Secundarios
- Red de drenaje
- Carreteras

Secciones de Riego

- 49
- 50
- 51
- FLC
- Parcelas a actualizar



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN HIDROCIENCIAS

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y EL MEJORAMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO 014 RÍO COLORADO, B. C. Y SON.

"PLANO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA MÓDULO 22"

DIBUJÓ: PEDRO CAMACHO MARTÍNEZ	REVISÓ: ENRIQUE MEJÍASAÉNZ
SEPTIEMBRE 2010	PLANO 22 DE 22