



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

CAMBIO DE USO DE SUELO
DE LOS MODULOS IX Y XV DEL DISTRITO DE RIEGO 017 DE 1995 A 2009

TESIS

Que como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE DE ZONAS ÁRIDAS

PRESENTA:

NORMA SAUCEDO RUEDA

Bermejillo, Dgo.
Junio, 2011.



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

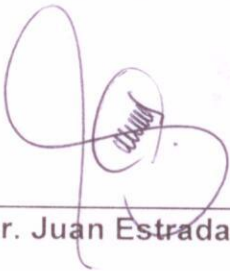


**CAMBIO DE USO DE SUELO DE LOS MODULOS IX Y XV DEL DISTRITO
DE RIEGO 017 DE 1995 A 2009**

Tesis realizada por **Norma Saucedo Rueda** bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE EN ZONAS ARIDAS**

CO-DIRECTOR



Dr. Juan Estrada Avalos

CO-DIRECTOR



Dr. Jesús Guadalupe Arreola Ávila

ASESOR



Dr. Aurelio Pedroza Sandoval

ASESOR



Dr. Ricardo Trejo Calzada

Esta investigación fue posible gracias al financiamiento otorgado a través de Beca Nacional CONACYT, a su vez se realizó bajo el esquema del Convenio de Colaboración que existe entre el CENID-RASPA y URUZA (Investigación Científica y Formación Académica).

AGRADECIMIENTOS

A DIOS...El Señor es mi Pastor; nada me faltará...Salmo 23.

*A mi alma mater la “Universidad Autonoma Chapingo”... orgullosamente chapinguera
desde el 2001*

*A el Departamento de Zonas Áridas por su posgrado en “Recursos Naturales y Medio
Ambiente en Zonas Áridas”.*

A Conacyt por el apoyo de Beca Nacional.

*A mi Director de Tesis el Dr. Juan Estrada Avalos, por darme la oportunidad desde el
2006 de trabajar con los SIGS, por brindarme las herramientas necesarias para poder
desarrollar con éxito mis trabajos de tesis en primer estancia “el cambio de uso de
suelo del Valle de Villa Juárez Durango de 1970 a 2006” y por volver a confiar en mí
con este trabajo de tesis de “Cambio de uso de suelo de los Módulos IX Y XV del
Distrito de Riego 017 de 1995 a 2009”. Por todo esto y más le agradezco
profundamente.*

*A mis asesores de tesis el Dr. Jesús Guadalupe Arreola Ávila, al Dr. Aurelio Pedroza
Sandoval y al Dr. Ricardo Trejo Calzada.*

*Un especial agradecimiento al Ingeniero Topógrafo Geomático Alan J. Servín P., por
su apoyo para la realización de esta tesis.*

*Y no podría faltar un gran agradecimiento al Dr. Cesar Meza Herrera por su apoyo en
la Maestría.*

DEDICATORIAS

A mi hijo Debian, ni con todas las palabras del mundo podría describir lo que siento por ti hijo, solo sé que te amo.

A mi esposo, compañero y amigo Jesús, gracias amor por ser parte de mi vida, por apoyarme en las buenas y en las malas, porque gracias a ti pude realizar esta maestría con éxito.

A mi mis padres Aurelio Saucedo Jaquez y Francisca Rueda Salas, por que sin su ejemplo yo no sería lo que soy ahora.

A mis hermanos: Luz María, Alonso, Pedro y Alma Lorena; por apoyarme cada uno de ellos incondicionalmente.

A Doña Norma y Adriana por ser más que mis vecinas unas excelentes amigas, gracias por su apoyo.

A Bertha Alicia y Coco unas grandes señoras, gracias por su amistad.

A mis amigas Mayra y Mirna.

A mi compañero de Generación el Inge Victor.

A Paula Zapata Q.E.P.D.

DATOS BIOGRAFICOS

Ing. Norma Saucedo Rueda

Egresada de la Universidad Autónoma Chapingo en el 2008 mismo año en que recibió el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas Agrícolas de Zonas Áridas. Al a par en este año recibe un Post diploma horticulture por el Gobierno de Alberta Canadá por medio del Olds College. Ha publicado tres artículos científicos dos de ellos en la Revista Agrofaz y un tercero en la Revista Chapingo serie Zonas Áridas. Ha participado en congresos como la Semana Internacional de Agronomía entre otros con cinco Artículos in Extenso y tres Poster. En el 2009 ingreso a la Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente de Zonas Áridas misma que termino en el 2010 siendo acreedora al Reconocimiento al Merito Académico 2010 otorgado por el Gobierno del Estado de Durango. Ha participado como comité revisor de Tesis y a la fecha ha llevado a cabo la elaboración de dos tesis. En Febrero del 2011 se acredito como PSP (Prestador de Servicios Profesionales) libre evaluado por Inca Rural. Actualmente es parte del personal operativo del SNIDRUS, Delegación Sagarpa Laguna en donde es encargada del proyecto Aplicaciones Geoespaciales.

RESUMEN

Norma Saucedo Rueda

CAMBIO DE USO DE SUELO DE LOS MODULOS IX Y XV DEL DISTRITO DE
RIEGO 017 DE 1995 A 2009.

Junio, 2011

Bajo la dirección del Dr. Juan Estrada Avalos

El uso de suelo ha cambiado a una velocidad alarmante en el mundo, el problema del cambio de uso de suelo son las alteraciones que provoca sobre el ambiente y la presión sobre los recursos naturales. Para conocer, cuantificar y analizar el cambio de uso de suelo de 1995 a 2009 en los módulos IX y XV del Distrito de Riego 017 de la comarca lagunera, se integro un sistema de información geográfica, con información espacial y temática utilizando el programa Arc GIS 9.3. Se evaluó el cambio de uso de suelo a nivel parcelario (parcela agrícola, nogaleras, pivotes central, establos lecheros, granjas avícolas, estanques y área urbana). Como resultado se tienen problemas de sodio esto limita o impide el desarrollo de los cultivos, la parcela agrícola disminuyo en 3061 ha (17 %) y aumentaron 156 ha (166 %) de establos lecheros lo cual representa una amenaza para el acuífero.

Palabras clave: cambio de uso de suelo, sistemas de información geográfica, módulos de riego La Rosita y Buen Abrigo

ABSTRACT

Norma Saucedo Rueda

SOIL USE CHANGE IN THE MODULES IX AND XV OF IRRIGATION
DISTRICT 017 OF 1995 TO 2009.

June, 2011.

Under the direction of Dr. Juan Estrada Avalos.

The soil use changes to alarming velocity in the world, the problem of soil use change is the induced alteration that provoke on the environment and the pressure on the natural resources. In order to know, quantify and analyze the soil use change of 1995 to 2009 in the modules IX and XV of irrigation district 017 of comarca lagunera, was integrated a geographic information system, with spatial information and thematic using the software Arc GIS 9.3. The soil use change was evaluated at plot level (agricultural plot, pecan walnut orchard, central pivot, dairies and poultry farm as well as pool and urbanization). As result exist problem of sodium this limit and impede the development of crops, the agricultural plot decrease in 3061 ha (17%) and increase 156 ha (166%) of dairies this represent a menace for the aquifer.

Index words: soil use change, geographic information system, irrigation modules La Rosita and Buen Abrigo.

CONTENIDO

RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCION	15
II. OBJETIVO	17
III. HIPOTESIS	17
IV. REVISION DE LITERATURA.....	18
4.1. Para que están enfocados los estudios a nivel internacional y nacional	18
4.2. Principales áreas físicas	19
4.2.1. En Mexico.....	20
4.2.2. A nivel internacional	21
4.3. Periodo de análisis de diversos estudios	22
4.4. Fuentes de información.....	27
4.4.1. Fotografía aérea INEGI.....	27
4.4.2. Serie I (INEGI 1968-1986).....	28
4.4.3. Serie II (INEGI 1993-1996).....	28
4.4.4. Landsat multispectral scanner (MSS)	29
4.4.5. Landsat Thematic Mapper (TM).....	29
4.4.6. Enhanced Thematic Mapper (ETM+)	30
4.4.7. SPOT (Le Systeme Pour l'Observation de la Terre).....	30
4.4.8. IRS, Indian Remote Sensing (IRS-1C e IRS-1D)	30
4.5. Enfoques metodológicos.....	31
4.5.1. Nivel internacional	31
4.5.2. Nivel nacional.....	33
4.6. Magnitud de los impactos	36
4.6.1. A nivel internacional	36
4.6.2. A nivel Nacional	37
4.7. Satisfactores de la sociedad (impacto para satisfacer necesidades).....	39
V. MATERIALES Y METODOS	43
5.1. Área de estudio.....	43
5.2. Datos.....	43
5.2.1. Módulos de riego	43
5.2.2. Ejidos	44
5.2.3. Ortofoto de 1995 inegi.....	48
5.2.4. Ortofoto de 2009.....	49
5.2.5. Imagen de satélite	50
5.2.6. Mapas temáticos.....	51
5.3. Programas	53
5.3.1. Arc Gis 9.3.....	53
5.4. Procedimientos	54
5.4.1. Delimitación del Área de estudio.....	54

5.4.2. Georreferenciación.....	55
5.4.3. Digitalización.....	56
5.4.4. Análisis de cambio de uso de suelo e información complementaria.....	57
5.4.5. Elaboración de mapas	58
VI. RESULTADOS.....	59
6.1. Uso de suelo de 1995	59
6.1.1. Agricultura	59
6.1.1.1. Parcelas.....	59
6.1.1.2. Pivotes centrales.....	59
6.1.1.3. Nogaleras.....	60
6.1.1.4. Ganadería.....	60
6.1.1.5. Estanques	60
6.1.1.6. Área urbana.....	62
6.1.1.7. Ejidos.....	62
6.1.1.8. Pequeña propiedad.....	62
6.2. Uso de suelo de 2009	62
6.2.1. Agricultura	62
6.2.1.1. Parcelas	62
6.2.1.2. Pivotes centrales.....	63
6.2.1.3. Nogaleras.....	63
6.2.1.4. Ganadería.....	63
6.2.1.5. Estanques	64
6.2.1.6. Área urbana.....	64
6.2.1.6. Ejidos	64
6.2.1.8. Pequeña propiedad.....	64
6.3. Información temática de INEGI de 1970	64
6.3.1. Uso de suelo y vegetación.....	64
6.3.1.1. Crasirosullfollos	65
6.3.1.2. Matorrales	65
6.3.1.3. Matorral espinoso.....	65
6.3.1.4. Matorral inerme	67
6.3.1.5. Matorral subinerme	67
6.3.1.6. Vegetación de desiertos arenosos	67
6.3.1.7. Vegetación halófila.....	67
6.3.1.8. Agricultura.....	68
6.3.1.8.1. Riego.....	68
6.3.1.8.2. Temporal.....	69
6.3.1.8.3. Riego suspendido	69
6.3.1.9. Ganadería	69
6.3.1.9.1. Pastizal inducido	71
6.3.1.9.2. Pastizal natural.....	71

6.3.1.10. Erosion	¡Error! Marcador no definido.
6.3.2. Geología	¡Error! Marcador no definido.
6.3.2.1. Rocas sedimentarias	76
6.3.2.2. Suelo aluvial	76
6.3.2.3. Roca Caliza.....	76
6.3.2.4. Suelo eólico	77
6.3.2.5. Roca yeso	77
6.3.2.6. Estructuras.....	77
6.3.3. Edafología	¡Error! Marcador no definido.
6.3.3.1. Fluvisol.....	80
6.3.3.2. Calcárico	80
6.3.3.3. Litosol.....	80
6.3.3.4.Regosol	81
6.3.3.5. Eútrico.....	81
6.3.3.6. Xerosol	82
6.3.3.7. Haplico	82
6.3.3.8. Textura	82
6.3.3.9. Fase química	83
6.3.3.9.1. Sódica	83
6.3.3.9.2. Moderadamente salino-sódica.....	83
6.3.3.10. Clase pendiente	83
6.3.4. Topografía	87
6.4 Cambio de uso de suelo	91
6.4.1 Agricultura	91
6.4.1 Ganadería.....	¡Error! Marcador no definido.
6.4.2 Estanques.....	91
6.4.3 Área urbana.....	97
6.4.4 Propiedad ejidal	101
6.4.5 Pequeña propiedad	101
6.5 Gelería de cambios de uso de suelo.....	111
VII. CONCLUSIONES.....	114
VIII. RECOMENDACIONES.....	116
IX. LITERATURA CITADA	117

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Modulo IX y XV del Distrito de Riego 017.	45
Mapa 2. Limites ejidales de los módulos IX y XV.	47
Mapa 3. Uso de suelo de los módulos IX y XV.	61
Mapa 4. Vegetación de los módulos IX y XV.	66
Mapa 5. Agricultura de los módulos IX y XV.	70
Mapa 6. Ganadería de los módulos IX y XV.	72
Mapa 7. Erosión de los módulos IX y XV.	73
Mapa 8. Material geológico de los módulos IX y XV.	74
Mapa 9. Tipo de material geológico de los módulos IX y XV.	75
Mapa 10. Estructuras geológicas de los módulos IX y XV.	78
Mapa 11. Suelo predominante de los módulos IX y XV.	79
Mapa 12. Clase textural de los módulos IX y XV.	84
Mapa 13. Fase química de los módulos IX y XV.	85
Mapa 14. Clases de pendientes de los módulos IX y XV.	86
Mapa 15. Toponimios puntuales de los módulos IX y XV.	88
Mapa 16. Toponimios lineales de los módulos IX y XV.	90
Mapa 17. Parcelas agrícolas de los módulos IX y XV.	93
Mapa 18. Abandono de parcelas agrícolas de los módulos IX y XV.	94
Mapa 19. Pivotes central de los módulos IX y XV.	95
Mapa 20. Nogaleras de los módulos IX y XV.	96
Mapa 21. Establos lecheros de los módulos IX y XV.	98
Mapa 22. Granjas avícolas de los módulos IX y XV.	99
Mapa 23. Estanques de los módulos IX y XV.	100
Mapa 24. Área urbana de los módulos IX y XV.	102

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie ejidal del modulo IX Buen Abrigo.	44
Cuadro 2. Superficie ejidal del modulo XV La Rosita.	46
Cuadro 3. Áreas topográficas.	87
Cuadro 4. Topografía línea.	89
Cuadro 5. Cambio de uso de suelo en la agricultura.	92
Cuadro 6. Cambio de uso de suelo en la ganadería.	97
Cuadro 7. Cambio de uso de suelo sobre los estanques.	97
Cuadro 8. Cambio de uso de suelo sobre área urbana.	101
Cuadro 9. Cambio de uso de suelo sobre el ejido.	103
Cuadro 10. Cambio de uso de suelo sobre la pequeña propiedad.	104
Cuadro 11. Galería de cambios de uso de suelo de 1995 a 2009.	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ortofotos 1995 INEGI.....	48
Figura 2. Ortofotos 2009 INIFAP.....	49
Figura 3. Imagen de satélite spot 4.....	50
Figura 4. Imagen de satélite landsat 5.....	51

I. INTRODUCCION

El cambio en el uso del suelo es uno de los temas de mayor interés en las disciplinas ambientales. Constituye uno de los factores primordiales en el cambio climático global, ya que altera ciclos biogeoquímicos como el del agua o el del carbono. También es una de las causas más importantes de pérdida de biodiversidad a nivel mundial y, sin duda, el medio por el que la sociedad resiente las alteraciones en el entorno (SEMARNAT, 2008)

En los últimos años, se incremento considerablemente el número de estudios en los cuales se evalúan los cambios en las coberturas del suelo, debido a las consecuencias negativas que tienen estos sobre la conservación de la biodiversidad, los suelos, el clima, el ciclo hidrológico, etc. (Francois y Fernández, 2003)

En México el uso y aprovechamiento de los recursos naturales juega un papel importante en el desarrollo nacional del país, sin embargo ante la desmedida explotación y el uso inadecuado de los recursos naturales, surge la incertidumbre sobre el futuro de los mismos.

En las zonas áridas de México la sobreexplotación de los recursos naturales es una realidad ante el grado de sobreexplotación del recurso hídrico, por ejemplo en 1994 el acuífero principal de la comarca lagunera tuvo una extracción de 746 Mm³ y una recarga de 350 Mm³ (Cruz y Levine, 1998)

La UNEP (United Nations Environment Programme), mediante imágenes de satélite analiza los cambios que ha sufrido el planeta tierra en los últimos 40 años, dentro de la UNEP se presentan como cambios alarmantes 105 países dentro de estos se encuentra México con 5 casos en uno de ellos se observa el cambio de uso de suelo sobre parte de la comarca lagunera de 1972 a 2000. Estudios como el de la UNEP existen muchos a nivel nacional e internacional, sin embargo todos estos estudios reflejan estadísticas generales que analizan grandes superficies y exponen el cambio de uso de suelo como perdida de los diferentes grupos de vegetación, sin embargo en zonas áridas como la comarca lagunera que es considerada la principal cuenca lechera de México se requieren estudios puntuales que analicen la problemática del cambio de uso de suelo a nivel parcelario.

Para el año 2006 se realizo un trabajo de cambio de uso de suelo del valle de Villa Juárez Durango de 1970 a 2006 (Saucedo, 2008), el cual estudia el cambio de uso de suelo a nivel parcelario, a través de la metodología planteada en el mismo se realiza la presente investigación que pretende conocer el cambio de uso de suelo en los módulos IX y XV del Distrito de Riego 017 Región Comarca Lagunera de 1995 a 2009, mediante la integración de un sistema de información geográfica, la finalidad del trabajo es dar a conocer la complementación de la metodología requerida para futuros estudios en donde se arrojan estadísticas puntuales y confiables e integraciones de sistemas de información geográfica que sirven para futuros ordenamientos territoriales en donde se plante la sustentabilidad de la comarca lagunera.

II. OBJETIVO

Conocer, cuantificar y analizar el cambio de uso de suelo de 1995 a 2009 en los módulos IX y XV del Distrito de Riego 017 de la comarca lagunera, mediante la integración de un sistema de información geográfica, como base para un futuro ordenamiento territorial en el lugar de estudio y como propuesta para trabajos posteriores que requieren de cambios de uso de suelo a nivel parcelario.

III. HIPOTESIS

Existe cambio de uso de suelo en el sector agropecuario y área urbana sobre los módulos IX y XV del Distrito de Riego 017 de la comarca lagunera en el periodo 1995 a 2009; debido a la ganaderización de la agricultura en la Región Lagunera.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1. Para que están enfocados los estudios a nivel internacional y nacional

El uso de suelo depende de las relaciones que existe entre el hombre y el ambiente, algunos estudios muestra el cambio en el uso de suelo a través del tiempo presentando las causas que lo originaron, la situación presente y las consecuencias correspondientes (Haque *et al.*, 2008). La investigación explora la raíz de las causas y la dinámica del cambio de uso de suelo que se ha expandido en las últimas décadas (Smucker *et al.*, 2007). Otros trabajos muestran la susceptibilidad de los ecosistemas en áreas de estudio bajo considerable estrés ambiental provocado principalmente por actividades humanas inadecuadas (Moufaddal, 2005). La mayoría de los estudios a nivel mundial analizan el cambio de uso de suelo, el principal objetivo que se persigue es conocer el cambio y cuantificarlo con la finalidad de explotar posibles tendencias de cambio y la identificación de ventanas para estudiar los procesos de cambio a mayor detalle (Rosete *et al.*, 2008). Las tareas actuales de los científicos que estudian el cambio de uso de suelo son las causas sociales y económicas de los cambios, en escalas global, regional y local; esto último, con el fin de predecir futuras alteraciones en el uso del suelo y proporcionar información valiosa para la planificación (Cortina *et al.*, 1999). Algunos trabajos intentan documentar los cambios climáticos interdecadales

inducidos por las modificaciones del uso de suelo (Jáuregui, 2004). En general los esfuerzos de analizar y modelar los procesos de cambio de uso del suelo se orientan a responder las siguientes interrogantes: ¿Por qué ocurre el cambio en el uso del suelo?, ¿dónde? y ¿Cuándo ocurre el cambio? Estas tres interrogantes fundamentales, son abordadas a través de metodologías apoyadas en el uso de sensores remotos y análisis estadístico espacial (Sandoval y Oyarzun, 2004). Los modelos de cambio de uso se han transformado en una poderosa herramienta, a los siguientes aspectos: (a) explotar los variados mecanismos que fuerzan los cambios de uso de suelo y las variables sociales, económicas y espaciales que conducen a esto; (b) proyectar las potenciales impactos ambientales y socioeconómicos derivador de los cambios en el uso del suelo, y; (c) evaluar la influencia de alternativas políticas y regímenes de manejo sobre los patrones de desarrollo y uso de suelo (Henríquez *et al.*, 2006). Debido a que el cambio de uso de suelo es uno de los más importantes impactos que puede sufrir un territorio, es necesario conocer la evolución temporal de aquellas modificaciones para evaluar correctamente su estado ambiental actual (Cisternas y Torrejón, 2002).

4.2. Principales áreas físicas

La mayoría de los estudios están enfocados sobre áreas forestales en donde se analiza las zonas forestales estables y no estables, áreas nuevas, la reforestación, la deforestación, y la degradación (Negendra *et al.*, 2007). Por otra parte la continua extracción de los bosques y la conversión de estos a

parcelas agrícolas en menor y mayor amplitud muestran un cambio de uso de suelo alarmante que repercute sobre el medio ambiente (Ngamabou y Koch, 2007); las áreas físicas sobre las que se evalúa el cambio de uso de suelo dependen de la magnitud del estudio y estas se enfocan a diferentes cambios de uso de suelo.

4.2.1. En México

En Baja California por ejemplo, se agrupo el cambio de uso de suelo y vegetación en procesos de recuperación, desautorización y crecimiento de manchas urbanas (Rosete *et al.*, 2007); en el sur de Campeche y Quintana Roo se examino la superficie de selvas y sabanas transformada en áreas agrícolas y ganaderas (Cortina *et al.*, 1999); en la reserva de la Biosfera Calakmul Campeche se observo el estado de transformación de la cobertura forestal por actividades antropicas (García *et al.*, 2001); para conocer el estado de conservación del parque Nacional Nevado de Toluca México se identificaron los procesos de disminución e incremento en la densidad de las zonas forestales (Franco *et al.*, 2006); en el estado de Guanajuato se delimito los cambios de uso de suelo agrícola, pecuario y forestal (García *et al.*, 2002); en Angangueo Michoacán y Estado de México se analizo el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal sobre la vegetación natural como bosques, cultivos, área urbana y cuerpos de agua (Ramírez, 2001); para la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo Michoacán se analizo el cambio de cobertura y uso de suelo sobre el bosque, vegetación densa, pastos, arbustos, cultivos, áreas sin vegetación y cuerpos de agua (Mendoza *et al.*, 2002); para Bahía de Banderas Nayarit se

cuantifico el cambio de uso de suelo sobre la agricultura, bosque, selva, pastizal y asentamientos humanos (Márquez, 2008); los cambios de uso de suelo y vegetación que se identificaron al norte de Chetumal fueron sobre la selva, vegetación secundaria, agroforestal, pastos, manglar y sabanas (García *et al.*, 2005); en la reserva de la biosfera Pantanos de Centla Tabasco se cuantifico el cambio de uso de suelo sobre la selva, manglar, comunidades hidrofitas y pastizal (Guerra y Ochoa, 2006).

De acuerdo a lo expuesto anteriormente el cambio de uso de suelo en México se estudia desde nivel local hasta estatal y se analiza principalmente el incremento o decremento de la vegetación de selvas, bosques, pastizales, áreas agrícolas y urbanas.

4.2.2. A nivel internacional

En el Distrito de Sylhet Egipto se analizo el cambio de uso de suelo sobre los cuerpos de agua, área urbana, suelos desérticos, cultivos y área forestal (Haque *et al.*, 2008); en Nepal África se analizo el cambio de uso de suelo forestal (Negendra *et al.*, 2007); Beijing la ciudad capital de China una de sus regiones metropolitanas más grande y de acuerdo a estudios de cambio de uso de suelo con rápida expansión urbana y disminución en la agricultura principalmente (Qi *et al.*, 2004); para el lago Qinghai en China los cambios sufridos son sobre los pastizales en mayor grado (Li *et al.*, 2009); en la ciudad de Saharanpur India se muestra la expansión urbana aunado a la pérdida del área agrícola (Fazal, 2000); para el norte de Tailandia se analizaron los rápidos cambios en áreas rurales (Vanwambeke *et al.*, 2007); en Alemania se

analizaron cambios de uso de suelo en relación al ambiente enfatizando los cambios sobre el área urbana, forestal, agrícola y de pastizales (Hietel *et al.*, 2004); en Honduras los cambios de uso de suelo se enfocan en el área forestal analizando la reforestación y la deforestación (Nagendra *et al.*, 2003); en Kansas Estados Unidos, estudios detallados de cambio de uso de suelo muestran la superficie de varios cultivos en diferentes periodos de tiempo (Wu *et al.*, 2001); para Oregon Estados Unidos, estudios reflejan los cambios en el patrón de coberturas forestales (Wimberly y Ohmann, 2004); en Minnesota, Wisconsin y Michigan los cambios de uso de suelo se abocan también por el área forestal (Brown, 2003).

A nivel mundial los estudios de cambio de uso de suelo citados anteriormente tienen cierta similitud con los estudios en México ya que de igual manera se abocan más a estudios forestales y diferentes coberturas de vegetación.

4.3. Periodo de análisis de diversos estudios

4.3.1 A nivel internacional

A nivel internacional los estudios que se realizan sobre cambio de uso de suelo analizan periodos de las décadas 70, 80, 90 y 00 principalmente, son pocos los estudios que se realizan anteriores a estas fechas la causa primordial es debido a la disponibilidad de la información, para el análisis de los años 70 se utilizan fotografías aéreas mientras que para las décadas posteriores se requiere de imágenes de satélite entre las más solicitadas para este tipo de

estudios se encuentran las Landsat, y algunas otras que se llegan a utilizar son las SPOT, ASTER e IRS-1C. A continuación se citan algunos ejemplos a nivel internacional sobre los periodos de análisis para el cambio de uso de suelo: para el caso de la provincia de Ñuble, Chile, tres imágenes del satélite SPOT-XS de los años 1988, 1995 y 2000 fueron usadas para clasificar coberturas vegetacionales (Ramírez, 2002); en el oeste de Honduras para conocer el cambio de uso de suelo se emplearon imágenes de satélite Landsat (TM) de 1987, 1991 y 1996 (Nagendra, 2003); en Finney Kansas para identificar el cambio de uso de suelo se procesaron imágenes Landsat TM de 1987, 1989 y 1992 (Wu *et al.*, 2001); en Puerto Rico para el análisis de cambio de uso de suelo se utilizó información temática obtenida de fotografías aéreas de 1977 - 1978 e imágenes de satélite Landsat TM de 1991-1992 (Helmer, 2004); en Oregon EUA, el cambio de la cubierta vegetal de 1936 a 1996 se analizó por medio de mapas de vegetación (Wimberly y Ohmann, 2004); para Michigan, Minnesota y Wisconsin EUA se analizó el cambio de uso de suelo de 1970 a 1990 en donde fueron requeridas fotografías aéreas e imágenes de satélite Landsat MSS (Brown, 2003); en el noreste de Minnesota EUA para conocer los cambios en la cubierta vegetal forestal de 1990 a 1995 se emplearon imágenes Landsat TM (Wolter y White, 2002); para conocer el cambio de uso de suelo en el norte de California de 1976 a 2001 se utilizaron imágenes de satélite tipo Landsat TM y MSS (Rich y Colin, 2007); en Australia para conocer los cambios de uso de suelo se emplean imágenes de satélite Landsat MSS, TM Y ETM de 1972 a 2000 (Júpiter y Marion, 2008); en Alemania mediante fotografías aéreas e información temática se analizó el cambio de uso de suelo de 1945 a 1998

(Hietel *et al.*, 2004); para conocer el cambio de uso de suelo en Europa de 1990 a 2000 se utilizan imágenes de satélite Landsat TM y ETM (Moiorano *et al.*, 2008); en Turquía para analizar los cambios de uso de suelo de 1990 a 2005 se utilizaron imágenes de satélite Landsat TM y ASTER (Birsén y Engin, 2008), en Cukurova Turquía para analizar los cambios de uso de suelo de 1984 a 2000 se manejaron imágenes de satélite Landsat TM y ETM (Alphan y Yilmaz, 2005); en Beijing china se analizó la dinámica de cambio de uso de suelo de 1975 a 1997 por medio de imágenes de satélite Landsat MSS y TM (Qi *et al.*, 2004); en el noreste de Qinghai-Tibet Plateau China para conocer el impacto de cambio de uso de suelo de 1977 a 2004 se utilizaron imágenes de satélite Landsat MSS, TM, y ETM (Li *et al.*, 2009); en Jiangsu China para analizar la pérdida del suelo arable de 1990 a 2006 se emplearon imágenes de satélite landsat TM (Lui *et al.*, 2009); en Saharanpur India para conocer el cambio de uso de suelo de 1988 a 1998 se requirió fotografías aéreas e imágenes de satélite IRS-1C (Fazal, 2000); en Guinan Qinghai china se analizó el cambio de uso de suelo de 1976 a 2006 mediante imágenes de satélite Landsat MSS y ETM (Feng *et al.*, 2009); en el noreste de Tailandia se analizó el cambio de uso de suelo de 1989 a 2000 por medio de imágenes de satélite Landsat (Vanwambeke *et al.*, 2007); en Egipto se analizó el cambio de uso de suelo de 1988 a 1997 a partir de imágenes de satélite Landsat TM y SPOT (Haque *et al.*, 2008); en Nepal África se analizó el cambio de uso de suelo de 1989 a 2000 mediante imágenes de satélite Landsat TM y ETM (Nagendra *et al.*, 2008); por último en Camerón África se analizó el cambio de uso de suelo de 1987 a 2002 mediante imágenes de satélite TM y ETM (Siwe y Koch, 2008).

4.3.2. A nivel Nacional

En México la mayoría de los estudios sobre cambio de uso de suelo analizan periodos de 1970 a 2000. El periodo de análisis depende principalmente del material disponible. Citando algunos ejemplos: en la definición del uso de suelo al nivel de toda la península de Baja California se utilizaron para el periodo 1978 (Serie I de INEGI) a 2000 (Inventario Nacional Forestal) a escala 1:250 000 (Rosete , 2007); en Campeche y Quintana Roo mediante la interpretación de imágenes Landsat MSS se examinó que proporción de la superficie de selvas y sabanas fue transformada en áreas agrícolas y ganaderas, entre 1975 y 1990 (Cortina *et al.*, 1999); a partir de la cartografía de los tipos de vegetación y uso del suelo se evaluó la situación actual en la Reserva de la Biosfera de Calakmul Campeche, para ello se utilizaron 1500 fotografías aéreas de 1995 y 1996 en escala 1:20 000 (García *et al.*, 2001) ; en el Parque Nacional Nevado de Toluca para detectar el cambio de uso de suelo y vegetación ocurridos entre 1972 y el 2000 se utilizan cartas de uso de suelo, fotografías aéreas y Ortofotos digitales; información de INEGI (Franco *et al.*, 2006); se analizó el cambio de uso de suelo de dos comunidades rurales del noreste de Quintana Roo, a partir de fotografías aéreas de 1979 y 2000, recorridos de campo y entrevistas para documentar la historia de uso de suelo (Dupuy *et al.*, 2007); en Guanajuato para el estudio del cambio de uso de suelo se emplearon imágenes de satélite Landsat TM de 1976 a 1997, con apoyo de información de cartas topográficas edición 1998, ortofotos digitales de 1993 y levantamiento en campo con GPS (García *et al.*, 2002); en la sierra de Angagueo Michoacán para determinar los

cambios en cubiertas de suelo se utilizaron fotografías aéreas de 1971 y 1994, una imagen landsat TM7 de primavera 2000; y cartografía escala 1:50 000 y temática 1:250 000 (Ramírez, 2001); en la ciudad de Morelia Michoacán para predecir cambio de cobertura y uso de suelo se utilizaron fotografías aéreas de 1960, 1975 y 1990, se empleo una subescena de la imagen Landsat TM de septiembre de 1997, el material cartográfico necesario fue carta topográfica y temáticas de geología y edafología (López *et al.*, 2001); en Bahía de Banderas Nayarit con el objeto de hacer la valoración del cambio del uso de suelo y vegetación se tomo como base la informacion del INEGI (1976), en la carta de uso de suelo y de vegetación, y de INEGI e INE-IGG la carta de uso de suelo y vegetación 2001 y una más de uso de suelo y vegetación del 2000 de INE-SEMARNAT-IGG-UNAM (Márquez, 2008); en Chetumal Quintana Roo para conocer la magnitud y dirección de los cambio de uso de suelo se utilizaron imágenes landsat ETM de 1990 y 2000, se entrevistaron 81 ejidatarios y se analizaron los archivos de Registro Agrario Nacional (García, 2005); en San Luis Potosí para estimar e identificar los cambios en la cobertura y el uso de suelo a través del tiempo se utilizaron cuatro imágenes de satélite Landsat tres MSS (Mayo de 1973, octubre 1985 y octubre 1990) y una imagen ETM+ de abril de 2000 (Reyes *et al.*, 2006); en la reserva de la biosfera Pantanos de Centla Tabasco para la cuantificación de la variación espacial de los tipos de vegetación y uso de suelo de 1970 a 2000 se utilizaron imagen Landsat MSS y de Landsat ETM (Guerra y Ochoa, 2006). Como podemos apreciar los estudios antes mencionados tienen cierta similitud, la informacion con la que son elaborados es principalmente del INEGI (cartas temáticas, fotografías aéreas y

ortofotos), existen otras fuentes de información que trabajan sobre la información original del INEGI, otro tipo de información que se ve reflejada en los trabajos citados son las imágenes de satélite tipo Landsat MSS y ETM.

4.4. Fuentes de información

4.4.1. Fotografía aérea INEGI

De 1968 a la fecha, pueden distinguirse dos épocas importantes en la producción de información aerofotográfica: De 1968 a 1981, se realizó el trabajo de vuelo alto con arreglo en la división del país en zonas de trabajo y se obtuvieron fotografías aéreas en escalas 1:50 000 para la elaboración de la carta topográfica escala 1:50 000; las fotos se tomaron en la dirección este-oeste, con cubrimiento de las 86 zonas en que se dividió el país. El vuelo más antiguo es de marzo de 1967 y el cubrimiento aerofotogramétrico actual del país es de 100%, con lo que la mayoría del territorio nacional cuenta con fotografías de tres periodos de actualización diferentes. El vuelo bajo tuvo por objeto apoyar la producción de cartografía temática por métodos de fotointerpretación. Se cubrió 52% del país, en su parte central, con película en blanco y negro o a color, a escalas de 1:25 000 y 1:35 000, tomadas en direcciones este-oeste, utilizando cámaras gran angular y sobre la misma dirección zonal establecida para el vuelo alto. El más antiguo de estos, data de marzo de 1969 y el reciente corresponde a noviembre de 1978 (INEGI, 2005)

4.4.2. Serie I (INEGI 1968-1986)

La cartografía de uso de suelo y vegetación del INEGI, escala 1:250, 000, se elaboro a partir de la interpretación de fotografías aéreas tomadas entre los años 1968 y 1986, así como de un intenso trabajo de campo que incluye más de 10,000 sitios de verificación. El sistema clasificatorio comprende más de 300 clases que dan cuenta de diferentes tipos de vegetación con base en criterios de fisonomía, florística, fenología y estado de conservación de los tipos de suelo. No existe evaluación cuantitativa de la confiabilidad de la cartografía de uso de suelo y vegetación del INEGI; sin embargo, dadas la experiencia de los intérpretes y técnicas utilizadas, los datos resultantes satisfacen los requerimientos de calidad esperados para un trabajo a escala nacional (Velázquez *et al.*, 2002).

4.4.3. Serie II (INEGI 1993-1996)

Al principio de la década de 1990, el INEGI llevo a cabo una actualización de la cartografía serie I con base en la interpretación visual de espacio mapas. Los espaciomapas fueron derivados de la composición a color de imágenes Landsat TM (combinación de bandas del infrarrojo y visible 4, 3, 2) impresos a escala 1:250,000. El sistema clasificatorio es aun más detallado que el de la serie I con más de 600 categorías. Los datos se encuentran únicamente en formato digital (Velázquez *et al.*, 2002).

4.4.4. Landsat multispectral scanner (MSS)

Los datos obtenidos por medio del sensor MSS han sido utilizados generalmente para la realización de estudios geológicos generales y para el inventario de recursos vegetales, una de las mayores virtudes de este sistema es su riqueza de archivos, ya que cuentan con imágenes desde 1972 lo cual lo hace útil en estudios de detección de cambios a través del tiempo (Martínez, 2002)

4.4.5. Landsat Thematic Mapper (TM)

El sistema sensorial fue lanzado el 16 de julio de 1982 (Landsat 4), marzo 1 de 1984 (Landsat 5) y 15 de abril de 1999 (Landsat 7). Este es un sensor de rastreo optico-mecanico que registra la energía de las regiones visible, infrarrojo reflectivo, mediano al infrarrojo e infrarrojo térmico del espectro. Este sensor obtiene imágenes multi-espectrales que tienen mayor resolución espacial, espectral y radiométrica que el MSS (Martínez, 2002). El sensor del satélite Landsat TM tiene 7 bandas, cada una de estas capta una determinada longitud de onda con aplicaciones diferentes, así por ejemplo, la banda 1 se usa para estudios hidrológicos y mapeo de costas, la banda 2 para estudios de vegetación sana y vigor, la banda 3 para clasificación de la vegetación y estudios de clorofila, la banda 4 para el contenido de biomasa y cuerpos de agua, la banda 5 para contenidos de humedad, nieve y nubes, la banda 6 para estudios vulcanológicos y de contaminación, la banda 7 para estudios de fisiografía de terreno (Soria *et al.*, 1998, citado por Buendía *et al.*, 2002)

4.4.6. Enhanced Thematic Mapper (ETM+)

El nuevo sensor en la serie Landsat denominado mapeador temático mejorado (ETM+) muestra una configuración muy similar a la del satélite Landsat 5 en lo referente a los datos multi-espectrales que obtiene. La mayor diferencia radica en que la banda térmica (banda 6) tiene una resolución de 60m. Otra diferencia es que se puede obtener imágenes pancromáticas (rango 0.5-0.9 micras) con una resolución espacial de 15 metros (Martínez, 2002).

4.4.7. SPOT (Le Systeme Pour l'Observation de la Terre)

El primer satélite SPOT fue lanzado a principios de 1986 seguido por los lanzamientos de la serie en 1990 (SPOT-2), 1993 (SPOT-3) y 1998 (SPOT-4). Los sensores abordo del SPOT operan modos multi-espectral y pancromático. El satélite SPOT comúnmente es referido como rastreador de movimiento ya que todas las partes necesarias para el rastreo están fijas y el rastreo se logra mediante el movimiento frontal del escáner. El satélite puede observar la misma región sobre el planeta cada 26 días (Martínez, 2002).

4.4.8. IRS, Indian Remote Sensing (IRS-1C e IRS-1D)

La India opera cinco satélites de tecnología sensorial con arreglo lineal, siendo este sistema uno de los más modernos en el ámbito de los sensores remotos fue lanzado el 17 de marzo de 1988 seguido por lanzamientos 1991, 1995 y 1997. Los más sofisticados sensores del Programa Hindú son el IRS-1C y el 1D, los cuales producen imágenes pancromáticas de hasta metros de detalle y multiespectral con niveles de detalle que van desde los 23 hasta 188 metros.

Combinando sus características espectrales semejantes al Landsat, y su alta resolución espacial, los sensores mencionados han sentado nuevos estándares en productos digitales para el monitoreo de los recursos terrestres (Martínez, 2002).

4.5. Enfoques metodológicos

En la mayoría de los trabajos internacionales y nacionales para evaluar un cambio de uso de suelo por medio de información geográfica recurren a la integración de un sistema de información geográfica en donde las variantes entre dichos trabajos serán todas las que componen el mismo sistema de información geográfica siendo estas: programas, equipo, material, procedimientos y recursos humanos, enfatizando esto, se muestran algunos trabajos cuyo objetivo es el mismo sin embargo la integración del sistema de información geográfica es diferente:

4.5.1. Nivel internacional

Para conocer el cambio de uso de suelo en el área forestal en Honduras bajo el procesamiento de las imágenes satelitales se utilizó el programa ERDAS Imagine en donde imágenes de satélite fueron corregidas radiométricamente y geométricamente para disminuir distorsiones ocasionadas por la atmósfera y por la cobertura terrestre, se procedió a la clasificación supervisada por *máximum likelihood* con solo dos clases área forestal y no forestal y se obtuvieron los cambios entre tres periodos (Nagendra *et al.*, 2003); para Australia los cambios en el área forestal se obtienen mediante clasificaciones

no supervisadas ISODATA a imágenes de satélite landsat de diferentes fechas después la imagen se clasifico de acuerdo al manejo y uso de suelo de Australia (Júpiter y Marion, 2008); Turquía en la interpretación de la información satelital para detectar los cambios en el suelo y en las cubiertas vegetales se utilizo el programa ERDAS IMAGINE 8.7 y el ENVI 4.1 para analizar los cambios en las imágenes (Kesgin y Nurlu, 2008); para el lago de Qinghai en China se usaron los programas ERDAS IMAGINE 8.5 y ARC/INFO 9.0 mediante técnicas de percepción remota se trabajo con imágenes de satélite las cuales de corrigieron geométricamente y radiométricamente, la clasificación de uso de suelo se llevo a cabo mediante interpretación visual (Li *et al.*, 2009); mediante el desarrollo de un modelo de simulación espacial del cambio de uso del suelo, se evaluaron y simularon el cambio en el coeficiente de escorrentía superficial para la ciudad de los Ángeles VIII región del Biobío, Chile y sus alrededores, para el período 1998-2022, el modelo se desarrollo en el SIG Idrisi Kilimanjaro, integrando los métodos de Cadenas de Markov, Evaluación Multi-Criterio y Autómatas Celulares, la evaluación del coeficiente de escorrentía se basa en el método del Servicio de Conservación de Suelo de Estados Unidos (Henríquez *et al*, 2006); por otra parte, mediante crónicas españolas y documentación de época se reconstruye la evolución del uso del suelo, el desarrollo de las actividades agropecuarias y la temprana intervención ambiental en una localidad fronteriza de la Araucanía (San Pedro, Chile central del siglo XVI al XIX (Cisternas y Torrejón, 2002).

4.5.2. Nivel nacional

Para la evaluación del cambio de uso de suelo en la reserva de la biosfera Pantanos de Centla Tabasco, las actividades de procesamiento de las imágenes de satélite se llevo a cabo utilizando IDRISI32, se realizo una rectificación geométrica, se aplico una función de transformación utilizando un ajuste cuadrático de segundo grado mediante el vecino más cercano, se realizaron pruebas de compuestos de color con las escenas y en cada una de las bandas seleccionando las que tuvieron mejor reconocimiento de la vegetación, se realizo una clasificación de las imágenes por el método mixto propuesto por Chuvieco , se hizo una verificación en campo y a las imágenes clasificadas se les aplico un proceso de concatenación automático obteniéndose dos mosaicos de informacion de tipos de vegetación y uso de suelo (Guerra y Ochoa, 2006); en San Luis Potosí, para estimar e identificar los cambios en la cobertura y el uso de suelo a través del tiempo se utilizaron imágenes satelitales de diferentes fechas, se considero una subescena, para el proceso digital y clasificación de las imágenes se utilizo el programa Idrisi 32.2, la clasificación incluyo la delimitación de campos de entrenamiento para diferentes tipos de cobertura de suelo sobre compuesto en falso color de la imagen, los campos de entrenamiento se utilizaron en una clasificación supervisada mediante el algoritmo de máxima verosimilitud, de esta manera se obtuvieron diferentes mapas de coberturas y uso de suelo (Reyes *et al.*, 2006); con el objeto de hacer la valoración del cambio de uso de suelo y vegetación, de una manera integral, se considero todo el municipio de Bahía de Banderas Nayarit, se tomo como base informacion de la carta de uso de suelo y

vegetación de dos fechas del INEGI, se procedió a la aplicación de la ecuación que expresa la estimación de los procesos de cambio de uso de suelo de manera porcentual de la superficie al inicio de cada año de estudio, como resultado de lo anterior se estimó la tasa de cambio basada entre las comparaciones entre dos tiempos que describen de manera más confiable las transiciones que han ocurrido en el territorio (Márquez, 2008); para delimitar los cambios de uso de suelo agrícola en el estado de Guanajuato, se utilizó como herramienta el sistema ERDAS IMAGINE V. 5.3 NT para procesar la información de las imágenes de satélite, ARC/INFO V. 7.1 NT para procesar información vectorial el sistema IDRISI W V 2.0 se utilizó para realizar procesos de modelación espacial y ArcView V. 3.0 se utilizó para desplegar, editar e imprimir los mapas de presentación (García *et al.*, 2002); de acuerdo a Franco., *et al.*, 2006 en su trabajo Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000, expone que para conocer el estado de conservación del Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT), se analizaron los cambios en el uso del suelo y vegetación ocurridos entre 1972 y el 2000, para ello fue preciso obtener cartografía digital mediante procesos de digitalización y fotointerpretación, los mapas obtenidos se basaron en el sistema de clasificación del INEGI, serie I, la aplicación de un sistema de información geográfica (SIG) permitió obtener la densidad de la cobertura forestal y analizar el cambio de uso de suelo y vegetación, identificando los procesos de disminución y/o incremento en la densidad de las zonas forestales; según Bocco *et al.*, 2001 en su trabajo: la dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán, una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de

deforestación, intenta contribuir a mejorar la comprensión de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo en el tiempo, a nivel regional, a este efecto, formula una estrategia de cuantificación y explicación del cambio que puede ser utilizada en casos similares; Buendía *et al*, 2002 en su trabajo: aplicación de imágenes de satélite en la cartografía de uso de suelo y vegetación en una región del oriente del valle de México, menciona que en México la aplicación de sensores remotos se encuentra en la fase de experimentación, por lo cual se están generando metodologías propias para el estudio del territorio mexicano, para la clasificación de uso de suelo y vegetación, se realizó un estudio en la cuenca oriental del Valle de México, utilizando imágenes Landsat TM y Spot XS; procesadas mediante el Sistema Personal Interactivo de Percepción Remota versión 2.0 (SPIPR II), para diez unidades de clasificación que fueron: agricultura de riego (AR), agricultura de temporal (AT), pastizal halófilo (PH), bosque de pino (BP), pastizal inducido (PI), zona urbana (ZU), cuerpos de agua (CA), bosque de pino-pastizal (BP-PI), bosque de encino-matorral (BE-MI) y bosque de abies (BA), para el cumplimiento de los objetivos de dicho trabajo se establecieron cuatro tratamientos (componentes principales, análisis de texturas, convolución y filtrado) sobre tres combinaciones de bandas (Landsat TM3-TM4-TM5, TM2-TM5-TM7 y Spot XS1-XS2-XS3), la mejor precisión fue para las imágenes clasificadas Landsat TM2-TM5-TM7 sin tratamiento con un 75 %, para Landsat TM3-TM4-TM5 sin tratamiento, fue de 69.07 % y las imágenes clasificadas Spot XS1-XS2-XS3 con el tratamiento de componentes principales tuvieron un 69.07%.

4.6. Magnitud de los impactos

4.6.1. A nivel internacional

En Oregon Estados Unidos en un periodo de 60 años el área forestal decreció de un 42% a un 17% (Wimberly y Ohmann, 2004); mientras que para Nizeyimana, *et al.*, 2001, en su trabajo valoración del impacto de la conversión de suelo a uso urbano sobre suelo con diferentes niveles de productividad en USA el 3% del suelo urbano de USA es muy altamente productivo, el 26% es altamente productivo, el 38% es moderadamente productivo y el 33% poco productivo; en Australia en 32 años disminuye el área forestal en un 12% aumentando así la deforestación en 18.5% (Júpiter y Marion, 2008); en Cukurova, Turkey en un periodo de 7 años el área agrícola incremento 2212 ha equivalente a un 36% del total de los cambios y disminuyo la superficie forestal en 1205 ha (Alphan y Yilmaz, 2005); en 16 años en el sureste de China ha incrementado el área urbana y rural en un 174.65% equivalente a 87 997ha y un 104.52% equivalente a 81 041 ha respectivamente (Lui *et al.*, 2010); por otro lado en el distrito de Guinan, provincia de Qinghai, China se realizo un estudio de valoración de la degradación de pastizales en donde se obtuvo de un total de 467 858 ha de pastizal en 1976 estas disminuyeron a 408 812 ha para 2006 es decir 0.42 por ciento por año (Feng *et al.*, 2009); para Egipto en un periodo de 37 años la población incremento de acuerdo al área residencial con una cobertura del 58.71% de acuerdo al área de estudio (Haque *et al.*, 2008); para el caso de Australia, Gordon *et al.*, 2003, realizó un estudio de Cambio de uso de suelo y flujo de vapor de agua obteniendo una disminución de bosques lo

que correspondió a un aumento de en tierras de cultivo y pastizales, este cambio de uso de suelo fue provocado por una disminución del 10% del flujo del vapor agua, la cual corresponde a 340 km³ de flujo de agua dulce anual, todo esto finalmente provoca serios impactos sobre la sociedad, economía local y ecosistemas de Australia; para la ciudad de Saharanpur, India; se llevo a cabo un estudio de expansión urbana y pérdida de suelo agrícola, como resultado de un total de 7745 hectáreas de estudio de las cuales se perdieron 1683 hectáreas de tierras de agricultura fértil (Fazal, 2000); en áreas protegidas la resistencia a cambio de uso de suelo depende del tamaño de estas, esto de acuerdo al estudio realizado en Italia por Maiorano *et al.*, 2008, en donde se obtuvo como resultado un 1.1% de cambio de uso de suelo en reservas nacionales, 4.9 % en reservas nacionales, 5.1% en parques nacionales, 7.8% en reservas regionales y 8.7% en otras áreas protegidas; para Ramírez 2002, en su trabajo clasificación y corrección de cambios de coberturas del suelo en la Comuna de Ninhue (secano interior), provincia de Ñuble, VIII Región, Chile. La cobertura vegetal que mayores cambios positivos experimentó fue la plantación forestal, la cual aumento en un 166%. Por otro lado, la cobertura vegetal que tuvo un cambio negativo fue la pradera con un disminución del 41%.

4.6.2. A nivel Nacional

En toda la Península de Baja California, durante un periodo de análisis de 22 años , el 93.3 % del territorio permaneció sin cambio alguno, mientras que el 7.7% de su superficie presento algún cambio dentro en la cobertura vegetal

(Rosete et al., 2008); por otro lado la interpretación y clasificación de las imágenes de satélite indica que para diciembre de 1975 ya se había desmontado un 11.9%, esto es 98 806ha, para utilizarse en la agricultura y ganadería, 78 864 ha en Quintana Roo y 19 942 ha en Campeche (Cortina et al., 1999); en el Parque Nacional Nevado de Toluca México en un periodo de 28 años, poco más de 9 700 ha de bosque de pino, latifoliadas u oyamel, sufrieron pérdidas de densidad, esto representó 20% de la superficie del área natural protegida, las zonas boscosas que mostraron incrementos apenas alcanzaron 4800 ha (Franco et al., 2006); se calculó una disminución de 57 051 ha (4%) en la totalidad del área agrícola del estado de Guanajuato en un periodo aproximado de 27 años, sin embargo para el Distrito de Desarrollo Rural 004 la tendencia fue inversa, presentó un crecimiento de 22 642 ha (9.6 %). A pesar de la tendencia general de disminución del área agrícola, la localización de los cambios indica abandono en algunas áreas agrícolas, incorporación de tierras de uso pecuario y forestal a la agricultura y crecimientos urbanos e industriales sobre áreas de uso agrícola (García et al., 2002); la ciudad de Morelia creció 600% de 1960 a 1997 (López et al., 2001); para Guerra y Ochoa, 2005 en su trabajo: evaluación espacio-temporal de la vegetación y uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco de 1990-2000, las tasas de cambio por pérdida anual se estimaron en 6.06% (selva de púcté) y 34.96% (selva de tinto); en tanto que la tasa de incremento anual fue de 1.15% (manglar), 0.72% (comunidades de hidrófitas) y 27.82% (pastizal), los cambios encontrados se relacionaron con la presencia de carreteras pavimentadas, localidades y canales, siendo éstos últimos los que más afectaron, los

resultados muestran que las comunidades de hidrófitas, pastizales y cuerpos de agua se desplazaron a todas las unidades de suelo y geología, los cambios encontrados pueden atribuirse a diversas causas: los incendios, apertura de vías de comunicación, actividades petroleras, sobreexplotación de recursos, expansión ganadera, tala para extracción de madera y quema intencional para captura de especies; y para Espinosa 2008 en su trabajo: procesos y actores en la conformación del suelo urbano en el ex lago de Texcoco, menciona que el lago de Texcoco ha sido objeto de diversas acciones que lo han conducido a su desecación, desde la época de la Colonia, en sus alrededores se dieron obras de desagüe, deslindes, fraccionamientos y ventas clandestinas que lo condujeron finalmente a ser terreno propicio para la conurbación con la ciudad de México, en dicho proceso incidieron e intervinieron, diversos actores económica, política y socialmente de manera que el proceso de desecación y cambio de uso de suelo (de rural a urbano) fue un proceso socialmente construido.

4.7. Satisfactores de la sociedad (impacto para satisfacer necesidades)

En los últimos años, se incremento considerablemente el número de estudios en los cuales se evalúan los cambios en las coberturas del suelo, debido a las consecuencias negativas que tienen estos sobre la conservación de la biodiversidad, los suelos, el clima, el ciclo hidrológico etc. (Francois y Fernández, 2003); caracterizar la cobertura terrestre, el uso del suelo de un área, así como sus cambios espaciotemporales en relación con las actividades

humanas, es fundamental para entender y predecir la dinámica de los componentes del paisaje, además, proporciona un marco de referencia para el estudio de la sucesión y la dinámica de los ecosistemas, así como para el diseño de políticas y estrategias de planificación, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales (Dupuy *et al.*, 2007); la base de la economía regional la constituye la agricultura de temporal, la ganadería y la explotación forestal, por lo que se considera recomendable implementar medidas adecuadas para conservar el suelo como recurso prioritario y sustentable para mantener su productividad (Alvarado *et al.*, 2006); de tal forma que al depender en muchos casos de los recursos naturales y de los servicios prestados por el medio ambiente, las actividades humanas presionan y provocan diversas transformaciones e impactos al ambiente y a la sociedad en aspectos de salud y bienestar, además de alterar la disponibilidad y calidad de dichos recursos y servicios (Leyva y Herrera, 2003); como reacción a los impactos que afectan al medio ambiente, desde finales del siglo XIX se tiene conciencia de la necesidad de instaurar un marco general de ordenación territorial con el fin de que la localización de las actividades socioeconómicas y el desarrollo urbanístico de las ciudades se llevara a cabo de manera coherente y razonable (Fernández *et al.*, 2007); la planificación de manera general se puede definir como un proceso racional de toma de decisiones o bien como un intento inteligente organizado para elegir las mejores alternativas tendentes a realizar metas específicas (Gómez y Barredo 2006); dentro de los objetivos principales del ordenamiento territorial preside el desarrollo sustentable cuya definición establece que es un desarrollo que satisface las necesidades del

presente sin comprometer la capacidad de las futuras para satisfacer las propias (Vidal y Franco, 2009) de igual manera dentro de la planificación territorial se encuentra la “evaluación de impacto ambiental” que en sus alcances generales supone prever, desde la etapa de planeación, la inconveniencia ambiental de desarrollar proyectos productivos y sociales que aceleren el agotamiento de los recursos naturales (Vidal y Franco, 2009) y dentro de esta evaluación se aplica el concepto de medidas de mitigación que puede ampliarse para cubrir uno o más de los siguientes propósitos: evitar el impacto del conjunto aplicando ciertas acciones o partes de una acción; minimizar los impactos limitando el grado o magnitud de la acción y su implantación; rectificar el impacto mediante la reparación, rehabilitación o restauración del ambiente afectado; reducir o eliminar el impacto en el tiempo mediante la preservación y mantenimiento de las operaciones durante el ciclo de vida de la acción; compensación por el impacto mediante el reemplazo o suministro de recursos o ambientes sustitutos (Vidal y Franco, 2009) acentuando lo expuesto anteriormente, Alvarado *et al*, 2005 en su trabajo: usos y destinos de los suelos en la región de Cuetzalán, Puebla, México, identificó las unidades o grupos de suelos representativos, sus usos actuales y su capacidad agrológica o clases de tierras, en función de su potencialidad. Utilizando la metodología conformada por tres fases de caracterización, de diagnóstico y propositiva. La caracterización se obtuvo, de la compilación de la información bibliográfica, consulta de la cartografía temática del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), de los usos del suelo actuales y del cotejo de esta información, con las verificaciones de campo. Se

concluye que más del 60% de la región de Cuetzalán debe destinarse al aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, a la vida silvestre, al turismo ecológico y a la recreación. Se recomiendan para la zona actividades de alfarería y cerámica, aprovechando los yacimientos de arcillas no expansivas y caolín, así como realizar investigaciones para el rescate de la diversidad biótica y social de la región.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Área de estudio

El Distrito de Riego 017 tiene una área máxima irrigable de aproximadamente 105, 000 hectáreas, con una máxima normal de 96, 000 ha, pero el área actual irrigada varia año con año, dependiendo de la disponibilidad del suministro de agua superficial. El Distrito está dividido en 20 módulos, 17 de los cuales han sido transferidos a los usuarios del agua, para su operación y mantenimiento (Cruz y Levine, 1998).

Se analiza el cambio de uso de suelo sobre los módulos IX (Buen abrigo) y XV (La Rosita) del Distrito de Riego 017 de la Comarca Lagunera – Coahuila, situándose estos entre los 25° 38' a 25° 52' longitud oeste y - 103°21' a -103°1' latitud norte, ocupando una superficie de 13 652 ha para el modulo IX y 17 089 ha para el modulo XV, ver mapa 1.

Integración del Sistema de Información Geográfica

5.2. Datos

5.2.1. Módulos de riego

La Comisión Nacional de Agua bajo la gerencia regional de cuencas centrales del norte realizo en el 2003 el levantamiento aerofotogrametrico de las

superficies ocupadas por terrenos que alojan la red de canales del distrito de riego 017 región lagunera Coah.-Dgo. Cuadrantes en formato digital con coordenadas UTM bajo Datum ITRF92, a una escala de 1:5000.

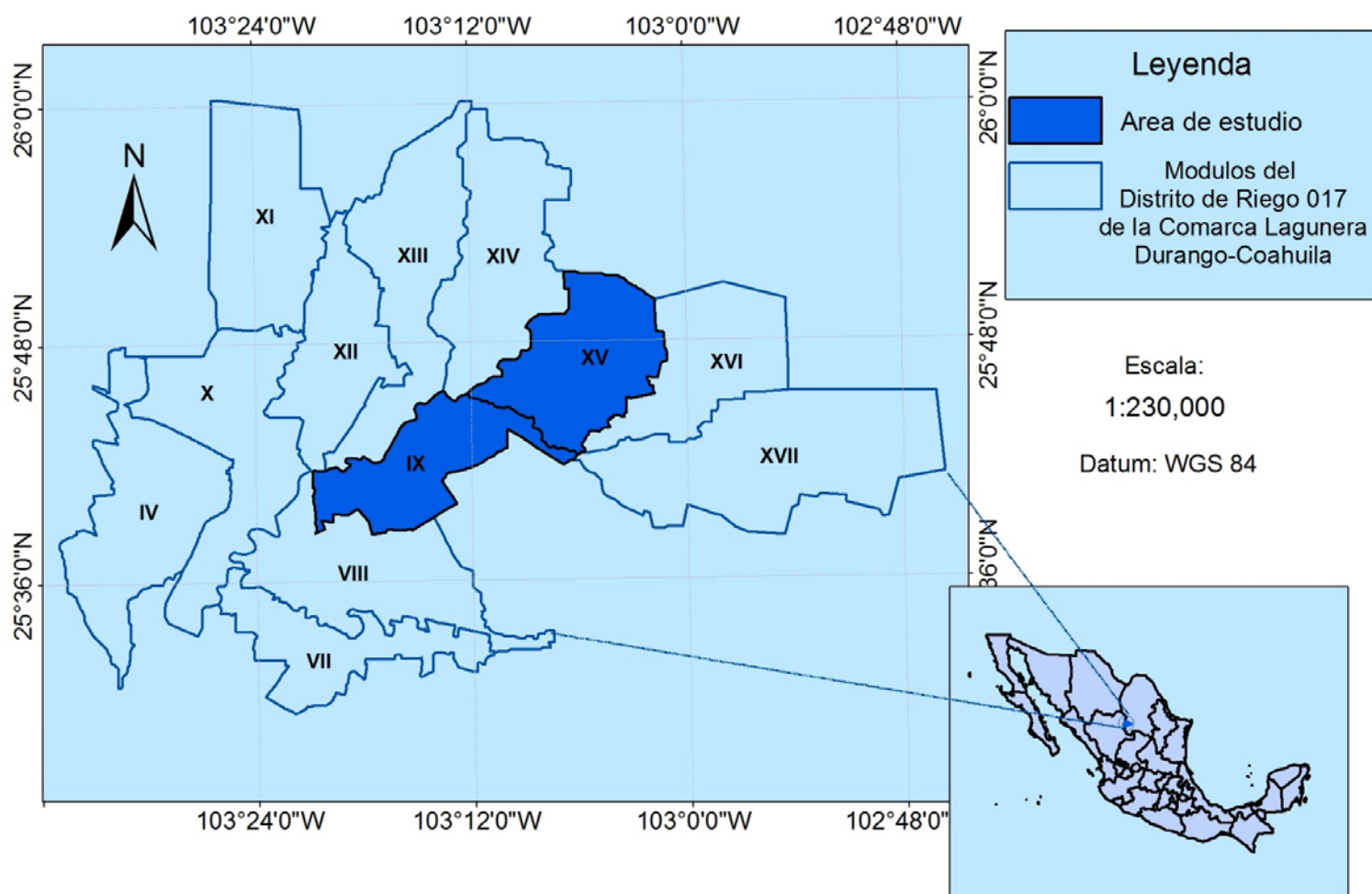
5.2.2. Ejidos

Los ejidos se obtuvieron en formato digital autocad (dxf), estos se importaron al ArcGis para cambio de formato y manipulación de la información por medio del mismo programa a la vez de proyecto con la coordenada geográfica a trabajar WGS84. Ver mapa 2 de limites ejidales. En el cuadro 1 y 2 se aprecian los ejidos y su superficie que se encuentra dentro del área de estudio.

Cuadro 1. Superficie ejidal del modulo IX Buen Abrigo.

Ejido	Municipio	Superficie total (ha)	Superficie dentro de módulo
Granada	Matamoros	910.83	65.14
Maravillas	Matamoros	308.80	180.02
Solima	Matamoros	944.45	506.75
Escuadron 201	Matamoros	520.41	180.92
Coyote	Matamoros	1206.97	696.75
Purísima	Matamoros	1078.13	1034.63
Los Ángeles	Matamoros	169.20	169.20
Buen Abrigo	Matamoros	706.41	706.41
Coyote	Matamoros	505.72	505.72
El Fénix	Matamoros	347.96	347.63
Solís	Matamoros	1872.24	495.42
El Fénix	Matamoros	347.96	52.30
Santa Mónica	San Pedro	791.43	170.10
Santa Eulalia	San Pedro	1300.14	388.70
La Luz	Matamoros	1465.35	1338.94
El Oasis	San Pedro	1281.48	650.94
Rancho Grande	Matamoros	116.34	116.34
Los Ángeles	Matamoros	791.70	791.70
La Libertad	Matamoros	229.98	229.98
San Lorenzo	San Pedro	1517.52	601.96
Santa Mónica	San Pedro	495.15	495.15
Guadalupe	Matamoros	637.05	637.05

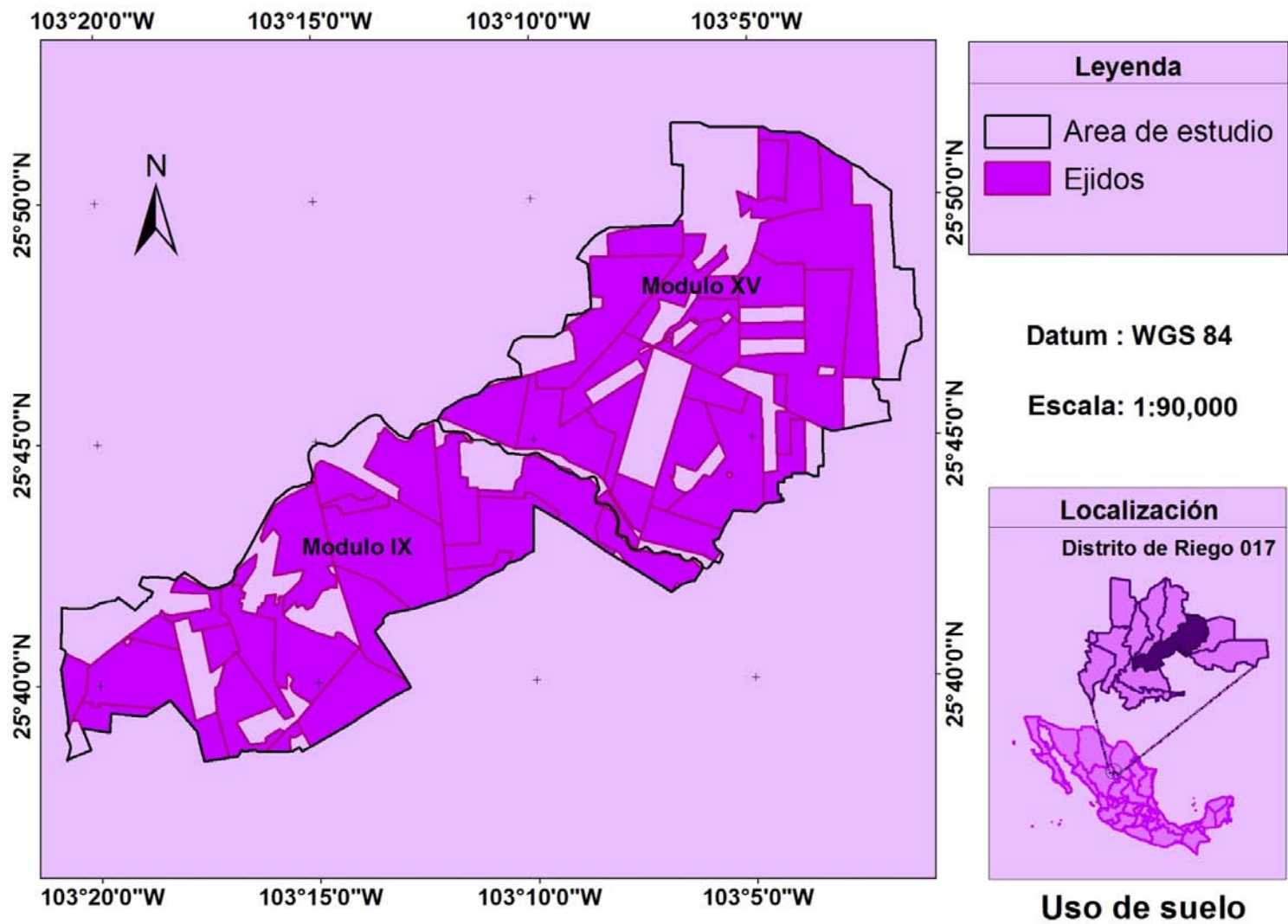
Mapa 1. Modulo IX y XV del Distrito de Riego 017



Cuadro 2. Superficie ejidal del modulo XV La Rosita.

Ejido	Municipio	Superficie (ha)	total Superficie dentro de modulo
Presa de la Trasquila	San Pedro	394.20	357.62
La Esperanza	San Pedro	74.45	74.45
La Concordia	San Pedro	213.74	213.71
San Lorenzo	San Pedro	1517.52	6.61
San Pablo	San Pedro	320.42	232.28
José María Morelos y Pavón	San Pedro	95.19	95.19
San Ignacio Dos	San Pedro	509.98	509.98
San Ignacio Uno	San Pedro	1048.56	979.26
Lázaro Cárdenas	San Pedro	573.08	513.81
José María Morelos y Pavón	San Pedro	54.06	54.06
San Francisco	San Pedro	728.09	728.10
La Concordia	San Pedro	350.94	350.94
San Francisco	San Pedro	248.40	248.40
Urquizo	San Pedro	383.61	383.61
Ricardo Flores Magon	San Pedro	151.82	151.82
NCPE Doroteo Arango	San Pedro	103.68	103.68
La Concordia	San Pedro	319.28	319.28
San Luis de Gurza	San Pedro	164.81	164.81
San Antonio Gurza	San Pedro	1202.33	1201.47
Veinte de Noviembre	San Pedro	1024.40	1021.86
San Francisco Gurza	San Pedro	430.00	430.00
La Concordia	San Pedro	547.80	547.80
Aquiles Serdan	San Pedro	394.20	357.62
San Luis de Gurza	San Pedro	74.45	74.45
Ricardo Flores Magon	San Pedro	213.74	213.71
La Concordia	San Pedro	1517.52	6.61

Mapa 2. Limites ejidales de los módulos IX y XV



5.2.3. Ortofoto de 1995 inegi

La ortofoto digital fue elaborada por el INEGI a partir de fotografías aéreas de escala 1:75 000 obtenidas en octubre de 1995, realizando en estas un procesamiento de rectificación, con auxilio de puntos de control geodésico y Modelo Digital de Elevación con una proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) y una DATUM ITRF92 zona 13, con una elipsoide de GRS 80. Resultando en la ortofoto una escala de 1:20 000. Las ortofotos requeridas para el estudio fueron G13D15 f, G13D16 d, G13D16 e, G13D16 f, G13D25 c, G13D26 a, G13D26 b y G13D26 c; ver Figura 1.

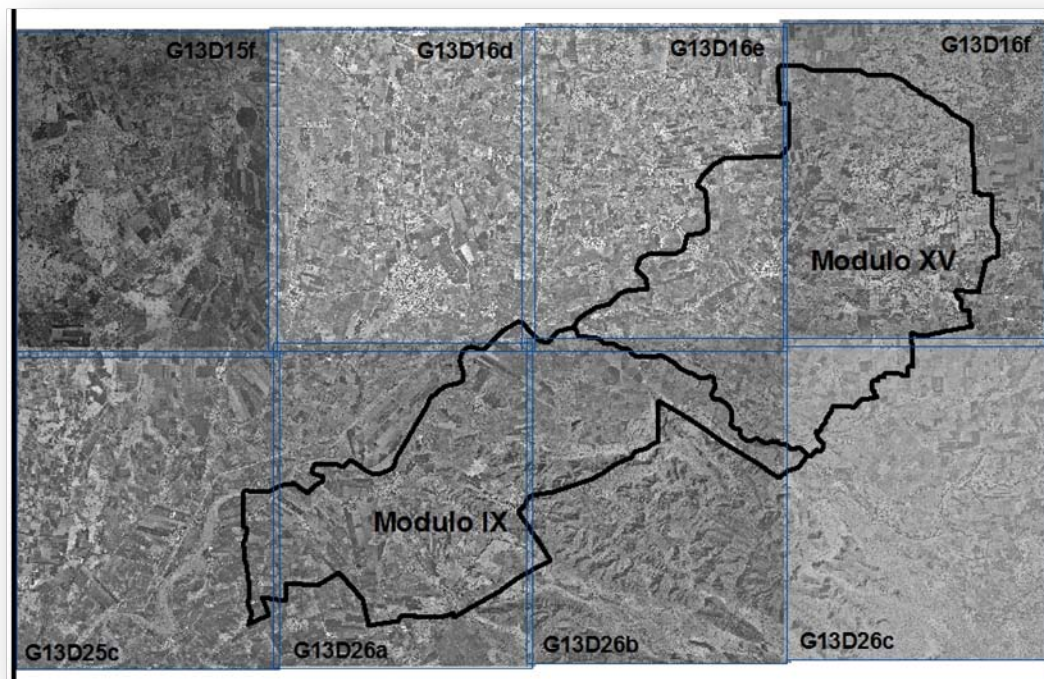


Figura 1. Ortofotos 1995 INEGI.

5.2.4. Ortofoto de 2009

Se realizo un vuelo areofotografico por parte de las oficinas centrales del INIFAP con avión y cámara aerofotografica propiedad del INIFAP, el vuelo se realizo los días 28, 29 y 30 de julio de 2009, la altura de vuelo fue de 1000 metros a partir del terreno, la imagen obtenida fue multiespectral con una resolución espacial de 1m x 1m, a las imágenes obtenidas se les dio formato y metadato por parte del laboratorio de sistemas de información geográfica del CENID-RASPA INIFAP de Gómez Palacio Durango el cual para el presente estudio proporciono las siguientes ortofotos 2009, del vuelo 29 de julio se contaron con las imágenes: G13D15f_, G13D16d_, G13D25c_, G13D26a_a_ y G13D26a_b_; del vuelo 30 de julio se obtuvieron las imágenes: G13D16d_, G13D16e_, G13D16f_, G13D26a_, G13D26b_ y G13D26c_, ver figura 2.

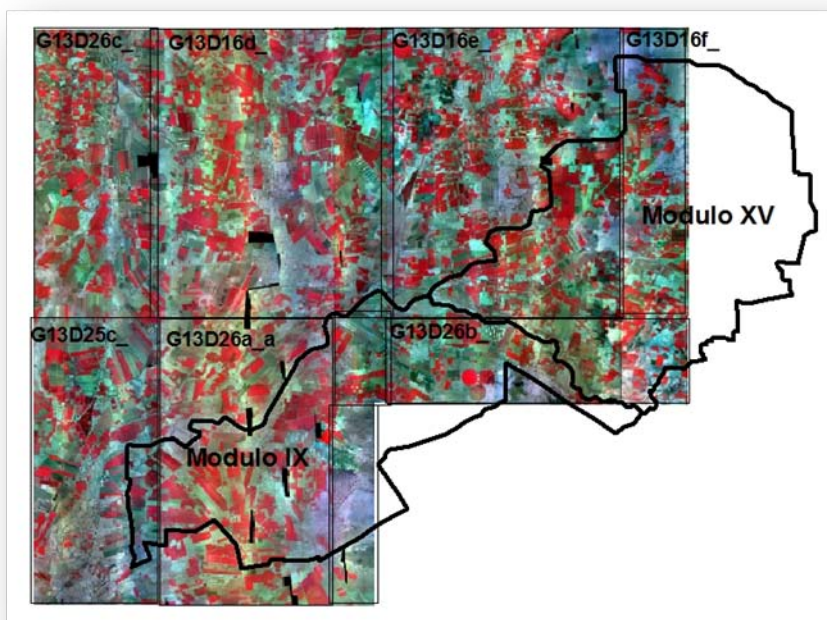


Figura 2. Ortofotos 2009 INIFAP.

5.2.5. Imagen de satélite

Para complementar el análisis de uso de suelo se requirió de imagen de satélite sport y landsat ya que la ortofoto 2009 no cubrió el área total de estudio, ver Figura 3 y 4.

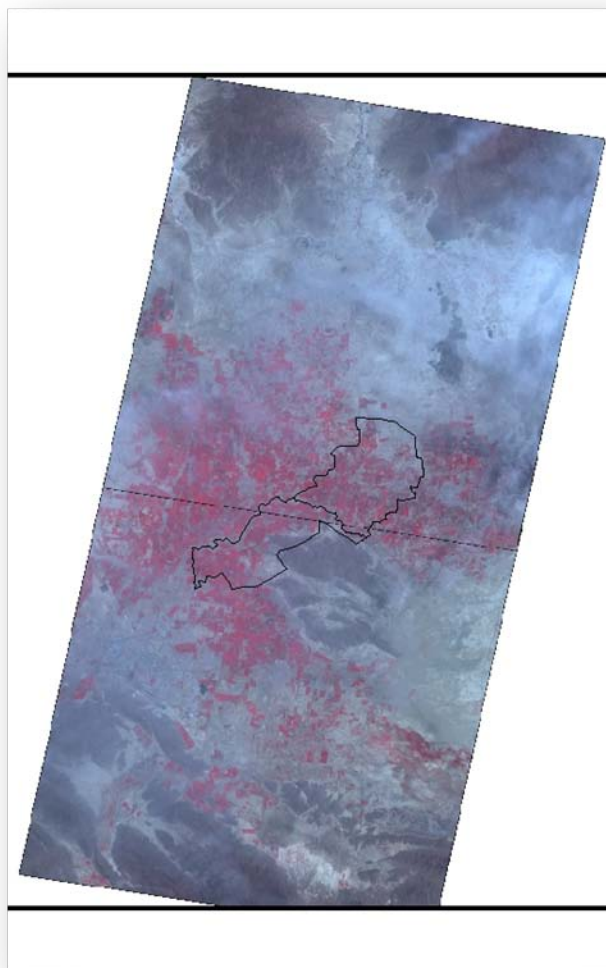


Figura 3. Imagen de satélite sport 4.

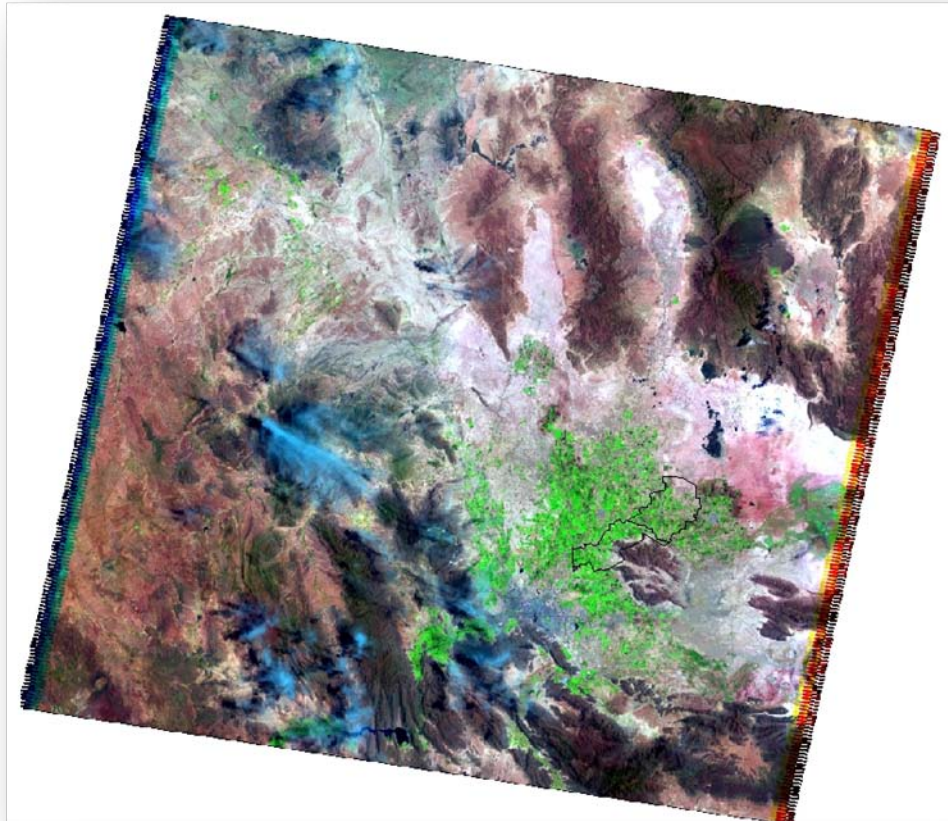


Figura 4. Imagen de satélite landsat 5.

5.2.6. Mapas temáticos

La carta geológica escala 1: 50000 cubre áreas de 1000 Km², aproximadamente. En ella se muestran principalmente los tipos de rocas que afloran en la superficie, con especial hincapié en las variaciones que presentan y en las estructuras de dichas formaciones rocosas. Se señalan las minas, catas y bancos de material, así como el producto que de ellos se extrae. También se señalan pozos, las norias y los manantiales (INEGI, 2005d)

La carta edafológica indica la distribución geográfica de los suelos del país, clasificados de acuerdo con las descripciones de unidades FAO/UNESCO

1968, modificado por DETENAL en 1970. Estas modificaciones consisten básicamente, en agregar nuevas subunidades que se han encontrado en el país y que no se consideran de la clave original de la FAO, en la castellanización de algunos nombres y en la consideración del sistema climático modificado por Enriqueta García. La carta presenta fase física: señalan la presencia de fragmentos de roca y materiales cementados, que impiden o limitan el uso agrícola del suelo y el empleo de la maquinaria agrícola entre otros aspectos este se divide en fases superficiales como pedregosa y gravosa y de profundidad como fase lítica y lítica profunda. Otra fase que presenta la carga es la química que se refiere a la presencia de sales solubles en el suelo, que limitan o impiden el desarrollo de los cultivos. Comprenden la fase salina y sódica. La clase textural también es descrita en la carta esta indica el tamaño general de las partículas que forman el suelo (INEGI, 2004).

La carta de uso de suelo y vegetación describe: la actividad agrícola, pecuaria y forestal, la vegetación natural e inducida, áreas sin vegetación aparente y erosión. Dentro de la agricultura se describen los diferentes tipos como la de riego, de humedad, temporal, nómada y de riego suspendido así como también se describe el tipo de cultivo desde anual, semipermanentes y permanentes. Para la actividad pecuaria se indica que tipos de ganado se explotan en las distintas comunidades vegetales del país tales como bovino, caprino, ovino, equino, para el caso de la actividad forestal se indica el tipo de uso forestal que se explota en las distintas comunidades vegetales existentes en el país como maderas, resinas, látex y ceras, fibras, recolección de frutos y semillas, rizomas, taninos, hojas y artesanía. En cuanto a la vegetación natural e inducida esta se

subdivide en pastizales, bosques, selvas, matorrales y otros tipos de vegetación. Las ares sin vegetación aparente se incluyen bajo este rubro los eriales, depósitos litorales, jales, dunas y bancos de ríos que se encuentran desprovistos de vegetación o que esta no es aparente y por ultimo para la erosión la degradación del suelo por desgaste del mismo se considera únicamente a procesos de erosión favorecidos por actividades humanas naturales (INEGI, 2005c)

Los toponimios se encuentran en formato digital y son los representados en la carta topográfica que presenta la concreción grafica del inventario de la infraestructura, orografía, hidrografía y de la población del país, así como de su distribución geográfica; en ellas se registra fielmente todos esos factores y las relaciones que guarda entre sí (INEGI, 2005b).

Los mapas temáticos de geología, edafología, uso de suelo y vegetación y toponimios fueron elaborados por el INEGI y para este estudio se requirió de las cartas G13D15 (Bermejillo), G13D16 (Francisco I. Madero), G13D25 (Torreón) Y G13D26 (Matamoros) para cada uno de los temas.

5.3. Programas

5.3.1. Arc Gis 9.3

ArcGIS es el resultado de una larga evolución, por lo que se trata de un sistema de cierta complejidad. En realidad se trata de una familia de productos o una arquitectura de que ofrece respuestas o soluciones flexibles a las diferentes necesidades de usuarios. La triada ArcView, ArcEditor y ArcInfo forman el núcleo central del sistema y representan una jerarquía de productos con

capacidades crecientes. Cada uno de los tres está compuesto por unos módulos básicos y otros opcionales (las llamadas extensiones). Entre los primeros hay que mencionar: ArcCatalog se destina a la organización, gestión, exploración, búsqueda y previsualización de los archivos de geodatos y de la metainformación o metadatos y de servicios de localización automática; ArcMap es el modulo principal y contiene las funciones de entrada, visualización, consultas y tratamientos de la información geográfica y ArcToolbox: realiza la importación, exportación y conversión de geodatos. De las extensiones cabe reseñar, entre otras, Spatial Analyst (visualización, análisis y modelado raster), 3D Analyst (visualización y tratamientos tridimensionales), Geostatistical Analyst (Análisis geoestadístico), Tracking Analyst (Captura, visualización y tratamiento de geodatos que cambien en el tiempo, tales como los generados y transmitidos desde unidades móviles), Imagen Analysis (análisis de imágenes remotas digitales), etc. (Moreno et al, 2006)

5.4. Procedimientos

5.4.1. Delimitación del Área de estudio

Esta se obtuvo en base a los archivos de la CNA, creando un mosaico del Distrito de riego 017 y obteniendo de este solo los límites de los módulos de riego, dichos archivos se encontraban en formato de autocad (dwg), por lo que fueron manipulados en dicho programa para posteriormente importarlos en ArcGIS y convertirlos en temas bajo el formato shapefile (shp) con la finalidad de utilizar esta capa como base de los demás temas a crear posteriormente en el estudio.

5.4.2. Georreferenciación

La rectificación es el proceso de eliminar la distorsión de las imágenes mediante la modificación de la misma para su ajuste a un sistema de proyección específico. Durante el proceso de rectificación, a cada pixel de la imagen se le asigna una coordenada, la cual es estimada de acuerdo con un mapa o imagen de referencia mediante un modelo matemático de ajuste. Después de esto la imagen corregida y georreferenciada puede ser utilizada como mapa base para su digitalización en pantalla o para su uso posterior en un análisis mediante un sistema de información geográfica. La rectificación es necesaria en casos donde la cuadrícula conformada por los píxeles de una imagen debe ser cambiada para ajustarse a un sistema de proyección o a una imagen de referencia. Existen varias razones para rectificar una imagen: cuando se realiza comparaciones de imágenes tipo escena-escena; cuando se desarrolla una base de datos para su uso en un sistema tipo GIS; para la identificación de áreas de entrenamiento al clasificar imágenes; para la sobreposición de datos vectoriales tipo ARC/INFO o ARC/View sobre una escena; en la comparación de imágenes a diferentes escalas; para la determinación precisa de distancias y áreas y en la creación de mosaicos con imágenes provenientes de diferentes áreas (Martínez, 2002).

Se georreferencio la información temática, y se hicieron ajustes de rectificación para la totalidad del material disponible trabajando con el sistema de proyección WGS84 zona 13

5.4.3. Digitalización

Digitalizar es convertir cualquier señal de entrada continua (analógica), como una imagen o un sonido, en una serie de valores numéricos. Para esta conversión suele utilizarse convertidores análogos digitales. En nuestro caso, nos interesa referirnos a la digitalización de objetos espaciales, bien mediante una tabla digitalizadora, bien directamente desde la pantalla del ordenador. La digitalización consiste en dibujar los objetos espaciales (puntos, líneas o polígonos), representativos de una capa o layer concreto, captando sus coordenadas geográficas y asignándoles, posteriormente, los atributos o variables de interés, previamente designadas. Para esta operación, se utiliza el formato <<shapefile>>, de extensión <<shp>, lo cual dará origen a una cobertura digital que se encuentra ligada a una base de datos, lo que permitirá que sea leída, interpretada y analizada mediante programas tales como Excel y ArcMap, entre otros (Santos, 2008).

Los mapas temáticos se digitalizaron en base a los atributos contenidos sobre la misma carta, expuestos con anterioridad. Los usos de suelo sobre la ortofoto de 1995 y de 2009 se digitalizaron para el área de estudio en base a la condición de los módulos de riego donde se hizo la interpretación visual de la actividad agropecuaria principalmente, para la actividad agrícola se crearon los temas de parcelas, nogaleras y pivotes centrales; el tema de parcelas fue delimitado en base al trazo de riego y se asignaron atributos de estado de cultivo (cultivo sano, cobertura parcial, sin cultivo y abandono) y superficie, para el tema de nogaleras los atributos asignados fueron tipo de plantación (marco

real y tresbolillo), distancia entre árbol, condición de cultivo (producción o desarrollo), diámetro de copa, superficie, arboles por hectárea y calidad del cultivo (buena, regular y mala); para el tema de pivotes centrales se determinaron los atributos de superficie, numero de torres, distancia entre torres y calidad del cultivo (buena, regular, mala, sin cultivo). En cuanto al sector pecuario se digitalizaron los temas de construcciones, salas de ordeña, sombras, abrevaderos, silos y cercas, a todos estos temas solo se les asigno atributos de superficie. Otros temas bajo estudio fueron estanques y área urbana, asignando para los estanques los atributos de superficie y uso (en uso y abandono) y para el área urbana se digitalizo solo las manzanas y a estas se les asigno el atributo de superficie.

5.4.4. Análisis de cambio de uso de suelo e información complementaria

Por medio de ArcGIS se analizo y cuantifico los usos de suelo y a su vez los cambios de uso de suelo del periodo 1995-2009, se interpretaron los cambios visualmente mismos que fueron cuantificados por medio de las estadísticas desplegadas para las tablas de atributos de los diferentes temas creados en ArcGIS. Se analizaron los cambios de uso de suelo de 1995 a 2009 para el aspecto urbano y agropecuario desglosando este ultimo en parcelas agrícolas, áreas agrícolas con pivote central, nogaleras, establos lecheros, granjas avícolas y estanque.

Para una completa integración del sistema de información geográfica fue requerida la sobreposición de la información contenida en los mapas temáticos de geología, edafología, uso de suelo y vegetación, topografía en este caso los toponimios y los ejidos.

5.4.5. Elaboración de mapas

Se elaboraron mapas por medio de ArcGIS con los siguientes componentes: tema, cuerpo principal, leyenda, escala, datum, fecha, coordenadas geográficas, rosa de vientos y tipo de mapa. Los mapas fueron elaborados para la presentación de los resultados, se crearon los siguientes tipos de mapas con sus temas correspondientes: AREA DE ESTUDIO, EJIDOS, USO DE SUELO Y VEGETACION (Vegetación, Agricultura, Ganadería, Erosión, Uso de suelo), EDAFOLOGIA (Clase textural, Clases de pendientes, Suelo predominante, Fase química), GEOLOGIA (Estructuras, Material geológico, Tipo de material geológico), TOPOGRAFIA (Topónimos lineales, Topónimos puntuales) y CAMBIO DE USO DE SUELO 1995-2009 (Área urbana, Establo lechero, Estanques, Nogaleras, Pivote central y Granja avícola).

VI. RESULTADOS

De acuerdo a la carta de uso de suelo y vegetación elaborada por el INEGI, el uso de suelo de los módulos IX y XV es principalmente agrícola ver Mapa 3.

6.1. Uso de suelo de 1995

6.1.1. Agricultura

6.1.1.1. Parcelas.

Mediante la interpretación de las ortofotos, la superficie agrícola ocupada por parcelas en uso es de 18146 ha, sin embargo se tienen 1318 ha de parcelas en abandono, teniendo así una superficie total de 19464 ha para parcelas agrícolas.

6.1.1.2. Pivotes centrales

En 1995 la superficie de pivotes central es comprendida por cuatro pivotes ubicados bajo una misma área dentro del modulo IX con 235 ha, el numero de torres vario de siete a nueve para los cuatro pivotes, por lo que la superficie ocupada por cada pivote varia de 42 hasta 70 ha, por otro lado la distancia entre torres fue en general de 55 m y la calidad del cultivo se aprecio regular.

6.1.1.3. Nogaleras

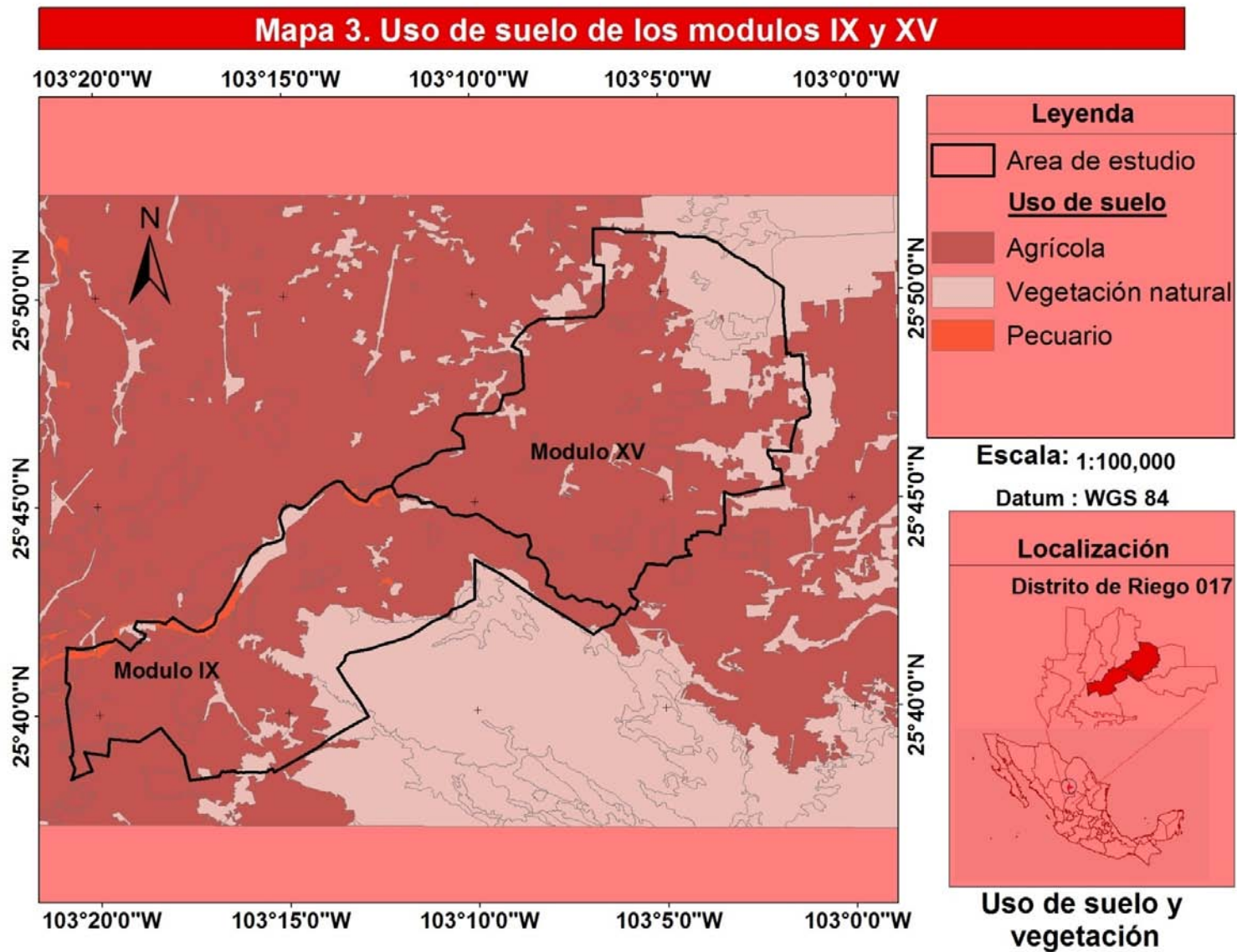
Para el caso de las nogaleras en 1995 se tiene una superficie de 669 ha, las cuales representaban 128 parcelas de nogales, 104 equivalentes a 557 ha que corresponden a una plantación tipo marco real y 24 parcelas de nogales representadas por 112 ha cubren una plantación tipo tresbolillo, las nogaleras cuentan con una distancia entre árbol que varía de 6 a 20 m predominando las distancias de 12 y 15 m, una superficie de 473 ha se aprecia bajo producción, mientras que 195 ha se consideran en desarrollo esto se interpreta gracias a al tamaño de copa de los árboles, los cuales varían de 4 a 15 m, en donde de 4 a 6m se tomo para nogaleras en desarrollo y de 6 a 15m en producción; el número de árboles por hectárea también fue muy variante teniendo de 20 a 106 árboles/ha, estas densidades son explicadas con la calidad del cultivo en donde 420 ha eran de buena calidad, 106 ha de calidad mala y 143 de calidad regular.

6.1.1.4. Ganadería

En 1995 se tenían 10 establos lecheros ocupando 94 ha y con un total de 166 sombras; otro aspecto en la ganadería fueron las granjas avícolas en donde solo se apreciaban dos una con una nave y la otra con ocho naves, la superficie de ambas es 3 ha.

6.1.1.5. Estanques

De un total de 42 estanques con una superficie de 13 ha, 37 se encuentran en uso equivalentes a 12 ha y cinco en abandono equivalentes a 1 ha.



6.1.1.6. Área urbana

El área urbana para el modulo IX es de 196 ha y para el modulo XV 204 ha, lo que equivale a un total de 400 ha.

6.1.1.7. Ejidos

El ejido es ocupado por 21792 ha de las cuales 11430 ha corresponden al modulo XV y 10362ha al modulo IX; dentro del ejido se tienen 13266 ha de parcelas agrícolas en uso, 991 ha de parcelas agrícolas en abandono, 98 ha de nogaleras, 4 establos equivalentes a 13 ha y 23 estanques.

6.1.1.8. Pequeña propiedad

Mientras que en la pequeña propiedad se tiene 4882 ha de parcelas agrícolas en uso y 327 abandonadas, 571 ha de nogaleras, toda el área representada por pivotes equivalente a 235 ha con cuatro pivotes, de igual manera las granjas avícolas se encuentran dentro de la pequeña propiedad con dos granjas avícolas equivalentes a 3 ha, seis establos lecheros con 81 ha y 19 estanques.

6.2. Uso de suelo de 2009

6.2.1. Agricultura

6.2.1.1. Parcelas

Para 2009 el total de parcelas agrícolas es de 18947ha de las cuales 15085ha se encuentran en uso, 3862 ha en abandono, 5662 ha con cobertura parcial, 4629 ha de cultivo sano y 4794 ha sin cultivo

6.2.1.2. Pivotes centrales

Se tienen cinco pivotes centrales equivalentes a 265 ha en promedio cada pivote ocupa una superficie de 50 ha, con ocho torres para cada pivote, entre las torres se tiene una distancia de 50 m en promedio, y la calidad del cultivos se aprecia regular para un pivote, dos con buena y dos sin cultivo.

6.2.1.3. Nogaleras

De 634 ha equivalentes a 123 nogaleras, se tienen 104 nogaleras (552 ha) con plantación en marco real y 19 nogaleras (82 ha) con plantación tresbolillo. La distancia entre arboles varia de 10 a 15 metros predominando los 10, 12 y 15m, en cuanto al diámetro de la copa de los arboles esta mide de 4 a 12 m, de 4 a 5 se atribuye a nogaleras en desarrollo y de 6 a 12m en producción siendo así 115 nogaleras (604) ha en producción y ocho nogaleras con una superficie de 30 ha en desarrollo, los arboles por hectárea varían de 18 a 120 por lo que la calidad del cultivo de 65 nogaleras (400 ha) es buena, 9 nogaleras (39 ha) mala y 49 nogaleras (1945 ha) de calidad regular.

6.2.1.4. Ganadería

Para la ganadería en 2009 se tienen 16 establos lecheros con 250 ha, con un total de 255 sombras; seis granjas avícolas con promedios de cuatro y ocho naves con una superficie total de 22 ha.

6.2.1.5. Estanques

De un total de 48 estanques (15 ha), siete (1.4 ha) se encuentran en abandono y 41 en uso equivalente a (13.4 ha).

6.2.1.6. Área urbana

El área urbana en 2009 es de 463 ha del modulo IX y 207 ha para el modulo XV.

6.2.1.7. Ejidos

La superficie ejidal es de 21792 ha de las cuales 103 ha es de nogal, 49 ha equivalentes a ocho establos lecheros, 7.6 ha de tres granjas avícolas y de un total de 13812 ha de parcelas agrícolas 10909 se encuentran en uso y 2875 abandonadas.

6.2.1.8. Pequeña propiedad

Del total del área de estudio la pequeña propiedad ocupa una superficie de 8949 ha, dentro de la pequeña propiedad se tienen 23 estanques con 9.8 ha de los cuales uno está abandonado con 0.19 ha; 86 nogaleras con 530 ha, ocho establos lecheros con 201 ha, tres granjas avícolas con 14 ha y de un total de 5162 ha de parcelas agrícolas se tienen 4176 ha en uso y 987 en abandono.

6.3. Información temática de INEGI de 1970

6.3.1. Uso de suelo y vegetación

La vegetación predominante sobre los módulos IX y XV está conformada por crasi-rosulifolios espinosos con 54 ha, matorral espinoso con 1932 ha, Matorral

inermes con 287 ha, matorral subinermes con 1452 ha, vegetación de desiertos arenosos con 36 ha, vegetación secundaria con matorral espinoso 2946 ha, vegetación secundaria con matorral subinermes 160 ha y vegetación secundaria con vegetación halofita 26 ha. En el Mapa 4, se muestra como predominan los matorrales sobre el área de estudio, a continuación se da una breve explicación sobre los tipos de vegetación presentes.

6.3.1.1. Crasirosulfollos

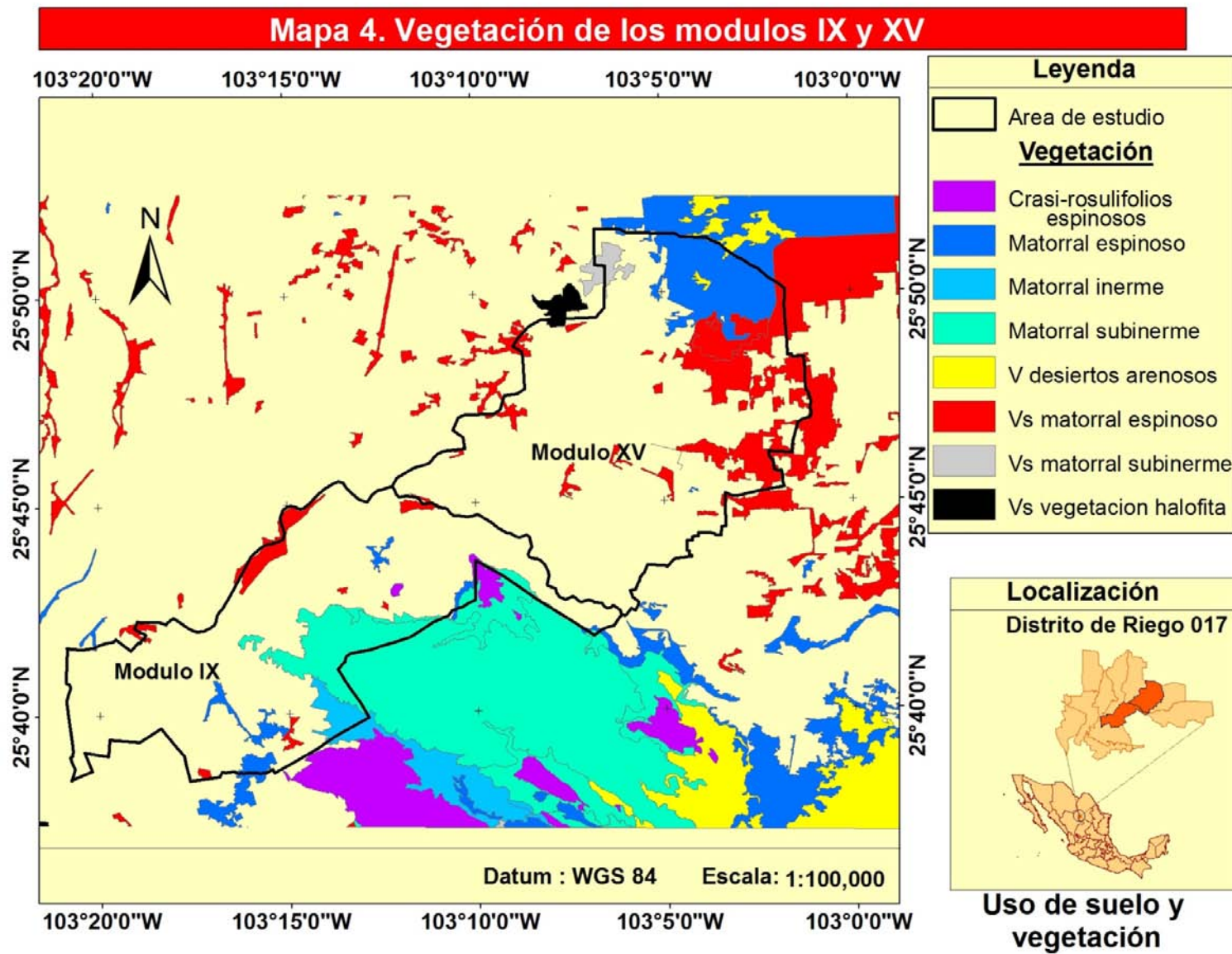
Asociaciones de plantas con hojas dispuestas en rosetas, carnosas y espinosas como: *Agave* spp. (Magueyes), *Hechtia* spp. (Guapillas), *Agave lechuguilla* (Lechuguilla), *Agave striata* (Espadín), *Ocotea* spp. (Sotoles, Cucharillo), etcétera (INEGI, 2005c).

6.3.1.2. Matorrales

Vegetación arbustiva que generalmente presenta ramificaciones desde la base del tallo, cerca de la superficie del suelo y con altura variable, pero casi siempre inferior a 4 m. Se distribuye principalmente en las zonas áridas y semiáridas del país (INEGI, 2005c).

6.3.1.3. Matorral espinoso

Formado por más del 70% de plantas espinosas. Entre los matorrales de este tipo son frecuentes los de *Acacia farnesiana* (Huizache), *Prosopis* spp. (Mezquite), *Mimosa* spp. (Uña de Gato), *Acacia amentacea*, *Acacia farnesiana*, *Acacia vernicosa* (Chaparro prieto), (INEGI, 2005c).



6.3.1.4. Matorral inerme

Comunidad formada por más del 70% de plantas sin espinas, como los matorrales de *Larrea tridentata* (Gobernadora), *Flourensia cernua* (Hojasén), *Cordia greggii* (Nagua blanca o Trompillo), *Franseria dumosa* (Hierba del Burro), (INEGI, 2005c).

6.3.1.5. Matorral subinerme

Comunidad compuesta por plantas espinosas e inermes, cuya proporción de unas y otras es mayor de 30% y menor de 70% (INEGI, 2005c).

6.3.1.6. Vegetación de desiertos arenosos

Comunidad vegetal formada principalmente por arbustos que se agrupan por manchones sobre las dunas de arena de los desiertos áridos, fijándolas progresivamente. Algunas de las especies que se pueden encontrar son: *Larrea tridentata* (Gobernadora, Hediondilla), *Prosopis* spp. (Mezquites), *Yucca* spp., *Atriplex* spp., (Saladillos), *Opuntia* spp. (Chollas, Nopales), *Ephedra trifurca* (Hitamo), *Ambrosia dumosa* (Hierba del burro), etc. Estas especies proceden de las áreas circunvecinas, generalmente con Matorral Desértico Micrófilo, Mezquital u otros (INEGI, 2005c).

6.3.1.7. Vegetación halófila

La constituyen comunidades vegetales arbustivas o herbáceas que se caracterizan por desarrollarse sobre suelos con alto contenido de sales, en partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, cerca de lagunas costeras, área de marismas, etcétera (INEGI, 2005c).

6.3.1.8. Agricultura

El tipo de agricultura presente en el área de estudio es 100% de riego y de acuerdo a información temática de INEGI, el área de riego es de 23777 ha, en el área de influencia se tienen 3.2 ha de temporal y 5.8 ha de riego suspendido, ver Mapa 5.

6.3.1.8.1. Riego

La agricultura de riego, de acuerdo con la frecuencia de riegos que se utilizan, se divide en: permanente y eventual. Permanente es el área que siempre tiene agua para los cultivos y riego eventual tiene agua ocasional en ayuda del cultivo ya sea al inicio del ciclo agrícola o como apoyo durante alguna fase de sequía; además de señalar las áreas en donde el riego para los cultivos ha dejado de funcionar o incluso cuando ya no existe la actividad agrícola que se llama Área de Riego Suspendido (INEGI, 2005c).

Considera los diferentes sistemas de riego (método con el que se proporciona agua suplementaria a los cultivos, durante el ciclo agrícola, en el sitio de información), básicamente, es la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo la aspersión, goteo, o cualquier otra técnica, es el caso del agua rodada, son los surcos que van de un canal principal y mediante la mano de obra se distribuye directamente a la planta; así existe otro método que parte de un canal principal y con sifones se aplica el agua a los surcos. También con el uso de mano de obra, generalmente se le llama riego por gravedad cuando va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o un cuerpo de agua natural (INEGI, 2005c).

6.3.1.8.2. Temporal

En el caso de la agricultura de temporal, se distingue de acuerdo con la temporalidad del uso agrícola en el área. Si la ocupación del terreno es constante (más de 5 años) se considera de tipo permanente (INEGI, 2005c).

Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, sea independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, un año o más de diez como los frutales. O bien son por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo (INEGI, 2005c).

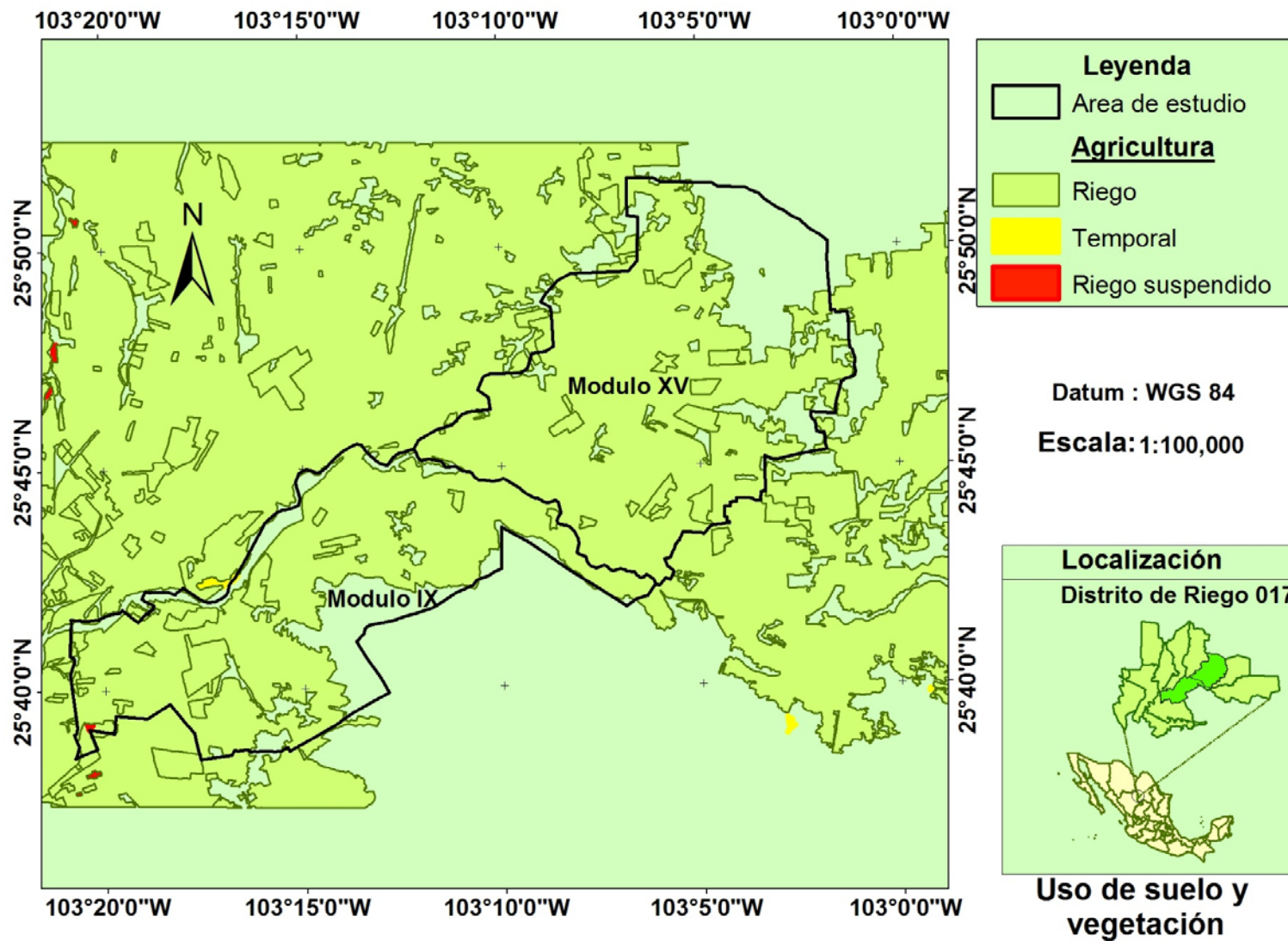
6.3.1.8.3. Riego suspendido

Son las áreas en las cuales anteriormente se desarrollaba una agricultura de riego de cualquier tipo, pero que en la actualidad no reciben riego; esto sucede cuando ya no hay agua para hacerlo, que se abandonó la infraestructura hidráulica por altos costos, que se abatieron los pozos o bien, porque la mala calidad del agua o la acumulación de sales en el suelo no permite que la agricultura se pueda seguir desarrollando (INEGI, 2005c).

6.3.1.9. GANADERIA

La ganadería es referida de acuerdo al tipo de pastizal que se encuentra dentro del área de estudio en este caso se tiene pastizal inducido de 52 ha y pastizal natural con 294; ver Mapa 6

Mapa 5. Agricultura de los modulos IX y XV



6.3.1.9.1. Pastizal inducido

Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original. Este pastizal puede aparecer como consecuencia de desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia (INEGI, 2005c).

6.3.1.9.2. Pastizal natural

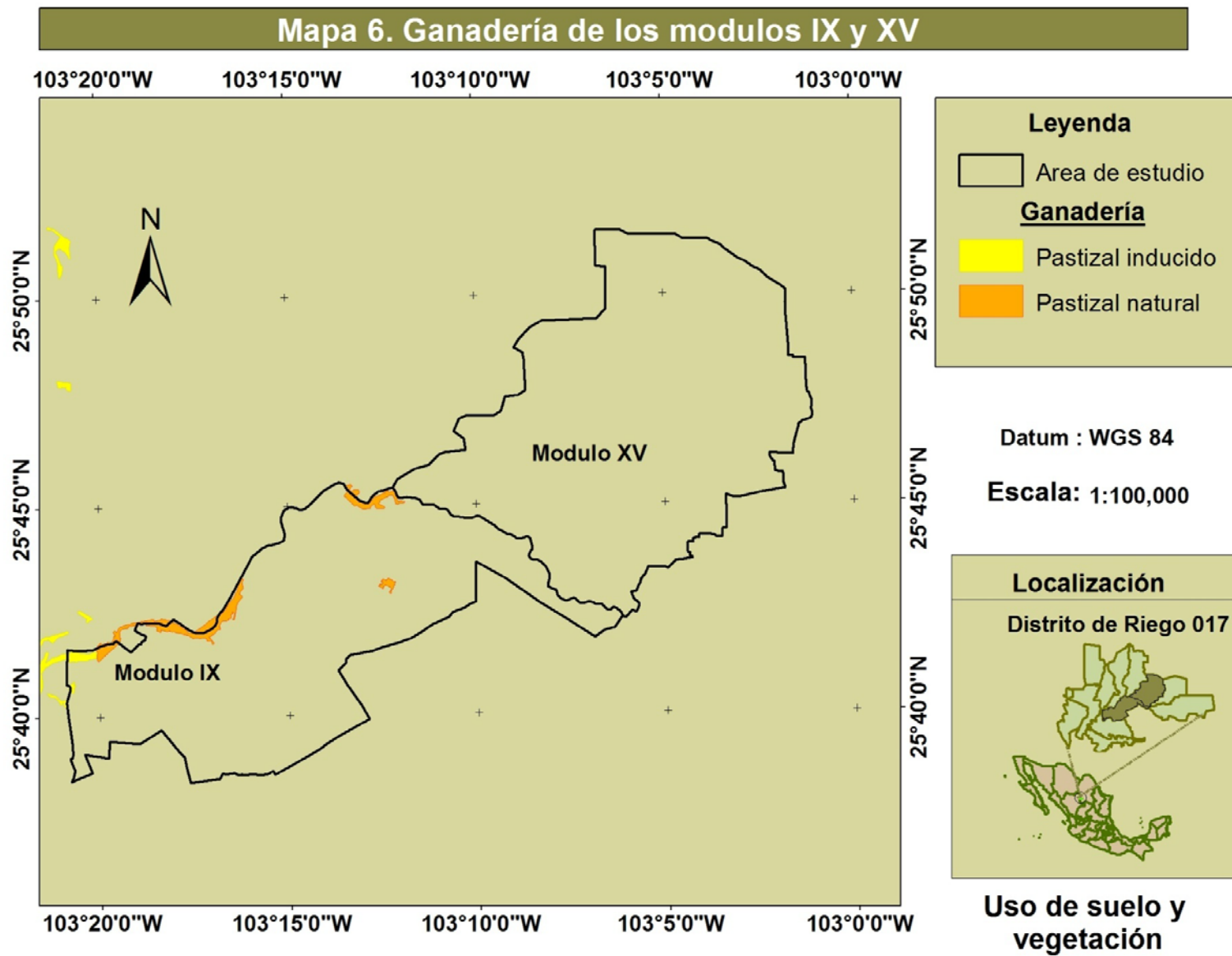
Es considerado principalmente como un producto natural de la interacción del clima, suelo y biota de una región. Es una comunidad dominada por especies de gramíneas, en ocasiones acompañadas por hierbas y arbustos de diferentes familias, como son: compuestas, leguminosas, etc. Su principal área de distribución se localiza en la zona de transición entre los matorrales xerófilos y la zona de bosques (INEGI, 2005c).

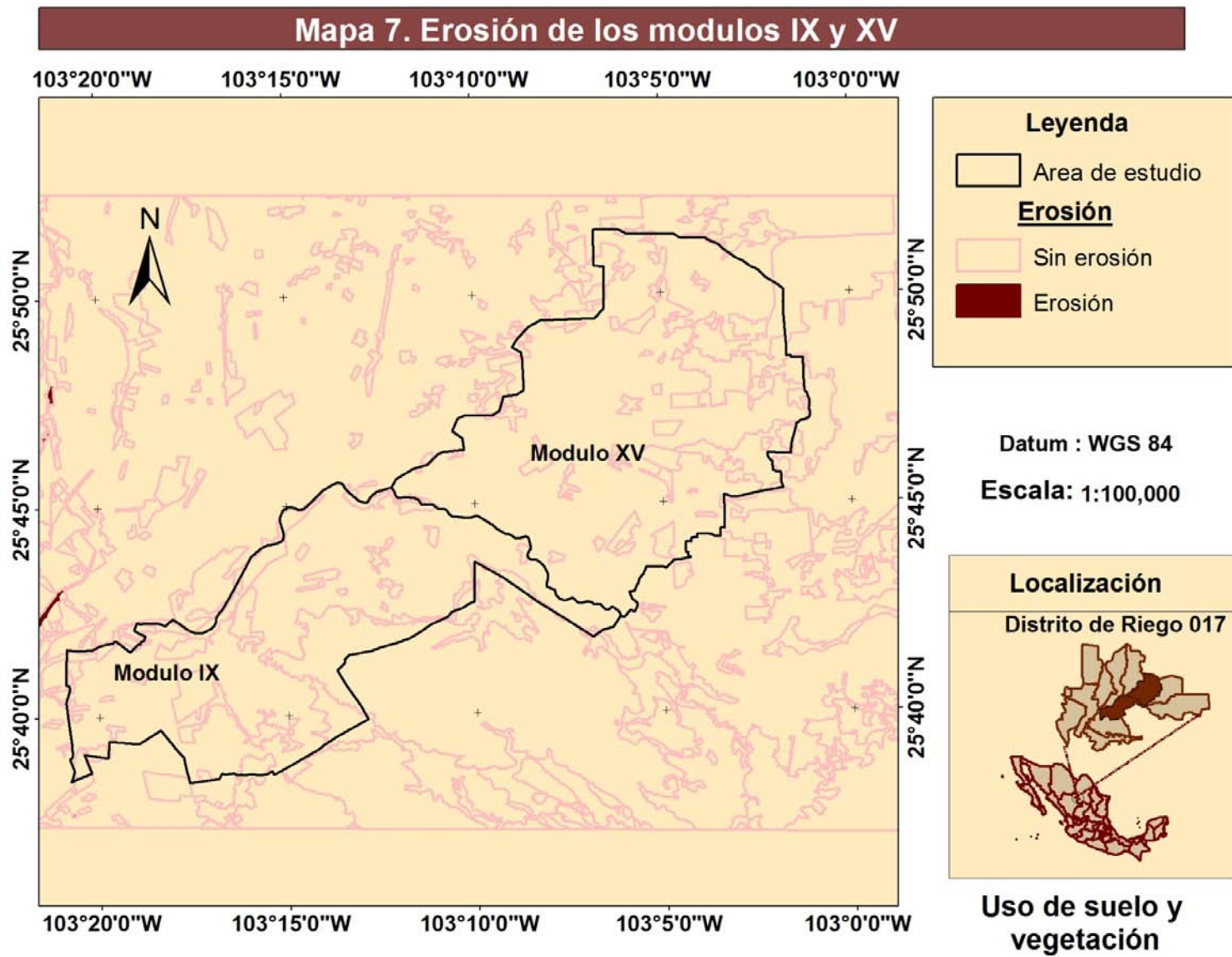
6.3.1.10. Erosión

La erosión se considera la degradación del suelo por desgaste del mismo. Se considera únicamente a procesos de erosión favorecidos por actividades humanas y naturales. En el área de estudio no se presenta el problema de erosión ver Mapa 7.

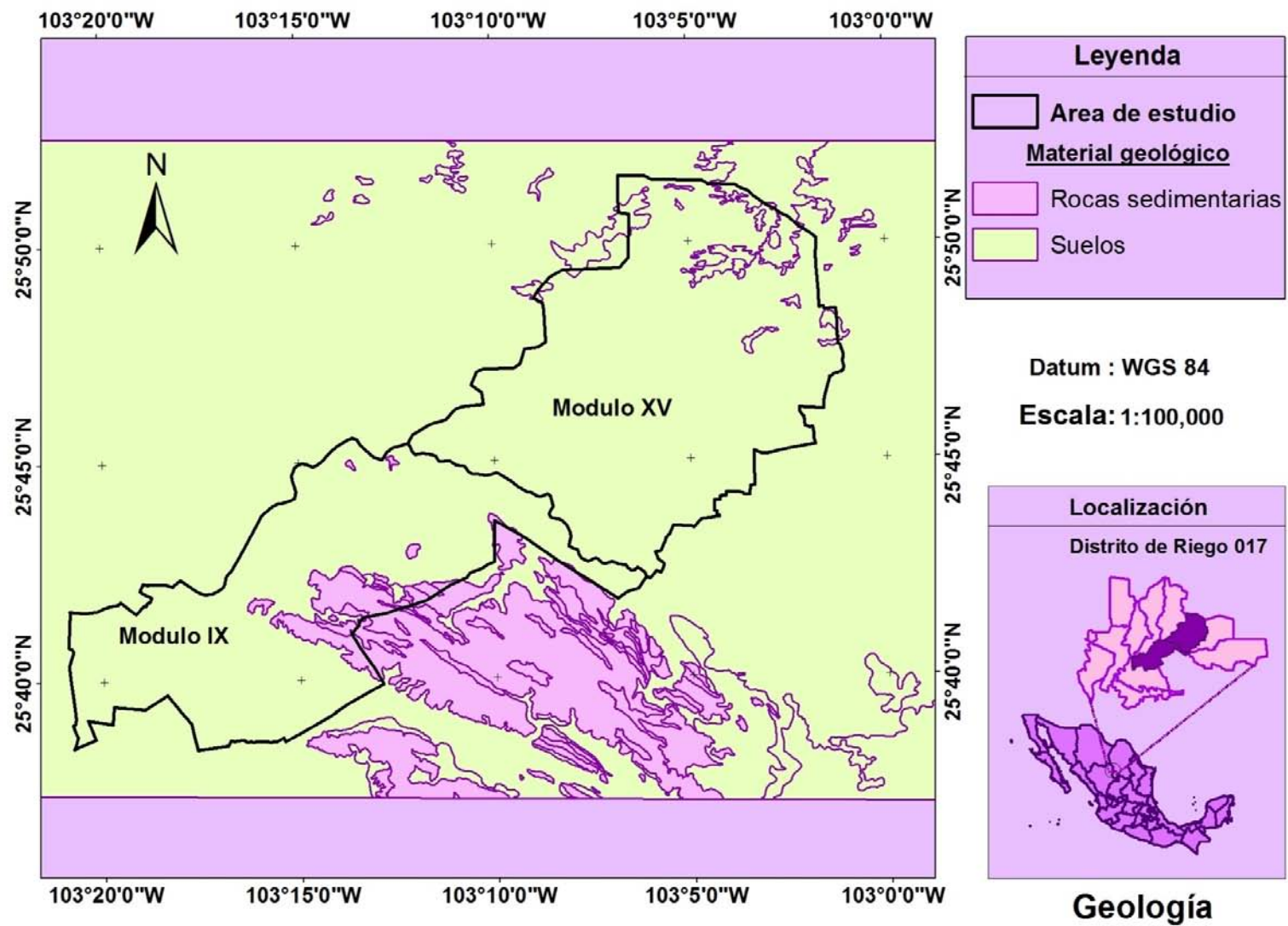
6.3.2. Geología

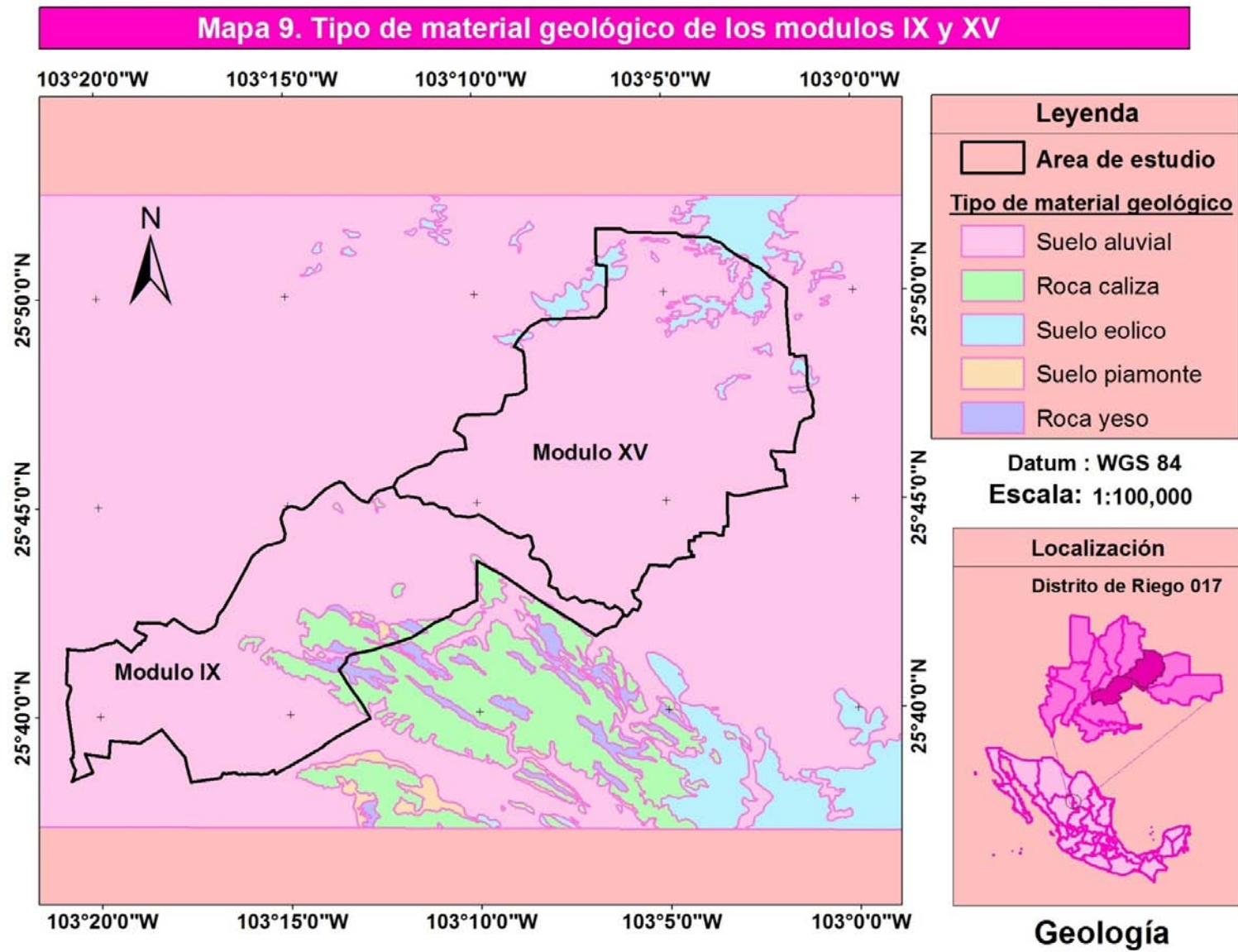
El material geológico que predomina bajo el área de estudio son suelos (29528 ha) y rocas sedimentarias (1214 ha) en donde predomina el suelo aluvial (28627 ha), roca caliza (1000 ha), suelo eólico (847 ha), suelos piamonte (54 ha) y roca yeso (214) ver Mapas 8 y 9.





Mapa 8. Material geológico de los módulos IX y XV





6.3.2.1. Rocas sedimentarias

A causa de los agentes externos de erosión: agua, viento, hielo, y cambios de temperatura, se produce el efecto de meteorización (desintegración y descomposición de las rocas), cuyas partículas son transportadas y finalmente depositadas. Conforme se acumulan sedimentos los materiales del fondo se compactan formando a la roca sedimentaria (INEGI, 2005d).

6.3.2.2. Suelo aluvial

Solo formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua. Este nombre incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación y los valles de los ríos (INEGI, 2005d).

6.3.2.3. Roca Caliza

Roca química o bioquímica, es la roca más importante de las rocas carbonatadas; constituida de carbono de calcio, pudiendo estar acompañada de: aragonito, sílice, dolomita, siderita y con frecuencia la presencia de fósiles, por lo que son de gran importancia estratigráfica. Por su contenido orgánico, arreglo mineral y textura existen gran cantidad de clasificación en calizas. Sin embargo en ninguna se considera la presencia de material plástico. En los casos donde es considerable o relevante la presencia de plásticos se clasifica la caliza y el tamaño de la partícula determina el nombre secundario: caliza arcillosa, caliza arenosa y caliza conglomerática (INEGI, 2005d).

6.3.2.4. Suelo eólico

Es un suelo integrado por la acumulación de material derivado de rocas preexistentes, que ha sido transportado por la acción del viento (forma un relieve conocido como dunas), (INEGI, 2005d).

6.3.2.5. Roca yeso

Roca perteneciente al grupo de rocas evaporíticas que deben su origen principalmente a la evaporación de cuerpos restringidos de agua en medio transicional continental marino: zonas litorales, aéreas de inundación, áreas lagunares cerradas. Este grupo de rocas clasifica en forma específica: cloruros, sulfato, carbonatos y boratos (INEGI, 2005d).

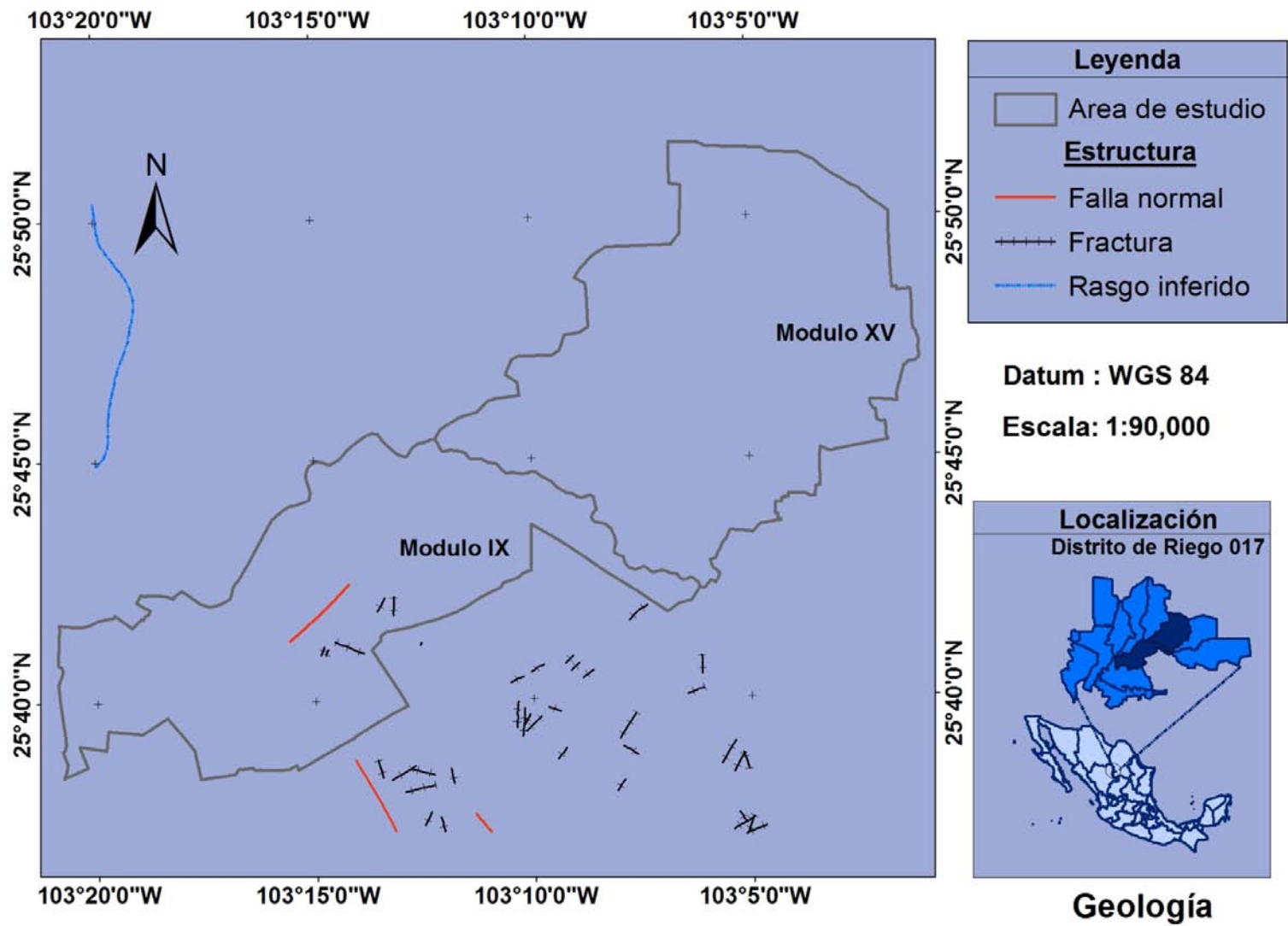
6.3.2.6. Estructuras

Dentro de la geología se estudian las estructuras de la tierra como las fallas y fracturas ver mapa en donde se representan. Falla: es la ruptura de la corteza en donde si ha habido desplazamiento entre los bloques y Fractura: es una ruptura de la corteza en la que no ha habido desplazamiento entre bloques (INEGI, 2005d). Ver Mapa 10.

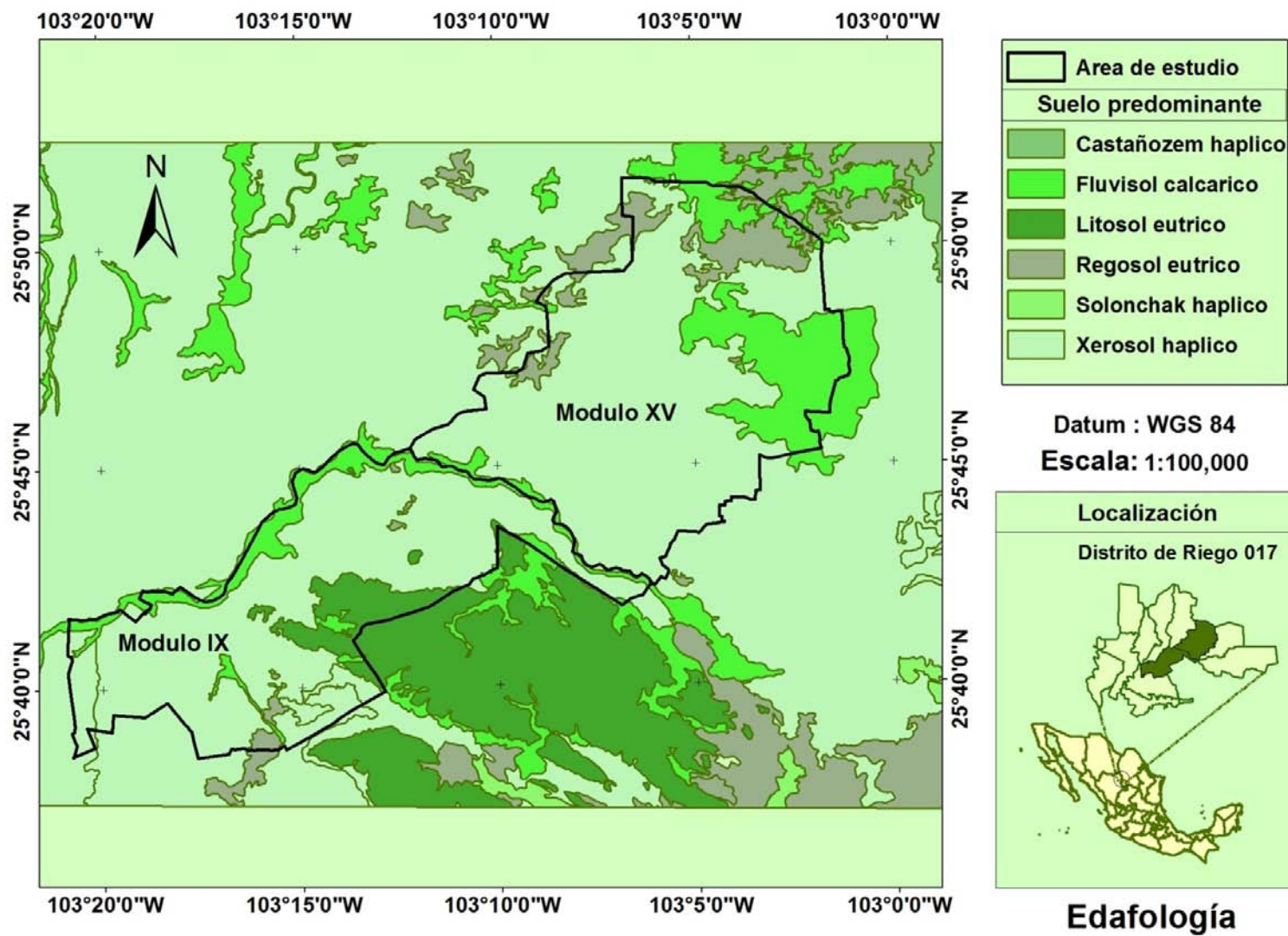
6.3.3. Edafología

Los tipo de suelo que predominan sobre el área de estudio son: fluvisol calcarico con 4755 ha, litosol eutrico con 1246 ha, regosol eutrico con 1675 ha y xerosol haplico con 23066 ha, Ver Mapa 11.

Mapa 10. Estructuras geológicas de los módulos IX y XV



Mapa 11. Suelo predominante de los modulos IX y XV



6.3.3.1. Fluvisol

Del latín fluvius: río. Literalmente, suelo de río. Se caracterizan por estar formados de materiales acarreados por agua. Son suelos muy poco desarrollados, medianamente profundos y presentan generalmente estructura débil o suelta. Se encuentran en todos los climas y regiones de México cercanos siempre a lechos de los ríos. Los ahuehuetes, ceibas y sauces son especies típicas que se desarrollan sobre estos suelos. Los Fluvisoles presentan capas alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas, como efecto de la corriente y crecidas del agua en los ríos. Sus usos y rendimientos dependen de la subunidad de Fluvisol que se trate. Los más apreciados en la agricultura son los Fluvisoles mólicos y calcáricos por tener mayor disponibilidad de nutrientes a las plantas (INEGI, 2004).

6.3.3.2. Calcárico

Del latín calcareum: calcáreo. Suelos ricos en cal y nutrientes para las plantas. Unidades de suelo: Feozem, Fluvisol, Gleysol y Regosol (INEGI, 2004).

6.3.3.3. Litosol

Del griego lithos: piedra. Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lamerías y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores

ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua (INEGI, 2004).

6.3.3.4. Regosol

Del griego reghos: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen (INEGI, 2004).

En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Se incluyen en este grupo los suelos arenosos costeros y que son empleados para el cultivo de coco y sandía con buenos rendimientos. En Jalisco y otros estados del centro se cultivan granos con resultados de moderados a bajos. Para uso forestal y pecuario tienen rendimientos variables (INEGI, 2004).

6.3.3.5. Eútrico.

Del griego eu: bueno. Suelos ligeramente ácidos a alcalinos y más fértiles que los suelos dístricos. Unidades de suelo: Cambisol, Fluvisol, Gleysol, Histosol, Nitosol, Planosol y Regosol (INEGI, 2004).

6.3.3.6. Xerosol

Del griego xeros: seco. Literalmente, suelo seco. Se localizan en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte de México. Su vegetación natural es de matorral y pastizal. Y son el tercer tipo de suelo más importante por su extensión en el país (9.5%). Tienen por lo general una capa superficial de color claro por el bajo contenido de materia orgánica. Debajo de esta capa puede haber un subsuelo rico en arcillas, o bien, muy semejante a la capa superficial. Muchas veces presentan a cierta profundidad manchas, aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche con algún grado de dureza. Su rendimiento agrícola está en función a la disponibilidad de agua para riego. El uso pecuario es frecuente sobre todo en los estados de Coahuila, Chihuahua y Nuevo León. Son de baja susceptibilidad a la erosión, salvo en laderas o si están directamente sobre caliche o tepetate a escasa profundidad (INEGI, 2004).

6.3.3.7. Haplico

Del griego haplos: simple. Suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo. Unidades de suelo: Castañozem, Chernozem, Feozem, Xerosol y Yermosol (INEGI, 2004).

6.3.3.8. Textura

La textura indica el tamaño general de las partículas que forman el suelo. La textura gruesa representa los suelos arenosos (con más de 65% de arena), con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas. Los suelos de textura media, comúnmente llamados francos, equilibrados generalmente en el contenido de arena, arcilla y limo (INEGI, 2004). La textura que predomina en

el área de estudio es la media con una superficie de 28747 ha y seguida de esta se presenta la textura gruesa bajo una superficie de 1995 ha, ver Mapa 12.

6.3.3.9. Fase química

Para el área de estudio se tienen problemas en suelos sódicos con 23528 ha, moderadamente salino-sódicos en 308 ha y sin fase química en 6906 ha, ver Mapa 13.

6.3.3.9.1. Sódica

Se refiere a altos contenidos de álcali en el suelo, esto es, gran concentración de sodio que impide o limita muy fuertemente el desarrollo de los cultivos. Se reportan dos intervalos: sódico (n, con saturación de sodio intercambiable de 15 a 40%) y fuertemente sódico (N, con saturación de sodio intercambiable mayor a 40%), ambas aplican para la escala 1:250,000, y sódico (n, con saturación de sodio intercambiable mayor a 15%) para las escalas 1: 50,000 y 1:1000,000 (INEGI, 2004).

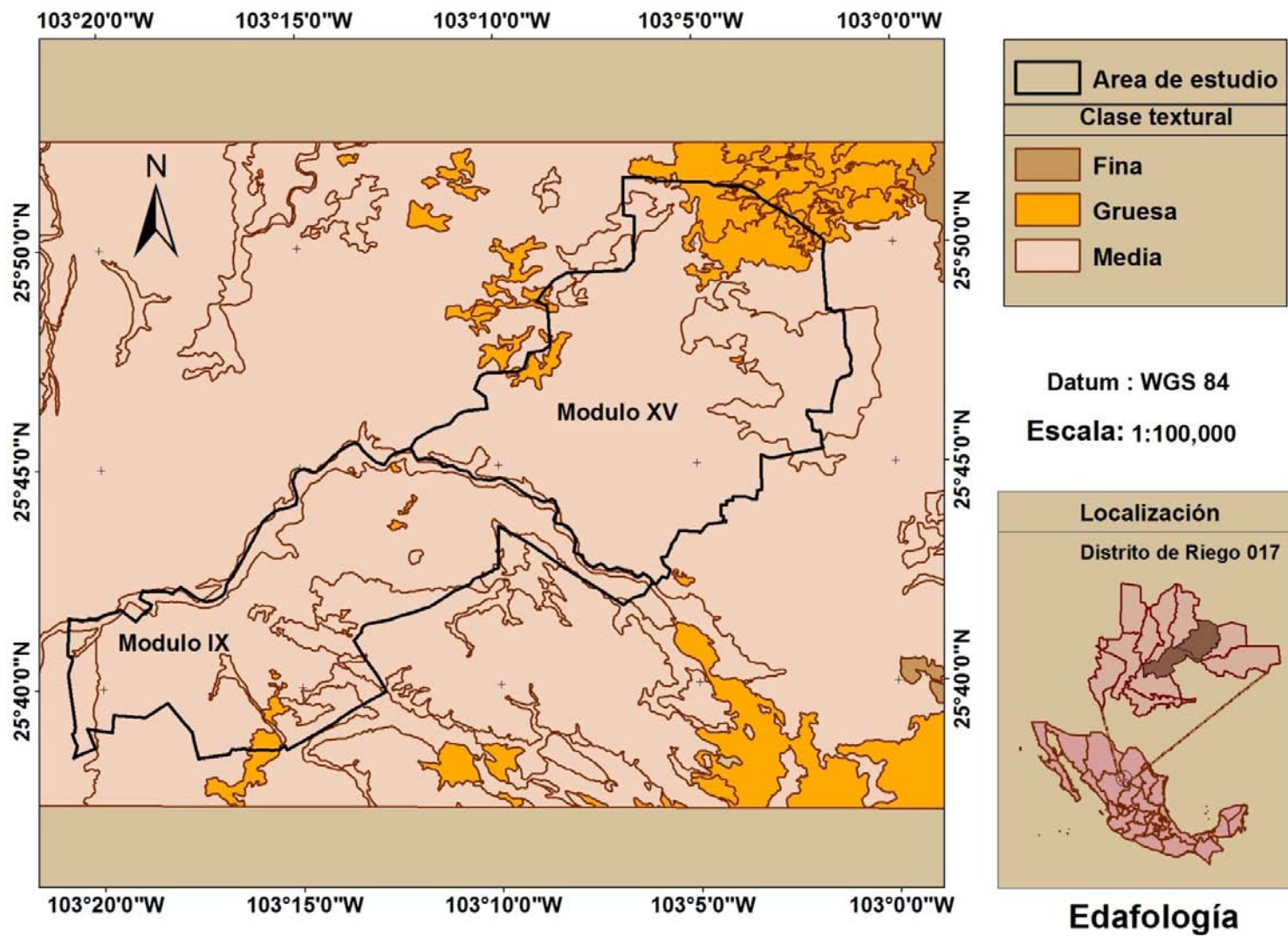
6.3.3.9.2. Moderadamente salino-sódica

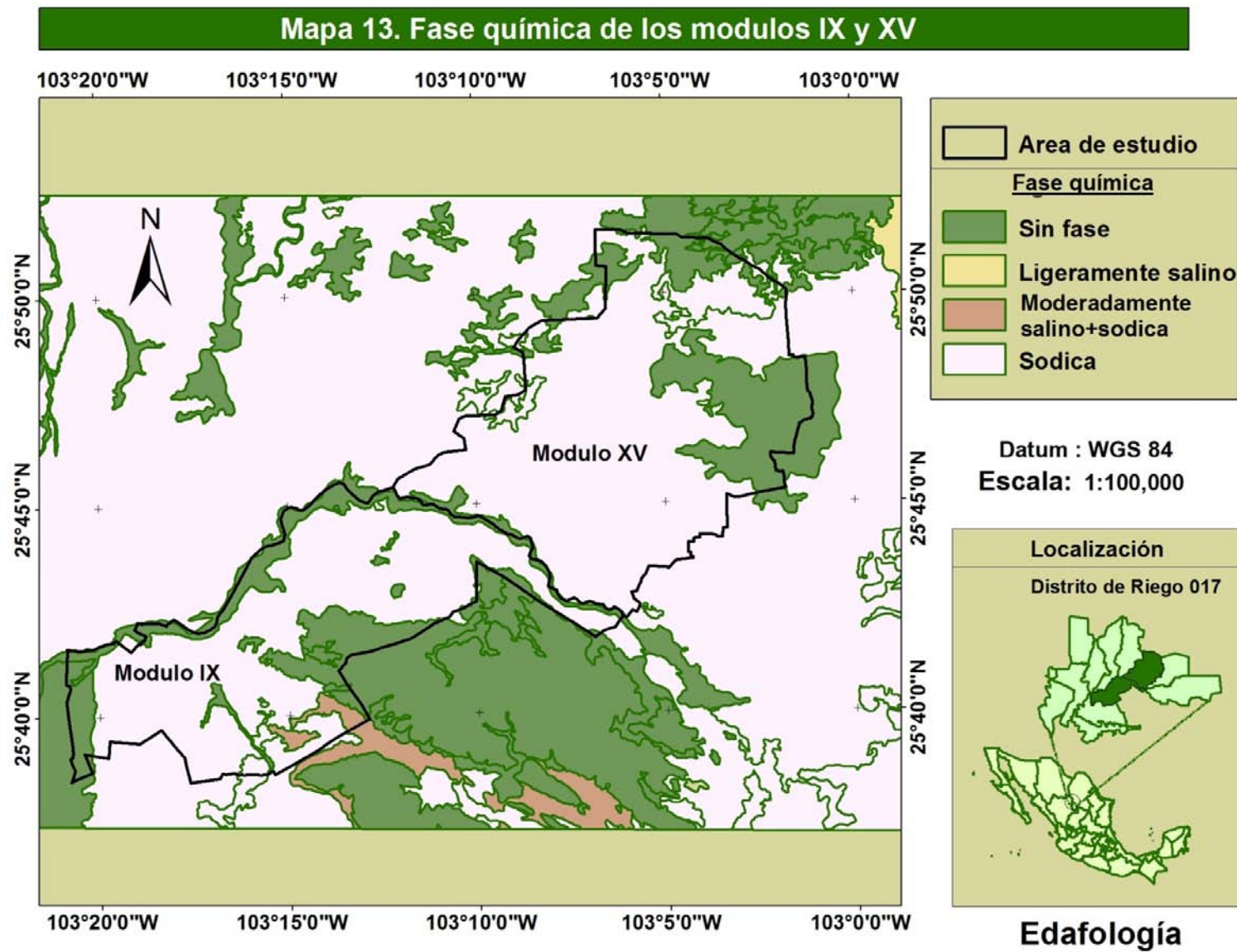
Su contenido de sales en el subsuelo es alto (conductividad eléctrica de 8 a 16 mmhos), de tal forma que la mayoría de los cultivos no se desarrollan o se ven disminuidos sus rendimientos (INEGI, 2004).

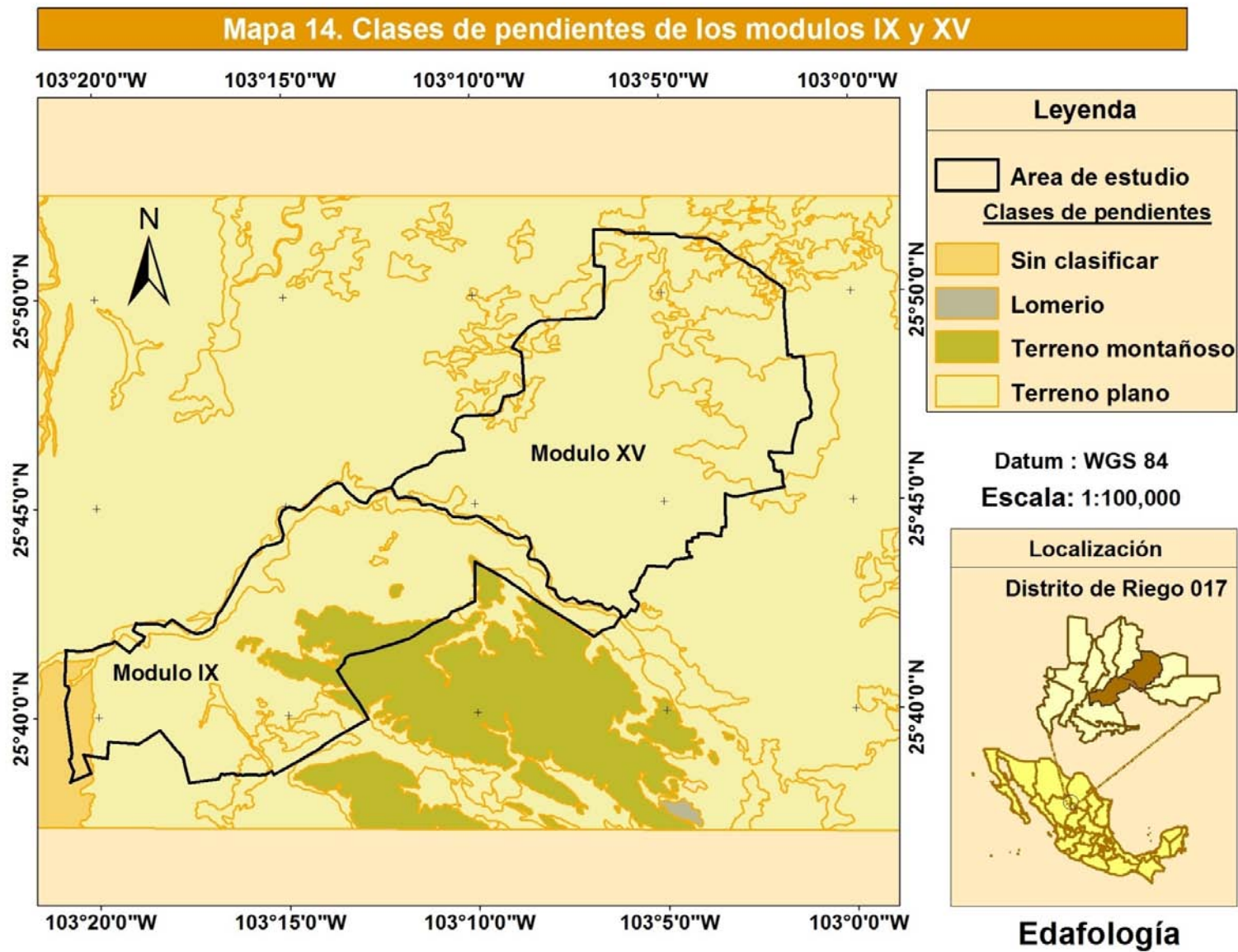
6.3.3.10. Clase pendiente

Bajo el área de estudio predomina terreno con disección severa a terreno montañoso dentro de una superficie de 1242 ha y terreno plano a ligeramente ondulado en 29002 ha, ver Mapa 14.

Mapa 12. Clase textural de los modulos IX y XV







6.3.4. TOPOGRAFIA

Conforme a la información topográfica se muestran las siguientes estadísticas extraídas de los diferentes grupos de toponimios.

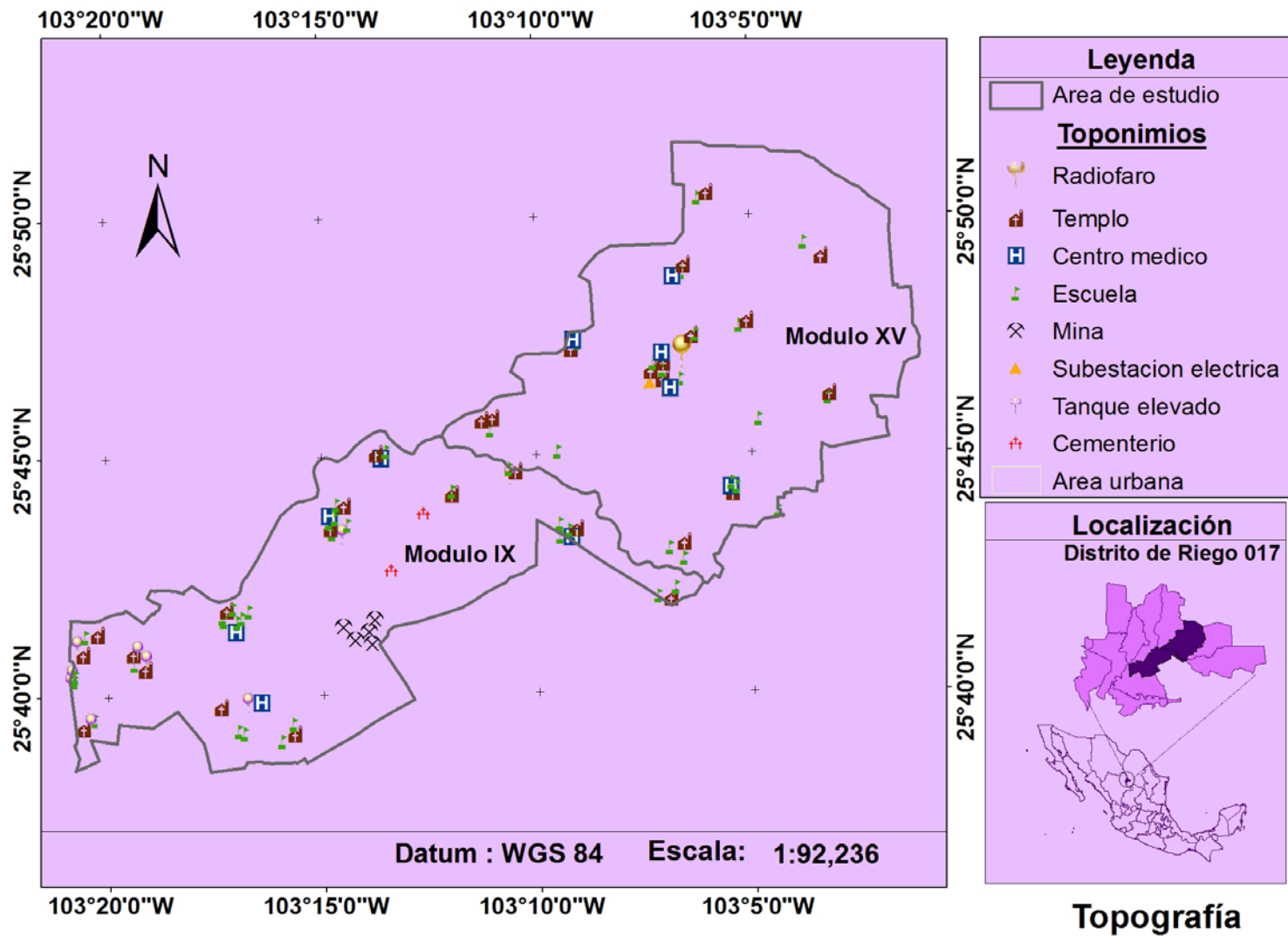
Cuadro 3. Áreas topográficas	
Toponimio	Superficie (ha)
Área de cultivo	25349.96
Área urbana	605.22
Área verde urbana	1.6
9 cementerios	16.88
1 cuerpo de agua intermitente	0.39
40 estanques otro con	18.19
1 pista de aviación terracería	1.82
Zona arenosa	58.56

Topografía puntual

Ver Mapa 15

- 2 B M fuera de servicio
- 3 cajas de agua en operación p
- 2 cementerios l y otros 2 cementerios p
- 26 puntos de corriente que desaparece
- 10 edificaciones de centros médicos
- 106 edificaciones de establos que equivale a 16 establos
- 46 Edificación de escuela p
- 1303 edificaciones de otro p
- 29 edificaciones de templo
- 5 minas en operación
- 2 minas fuera de uso
- 1 Radio faro
- 1 subestación eléctrica en operación
- 9 tanques elevados en operación

Mapa 15. Toponimios puntuales de los modulos IX y XV

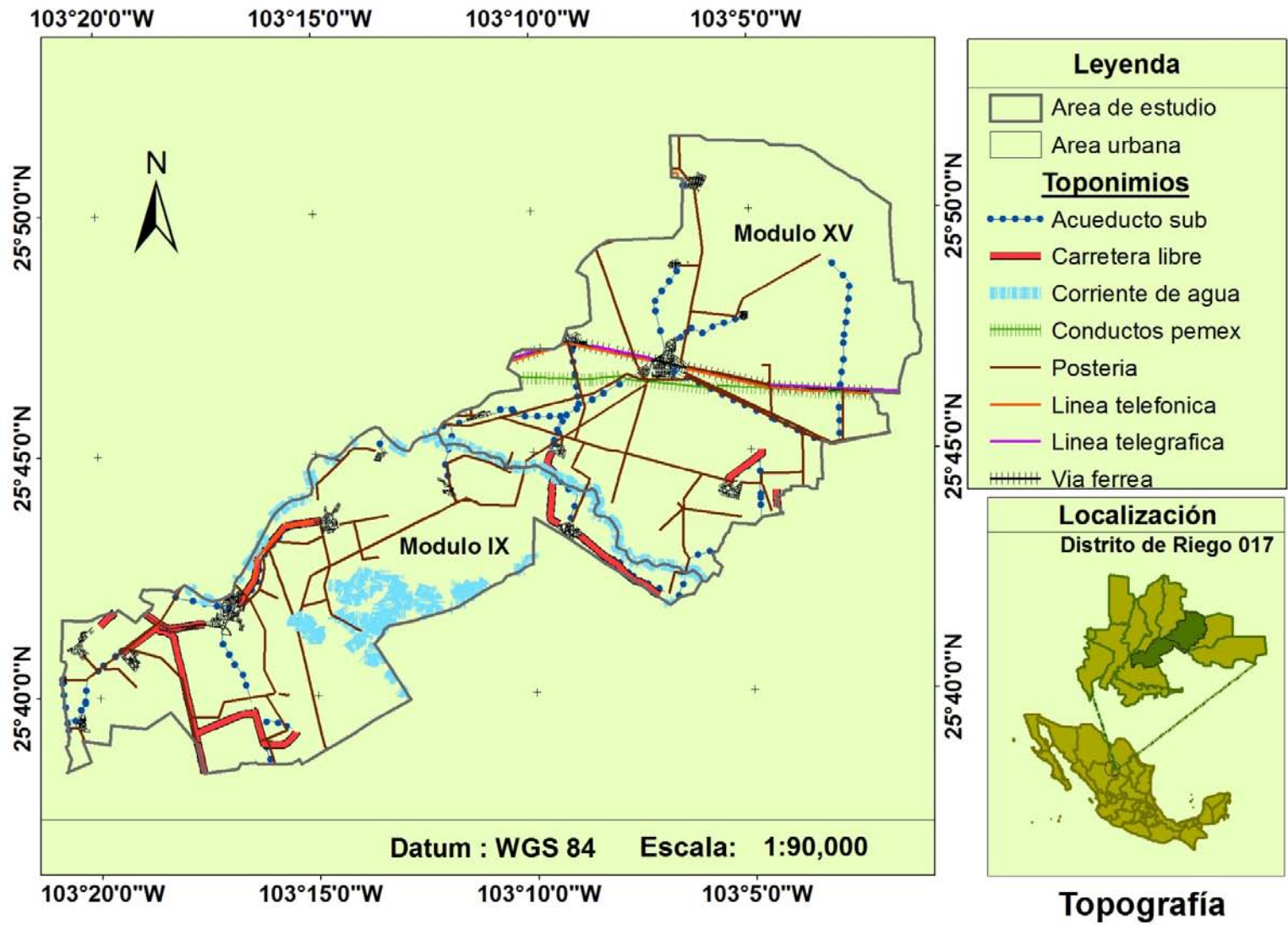


Ver Mapa 16

Cuadro 4. Topografía línea

Toponimios	Longitud (Km)
Acueducto subterráneo en operación	71.13
2 bordos	0.11 y 0.12
Calle de primer orden	1.46
Calle de segundo orden	2.66
Calle de tercer orden	111.65
Red de canal en operación	311.12
Carretera libre estatal SN	30.85
Carretera libre federal 30	0.76
Corriente de agua intermitente	53.21
Dos conductos Pemex	13.62
Dos líneas de postearía doble	4.91
Dos líneas de postearía sencilla	10.26
Línea telefónica aéreo opera con x	10.26
Línea telefónica fuera de uso	35.98
Línea telefónica aéreo en operación	11.69
Lindero	508.33
Pista de aviación en operación	1.21
2 puentes en operación	0.048 y 0.45
Una línea de postearía sencilla	124.91
Una línea de postearía doble	30.53
Vereda	58.24
Vía férrea vía sencilla opera	13.41

Mapa 16. Toponimios lineales de los modulos IX y XV



6.4 Cambio de uso de suelo

6.4.1 Agricultura

En un periodo de 14 años (1995-2009) el uso del suelo de los módulos IX y XV del distrito de riego 017 región lagunera, cambio en a cuanto perdida y aumento de superficie. Siendo así en el sector agrícola las parcelas en uso disminuyeron 17 % representando 3061 ha, ver Mapa 17, el abandono de parcelas aumento en 2544 equivalente a 193 % ver Mapa 18, el área de pivote central aumento en 31 ha, lo cual representa un 13 % sin embargo los pivotes central presentes en 1995 para el 2009 fueron cambiados a parcelas agrícolas dentro de la pequeña propiedad en el modulo IX y para el 2009 se apreciaron nuevos pivotes central dentro de propiedad ejidal en el mismo modulo IX ver Mapa 19, las nogaleras disminuyeron en un 5.3% (35.1 ha) ver Cuadro 5 y Mapa 20.

6.4.1 Ganadería

Para el sector pecuario los establos lecheros aumentaron de 10 a 16 con una superficie de 156 ha equivalente a un 166 % ver Mapa 21, las granjas avícolas aumentaron en 19 ha cuando en 1995 se tenían 3 ha, ver Cuadro 6 y Mapa 22.

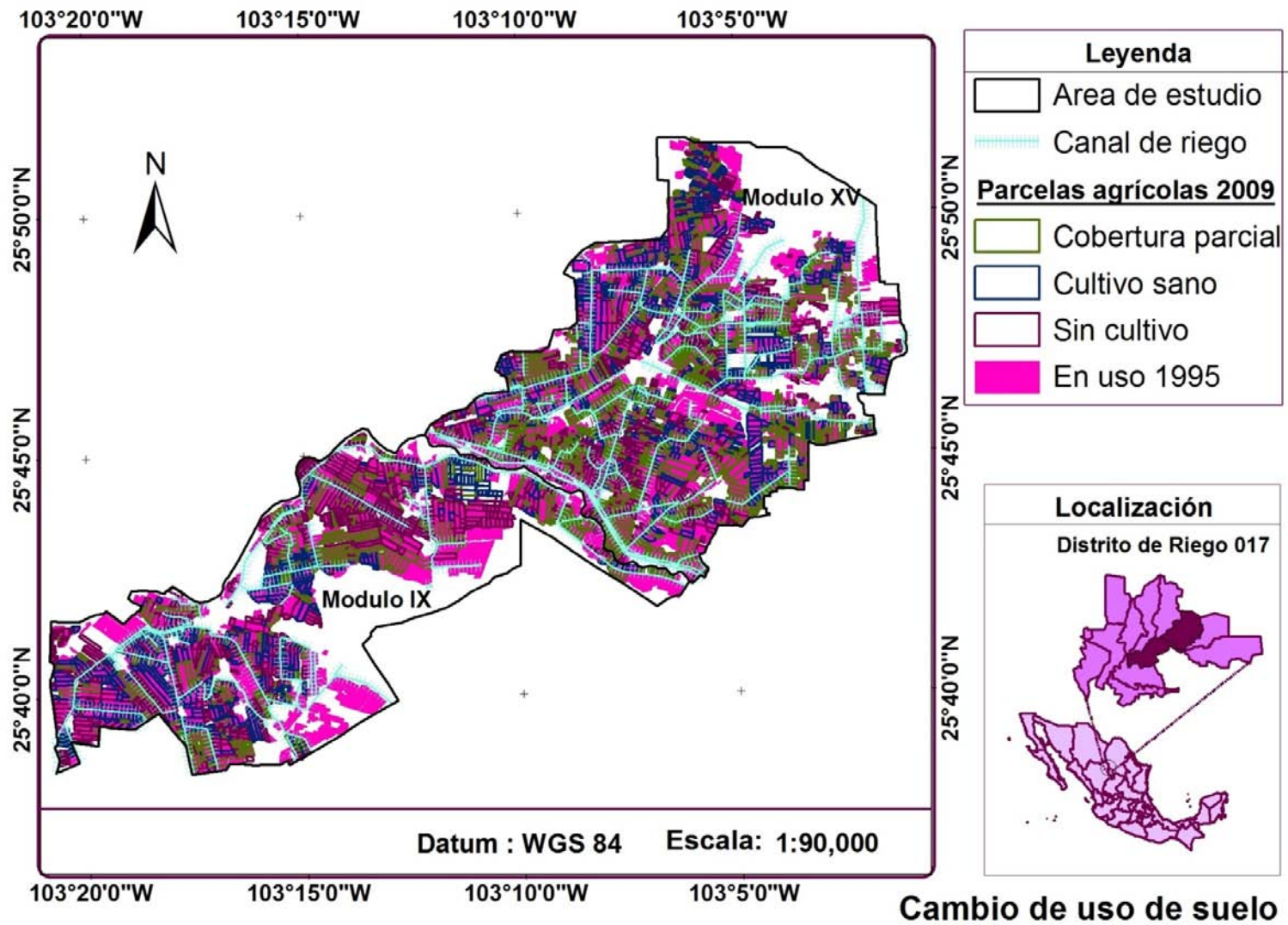
6.4.2 Estanques

Otro aspecto a considerar en el uso de suelo de los módulos IX y XV fueron los estanques los cuales aumentaron de 42 a 48, ver Mapa 23 y Cuadro 7.

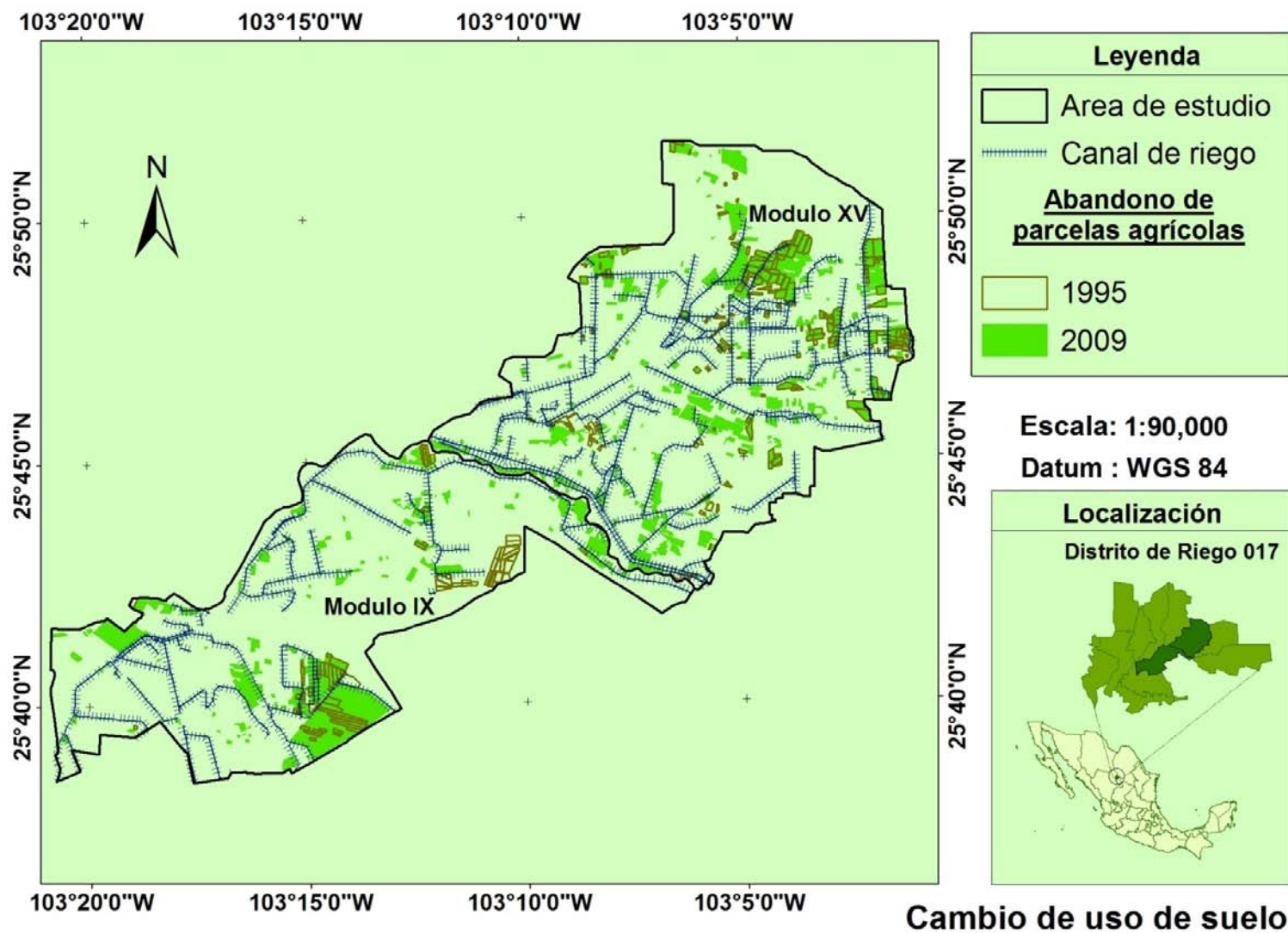
Cuadro 5. Cambio de uso de suelo en la agricultura

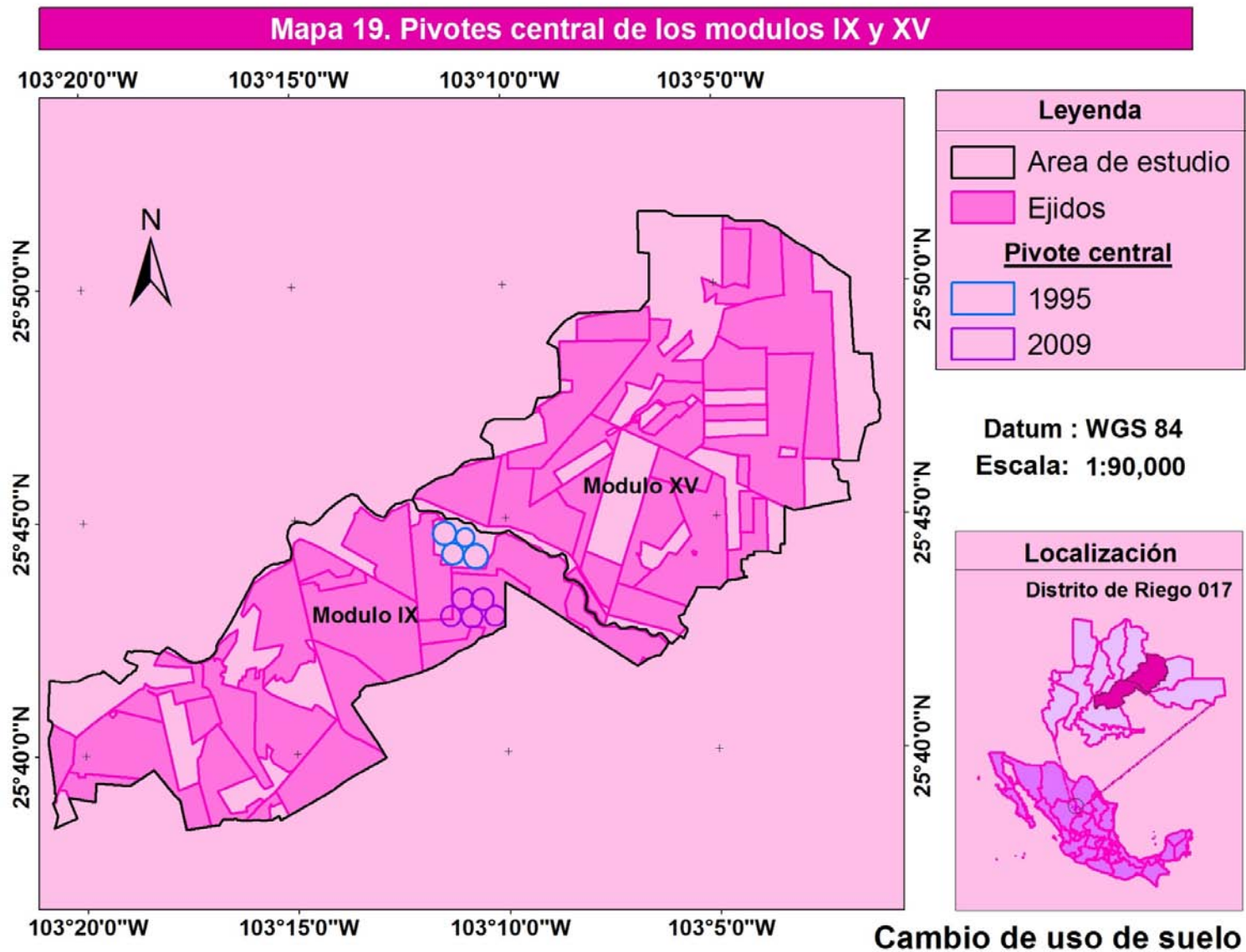
<u>Agricultura</u>		<u>Uso de suelo</u>				<u>Cambio de uso de suelo de 1995-2009</u>		
		Cantidad		Superficie (ha)		Aumento (ha)	Perdida (ha)	Porcentaje
		1995	2009	1995	2009			
Parcelas				19464.22	18947.17		-517.05	-2.66
En uso				18146.31	15085.13		-3061.18	-16.87
En abandono				1317.92	3862.04	2544.12		193.04
Pivotes centrales		4	5	234.54	265.1	30.56		13.03
Nogaleras		128	123	668.60	633.53		-35.07	-5.24
Plantación	Marco real	104	104	557.09	551.61		-5.48	-0.98
	Tresbolillo,	24	19	111.51	81.92		-29.59	-26.53
Condición	Producción			473.30	603.62	130.31		27.53
	Desarrollo			195.30	29.92		-165.38	-84.68
Calidad	Buena			420.29	400.04		-20.24	-4.82
	Mala			105.6	38.84		-66.76	-63.22
	Regular			142.72	194.65	51.93		36.39

Mapa 17. Parcelas agrícolas de los módulos IX y XV

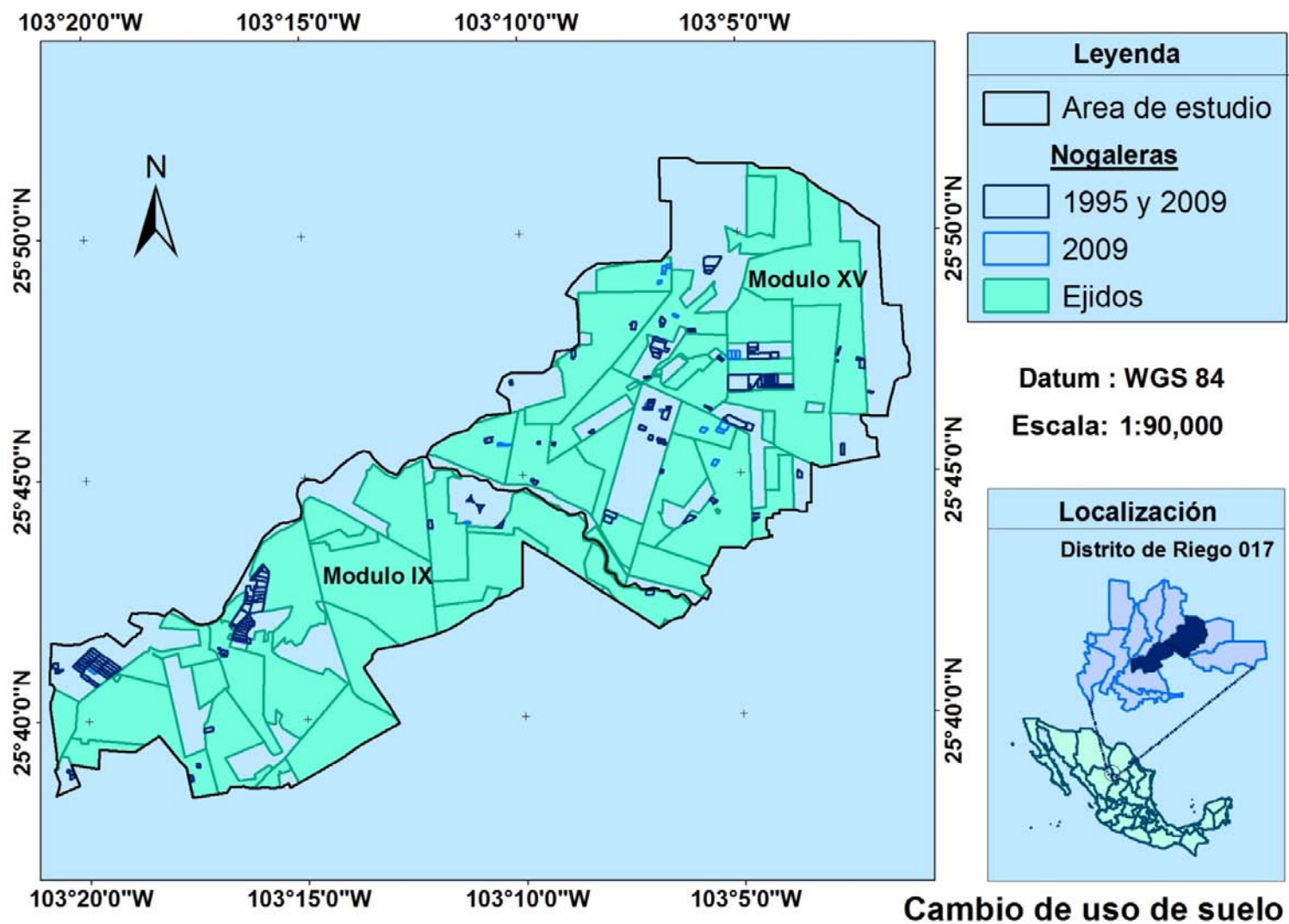


Mapa 18. Abandono de parcelas agrícolas de los módulos IX y XV





Mapa 20. Nogaleras de los modulos IX y XV



Cuadro 6. Cambio de uso de suelo en la ganadería.

<u>Ganadería</u>	<u>Uso de suelo</u>				<u>Cambio de uso de suelo de 1995-2009</u>	
	Cantidad		Superficie (ha)		Aumento (ha)	Porcentaje
	1995	2009	1995	2009		
Establo lechero	10	16	93.88	249.76	155.89	166.06
Sombras	166	255				53.6
Granja avícola	2	6	3.05	21.62	18.58	609.82
Nave	1 y 8	4 y 8				

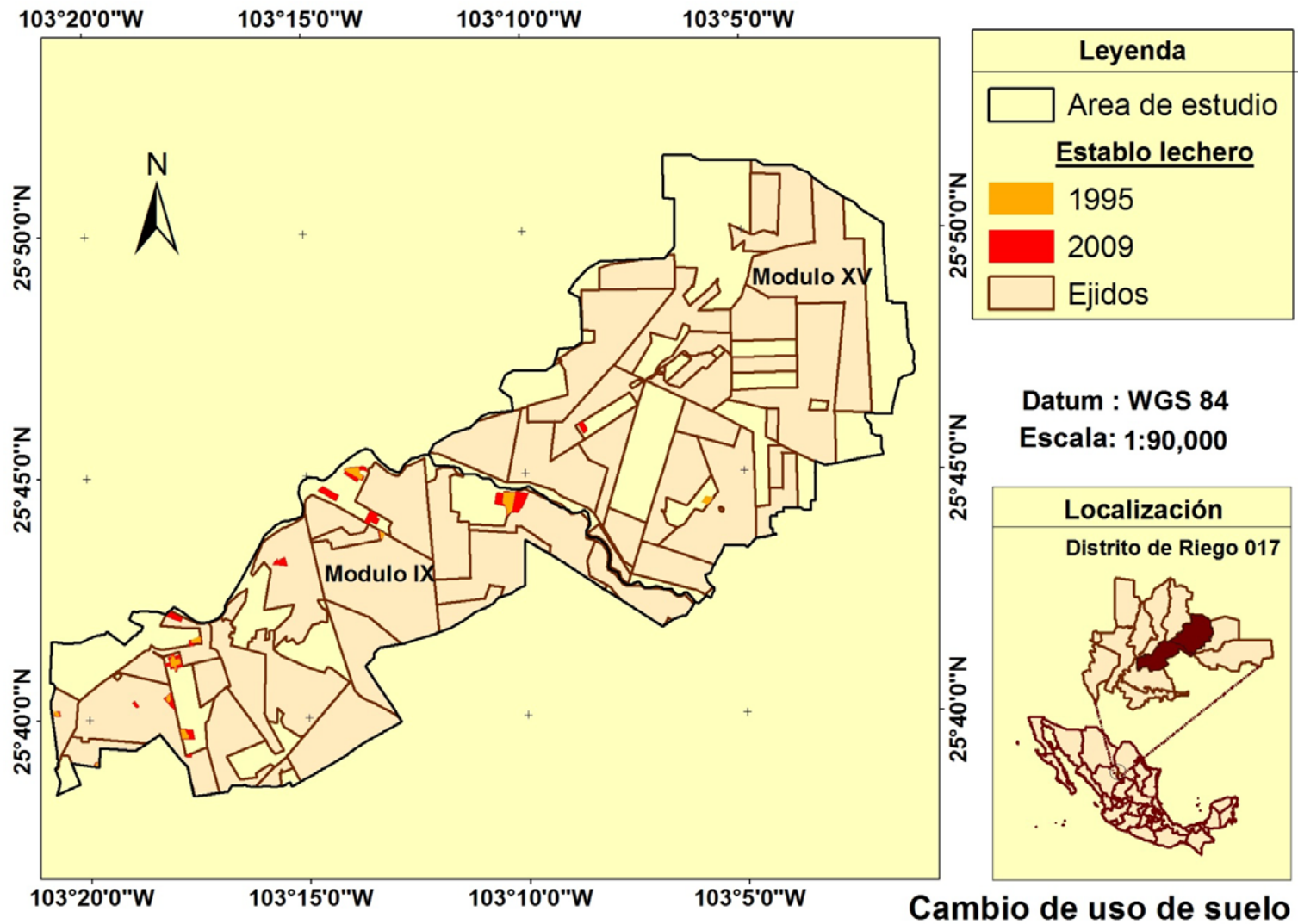
Cuadro 7. Cambio de uso de suelo sobre los estanques.

<u>Estanques</u>	<u>Uso de suelo</u>				<u>Cambio de uso de suelo 1995-2009</u>	
	Cantidad		Superficie (ha)		Aumento (ha)	Porcentaje
	1995	2009	1995	2009		
Total	42	48	13.18	14.83	1.65	12.53
uso	37	41	12.12	13.42	1.3	10.75
abandono	5	7	1.06	1.41	0.35	32.97

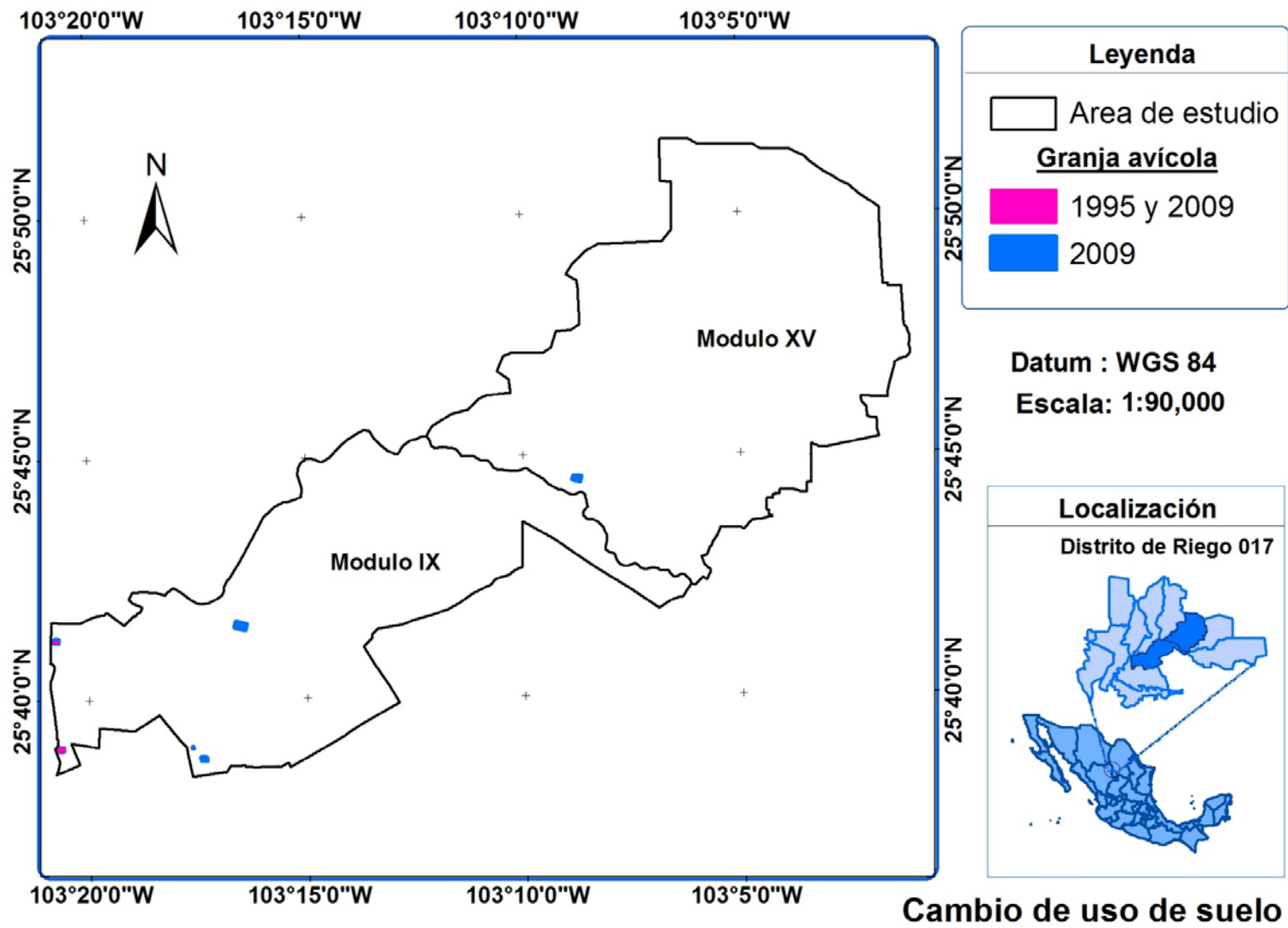
6.4.3 Área urbana

El área urbana también aumento en un 31 % para el modulo IX y 1.8% para el modulo XV ver Cuadro 8 y Mapa 24.

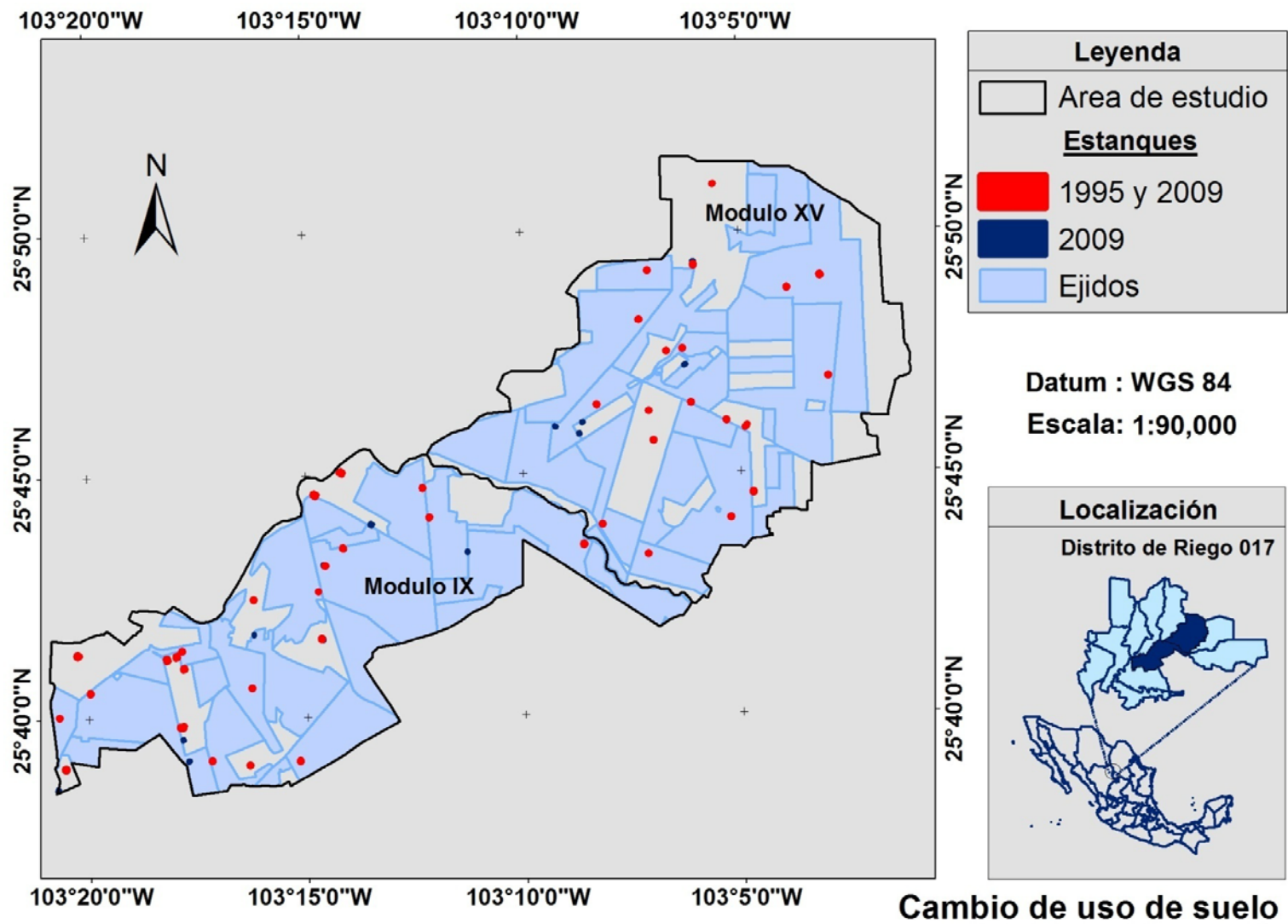
Mapa 21. Establos lecheros de los modulos IX y XV



Mapa 22. Granjas avícolas de los módulos IX y XV



Mapa 23. Estanques de los modulos IX y XV



Cuadro 8. Cambio de uso de suelo sobre área urbana.

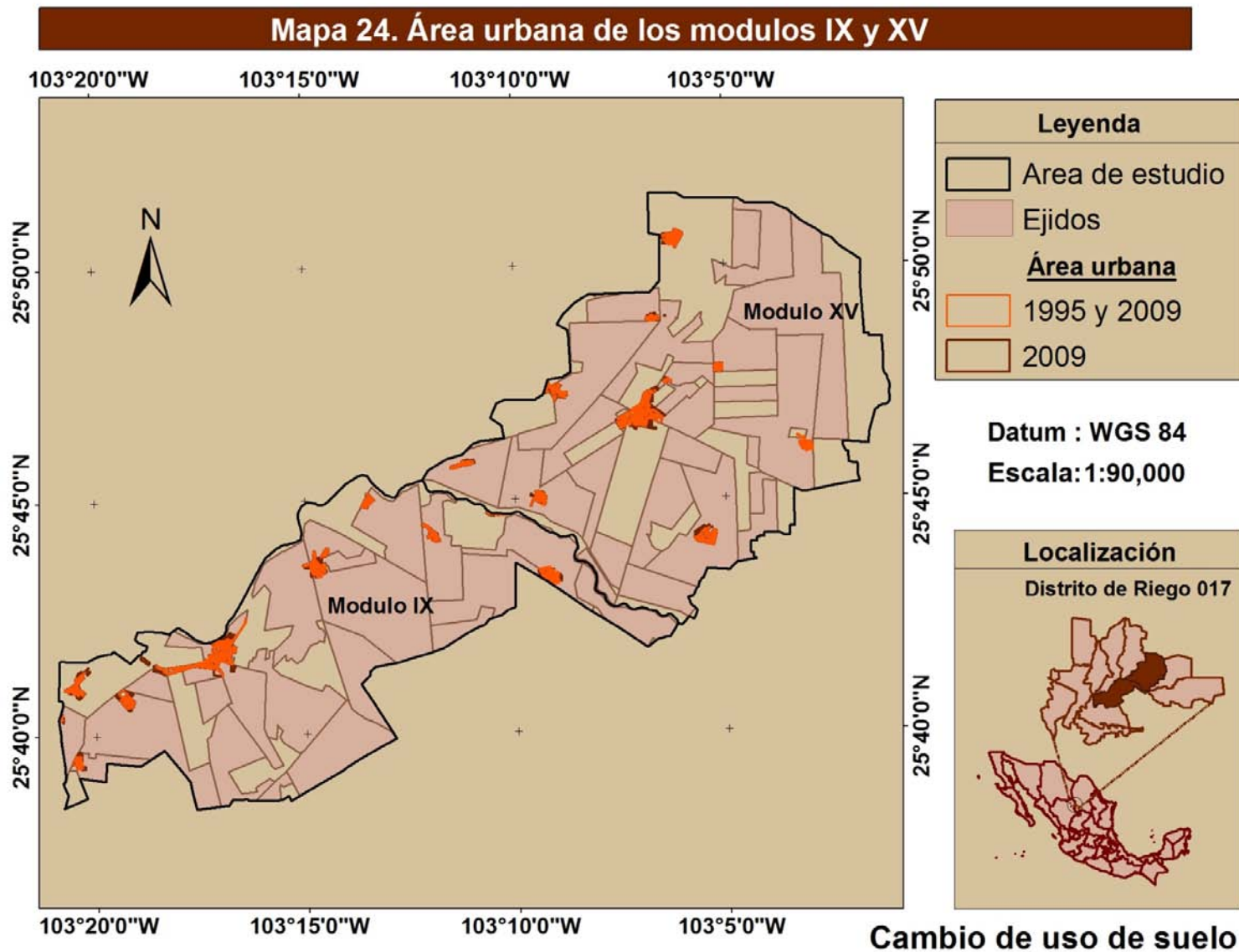
<u>Área urbana</u>	<u>Uso de suelo</u>		<u>Cambio de uso de suelo 1995-2009</u>	
	Superficie (ha)			
	1995	2009	Aumento (ha)	Porcentaje
Modulo IX	195.99	255.97	59.98	30.6
Modulo XV	203.61	207.12	3.51	1.73
Total	399.60	463.1	63.5	15.89

6.4.4 Propiedad ejidal

Dentro del ejido las parcelas agrícolas disminuyeron en 2355 y el abandono de parcelas agrícolas aumento en 1884 ha, las nogaleras aumentaron en 5.3 ha, los establos lecheros aumentaron en 36.01 ha, la granjas avícolas también aumentaron en 7.6 ha y el numero de estanques solo aumento en dos, ver Cuadro 9.

6.4.5 Pequeña propiedad

En contraste con el ejido, en la pequeña propiedad las parcelas agrícolas disminuyeron en 706 ha y el abandono de parcelas aumento con 660 ha, las nogaleras disminuyeron con 40 ha, los pivotes disminuyeron en un 100 %, las granjas avícolas aumentaron en 11 ha, los establos lecheros aumentaron en 120 ha y aumentaron cuatro estanques, ver Cuadro 10.



Cuadro 9. Cambio de uso de suelo sobre el ejido.

<u>Ejidos</u> <u>(21792 ha)</u>	<u>Uso de suelo</u>		<u>Cambio de uso de suelo de 1995-2009</u>				
	Cantidad		Superficie (ha)		Aumento (ha)	Perdida	Porcentaje
	1995	2009	1995	2009			
Parcelas agrícolas en uso			13264.51	10909.29		-2355.21	-17.76
Parcelas agrícolas en abandono			991.11	2875.37	1884.25		190.12
Nogaleras			97.98	103.30	5.32		5.43
Establo lechero	4	8	12.89	48.90	36.01		279.47
Granja avícola	0	3		7.58	7.58		
Estanques	23	25					8.6

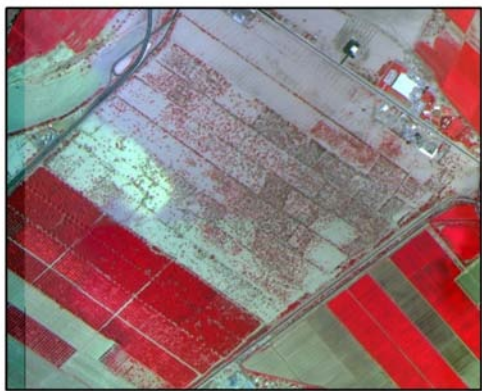
Cuadro 10. Cambio de uso de suelo sobre la pequeña propiedad.

<u>Pequeña propiedad (8949 ha)</u>	<u>Uso de suelo</u>				<u>Cambio de uso de suelo de 1995- 2009</u>		
	Cantidad		Superficie (ha)		Aumento (ha)	Perdida (ha)	Porcentaje
	1995	2009	1995	2009			
Parcelas agrícolas en uso			4881.79	4175.84		-705.95	-14.46
Abandonadas			326.80	986.67	659.87		201.92
Nogaleras			570.63	530.23		-40.4	-7.07
Pivotes	4		234.54			-234.54	-100
Granjas avícolas	2	3	3.05	14.04	11		361.05
Establos	6	8	80.99	200.86	119.88		148.02
Estanques	19	23					15.7

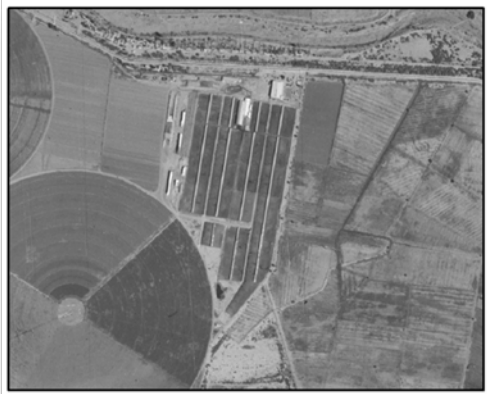
6.5 Galería de cambios de uso de suelo

El Cuadro 11 presenta imágenes de las diferentes fechas 1995 y 2009 en donde se ilustran los cambios de uso de suelo encontrados sobre el área de estudio

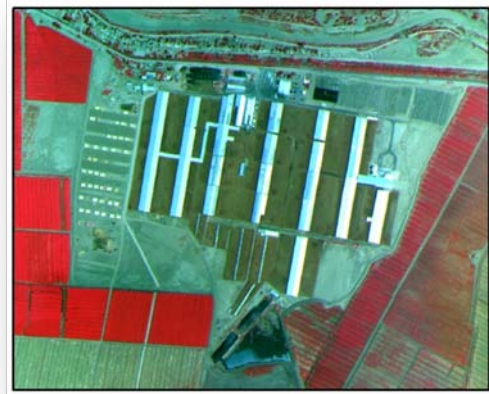
Cuadro 11. Galería de cambios de uso de suelo de 1995 a 2009.

1995	2009
	
Área de parcelas agrícolas en uso	Parcelas agrícolas abandonadas
	

Area urbana y parcelas agricolas



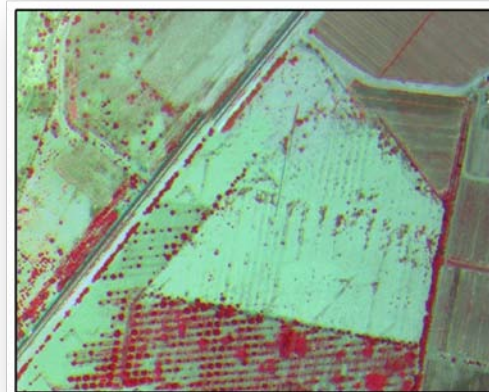
Crecimiento de área urbana sobre parcelas agrícolas



Establo lechero y pivotes central



Crecimiento de establo lechero

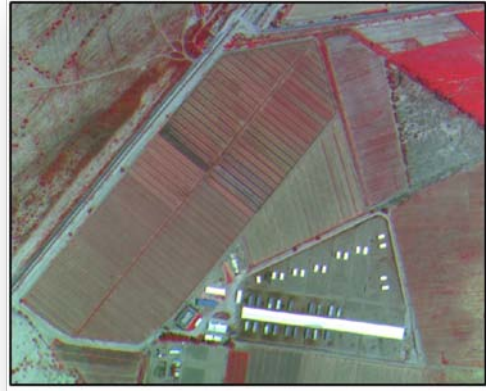


Nogaleras

Abandono de nogaleras



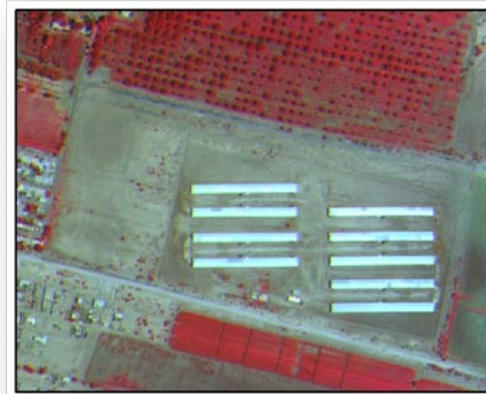
Parcelas agricolas



Cambio de diseno de riego de parcelas agricolas y cambio a establo lechero



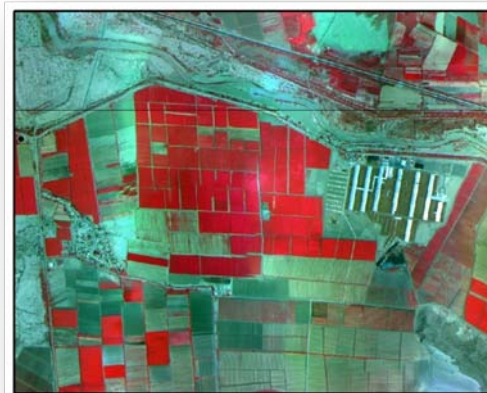
Parcelas agricolas



Cambio de parcelas agricolas a granja avicola



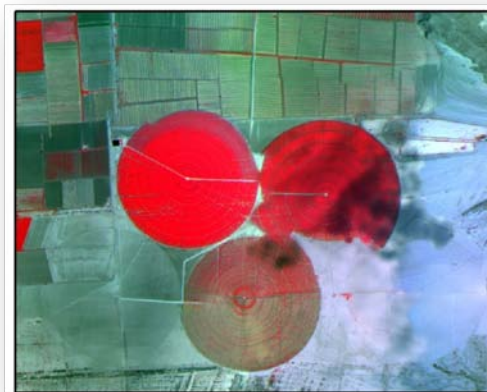
Pivotes centrales



Cambio de pivotes centrales a parcelas
agricolas



Parcelas y abandono de parcelas



Cambio a pivotes central

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a informacion temática de INEGI 1970 el uso de suelo del área de estudio es agricultura de riego con 25 350 ha sin embargo para este estudio en 1995 se tienen 18146 ha de parcelas agrícolas en uso y estas disminuyen en 17 % para 1995, se tiene un abandono de parcela agrícola de 1995 a 2009 con 2544 ha (193%), y un aumento en establos lecheros de 10 a 16 incrementando una superficie de 155.86 ha (166 %).

El cambio de uso de suelo sobre el área de estudio lo presento principalmente la parcela agrícola la cual fue modificada en cuanto a su diseño de riego o cambio del sistema de riego a pivote central, sobre la parcela agrícola se dieron los cambios a parcela abandonada, aumento en número y superficie de establos lecheros y granjas avícolas.

En los módulos IX y XV del distrito de riego 017 las características edáficas no son las deseables para el buen desarrollo de los cultivos ya que en el área de estudio se tienen problemas de sodio intercambiable mayor al 15% lo que limita o impide el desarrollo de los cultivos lo cual se refleja con el abandono o cambio de uso de suelo sobre la parcela agrícola, mientras que ante el incremento de establos lecheros principalmente por superficie se debe poner atención ya que estos se encuentran cercanos al río y pueden representar una fuente de contaminación para el acuífero.

VIII. RECOMENDACIONES

En el presente estudio se integro un sistema de informacion geográfica cuyo objetivo fue conocer, analizar y cuantificar el cambio de uso de suelo, por la disponibilidad de informacion el periodo de análisis fue de 1995 a 2009, sin embargo para estudios posteriores se recomienda complementar el trabajo con el análisis del año 1970 por medio de fotografía aérea, también se recomienda agregar a este estudio u otros sobre cambio de uso de suelo la evaluación de impacto ambiental, para que así se tengan más herramientas para la elaboración de un ordenamiento territorial que garantice la sustentabilidad del área de estudio. Todo esto final mente es una propuesta para los encargados de toma de decisión de las instancias correspondientes sobre el área de estudio.

IX. LITERATURA CITADA

- Alphan, H. y Yilmaz, K. T. 2005. Monitoring environmental changes in the Mediterranean coastal Landscape: the case of Cukurova, Turkey. *Environmental Managment*, vol. 35, No. 5, 607-619.
- Alvarado, C. M., Lozano, R. F., Martínez, O. M. A. y Colmenero, R. J. A. 2006. Usos y destinos de los suelos en la región de Cuetzalan, Puebla, México. *Investigaciones Geográficas*, 059: 43-58.
- Bocco, G., Mendoza, M. y Maser, O. R. 2001. La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación (parte 2). *Investigaciones Geográficas*, 044: 18-38.
- Brown, G. D. 2003. Land use and forest cover on private parcels in the upper midwest USA, 1970 to 1990. *Landscape ecology*, 18: 777-790.
- Buendía, R. E., Terrazas, D. S. y Vargas, P. E. 2002. Aplicación de imágenes de satélite en la cartografía de suelo y vegetación en una región del oriente del valle de México. *Revista chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, Vol. 8, No. 001, 13-19.
- Cisternas, V. M. y Torrejón, G. F. 2002. Cambios de uso del suelo, actividades agropecuarias e intervención ambiental temprana en una localidad fronteriza de la Araucanía (S.XVI-XIX). *Revista de Geografía Norte Grande*, 29: 83-94.
- Cortina, V. S., Macario, M. P. y Ogneva, H. Y. 1999. Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 38: 41-56.
- Cruz, A. y Levine, G. 1998. El uso de aguas subterráneas en el Distrito de Riego 017, Región Lagunera, México. *IWMI Instituto Internacional del Manejo del Agua. Serie Latinoamericana No. 3*. México D. F. 27pp
- Dupuy, R. J. M., Gonzales, I. J. A., Iriarte, V. S., Calvo, I. L. M., Espadas, M. C., Tun, Dzul. F. y Dorantes, E. A. 2007. Cambios de cobertura y uso del suelo (1979-2000) en dos comunidades rurales en el noreste de Quintana Roo. *Investigaciones Geográficas*, 62: 104-124.

- Espinosa, C. M. 2008. Procesos y actores en la conformación del suelo urbano en el ex lago de Texcoco. *Economía, Sociedad y Territorio*. 27: 769-798.
- Fazal, S. 2000. Urban expansion and loss of agricultural land - a GIS based study of Saharanpur City, India. *Environment and Urbanization*, 12: 133-149.
- Feng, Y., Lu, Q., Tokola, T., Lui, H. y Wang, X. 2009. Assessment of grassland and degradation in Guinan county, Qinghai province, China, in the past 30 years. *Land degradation and Development*, 20: 55-68.
- Fernández, F. A., Pardo, A. C. J., Martín, R. E. M. y Cocero, M. D. 2007. Ordenación del territorio y medio ambiente. 1ra Edición. UNED. España 589pp.
- Franco, M. S., Regil, G. H. H., González, E. C. y Nava, B. G. 2006. Cambio de uso del suelo y vegetación en el parque nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000 (parte a). . *Investigaciones Geográficas*, 061: 38-57.
- Francois, M. J. y Fernández, T. 2003. Una evaluación cuantitativa de los errores en el monitoreo de los cambios de cobertura por comparación de mapas. *Investigaciones Geográficas*, 051: 73-87.
- García, G. G., March, M. I. y Castillo, S. M. A. 2001. Transformación de la vegetación por cambio de uso de suelo en la reserva de la biosfera Calakmul, Campeche. *Investigaciones Geográficas*, 46: 45-57.
- García, N. H., García, D. R. R., Moreno, S. R. y Gonzales, R. A. 2002. Uso de sensores remotos y SIG para delimitar los cambios en el uso del suelo agrícola de 1970 a 1997 en el estado de Guanajuato. . *Investigaciones Geográficas*, 047: 92-112.
- García, R. G., Schmook, B. y Espejel, C. L. 2005. Dinámica en el uso del suelo en tres ejidos cercanos a la ciudad de Chetumal, Quintana Roo. . *Investigaciones Geográficas*, 058: 122-139.
- Gómez, D. M. y Barredo, C. J. I. 2006. Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. 2da Edición. Alfaomega. México D.F. 279pp.
- Gordon, L., Dunlop, M. y Foran, B. 2003. Land cover change and water vapour flows: learning from Australia. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 358: 1973-1984.
- Guerra, M. V. y Ochoa, G. S. 2006. Evaluación espacio-temporal de la vegetación y uso del suelo en la biosfera Pantanos de Centla, Tabasco (1990-2000). . *Investigaciones Geográficas*, 059: 7-25.
- Haque, A., Alam, J. B., Shaha, N. K. y Raihan, F. 2008. Study on land use pattern change and its causes. *Int. J. Environ. Res*, 2 (2): 199-204.
- Helmer, E. H. 2004. Forest conservation and land development in Puerto Rico. *Landscape Ecology* 19: 29-40.
- Henríquez, C., Azocar, G. y Aguayo. 2006. Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en los Ángeles, VII región del Biobío, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 36: 61-74.

- Hietel, E., Waldhardt, R. y Otte, A. 2004. Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hasse, Germany. *Landscape Ecology*, 19: 473-489.
- INEGI. 1970a. Carta de uso de suelo y vegetación: G13D15, G13D16, G13D25 y G13D26. Escala 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 1970b. Carta de edafología: G13D15, G13D16, G13D25 y G13D26. Escala 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 1970c. Carta de geología: G13D15, G13D16, G13D25 y G13D26. Escala 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 1970d. Toponimios: G13D15, G13D16, G13D25 y G13D26. Escala 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 1995. Ortofoto: G13D15 f, G13D16 d, G13D16 e, G13D16 f, G13D25 c, G13D26 a, G13D26 b y G13D26 c. Escala 1:20000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 2004. Guía para la interpretación de cartografía Edafología. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 28pp.
- INEGI. 2005a. Guía para la interpretación de cartografía Fotografía Aérea. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.. Aguascalientes, México. 18pp.
- INEGI. 2005b. Guía para la interpretación de cartografía Topográfica. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 21pp.
- INEGI. 2005c. Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 85pp.
- INEGI. 2005d. Guía para la interpretación de cartografía geológica. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 26pp.
- INIFAP. 2009. Ortofoto: G13D15f_, G13D16d_, G13D16e_, G13D16f_, G13D25c_, G13D26a_, G13D26a_a_, G13D26a_b_, G13D26b_ y G13D26c_. Resolución espacial: 1mx1m. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México.
- Jáuregui, O. E. Impacto del uso del suelo en el clima de la ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, 055: 46-60.
- Júpiter, S. D. y Marion, G. S. 2008. Changes in forest área along stream networks in an Agricultural catchment of the barrier reef lagon. *Environmental Management*, 42:66-79.
- Kesgin, B. y Nurlu, E. 2008. Land cover changes on the coastal zone of Candarli Bay, Turkey using remotely sensed data. *Environ Moint Assess*, 1-8.

- Leyva, R. J. C. y Herrera, H. B. 2003. Análisis de la dinámica territorial en México y su interrelación con la dinámica poblacional, periodo 1980-2000. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 9: 77-87.
- Li, X. Y., Ma, Y. J., Xu, H. Y., Wang, J. H. y Zhang, D. S. 2009. Impact of land use and land cover change on environmental degradation in lake Qinghai watershed, northeaest Qinghai-Tibet Plateau. *Land degradation and Development*, 20: 69-83.
- Liu, Y. S., Wang, J. Y. y Long, H. L. 2010. Analysis of arable land los and its impact on rural sustainability in southern Jiangsu province of China. *Journal of Environmental Management*, 91: 646-653.
- López, G. E. M., Bocco, G. y Mendoza, C. M. E. 2001. Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. . *Investigaciones Geográficas*, 045: 56-76.
- Maiorano, L., Falcucci, A. y Boitani, L. 2008. Size-dependent reistance of protected áreas to land-use change. *Proc. R. Soc. B*, 275: 1297-1304.
- Martínez, R. J. J. 2002. Introducción a la Percepción Remota y los Sistemas de Información Geográfica. 1ra edición. Facultad de Agricultura y zootecnia-UJED-CONACYT. Venecia, Durango., México. 150pp.
- Márquez, G. A. R. 2008. Cambio de uso de suelo y el desarrollo turístico en bahía de Banderas, Nayarit. *Ciencia. UANL*. Vol., XI, numero 002, 161-167.
- Mendoza, M., Bocco, G., López, G. E. y Bravo, M. 2002. Implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo, Michoacán. . *Investigaciones Geográficas*, 049: 92-117.
- Moreno, J. A., Cañada, T. R., Cervera, C. B., Fernández, G. F., Gómez, G. N., Martínez, S. P., Prieto, F. M. E., Rodríguez, E. J. A. y Vidal, D. M. J. 2006. Sistemas y análisis de la información geográfica: manual de aprendizaje con ArcGIS. 1ra Edición. Alfaomega. México 895pp.
- Moufaddal, W. M. 2005. Use of satellite imagery as environmental impact assessment tool: a case study from the NW Egyptian red sea coastal zone. *Environmental Monitoring and Assessment*. 107: 427-452.
- Nagendra, H., Southworth, J. y Tucker, C. 2003. Accessibility as a determinant of landscape transformation in wertern Honduras: linking pattern and process. *Landscape Ecology*, 18: 141-158.
- Nagendra, H., Pareeth, S., Sharma, B., Schweik, M.C. y Adhikari, K. R. 2008. Forest fragmentation and regrowth in an institutional mosaic of community, government and private ownership in Nepal. *Landscape Ecol*, 23: 41-54.
- Nizeyimana, E. L., Petersen, G. W., Imhoff, M. L., Sinclair, H. R. Waltman, S. W., Reed-Margetan, D. S. Levine, E. R. y Russo, J. M. 2001. Assessin the impact of land conservation to urban use on soils with different productivity levels in the USA. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:391-402.

- Ngamabou, S. R. y Koch, B. 2008. Change vector analysis to categorise land cover change processes using the tasselled cap as biophysical indicator. *Environ Monit Assess*, 145: 227-235.
- Oskam, A. J. y Feng, S. 2008. Sustainable land use under different institutional settings. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, Volume 55, Issue 4, 295-306.
- Qi, Y., Henderson, M., Xu, M., Chen, J., Shi, P., He, C. y Skinner, G. W. 2004. Envolving core-periphery interactions in a rapidly expanding urban landscape: the case of Beijing. *Landscape Ecology*, 19: 375-388.
- Ramírez, A. J. 2002. Clasificación y corrección de cambios de coberturas del suelo en la comuna de Nihue (secano interior), provincia de Nuble, VIII región. *Revista de Geografía Norte Grande*, 29: 95-105.
- Ramírez, R. M. I. 2001. Cambios en las cubiertas del suelo en la sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México. *Investigaciones Geográficas*, 045: 39-55.
- Reyes, H. H., Aguilar, R. M., Aguirre, R. J. R. y Trejo, V. I. 2006. Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000. *Investigaciones Geográficas*, 059: 26-42.
- Rich, I. y Colin, V. 2007. Modeling of continuous-time land cover change using satellite imagery: an application from north Carolina. *Journal of Land Use Science*, Vol. 2, No. 3, 147-166.
- Rosete, V. F. A., Pérez, D. J. L. y Bocco, G. 2008. Cambio de uso del suelo y vegetación en la península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 67: 39-58.
- Santos, P. J. M. 2008. Los sistemas de información geográfica vectoriales: el funcionamiento de ArcGIS. 1ra Edición. UNED. Madrid, España 293pp.
- Sandoval, V. y Oyarzun, V. 2004. Moldeamiento y prognosis espacial del cambio en el uso del suelo. Quebracho. *Revista de Ciencias Forestales*, 11: 9-21.
- Saucedo, R. N. 2008. Cambio de uso de suelo del valle de Villa Juárez Durango de 1970 a 2009. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo Durango, México. 72pp.
- Smucker, A. T., Campbell, J. D., Olson, M. J. y Wangui, E. E. 2007. Contemporary challenges of participatory field research for land use change analyses: examples from Kenya. *Field Methods*, Vol. 19, No. 4, 384-406.
- Vanwambeke, S. O., Somboon, P. y Lambin E. F. 2007. Rural transformation and land use change in northern Thailand. *Journal of land use science*, Vol. 2, No. 1, 1-29.

- Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz, G. J. R., Mayorga, S. R., Alcántara, P. O. Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E. y Palacion, J. L. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. . Investigaciones Geográficas, 062: 21-37.
- Vidal, S. E. y Franco, L. J. 2009. Impacto ambiental una herramienta para el desarrollo sustentable. 1ra edición. AGT EDITOR, S.A. México D.F. 411pp.
- Wimberly, C. M. y Ohmann, L. J. 2004. A multi-scale assessment of human and environmental constraints on forest land cover change on the Oregon (USA) coast range. Landscape Ecology, 19: 631-646.
- Wolter, T. P. y White, A. M. 2002. Recent forest cover type transitions and landscape structural changes in northeast Minnesota, USA. Landscape Ecology 17: 133-155.
- Wu, J., Ransom, M. D., Kluitenberg, G. J., Nellis, M. D. y Seyler, H. L. 2001. Land use management using a soil survey geographic database for Finney county, Kansas. Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 169-177.