



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES



**“CARACTERIZACIÓN DEL USO DEL SUELO EN EL ESTADO DE MÉXICO Y SU
CONTRIBUCIÓN EN LOS FLUJOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

ALEJANDRO CÉSAR VALDÉS CARRERA

DIRECTORAS DE TESIS

DRA. en G. MARÍA ESTELA OROZCO HERNÁNDEZ

MTRA. en G. MARÍA EUGENIA VALDEZ PÉREZ

CONACYT 54706

CONACYT- SEMARNAT 107956

ÍNDICE GENERAL

Índice General.....	2
Índice de Tablas	5
Índice de Figuras	7
Índice de Mapas	7
Índice de Fotografías	8
Dedicatorias.....	10
Agradecimientos.....	11
Resumen.....	12
Abstract.....	12
Introducción.....	13
Capítulo 1. “Marco Teórico de Referencia sobre Uso de Suelo y Gases de Efecto Invernadero”.....	14
1.1 Antecedentes sobre uso de suelo y gases de efecto invernadero	14
1.1.1 Casos de Estudio sobre uso de suelo y gases de efecto invernadero	16
1.1.1.1 Estudios sobre el Uso y Cambio de Uso del Suelo	16
1.1.1.2 Estudios sobre la Captura de Carbono en distintos ecosistemas	18
1.2. Enfoques de la investigación	22
1.2.1 Enfoque de las Ciencias Ambientales.....	22
1.2.2 Enfoque Territorial	23
1.3. Diseño Metodológico de la Investigación.....	23
1.3.1 Planteamiento del Problema	24
1.3.2 Pregunta de Investigación	24
1.3.3 Justificación	25
1.3.4 Objetivos	26
1.3.5 Diseño operacional de las variables e indicadores	27
1.4 Metodología general sobre uso de suelo y gases de efecto invernadero	28
1.5 Metodología específica sobre uso de suelo y gases de efecto invernadero	31
Capítulo 2. “Correspondencia de las Clasificaciones de Uso del Suelo”	39
2.1 ¿Qué son las clasificaciones de uso de suelo y tierra?	39
2.2 Clasificaciones de uso de suelo en los ámbitos internacional, nacional y estatal	41

2.2.1 Sistema de clasificación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).....	41
2.2.2 Sistema de clasificación Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO)	43
2.2.4 Comparación de categorías de clasificación de Uso de Suelo y Vegetación Nacional y Estatal	59
2.2.5 Comparación entre clasificación de Uso de Suelo y Vegetación INEGI y clasificación de Tierras del IPCC	66
Capítulo 3. “Uso del Suelo y Cambio de Uso del Suelo en el Estado de México”	69
3.1 Contexto Territorial del Estado de México	69
3.1.1 Condiciones Biofísicas	69
3.1.2 Condiciones Socioeconómicas	79
3.2 Usos y Coberturas del suelo	81
3.2.1 Estado de las Coberturas del suelo	81
3.2.2 Uso del suelo y la emisión de gases de efecto invernadero	85
3.2.3 Análisis espacial del uso de suelo 1976, 1998, 2009	91
3.2.4 Tasa de Cambio de Uso de Suelo 1998-2009	102
Capítulo 4. “Flujos de carbono en los distintos usos del suelo en el Estado de México”	109
4.1 Fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero.....	109
4.2 Estimación de Captura y Emisión de Carbono de los usos del suelo en el Estado de México	111
4.3 Escenarios de Flujos de carbono en el Estado de México.....	115
4.3.1 Escenarios de Biomasa Seca.....	116
4.3.1.2 Pérdida de Superficie	117
4.3.2 Escenarios de Suelo.....	118
4.3.2.1 Ganancia de superficie.....	118
4.3.2.2 Pérdida de superficie	121
4.3.3 Balance de Escenarios de Emisión y Captura	125
4.3.3.1 Balance Anual	125
4.3.3.2 Balance Neto	127
4.3.3.3 Balance Total	129
4.4 Estrategias de Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en el Estado de México.....	132
4.4.1 Resultados del Trabajo de Campo	134

4.4.2 Estrategias de Adaptación al Cambio Climático	144
4.4.3 Estrategias de Mitigación al Cambio Climático	147
Resultados y Conclusiones	151
Fuentes	155
Bibliográfica.....	155
Cartográfica.....	162
En la Red.....	163
Anexos	164
Cartográfico	164
Mapa de Localización del Estado de México.....	165
Mapa de Cuencas Hidrográficas del Estado de México	166
Mapa Litológico del Estado de México	167
Mapa de Climas del Estado de México.....	168
Mapa Edafológico del Estado de México.....	169
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 1976 del Estado de México	170
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 1998 del Estado de México	171
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 2009 del Estado de México	172
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 1976 adaptado al IPCC del Estado de México	173
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 1998 adaptado al IPCC del Estado de México	174
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 2009 adaptado al IPCC del Estado de México	175
Mapa de Puntos de Muestreo en Campo.....	176
Mapa de Muestreo Bosque Oyamel, Zinacantepec	177
Mapa de Muestreo Bosque Encino, Villa del Carbón.....	178
Mapa de Muestreo Bosque Pino, San José del Rincón	179
Mapa de Muestreo Selva Baja, Malinalco.....	180
Mapa de Muestreo Matorral, Tequixquiac	181
Mapa de Muestreo Pastizal, Tejupilco.....	182
Mapa de Muestreo Agrícola, Almoloya de Juárez.....	183
Mapa de Muestreo Otros Tipos de Vegetación, Lerma	184
Trabajo de Campo	185
Bosque de Oyamel	185
Descripción Vegetativa (Bosque de Oyamel).....	186

Verificación Edáfica (Bosque de Oyamel)	187
Bosque de Encino.....	188
Descripción Vegetativa (Bosque de Encino)	189
Verificación Edáfica (Bosque de Encino).....	190
Bosque de Pino.....	190
Descripción Vegetativa (Bosque de Pino).....	192
Verificación Edáfica (Bosque de Pino)	192
Selva Baja.....	193
Descripción Vegetativa (Selva Baja)	194
Verificación Edáfica (Selva Baja)	195
Matorral.....	195
Descripción Vegetativa (Matorral)	197
Verificación Edáfica (Matorral)	197
Pastizal.....	198
Descripción Vegetativa (Pastizal)	199
Verificación Edáfica (Pastizal)	200
Agrícola.....	200
Descripción Vegetativa (Agrícola)	202
Verificación Edáfica (Agrícola)	202
Otros Tipos de Vegetación.....	203
Descripción Vegetativa (Otros Tipos de Vegetación)	204
Verificación Edáfica (Otros Tipos de Vegetación)	205

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aportaciones Metodológicas de los Estudios de Caso	19
Tabla 2. Diseño operacional de variables e indicadores	27
Tabla 3. Registro para vegetación	36
Tabla 4. Registro para suelo.....	37
Tabla 5. Actividad Agrícola.....	44
Tabla 6. Bosque y Actividad Forestal	46
Tabla 7. Selva.....	49
Tabla 8. Pastizal y Actividad Pecuaria.....	52

Tabla 9. Matorral.....	54
Tabla 10. Otros tipos de Vegetación.....	57
Tabla 11. Actividad Agrícola.....	60
Tabla 12. Bosque y Actividad Forestal.....	61
Tabla 13. Selva.....	62
Tabla 14. Pastizal y Actividad Pecuaria.....	63
Tabla 15. Matorral.....	63
Tabla 16. Otros Tipos de Vegetación.....	64
Tabla 17. Correspondencia entre Clasificaciones IPCC e INEGI.....	66
Tabla 18. Cuencas Hidrográficas del Estado de México.....	72
Tabla 19. Balance Hidrológico superficial.....	75
Tabla 20. Balance Hidrológico subterráneo Mm ³ /año.....	75
Tabla 21. Tipos de suelo del Estado de México.....	76
Tabla 22. Biodiversidad del Estado de México.....	78
Tabla 23. Población Zonas Metropolitanas.....	79
Tabla 24. Fuentes de emisión de GEI.....	86
Tabla 25. Factores de emisión por quema de biomasa.....	88
Tabla 26. Índice de afectación de los incendios forestales por tipo de vegetación, 1998-2001.....	88
Tabla 27. Existencias de ganado y factores de emisión de metano.....	89
Tabla 28. Emisiones de GEI en Gg y Gg de CO ₂ equivalente.....	90
Tabla 29. Uso de suelo y Vegetación 1976.....	94
Tabla 30. Uso de suelo y Vegetación 1998.....	95
Tabla 31. Uso de suelo y Vegetación 2009.....	97
Tabla 32. Uso de suelo y Vegetación 1976 adaptado al IPCC.....	99
Tabla 33. Uso de suelo y Vegetación 1998 adaptado al IPCC.....	100
Tabla 34. Uso de suelo y Vegetación 2009 adaptado al IPCC.....	101
Tabla 35. Tasa de Cambio de Uso de Suelo del periodo 1998-2009.....	103
Tabla 36. Pérdidas-Ganancias de superficie por Uso de suelo, 1998-2009.....	104
Tabla 37. Tasa de Cambio de Uso de Suelo del periodo 1998-2009 adaptado al IPCC.....	106
Tabla 38. Pérdidas-Ganancias de superficie por Uso de suelo, 1998-2009 adaptado al IPCC.....	107
Tabla 39. Biomasa seca o total por uso de suelo.....	113

Tabla 40. Toneladas de Carbono Capturadas en biomasa seca por Hectárea	113
Tabla 41. Captura de carbono en suelo a 30 cm de profundidad, por uso de suelo	114
Tabla 42. Captura anual de suelos con uso agrícola	118
Tabla 43. Captura neta de suelos con uso agrícola	119
Tabla 44. Captura anual de suelos de selva.....	119
Tabla 45. Captura neta de suelos de selva	120
Tabla 46. Captura anual de suelos de cuerpos de agua	120
Tabla 47. Captura neta de suelos de cuerpos de agua	121
Tabla 48. Emisión anual de suelos de pastizal.....	121
Tabla 49. Emisión neta de suelos de pastizal	122
Tabla 50. Emisión anual de suelos de bosque	122
Tabla 51. Emisión neta de suelos de bosque	123
Tabla 52. Emisión anual de suelos de otros tipos de vegetación	123
Tabla 53. Emisión neta de suelos de otros tipos de vegetación	124
Tabla 54. Emisión anual de suelos de matorral.....	124
Tabla 55. Emisión neta de suelos de matorral.....	124
Tabla 56. Balance Anual.....	125
Tabla 57. Balance Neto	127
Tabla 58. Balance Total.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo conceptual del problema de investigación	28
Figura 2. Metodología General del Problema de Investigación.....	29
Figura 3. Superficie sembrada en el Estado de México, 2009	86
Figura 4. Valor de la producción por modalidad de tierras en el Estado de México, 2009	87

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Localización del Estado de México	70
Mapa 2. Cuencas Hidrográficas del Estado de México.....	71
Mapa 3. Litología del Estado de México.....	73

Mapa 4. Climas del Estado de México.....	74
Mapa 5. Suelos del Estado de México	77
Mapa 6. Uso de Suelo y Vegetación 1976	94
Mapa 7. Uso de Suelo y Vegetación 1998.....	95
Mapa 8. Uso de Suelo y Vegetación 2009	96
Mapa 9. Uso de Suelo y Vegetación 1976 adaptado al IPCC	99
Mapa 10. Uso de Suelo y Vegetación 1998 adaptado al IPCC	100
Mapa 11. Uso de Suelo y Vegetación 2009 adaptado al IPCC	101
Mapa 12. Puntos de Muestreo en Campo.....	134
Mapa 13. Muestreo Bosque Oyamel, Zinacantepec.....	135
Mapa 14. Muestreo Bosque Encino, Villa del Carbón.....	136
Mapa 15. Muestreo Bosque Pino, San José del Rincón	137
Mapa 16. Muestreo Selva Baja, Malinalco.....	138
Mapa 17. Muestreo Matorral, Tequixquiac	139
Mapa 18. Muestreo Pastizal, Tejupilco.....	140
Mapa 19. Muestreo Agrícola, Almoloya de Juárez.....	141
Mapa 20. Muestreo Otros Tipos de Vegetación, Lerma	142

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Paisaje (Bosque de Oyamel)	185
Foto 2. GPS (Bosque de Oyamel).....	185
Foto 3. Perfil Edáfico (Bosque de Oyamel)	186
Foto 4. Paisaje (Bosque de Encino).....	188
Foto 5. GPS (Bosque de Encino)	188
Foto 6. Perfil Edáfico (Bosque de Encino).....	189
Foto 7. Paisaje (Bosque de Pino)	190
Foto 8. GPS (Bosque de Pino)	191
Foto 9. Perfil Edáfico (Bosque de Pino)	191
Foto 10. Paisaje (Selva Baja)	193
Foto 11. GPS (Selva Baja)	193
Foto 12. Perfil Edáfico (Selva Baja)	194
Foto 13. Paisaje (Matorral)	195

Foto 14. GPS (Matorral)	196
Foto 15. Perfil Edáfico (Matorral)	196
Foto 16. Paisaje (Pastizal)	198
Foto 17. GPS (Pastizal)	198
Foto 18. Perfil Edáfico (Pastizal)	199
Foto 19. Paisaje (Agrícola)	200
Foto 20. GPS (Agrícola)	201
Foto 21. Perfil Edáfico (Agrícola)	201
Foto 22. Paisaje (Otros Tipos de Vegetación)	203
Foto 23. GPS (Otros Tipos de Vegetación)	203
Foto 24. Perfil Edáfico (Otros Tipos de Vegetación)	204

DEDICATORIAS

A Dios, por haberme permitido llegar a la culminación de una etapa más en mi vida.

A mis Padres, Alejandro Valdés González y María del Pilar Carrera Serrano por la confianza y apoyo incondicional, además de la educación en cuanto a valores y vivencias que me formaron como persona y que fueron necesarios para culminar satisfactoriamente con esta etapa de mi vida profesional.

A mis Hermanas, Elizabeth y Pilar por el apoyo y entusiasmo brindado, que influyeron para la culminación de este trabajo de investigación.

Al Maestro Armando Reyes Enríquez por enseñarme el valor de la sencillez, trabajo, amistad, profesionalismo y confianza, además de sus críticas constructivas y llamadas de atención que me permitieron cambiar como persona y representarlo en mi vida diaria y a nivel profesional.

A la Maestra Patricia Mireles Lezama por mostrarme el valor del amor y pasión hacia lo que haces, por su amistad, profesionalismo y confianza que me dieron una muestra de la importancia de prepararte para lograr tus metas profesionales y personales.

A la Doctora Estela Orozco Hernández por la confianza, tiempo, sinceridad, franqueza, apoyo y asesoría brindados para permitirme desarrollar este trabajo de investigación y buscar la superación a nivel personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de México y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo para la realización de esta investigación a través de los proyectos “Metodología mixta para la valoración de las prácticas socio ambientales en el uso y manejo de los recursos naturales en comunidades rurales del estado de México (CONACYT 54706) y “Cambios de uso del suelo, Inducidos por Actividades Agropecuarias en Ecosistemas Terrestres Templados y Cálidos del Estado de México: Impactos Locales y Emisiones Globales de Gases de Efecto Invernadero (CONACYT-SEMARNAT 107956).

Al Señor Gilberto y a la Señora Rita por la oportunidad y confianza depositadas en mí permitiéndome trabajar y tener una fuente de ingresos que ayudó a la terminación de mi carrera y a la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis Amigos (as):

Paco, Misael, Javier, Frank, Fernando, Kristhel, Laura, Margarita, Alba, porque sin importar el tiempo sigo contando con su apoyo.

Jhovany, Itzel, Pablo, Rodrigo, Víctor, Paula, Adriana, Abraham, por el apoyo, confianza, sinceridad, diversión, y enseñanzas que me brindan.

Profre. Julio por brindarme el tiempo, ayuda, conocimiento, confianza y sinceridad que me permiten aprender cosas nuevas y aplicarlas a mi desarrollo profesional y personal.

RESUMEN

La investigación caracteriza los usos de suelo del Estado de México, genera cartografía adaptada a los parámetros propuestos por el IPCC para representación de tierras, define con base al cálculo de las tasas de cambio de uso de suelo las categorías con ganancias o pérdidas de superficie y por lo tanto las zonas que capturan o emiten carbono, con ello se generan los escenarios de los flujos de carbono en biomasa seca o total y en suelo, realizando posteriormente el balance entre emisión y captura, para finalmente fortalecido con trabajo de campo proponer estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático en la entidad.

ABSTRACT

The research characterizes land uses state of Mexico, generates mapping adapted to the parameters proposed by the IPCC to land representation, defined based on the calculation of rates of change in land use categories with gains or losses and surface therefore areas that capture or release carbon, this would generate scenarios of carbon flows or total dry biomass and soil and subsequently to the balance between emission and capture, finally strengthened fieldwork propose strategies adaptation and mitigation to climate change in the entity.

INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación con el título de "Caracterización del Uso de Suelo en el Estado de México y su Contribución en los Flujos de Gases Efecto Invernadero" se compone por cuatro capítulos.

En el Capítulo 1 se abordan los antecedentes sobre el uso de suelo y gases efecto invernadero, resaltando casos de estudio representativos de la temática, de igual forma se muestra el Diseño Metodológico de la Investigación, junto con los objetivos, variables e indicadores que permitieron su desarrollo.

En el Capítulo 2 se realiza la comparación de categorías de uso de suelo a diferentes niveles, con el fin de identificar las diferencias y similitudes en caso de haberlas, con la clasificación y las categorías de tierras propuestas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), una vez realizada la comparación se determinó que la clasificación y las categorías establecidas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) es la más adecuada para el presente estudio, ya que tiene la cualidad de ser la más desagregada por tipo de uso del suelo.

En el Capítulo 3 se realizó la caracterización biofísica y socioeconómica del Estado de México a través de fuentes documentales y cartografía de diseño propio. En seguida se expone el análisis espacial del uso de suelo para los años 1976, 1998 y 2009, los productos obtenidos y elaborados a partir del análisis son los mapas de uso del suelo para las fechas referidas con la clasificación del INEGI y los mapas correspondientes para cada fecha con la clasificación y las categorías del IPCC, finalmente se calcularon las tasas de cambio de uso de suelo para el periodo 1998-2009 y con ellas se definieron las pérdidas y ganancias de superficie, como información básica para identificar los sumideros y fuentes de emisión de carbono.

Por último en el Capítulo 4 se elaboran escenarios de los flujos de carbono, posteriormente un balance anual, neto y total de captura y emisión, para concluir con el apartado de trabajo de campo y estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático.

CAPÍTULO 1. “MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA SOBRE USO DE SUELO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO”

En este capítulo primeramente se abordarán los antecedentes sobre uso de suelo y los gases de efecto Invernadero (GEI), resaltando casos de estudio representativos, posteriormente se caracterizan los enfoques de la investigación, haciendo énfasis en el enfoque de las Ciencias Ambientales.

En tercer lugar siendo el eje rector se aborda el diseño metodológico de la Investigación, en el cual se exponen el planteamiento del problema, los objetivos y el diseño de variables e indicadores. En cuarto lugar se muestra la metodología general a seguir y por último se describen cada una de las metodologías específicas a utilizar para el desarrollo de esta investigación.

1.1 Antecedentes sobre uso de suelo y gases de efecto invernadero

En los últimos años se ha incrementado el interés por el aumento de la emisión de los gases de efecto invernadero hacia la atmósfera y el cambio climático. Este último se comprende como el posible aumento en la temperatura superficial del planeta que se produciría como consecuencia de un aumento importante y rápido de las concentraciones de gases de invernadero en la atmósfera (IPCC, 1995). La causa fundamental de este incremento es la emisión de estos gases provocados por las actividades humanas que alteran la composición original de la atmósfera (Ordóñez, 1999). Las acciones internacionales destacan la labor de Naciones Unidas a través de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC).

Una de ellas es la elaboración del primer volumen de *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (IPCC, 2000), el cual fue aceptado en la Plenaria del IPCC celebrada en Montreal en mayo de 2000. Sin embargo esta no abarca la categoría de uso de la tierra, cambio y uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS).

Para subsanar este vacío la Conferencia de las Partes (CP) invitó al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) para elaborar métodos para estimar, medir, vigilar y notificar las variaciones del carbono almacenado y de las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero por las fuentes, debidas a las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3° y en los artículos 6° y 12° del Protocolo de Kyoto. Es así como la categoría UTCUTS

se ha convertido en el término habitual en las negociaciones de la CMCC y se adoptó como título del Informe Especial de 2000 del IPCC sobre este asunto.

En México el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INE, 2006) reporta seis categorías de emisión definidas por el IPCC: 1) Energía, 2) Procesos Industriales, 3) Solventes, 4) Agricultura, 5) USCUS y 6) Desechos. A la fecha de publicación del documento, sólo se tienen estimaciones preliminares de promedios anuales para el periodo de 1993 al 2002 de las emisiones de la categoría Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUS) (INE-SEMARNAT, 2006).

La contribución de las emisiones de los GEI de las diferentes categorías en términos de CO₂ equivalente en 2002, resalta la categoría de energía con el 61% de las emisiones, también es destacable y para fines de este estudio la contribución de las categorías de USCUS con el 14% y la agricultura con el 7%, en conjunto se ubican como la segunda fuente de emisión de GEI en el país con el 21% (Orozco, 2011a).

En este escenario se identifica como causas de las emisiones de GEI hacia la atmósfera, las prácticas de manejo de la tierra y los usos del suelo que dan lugar, particularmente los usos del suelo agrícola y ganadero que afectan grandes áreas ocupadas por los ecosistemas terrestres.

En el país diversas porciones del territorio nacional se han modificado profundamente al utilizarse con fines agropecuarios o para asentamientos humanos. Una de las más recientes estimaciones de la superficie ocupada por diferentes formas de uso del suelo en México, proviene del Inventario Forestal Nacional (IFN, 2000), el que muestra que cerca de la mitad del país ha sido afectado severamente por las actividades humanas. El 29% corresponde a cobertura antrópica, cultivos, pastizales inducidos o cultivados, cuya finalidad es la ganadería, así como asentamientos humanos, otro 18% se refiere a vegetación secundaria, no debe concluirse que el 53% restante ha permanecido inalterado, dentro de ese porcentaje se incluyen pastizales naturales y matorrales xerófilos que son utilizados intensamente para la producción ganadera.

A grandes rasgos, la vegetación natural de México puede dividirse en cuatro categorías. Los bosques y selvas que están dominados por árboles, si bien los primeros generalmente se restringen a las zonas templadas y las segundas a las de clima tropical; en las selvas el número de especies diferentes de árboles es mayor que en los bosques. Los matorrales que se caracterizan porque su cubierta vegetal se compone principalmente de arbustos y son típicos de las zonas áridas y semiáridas, y por último, los pastizales que se distinguen por el predominio de plantas de porte herbáceo (SEMARNAT, 2003).

En este plano el Panel intergubernamental sobre el Cambio Climático (Penman, et.al. 2005), recomienda que para realizar un inventario sobre gases de efecto invernadero, deben considerarse las categorías de tierra siguientes: 1) Tierras forestales, 2) Tierras agrícolas, 3) Praderas, 4) Humedales, 5) Asentamientos y 6) Otras Tierras. La subcategoría de USCUS para México contempla las emisiones de CO₂ generadas por las subcategorías definidas por el IPCC, así como las emisiones de CH₄ y N₂O generadas por cambio de uso de suelo [5B]. Para la estimación de las emisiones de esta categoría se estandarizó la clasificación de vegetación y uso del suelo a nivel histórico en México y se adaptó a las metodologías del IPCC (SEMARNAT, 2002).

1.1.1 Casos de Estudio sobre uso de suelo y gases de efecto invernadero

En este apartado se analizan dos tipos de estudios, los primeros se ocupan del uso del suelo y los cambios asociados, entre cuyos objetivos destacan la conservación de las cubiertas del suelo y el aprovechamiento económico de las tierras. El segundo tipo aborda el estudio de la captura de carbono en distintos ecosistemas terrestres, observándose que pocos se ocupan de la contribución del uso del suelo en la emisión de gases de efecto invernadero.

1.1.1.1 Estudios sobre el Uso y Cambio de Uso del Suelo

El conocimiento de las cubiertas y usos del suelo es un aspecto fundamental para el estudio del paisaje, y tiene como fin la planificación y el ordenamiento del territorio. Es frecuente encontrar confusión entre los conceptos de cubierta del suelo y uso del suelo, aunque algunos autores han dejado muy clara la diferencia entre uno y otro.

Cubierta del suelo se refiere a la naturaleza o forma física de la superficie del terreno, que puede ser identificada visualmente en campo o a través de medios de percepción remota; mientras que uso del suelo expresa el aprovechamiento o los fines económicos de esas cubiertas. La confusión radica en que algunas cubiertas llevan implícito un uso (cultivos/ uso agrícola) aunque no siempre hay una relación directa (bosque/ uso silvícola, conservación o recreación). Las fuentes de información que aportan los mejores resultados en la elaboración cartográfica de estos temas son las fotografías convencionales (escalas medias y grandes) y las imágenes obtenidas por satélites espaciales (para trabajar a diferentes escalas), siempre y cuando se complementen con trabajo de campo (Ramírez, 2001).

Lombo (1998) Describe que el uso del suelo es el punto de partida para la determinación en el espacio y en el tiempo de las áreas para alojar las actividades sociales y económicas. Es decir que el uso del suelo es la asignación funcional y temporal de factores como agricultura, ganadería, industria, urbanización; asignados por el ser humano asociado a su distribución

y su entorno. Por lo tanto un estudio de cobertura y uso del suelo supone analizar y clasificar los diferentes tipos de cobertura y uso asociado, que el hombre practica en una zona o región determinada.

Su importancia radica en que, a escala global, regional y local, destacan cambios en el uso del terreno lo que está transformando la cobertura a un paso acelerado. Tomando en cuenta que el conocimiento de los procesos de cambio son fragmentarios para estimar el pleno impacto en los sistemas naturales y humanos. Resalta la importancia de la relación entre la naturaleza, los usos del suelo y el manejo humano, y enfatiza que para abordar el manejo se deben considerar varios factores, el económico, el sociológico y el ecológico. (ibíd.)

En este orden de ideas, Alfaro, et.al. (2000) analiza por dos métodos, las aptitudes del suelo de Santa María Jajalpa, Estado de México, con la finalidad de identificar por medio de las clasificaciones técnicas y el conocimiento local las condiciones aptas para la agricultura, las cuestiones técnicas se derivaron de la clasificación del INEGI y de la FAO. Franco Mass Sergio et.al. (2006) realizó el análisis espacial del Cambio de Uso del Suelo y Vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000. Los procedimientos utilizados se basaron en el análisis comparativo de la cartografía del INEGI.

García Nieto Hilario, et.al. (2007) realizó la actualización del mapa de uso de suelo en Guanajuato con base en el análisis multicriterio e información obtenida de la digitalización de ortofotos del INEGI lo cual permitió detectar las zonas potencialmente aptas para la explotación agrícola. Eaton González, Ricardo et.al. (2009) analiza el cambio de uso de suelo y vegetación en Ensenada, Baja California, utilizando imágenes de satélite, obtuvo un diagnóstico detallado del área que le permitió determinar los daños causados por el cambio de uso de suelo en el lugar.

Pineda Jaimes Noel Bonfilio, et.al. (2009) realizó el análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. Se analiza el cambio de uso de suelo y su influencia en la cubierta forestal concluyendo que en las áreas más próximas a las zonas agrícolas es donde se da mayor pérdida de estrato arbóreo, el análisis se lleva a cabo de los años 1993 al 2002.

Buol S.W. et.al. (1981) señala que la interpretación de la investigación de suelos incluye la organización y la presentación de conocimientos sobre características, cualidades y conductas de los suelos, tal como se clasifican y subrayan en las cartas.

1.1.1.2 Estudios sobre la Captura de Carbono en distintos ecosistemas

En esta línea destaca el trabajo de Ordóñez (1999), quien realizó el estudio sobre la captura de carbono en un bosque templado en San Juan Nuevo, Michoacán. Este es un ejemplo de análisis sobre captura de carbono que permite generar escenarios futuros y posibles aprovechamientos.

Lapeyre, et.al. (2004) determina las reservas de Carbono de la Biomasa Aérea, en diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en San Martín, Perú, concluyendo que el sistema agrícola captura menos carbono y deja escapar una gran cantidad.

SEMARNAT, et. al. (2004) en el documento estratégico rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, se establecen los lineamientos generales para la generación y uso de inventarios forestales y de suelos. Por su parte Jáuregui Ostos Ernesto (2004) realiza el estudio sobre el impacto del uso del suelo en la ciudad de México. El trabajo muestra un claro ejemplo de las consecuencias del cambio de uso de suelo y sus repercusiones al cambio climático.

Bosque de coníferas (Franco, et. al. 2006) Bosque de pino-encino (Rodríguez, et. al. 2009), bosque- semiárido (Becerril, et.al. 2007), bosque mesófilo de montaña y bosque de encino (Acosta, et. al. 2002), bosques manejados de pino *Patula*, *Hidalgo* (Aguirre-Salado et al, 2009) y la estimación de biomasa arbórea por métodos de percepción remota (Escandón, et.al. 1999). En los trabajos llama la atención el despliegue metodológico, el uso de las tecnologías de información geográfica y la modelación cartográfica y estadística, sin embargo le dan poco espacio a la emisión de GEI ocasionada por el uso del suelo, los cambios de uso del suelo, la deforestación y la degradación del suelo. Destaca el estudio de Estrada-Salvador, Ana Lucia y Nívar José (2009), *analizan los flujos de carbono por deforestación en la selva baja caducifolia del estado de Morelos*, combinan las metodologías para estimar la captura de carbono y modelar la emisión de GEI, para ello utiliza el análisis espacial, mediciones en la biomasa y técnicas estadísticas.

No obstante las aportaciones de ambos tipos de estudio a diferentes escalas, aún está en ciernes la iniciativa de crear un sistema de vigilancia del cambio de uso de la tierra y la inclusión de datos sobre los reservorios de carbono en el inventario nacional forestal (UNFCCC, 2008), (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Aportaciones Metodológicas de los Estudios de Caso

Tema	Caso/Autor/año	Enfoque	Actividades	Factores
Uso de Suelo y Cambio de Uso de Suelo	Eaton-González, Ricardo, et.al. (2009)	Geográfico	Análisis de cambio de uso de suelo y vegetación. Diagnóstico detallado de los daños por cambio de uso de suelo	Utilización de imágenes de satélite
	Pineda Jaimes Noel Bonfilio, et.al. (2009)	Geográfico Matemático- Analítico- Estadístico histórico	Uso de un SIG con técnicas de regresión multivariantes para analizar cambio de uso de suelo	Proceso de deforestación Proximidad de zonas arbóreas a zonas agrícolas
	García Nieto Hilario, et. al. (2007)	Geográfico	Actualización de mapa uso del suelo Detección de zonas potencialmente aptas	Análisis multicriterio Digitalización de ortofotos
	Franco Mass Sergio, et.al. (2006)	Geográfico	Análisis comparativo de diferentes fuentes cartográficas	Uso de suelo y Vegetación Cambio de uso de suelo Fuentes cartográficas
	Ramírez, Isabel, (2001)	Territorial geográfico	y Interpretación cartográfica Trabajo de campo	Información cartográfica Medios de percepción remota Imágenes espaciales satelitales
	Alfaro, et. al. (2000)	Analítico Metodológico	Clasificación técnica y empírica de condiciones aptas para agricultura	Conocimiento Técnico Agrícola Conocimiento Empírico Agrícola
	Lombo Torres Ricardo (1998)	Sistémico Holístico	Descripción de importancia de naturaleza, usos del suelo y manejo humano	Se deben considerar para el manejo los siguientes: Económico, Sociológico, Ecológico
	Buol S.W., et.al. (1981)	Cartográfico Cualitativo	Interpretación y presentación de cualidades y conductas de suelos basados en cartas	Presentación, clasificación y organización de suelos conforme a cartas

			temáticas	
Captura de Carbono en Distintos Ecosistemas	Aguirre-Salado, et. al. (2009)	Geográfico Biológico Metodológico	Estimación de biomasa arbórea, uso de las tecnologías de información geográfica y la modelación cartográfica y estadística	Percepción remota Bosque de pino Patula
	Estrada, et.al. (2009)	Ambiental Metodológico Estadístico	Análisis de flujos de carbono por deforestación en Morelos, estimación de captura de carbono, modelación de emisión de GEI	Análisis Espacial Medición de Biomasa Técnicas Estadísticas
	Rodríguez, et. al. (2009)	Geográfico Biológico Metodológico	Estimación de biomasa arbórea, uso de las tecnologías de información geográfica y la modelación cartográfica y estadística	Percepción remota Bosque de pino-encino
	Becerril, et. al. (2007)	Geográfico Biológico Metodológico	Estimación de biomasa arbórea, uso de las tecnologías de información geográfica y la modelación cartográfica y estadística	Percepción remota Bosque- semiárido
	Franco, et. al. (2006)	Geográfico forestal y	Estimación de biomasa arbórea, uso de las tecnologías de información geográfica y la modelación cartográfica y estadística	Percepción remota Bosque de Coníferas
	Jáuregui Ostos Ernesto (2004)	Ambiental	Estudio de impacto del uso de suelo en la Ciudad de México. Consecuencias de cambio de uso de suelo	Cambio Climático Uso de suelo
	Lapeyre, et. al. (2004)	Químico-Analítico	Análisis de diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú	Reservas de Carbono en Biomasa Aérea

SEMARNAT, <i>et. al.</i> (2004)	Normativo Planificador	Establece lineamientos generales para generación y uso de los inventarios	Inventarios forestales y de suelos
Acosta, <i>et. al.</i> (2002)	Geográfico Biológico Metodológico	Estimación de biomasa arbórea, uso de las tecnologías de información geográfica y la modelación cartográfica y estadística	Percepción remota Bosque mesófilo de montaña y bosque de encino
Escandón, <i>et. al.</i> (1999)	Geográfico Químico Metodológico	Estimación de biomasa arbórea, uso de las tecnologías de información geográfica y la modelación cartográfica y estadística	Percepción remota
Ordóñez Díaz José A. Benjamín (1999)	Analítico Predictivo	Análisis de varios estudios de captura de carbono Análisis de escenarios futuros y posibles aprovechamientos	Captura de Carbono

Fuente: Elaboración con base en los casos de estudio.

El análisis de las aportaciones metodológicas que expresan los estudios de caso consultados, destacan distintos enfoques, entre ellos el enfoque geográfico, territorial, biológico y ambiental, así como el uso de herramientas de percepción remota, elaboración de cartografía, operaciones estadísticas para determinar el potencial de carbono de las comunidades vegetales y analizar el cambio de las coberturas del suelo. En algunos de los trabajos se deja ver el enfoque social e histórico, al evidenciar que el factor de transformación y por ende el responsable de los usos y abusos que se hace de las tierras y los recursos naturales, son los intereses, las necesidades y las prácticas de uso de la tierra por parte de la población.

Es decir que el uso del suelo se puede considerar como las síntesis de las prácticas humanas, por lo tanto no puede ser reducido solo a la identificación espacial de los distintos usos, sino que implica procesos más complejos de interacción entre el medio natural y los habitantes en un lugar y tiempo determinado.

1.2. Enfoques de la investigación

Esta investigación tiene un enfoque interdisciplinario y sintético que permite analizar la problemática del uso de suelo desde el punto de vista de las Ciencias Ambientales y el tratamiento territorial.

1.2.1 Enfoque de las Ciencias Ambientales

Las ciencias ambientales permiten analizar problemáticas complejas a partir de una visión holística y multidisciplinaria. Este conjunto de ciencias, tienen como propósito presentar, analizar, diagnosticar y discutir el planteamiento original de la problemática ambiental de los recursos naturales; a partir de la relación sociedad-naturaleza, considerando los diversos enfoques que exponen diferentes ciencias o áreas del conocimiento.

Las ciencias ambientales proporcionan instrumentos de gestión, propuestas y alternativas factibles para dar solución a los problemas ambientales, logrando una gestión adecuada, por medio de la planeación y ordenamiento de los recursos naturales, para el impulso y el equilibrio de las relaciones del hombre y la naturaleza, a fin de lograr que la sociedad alcance bienestar y calidad de vida. Una temática de importancia dentro de las Ciencias Ambientales son las alteraciones que producen las diferentes modalidades de uso del suelo en su ambiente local y regional, la forma en las que los pobladores utilizan las cubiertas

del suelo han generado alteración e impacto en los ecosistemas, que conllevan a la pérdida de belleza escénica, y también de flora y fauna presente en ellos.

Los cambios o alteraciones que se producen como consecuencia de las actividades humanas en las cubiertas del suelo, también repercuten en la alteración de los intercambios entre los ecosistemas terrestres y la atmósfera, particularmente en los flujos de carbono y otros gases fundamentales en la regulación del clima local, regional y global.

1.2.2 Enfoque Territorial

El enfoque territorial nos permite analizar y diagnosticar las diferentes variables que puede abarcar un territorio específico, es importante realizar estudios desde este enfoque porque con ello podemos representar de manera gráfica y referenciada los fenómenos y acontecimientos que se suscitan en un área específica comprendiendo así y de una mejor forma la problemática de estudio.

Este trabajo retoma este enfoque ya que es necesario aterrizar la investigación en una entidad federativa, para este caso se seleccionó el Estado de México, lo cual tiene como principal finalidad el generar información en cuanto a las categorías que conjuntan las clasificaciones de uso del suelo del IPCC y del INEGI, logrando así un análisis comparativo y datos con referencia espacial sobre la temática de esta investigación.

1.3. Diseño Metodológico de la Investigación

En la siguiente sección se desarrollará en primer lugar el planteamiento del problema en el cual se discutirá sobre la falta de coherencia entre categorías internacionales y categorías locales, en segundo lugar se dará a conocer la justificación del trabajo en la cual se menciona la contribución de la investigación al proyecto general, en tercer lugar se dan a conocer los objetivos de la investigación y por último el diseño de las variables del trabajo.

1.3.1 Planteamiento del Problema

La categoría de Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS) es la segunda fuente de emisión de gases de efecto invernadero en nuestro país, sin embargo se ha avanzado poco en el estudio de los distintos conjuntos de tierras como emisoras y/o receptoras de GEI.

La problemática que nos interesa se relaciona con la falta de coherencia de las categorías y definiciones que se utilizan para clasificar los distintos usos del suelo, lo que introduce sesgos en la comparación de los datos obtenidos de la estimación de la emisión y captura de GEI en escalas regional y local.

Por lo tanto la caracterización de los usos del suelo del Estado de México es un estudio básico que parte del análisis de correspondencia de la clasificación internacional por defecto del IPCC que considera solo el cambio de uso de la tierra y la silvicultura (CUTS) y la clasificación derivada de los acuerdos de Maraqesh y ejecutada por IPCC en la que se incorpora la categoría de *uso de la tierra, cambio y uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)* y las clasificaciones nacionales y estatales de uso del suelo y cubierta vegetal propuestas por instituciones como el INEGI. Las diferencias y similitudes permitirán determinar las categorías de uso del suelo y cubierta vegetal para el Estado de México en escala regional e identificar su contribución en la emisión de gases de efecto invernadero.

1.3.2 Pregunta de Investigación

¿Contribuyen los Usos y las Coberturas del suelo en el flujo de los de gases de efecto invernadero?

1.3.3 Justificación

La investigación forma parte de dos proyectos generales, el primero lleva por título, "Metodología mixta para la valoración de las prácticas socio ambientales en el uso y manejo de los recursos naturales en comunidades rurales del estado de México (CONACYT) y el segundo "Cambios de uso del suelo, Inducidos por Actividades Agropecuarias en Ecosistemas Terrestres Templados y Cálidos del Estado de México: Impactos Locales y Emisiones Globales de Gases de Efecto Invernadero (CONACYT-SEMARNAT)".

Acorde con los proyectos referidos se identifica la importancia que ha adquirido el estudio de la contribución de los usos del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura en los flujos de GEI y los esfuerzos que se han realizado en diversos países entre ellos México para homologar las clasificaciones que permitan la comparación de los inventarios de GEI producidos por distintos tipos de tierras, así como la ausencia de aproximaciones estatales y locales en este campo, aspectos que sostienen el interés de esta investigación para caracterizar los usos del suelo y su contribución en la emisión de gases de efecto invernadero en los diferentes ecosistemas del Estado de México.

La investigación aportará al proyecto general, la caracterización y comparación de las categorías de uso del suelo y cubierta vegetal, aplicadas en el Estado de México y la propuesta por el IPCC, estimaciones de área en la contribución de los distintos tipos de uso del suelo en la emisión de gases de efecto invernadero y la aplicación de metodologías mixta para diseñar las estrategias generales de adaptación y mitigación socioeconómica, fortalecidos con el trabajo de campo realizado en los diferentes usos y coberturas del suelo dentro de la entidad.

1.3.4 Objetivos

Objetivo General

Caracterizar el uso del suelo en el Estado de México y su contribución en los flujos de gases de efecto invernadero, como base para el diseño de estrategias de adaptación y mitigación socioeconómica en ambientes templados y cálidos.

Objetivos Específicos

- Definir las bases conceptuales y empíricas del tema de investigación a través del análisis de las fuentes documentales.
- Analizar la correspondencia de las clasificaciones de uso del suelo emitidas por instancias federales y estatales, y la clasificación por defecto del IPCC.
- Caracterizar los usos del suelo en el Estado de México a partir de las categorías esenciales de uso de la tierra propuestas por el IPCC.
- Identificar a través de métodos indirectos la contribución de las distintas categorías de uso del suelo en los flujos de gases efecto invernadero en el Estado de México.
- Identificar las fuentes de emisión y sumideros de gases de efecto invernadero en el área de estudio.
- Diseñar estrategias de adaptación y mitigación socioeconómica con base en trabajo de campo en ambientes templados y cálidos del Estado de México.

1.3.5 Diseño operacional de las variables e indicadores

Los límites de la investigación están definidos por el diseño operacional de las variables e indicadores, el cual se obtuvo del planteamiento del problema y la pregunta de investigación. La variable dependiente (VD) es el uso del suelo, y la variable independiente (VI) o causa son: el aprovechamiento de las cubiertas del suelo, con fines agrícolas, silvopastoril, forestal y otros usos (Ver Tabla 2).

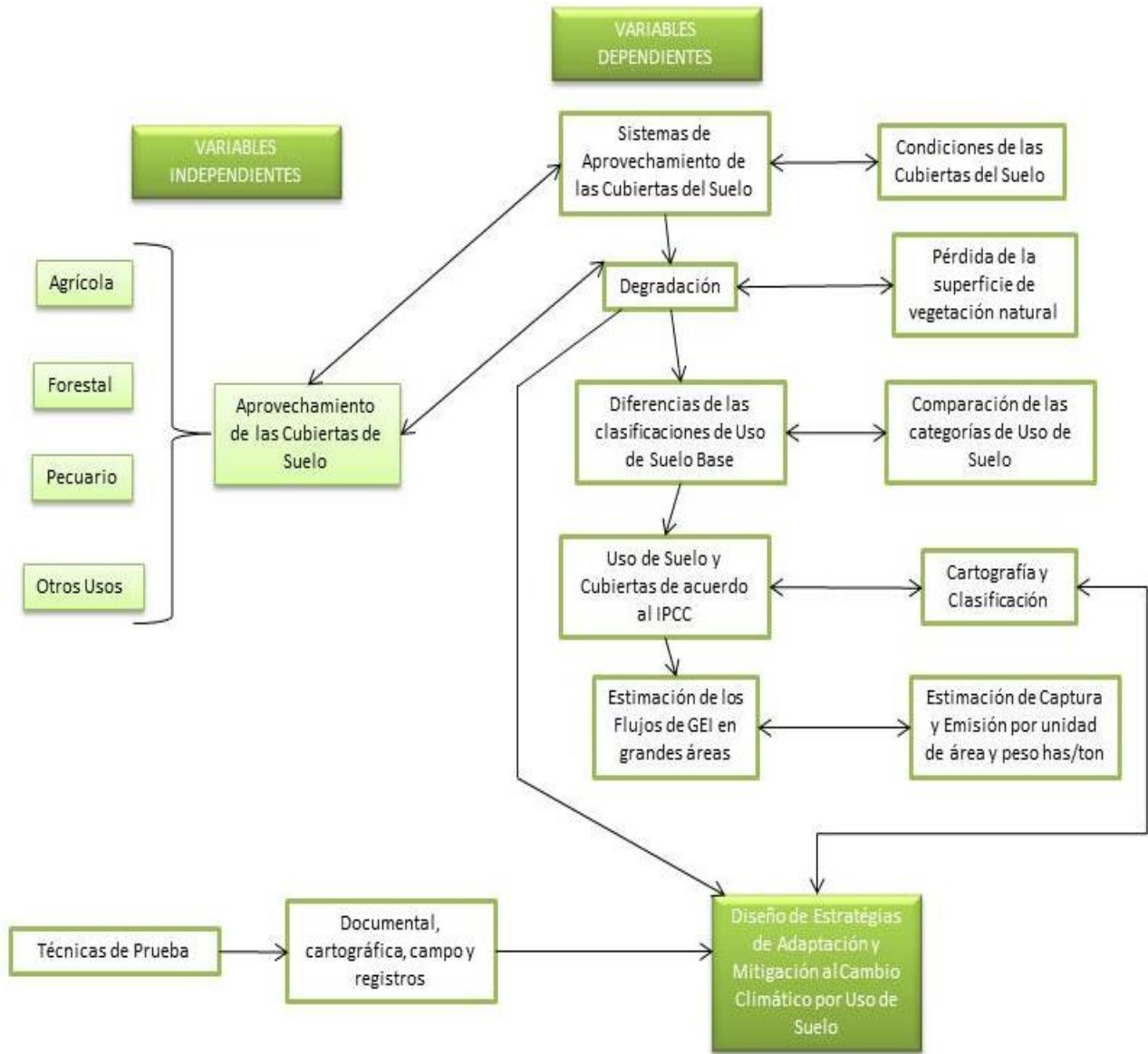
Tabla 2. Diseño operacional de variables e indicadores

	Universo de estudio	Unidades de análisis
	Estado de México	Categorías de Usos del Suelo
Variables	Usos del suelo (VD) problema sujeto de estudio	Aprovechamiento de las cubiertas del suelo: Agrícola, forestal, pecuario y otros usos. (VI) . Factores explicativos
Referentes empíricos	Variables	Indicadores
	Sistemas de aprovechamiento de las cubiertas del suelo.	Condiciones de las cubiertas del suelo.
	Degradación	Pérdida de la superficie de vegetación natural
	Diferencias de las clasificaciones de uso del suelo base.	Comparación de las categorías de uso del suelo y cubiertas del suelo a nivel nacional y estatal.
	Uso del suelo y cubiertas de acuerdo al IPCC	Cartografía y clasificación
	Estimación de los flujos de GEI en grandes áreas y categorías de uso del suelo	Estimación de las captura y emisión por unidad de área y peso Has/ton
Técnicas de prueba	Documental, cartográfica, campo y registros	Valores de captura y emisión por defecto

Fuente: Elaboración propia.

El universo de estudio está conformado por el Estado de México, el cual se constituye en una unidad espacial definida administrativamente y tiene autonomía y jurisdicción en su territorio. Para fines de este estudio su configuración interna estará definida por los usos del suelo y las cubiertas del suelo, misma que se consideran como las unidades de observación de este trabajo (Ver Figura 1).

Figura 1. Modelo conceptual del problema de investigación

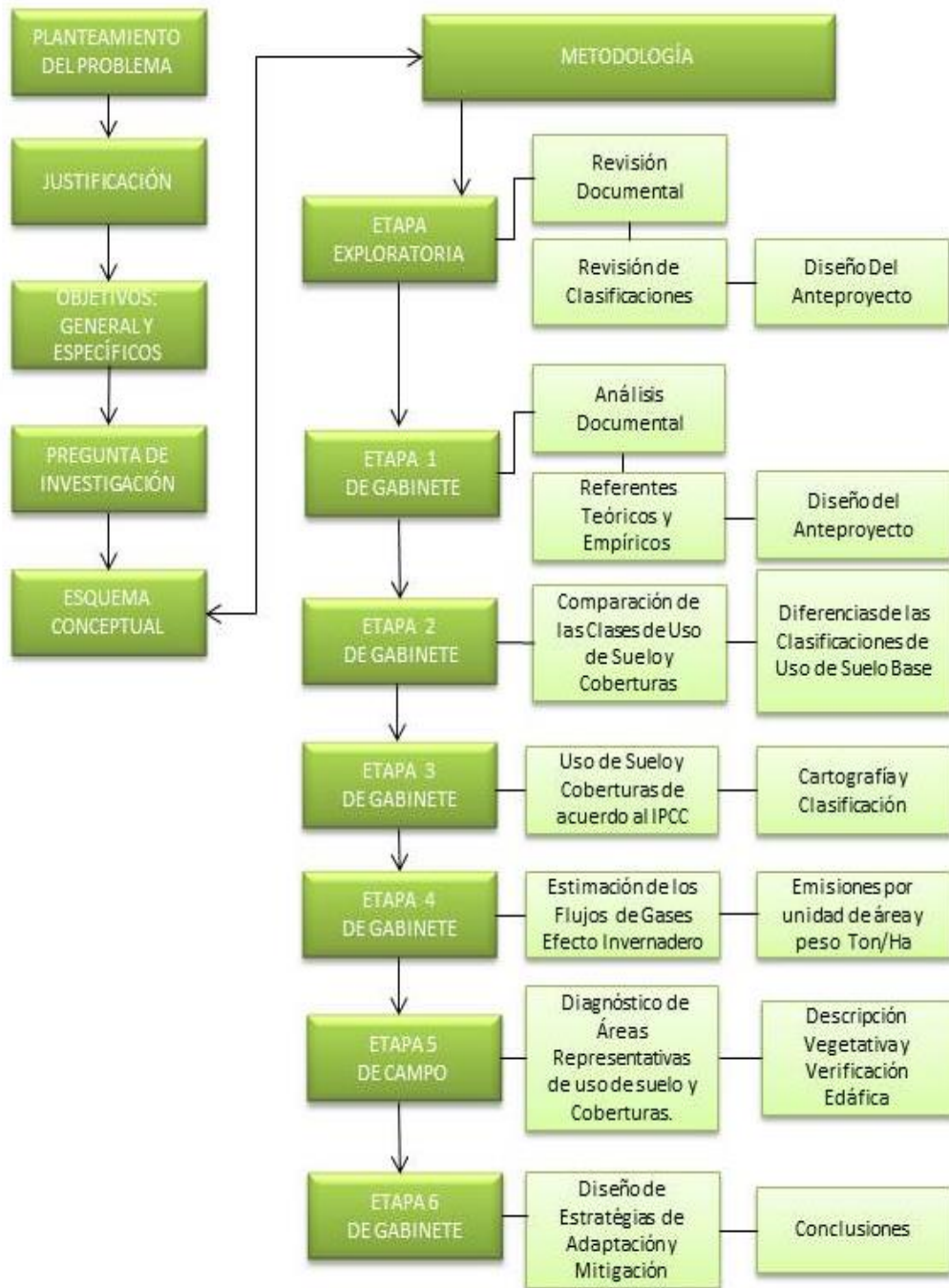


Fuente: Elaboración propia.

1.4 Metodología general sobre uso de suelo y gases de efecto invernadero

En este apartado se describe la metodología general que se siguió en esta investigación, la cual se desarrolla por etapas. Esta investigación tiene un diseño de lo general a lo particular y los objetivos específicos se desarrollaron en diferentes etapas y actividades que conllevaron a su realización (ver figura 2)

Figura 2. Metodología General del Problema de Investigación



Fuente: Elaboración propia.

Etapa 1 “Marco Referencial”

Se consultaron libros y diferentes fuentes acerca del tema de investigación con el objetivo de recabar información relacionada con la emisión de gases efecto invernadero y la clasificación de uso de suelo y vegetación a nivel internacional, nacional y estatal. Los productos son: El protocolo de la investigación, el marco de referencia y la metodología.

Etapa 2. “Análisis de correspondencia de las clasificaciones de uso del suelo”

Se realizó el análisis de la clasificación por defecto del IPCC que considera la categoría de *uso de la tierra, cambio y uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)* y las clasificaciones aplicadas al Estado de México de uso del suelo y cobertura vegetal propuestas por instituciones federales y estatales.

De igual forma se establecerán diferencias y similitudes, y se determinarán las categorías de uso del suelo y cobertura vegetal para el Estado de México a escala regional, así como se elaborará e interpretará la cartografía sobre el uso del suelo y cobertura vegetal para el Estado de México a escala 1: 950,000.

Etapa 3. “Caracterización de los usos del suelo en el Estado de México a partir de las categorías esenciales de uso de la tierra propuestas por el IPCC”.

Se describieron los atributos y condiciones del Estado de México, resaltando las características naturales, sociales y económicas, todo estará plasmado en cartografía temática, poniendo énfasis en los datos resultantes de la cartografía de uso de suelo adaptada a las categorías de uso de la tierra del IPCC.

Etapa 4 “Estimación de los flujos de GEI”

Se obtuvo a través del análisis de cambio de uso de suelo y métodos indirectos la contribución de las distintas categorías de uso del suelo en los flujos de gases efecto invernadero en el Estado de México. A partir del análisis de la cartografía resultante se identificaron las fuentes de emisión y sumideros de GEI y se identificarán los puntos representativos de muestreo en el Estado de México.

Etapa 5 “Diagnóstico en Campo”

Se realizó el análisis de ocho áreas representativas de los diferentes usos de suelo y coberturas de suelo dentro del Estado de México, por medio de la descripción vegetativa y verificación edáfica, con el objetivo de diagnosticar las mismas, y obtener información para la generación de estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático en la entidad.

Etapas 6 “Estrategias de adaptación y mitigación”

Con los resultados obtenidos en las etapas previas se realizará el diagnóstico de los diferentes usos de suelo y se diseñaron las estrategias de adaptación y mitigación socioeconómica. También se realizará la discusión de resultados y las conclusiones, las cuales aportarán los elementos básicos de adaptación y mitigación socioeconómica ante el cambio climático en la entidad.

1.5 Metodología específica sobre uso de suelo y gases de efecto invernadero

A continuación se describen las metodologías específicas que se utilizaron en la investigación, por cada una de ellas, si es el caso, se mencionan los materiales que se requirieron para realizarlas. Dichas metodologías son:

- 1) Metodología para la Representación de Áreas de Tierra según el IPCC
- 2) Metodología para el Manejo de Información en ArcGIS
- 3) Metodología de Estimación de Carbono en Biomasa Seca
- 4) Metodología de Estimación de Carbono en Suelo.
- 5) Metodología de Trabajo de Campo
 - a. Metodología para la Descripción Vegetativa
 - b. Metodología para la Verificación Edáfica

- **Metodología para la representación de áreas de tierra según el IPCC**

La metodología para identificar la contribución de los distintos tipos de uso del suelo del Estado de México en los flujos de gases de efecto invernadero (GEI). Se basa en las directrices de la “Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio y uso de la tierra y silvicultura (OBP-UTCUTS)”, las cuales proporcionan orientación para estimar los cambios, las reservas de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero, en virtud de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 y de los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto (Penman, et al, 2005).

Las directrices recomiendan que para estimar el carbono almacenado y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero asociadas con las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) se necesita información sobre el área de tierra, cuya representación depende de los datos disponibles y se requiere evitar superposiciones y disparidades en las estimaciones de área. Para representar las áreas los procedimientos deben ser *adecuados*, es decir, que representen las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero y las relaciones entre ellas y el uso de la tierra.

Para efectos de la presente investigación y ante la ausencia de factores de emisión específicos¹ de GEI en áreas, en el análisis se utilizarán datos de actividad a escala espacial gruesa, estimaciones de tasas de deforestación, estadísticas de producción agrícola, o mapas de la cubierta terrestre disponibles a nivel nacional y estatal. Se considerará la dependencia de los sistemas de uso de la tierra del clima y las prácticas de gestión, con la finalidad de identificar la variabilidad de las emisiones² en distintas categorías de uso de la tierra.

Para cada categoría de uso de la tierra se evalúa, cuáles de sus subcategorías son significativas; en términos de elección metodológica para la estimación de emisiones y absorciones de gases³. La cantidad de carbono almacenada en tierras agrícolas permanentes y emitida o absorbida de éstas dependerá del tipo de cultivo, de las prácticas de gestión y de las variables del suelo y del clima, mientras que la conversión en tierras agrícolas de tierras destinadas a otros usos puede afectar de diversas maneras a las reservas de carbono y a otros gases de efecto invernadero⁴.

Las directrices de buenas prácticas establecidas por el IPCC explican tres procedimientos para representar áreas de tierra utilizando las categorías generales definidas en la sección anterior, sin embargo, para los fines y la escala de este estudio, solo nos centraremos en el procedimiento 1.

¹Tomando en cuenta que, las actividades de UTCUTS afectan a grandes superficies geográficas.– además de la compleja naturaleza de los procesos biológicos que en ellas tienen lugar–, no resulta práctico basar la preparación de inventarios nacionales únicamente en las mediciones directas de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Por consiguiente, los inventarios se basan en datos obtenidos mediante muestreo en mediciones de campo y estudios de la tierra.

²Las unidades de las emisiones/absorciones de CO₂ y de las emisiones de gases distintos del CO₂ se notifican en gigagramos (Gg). Para convertir toneladas de C en Gg de CO₂, se multiplicará el valor inicial por 44/12 y por 10⁻³. Para convertir kg de N₂O-N en Gg de N₂O, se multiplicará el valor por 44/28 y por 10⁻⁶.

³Se sugiere la posibilidad de escalar los valores experimentales de fuentes de emisión a grandes extensiones (Penman et.al. , 2005: 3.65).

⁴La conversión en tierras agrícolas de tierras forestales, praderas y humedales suele producir una pérdida neta de carbono de la biomasa y de los suelos hacia la atmósfera. Sin embargo, las tierras agrícolas establecidas en áreas anteriormente de vegetación escasa o muy perturbadas (por ejemplo, dedicadas a la minería) pueden arrojar una ganancia neta tanto del carbono de la biomasa como del suelo. Cuando en una tierra agrícola perenne se vuelven a plantar cultivos idénticos o diferentes, las tierras seguirán siendo de cultivo; por consiguiente, la variación de las reservas de carbono debería estimarse utilizando métodos aplicables a las tierras agrícolas que lo siguen siendo.

Procedimiento 1

Se identifica la superficie total de cada categoría de uso de la tierra, pero no se proporciona en él información detallada sobre variaciones de superficie entre categorías y se limita únicamente al nivel nacional o regional. Este procedimiento es el más común de los utilizados actualmente para preparar estimaciones de emisiones y absorciones. En él se utilizan conjuntos de datos probablemente preparados para otros fines, como estadísticas sobre silvicultura o agricultura. Con frecuencia se combinarán varios conjuntos de datos para abarcar todas las clasificaciones de la tierra. La falta de un sistema de datos unificado puede conducir al doble cómputo o a la omisión, pues los organismos que intervienen pueden utilizar definiciones distintas del uso de la tierra específico para reunir sus bases de datos. En la Orientación se sugiere la manera de abordar este aspecto. La cobertura ha de ser, evidentemente, suficientemente completa para incluir todas las áreas de tierra afectadas por las actividades que figuran en el Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC*.

Para aplicar el procedimiento es una *buena práctica* armonizar definiciones entre las bases de datos independientes existentes y también con las categorías generales de uso de la tierra con el fin de minimizar lagunas y superposiciones. Con el fin de armonizar los datos, la superficie forestal sólo debe contarse una vez con fines de inventarios de gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta las definiciones de bosque adoptadas nacionalmente. La armonización de las definiciones no significa que los organismos deban abandonar las definiciones que les son útiles. Es coherente con la *buena práctica* establecer la relación entre definiciones utilizadas con objeto de eliminar el doble cómputo y las omisiones.

En la metodología del nivel 1 se pueden utilizar datos de actividad a escala espacial gruesa, por ejemplo, estimaciones de tasas de deforestación, estadísticas de producción agrícola, o mapas de la cubierta terrestre disponibles a nivel nacional y estatal.

La metodología, está fundamentada en dos ideas vinculadas: 1) se presupone que el flujo de CO₂ hacia la atmósfera o desde ella es igual a la variación de las reservas de carbono en la biomasa y el suelo existentes, y 2) es posible estimar la variación de las reservas de carbono estableciendo en primer lugar las tasas de cambio de uso de la tierra y la práctica utilizada para llevar a efecto ese cambio (por ejemplo, quema, corta, tala selectiva, etc.). En segundo lugar, se utilizan supuestos o datos simples sobre su efecto en las reservas de carbono y la respuesta biológica a un uso de la tierra dado. El método puede generalizarse y aplicarse a todos los depósitos de carbono convenientemente subdivididos para reflejar las diferencias entre ecosistemas, zonas climáticas y prácticas de gestión.

La línea metodológica orienta sobre la estimación de la variación de las reservas de carbono, basándose en las tasas de pérdida y de ganancia de carbono por superficie de uso (En las aproximaciones de primer orden, los "datos de actividad" están expresados en términos de superficie de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra) y examina varias fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero distintos de CO₂ procedentes del uso de la tierra (quemadas de sabanas y de residuos agrícolas, emisiones directas e indirectas de N₂O provenientes de suelos agrícolas, y las emisiones de (N₂O y CH₄) procedentes de incendios forestales, N₂O procedente de bosques gestionados (fertilizados), del drenaje de suelos forestales, N₂O y CH₄ procedentes de humedales gestionados y emisiones de N₂O del suelo tras una conversión de uso de la tierra.

Materiales:

Cartografía analógica escala 1: 250,000, información vectorial y temática sobre usos del suelo y cobertura vegetal, información estadística de los censos agrícolas y de población. Guías de interpretación cartográfica.

- **Metodología para el Manejo de Información en ArcGIS**

ArcGIS es una herramienta que permite el manejo de datos geospaciales (geográficos), la manipulación de bases de datos y representación gráfica de los mismos. Permite capturar, visualizar, buscar, editar, modelar, analizar e imprimir datos virtuales y mapas referentes al territorio.

La información espacial utilizada en esta investigación fue trabajada en este sistema, a continuación se menciona sintéticamente el procedimiento realizado:

- 1) Primero se crea una carpeta en C para almacenar la información base y el proyecto final del mapa
- 2) En ArcGIS se agrega la información base, se georeferencia y se trabajan sus bases de datos.
- 3) Finalmente se diseña el mapa final en la pestaña de layout, se exporta al formato deseado y se guarda el proyecto.

- **Metodología de Estimación de Carbono en Biomasa Seca**

El método que se utiliza para estimar la cantidad de CO₂ fijado por la vegetación y su potencial de almacenamiento, requiere de datos existentes de biomasa por hectárea (B) son multiplicados por un factor (F), que involucra el contenido de C (CC en proporción) en la biomasa seca y la relación entre el peso de la molécula de CO₂ (44) y el peso del átomo del C (12) (Brown *et al*, 1986).

$$\text{CO}_2 = B * F \quad \text{Donde} \quad F = \text{CC} * 44 / 12$$

Una variante sencilla de este método fue aplicada por Ben De Jong y colaboradores (2010) para estimar la emisión de GEI producida por la conversión de la superficie forestal a otros usos. En su trabajo plantea la conversión de una superficie determinada de selva a pastizal.

- **Metodología de Estimación de Carbono en Suelo.**

El IPCC genera valores de toneladas de carbono por hectárea capturadas, (Penman *et.al.*, 2005), haciendo la distinción entre suelos de diferentes regiones, agrupándolas por climas, para el caso de este estudio se retomarán los valores para la región Templada Cálida, seca, que es en la que se encuentra el Estado de México.

Para estimar la cantidad de CO en suelos con determinado uso se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{CO}_{\text{en suelo}} = (\text{ton de CO} * \text{ha a una profundidad de 0-30 cm (Valor de Referencia del IPCC)}) * (\text{superficie en ha de suelo con determinado uso})$$

- **Metodología de Trabajo de Campo**

El Trabajo de campo tiene el objetivo de diagnosticar áreas representativas de cada uso de suelo dentro del estado de México para generar estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático.

La metodología utilizada se generó a partir del Manual y Procedimientos para el Muestreo en Campo Re-muestreo del Inventario Nacional Forestal realizado por la SEMARNAT, 2010. Es importante mencionar que de esta metodología solo se retomaron los aspectos que permitieran obtener información y resultados representativos para esta investigación.

Se divide en dos: metodología para la descripción vegetativa y metodología para la verificación edáfica. A continuación se describirá cada una de ellas.

- **Metodología para la Descripción Vegetativa**

Se delimitará un área de 400m² con un hilo o cinta registrando las coordenadas de sus cuatro extremos con GPS, posteriormente se procederá al llenado de la tabla correspondiente (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Registro para vegetación

Fecha:	
Ubicación*:	
Uso de suelo:	
Coordenadas y Altitud(4)	
Paisaje:	
Influencia humana:	alta media baja
Aprovechamiento:	
Cobertura	
Nombre común (es):	
Especie(s):	
No de individuos:	
Altura promedio:	
Diámetro promedio:	
Impactos ambientales**:	

Fuente: Elaborado con base en INEGI, 2010.

*Se deberá tomar fotografía al GPS, y al paisaje.

**Se considera impacto ambiental a: Incendios, Huracanes, Inundaciones, Apertura de caminos, Aprovechamientos forestales, Cambio de uso del suelo, Pastoreo, Plagas y enfermedades, Líneas eléctricas, Actividades mineras y Asentamientos humanos.

Los datos obtenidos del llenado de la tabla de Registro de Vegetación permitirán obtener Datos Generales que son: Fecha del Registro, Ubicación, Uso de Suelo al que esta sometida la vegetación observada, Coordenadas y Altitud de los extremos del cuadrante de 400 m², Paisaje observado, Grado de Influencia Humana, Aprovechamiento al que está sometida la vegetación; y Datos Específicos sobre la Cobertura que son: Nombre común, Especie, Número de Individuos, Altura Promedio, Diámetro Promedio e Impactos Ambientales. De igual forma se deberá tomar fotografía al GPS y al Paisaje.

Materiales:

GPS, cámara fotográfica, cinta métrica, carrete de hilo o cinta de 400 metros o mayor, bolsas de plástico, lapicero o lápiz, y formato de registro para vegetación.

- **Metodología para la Verificación Edáfica**

En la parte central del área delimitada se abrirá un perfil para la verificación de la unidad edáfica sobre la cual se está desarrollando la vegetación anteriormente analizada, posteriormente se procederá al llenado de la tabla correspondiente (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Registro para suelo

Ficha técnica						
Fecha:						
Ubicación*:						
Coordenadas y altitud						
Paisaje:						
Uso de suelo:						
Pendiente:						
Material parental:						
Influencia humana:				alta	media	baja
Descripción por horizontes						
Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	pH	Alófanos	Color en seco	Color en mojado

Fuente: Elaborado con base en INEGI, 2010.

*Se deberá tomar fotografía al GPS, y al paisaje.

Los datos obtenidos del llenado de la tabla de Registro de Suelo permitirán obtener Datos Generales (Ficha Técnica) que son: Fecha del Registro, Ubicación, Coordenadas y Altitud del perfil, Paisaje observado, Uso de Suelo al que esta sometida la unidad edáfica, Pendiente del Terreno, Material Parental, y Grado de Influencia Humana; y Datos Específicos sobre el perfil (Descripción de Horizontes) que son: Horizonte, Profundidad del Horizonte, Textura al Tacto, pH, Alófanos, Color en Seco y Color en Mojado. De igual forma se deberá tomar fotografía al GPS y al Paisaje.

Materiales:

GPS, cámara fotográfica, barrena, kit de análisis de suelo que contiene: cinta métrica, botella de agua destilada, botella de agua corriente, Tablas Munsell, Barras medidoras de pH, Frasco Gotero con Fenolftaleína, Frasco Gotero con Fluoruro de Sodio, navaja o cuchillo, bolsas o rollo de plástico de 2 metros de largo o mayor, cinta adhesiva, lapicero o lápiz, plumón de agua o aceite, bolsas de plástico, hojas blancas y formato de registro para suelo.

Después de obtener los datos en campo se generan las estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático.

CAPÍTULO 2. “CORRESPONDENCIA DE LAS CLASIFICACIONES DE USO DEL SUELO”

En el siguiente capítulo primeramente se abordarán los antecedentes para la comprensión de las clasificaciones de uso de suelo y tierra, en segundo lugar se describirán algunas clasificaciones internacionales y nacionales, dentro de esta descripción se mostrará la clasificación del IPCC y la FAO ambas como representantes internacionales, de igual forma a nivel nacional se muestra la clasificación del INEGI, en tercer lugar se realizará la comparación de categorías de Uso de Suelo y Vegetación propuesta por diferentes instituciones nacionales y estatales con el fin de definir que institución presenta las categorías más completas que permitan realizar el análisis comparativo de Uso de Suelo y Vegetación con la clasificación de Tierras del IPCC, definiendo como institución más apta al INEGI, realizando finalmente dicha comparación y correspondencia de categorías entre ambas instituciones.

2.1 ¿Qué son las clasificaciones de uso de suelo y tierra?

Las clasificaciones son sistemas de organización de información que dotan de un lenguaje formal que permite identificar similitudes o diferencias entre distintas categorías temáticas, por ello es de interés del presente trabajo analizar las clasificaciones de uso del suelo y coberturas del suelo ubicadas en el contexto de los fines y objetivos de instituciones internacionales y nacionales.

En las clasificaciones inciden cuatro variables: el lugar que ocupa la clasificación en el ámbito de los sistemas de organización del conocimiento; el contexto informativo en que se aplica la clasificación, las finalidades que persigue la clasificación; y el modelo estructural con que se interrelacionan los elementos que la componen.

Para definir los parámetros de una clasificación es importante primero saber de lo que estamos hablando, lo cual se logra por una investigación documental, esto nos permitirá definir las bases del tema y comprender mejor su funcionalidad.

La primera definición que debemos tener presente es la de suelo. Suelo es un cuerpo natural de material no-consolidado que se forma en la superficie terrestre por procesos pedogenéticos, el cual también es la capa superior de la corteza terrestre que puede soportar el desarrollo del sistema radicular de las plantas, siendo una capa que puede ser alterada por la acción física, química o biológica. (Rossister, 2004)

La segunda definición es la de tierra. Tierra es un área de la superficie terrestre, donde las características que abarca son razonablemente estables o predeciblemente cíclicas. Los atributos que corresponde a la biosfera verticalmente arriba y debajo de esta área, incluyen: la atmósfera, el suelo, la geología y geofomas asociadas, la hidrología, la flora, la fauna y las poblaciones microbiológicas y los resultados de la actividad humana pasada y presente, al extremo que estos atributos ejercen una influencia significativa en usos presentes y futuros de la tierra por la humanidad. (ibíd.)

El análisis de ambos conceptos sugiere lo siguiente:

- 1) El suelo está sujeto a distintas productividades dependiendo del manejo que se lleve de la tierra a la que pertenezca.
- 2) El suelo es un gran sistema que está conformado por agua, aire, materia orgánica y microorganismos los cuales cumplen en conjunto una función que le permite tener características específicas que lo llevan a ser un medio complejo y sofisticado.
- 3) La tierra se compone implícitamente por el suelo el cual le permite tener un potencial de aprovechamiento que pueden o no cubrir con exactitud las características de uso al que están destinados por el hombre.
- 4) La tierra es la utilización que se le da a un suelo o a un grupo de suelos manejados por el hombre modificando sus condiciones primarias de acuerdo a la función que se le haya determinado cumplir.

En este trabajo se utilizará el concepto de uso del suelo, referido al manejo que se le da a diferentes tipos de tierras, para posteriormente reclasificarlos siguiendo el sistema que más se acople al objetivo de la investigación.

2.2 Clasificaciones de uso de suelo en los ámbitos internacional, nacional y estatal

2.2.1 Sistema de clasificación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático refiere seis categorías generales de clasificación de tierras, nombradas también “Categorías esenciales para el uso de la tierra y silvicultura (UTS)” estas son las categorías superiores para representar áreas de tierra en un país o entidad, y son coherentes con las *Directrices del IPCC* y los requisitos de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, y se pueden subdividir.

Las categorías son suficientemente generales para clasificar todas las áreas de tierra en la mayoría y conciliar diferencias en los sistemas de clasificación nacionales. Se reconoce que las denominaciones de estas categorías de tierras son una combinación de clases de cubierta forestal (p. ej., tierras forestales, praderas, humedales) y uso de la tierra (p. ej., tierras agrícolas, asentamientos).

A fines prácticos, se hace referencia a ellas como categorías de uso de la tierra, estas categorías particulares se han elegido porque son razonablemente coherentes con las *Directrices del IPCC*; sólidas como base para la estimación del carbono; razonablemente cartografiables por métodos de teledetección; y completas en el sentido de que todas las áreas de tierra se deben representar en una u otra categoría.

Las principales categorías de tierra para informar sobre los inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) que maneja el IPCC son:

- 1) **Tierras forestales:** Esta categoría comprende toda la tierra con vegetación leñosa coherente con umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de GEI subdivididas a nivel nacional y cultivadas, y no cultivadas, y también por tipo de ecosistema, según se especifica en las *Directrices del IPCC*. También comprende sistemas con vegetación actualmente inferior al umbral de la categoría de tierras forestales, pero que se espera que lo rebase.
- 2) **Tierras agrícolas:** Esta categoría comprende tierras de cultivo y labranza, y sistemas agroforestales donde la vegetación no llega al umbral utilizado para la categoría de tierra forestal, con arreglo a la selección de definiciones nacionales.

- 3) **Praderas:** Esta categoría comprende los pastizales y la tierra de pastoreo que no se considera tierra agrícola. También comprende sistemas con vegetación inferior al umbral utilizado en la categoría de tierras forestales y no se espera que rebase, sin intervención humana, los umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. Esta categoría comprende asimismo todas las praderas, desde las tierras incultas hasta las zonas recreativas, así como los sistemas agrícolas y de silvopastoreo, subdivididos en gestionados y no gestionados, de acuerdo con las definiciones nacionales.
- 4) **Humedales:** Esta categoría comprende la tierra cubierta o saturada por agua durante la totalidad o parte del año (p. ej., turbera) que no entra en las categorías de tierras forestales, tierras agrícolas, pastizales o asentamientos. Esta categoría puede subdividirse en gestionados y no gestionados, según las definiciones nacionales. Comprende embalses como subdivisión gestionada y ríos y lagos naturales como subdivisiones no gestionadas.
- 5) **Asentamientos:** Esta categoría comprende toda la tierra desarrollada, con inclusión de la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de todo tamaño, a menos que estén ya incluidos en otras categorías. Esto debe ser coherente con la selección de definiciones nacionales.
- 6) **Otras tierras:** Esta categoría comprende suelo desnudo, roca, hielo y todas las áreas de tierra no gestionadas que no entran en ninguna de las otras cinco categorías.

Cuando se dispone de datos, permite equiparar el total de las áreas de tierra identificadas con el área nacional. Al aplicar estas categorías, los organismos encargados de los inventarios deben clasificar la tierra en una sola categoría para impedir el doble cómputo. Si el sistema de clasificación de tierras de un país no corresponde a las categorías 1) a 6) descritas anteriormente, es una *buena práctica* combinar o separar las clases de tierra existentes de este sistema de clasificación de uso de la tierra con el fin de utilizar las categorías aquí expuestas, e informar sobre el procedimiento adoptado.

También es una *buena práctica* especificar las definiciones nacionales de todas las categorías utilizadas en el inventario e informar de cualesquiera valores umbral o de parámetros utilizados en las definiciones. Cuando se modifican o elaboran por primera vez sistemas nacionales de clasificación de la tierra es una *buena práctica* asegurar su compatibilidad con las clases de uso de la tierra 1) a 6). Las categorías generales enumeradas anteriormente ofrecen el marco para una nueva subdivisión por actividad, régimen de gestión, zona climática y tipo de ecosistema, según sea necesario para atender las necesidades de los métodos de evaluación de las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. (Penman et.al. 2005)

2.2.2 Sistema de clasificación Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO)

De acuerdo con Debelis (2003), el sistema de clasificación FAO se basa en el esquema de evaluación de tierras realizado por la misma organización. El cual orienta sobre los principios, conceptos, la estructura y los procedimientos que deben guiar la creación y aplicación de sistemas de evaluación de tierras, orientado a usos específicos.

Puede utilizarse a diferentes escalas, y a una amplia gama de usos de la tierra. Es un sistema abierto, hace falta desarrollarlo en cada caso. No establece jerarquías entre los distintos usos y se basa en aptitudes y no en limitaciones.

Presenta la siguiente estructura: Orden, clase, subclase y unidad de aptitud de tierras. El orden de aptitud expresa si una unidad es apta o no para un uso determinado. Las clases hacen referencia a los grados de adaptabilidad; para el orden apta, existen las clases Altamente apta (A1), Moderadamente apta (A2) y marginalmente apta (A3); el no apta, consta de las clases No apta actualmente (N1) y No apta permanentemente (N2). Las subclases indican el tipo de limitación presente, y se muestran con una letra a continuación de la subclase (A2m); las unidades de aptitud expresan variaciones de la subclase debido a su producción o por exigencias de manejo y se expresan con un número arábigo precedido de un guión (A2m-1, A2m-2).

La evaluación de la tierra puede hacerse desde el punto de vista físico, económico y social. Valora la aptitud de las tierras para usos específicos alternativos ecológicamente sostenibles y económicamente viables. El resultado surge de la confrontación de las características de la tierra, expresadas como cualidades, con las exigencias de los tipos de utilización, que puede ser cultivos diversos, pasturas, pastizal, uso forestal, etc., y como requerimientos de los tipos de utilización.

2.2.3. Sistema de Clasificación del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)

La base de las cartas de uso del suelo que han sido construidas por instancias federales y estatales para el Estado de México y otras entidades de la República Mexicana se refieren a la clasificación de uso del suelo y vegetación, generada por el INEGI. Dicha clasificación considera la localización y extensión de los diferentes tipos de vegetación, agricultura, erosión y símbolos que representan actividades de uso pecuario y forestal, códigos de cultivos y diversas especies vegetales (INEGI, 1997, INEGI, 1994).

La clasificación también involucra información de campo acerca de las prácticas agrícolas y cultivos, así como estructura, composición, uso y dinámica de la vegetación. Los tipos de vegetación se agrupan por formaciones vegetales para formar entidades geométricas: puntos o áreas, la clasificación por áreas identifica las distintas coberturas y usos del suelo.

Las definiciones y clasificación de uso de suelo y vegetación, fueron tomadas de la Guía para la Interpretación de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, INEGI, 2005.

Las categorías que el INEGI trabaja son:

- 1) Actividad Agrícola
- 2) Bosque y Actividad Forestal
- 3) Selva
- 4) Pastizal y Actividad Pecuaria
- 5) Matorral
- 6) Otros tipos de Vegetación

Dichas categorías se describen a continuación:

Actividad Agrícola

Se designa con el término de Agricultura a la labranza o cultivo de la tierra y que además incluye todos los trabajos relacionados al tratamiento del suelo y a la plantación de vegetales (Agricultura, 2010), (Ver tabla 5).

Tabla 5. Actividad Agrícola

Categoría	Tipos de Categoría	División de tipos de categoría	Tipo de Cultivo
Agricultura	Riego	Riego y Riego Eventual	Anual, semiperenne y permanente
	Humedad	No presenta	
	Temporal	No presenta	
	Nómada	No presenta	
	Riego suspendido	No presenta	

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2005.

A continuación se describen los términos mencionados en la tabla 5.

Los diferentes tipos de agricultura tienen características específicas y son los siguientes: Agricultura de Riego, Agricultura de Humedad, Agricultura de Temporal y Agricultura Nómada, adicionalmente se agregan las Áreas de Riego Suspendido.

- **Agricultura de Riego:** 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.
- **Agricultura de Riego Eventual:** Se llama así a las áreas donde la irrigación es parcial durante el ciclo vegetativo de los cultivos; el agua no está asegurada totalmente, es el caso en que, es posible dar uno o más riegos, como los llamados "riego de auxilio" o de "punteo", y se aplican generalmente cuando existe agua pero su potencial es bajo o es insuficiente, y cuando los cultivos dependen principalmente del temporal lluvioso, pero que es necesario en el desarrollo fenológico cuando el temporal es irregular.
- **Agricultura de Humedad:** Es la de aquellos terrenos que se cultivan antes o después de la temporada de lluvias, aprovechando la humedad del suelo, e incluye a los terrenos de zonas inundables o materiales amorfos que retienen agua y que aún en periodo de sequía presentan humedad, o bien aquellos que después de la temporada de lluvias soportan cultivos que desarrollan todo su ciclo, llamados comúnmente de invierno. Se les conoce también como "tierras de jugo". Generalmente corresponden a ciénagas y valles de suelo pesado.
- **Agricultura de Temporal:** 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.
- **Agricultura Nómada:** Corresponde a aquellas áreas que se cultivan por periodos de 1 a 5 años y que después, principalmente por pérdida de fertilidad del suelo, se abandonan.
- **Agricultura de 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.

Después de determinar el tipo de agricultura, el sistema de clasificación analiza el tipo de cultivo con base en su permanencia en el terreno que puede ser anual, semipermanente y permanente.

- **Cultivos anuales:** Son aquellos que permanecen sembrados en el terreno un tiempo variable, pero no mayor de un año de acuerdo a su ciclo fenológico en que ofrece mayor producción. Puede haber rotación de cultivos en la misma área, bien sea en el mismo año, sembrando dos cultivos en diferente época, de invierno o verano, o como por ejemplo cultivo de primavera-verano y cultivo de otoño-invierno, o al mismo tiempo, dentro del ciclo agrícola o bien rotación a base de un año un cultivo y otro año otro.
- **Cultivos semipermanentes:** Se llaman así a los que permanecen en el terreno por un periodo que varía entre más de 1 y menos de 10 años.
- **Cultivos permanentes:** Son los que permanecen sembrados en el terreno por un periodo de varios años, generalmente más de ocho, como árboles frutales, nopal, maguey, café, coco, aguacate, etc., en algunos cultivares como el maguey tequilero la duración de la planta en el terreno puede reducirse algunos años.

Bosque y Actividad Forestal

Bosque se refiere a la vegetación arbórea de origen septentrional (holártico) principalmente de regiones de climas templado y semifrío, con diferentes grados de humedad, propias de las regiones montañosas del país a lo largo de la Sierra Madre Occidental, Oriental y Sistema Volcánico Transmexicano. Por sus características ecológicas y fisonómicas, ha dado lugar a la clasificación de un gran número de tipos de vegetación. Se considera que un bosque es natural cuando depende del clima, del suelo de una región sin haber influido sensiblemente otros factores para su establecimiento. Se caracteriza por la poca variación de especies en estas comunidades. (Ver tabla 6)

Tabla 6. Bosque y Actividad Forestal

Categoría	Tipos de Categoría	Tipo de actividad o uso forestal
Bosque	De Oyamel	Maderas Resinas Látex y Ceras Fibras Recolección de Frutos y Semillas Rizomas Taninos Hojas Artesanía
	De Ayarín	
	De Cedro	
	Mesófilo de Montaña	
	De pino	
	de pino-encino	
	de encino-pino	
	De encino	
	Bajo Abierto	
	De galería	
	De táscate	
Cultivado o plantación forestal		

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2005.

A continuación se describen los términos mencionados en la tabla 6:

- **Bosque de Oyamel:** Comunidad que se caracteriza por la altura de sus árboles que a veces sobrepasan los 30 m de altura, se desarrollan en clima semifrío y húmedo, entre los 2000-3400 m de altitud, en la mayoría de las sierras del país, principalmente en el Eje Neovolcánico; la mayor parte de los parques nacionales y naturales entran en este tipo de vegetación. Las especies que los constituyen son principalmente del género *Abies* como: oyamel, pinabete (*Abies religiosa*), abeto (*A. duranguensis*) y *Abies spp.*, además de pino u ocote (*Pinus spp.*), encino o roble (*Quercus spp.*) y aile (*Alnus tirmifolia*).
- **Bosque de Ayarín:** Este bosque se desarrolla en condiciones similares al de oyamel, aunque suele estar formado por *Pseudotsuga spp.* o *Picea spp.*; ambos se les conoce como ayarín o pinabete. A veces se les encuentra mezclados con cedro blanco (*Cupressus sp.*) y álamo (*Populus sp.*).
- **Bosque de Cedro:** Comunidad de árboles de gran porte con una altura superior a los 15 m, comparte características ecológicas con los géneros de *Pinus*, *Abies* y *Quercus* con quienes frecuentemente se mezcla, las principales especies que lo forman son: *Cupressus lindleyi* (*c. lusitanica*), *C. benthami*, *C. arizonica* y *C. guadalupensis* que reciben el nombre común de cedro blanco o cedro.
- **Bosque Mesófilo de Montaña:** Vegetación fisonómicamente densa, propia de laderas montañosas que se encuentran protegidas de los fuertes vientos y de excesiva insolación donde se forman las neblinas durante casi todo el año, también crece en barrancas y otros sitios resguardados en condiciones más favorables de humedad.
- **Bosque de Pino:** Es una comunidad siempre verde constituida por árboles del género *Pinus*, de amplia distribución y con aproximadamente 49 especies, 18 variedades, 2 subespecies en las cadenas montañosas de todo el país desde los 300 m de altitud hasta los 4 200 m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea.
- **Bosque de Pino-Encino:** Comunidad de bosque ampliamente distribuida que ocupa la mayor parte de la superficie forestal de las porciones superiores de los sistemas montañosos del país, la cual está compartida por las diferentes especies de pino (*Pinus spp.*) y encino (*Quercus spp.*); dependiendo del dominio de uno y otro, se le denomina pino-encino si predominan las coníferas y es llamado encino-pino cuando dominan los encinares.
- **Bosque de Encino-Pino:** Vegetación arbórea formada por la dominancia de encinos (*Quercus spp.*), sobre los pinos (*Pinus spp.*). Se desarrolla principalmente en áreas de mayor importancia forestal, en los límites altitudinales inferiores de los bosques de pino-encino. En cuanto a su uso es

similar al de bosque de pino-encino pero con menor intensidad, además de la actividad agrícola.

- **Bosque de Encino:** Comunidad vegetal formada por diferentes especies aproximadamente (más de 200 especies) de encinos o robles del género *Quercus*; estos bosques generalmente se encuentran como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas, pueden alcanzar desde los 4 hasta los 30 m de altura más o menos abiertos o muy densos; se desarrollan en muy diversas condiciones ecológicas desde casi el nivel del mar hasta los 3 000 m de altitud, salvo en las condiciones más áridas, y se les puede encontrar en casi todo el país.
- **Bosque Bajo Abierto:** Comunidad vegetal formada por árboles bajos de 4 a 8 m de altura, por lo regular espaciados de tal forma que rara vez sus copas se llegan a juntar, quedando grandes espacios formados sobre todo por una capa de gramíneas. También se les conoce como pastizal con encino-enebro o "woodland".
- **Bosque de galería:** Comunidad arbórea que se encuentra en los márgenes de los ríos o arroyos en condiciones de humedad favorables. Son frecuentes los bosques de galería formados por sabino o ahuehuate (*Taxodium mucronatum*) en el norte del país, además de otras especies como sauces (*Salix spp.*), fresnos (*Fraxinus spp.*), álamos (*Populus spp.*), sicómoro aliso o álamo (*Platanus spp.*) y *Astianthus viminalis*.
- **Bosque de Táscate:** Son bosques formados por árboles escuamifolios (hojas en forma de escama) del género *Juniperus* a los que se les conoce como táscate, enebro o cedro, con una altura promedio de 8 a 15 m de regiones subcálidas templadas y semifrías, siempre en contacto con los bosques de encino, pino-encino, selva baja caducifolia y matorrales de zonas áridas.
- **Bosque Cultivado o Plantación Forestal:** Es aquel que se establece mediante la plantación de diferentes especies arboladas realizadas por el hombre, sobre todo en aquellas áreas que presentan una perturbación debido a las actividades humanas. Estas poblaciones se pueden considerar como bosques artificiales, ya que son consecuencia de una reforestación con árboles de distintos géneros, por lo general, con especies exóticas. Los fines de estas plantaciones son el recreativo, ornamental y forestal, además de conservar medio ambiente, así como evitar la erosión del suelo.

Por último se indica el tipo de uso forestal que se presenta en las distintas comunidades vegetales existentes, estos pueden ser Resinas, Látex y Ceras Maderas, Resinas, látex y ceras, Fibras, Recolección de frutos y semillas, Rizomas, Taninos, Hojas y Artesanía.

Selva

Selva se define como la comunidad formada por vegetación arbórea de origen meridional (Neotropical), generalmente de climas cálido húmedo, subhúmedo y semiseco. Está compuesta por la mezcla de un gran número de especies, muchas de las cuales presentan contrafuertes o aletones. Posee bejucos, lianas y plantas epífitas, frecuentemente con árboles espinosos entre los dominantes. (Ver tabla 7)

Tabla 7. Selva

Categoría	Clasificación por altura	Clasificación por persistencia
Selva	Baja	Caducifolia, Subcaducifolia, Subperennifolia, Perennifolia
	Mediana	
	Alta	

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2005.

A continuación se explica la información de la tabla 7.

La Selva se clasifica de dos formas, uno: acuerdo con su altura y dos: de acuerdo a la persistencia o caducidad de la hoja durante la época más seca del año.

Clasificación por altura:

- SELVA BAJA: 4 a 15 m
- SELVA MEDIANA: 15 a 30 m
- SELVA ALTA: mayor de 30 m

Clasificación por persistencia y caducidad de la hoja

- CADUCIFOLIA: más del 75% de las especies tiran las hojas en la época seca del año.
- SUBCADUCIFOLIA: entre el 50 y el 75% de las especies tiran la hoja en la época crítica.
- SUBPERENNIFOLIA: entre el 25 y el 50% de las especies tiran la hoja en época crítica.
- PERENNIFOLIA: más del 75% de las especies conservan la hoja todo el año.

Tomando en cuenta lo anterior se describen las siguientes categorías:

- **Selva Alta Perennifolia:** Es la más rica y compleja de todas las comunidades vegetales. La vegetación más exuberante y de mayor desarrollo de México y el planeta. Sus árboles dominantes sobrepasan los 30 m de altura y durante todo el año conservan la hoja.
- **Selva Alta Subperennifolia:** Se presenta en regiones climáticas cálido-húmedas, con precipitaciones de 1 100 a 1 300 mm anuales, con una época de sequía bien marcada que puede durar de tres a cuatro o incluso cinco meses. Las temperaturas son muy semejantes a las de la Selva Alta Perennifolia, aunque llegan a presentar oscilaciones de 6 a 8 °C, entre el mes más frío y el más cálido. Se desarrolla aproximadamente entre 200 y 900 msnm.
- **Selva Mediana Perennifolia:** Estas comunidades se desarrollan generalmente en donde la temperatura media anual es inferior a 18 °C. Los climas que imperan son cálidos de los tipos Af, Am, Cfa y Cfb; la temperatura media anual es inferior a 18 °C, se encuentra en altitudes entre los 1 000 y 2 500 m en regiones montañosas, tanto de la vertiente del Pacífico como la del Golfo. A pesar de las altas precipitaciones, los suelos tienen baja capacidad de retención de humedad. Sus especies importantes son perennes y generalmente componentes de la selva alta perennifolia.
- **Selva Mediana Subperennifolia:** Se desarrolla en climas cálido-húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 grados centígrados. La precipitación total anual es del orden de 1000 a 1 600 mm. Se le puede localizar entre los 0 y 1300 metros sobre el nivel medio del mar.
- **Selva Mediana Subcaducifolia:** Se desarrolla en regiones cálidas subhúmedas con lluvias en verano, la precipitación anual oscila entre 1 000 y 1 229 mm y la temperatura media anual es de 25.9 a 26.6 °C, con una temporada seca muy bien definida y prolongada. Los climas en los que prospera son los Am más secos y preferentemente los Aw. Se localiza entre los 150 y 1 250 m, ocasionalmente se presenta a los 1 000 msnm. El material parental que sustenta a este tipo de vegetación es en donde abundan rocas basálticas o graníticas y donde hay afloramientos de calizas que dan origen a suelos oscuros, muy someros, con abundante pedregosidad o bien en suelos grisáceos arenosos y profundos.
- **Selva Baja Perennifolia:** Esta selva se desarrolla bajo la influencia de climas cálido-húmedos y subhúmedos, bajo condiciones de inundación permanente. Se le puede encontrar entre 1 400 y 1 900 msnm. El estrato arbóreo de esta selva está constituido por individuos con altura promedio de 7 metros.

- **Selva Baja Subperennifolia:** Los climas en donde se desarrolla son cálido-húmedo y subhúmedo. Puede presentarse en condiciones climáticas similares a las de la selva alta perennifolia, la mediana subperennifolia, la mediana subcaducifolia y las sabanas. Se le encuentra en zonas bajas y planas, en terrenos con drenaje deficiente, mismos que se inundan en la época de lluvias pero se secan totalmente en invierno (temporada seca). Los suelos que soportan a esta selva son relativamente profundos, con una lámina de agua más o menos somera en época de lluvias.
- **Selva Mediana Caducifolia:** Se presenta como una franja en dirección NE-SO al centro de Yucatán, que se prolonga al norte de Campeche; también en la vertiente sur del Pacífico. Los suelos que se presentan con esta selva se encuentran generalmente en condiciones más favorables de humedad edáfica que la SSC.
- **Selva Baja Caducifolia:** Se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta SS y Cw. El promedio de temperaturas anuales es superior a 20 °C. Las precipitaciones anuales son de 1200 mm como máximo, teniendo como mínimo a los 600 mm con una temporada seca bien marcada, que puede durar hasta 7 u 8 meses y que es muy severa. Desde el nivel del mar hasta unos 1700 m, rara vez hasta 1900 se le encuentra a este tipo de selva, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje. Esta selva presenta corta altura de sus componentes arbóreos (normalmente de 4 a 10m, muy eventualmente de hasta 15 m o un poco más).
- **Selva Baja Subcaducifolia:** Se distribuya al poniente de Yucatán, al norte de Quintana Roo y en la Costa Maya. En cuanto a su fisonomía, esta es muy semejante a la SBC, excepto en que los árboles dominantes conservan por más tiempo el follaje a causa de una mayor humedad edáfica.
- **Selva Baja Espinosa:** Se desarrolla en climas similares a los de la SBC o ligeramente más secos, pero en climas más húmedos que los matorrales xerófilos, en climas con marcadas características de aridez, con precipitaciones comunes del orden de 900 mm o ligeramente menores, aunque el rango va de 350 a 120 mm, temperaturas medias anuales entre 20 y 27 °C. Los climas en los que se presenta son Aw muy secos, Awg, B (Bsh, Bw) (García, 1973) y también Cw. Su distribución vertical va desde 0 a 2 200 msnm. Se puede desarrollar sobre terrenos planos o muy ligeramente ondulados.
- **Selva de Galería:** Es la selva que se desarrolla en condiciones de mayor humedad a lo largo de arroyos y ríos. (INEGI, 1981). Vegetación secundaria de las selvas.- Comunidades originadas por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo

al estado original; en otros casos presenta un aspecto y composición florística diferente. Se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas.

Pastizal y Actividad Pecuaria

Pastizal se define como el tipo de vegetación caracterizada por la dominancia de gramíneas (pastos o zacates) o gramínoideas, y que en condiciones naturales se desarrolla bajo la interacción del clima, suelo y biota. (Ver tabla 8)

Tabla 8. Pastizal y Actividad Pecuaria

Categoría	Tipo de Categoría	Tipos de Actividad o uso Pecuario
Pastizal	Natural	Ganado Bovino
	Huizachal	
	Halófilo	Ganado Caprino
	Gipsófilo	
	Inducido	Ganado Ovino
	Cultivado	
	Pradera de Alta Montaña	Ganado Equino

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2005.

A continuación se describe lo planteado en la tabla 8:

- **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; en sus límites con los bosques de encino forma una comunidad denominada Bosque Bajo y Abierto por la apariencia de los primeros árboles de los Encinares de las partes elevadas propiamente dichos.
- **Pastizal-Huizachal:** Comunidad vegetal caracterizada por la asociación de especies *gramínoideas* (pastos) y *Acacia schaffneri* (Huizache chino); se desarrolla en terrenos planos o con poca pendiente, en áreas del occidente, en donde se dan condiciones de mayor temperatura y mayor cantidad de luz. Se encuentra en contacto con el pastizal natural pero difiere de él por su fisonomía, ya que es de tipo sabana y por la presencia de algunos elementos subtropicales; limita, además, con el matorral crasicaule y con el matorral subtropical.
- **Pastizal Halófilo:** Comunidad de gramíneas que se desarrolla sobre suelos salino-sódicos, por lo que su presencia es independiente del clima; es

frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas; aunque también son frecuentes en algunas áreas próximas a las costas afectadas por el mar o por lagunas costeras.

- **Pastizal Gipsófilo:** Comunidad de gramíneas que se desarrolla en suelos que contienen gran cantidad de yeso, frecuentemente en el fondo de cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas. Los afloramientos de suelos yesos se encuentran con alguna frecuencia en las partes bajas de las cuencas endorreicas, rodeadas por montañas formadas por rocas sedimentarias marinas en la región oriental árida del altiplano, desde Coahuila y el este de Chihuahua, hasta San Luis Potosí. Se trata de suelos profundos de origen aluvial, pero muy poco diferenciados de la roca madre, de color casi blanco, textura limosa, pH cercano a 8 y escasa materia orgánica.
- **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.
- **Pastizal Cultivado:** Es el que se ha introducido intencionalmente en una región y para su establecimiento y conservación se realizan algunas labores de cultivo y manejo. Son pastos nativos de diferentes partes del mundo.
- **Pradera de Alta Montaña:** La forman comunidades de pocos centímetros de altura, con aspecto cespitoso (Pradera), amacollado (Zacatonal) o arrosetado, localizado generalmente arriba de los 3 500 msnm, después del límite altitudinal de la vegetación arbórea y cerca de las nieves perpetuas. Su distribución está restringida a las montañas y volcanes más altos de la República.

Por último se indican que tipos de ganado que se explotan en las distintas comunidades vegetales existentes en el estado como: lo son el Bovino, Caprino, Ovino y Equino.

Matorral

Matorral se define como la 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. (Ver tabla 9)

Tabla 9. Matorral

Categoría	Clasificación por hábitat y composición florística	Clasificación por fisonomía
Matorral	Subtropical	Inerme Subinerme Espinoso Herbazal Cardonal Chollal Nopalera Izotal Crasirosulifolios Cirio
	Submontano	
	Espinoso Tamaulipeco	
	Crasicaule	
	Sarcocaule	
	Sarco-Crasicaule	
	Sarco-Crasicaule de Neblina	
	Rosetófilo Costero	
	Desértico Rosetófilo	
	Desértico Micrófilo	
	Vegetación de Desiertos Arenosos	
	Vegetación de Halófila	
	Vegetación de Gipsófila	
Vegetación de Galería		

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2005.

A continuación se describe lo mostrado en la tabla 9:

Tomando la clasificación por hábitat y composición florística tenemos la siguiente clasificación:

- **Matorral Subtropical:** Comunidad vegetal formada por arbustos o árboles bajos, inermes o espinosos que se desarrolla en una amplia zona de transición ecológica entre la Selva Baja Caducifolia y los bosques templados (de Encino o Pino-Encino) y matorrales de zonas áridas y semiáridas, principalmente en el Sistema Volcánico Transversal y en la Sierra Madre del Sur.
- **Matorral Submontano:** Comunidad arbustiva a veces muy densa, formada por especies inermes o a veces espinosas, caducifolias por un breve periodo del año, se desarrolla entre los matorrales áridos y los bosques de Encino y la Selva Baja Caducifolia a altitudes de 1 500 a 1 700 msnm.
- **Matorral Espinoso Tamaulipeco:** Comunidad arbustiva formada por la dominancia de especies espinosas, caducifolias una gran parte del año o áfilas (sin hojas). Se desarrolla en amplias zonas de Selva Baja Espinosa.

- **Matorral Crasicaule:** Tipo de vegetación dominada fisonómicamente por cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país.
- **Matorral Sarcocaul:** Tipo de vegetación caracterizado por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos y algunos con corteza papirácea.
- **Matorral Sarco-Crasicaule:** Comunidad vegetal con gran número de formas de vida o biotipos, entre los que destacan especies sarcocaulas (tallos gruesos carnosos) y crasicaules (tallos suculentos-jugosos).
- **Matorral Sarco-Crasicaule de Neblina:** Comunidad vegetal de composición florística variada, en la que se encuentran asociadas especies comunes del Matorral Crasicaule y del Matorral Sarcocaul. En algunas partes del área de distribución de esta vegetación, se están desarrollando actividades agrícolas bajo riego y en otras hay escasa ganadería.
- **Matorral Rosetófilo Costero:** Comunidad caracterizada por especies con hojas en roseta, arbustos inermes y espinosos y cactáceas que se desarrollan sobre suelos de diverso origen, bajo la influencia de vientos marinos y neblina. Las actividades antropógenas -agricultura y ganadería- están reduciendo su superficie de manera alarmante, con posibilidades de su completa desaparición.
- **Matorral Desértico Rosetófilo:** Matorral dominado por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado. Se le encuentra generalmente sobre xerosoles de laderas de cerros de origen sedimentario, en las partes altas de los abanicos aluviales o sobre conglomerados en casi todas las zonas áridas y semiáridas del centro, norte y noroeste del país.
- **Matorral Desértico Micrófilo:** Es el tipo de matorral de zonas áridas y semiáridas de mayor distribución, formado por arbustos de hoja o foliolo pequeño. Se desarrolla principalmente sobre terrenos aluviales más o menos bien drenados y puede estar formado por asociaciones de especies sin espinas, con espinas o mezclados; asimismo pueden estar en su composición otras formas de vida, como cactáceas, izotes o gramíneas. Una buena parte del área de distribución de esta vegetación está ocupada por muchos distritos de riego, además de existir ganadería extensiva y explotación forestal.
- **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.
- **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.

- **Vegetación Gipsófila:** Comunidad herbácea, con elementos adaptados para desarrollarse sobre suelos yesosos. Con frecuencia se encuentra asociada a la vegetación halófila y su separación resulta difícil.
- **Vegetación de Galería:** Es aquella que se desarrolla en los márgenes de los ríos y arroyos, siempre bajo condiciones de humedad. En general son elementos arbustivos acompañados en ocasiones por elementos subarbóreos o arbóreos.

Considerando el aspecto de la fisonomía se emplean los siguientes conceptos:

- **Matorral Inerme:** Comunidad formada por más del 70% de plantas sin espinas, como los matorrales de Gobernadora, Hojasén, Nagua blanca o Trompillo, Hierba del Burro.
- **Matorral Subinerme:** Comunidad compuesta por plantas espinosas e inermes, cuya proporción de unas y otras es mayor de 30% y menor de 70%.
- **Matorral Espinoso:** Formado por más del 70% de plantas espinosas. Entre los matorrales de este tipo son frecuentes los de Huizache, Mezquite, Uña de Gato, Chaparro prieto.
- **Herbazal:** Comunidad de plantas herbáceas efímeras o perennes, o de ambas, que a veces pierden sus partes aéreas en la época más seca del año. Se encuentran principalmente en las zonas áridas y semiáridas, formando parte de los matorrales.
- **Cardonal:** Agrupación de plantas crasas, con altura a veces de 5 a 10 metros; generalmente se encuentra en zonas de clima cálido, semicálido y templado, con grados de humedad árido y semiárido.
- **Chollal:** Agrupación de plantas crasas conocidas en el norte del país como chollas, cardenches, tasajillos.
- **Nopalera:** Asociación de plantas comúnmente conocidas como nopales, o sea plantas del género *Opuntia*, que presentan sus tallos planos; en general se encuentran en las zonas áridas y semiáridas del país. Es muy importante su aprovechamiento de frutos y tallos para consumo humano.
- **Izotal:** Agrupación de plantas del género *Yucca*, conocidas como Izotes en el sur de México y Palmas en el norte; se encuentran en las zonas áridas y semiáridas.
- **Crasirosulifolios:** Asociaciones de plantas con hojas dispuestas en rosetas, carnosas y espinosas como el Agave.
- **Cirio:** Agrupación de plantas conocidas con este nombre, Ioria y Cirio.

Otros Tipos de Vegetación

La categoría de otros tipos de vegetación se refiere a comunidades vegetales que presentan características de origen y fisonómicas que las distingue del bosque, selva y pastizal. Estos tipos de vegetación también están asociados a vegetación secundaria y erosión. (Ver tabla 10)

Tabla 10. Otros tipos de Vegetación

Categoría	Tipos
Otros tipos de Vegetación	Matorral de Coníferas
	Chaparral
	Palmar
	Sabana
	Manglar
	Popal
	Tular
	Mezquital
	Huizachal
	Vegetación de Dunas Costeras
	Áreas sin Vegetación Aparente

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2005.

A continuación se describen los conceptos planteados en la tabla 10:

- **Matorral de Coníferas:** Comunidad arbustiva o arbórea compuesta por coníferas menores a 5 m de altura. Se localiza en las partes altas de las montañas, en climas templados y fríos subhúmedos. Las asociaciones más comunes están formadas por pino y táscate los cuales forman bosques bajos y abiertos.
- **Chaparral:** Asociación generalmente densa, de arbustos resistentes al fuego, que se desarrolla sobre todo en laderas de cerros por arriba del nivel de los matorrales de zonas áridas y semiáridas de Pastizales Naturales y en ocasiones mezclada con los Bosques de Pino y Encino.
- **Palmar:** Asociación de plantas monopódicas pertenecientes a la familia *Arecaceae (Palmae)*. Los palmares pueden formar bosques aislados cuyas alturas varían desde 5 m hasta 30 m o menos. Se desarrollan en climas cálidos húmedos y subhúmedos, generalmente sobre suelos profundos y con frecuencia anegados, con características de sabana. Se le puede encontrar formando parte de las selvas o como resultado de la perturbación por la actividad humana.
- **Sabana:** El origen de las sabanas, según algunos autores, se debe a la intervención del hombre que ha talado, quemado y sobrepastoreado el bosque, al grado de volverse tolerante al fuego. La sabana está dominada principalmente por gramíneas, pero es común encontrar un estrato arbóreo bajo de 3 a 6 m de alto. Se desarrolla sobre terrenos planos o poco

inclinados, en suelos profundos y arcillosos que se inundan durante el periodo de lluvias y en la época seca se endurecen al perder el agua.

- **Manglar:** En una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos.
- **Popal:** Comunidad vegetal propia de lugares pantanosos o de agua dulce estancada, de clima cálido y húmedo, dominado principalmente por plantas herbáceas de 1 a 2 m de alto. Generalmente enraizadas en el fondo, de hojas grandes y anchas que sobresalen del agua formando extensas masas.
- **Tular:** Es una comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo, constituida por monocotiledóneas de 80 cm hasta 2.5 m de alto, de hojas largas y angostas o bien carente de ellas. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de Tule y tulillo también es común encontrar los llamados carrizales.
- **Mezquital:** Comunidad vegetal dominada principalmente por mezquites (*Prosopis spp.*). Son árboles espinosos de 5 a 10m de altura en condiciones de humedad, pero en condiciones de aridez se desarrolla como arbusto. Se desarrolla frecuentemente en terrenos de suelos profundos y en aluviones cercanos a escurrentías.
- **Huizachal:** Son plantas arbustivas de 1 a 3 m de alto, pertenecientes a la familia de las leguminosas, conocidas comúnmente como huizaches (*Acacia spp.*). Esta comunidad es muy común en condiciones secundarias, generalmente se le encuentra como acompañante del mezquite, palo fierro, palo verde y selvas, llegando a ser en algunos casos dominante. Los huizaches tienen gran utilidad como forraje para el ganado caprino ya que ramonean sus hojas y se comen las vainas, las ramas secas son utilizadas para uso doméstico.
- **Vegetación de Dunas Costeras:** Comunidad vegetal que se establece a lo largo de las costas, se caracteriza por plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. La importancia de esta comunidad radica en el pastoreo de ganado caprino y bovino principalmente.
- **Áreas sin Vegetación Apparente:** Se incluyen bajo este rubro los eriales, depósitos litorales, jales, dunas y bancos de ríos que se encuentran desprovistos de vegetación o que ésta no es aparente, y por ende no se le

puede considerar bajo alguno de los conceptos de vegetación antes señalados.

2.2.4 Comparación de categorías de clasificación de Uso de Suelo y Vegetación Nacional y Estatal

En este apartado se identificaron cuatro instituciones que elaboran clasificaciones de Vegetación y Uso de Suelo, la primera es el Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IIIGCEM, 2000), la segunda el Instituto Nacional de Ecología (INE, 1976, INE, 2000), la tercera la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2000) y por último el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1976a). La comparación se realizó con el afán de poder determinar que institución elabora la clasificación más completa en cuanto a categorías e información proporcionada sobre vegetación y usos de suelo, y determinar cuál es más pertinente utilizar para los análisis posteriores de la investigación.

El análisis comprende las siguientes categorías:

- Actividad Agrícola
- Bosque y Actividad Forestal
- Selva
- Pastizal y Actividad Pecuaria
- Matorral
- Otros tipos de Vegetación

Para realizar el análisis de las comparaciones se desarrolló una tabla que muestra las diferentes categorías que maneja cada una de las instituciones antes mencionadas. Dicha comparación se muestra a continuación:

Actividad Agrícola

El análisis comparativo muestra que las cuatro instituciones reportan las categorías de agricultura de riego y temporal, solo el INE e INEGI manejan la agricultura de humedad, resaltando las categorías de Agricultura Nómada y Áreas de Riego Suspendido solo propuestas por el INEGI. (Ver Tabla 11)

Tabla 11. Actividad Agrícola

IIIGCEM(2000)	INE(1976,2000)	INEGI(1976a)	SEMARNAT (IFN, 2000)
Agricultura de humedad	Agricultura de temporal	(AA) Agricultura de riego	Agricultura de riego
Agricultura de riego(incluye riego eventual)	Agricultura de riego y humedad	(AA) Agricultura de riego eventual	Agricultura de temporal
Agricultura de temporal con cultivos anuales		(AA) Agricultura de Humedad	
Agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes		(AA) Agricultura de Temporal	
		(AA) Agricultura Nómada	
		(AA) Áreas de Riego Suspendido	

Fuente: Elaboración con base en INE, 1976-2000, INEGI, 1976a, IIIGCEM, 2000 y SEMARNAT, 2000.

Bosque y Actividad Forestal

La lectura comparativa de las categorías muestra que las cuatro instituciones consideran las categorías que refieren al bosque de coníferas, bosque de latifoliadas, bosque mesófilo de montaña, y plantaciones forestales. El IIIGCEM y el INEGI son las únicas instituciones que refieren las categoría de bosque de táscate, ayarín y cedro. Sin embargo el solo el INEGI maneja un amplio listado de categorías para Actividad Forestal resaltando la categoría de Maderas, Resinas, Látex y Ceras, Fibras, Recolección de Frutos y Semillas, Rizomas, Taninos, Hojas y Artesanía. (Ver Tabla 12)

Tabla 12. Bosque y Actividad Forestal

IIIGCEM (2000)	INE(1976,2000)	INEGI(1976a)	SEMARNAT (IFN 2000)
Bosque de Encino	Bosque de coníferas	Bosque de oyamel	Bosque de coníferas
Bosque de Encino con Vegetación Secundaria Arbustiva y Herbácea	Bosque de latifoliadas	Bosque de Ayarin	Bosque de coníferas y latifoliadas
Bosque de Oyamel (incluye ayarin y cedro)	Bosque de coníferas y latifoliadas	Bosque de Cedro	Bosque de latifoliadas
Bosque de Oyamel (incluye ayarin y cedro) con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	Bosque mesófilo de montaña	Bosque Mesófilo de Montaña	Bosque mesófilo de montaña
Bosque de Pino	Plantación Forestal	Bosque de Pino	Plantación Forestal
Bosque de Pino-Encino (incluye encino-pino)		Bosque de Pino-Encino	
Bosque de Pino-Encino (incluye encino-pino) con vegetación secundaria		Bosque de Encino-Pino	
Bosque de Pino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea		Bosque de Encino	
Bosque de Tascate		Bosque Bajo Abierto	
Bosque de Tascate con vegetación secundaria arbustiva y herbácea		Bosque de Tascate	
Bosque Mesófilo de Montaña		Bosque de Galería	
Bosque Mesófilo de Montaña con vegetación secundaria arbustiva y herbácea		Bosque Cultivado	
Plantación Forestal		(AF)Maderas	
		(AF)Resinas Látex y Ceras	
		(AF)Fibras	
		(AF)Recolección de Frutos y Semillas	
		(AF)Rizomas	
		(AF)Taninos	
		(AF)Hojas	
		(AF)Artesanía	

Fuente: Elaboración con base en INE, 1976-2000, INEGI, 1976a, IIIGCEM, 2000 y SEMARNAT, 2000.

Selva

El análisis de las categorías muestra que las cuatro instituciones reportan las categorías de selva caducifolia, subcaducifolia, perennifolia y subperennifolia. Solo el IIIGCEM y el INEGI reportan selva baja. El INEGI resalta ya que considera también las categorías de selva alta, selva mediana y selva de galería. (Ver Tabla 13)

Tabla 13. Selva

IIIGCEM (2000)	INE(1976,2000)	INEGI(1976a)	SEMARNAT (IFN 2000)
Selva Baja Caducifolia y Subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	Selva perennifolia y subperennifolia	Selva Alta Perennifolia	Selva perennifolia y subperennifolia
	Selva caducifolia y subcaducifolia	Selva Alta Subperennifolia	Selva caducifolia y subcaducifolia
		Selva Mediana Perennifolia	
		Selva Mediana Subperennifolia	
		Selva Mediana Subcaducifolia	
		Selva Baja Perennifolia	
		Selva Baja Subperennifolia	
		Selva Mediana Caducifolia	
		Selva Baja Caducifolia	
		Selva Baja Subcaducifolia	
		Selva Baja Espinosa	
		Selva de Galería	

Fuente: Elaboración con base en INE, 1976-2000, INEGI, 1976a, IIIGCEM, 2000 y SEMARNAT, 2000.

Pastizal y Actividad Pecuaria

El análisis comparativo muestra que las cuatro instituciones reportan las categorías de pastizal inducido. Solo el INE, el INEGI y la SEMARNAT consideran las categorías de pastizal natural y pastizal cultivado. El INEGI y el IIIGCEM consideran la categoría de pradera de alta montaña. La clasificación del INEGI resulta ser la más completa ya que considera también el pastizal-huizachal, pastizal halófilo y pastizal Gipsófilo, siendo también la única institución que considera al Actividad Pecuaria por tipo de ganado. (Ver Tabla 14)

Tabla 14. Pastizal y Actividad Pecuaria

IIIGCEM (2000)	INE(1976,2000)	INEGI(1976a)	SEMARNAT (IFN 2000)
Pastizal Inducido	Pastizal natural	Pastizal natural	Pastizal natural
Pradera de Alta Montaña	Pastizal inducido y cultivado	Pastizal huizachal	Pastizal inducido y cultivado
		Pastizal halófilo	
		Pastizal Gipsófilo	
		Pastizal inducido	
		Pastizal cultivado	
		Pradera de Alta Montaña	
		(AP)Ganado Bovino	
		(AP)Ganado Caprino	
		(AP)Ganado Ovino	
		(AP)Ganado Equino	

Fuente: Elaboración con base en INE, 1976-2000, INEGI, 1976a, IIIGCEM, 2000 y SEMARNAT, 2000.

Matorral

La lectura comparativa de las categorías muestra que el INE y la SEMARNAT manejan como única categoría la de matorral xerófilo. El IIIGCEM y el INEGI consideran las categorías de matorral crasicaule, matorral desértico rosetófilo y vegetación halófila. Sin embargo las categorías del INEGI son más completas considerando 15 categorías arriba de las propuestas por las otras instituciones. (Ver Tabla 15)

Tabla 15. Matorral

IIIGCEM (2000)	INE(1976,2000)	INEGI(1976a)	SEMARNAT (IFN 2000)
Matorral crasicaule	Matorral xerófilo	Matorral Subtropical	Matorral xerófilo
Matorral crasicaule con vegetación secundaria		Matorral Submontano	
Matorral desértico Rosetófilo		Matorral Espinoso Tamaulipeco	
Matorral desértico Rosetófilo con vegetación secundaria		Matorral Crasicaule	
Vegetación Halófila y Gipsófila		Matorral Sarcocaula	
		Matorral Sarco-Crasicaule	
		Matorral Sarco-Crasicaule de Neblina	
		Matorral Rosetófilo Costero	
		Matorral Desértico	

		Rosetófilo	
		Matorral Desértico Micrófilo	
		Matorral Inerme	
		Matorral Subinerme	
		Matorral Espinoso	
		Herbazal	
		Cardonal	
		Chollal	
		Nopalera	
		Izotal	
		Crasi rosulifolios	
		Cirio	
		Vegetación de Desiertos Arenosos	
		Vegetación Halófila	
		Vegetación de Galería	

Fuente: Elaboración con base en INE, 1976-2000, INEGI, 1976a, IIIGCEM, 2000 y SEMARNAT, 2000.

Otros tipos de Vegetación

El análisis de las categorías muestra que las cuatro instituciones reportan las categorías de áreas sin vegetación aparente y se refieren a la vegetación hidrófila. El INE, el INEGI y la SEMARNAT reportan la categoría de mezquital y solo el IIIGCEM y el INEGI reportan la categoría de palmar. Sin embargo el INEGI nombra 8 categorías más a comparación de las otras instituciones. (Ver Tabla 16)

Tabla 16. Otros Tipos de Vegetación

IIIGCEM (2000)	INE(1976,2000)	INEGI(1976a)	SEMARNAT (IFN 2000)
Área sin vegetación aparente	Mezquital	Matorral de Coníferas	Mezquital
Palmar	Vegetación hidrófila	Chaparral	Vegetación hidrófila
Popal-Tular	Sin vegetación aparente	Palmar	Área sin vegetación aparente
		Sabana	
		Manglar	
		Popal	
		Tular	
		Mezquital	
		Huizachal	
		Vegetación de Dunas Costeras	
		Vegetación Secundaria Arbórea	
		Vegetación Secundaria Arbustiva	
		Vegetación Secundaria	

		Herbácea	
		Áreas sin Vegetación Aparente	

Fuente: Elaboración con base en INE, 1976-2000, INEGI, 1976a, IIIGCEM, 2000 y SEMARNAT, 2000.

Tomando en cuenta el análisis anterior se pudo observar que las categorías manejadas por el INE y la SEMARNAT utilizan una terminología para clasificar el uso de suelo y vegetación muy general debido a que trabajan cartografía a nivel nacional.

Por otra parte se mostró que las categorías del IIIGCEM aunque detalladas en cuanto a vegetación primaria y secundaria no toman en cuenta los usos y aprovechamientos que la población hace con ellas.

El INEGI al tomar en cuenta no solo la vegetación sino también el uso y aprovechamientos que esta permite realizar, además de mostrar el mayor número de categorías, es sin duda la institución que muestra la clasificación más completa y detallada de Uso de Suelo y Vegetación.

Por lo tanto es correcto retomar las categorías del INEGI para realizar el análisis y comparación de Uso de Suelo y Vegetación con la clasificación de tierras que maneja el IPCC.

2.2.5 Comparación entre clasificación de Uso de Suelo y Vegetación INEGI y clasificación de Tierras del IPCC

En el siguiente apartado se realizará la comparación entre las categorías de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI y la clasificación de Tierras realizada por el IPCC.

Es importante aclarar que en el apartado anterior se concluyó que la clasificación del INEGI es la más apta para trabajar con la clasificación del IPCC, para este fin se realizó una tabla en la que se muestran las categorías de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI que corresponderían a la clasificación de Tierras del IPCC. (Ver Tabla 17)

Tabla 17. Correspondencia entre Clasificaciones IPCC e INEGI

IPCC	INEGI
Tierras Forestales	Bosque de Oyamel Bosque de Ayarín Bosque de Cedro Bosque Mesófilo de Montaña Bosque de Pino Bosque de Pino-Encino Bosque de Encino-Pino Bosque de Encino Bosque Bajo Abierto Bosque de Tascate Bosque de Galería Bosque Cultivado (AF)Maderas (AF)Resinas Látex y Ceras (AF)Fibras (AF)Recolección de Frutos y Semillas (AF)Rizomas (AF)Taninos (AF)Hojas Selva Alta Perennifolia Selva Mediana Perennifolia Selva Alta Subperennifolia Selva Mediana Subperennifolia Selva Mediana Subcaducifolia Selva Baja Perennifolia Selva Baja Subperennifolia Selva Mediana Caducifolia Selva Baja Caducifolia Selva Baja Subcaducifolia Selva Baja Espinosa Selva de Galería Vegetación Secundaria Arbórea

	<p>Matorral Subtropical, Matorral Submontano Matorral Espinoso Tamaulipeco, Matorral Crasicaule Matorral Sarcocaulle, Matorral Sarco-Crasicaule Matorral Sarco-Crasicaule de Neblina, Matorral Rosetófilo Costero Matorral Desértico Rosetófilo, Matorral Desértico Micrófilo Matorral Inerme, Matorral Subinerme Matorral Espinoso, Herbazal Cardonal, Chollal Nopalera, Izotal Crasirosulifolios, Cirio Matorral de Coníferas Chaparral Palmar Vegetación Secundaria Arbustiva Vegetación Secundaria Herbácea, Mezquital, Huizachal, Vegetación de Galería</p>
<p>Praderas</p>	<p>Pastizal natural Pastizal huizachal Pastizal halófilo Pastizal gipsófilo Pastizal inducido Pastizal cultivado Pradera de Alta Montaña Sabana (AP)Ganado Bovino (AP)Ganado Caprino (AP)Ganado Ovino (AP)Ganado Equino Vegetación de Dunas Costeras Vegetación de Desiertos Arenosos Vegetación Halófila Vegetación Gipsófila</p>
<p>Tierras Agrícolas</p>	<p>(AA) Agricultura de riego (AA) Agricultura de riego eventual (AA) Agricultura de Humedad (AA) Agricultura de Temporal (AA) Agricultura Nómada (AA) Áreas de Riego Suspendido</p>
<p>Humedales</p>	<p>Tular Manglar,</p>

	Popal Cuerpo de Agua
Asentamiento	Zona urbana (Asentamientos humanos)
Otras Tierras	Áreas sin Vegetación Aparente

Fuente: Elaboración con base en Penman, et.al., 2005 e INEGI, 2005.

Los resultados de la comparación de las categorías de Tierras marcadas por el IPCC con las categorías de Uso del suelo y Vegetación del INEGI son los siguientes: La comparación muestra que la categoría Tierras Forestales del IPCC abarca tres categorías importantes del INEGI que son bosque y actividad forestal, selva y matorral considerando algunas especies de vegetación secundaria.

La categoría Praderas conjunta dos categorías principales que son Pastizal y Actividad Pecuaria, además comprende categorías como sabana, vegetación halófila y Gipsófila, vegetación de desiertos arenosos y de dunas costeras. La categoría Tierras Agrícolas abarca solo la categoría de actividad agrícola mostrando que en este caso las categorías del INEGI se acoplan correctamente a las del IPCC, sin embargo se dificultará la obtención de datos específicos por tipo de actividad agrícola.

Al realizar la comparación de la categoría de Humedales se encontró relación con la categoría del INEGI otros tipos de vegetación que son tular, manglar, y popal, los cuales crecen en presencia de agua abundante principalmente suministrada por los cuerpos de agua. La categoría Asentamiento concuerda correctamente con la categoría del INEGI zona urbana o asentamientos humanos. Por último para la categoría Otras Tierras corresponde solo a la categoría áreas sin vegetación aparente del INEGI.

Es importante aclarar que buscar la correspondencia de las categorías de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI con las de Tierras del IPCC resultará en la generalización de varias categorías de uso de suelo en una solo categoría de tierra, lo que dificultará la obtención de información específica, sin embargo permitirá obtener datos compatibles con las categorías de Tierras a nivel internacional.

De igual forma al realizar la adaptación de categorías de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI a las categorías de Tierras del IPCC, y realizando la cartografía pertinente se obtendrá información sobre el Estado de México que sea compatible con las categorías aceptadas internacionalmente, permitiendo así un análisis comparativo confiable de datos estatales y datos internacionales.

CAPÍTULO 3. “USO DEL SUELO Y CAMBIO DE USO DEL SUELO EN EL ESTADO DE MÉXICO”

En este capítulo se presentan las condiciones biofísicas y socioeconómicas que describen territorialmente al Estado de México, mismas que contextualizan las características de las coberturas y usos de suelo de la entidad. De igual forma con base a estudios previos se expone el estado de las coberturas del suelo en la entidad, se muestran también los usos de suelo y las actividades principales que funcionan como fuente de emisión y captura de gases efecto invernadero.

Teniendo un mayor peso dentro del capítulo se realiza el análisis espacial del uso de suelo para los años 1976, 1998 y 2009 para el cual se elaboraron los mapas correspondientes utilizando las ocho categorías de uso de suelo y vegetación del INEGI y las seis categorías de tierras definidas por el IPCC, una vez obtenida la superficie ocupada por cada cubierta y uso del suelo se construyeron las tablas correspondientes.

Por último con los datos obtenidos se calcularon las tasas de cambio de uso de suelo para el periodo comprendido entre el año 1998 y 2009, tanto para las categorías del INEGI como para las del IPCC, mostrando las superficies con tasas de cambio negativas y positivas, y finalmente las superficies con pérdidas y ganancias, las cuales determinan un papel determinante en su capacidad de constituirse en sumideros o fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, especialmente de carbono.

3.1 Contexto Territorial del Estado de México

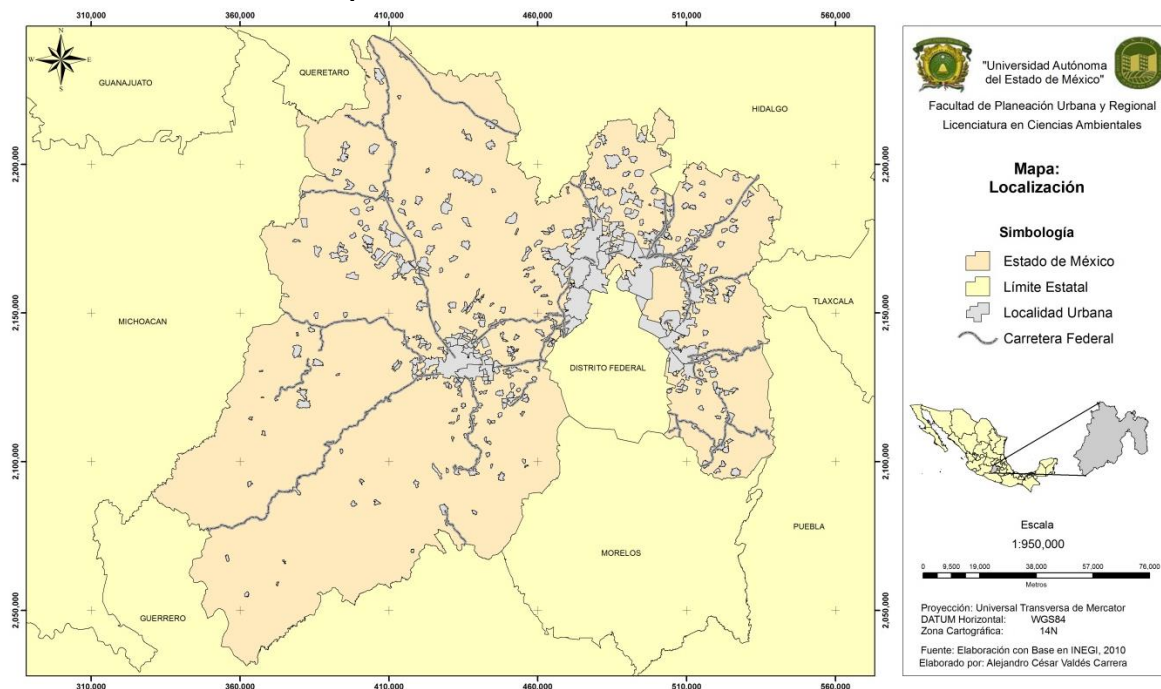
3.1.1 Condiciones Biofísicas

El Estado de México se ubica en la parte sur de la altiplanicie meridional, en una de las regiones más elevadas del país. Sus coordenadas geográficas extremas son: al norte 20° 17', al sur 18° 22' de latitud norte; al este 98° 36' y al oeste 100° 37' de longitud oeste. (INEGI, 2001).

Este estado colinda al norte con Michoacán, Querétaro e Hidalgo; al este con Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos y el Distrito Federal; al sur con Morelos y Guerrero, y al oeste con Guerrero y Michoacán de Ocampo. (Ver Mapa 1)

La superficie territorial es de 22 337 km², que representa 1.1% de la superficie total de la República Mexicana. En extensión territorial ocupa el vigésimo sexto lugar en el país y se integra por 125 municipios. (ibíd.).

Mapa 1. Localización del Estado de México



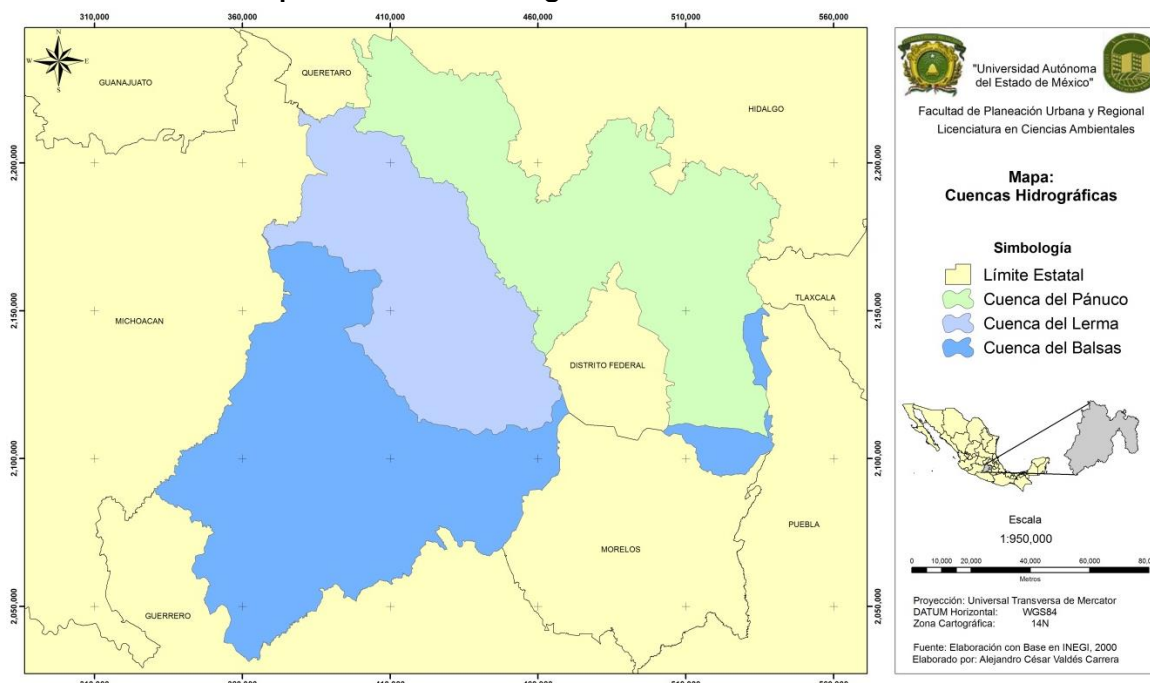
Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2010.

Si bien el aprovechamiento de las cubiertas del suelo con fines económicos define los usos del suelo, estos adquieren su representatividad de acuerdo a las características biofísicas y sociales de los conjuntos territoriales en los que se ubican, estos conjuntos conforman las cuencas hidrográficas.

La cuenca hidrográfica o porción del territorio drenado por un sistema de drenaje natural, delimitada por la línea de las cumbres o divisor de aguas (parteaguas), reconocida como la unidad fundamental de la planeación del desarrollo social, se le atribuye la categoría de unidad de manejo del ordenamiento de los recursos naturales y de las actividades económicas (DOF-LGEEPA, 1988). Los trabajos que concilian el estudio de la estructura del paisaje, los sistemas de uso de la tierra y la cuenca hidrográfica, son aquellos que se ocupan de la delimitación morfológica del territorio a través de rasgos distintivos y visibles, el relieve, los suelos, el clima y la cobertura vegetal (Santos, 2000). Su estudio en su relación con el uso del suelo permite entender las interrelaciones entre los recursos y condiciones naturales (relieve-suelo, clima-vegetación), las formas de organización de la población para apropiarse de ellos y el impacto en su permanencia y conservación (Cotler, 2004).

La ubicación del estado de México lo define como cabecera de las cuencas de los Ríos Lerma, Balsas y Pánuco (Ver mapa 2). Esta situación ayuda a que las aguas superficiales en tránsito por el estado, se utilicen para satisfacer las necesidades que requieren las diversas actividades socioeconómicas que se desarrollan en él.

Mapa 2. Cuencas Hidrográficas del Estado de México



Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2000.

Las características de las distintas cuencas, muestran que la mayor parte del territorio estatal ocupando un 65.6% corresponde a las cabeceras del Balsas y de la cuenca Lerma-Santiago en conjunto integradas por 65 municipios; en la primera se encuentran la mayoría de embalses, en ella se genera energía eléctrica y se localizan zonas de pastizales y áreas destinadas a la floricultura y fruticultura. La segunda presenta la concentración de las zonas agrícolas de temporal y riego más destacadas de la entidad y de algunas zonas industriales que demandan gran parte del agua disponible. Por último con la menor superficie que corresponde al 34.3% del territorio estatal encontramos la cuenca del Pánuco, de la cual forma parte la cuenca de México, la cuenca del Pánuco esta ubicada en la porción noreste, conformada por 60 municipios, en ella se localizan embalses importantes que en su mayoría son utilizados para agricultura de riego y en menor parte para potabilización o uso urbano, sin olvidar que en la cuenca de México se ubica el mayor número de crecimiento poblacional y asentamientos humanos dentro de la entidad.(Ver Tabla 18)

Tabla 18. Cuencas Hidrográficas del Estado de México

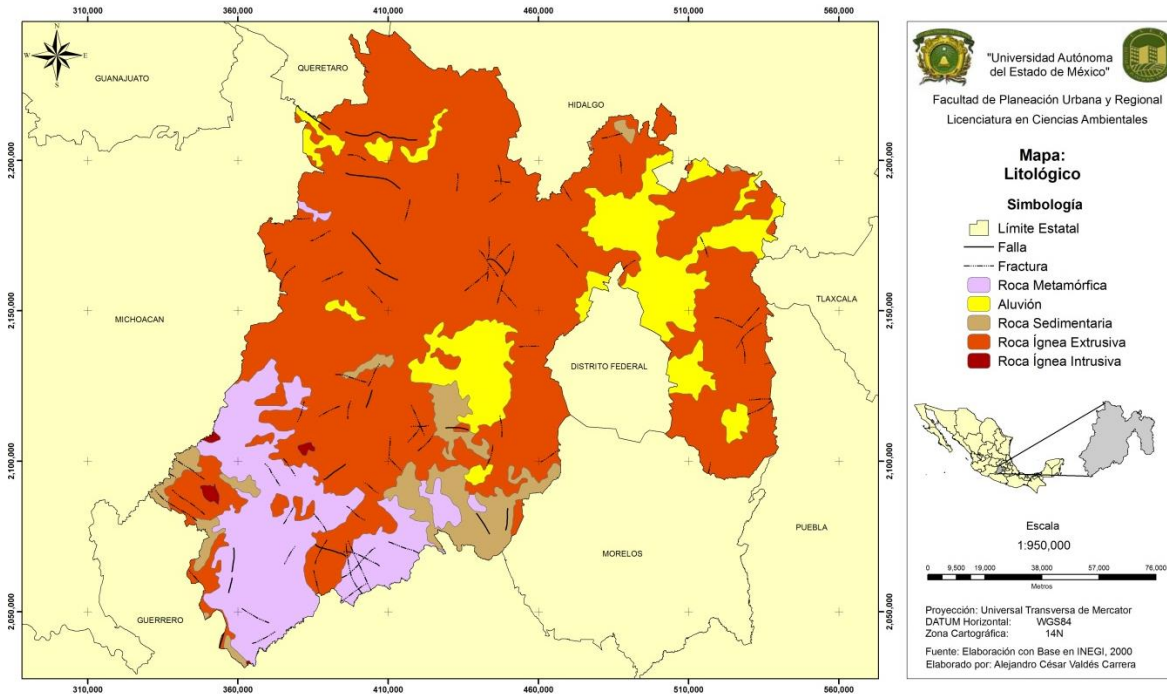
Cuenca		Región Hidrológica	% de Superficie Estatal
Balsas		RH-18 Balsas	41.97
Lerma-Santiago		RH-12 Lerma-Santiago	23.69
Pánuco	Valle de México	RH-26 Pánuco	21.39
	Pánuco	RH-26 Pánuco	12.93
Total			100

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2000.

Las características litológicas de las distintas cuencas, muestran que la mayor parte del territorio estatal, las porciones que corresponden a las cuencas de Lerma y Pánuco forman parte del Sistema Volcánico Transmexicano, los materiales son jóvenes y predominan las rocas volcánicas y volcanoclásticas del cenozoico, y representan alrededor del 70% de la superficie de la entidad, estas a su vez forman zonas de depositación aluvial, lo cual permite la formación de suelos con aptitud agrícola alta. El 30% representado por la cuenca del Balsas pertenece en gran parte a la Sierra Madre del Sur en su porción suroeste consiste en una secuencia de arenisca-toba del Jurásico-Cretácico las secuencias están deformadas y afectadas por un metamorfismo regional, de igual forma tenemos presencia de rocas ígneas intrusivas del Mesozoico y Cenozoico, por otra parte en su región sur cercana a Guerrero y Morelos se tiene presencia de rocas calizas estas afloran, en Ixtapan de la Sal. (GEM, 2009) (Ver mapa 3)

En la referente a paisaje la morfología del terreno configura un paisaje en el que sobresale el relieve volcánico, el piedemonte y las llanuras lacustres en la porción centro-norte de la entidad, así como el conjunto de sierras bajas de la parte sur con pequeñas áreas de material sedimentario.

Mapa 3. Litología del Estado de México



Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2000.

Entre los factores biofísicos que definen las condiciones de las cubiertas del suelo en las cuencas hidrográficas destacan el clima asociado a la temperatura y la precipitación, así como la topografía, la pendiente, la altitud y los tipos de suelo.

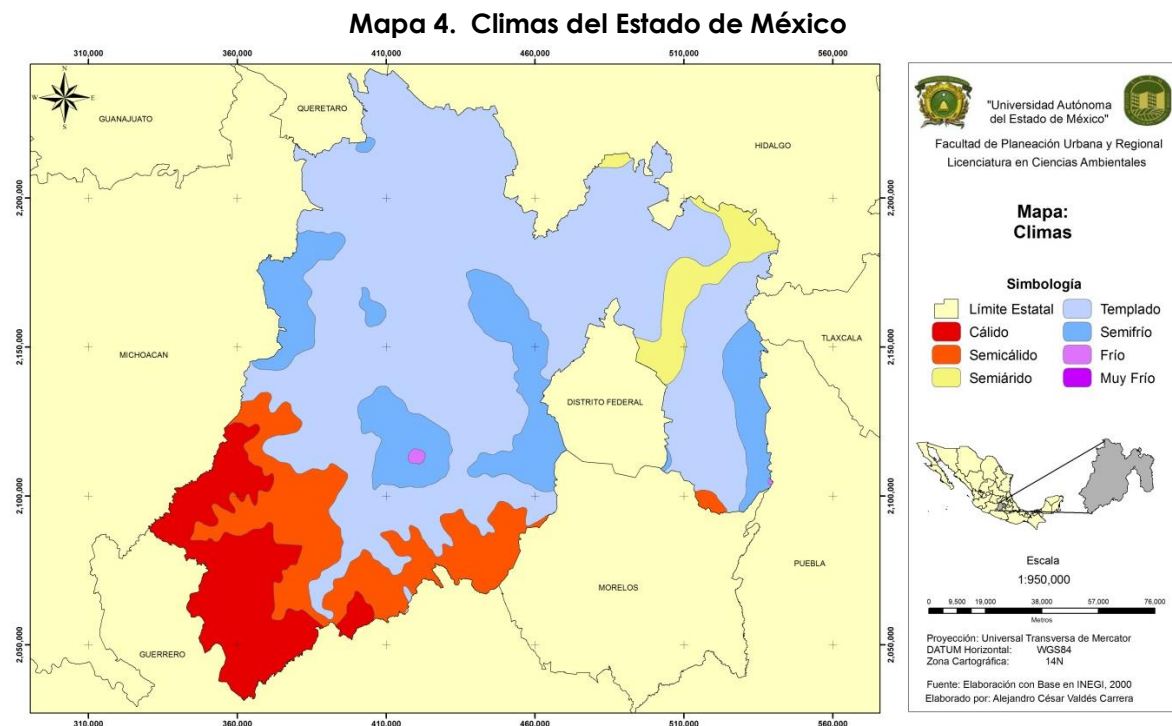
La distribución de los climas muestra la dominancia del clima templado C(w) que está determinado principalmente por la topografía y la altitud, y comprende 61.8 % del territorio, en la zona centro y este del estado se tiene una temperatura media anual que oscila entre 12°C y 18°C, en estas estructuras orográficas y áreas adyacentes, la lluvia es abundante durante casi todo el año. (Ver Mapa 4)

El clima cálido A (w) es característico del sur de la entidad y representa 20.8 %; y rodea al clima semicálido A (C) propio del extremo sur y suroeste de la entidad. Estos climas son propios de la cuenca del alto Balsas, las temperaturas más elevadas se registran en mayo, entre 30°C y 40°C. En esta región se localizan zonas de pastizales y áreas destinadas a la floricultura y se presentan lluvias por arriba 800 mm al año.

El clima semiárido B(s) está presente en la parte norte y le corresponde 5.7 %; a su vez corresponde con la distribución de matorrales secos o semidesérticos en el

alto Pánuco, es la región más seca, las lluvias son del orden de 600 mm a 700 mm anuales.

Por último los climas Muy frío EF, frío E (T)H y semifrío C(E) se localizan en zonas altas y montañosas, comprendiendo 11.7 %, corresponde con la distribución del bosque presente en las elevaciones más importantes de la cuenca del alto río Lerma y la cuenca del alto Pánuco, las temperaturas en estas zonas (Sierra de las Cruces, la Sierra Nevada y el Nevado de Toluca), fluctúan entre -2°C y 12°C , siendo la media anual 8°C , las montañas obstaculizan el libre paso de humedad, y solo llueve 800 mm a 900 mm anuales.



De acuerdo con el balance hidrológico, las distintas cuencas aportan un volumen total de precipitación de 22 472 millones de metros cúbicos (Mm^3), aproximadamente el 80% regresa a la atmósfera por evaporación-transpiración y el 20% es la reserva utilizable. La región del Balsas recibe la mitad del volumen de precipitación y participa con un importante volumen de escurrimiento. (GEM, 2009) La región Lerma destaca en la infiltración y por lo tanto en la recarga de mantos freáticos (Ver Tabla 19).

Tabla 19. Balance Hidrológico superficial

Región	Precipitación		Infiltración		Esguerrimiento	
	mm	Mm ³	Mm ³	m ³ /s	Mm ³	m ³ /s
Pánuco	771	6367	383	12.14	748	23.72
Lerma	915	4735	524	16.62	799	25.33
Balsas	1254	11370	160	5.07	2160	68.48
Total Estatal	999	22472	1067	33.83	3707	117.53

Fuente: Elaboración con base en GEM, 2009.

El balance hidrológico de aguas subterráneas, reporta que existe una recarga de 876.6 Mm³ y una extracción de 1 777 Mm³, el balance es negativo porque se extrae más de lo que ingresa. El problema de sobreexplotación se presenta más agudo en las regiones Pánuco y Lerma, el Balsas no tiene déficit. (Ver Tabla 20)

Tabla 20. Balance Hidrológico subterráneo Mm³/año

Región	Recarga	Extracción	Balance
Pánuco	371.7	1114.9	-743.2
Lerma	455.8	630.4	-174.6
Balsas	51.1	31.7	19.4
Total Estatal	876.6	1777.0	-900.0

Fuente: Elaboración con base en GEM, 2009

Los aprovechamientos del agua ascienden a 2 641.6 Mm³, 1 547.6 Mm³ (58.6 %) son de origen subterráneo y 1 094 Mm³ (41.4 %) superficial. Respecto a los usos del agua, 45 % se utiliza en el sector agropecuario, 7.3 % en la industria y 47.7 % en el uso público urbano. Para consumo urbano se extrae más agua subterránea (69 %) que superficial (18 %); para uso agropecuario, el 80 % proviene de fuentes superficiales y sólo 20 % es de origen subterráneo y el agua para uso industrial, la mayoría proviene de fuentes subterráneas (11 %).

No obstante que las condiciones ambientales variadas son definidas por el relieve, la presencia de varios tipos de clima, la altura sobre el nivel del mar, y la geología, los elementos que resumen está diversidad, son los suelos, las plantas y los animales. Debido a estas condiciones ambientales variadas, el Estado de México cuenta con una vasta gama de unidades edáficas determinadas por su origen que puede ser aluvial, residual o lacustre.

De esta forma las unidades edáficas que ocupan una mayor superficie dentro de la entidad (Feozem y Andosoles) con un porcentaje aproximado del 45%, indica que son los más utilizados por la población para actividades productivas, principalmente para aprovechamiento forestal y agricultura.

Los primeros derivados principalmente de coluviones corresponden al piedemonte y a algunas zonas de inundación, utilizados para la agricultura y pastoreo. Por otra parte los segundos derivados de las cenizas volcánicas de vocación preferentemente forestal están cubiertos de bosque de coníferas y latifoliadas, de igual forma utilizados por la población en la agricultura obteniendo bajos rendimientos, presentando problemas de acidez, salinidad y retención de nutrientes. (Ver Tabla 21)

En las zonas planas sujetas a inundación o que tuvieron gran presencia de agua se encuentran los suelos, Planosoles, Vertisoles, Solonchaks, Fluvisoles, Histosoles y Gleysoles, no obstante que originalmente estuvieron cubiertos de vegetación natural son suelos con gran cantidad de arcillas, profundos que permiten la retención de agua, se utilizan fundamentalmente para la agricultura y desarrollo urbano.

La presencia de los suelos Acrisoles y Luvisoles está determinada por el clima y la precipitación y por material sedimentario, son suelos con subsuelo rico en arcilla encontrándose principalmente al norte, sur y suroeste del estado.

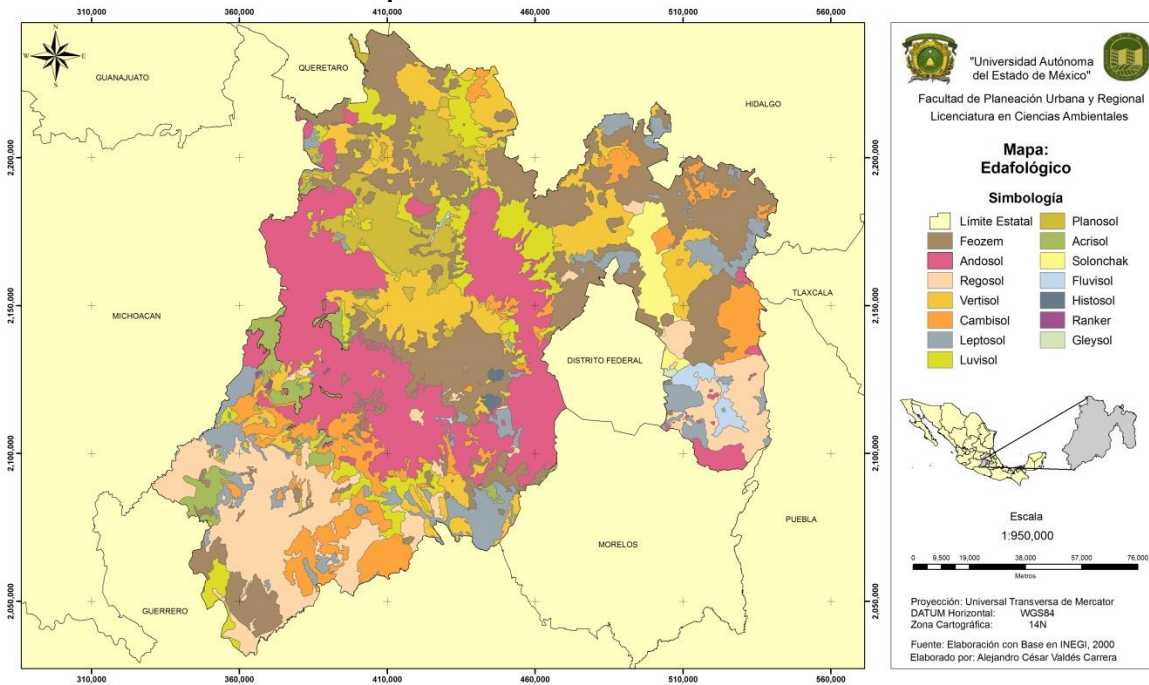
Los suelos Regosoles, Leptosoles, Rankers y Cambisoles suelos poco profundos derivados de la roca que los subyace y dependientes de la vegetación que se desarrolla en ellos ocupan las laderas y cimas de las sierras, ubicadas al suroeste, sur y este del estado. Su cubierta natural es la selva baja caducifolia, aunque presentan también pastizales y bosque de coníferas y latifoliadas. (ver Mapa 5)

Tabla 21. Tipos de suelo del Estado de México

Tipo de Suelo	Área (ha)	% de la superficie total del Estado de México
Feozems	519921.63	23.27%
Andosoles	465658.32	20.84%
Regosoles	281258.95	12.59%
Vertisoles	246467.19	11.03%
Cambisoles	190560.02	8.53%
Leptosoles	153443.87	6.86%
Luvisoles	141678.39	6.34%
Planosoles	109793.76	4.91%
Acrisoles	55320.39	2.47%
Solochanks	40650.67	1.81%
Fluvisoles	18634.56	.83%
Histosoles	4371.28	.19%
Ranker	1214.13	.054%
Gleysoles	1128.16	.050%

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2000.

Mapa 5. Suelos del Estado de México



Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2000.

La historia geológica, relieve, topografía y régimen climático son factores determinantes en la definición de la diversidad biológica del Estado de México. Cabe recordar que el Sistema Volcánico Transversal divide al país y, por ende, a la entidad en dos grandes regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical.

La región Neártica comprende la porción centro y norte del territorio estatal, la región Neotropical abarca la parte suroeste, concretamente la zona cálida de la cuenca del Río Balsas. En las zonas cercanas a 300 msnm se desarrolla la selva baja caducifolia, hasta un conjunto de planicies ubicadas a 2 250 y 2 600 msnm, correspondientes a la Cuenca de México y Cuenca del Río Lerma, donde predomina la vegetación de bosques templados, matorrales espinosos, humedales y pastizales de altura, entre otros. (GEM, 2009)

La entidad tiene un registro de 3 896 especies silvestres, 2 500 son de flora y 1 396 de fauna (tabla 22). También llegan diferentes especies de aves migratorias, principalmente patos y la mariposa monarca. Asimismo, cuenta con especies endémicas de plantas y mamíferos.

Tabla 22. Biodiversidad del Estado de México

Grupo	Número de Especies
Flora	2500
Mamíferos	152
Aves	396
Reptiles	93
Anfibios	53
Peces de Agua dulce	34
Invertebrados	668
Total Estatal	3896

Fuente: Elaboración con base en GEM, 2009.

3.1.2 Condiciones Socioeconómicas

La situación demográfica del Estado de México es resultado del rápido crecimiento de su población, a partir de 1960 ha experimentado tasas de crecimiento promedio anual hasta de 7 %. En el inicio del siglo XXI, la población total de la entidad pasó de 13.1 a casi 15.2 millones de habitantes en el periodo de 2000 a 2010 (INEGI, 2010a), el hecho de contar con más de 15 millones de habitantes y sólo poseer 1.1 % del territorio nacional, hace al Estado de México el más poblado del país y el segundo con la mayor densidad poblacional después del Distrito Federal, con 623 habitantes por kilómetro cuadrado.

Esto aunado a que en la entidad se localizan dos de los más importantes centros urbanos del país: la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) conformada por 22 municipios y asentada en la parte central de la entidad; y la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco (ZMVCT) la cual comprende 59 municipios y que, junto con las 16 Delegaciones del Distrito Federal y el municipio de Tizayuca, Hidalgo, conforman la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) abarcando casi un 75% de la población del estado (Tabla 23)

Los municipios de ambas zonas metropolitanas se caracterizan por estar en vías de consolidación urbana, es decir, que aún mantienen características rurales pero con una marcada tendencia hacia la urbanización con un importante componente de comercios y servicios. Los 44 municipios restantes que circundan a las zonas metropolitanas se caracterizan por diferencias micro regionales y una limitada articulación entre sus localidades, principalmente son zonas con escasa intercomunicación debido a las condiciones topográficas que dificultan su integración con el resto de la entidad.

Tabla 23. Población Zonas Metropolitanas

Zona	Municipios	Población	Porcentaje %
Valle Cuautitlán- Texcoco	59	10462421	74.69
Valle de Toluca	22	1917002	13.69
Resto del Estado	44	1628072	11.62
Total Estatal	125	14007495	100

Fuente: Elaboración con base en GEM, 2009.

La población que habita en zonas forestales o que depende de actividades forestales se distribuye en 58 de los 125 municipios del estado cuantificando a la población que habita este sector en 69,073 habitantes, de esta población el 83.7% habita en zonas consideradas como rurales y la mayoría de esa población carece de algún servicio básico. En localidades consideradas como urbanas solo vive un 16.5% de población forestal. En el estado suman 361 mil personas que hablan lenguas indígenas y 166 mil personas reportadas en municipios forestales,

que representan el 53% de toda la entidad, lo cual indica que una parte significativa de la población en municipios forestales es indígena, podemos tomar como ejemplo San José del Rincón y San Felipe del Progreso (GEM, 2010).

El Estado de México presenta una economía altamente diversificada, la economía mexiquense ocupa el segundo lugar nacional, sólo por debajo del Distrito Federal, que genera poco más de 20 % del producto interno bruto (PIB) del país, en tanto el PIB estatal representa alrededor de 10 %. En la entidad se encuentran establecidas 364,921 unidades económicas de diversas ramas de actividad, el 12.1 % del país, las cuales dan empleo a 1.5 millones de personas, esto es, 9.4 % del personal ocupado en México. (GEM, 2009)

En la entidad destaca el sector Agrícola, ya que es uno de los principales productores de maíz en el país. Las especies hortícolas más importantes que se cultivan son papa, chícharo, haba, tomate, jitomate y zanahoria. Asimismo, entre los productos frutícolas se encuentran la tuna, el aguacate y el durazno. El Estado es el primer productor nacional de flor de corte; aproximadamente 17.8 % se produce en condiciones de invernadero y el resto a cielo abierto. Entre las especies cultivadas destacan la rosa, el crisantemo, el clavel, la gerbera y el gladiolo. De la superficie de suelo destinada a uso agrícola poco más de 21 % es de riego y punta de riego, el resto es de temporal. (ibíd.)

En cuanto a producción Ganadera la entidad registra el mayor inventario en la producción de ovinos (borregos) del país con alrededor de 1.7 millones de cabezas y una producción promedio cercana a seis mil toneladas anuales. Con este volumen de producción se cubre 25 % de la demanda de la entidad, estimada en más de 24 mil toneladas. La producción de bovinos (vacas) para carne se desarrolla prácticamente en toda la entidad. En los últimos años la producción de carne de bovinos se ha mantenido por arriba de las 37 mil toneladas de carne. Respecto a la producción de carne de porcino, aves y huevo, ésta se desarrolla generalmente como una actividad de gran escala, mientras que la producción de conejo, pato y otros animales de corral se desarrolla en menor escala. (ibíd.)

En cuanto a Silvicultura, la cobertura forestal constituye un valioso recurso natural con funciones económicas y ambientales. De la superficie total de la entidad, alrededor de 33 % tiene vocación forestal alta. Las principales especies maderables utilizadas en el Estado de México corresponden a pino, oyamel, cedro, encino, aile y madroño las cuales pertenecen a bosques templados distribuidos principalmente en el volcán Nevado de Toluca, Sierra de las Cruces, Sierra Nevada y de Zempoala. Respecto a los productos no maderables que se

obtienen de los bosques están las resinas, musgo, hongos, leña, tierra de monte y tierra de hoja. (ibíd.)

El tema de Industria Manufacturera es importante ya que en la entidad existen 35 mil 343 unidades manufactureras las cuales representan 10.8 % del total nacional. Considerando la producción bruta total, entre los principales subsectores de la industria manufacturera están la alimentaria, la automotriz, la química, la del plástico y la del papel. Los estratos de la industria mexiquense según tamaño son micro 91.1 %; pequeña, 5.2 %; mediana 2.6 %; y grande 1.1 %. En materia de infraestructura la entidad cuenta con 85 parques, zonas y corredores industriales. Cabe destacar que la actividad industrial se concentra en 17 municipios en los cuales se asienta 68.1 % de los establecimientos de este ramo. (ibíd.)

3.2 Usos y Coberturas del suelo

3.2.1 Estado de las Coberturas del suelo

Siendo el Estado de México la entidad más poblada del país con 15,175, 862 habitantes (INEGI, 2010a), la presión que ejerce la población sobre las cubiertas del suelo a través de su aprovechamiento en las actividades agropecuarias, forestales y urbanas ha alcanzado ritmos alarmantes. Y aunque más del 70% de la población está catalogada como urbana, su territorio tiene una vocación natural forestal, la cual ha sido alterada por la agricultura, la ganadería y crecimiento urbano principalmente en los valles de Toluca y Cuautitlán Texcoco. Es decir que los factores determinantes de la alteración de los ecosistemas terrestres, están definidos por el crecimiento demográfico y las actividades económicas.

Las cubiertas del suelo refieren la naturaleza o forma física de la superficie del terreno que puede ser identificada visualmente en campo o a través de medios de percepción remota. Algunas cubiertas llevan implícito un uso (cultivos/uso agrícola) aunque no siempre hay una relación directa bosque/uso silvícola, conservación o recreación y, el uso del suelo expresa el aprovechamiento o los fines económicos de las cubiertas del suelo (Ramírez, 2001). Un estudio de cobertura y uso del suelo supone analizar y clasificar los diferentes tipos de cobertura y usos asociados, que el hombre practica en una zona o región determinada, su importancia radica en que a escala global, regional y local, destacan los cambios en el uso del terreno lo que está transformando la cobertura a un paso acelerado. (Santiago, 2008)

Algunos estudios aportan elementos para sostener los procesos de degradación y fragmentación de las cubiertas del suelo, el estudio realizado por Franco *et al* (2006) en el Nevado de Toluca en el período 1970-2000, identificó los procesos de disminución y/o incremento en la densidad de las cubiertas del suelo, reporta que poco más de 9 700 has. de bosques de pino, oyamel y latifoliadas, sufrieron pérdidas de densidad, esto representó 20% de la superficie del área natural protegida y que las zonas boscosas que mostraron incrementos apenas alcanzaron 4 800 ha.

Aunque en términos generales se abunda poco sobre la explicación de las causas que promovieron la situación, es posible señalar que el balance negativo entre la densidad y la recuperación (-4900 has.), evidencia procesos activos de fragmentación del bosque que pueden ser atribuidos a las actividades agropecuarias y la tala clandestina que realizan los pobladores.

Por su parte Pineda, *et. al.* (2009) en su estudio sobre el cambio de uso del suelo en el Estado de México, describe los cambios en la cobertura y uso del suelo sucedidos en el en el periodo 1993-2002. Calcula los cambios, intercambios y transiciones sistemáticas que afectan la pérdida de la cobertura forestal, aplicando métodos de regresión multivariantes para explicar las posibles causas que provocan este proceso de deforestación regional.

No obstante que las explicaciones son meramente numéricas, los resultados muestran que las categorías de bosque tienen cambios netos bajos, pero valores de intercambio altos. Las transiciones sistemáticas entre categorías revelan una dinámica de perturbación-recuperación forestal. Los modelos de regresión lineal múltiple señalan que los factores demográficos a nivel municipal son los que más inciden en la pérdida del bosque. Los modelos de regresión logística explican que la mayor pérdida ocurre en zonas boscosas más próximas a las zonas agrícolas. Asimismo, las zonas con alta fragilidad ecológica son las que presentan mayor susceptibilidad a ser deforestadas.

En ausencia de estudios de este tipo que analicen la situación de la vegetación de la zona sur de la entidad, el estudio botánico realizado por Fernández y colaboradores (1998), proporciona información para argumentar la importancia de la selva baja caducifolia y el bosque de encino en el Estado de México.

El estudio parte de considerar que los datos existentes sobre la vegetación que se desarrolla en la cuenca del río Balsas no son muy abundantes, por lo que esta zona es una de las regiones del país menos conocidas desde el punto de vista botánico.

No obstante que en el trabajo anterior no se hace referencia específica al Estado de México, se puede apreciar que los ecosistemas terrestres más importantes son el bosque de coníferas, la selva baja caducifolia y el bosque de encino o latifoliadas.

El trabajo de Fernández y colaboradores (1998) es importante, no solo para mostrar la diversidad botánica de la cuenca del Balsas, sino también para confirmar que las comunidades vegetales más afectada en el período 1970-2000 en términos de la merma de la superficie ocupada, son la selva baja caducifolia y el bosque de encino o latifoliadas.

En la vertiente de la ganadería se destaca la importancia de la vegetación nativa en la alimentación animal (Ortega et al, 1999). Desde este punto de vista se confronta la capacidad productiva de la vegetación natural y la de los pastos introducidos. En la vegetación nativa encuentran la oportunidad de diversificar la dieta de los animales y evitar su devastación ocasionada por el establecimiento de los potreros e introducir otras especies de pasto de mayor productividad, sin embargo a pesar de que se recomienda no desproveer superficie de terreno de más de 15% de la vegetación nativa, esta práctica es común en el Estado de México. Los daños colaterales se observan en la aceleración de la erosión, la pérdida de la biodiversidad y por lo tanto del potencial productivo aprovechable.

No obstante que los estudiosos de la producción ganadera ven en la vegetación nativa un potencial productivo para el sector, así lo muestra el interés por identificar los patrones de crecimiento de pastos nativos en un bosque de encino del Estado de México (Bernal et al, 2006). En este tipo de trabajos se busca el mejor aprovechamiento de los pastizales naturales a partir de los componentes esenciales para la alimentación del ganado, pero no se visualiza la importancia de la conservación del ecosistema en su conjunto.

En síntesis, el desmonte de las comunidades vegetales de selva baja caducifolia y bosque de encino se corresponde con el avance de los pastizales inducidos para la ganadería, cuyo propósito es principalmente la carne y en segundo término la leche.

En otra perspectiva y con la finalidad de ofrecer una línea de estudio para analizar los factores que provocan la degradación y la deforestación de las cubiertas del suelo, y su relación con el cambio climático, Orozco et al (2011a) señala que los factores de presión directa e indirecta caracterizan el estado de los ecosistemas terrestres en un determinado momento y lugar, y los factores sociales refuerzan la explicación de las transformaciones biofísicas en su

dimensión espacial y temporal. La combinación de ambos enfoques confirma la pérdida de sumideros de carbono, cambios previsibles en las condiciones climáticas, deterioro del patrimonio natural y la necesidad de implementar estrategias de adaptación específicas y en diferentes escalas.

Los resultados del trabajo destacan el carácter regional del patrón histórico de la deforestación y el cambio de uso del suelo en la entidad mexicana, señala que la dominancia de la agricultura extensiva, la distribución del pastizal y la vegetación secundaria, determina el patrón de degradación-fragmentación-deforestación en los bosques y selvas del alto río Balsas, la degradación-fragmentación del bosque templado en el alto río Lerma, y la fragmentación-deforestación en los bosques y los matorrales suscitada por las actividades agropecuarias y la urbanización en la subcuenca del río Tula.

La conclusión expresa que la expansión histórica del uso del suelo agropecuario ha causado cambios severos en la composición, estructura y funciones de las cubiertas vegetales, sin embargo la falta de alternativas de empleo, las restricciones para el aprovechamiento de los recursos forestales y la pobreza creciente, son las verdaderas causas de la deforestación y el deterioro de los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas terrestres.

Orozco y colaboradores señalan que entre los factores de presión que inducen la alteración o modificación de las condiciones ecológicas en un conjunto de tierras y las coberturas vegetales asociadas, destaca el aprovechamiento forestal, la tala ilegal, los incendios forestales, las plagas y las actividades agropecuarias. La importancia de los factores de presión varía de acuerdo con la vegetación de que se trate, en los bosques destacan los incendios, las plagas, los cambios de uso de suelo y la tala clandestina; y en las selvas las plagas y las enfermedades, el cambio de uso de suelo, los incendios y en general los conflictos agrarios y la pobreza extrema.

De acuerdo a las fuentes consultadas anteriormente se puede resumir que el estado de las coberturas del suelo dentro de la entidad es consecuencia directa de las actividades que la población desarrolla en ellas, ya que toma a estas coberturas como fuente primaria de recursos.

Poniendo énfasis en los bosques de coníferas y de encino o latifoliadas se observa que presentan procesos activos de degradación y fragmentación que son impulsados directamente por las actividades agropecuarias y tala clandestina que realiza la población aledaña a ellos, por lo tanto la mayor pérdida forestal se da en áreas cercanas a zonas agrícolas y ganaderas como es el caso de la cuencas del alto río Lerma y Balsas.

Para el caso de la selva baja caducifolia presente en la cuenca del Balsas al sur de la entidad, se observa que históricamente es una de las comunidades vegetales más afectadas, principalmente por el pastoreo y las actividades ganaderas ya que la selva baja presenta un alta capacidad productiva en su vegetación nativa y un terreno apto para la introducción de pastos con fines ganaderos y de pastoreo, usualmente sembrados sin conservar cierto porcentaje de vegetación nativa que permita la regeneración natural del terreno, por lo que se aceleran los procesos de erosión, pérdida de la biodiversidad del ecosistema y del potencial productivo del mismo.

Se muestra entonces que los ecosistemas naturales de bosque de coníferas, bosque de latifoliadas y selva baja caducifolia existentes históricamente en el estado han sido mayormente modificados por las actividades productivas y de crecimiento poblacional, ocasionando así la ocupación de estas áreas por pastizales, cultivos y asentamientos humanos.

3.2.2 Uso del suelo y la emisión de gases de efecto invernadero

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INE, 2006) reporta que la contribución de las emisiones de GEI de las diferentes categorías en términos de CO₂ equivalente en 2002, es la siguiente: Energía 61%; Uso del suelo, Cambio de Uso del suelo y Silvicultura (USCUSS) 14%; desechos 10%; procesos industriales 8% y agricultura 7%. La estimación de las emisiones se basó en la estandarización de la clasificación de vegetación y uso del suelo a nivel histórico en México y en promedios anuales de GEI para el periodo de 1993-2002.

Este trabajo se aboca principalmente al uso del suelo y a la categoría de agricultura. En nuestro país se estima que la categoría USCUSS es la segunda fuente de emisión de GEI, emite 86,877 Gg de GEI de CO₂ equivalente, aporta el 14% de las emisiones totales, el 64.63% de las emisiones se debe a la *combustión y descomposición* de biomasa aérea asociada a la conversión de bosques a otros usos (SEMARNAT-INE, 2006).

Los gases de efecto invernadero (GEI) que están relacionados con las actividades agropecuarias y las coberturas del suelo, son: El bióxido de carbono CO₂, el metano CH₄ y el óxido nitroso N₂O (Ver Tabla 24). No obstante que la quema de combustibles fósiles es la principal fuente de emisiones de Bióxido de carbono (CO₂), otras fuentes directas son la quema de residuos o desechos de cultivo y los incendios forestales, el metano tiene su principal fuente de emisión en la producción pecuaria y el óxido nitroso en la degradación de los suelos y el uso de fertilizantes.

Tabla 24. Fuentes de emisión de GEI

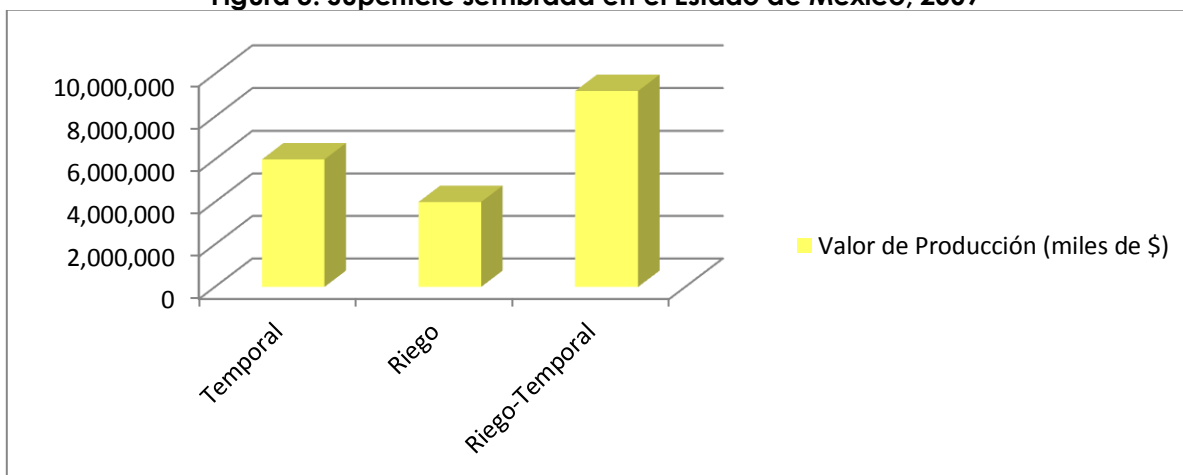
Nombre		Potencial global de calentamiento (CO ₂ e)	Vida media en años	Origen o fuente
Bióxido de Carbono	CO ₂	1	50 a 200	Quema combustibles fósiles, incendios forestales
Metano	CH ₄	21	12 ± 3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, residuos municipales, emisiones fugitivas
Óxido Nitroso	N ₂ O.	310	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos

Fuente: Elaborado con base en GEM, 2008.

Tomando en cuenta que el uso del suelo se refiere al aprovechamiento de las cubiertas del suelo, con fines agrícolas, pecuarios, forestales y otros usos. La emisión de gases de efecto invernadero está asociada a la intervención humana. En la agricultura las emisiones corresponden a metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O) y óxidos de nitrógeno (NO_x), procedentes de los sistemas de cultivo que generan una gran cantidad de desechos o residuos, la quema de éstos en campo es una práctica común; y en cuanto a la quema de áreas forestales éstas son derivadas de los incendios ocurridos en la época seca.

La importancia de la actividad agrícola en el Estado de México se observa en la participación de la superficie sembrada en el año agrícola 2009, en este año se sembraron un total de 1,525, 186.66 hectáreas, mismas que representaron el 68.27% de la superficie estatal (2,233, 759.35 hectáreas), (Ver figura 3).

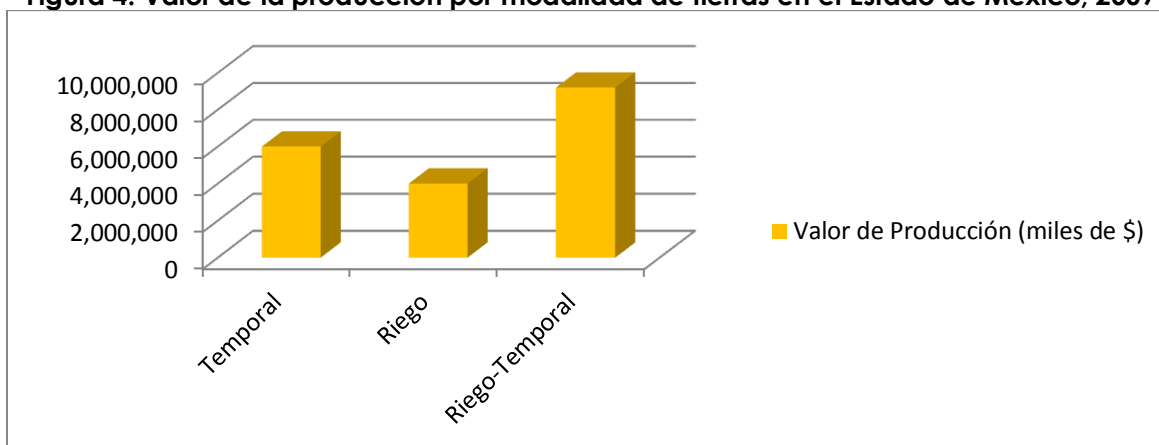
Figura 3. Superficie sembrada en el Estado de México, 2009



Fuente: Elaboración con base en SIAP ,2009.

En el año de referencia la agricultura generó un valor de la producción por 19'199,760.3 miles de pesos. Orozco *et al* (2011b) señala que el proceso de producción agrícola se ha intensificado particularmente en el cultivo de maíz, lo que significa no solo la ampliación de riego, sino el incremento de la aplicación de agroquímicos, tanto en tierras de temporal alto, como en las tierras de riego y riego y temporal (Ver Figura 4).

Figura 4. Valor de la producción por modalidad de tierras en el Estado de México, 2009



Fuente: Elaboración con base en SIAP, 2009.

El uso de agroquímicos asociado a las prácticas agrícolas, se constituye en una fuente importante de gases de efecto invernadero y en los trabajos relacionados con la siembra y el manejo de la tierra, rastra y escarda principalmente, ocasionan pérdidas efectivas de carbono desde el suelo.

Las emisiones producidas por el uso del fuego se ubican en la categoría de agricultura, incluye las quemadas programadas y las quemadas in situ de residuos agrícolas en las que destaca la emisión de CO₂, CH₄ y N₂O (SEMARNAT-INE 2009), y los incendios forestales se constituyen en una amenaza que repercute directamente en las existencias de la cubierta vegetal y en la emisión directa de GEI hacia la atmósfera.

La cantidad de desechos o residuos agrícolas quemados para el año 2008 en el Estado de México fue de 1 375.5 hectáreas y para el caso de suelos forestales siniestrados o incendiados fue de 2 373.7 hectáreas. Los factores de emisión por la quema de biomasa en suelos de cultivo y forestales, indican que el gas más abundante emitido directamente a la atmósfera es el monóxido de carbono (CO). (Ver Tabla 25)

Tabla 25. Factores de emisión por quema de biomasa

GASES	Quema de residuos o desechos de cultivo	Quema de suelos forestales (incendios)
	g GEI/kg de materia seca quemada	
CH ₄	2.70	6.10
N ₂ O	0.06	0.60
CO	92.00	78.00
NOx	2.50	1.10

Fuente: Elaboración con base en GEM, 2008.

Quintero y colaboradores (2008) explican con detalle sobre las emisiones producidas por la combustión de residuos agrícolas, indica que en este proceso se produce ceniza (minerales que no se incineran), humos condensados y otros productos de la combustión incompleta. La combinación del oxígeno con sustancias compuestas por carbón, hidrógeno y azufre, genera calor, luz, bióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua, si es poco el oxígeno disponible y la biomasa está húmeda, se produce el CO y hollín (partículas de carbono sin quemar). Las partículas de carbono absorben vapores orgánicos del humo y las sólidas pueden estar cubiertas de contaminantes dañinos para la salud.

Orozco y colaboradores (2011b), señalan que en el Estado de México, el 72% de la superficie forestal y el 50% de la superficie agropecuaria están bajo el régimen de propiedad social, esta distribución de la propiedad de la tierra determina las prácticas de uso de la tierra: Quemadas periódicas, agricultura de subsistencia, pastoreo extensivo y el aprovechamiento legal e ilegal del bosque maderable, lo que perfila una problemática compleja que induce la alteración de los ciclos de renovación natural y la pérdida del patrimonio ambiental de múltiples comunidades rurales marginadas.

En este trabajo se realizó el análisis de la incidencia de incendios en el período 1998-2001, cuyos resultados reportan que en el estado el arbolado con 12.1% fue el menos afectado por siniestros, de lo contrario los arbustos y matorrales con 46.7% y los pastos naturales con 41.2% fueron los más afectados por los siniestros (Ver Tabla 26).

Tabla 26. Índice de afectación de los incendios forestales por tipo de vegetación, 1998-2001

	Incendios	Sup afectada	Pastos naturales	Arbustos y matorrales	Arbolado	ISA
1998	3649	25847	9616	12350	3881	7.1
1999	1512	4190	1666	1952	572	2.8
2000	2152	6835	3016	3125	694	3.2
2001	986	2845	1338	1229	278	2.9
Total	8299	39717	15636	18656	5425	4.8

Fuente: Orozco et al, 2011.

En ausencia de datos por tipo de vegetación, los autores construyeron el escenario regional del año 1988 (año de decreto de la LGEEPA), el cual evidencio que la cuenca del río Balsas y la cuenca del río Panuco presentaron la mayor afectación en la superficie de arbustos y pastizales, precisan que la generalización encubrió la fragilidad de la selva baja caducifolia y el matorral espinoso ante la propagación libre del fuego y la presión ejercida por la ganadería. Concluyen que los incendios han acelerado la degradación de las cubiertas del suelo y contribuido al incremento de la vegetación secundaria y las áreas desprovistas de vegetación.

El ganado bovino, porcino, ovino y caprino, conforman la ganadería de importancia de la entidad, los bovinos y los porcinos contribuyen con el 65% y 22% de las existencias de ganado en pie, para la producción de carne y leche en su caso. La contribución de la actividad pecuaria en la emisión de GEI, es metano (CH_4), este gas procede de la fermentación entérica que se genera durante la digestión, por los microorganismos presentes en el aparato digestivo fermentando el alimento consumido por el animal y éste puede ser exhalado o eructado por éste. En cuanto al CH_4 procedente del manejo de excretas, obedece a su descomposición en condiciones anaeróbicas, esas condiciones se presentan cuando se crían grandes cantidades de animales en un área confinada como por ejemplo los corrales de engorda y fábricas de carne (rastros), (Ver Tabla 27).

Tabla 27. Existencias de ganado y factores de emisión de metano

Especie ganadera	No. de cabezas-año	Factores de emisión para la fermentación entérica (kg CH_4 /cabeza-año)	Factores de emisión por el manejo de excretas (kg CH_4 /cabeza-año)
Bovino	633 150	121.00	78.00
Ovino	844 267	5.00	0.15
Caprino	243 805	5.00	0.20
Porcino	580 184	1.00	31.00
Aves de corral	708 053	^{a/} FEND (Factor de emisión no determinado).	0.02

Fuente: GEM, 2008.

En síntesis, la emisión de gases de efecto invernadero generadas por las actividades ganaderas y la quema de biomasa forestal y agrícola para el Estado de México fue de 3 165.712 Total en Gg de CO_2 equivalente. (Ver Tabla 28)

Tabla 28. Emisiones de GEI en Gg y Gg de CO₂ equivalente

Actividad	Emisiones (Gg)				
	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	N
Fermentación Entérica	82.632	-	-	-	-
Manejo de Excretas	67.554	-	-	-	-
Emisiones directas de N ₂ O	-	0.009	-	-	1.114
Emisiones indirectas de N ₂ O	-	0.001	-	-	1.546
Quemado de biomasa de residuos o desechos de cultivo	0.030	0.001	1.012	0.028	-
Quemado de biomasa de suelos Forestales (incendios)	0.328	0.003	4.199	0.159	-
Total	150.543	0.014	5.211	0.187	2.660
Total en Gg de CO ₂ equivalente	3,161.413	4.300			

Fuente: Elaboración con base en GEM, 2008.

3.2.3 Análisis espacial del uso de suelo 1976, 1998, 2009

El uso de suelo describe la utilidad que el hombre le da a las características con las que cuenta el suelo, sin embargo la mayoría de las veces el uso que se le da al suelo no es acorde con la aptitud natural del mismo. El uso de suelo no está solamente determinado por las características biofísicas del suelo y de la vegetación del territorio, sino que es meramente influenciado por la población y las actividades que esta realice en el mismo durante un periodo de tiempo determinado.

A continuación se muestran los mapas de Uso de suelo y Vegetación para el año 1976, 1998 y 2009, dichos mapas fueron elaborados con base en cartografía hecha por el INEGI de Uso de Suelo y Vegetación Serie I (1976), Serie II (1998) y Serie IV (2009).

Los mapas permitieron realizar un análisis espacial del proceso de uso de suelo y cambio de uso de suelo desarrollado durante más de treinta años en el Estado de México.

Para un mayor entendimiento de los mapas, es importante mencionar que las áreas con cobertura boscosa presentan en la mayoría de los casos aprovechamiento forestal/uso silvícola, uso recreativo, conservación y pago por servicios ambientales. Dentro de la entidad los bosques se localizan en la Sierra de Monte Alto, Sierra de Monte Bajo, de las Cruces, del Ajusco, Sierra de Río Frío, Sierra Nevada, y de San Andrés, Mesa de los Pinos, Sierra de Patlachico, Sierra de Valle de Bravo, Sierra Morelos, Sierra de Nanchititla y de Temascaltepec, Sierra del Hospital, Sierra la Goleta, Sierra San Vicente y Sierra de Zacualpan. Los tipos de bosque más representativos en el estado son: bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque mesófilo de montaña, bosque de táscate, bosque cultivado, bosque de cedro.

El Pastizal presenta principalmente un uso para pastoreo y crianza de ganado, los tipos de pastizal que se presentan dentro del estado son el Pastizal Natural ubicado en la parte norte del estado, el cual se distribuye principalmente entre la zona de transición de matorrales xerófilos y bosques, Pastizal Halófilo cuya presencia es independiente al clima, se desarrolla en suelos salino-sódicos presente en la zona este y noreste de la entidad, Pastizal Inducido presente en todo el territorio estatal es aquel que surge cuando es eliminada cualquier vegetación original principalmente producto de desmonte e incendios, Pastizal Cultivado se distribuye de igual forma en todo el territorio estatal y presenta especies que no son nativas del estado y para su cuidado y producción son necesarias labores de cultivo y Pradera de Alta Montaña son comunidades de pocos centímetros de altura con aspecto cespitoso (Pradera), amacollado (Zacatonal) o arrosado que se establecen en las partes altas de las montañas y

volcanes del estado generalmente después del límite altitudinal de la vegetación arbórea.

Las Selvas presentan un aprovechamiento forestal y agropecuario con pocas zonas sujetas a conservación, en el estado solo se desarrolla la selva baja caducifolia ubicándose en la parte sur y suroeste, presenta una altura de 4 a 15 metros como máximo, se desarrolla en el clima cálido y semicálido, y está presente principalmente en laderas de montañas en suelos bien drenados.

Los Matorrales presentan de igual forma aprovechamiento forestal y agropecuario, los tipos de matorrales que se presentan dentro del estado son el Matorral Crasicaule representado por cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos como los nopales, además de chollas y huizaches, y el Matorral Desértico Rosetófilo el cual presenta especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado como los magueyes y agaves. Ambos tipos de Matorral se desarrollan al norte y noreste de la entidad en la zona de clima semiárido.

Otros tipos de vegetación esta categoría presenta uso agropecuario, se refiere a comunidades vegetales que presentan características de origen y fisonómicas que las distinguen del bosque, selva, matorral y pastizal. Estos tipos de vegetación también están asociados a vegetación secundaria y erosión.

Dentro de esta categoría se encuentran la Vegetación Halófila que es vegetación arbustiva o herbácea que se desarrolla en suelos con alto contenido salino ubicándose al noreste de la entidad, el Mezquital es una comunidad dominada principalmente por mezquites que son árboles espinosos de máximo 10 metros de altura que en climas áridos se desarrollan como arbustos, se ubican al noreste del estado, el Tular se refiere a la vegetación característica de los humedales formada por especies arraigadas, sumergidas, emergidas o flotantes que generalmente crecen en cuerpos de agua estancada y en las riberas de los ríos, que mide de 80cm a 2.5 metros de altura, las especies características son el tule, el tulillo y el carrizal, se ubica al centro y este de la entidad, el Palmar es una asociación de plantas de la familia Arecaceae (Palmae) llegan a medir hasta 30m, generalmente se desarrollan en suelos profundos, se encuentra al suroeste de la entidad en asociación con la selva baja, por último las Áreas sin Vegetación Aparente estas áreas se describen por eriales, depósitos litorales, jales, dunas y bancos de ríos que se encuentran desprovistos de vegetación o que ésta no es aparente, principalmente en el estado esta clasificación se le da a las partes más altas de los volcanes donde no se observa vegetación como lo son los cráteres, se ubican en pequeños manchones en la parte centro, norte y este de la entidad.

Un área que se describe por sí misma su uso es el Área Agrícola, engloba a la Agricultura de Temporal y la Agricultura de Riego, ambos tipos de agricultura se ubican a lo largo y ancho del estado teniendo una mayor demanda la agricultura de temporal, siendo el maíz el cultivo sembrado en mayor cantidad.

Otra área que se describe por sí misma su uso es la de Asentamiento Humano está considerando solo los asentamientos urbanos definidos por el parámetro para determinar una población como rural o urbana según INEGI, siendo este el número total de habitantes de una población al cambiar de rural a urbana cuando el número de habitantes es mayor a 2500, los asentamientos se ubican al noreste, centro y en pequeños manchones al sur y oeste del estado.

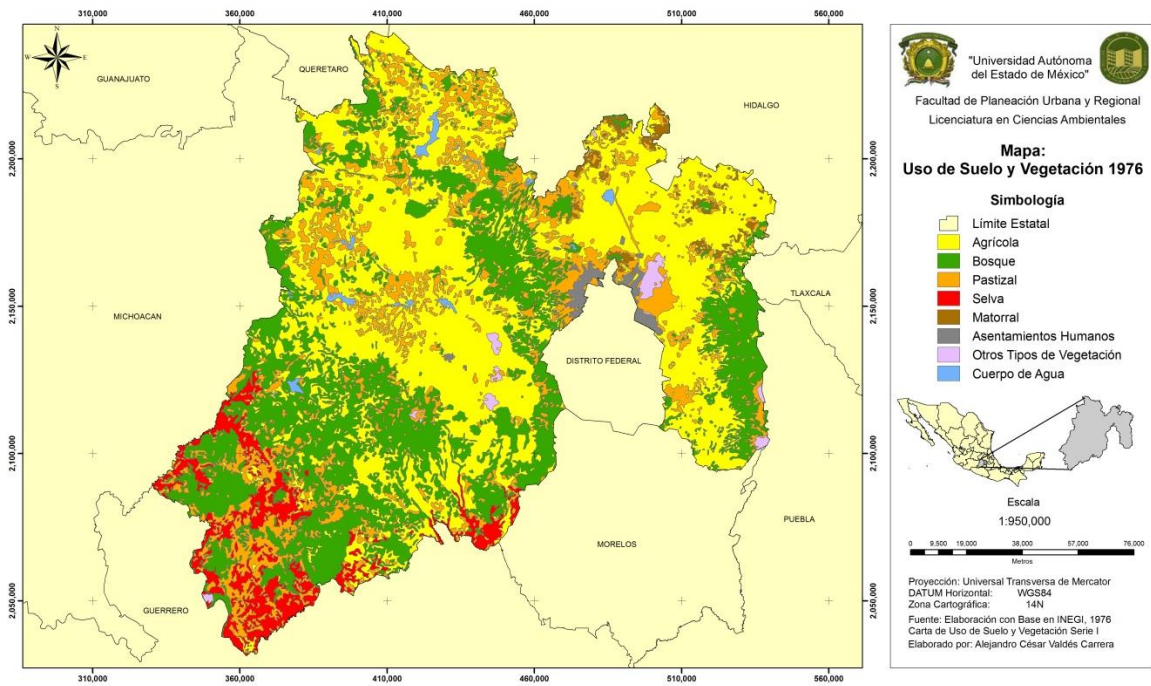
Los Cuerpos de Agua son embalses naturales o artificiales que permiten el uso del agua almacenada en ellos, principalmente para fines agrícolas o para satisfacer de agua a las zonas de Asentamientos Humanos.

El análisis de los **Usos de Suelo y Vegetación para el año 1976**, muestra que el **Área Agrícola** y el **Área Forestal (Bosque)** ocupan el mayor territorio dentro del estado cubriendo en conjunto el 74% de su superficie, la primera siendo de ambas la de mayor superficie está distribuida por todo el territorio estatal, solo dejando exenta la zona suroeste, y la segunda ubicada principalmente en las regiones montañosas del este, centro y suroeste de la entidad, ocupa la segunda posición en cuanto a extensión.(Ver Tabla 29)

El **Pastizal** y la **Selva** con casi un 23% de la superficie estatal, ocupan el tercer y cuarto lugar respectivamente, el pastizal distribuyéndose en pequeños manchones en todo el territorio estatal, predominando en el suroeste, este y norte de la entidad, y la Selva ubicándose en la parte sur del estado.

Cubriendo el 3% restante tenemos cuatro categorías que son el **Matorral** con el quinto lugar en cuanto a superficie ocupada, ubicado al norte y noreste de la entidad, los **Asentamientos Humanos** en sexto lugar distribuidos principalmente en la zona centro y noreste de la entidad, en séptimo lugar encontramos a **Otros Tipos de Vegetación** ubicados en manchones al este, centro y sur de la entidad y por último en octavo lugar tenemos a la categoría **Cuerpo de Agua** ubicados en la parte noreste, este, centro y sur de la entidad.(Ver Mapa 6)

Mapa 6. Uso de Suelo y Vegetación 1976



Fuente: Elaboración con base en INEGI, 1976.

Tabla 29. Uso de suelo y Vegetación 1976

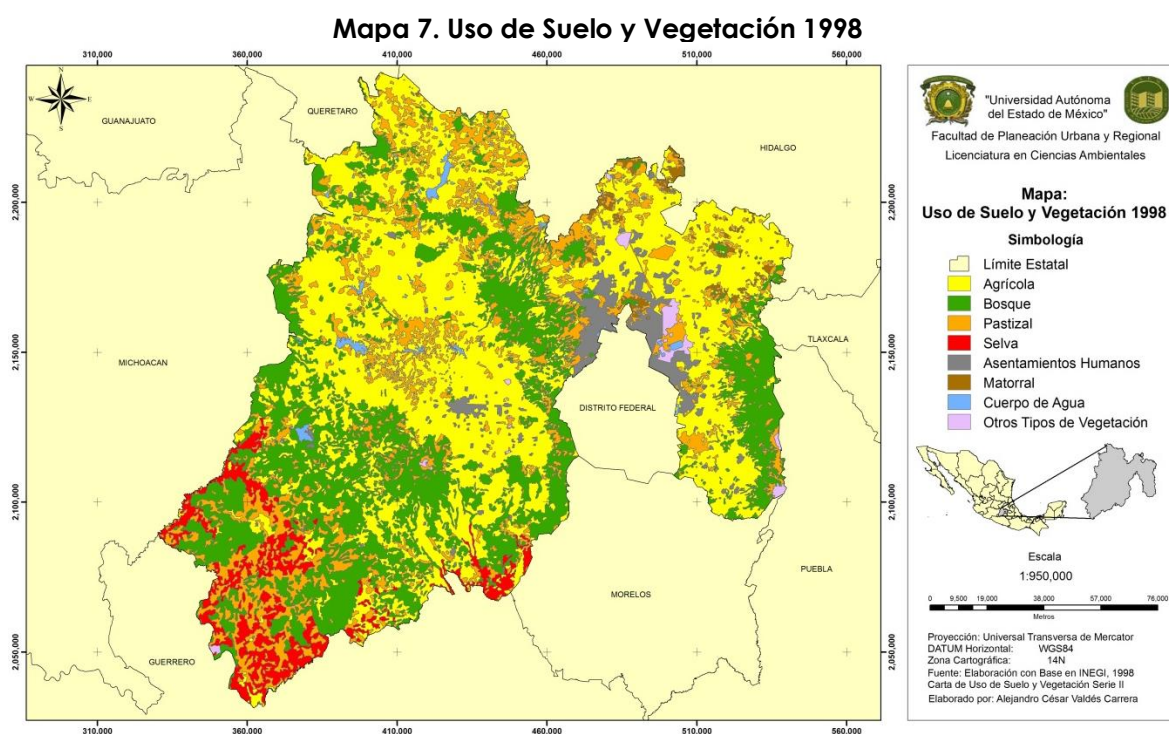
Categoría	Área (ha)	% de la superficie total del Estado de México
Agrícola	970246.9348	43.44
Bosque	683500.4042	30.60
Pastizal	387748.3605	17.36
Selva	119736.4166	5.36
Matorral	22466.7962	1.01
Asentamientos Humanos	19239.5305	0.86
Otros Tipos de Vegetación	16822.4286	0.75
Cuerpos de Agua	13998.4724	0.63

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 1976.

El análisis de los **Usos de Suelo y Vegetación para el año 1998**, muestra de igual forma que el **Área Agrícola** y el **Área Forestal (Bosque)** ocupan el mayor territorio dentro del estado cubriendo en conjunto casi el 73% de su superficie, la primera distribuida por todo el territorio estatal siendo la de mayor superficie y la segunda ocupando la segunda posición en cuanto a extensión, ubicada en las regiones montañosas de la entidad. (Ver Tabla 30)

El **Pastizal** y la **Selva** con casi un 22% de la superficie estatal, ocupan el tercer y cuarto lugar respectivamente, el pastizal distribuyéndose en todo el territorio estatal, y la Selva ubicándose en la parte sur del estado.

Cubriendo el 5% restante tenemos cuatro categorías que son los **Asentamientos Humanos** en quinto lugar distribuidos mayormente al noreste y centro, y en pequeños manchones al norte y sur de la entidad, el **Matorral** con el sexto lugar, ubicado al norte y noreste de la entidad, en séptimo lugar tenemos a la categoría **Cuerpo de Agua** ubicados en la parte norte, centro y este de la entidad y por último en octavo lugar tenemos a **Otros Tipos de Vegetación** ubicados en manchones al noreste, este, centro y sur de la entidad (Ver Mapa 7)



En el mapa anterior describe:

Tabla 30. Uso de suelo y Vegetación 1998

Categoría	Área (ha)	% de la superficie total del Estado de México
Agrícola	986236.8713	44.15
Bosque	635809.4522	28.46
Pastizal	372656.8771	16.68
Selva	109156.2514	4.89
Asentamientos Humanos	78802.8497	3.53
Matorral	18507.4195	0.83
Cuerpos de Agua	17624.7288	0.79
Otros Tipos de Vegetación	14964.8938	0.67

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 1998.

El análisis de los **Usos de Suelo y Vegetación para el año 2009**, muestra de igual forma que el **Área Agrícola** y el **Área Forestal (Bosque)** ocupan el mayor territorio dentro del estado cubriendo en conjunto casi el 74% de su superficie, la primera siendo la de mayor superficie mostrando una amplia distribución a lo largo de todo el territorio estatal y la segunda ocupando la segunda posición ubicándose en las regiones montañosas de la entidad. (Ver Tabla 31)

El **Pastizal** y la **Selva** con casi un 19% de la superficie estatal, ocupan el tercer y cuarto lugar respectivamente, el pastizal distribuyéndose en todo el territorio estatal, y la Selva ubicándose en la parte sur del estado.

Cubriendo el 7% restante tenemos cuatro categorías que son los **Asentamientos Humanos** en quinto lugar distribuidos mayormente al noreste y centro, y en pequeños manchones al norte y sur de la entidad, en sexto lugar tenemos a la categoría **Cuerpo de Agua** ubicados en la parte norte, centro y este de la entidad, el **Matorral** con el séptimo lugar, ubicado al norte y noreste de la entidad, y por último **Otros Tipos de Vegetación** en octavo lugar ubicados en manchones al noreste, este y centro de la entidad (Ver Mapa 8)

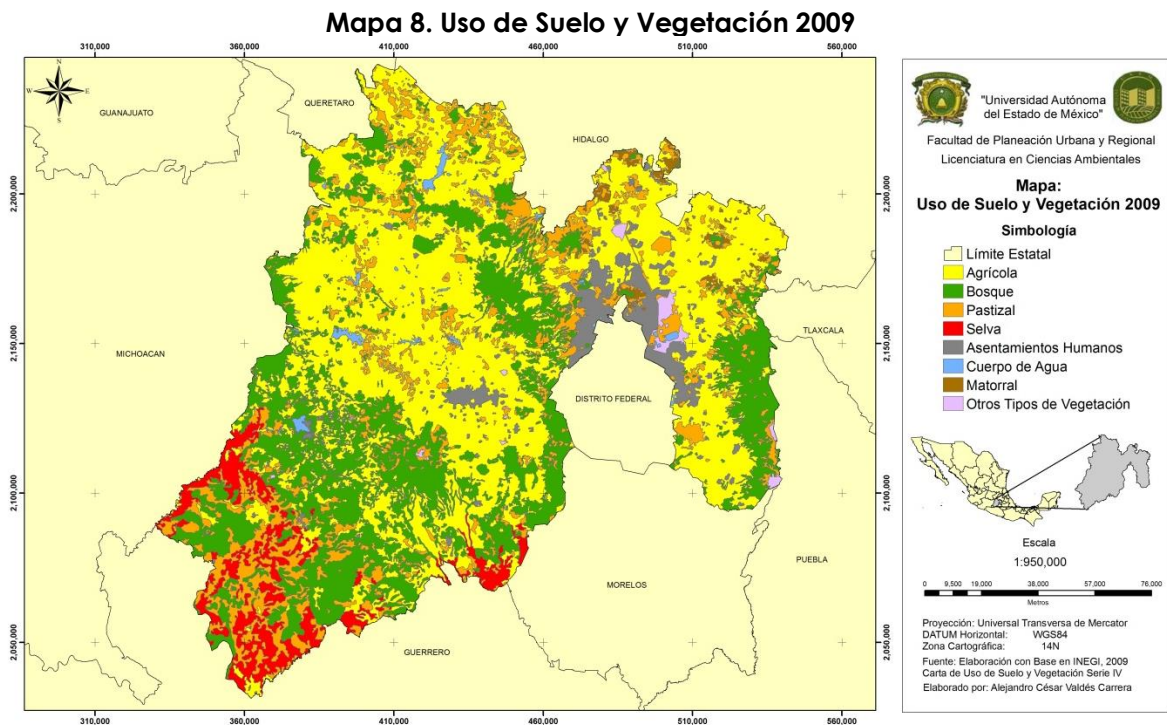


Tabla 31. Uso de suelo y Vegetación 2009

Categoría	Área (ha)	% de la superficie total del Estado de México
Agrícola	1030207.7252	46.12
Bosque	624019.9333	27.94
Pastizal	317639.5970	14.22
Selva	117443.1632	5.26
Asentamientos Humanos	93700.1629	4.19
Cuerpos de Agua	18745.3442	0.84
Matorral	18106.5682	0.81
Otros Tipos de Vegetación	13896.8498	0.62

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2009.

La lectura comparativa de la distribución de los usos del suelo en los años 1976, 1998 y 2009 muestra que en treinta y cuatro años:

El Área Agrícola y Área Forestal (Bosque) han sido las categorías con mayor extensión manteniéndose arriba del 73%, sin embargo, solo el área agrícola presenta un aumento contrario a la disminución del área forestal, lo que indica el avance de la agricultura sobre los bosques de coníferas y latifoliadas de la entidad.

De igual forma muestra que las categorías de Pastizal y Selva mantienen su posición de tercer y cuarto lugar en cuanto a extensión, y aunque ambas disminuyen su superficie, no debe olvidarse el avance del pastizal sobre la Selva Baja y Bosques de latifoliadas principalmente al sur de la entidad, sin embargo la Selva Baja también recuperó superficie en los últimos 10 años debido probablemente al abandono de pastizales y áreas de cultivo.

Por último se muestra el aumento en los Asentamientos Humanos a la par de los Cuerpos de Agua, siendo los primeros causantes de la disminución de la superficie ocupada por Matorrales principalmente al noreste de la entidad y de igual forma la disminución de superficie de Otros Tipos de Vegetación al centro del estado.

En síntesis el análisis de los mapas de Uso de Suelo y Vegetación para el año 1976, 1998 y 2009 confirman que la disminución del área forestal es causada por actividades agrícolas y pecuarias que abren áreas para cultivo talando y quemando la vegetación primaria de los bosques y utilizan los pastizales como fuente de alimento para el ganado, presentándose este fenómeno en las zonas montañosas del estado. De igual forma que la disminución de la Selva es causada por el desarrollo de actividades pecuarias al sur de la entidad y la disminución de zonas de matorral y otros tipos de vegetación son consecuencia del crecimiento de los Asentamientos Humanos.

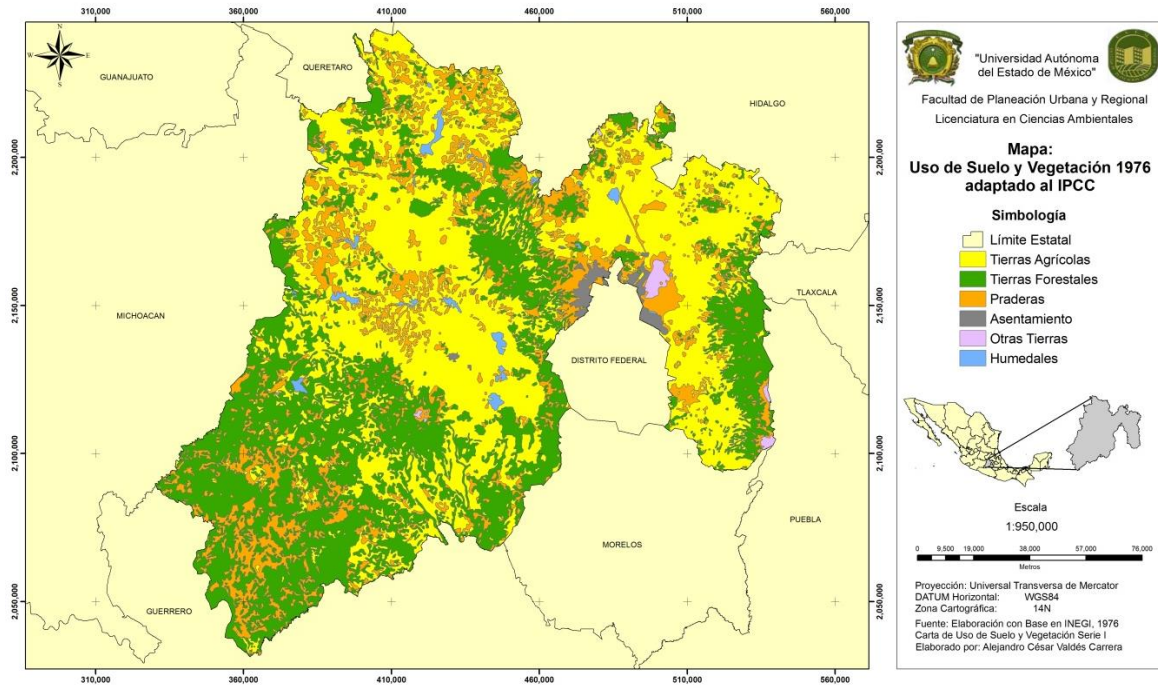
A continuación se muestran los mapas de Uso de Suelo y Vegetación para el año 1976, 1998 y 2009, adaptados a las categorías de uso de la tierra que marca el Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

De acuerdo con los criterios del IPCC se tienen 6 categorías que son Tierras Forestales las cuales conjuntan a las categorías de Bosque, Selva y Matorral. Tierras Agrícolas que congregan la categoría de Uso Agrícola conjuntando la agricultura de temporal y de riego. Praderas que refieren directamente a la categoría de Pastizal. Asentamiento que se asocia con la categoría de Asentamientos Humanos. Humedales que integran ciénagas, humedales y Cuerpos de Agua, y por último la categoría Otras Tierras que comprende el suelo desnudo, roca, hielo y todas las áreas de tierra desprovistas de vegetación.

El análisis de los mapas de Uso de Suelo y Vegetación adaptados al IPCC de los años 1976, 1998 y 2009 muestra una vez más que la categoría Tierras Agrícolas ocupan el primer lugar en cuanto a extensión distribuyéndose a lo largo del territorio estatal, seguida por la categoría Tierras Forestales distribuida principalmente en la zona sur, norte y este de la entidad. En tercer lugar tenemos a la categoría Praderas encontrándose a lo largo y ancho del estado, posteriormente tenemos a la categoría Asentamiento distribuida principalmente en el centro y noreste, con pequeños manchones al norte y sur de la entidad. Ocupando el quinto lugar en cuanto a extensión tenemos a la categoría Humedales que se ubica al centro, oeste y norte de la entidad, y por último esta la categoría Otras Tierras ubicada al centro, noreste y este de la entidad.(Ver Mapa 9,10,11).

No obstante que los tres mapas presentan el mismo patrón en cuanto a extensión de las categorías, los cambios son perceptibles solo en la cuantificación de la variación de la superficie ocupada mostrada en las tablas correspondientes. (Ver tabla 32, 33 y 34)

Mapa 9. Uso de Suelo y Vegetación 1976 adaptado al IPCC



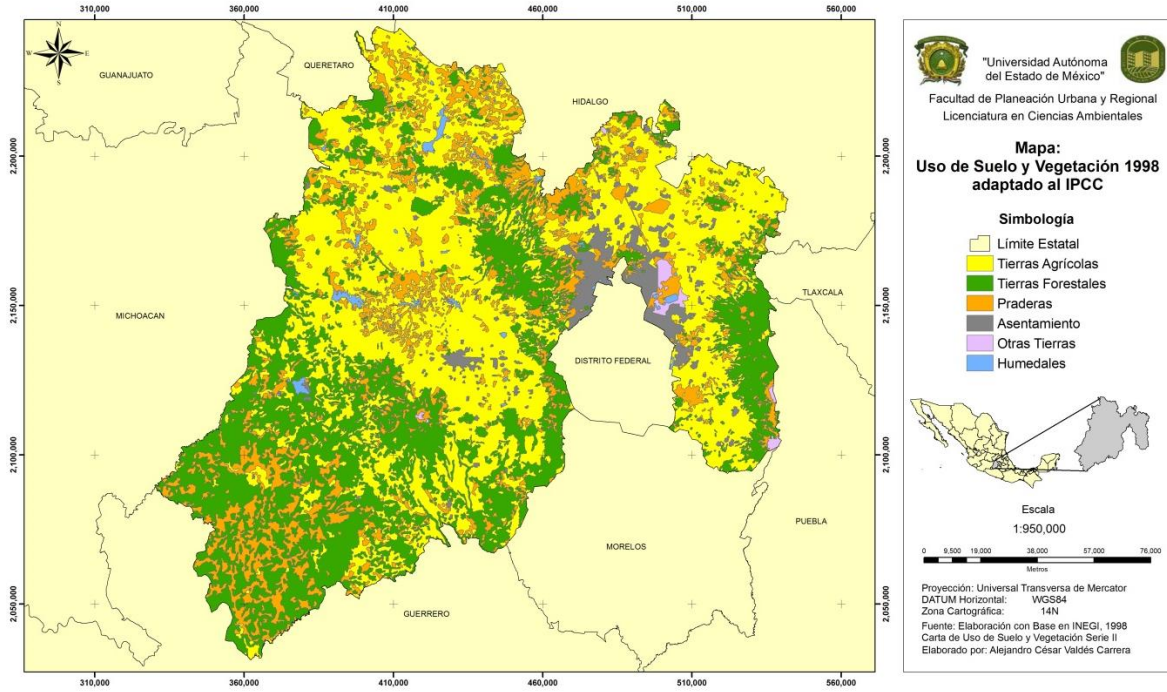
Fuente: Elaboración con base en INEGI, 1976

Tabla 32. Uso de suelo y Vegetación 1976 adaptado al IPCC

Categoría	Área (ha)	% de la superficie total del Estado de México
Tierras Agrícolas	970246.9348	43.43
Tierras Forestales	826569.0965	37.00
Praderas	388640.5199	17.39
Asentamiento	19239.5305	0.86
Humedales	19198.9066	0.85
Otras Tierras	9864.3555	0.44

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 1976

Mapa 10. Uso de Suelo y Vegetación 1998 adaptado al IPCC



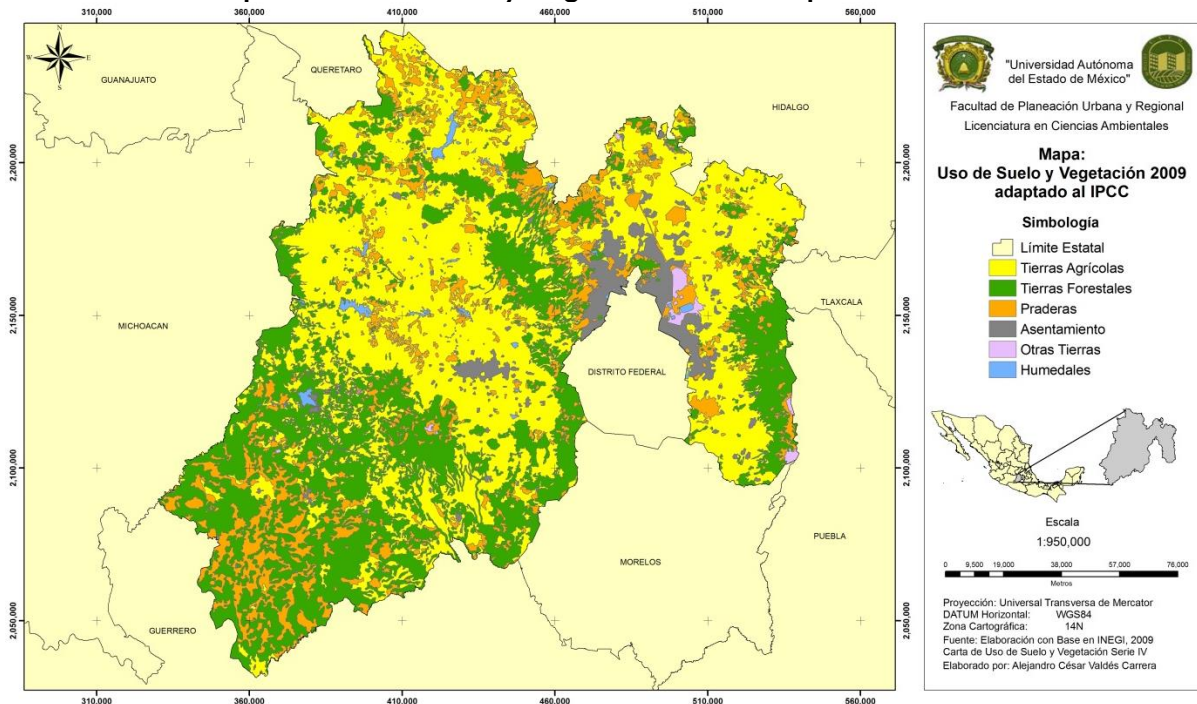
Fuente: Elaboración con base en INEGI, 1998.

Tabla 33. Uso de suelo y Vegetación 1998 adaptado al IPCC

Categoría	Área (ha)	% de la superficie total del Estado de México
Tierras Agrícolas	986236.8713	44.15
Tierras Forestales	764323.3579	34.21
Praderas	375365.6261	16.80
Asentamiento	78802.8496	3.52
Humedales	18470.8515	0.82
Otras Tierras	10559.7873	0.47

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 1998.

Mapa 11. Uso de Suelo y Vegetación 2009 adaptado al IPCC



Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2009.

Tabla 34. Uso de suelo y Vegetación 2009 adaptado al IPCC

Categoría	Área (ha)	% de la superficie total del Estado de México
Tierras Agrícolas	1030207.7253	46.12
Tierras Forestales	759569.6644	34.00
Praderas	320140.0928	14.33
Asentamiento	93700.1628	4.19
Humedales	19686.5799	0.88
Otras Tierras	10455.1186	0.46

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2009.

En síntesis el análisis comparativo de dichos mapas y de sus tablas muestran que solo tres categorías aumentan su superficie siendo estas Tierras Agrícolas, Asentamiento y Humedales, al contrario de Tierras Forestales, Praderas y Otras Tierras, lo que confirma que la disminución de las zonas forestales, refiriendo a los bosques de coníferas y latifoliadas, a la selva baja y a los matorrales, los pastizales y las áreas desprovistas de vegetación presentes en la entidad, es ocasionada directamente por actividades agropecuarias, además del crecimiento urbano y de la construcción y uso de cuerpos de agua para manutención de la población y riego de cultivos.

3.2.4 Tasa de Cambio de Uso de Suelo 1998-2009

Tomando en cuenta que el documento denominado "Orientaciones sobre buenas prácticas para uso de la tierra, cambio y uso de la tierra y silvicultura", precisa que los cambios de uso de la tierra producen un efecto lineal en la materia orgánica del suelo durante 20 años antes de alcanzar un nuevo equilibrio. No es realista proyectar el cambio de uso de la tierra más allá de diez años, ya que las tasas y los patrones de deforestación están sujetos a factores biofísicos, socioeconómicos y políticos (Penman, et. al., 2005).

En esta investigación se calcularon las tasas de cambio de uso y cubiertas del suelo para el período 1998-2009, mismas que servirán de base para definir las emisiones por fuentes y a las absorciones por sumideros susceptibles de evaluarse. La importancia de analizar el cambio en las cubiertas del suelo en once años, radica en que este proceso repercute en el flujo de gases de efecto invernadero y por lo tanto contribuye al cambio climático.

Las bases cartográficas utilizadas a nivel estatal definen el alcance de la metodología nivel 1, la cual se basa en mediciones indirectas y datos de actividad en escalas gruesas o escalas pequeñas. Su utilidad está en el análisis de las tasas de cambio de uso de suelo que permitieron construir un primer escenario territorial definido a través de la consideración de las ocho categorías de uso del suelo propuestas por el INEGI y un segundo escenario con las seis categorías propuestas por el IPCC.

A partir de ello se generaron dos escenarios de pérdidas y ganancias de superficie en las categorías de uso del suelo y uso de la tierra que proponen las instancias antes mencionadas. Estos escenarios nos permiten mostrar en que áreas ha disminuido, permanecido o aumentado la superficie por tipo de uso, e identificar que superficies son más probables que funjan como fuentes de emisión o sumideros de carbono.

La metodología utilizada para medir la Tasa de cambio de uso de suelo fue obtenida de Palacio (2004), y se resume en la siguiente fórmula:

$$C = ((T2/T1)^{1/n} - 1) * 100$$

Donde:

C = Tasa de cambio

T1 = Año de inicio (con el que se quiere comparar)

T2 = Año actual o más reciente

n = Número de años entre T1 y T2

Los resultados del cálculo de la tasa de cambio de uso de suelo para el periodo comprendido entre los años 1998 y 2009 utilizando las categorías del INEGI arrojan los siguientes datos (Ver Tabla 35):

Tabla 35. Tasa de Cambio de Uso de Suelo del periodo 1998-2009.

Categoría	Superficie (ha) 1998	Superficie (ha) 2009	Tasa de Cambio	% de Cambio Anual	Superficie promedio de cambio anual (ha)
Agrícola	986236.87	1030207.72	0.0040	0.40	3997.3504
Bosque	635809.45	624019.93	-0.0017	-0.17	-1071.7744
Pastizal	372656.87	317639.59	-0.0144	-1.44	-5001.5709
Selva	109156.25	117443.16	0.0066	0.67	753.3556
Asentamiento Humano	78802.84	93700.16	0.0159	1.59	1354.3012
Matorral	18507.41	18106.56	-0.0019	-0.20	-36.4410
Cuerpo de Agua	17624.72	18745.34	0.0056	0.56	101.8741
Otros tipos de Vegetación	14964.89	13896.84	-0.0067	-0.67	-97.0949
Total	2233759.34				

Fuente: Elaboración con base en INEGI, 1998, 2009.

Con base en lo anterior se puede afirmar que en el período 1998-2009, las cubiertas del suelo de bosque, pastizal, matorral y otros tipos de vegetación son las categorías que presentaron tasas negativas de cambio de uso del suelo, las cuales expresan las pérdidas anuales en términos de la superficie ocupada. Por otra parte las categorías de uso agrícola, selva, asentamientos humanos y los cuerpos de agua presentaron tasas de cambio positivas que se tradujeron en ganancias de superficie.

Asimismo analizando los datos de las pérdidas y ganancias netas de superficie en Hectáreas (has) para el mismo periodo se tiene lo siguiente:

Las pérdidas de superficie neta representadas por las tasas negativas de cambio anual de las cubiertas de bosque, pastizal, matorral y otros tipos de vegetación, ascendieron a un total de 68275.6942 hectáreas. El pastizal contribuyó con 80.58% de las pérdidas totales de superficie, seguido por el bosque con el 17.26%, otros tipos de vegetación con el 1.56% y por último el Matorral con el 0.58%.

Las ganancias de superficie neta representadas por las tasas positivas de cambio anual de la superficie ocupada por el uso del suelo agrícola, las cubiertas de selva, asentamientos humanos y cuerpos de agua, ascendieron a un total de 68275.6942 hectáreas. La superficie agrícola representó el 64.40% de las

ganancias totales de superficie, seguida por los asentamientos humanos con 21.81%, la selva con 12.13% y finalmente los cuerpos de agua con 1.64%. (Ver Tabla 36)

Tabla 36. Pérdidas-Ganancias de superficie por Uso de suelo, 1998-2009

Categoría	Pérdidas	Tasa de Cambio	% del Total de Pérdidas	Ganancias	Tasa de Cambio	% del Total de Ganancias
	Superficie total (ha)			Superficie total (ha)		
Agrícola				43970.854	0.0040	64.40
Bosque	11789.519	-0.0017	17.26			
Pastizal	55017.28	-0.0144	80.58			
Selva				8286.911	0.0066	12.13
Asentamientos Humanos				14897.313	0.0159	21.81
Matorral	400.851	-0.0019	0.58			
Cuerpo de Agua				1120.615	0.0056	1.64
Otros Tipos de Vegetación	1068.043	-0.0067	1.56			
Total	68275.6942		100	68275.6942		100

Fuente: Elaboración con base INEGI, 1998, 2009.

El análisis comparativo de las tablas 9 y 10 permite identificar que el uso del suelo Agrícola en el período 1998-2009, presentó una tasa de cambio anual de 0.0040, corresponde a 3997.350 hectáreas promedio al año y una ganancia de superficie neta de 43970.854 hectáreas.

Es importante aclarar que la pérdida de superficie en Agricultura, no es considerada como fuente de emisión de gases de efecto invernadero, en la categoría de agricultura se incluyen las emisiones provenientes de cultivos, manejo de suelos (Uso de agroquímicos, quemas periódicas) y pecuario: fermentación entérica y manejo de estiércol, los principales gases son CH₄ y N₂O (SEMARNAT-INE, 2006).

En la superficie de Bosque la tasa de cambio de -0.0017, indica que en el período 1998-2009 se perdieron en promedio 1071.774 hectáreas al año. La situación tiene las siguientes interpretaciones, la que se relaciona con la aplicación de la legislación en materia de aprovechamiento y control forestal, que al no aplicarse correctamente permiten un aprovechamiento forestal no sustentable por parte de la población, la segunda que los bosques siguen siendo sumideros de carbono y la tercera expresa limitados esfuerzos en la aplicación de medidas de recuperación del bosque, y la lenta pero presente recuperación natural de esta cubierta vegetal.

El Pastizal tiene una tasa negativa con un valor de -0.0144, este tipo de vegetación disminuyó anualmente 5001.570 hectáreas, es muy posible que también esté experimentando el abandono de la actividad pecuaria, la reconversión a tierras de cultivo y la regeneración de la vegetación original principalmente arbórea.

La Selva presentó una tasa de cambio positiva de 0.0066, indica un aumento de superficie en 753.355 hectáreas anuales, tomando en cuenta que este tipo de cubierta del suelo presenta una mayor capacidad de recuperación natural, es muy posible que se trate de la recuperación de tierras que originalmente fueron utilizadas con fines agrícolas y pecuarios, y aunque la superficie no es extensa, evidencia la recuperación de áreas que funcionan como sumideros de carbono.

Los Asentamientos Humanos presentan una tasa positiva con un valor de 0.0159, indica un aumento anual en la superficie de 1354.301 hectáreas, esto responde al crecimiento poblacional que representa una demanda mayor de bienes y servicios que motiva a la conversión de coberturas primarias por áreas de cultivo y pastoreo.

El Matorral presenta una tasa de cambio negativa con un valor de -0.0019, equivale a una disminución anual de 36.441 hectáreas, aunque ocupa el tercer lugar dentro de las pérdidas netas de superficie, se puede decir que los cambios que presenta son preocupantes, debido a la gran cantidad de biodiversidad que albergan y los servicios ambientales que prestan.

En lo referente a Cuerpos de Agua se tiene una tasa positiva de 0.0056 y un incremento anual de la superficie de 101.874 hectáreas, este incremento de superficie responde a que con ellos se abastecen principalmente las áreas de cultivo y los asentamientos humanos que de igual forma presentaron una tasa positiva.

Por último para el caso de Otros Tipos de Vegetación se presenta una tasa negativa de -0.0067, lo que significa la disminución anual de 97.094 hectáreas, lo que indica que algunas áreas con tular, palmar, mezquital, con vegetación halófila y áreas sin vegetación aparente presentan una modificación de su entorno.

En síntesis el balance de las pérdidas y ganancias netas de superficie para el Estado de México en el período 1998-2009, está directamente relacionado con la pérdida en superficie de captura, lo que se traduce inmediatamente en superficie de emisión.

Los resultados del cálculo de la tasa de cambio de uso de suelo para el periodo comprendido entre los años 1998-2009 utilizando las categorías del IPCC muestran lo siguiente (Ver Tabla 37):

Tabla 37. Tasa de Cambio de Uso de Suelo del periodo 1998-2009 adaptado al IPCC

Categoría	Superficie (ha) 1998	Superficie (ha) 2009	Tasa de Cambio	% de Cambio Anual	Superficie promedio de cambio anual (ha)
Tierras Agrícolas	986236.871	1030207.725	0.0040	0.40	3997.350
Tierras Forestales	764323.357	759569.664	-0.0006	-0.06	-432.154
Praderas	375365.626	320140.092	-0.0144	-1.44	-4602.128
Asentamiento	78802.849	93700.162	0.0159	1.59	1354.301
Otras Tierras	10559.787	10455.118	-0.0009	-0.09	-9.515
Humedales	18470.851	19686.579	0.0058	0.58	101.311
Total	2233759.34				

Fuente: Elaboración con base INEGI, 1998, 2009.

La tabla 11 nos muestra que existen tres categorías que presentaron tasas de cambio negativas que son Tierras Forestales, Praderas y Otras Tierras, por otro lado las categorías que mostraron una tasa de cambio positiva fueron las Tierras Agrícolas, Asentamiento y los Humedales.

De igual forma al realizar el análisis de pérdidas y ganancias se obtuvieron los siguientes datos (Ver Tabla 38):

Las pérdidas de superficie neta representadas por las tasas negativas de cambio anual de las categorías Tierras Forestales, Praderas y Otras Tierras ascendieron a un total de 64135.759 hectáreas. La categoría Praderas contribuyó con 92.4% de las pérdidas totales de superficie, seguido por las Tierras Forestales con el 7.43%, y por último Otras Tierras con el 0.16%.

Las ganancias de superficie neta representadas por las tasas positivas de cambio anual de la superficie ocupada por las categorías de Tierras Agrícolas, Asentamiento y Humedales, ascendieron a un total de 58057.540 hectáreas. Las Tierras Agrícolas representaron el 74.25% de las ganancias totales de superficie, seguida por la categoría Asentamiento con 23.70%, y finalmente los Humedales con 2.03%.

Tabla 38. Pérdidas-Ganancias de superficie por Uso de suelo, 1998-2009 adaptado al IPCC

Categoría	Pérdidas	Tasa de Cambio	% del Total de Pérdidas	Ganancias	Tasa de Cambio	% del Total de Ganancias
	Superficie total (ha)			Superficie total (ha)		
Tierras Agrícolas				43970.854	0.0040	73.18
Tierras Forestales	-4753.693	-0.0006	7.91			
Praderas	-55225.533	-0.0144	91.91			
Asentamiento				14897.313	0.0159	24.79
Otras Tierras	-104.669	-0.0009	0.17			
Humedales				1215.728	0.0058	2.02
Total	60083.895		100	60083.895		100

Fuente: Elaboración con base INEGI, 1998, 2009.

Con base a lo anterior se puede observar que en el periodo 1998-2009 los usos de tierra que tuvieron pérdida de superficie son aquellos que conservan las coberturas naturales de bosque, selva, matorral y pastizal, lo que indica que al disminuir su materia viva por actividades humanas por consiguiente existe una disminución de superficie de captura y convierte las tierras en superficies fuentes de emisión de gases efecto invernadero.

Por otra parte los usos de la tierra que presentaron ganancias son aquellos que tienen mayor influencia humana, lo que confirma que los usos que ganaron superficie corresponden con las áreas que emiten mayor cantidad de gases de efecto invernadero.

Realizando la comparación de las tasas de cambio calculadas con las categorías del INEGI y con las categorías del IPCC se llegó a lo siguiente:

Los ecosistemas representados por bosque de coníferas y latifoliadas, otras coberturas como el matorral, los pastizales y especies comprendidas en la categoría otros tipos de vegetación como el mezquital, palmar, y vegetación halófila, son los que presentan tasas de cambio negativas, lo que indica pérdida en la superficie ocupada por ellos.

Por otra parte la superficie agrícola, los asentamientos humanos, los cuerpos de agua, en pequeña proporción la selva baja, son las categorías que presentan tasas de cambio positivas, lo que indica ganancia en la superficie ocupada por ellas.

En conclusión el análisis comparativo indica que las superficies que han disminuido en el periodo 1998-2009, son precisamente las superficies que tienen

una mayor presencia de vegetación primaria y materia viva referente a ecosistemas naturales de la entidad, contrario al aumento de las superficies que presentan un factor de amenaza a esos ecosistemas naturales impulsadas principalmente por el desarrollo de las actividades económicas de la población, resultando en una agravante pérdida de superficie de captura de gases efecto invernadero convirtiéndolas, por consiguiente, en áreas potenciales de emisión.

CAPÍTULO 4. “FLUJOS DE CARBONO EN LOS DISTINTOS USOS DEL SUELO EN EL ESTADO DE MÉXICO”.

El siguiente capítulo tiene como objetivo elaborar los escenarios de los flujos de carbono en biomasa seca o total y en suelo, utilizando para su estimación los datos obtenidos de las tasas de cambio de uso del suelo determinadas para las ocho categorías de cubiertas y uso del suelo INEGI en el período 1998-2009. Para el cálculo se utiliza el método propuesto por Brown *et al* (1986) y aplicado por De Jong y colaboradores (2010). Teniendo los datos generados por los escenarios se realizan los balances anual, neto y total de pérdidas y ganancias, lo que permite observar el comportamiento de las superficies que captura contra las de emisión. Para concluir el capítulo con el apartado de estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático, tomando como referencia el trabajo de campo realizado en puntos estratégicos representativos de cada categoría de uso de suelo en análisis del Estado de México.

4.1 Fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero

La SEMARNAT (2007) menciona que las emisiones de CO₂ correspondientes a las categorías de uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura fueron para el año 2002 de 89 millones 854 mil toneladas de las cuales el 96% es generado por la combustión y descomposición de biomasa aérea forestal, resultante del proceso de conversión de tierras forestales a otros usos y de bosques manejados, por otro lado solo se tienen 12.883 millones de toneladas capturadas derivadas de la regeneración y recuperación natural de antiguas tierras agrícolas y ganaderas.

Los ecosistemas forestales en buen estado de conservación constituyen reservorios netos de carbono, ya que mantienen en los tejidos vegetales y en los suelos grandes cantidades de este elemento, si estos sistemas se perturban o se transforman por el cambio de uso del suelo, sobre todo cuando ello implica procesos de erosión y deforestación, se vuelven fuentes de emisión importantes, además la tala clandestina, el aprovechamiento no sustentable y la conversión de estos a la agricultura, la ganadería o al establecimiento de asentamientos humanos, fragmentan ecosistemas, comunidades y poblaciones silvestres reduciendo la oferta de servicios ambientales liberando CO₂ a la atmósfera.

El cambio de uso de suelo producido en la práctica de roza, tumba y quema en ecosistemas primarios principalmente forestales, los efectos de los incendios, la extracción de leña y el deterioro de los suelos representan la mayor parte de los procesos que causan liberación a gran escala de CO₂, N₂O y CH₄ a la atmósfera. Los incendios forestales son la tercera causa de deforestación en México y causa de deterioro ambiental ya que las superficies incendiadas difícilmente recuperan su uso forestal siendo cambiadas por usos agropecuarios o habitacionales.

Las actividades agropecuarias contribuyen con emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). La importancia estratégica de las actividades agropecuarias deriva de su papel en la producción de alimentos y biocombustibles, así como de su gran potencial de captura y secuestro de carbono en suelos y vegetación. Las emisiones de GEI de este sector provienen del uso de fuego para limpia y preparación de parcelas y potreros, de la apertura de la frontera productiva (sobre todo si ésta se realiza mediante la deforestación y quema de la vegetación natural), la descomposición anaeróbica de materia orgánica en arrozales anegados, el uso de abonos orgánicos y fertilizantes sintéticos ricos en nitrógeno. (ibíd.)

El nitrógeno es un elemento esencial para la productividad vegetal y el componente principal de los fertilizantes minerales que, al concentrarse en suelos agrícolas y pasar por el proceso de desnitrificación genera óxido nitroso (N₂O), el mal uso de los fertilizantes en México propicia la aplicación en exceso de los mismos lo que hace que no se aprovechen y se pierdan convirtiéndose en contaminantes. (ibíd.)

La actividad ganadera es una de la más importantes fuentes de metano (CH₄) gas de efecto invernadero cuyo potencial de calentamiento es 21 veces mayor que el dióxido de carbono (CO₂). El metano resulta de la fermentación entérica del ganado durante la cual los carbohidratos complejos (celulosa principalmente) presentes en el pasto y otros forrajes se descomponen en el tracto digestivo de los herbívoros. El ganado rumiante, vacuno y ovino principalmente, constituye la fuente más importante de metano, aunque cerdos y caballos también lo producen. Las emisiones de metano y óxido nitroso pueden reducirse mejorando los sistemas de pastoreo, utilizando especies forrajeras de calidad apropiada y alimentos equilibrados que faciliten la digestión de los rumiantes. (ibíd.)

4.2 Estimación de Captura y Emisión de Carbono de los usos del suelo en el Estado de México

Rojo y colaboradores (2003) señalan la preocupación por la concentración de los GEI, considerados los causantes del cambio climático global, principalmente el dióxido de carbono, del cual está demostrada su relación con la vegetación, especialmente por la capacidad de esta de fijar carbono atmosférico, y el papel que juega al ser la segunda fuente de emisión de CO₂, debido a los incendios naturales o antropogénicos, el aprovechamiento del bosque o por el cambio en el uso de la tierra.

La doble función que desempeña la vegetación en el ciclo del carbono se infiere a partir de las tasas de deforestación reportadas para nuestro país, estimadas en 0.37 a 1.5 millones de hectáreas anuales, la pérdida de biomasa debida a los incendios y el cambio de uso del suelo y la sobre explotación, han convertido extensas áreas forestales en fuentes de emisión de dióxido de carbono. Sin embargo se considera que las prácticas de forestación, reforestación, cultivo forestal y el abandono de tierras de uso agropecuario reconstituyen los sumideros de carbono atmosférico.

Hoen y Solberg, 1994 citado por Rojo y colaboradores (2003:63) precisa que la producción forestal influencia el flujo de carbono, en forma de CO₂ desde y hacia la atmósfera por dos procesos, la fijación (asimilación) y la emisión. El primero representa el incremento de la biomasa en árboles vivos, mediante la fotosíntesis, el segundo representa la descomposición de la biomasa como una consecuencia de la mortalidad natural, la explotación relacionada por el hombre y los usos finales del bosque, la selva, vegetación xerófila y riparia.

En este contexto se han desarrollado un método para estimar la cantidad de CO₂ fijado por la vegetación y su potencial de almacenamiento, en éste los datos existentes de biomasa por hectárea (B) son multiplicados por un factor (F), que involucra el contenido de C (CC en proporción) en la biomasa seca y la relación entre el peso de la molécula de CO₂ (44) y el peso del átomo del C (12).

$$\text{CO}_2 = B * F \quad F = \text{CC} * 44/12$$

Donde:

B= Biomasa por hectárea

CC= contenido de carbono en biomasa seca, 1 g de biomasa es igual a .5 g de C

44= peso de la molécula de carbono

12= peso del átomo de carbono

Los parámetros de biomasa destacan que 1 g de biomasa= 0.5 g de Carbono, es decir un CC de 50%, y aunque los parámetros varían de una especie forestal a otra, esta equivalencia se ha retomado en múltiples trabajos para determinar los almacenes de carbono (Brown *et al*, 1986). El almacenamiento de carbono depende de la productividad primaria neta de cada sistema, cada uno de éstos concentra en el tejido vegetal un promedio de alrededor del 50%, es decir que una vez que se ha obtenido la cantidad de biomasa, se aplica este factor para determinar el contenido de carbono (Pacheco *et al*, 2007)

La biomasa es la suma total de la materia orgánica viva que se encuentra en un ecosistema en un momento determinado y se expresa en términos de peso seco, masa o volumen. La biomasa también se comprende como la suma total de la materia orgánica viva de las plantas fotosintéticamente activas en una unidad de área, tanto arriba como abajo del nivel del suelo; está compuesta por los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea (Riofrío, 2007). La biomasa seca o total comprende la biomasa de tallo, ramas, hojas y raíces. (Rojo, *et.al*. 2003)

No obstante que la producción y el aumento de la biomasa está influenciada por diversos factores tales como clima, especie, edad, calidad del sitio, fertilización, posición sobre la pendiente, elevación, exposición, densidad del rodal, sistema silvícola aplicado, región geográfica, variación genética, año de muestreo, contaminación atmosférica y cambios estacionales, entre otros (Maser, *et. al* 2001), se han desarrollado métodos que permiten estimar la biomasa total con base en el tamaño y las dimensiones de los árboles (altura, diámetro, área basal) y el peso seco de sus componentes (biomasa).

Aunque este tipo de métodos se han aplicado por especie, es probable que varias especies que crecen en un mismo ecosistema presenten similitud en patrón morfológico de crecimiento y, por lo tanto, en su contenido de biomasa (Acosta, *et al*, 2002). En el presente trabajo se retoman algunos estudios que reportan datos de biomasa seca para bosque, selva y pastizales (De Jong, 2010)

Los datos de biomasa seca o total para las diferentes categorías se expresan en toneladas de carbono por hectárea. Para la categoría de uso Agrícola la biomasa seca corresponde a 7.5 toneladas de carbono por hectárea (Elizondo *et al*, 2002:), para la categoría de Pastizal la biomasa seca corresponde a 15 toneladas de carbono por hectárea.

Es importante mencionar que para obtener los datos de biomasa seca o biomasa total para las categorías de matorral, selva y otros tipos de vegetación, se tomó en cuenta las características fisiológicas de las especies representativas de cada categoría y se calcularon tomando como referencia los valores para bosque que

muestran que una planta o árbol aproximadamente de 30 mts de altura son equivalentes a 120 toneladas de carbono por hectárea, se calcula que una planta representativa de la selva baja que mide aproximadamente 15 mts de altura son equivalentes 60 toneladas de carbono por hectárea, en una planta representativa del matorral que mide aproximadamente 5 metros por máximo de altura son equivalentes a 20 toneladas de carbono por hectárea y por último para una planta representativa de la categoría otros tipos de vegetación que mide aproximadamente de 2 a 3 metros de altura son equivalentes 12 toneladas de carbono por hectárea. (ver tabla 39)

Tabla 39. Biomasa seca o total por uso de suelo

Uso de Suelo	Biomasa seca o total
Bosque	120
Selva	60
Agrícola	7.5
Pastizal	15
Matorral	20
Otros Tipos de Vegetación	12

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de toneladas de Carbono según uso de suelo (ver tabla 40) se describen a continuación, es importante mencionar que para la obtención de los datos finales se aplicó la fórmula ya antes mencionada:

$$CO_2 = B * F \quad F = CC * 44/12$$

Tabla 40. Toneladas de Carbono Capturadas en biomasa seca por Hectárea

Uso de Suelo	B	F	CO₂ (t/C/ha)
Bosque	120	3.666	220
Selva	60	3.666	110
Agrícola	7.5	3.666	13.75
Pastizal	15	3.666	27.5
Matorral	20	3.666	36.66
Otros Tipos de Vegetación	12	3.666	22

Fuente: Elaboración propia.

Para tener una estimación más real de la cantidad de carbono capturado por una superficie se deben tomar en cuenta los valores de carbono orgánico en el suelo. El contenido de carbono orgánico en el suelo llega a superar en dos o tres veces los depósitos de C de la biomasa aérea, mientras que las reservas de C total en el suelo representan 75% del C almacenado en los ecosistemas terrestres (Avilés, 2009), por lo tanto es muy importante calcular el CO del suelo, ya que permitirá realizar un análisis más completo del carbono total capturado en un área determinada.

El IPCC genera valores de toneladas de carbono por hectárea capturadas, haciendo la distinción entre suelos de diferentes regiones agrupándolas por climas, para el caso de este estudio se retomarán los valores para la región Templada Cálida, seca, que es en la que se encuentra el Estado de México.

La fórmula para estimar la cantidad de CO en suelos con determinado uso es:

$$\text{CO en suelo} = (\text{ton de CO} \cdot \text{ha a una profundidad de 0-30 cm (Valor de Referencia del IPCC)}) (\text{superficie en ha de suelo con determinado uso})$$

A continuación se muestran valores de referencia del IPCC sobre captura de cada tipo de suelo a una profundidad de 30 cm, para cada uso del mismo. (ver tabla 41)

Tabla 41. Captura de carbono en suelo a 30 cm de profundidad, por uso de suelo

Suelo	Uso de Suelo t/C/ha a una profundidad de 30cm						
	Bosque	Selva	Agrícola	Pastizal	Matorral	Otros tipos de Vegetación	Cuerpo de Agua
Feozems	38	38	38	38	38	38	38
Andosoles	70	70	70	70	70	70	70
Regosoles	38	38	38	38	38	38	38
Vertisoles	38	38	38	38	38	38	38
Cambisoles	38	38	38	38	38	38	38
Leptosoles	38	38	38	38	38	38	38
Luvsoles	70	70	70	70	70	70	70
Planosoles	38	38	38	38	38	38	38
Solochanks	38	38	38	38	38	38	38
Ranker	38	38	38	38	38	38	38
Acrisoles	24	24	24	24	24	24	24
Fluvisoles	88	88	88	88	88	88	88
Histosoles	88	88	88	88	88	88	88
Gleysoles	88	88	88	88	88	88	88

Fuente: Elaboración con base en Penman, et.al. 2005.

Por lo tanto la cantidad total de carbono capturado de una superficie, en un determinado momento se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Total de Carbono Capturado (ton/C)} = \text{CO}_2 \text{ capturado en biomasa seca} + \text{CO capturado en suelo.}$$

Siendo que:

CO₂ capturado en biomasa seca = superficie (ha) * t/C/Ha en biomasa seca

CO capturado en suelo = superficie (ha) * t/C/Ha en suelo a 30 cm

4.3 Escenarios de Flujos de carbono en el Estado de México

Los Escenarios referentes a Flujos de Carbono nos permitirán conocer de manera concreta el comportamiento de la biomasa total o seca y del suelo a 30 cm de profundidad con respecto a la captura o emisión que tendrían las categorías de uso de suelo de Bosque, Selva, Matorral, Pastizal, Otros Tipos de Vegetación, Agrícola y Cuerpo de Agua en el periodo 1998-2009.

Este apartado consta de tres partes; la primera y la segunda se refieren a la estimación de los escenarios referentes a biomasa total o seca y suelo en los diferentes usos de suelo de la entidad, y en la tercera se realiza el balance entre emisión y captura expresado en balance anual y neto, realizando finalmente un balance total en el cual se muestra la diferencia de los valores totales de carbono capturado o emitido en la entidad.

En la estimación de los escenarios se retomaron las pérdidas y ganancias de superficie anual y neta obtenidas del cálculo de las tasas de cambio de uso de suelo de las categorías de Bosque, Selva, Matorral, Pastizal, Otros Tipos de Vegetación, Agrícola y Cuerpo de Agua en el periodo 1998-2009. A partir de las tasas anuales de cambio de superficie se calculó la superficie neta ganada o perdida por tipo de uso de suelo en once años.

Es importante mencionar que tanto los Escenarios de Biomasa como los Escenarios de Suelo tuvieron como base la fórmula de captura de CO₂ en biomasa seca o CO en suelo a 30 cm correspondientes a la fórmula de total de carbono. De igual forma debe entenderse que cada escenario está conformado por las categorías de ganancia de superficie (captura) y las de pérdida de superficie (emisión), entendiéndose ganancia de superficie como categorías que capturan carbono y pérdida de superficie como categorías que emiten carbono.

4.3.1 Escenarios de Biomasa Seca

La estimación de los escenarios de Biomasa seca o total se basó en la siguiente fórmula:

$$\text{CO}_2 \text{ capturado en biomasa seca} = \text{superficie (ha)} * \text{t/C/Ha en biomasa seca}$$

4.3.1.1 Ganancia de Superficie

Las categorías de uso de suelo que presentaron una tasa de cambio positiva y por lo tanto ganancia en su superficie en el periodo 1998-2009 fueron Agrícola, Selva, y Cuerpo de Agua.

- **Ganancia de superficie Agrícola**

a) Captura Anual: $3997.35 \text{ (has)} * 13.75 \text{ (t/C/ha)} = 54963.56 \text{ Toneladas de Carbono}$

b) Captura Neta: $43970.85 \text{ (has)} * 13.75 \text{ (t/C/ha)} = 604599.24 \text{ Toneladas de Carbono}$

- **Ganancia de Superficie en Selva**

a) Captura Anual: $753.35 \text{ (has)} * 110 \text{ (t/C/ha)} = 82869.11 \text{ Toneladas de Carbono}$

b) Captura Neta: $8286.91 \text{ (has)} * 110 \text{ (t/C/ha)} = 911560.29 \text{ Toneladas de Carbono}$

- **Ganancia de Superficie en Cuerpo de Agua**

a) Captura Anual: $101.87 \text{ (has)} * 747.07 \text{ (t/C/ha)} = \text{Toneladas de Carbono}$

b) Captura Neta: $1120.61 \text{ (has)} * 8217.84 \text{ (t/C/ha)} = \text{Toneladas de Carbono}$

4.3.1.2 Pérdida de Superficie

Las categorías de uso de suelo que presentaron una tasa de cambio negativa y por lo tanto pérdida en su superficie en el periodo 1998-2009 fueron Pastizal, Bosque, Otros Tipos de Vegetación y Matorral.

- **Pérdida de superficie en Pastizal**

a) Emisión Anual: $5001.57 \text{ (has)} * 27.5 \text{ (t/C/ha)} = 137543.20$ Toneladas de Carbono

b) Emisión Neta: $55017.28 \text{ (has)} * 27.5 \text{ (t/C/ha)} = 1512975.20$ Toneladas de Carbono

- **Pérdida de superficie en Bosque**

a) Emisión Anual: $1071.77 \text{ (has)} * 220 \text{ (t/C/ha)} = 235790.37$ Toneladas de Carbono

b) Emisión Neta: $11789.51 \text{ (has)} * 220 \text{ (t/C/ha)} = 2593694.14$ Toneladas de Carbono

- **Pérdida de superficie en Otros Tipos de Vegetación**

a) Emisión Anual: $97.09 \text{ (has)} * 22 \text{ (t/C/ha)} = 2136.08$ Toneladas de Carbono

b) Emisión Neta: $1068.04 \text{ (has)} * 22 \text{ (t/C/ha)} = 23496.96$ Toneladas de Carbono

- **Pérdida de superficie en Matorral**

a) Emisión Anual: $36.44 \text{ (has)} * 36.66 \text{ (t/C/ha)} = 1336.17$ Toneladas de Carbono

b) Emisión Neta: $400.85 \text{ (has)} * 36.66 \text{ (t/C/ha)} = 14697.88$ Toneladas de Carbono

4.3.2 Escenarios de Suelo

La estimación de los escenarios de Suelo se basó en la siguiente fórmula:

$$\text{CO capturado en suelo} = \text{superficie (ha)} * \text{t/C/Ha en suelo a 30 cm}$$

Para la estimación de los escenarios de suelo es necesario identificar el tipo o tipos de suelo presentes dentro de la categoría de uso de suelo que estamos trabajando, esto debido a que cada suelo presenta según el IPCC un factor diferente de captura de carbono por hectárea.

4.3.2.1 Ganancia de superficie

Las categorías de uso de suelo que presentaron una tasa de cambio positiva y por lo tanto ganancia en su superficie en el periodo 1998-2009 fueron Agrícola, Selva y Cuerpo de Agua.

- **Ganancia de superficie Agrícola**

a) Captura Anual: 3997.35 (has) * & (t/C/ha) = 212363.31 Toneladas de Carbono

Tabla 42. Captura anual de suelos con uso agrícola

Agrícola			
Tipo de Suelo	Promedio de superficie de cambio anual	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	38.97	24	935.18
Andosol	1453.25	70	101727.81
Cambisol	-176.60	38	-6710.75
Feozem	336.55	38	12789.01
Fluvisol	20.16	88	1774.08
Gleysol	0.33	88	29.26
Histosol	3.71	88	326.82
Leptosol	134.18	38	5098.67
Luvisol	415.47	70	29082.93
Planosol	780.22	38	29648.23
Ranker	-41.55	38	-1578.97
Regosol	-40.67	38	-1545.49
Solonchak	-209.73	38	-7969.61
Vertisol	1283.06	38	48756.14
TOTAL	3997.35		212363.31

Fuente: Elaboración propia.

b) Captura Neta: 43970.85 (has) * & (t/C/ha) = 2335996.38 Toneladas de Carbono

Tabla 43. Captura neta de suelos con uso agrícola

Agrícola			
Tipo de Suelo	Superficie Neta (11 años)	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	428.63	24	935.18
Andosol	15985.80	70	101727.81
Cambisol	-1942.59	38	-6710.75
Feozem	3702.08	38	12789.01
Fluvisol	221.76	88	1774.08
Gleysol	3.66	88	29.26
Histosol	40.85	88	326.82
Leptosol	1475.93	38	5098.67
Luvisol	4570.17	70	29082.93
Planosol	8582.38	38	29648.23
Ranker	-457.07	38	-1578.97
Regosol	-447.38	38	-1545.49
Solonchak	-2306.99	38	-7969.61
Vertisol	14113.62	38	48756.14
TOTAL	43970.85		2335996.38

Fuente: Elaboración propia.

- **Ganancia de superficie Selva**

a) Captura Anual: 753.35 (has) * & (t/C/ha) = 29737.61753 Toneladas de Carbono

Tabla 44. Captura anual de suelos de selva

Selva			
Tipo de Suelo	Promedio de superficie de cambio anual	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	-25.81734926	24	-619.6163822
Andosol	-0.505440825	70	-35.38085772
Cambisol	30.38410839	38	1154.596119
Feozem	67.77154584	38	2575.318742
Fluvisol	2.783900996	88	244.9832876
Leptosol	575.4807698	38	21868.26925
Luvisol	19.55127688	70	1368.589381
Ranker	-0.526379302	38	-20.00241349
Regosol	84.01737338	38	3192.660189
Vertisol	0.215795095	38	8.200213627
TOTAL	753.355601		29737.61753

Fuente: Elaboración propia.

b) Captura Neta: 8286.91 (has) * & (t/C/ha) = 327113.7928 Toneladas de Carbono

Tabla 45. Captura neta de suelos de selva

Selva			
Tipo de Suelo	Superficie Neta (11 años)	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	-283.9908418	24	-6815.780204
Andosol	-5.55984907	70	-389.1894349
Cambisol	334.2251923	38	12700.55731
Feozem	745.4870042	38	28328.50616
Fluvisol	30.62291095	88	2694.816164
Leptosol	6330.288467	38	240550.9618
Luvisol	215.0640457	70	15054.4832
Ranker	-5.790172325	38	-220.0265484
Regosol	924.1911072	38	35119.26207
Vertisol	2.37374605	38	90.2023499
TOTAL	8286.911611		327113.7928

Fuente: Elaboración propia.

- **Ganancia de superficie Cuerpo de Agua**

a) Captura Anual: 101.87 (has) * & (t/C/ha) = 4050.121946 Toneladas de Carbono

Tabla 46. Captura anual de suelos de cuerpos de agua

Cuerpo de Agua			
Tipo de Suelo	Promedio de superficie de cambio anual	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	-6.9399	24	-166.5564355
Andosol	1.6241	70	113.6845268
Cambisol	1.8686	38	71.00594988
Feozem	36.6534	38	1392.830773
Gleysol	-0.3325	88	-29.26346691
Leptosol	-0.1495	38	-5.68080116
Luvisol	1.4501	70	101.5083321
Planosol	37.7838	38	1435.7858
Regosol	4.1071	38	156.0696746
Solonchak	-0.6736	38	-25.59694039
Vertisol	26.4825	38	1006.334534
TOTAL	101.8741		4050.121946

Fuente: Elaboración propia.

b) Captura Neta: 1120.61 (has) * & (t/C/ha) = 44551.34141 Toneladas de Carbono

Tabla 47. Captura neta de suelos de cuerpos de agua

Cuerpo de Agua			
Tipo de Suelo	Superficie Neta (11 años)	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	-76.34	24	-1832.12079
Andosol	17.86	70	1250.529795
Cambisol	20.55	38	781.0654487
Feozem	403.19	38	15321.1385
Gleysol	-3.66	88	-321.898136
Leptosol	-1.64	38	-62.48881276
Luvisol	15.95	70	1116.591653
Planosol	415.62	38	15793.6438
Regosol	45.18	38	1716.76642
Solonchak	-7.41	38	-281.5663443
Vertisol	291.31	38	11069.67987
TOTAL	1120.62		44551.34141

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.2 Pérdida de superficie

Las categorías de uso de suelo que presentaron una tasa de cambio negativa y por lo tanto pérdida en su superficie en el periodo 1998-2009 fueron Pastizal, Bosque, Otros Tipos de Vegetación y Matorral.

- **Pérdida de superficie en Pastizal**

a) Emisión Anual: 5001.57 (has) * & (t/C/ha) = 242012.88 Toneladas de Carbono

Tabla 48. Emisión anual de suelos de pastizal

Pastizal			
Tipo de Suelo	Promedio de superficie de cambio anual	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	-37.65446021	24	-903.707045
Andosol	-1310.25554	70	-91717.88779
Cambisol	27.03171836	38	1027.205298
Feozem	-919.2735302	38	-34932.39415
Fluvisol	-28.04740684	88	-2468.171802
Histosol	-10.82606628	88	-952.693833
Leptosol	-176.4743944	38	-6706.026989
Luvisol	-269.0155591	70	-18831.08914
Planosol	-816.070029	38	-31010.6611
Ranker	38.42908462	38	1460.305216
Regosol	-107.4193364	38	-4081.934784
Solonchak	39.00474136	38	1482.180172
Vertisol	-1431.00012	38	-54378.00456
TOTAL	-5001.570898		-242012.8805

Fuente: Elaboración propia.

b) Emisión Neta: 55017.28 (has) * & (t/C/ha) = 2662141.68Toneladas de Carbono

Tabla 49. Emisión neta de suelos de pastizal

Pastizal			
Tipo de Suelo	Superficie Neta (11 años)	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	-414.1990623	24	-9940.777494
Andosol	-14412.81094	70	-1008896.766
Cambisol	297.348902	38	11299.25828
Feozem	-10112.00883	38	-384256.3356
Fluvisol	-308.5214752	88	-27149.88982
Histosol	-119.0867291	88	-10479.63216
Leptosol	-1941.218339	38	-73766.29688
Luvisol	-2959.17115	70	-207141.9805
Planosol	-8976.77032	38	-341117.2721
Ranker	422.7199308	38	16063.35737
Regosol	-1181.6127	38	-44901.28262
Solonchak	429.0521549	38	16303.98189
Vertisol	-15741.00132	38	-598158.0501
TOTAL	-55017.27988		-2662141.686

Fuente: Elaboración propia.

- **Pérdida de superficie en Bosque**

a) Emisión Anual: 1071.77 (has) * & 50252.74885 (t/C/ha) = Toneladas de Carbono

Tabla 50. Emisión anual de suelos de bosque

Bosque			
Tipo de Suelo	Promedio de superficie de cambio anual	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	-18.58	24	-445.8256442
Andosol	-180.67	70	-12646.68919
Cambisol	47.76	38	1814.916276
Feozem	-94.27	38	-3582.182811
Fluvisol	-2.91	88	-255.984233
Histosol	-0.02	88	-1.56416797
Leptosol	-552.40	38	-20991.14374
Luvisol	-120.55	70	-8438.733079
Planosol	1.81	38	68.74582791
Ranker	2.62	38	99.50103254
Regosol	-104.02	38	-3952.799066
Vertisol	-50.55	38	-1920.990051
TOTAL	-1071.77		-50252.74885

Fuente: Elaboración propia.

b) Emisión Neta: 11789.51 (has) * & (t/C/ha) = 552780.2373 Toneladas de Carbono

Tabla 51. Emisión neta de suelos de bosque

Bosque			
Tipo de Suelo	Superficie Neta (11 años)	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	-204.34	24	-4904.082086
Andosol	-1987.336873	70	-139113.5811
Cambisol	525.370501	38	19964.07904
Feozem	-1036.947656	38	-39404.01092
Fluvisol	-31.99802913	88	-2815.826563
Histosol	-0.195520996	88	-17.20584767
Leptosol	-6076.383714	38	-230902.5811
Luvisol	-1326.086627	70	-92826.06387
Planosol	19.90010808	38	756.204107
Ranker	28.80293047	38	1094.511358
Regosol	-1144.231309	38	-43480.78973
Vertisol	-556.0760675	38	-21130.89057
TOTAL	-11789.52		-552780.2373

Fuente: Elaboración propia.

- **Pérdida de superficie en Otros Tipos de Vegetación**

a) Emisión Anual: 97.09 (has) * & (t/C/ha) = 5923.872548 Toneladas de Carbono

Tabla 52. Emisión anual de suelos de otros tipos de vegetación

Otros Tipos de Vegetación			
Tipo de Suelo	Promedio de superficie de cambio anual	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	-1.487545776	24	-35.70109862
Andosol	-2.196410564	70	-153.7487395
Cambisol	7.111612931	38	270.2412914
Feozem	-1.541134309	38	-58.56310374
Histosol	7.494949622	88	659.5555668
Leptosol	-0.036169194	38	-1.374429358
Luvisol	-79.98606641	70	-5599.024648
Planosol	-1.061703786	38	-40.34474385
Regosol	8.219724389	38	312.3495268
Solonchak	-33.70163328	38	-1280.662065
Vertisol	0.08947094	38	3.39989572
TOTAL	-97.09490543		-5923.872548

Fuente: Elaboración propia.

b) Emisión Neta: 1068.04 (has) * & (t/C/ha) = 65162.59 Toneladas de Carbono

Tabla 53. Emisión neta de suelos de otros tipos de vegetación

Otros Tipos de Vegetación			
Tipo de Suelo	Superficie Neta (11 años)	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Acrisol	-16.36300353	24	-392.7120848
Andosol	-24.1605162	70	-1691.236134
Cambisol	78.22774224	38	2972.654205
Feozem	-16.9524774	38	-644.1941411
Histosol	82.44444584	88	7255.111234
Leptosol	-0.39786113	38	-15.11872294
Luvisol	-879.8467305	70	-61589.27113
Planosol	-11.67874164	38	-443.7921824
Regosol	90.41696828	38	3435.844795
Solonchak	-370.7179661	38	-14087.28271
Vertisol	0.98418034	38	37.39885292
TOTAL	-1068.04396		-65162.59802

Fuente: Elaboración propia.

- **Pérdida de superficie en Matorral**

a) Emisión Anual: 36.44 (has) * & (t/C/ha) = 1384.76 Toneladas de Carbono

Tabla 54. Emisión anual de suelos de matorral

Matorral			
Tipo de Suelo	Promedio de superficie de cambio anual	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Cambisol	13.78604574	38	523.8697382
Feozem	-22.93226542	38	-871.4260858
Leptosol	-14.59631742	38	-554.660062
Planosol	-1.148747729	38	-43.65241369
Solonchak	1.628708729	38	61.89093171
Vertisol	-13.17846192	38	-500.7815528
TOTAL	-36.44103801		-1384.759444

Fuente: Elaboración propia.

b) Emisión Neta: 400.85 (has) * & (t/C/ha) = 15232.35 Toneladas de Carbono

Tabla 55. Emisión neta de suelos de matorral

Matorral			
Tipo de Suelo	Superficie Neta (11 años)	Factor (&)	Toneladas de Carbono
Cambisol	151.6465032	38	5762.56712
Feozem	-252.2549196	38	-9585.686944
Leptosol	-160.5594916	38	-6101.260682
Planosol	-12.63622501	38	-480.1765505
Solonchak	17.91579602	38	680.8002488
Vertisol	-144.9630811	38	-5508.597081
TOTAL	-400.8514181		-15232.35389

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Balance de Escenarios de Emisión y Captura

Con la finalidad de mostrar el balance entre categorías de uso de suelo que presentaron emisión y categorías que presentaron captura de Carbono, se realiza el balance anual, el balance neto y por último el balance total para los cuales se retoman los escenarios de pérdida y ganancia anual y neta de las diferentes categorías de uso de suelo durante el periodo 1998-2009.

4.3.3.1 Balance Anual

El balance anual permite observar el comportamiento de las categorías de uso de suelo que capturan o emiten carbono en el periodo de un año (ver tabla 56).

Tabla 56. Balance Anual

	Uso de Suelo	Biomasa Seca (t/C)	Suelo (t/C)	Total
C A P T U R A	Agrícola	54963.56	212363.30	267326.875
	Selva	82869.11	29737.61	112606.735
	Cuerpo de Agua	747.07	4050.12	4797.19891
	Total	138579.76	246151.04	384730.808
	E M I S I O N	Pastizal	137543.20	242012.88
Bosque		235790.37	50252.74	286043.126
Matorral		1336.17	1384.75	2720.93057
Otros Tipos de Vegetación		2136.08	5923.87	8059.96052
Total		376805.83	299574.26	676380.097

Fuente: Elaboración propia.

La lectura del balance anual es la siguiente:

54963.56 (Captura anual Agrícola)+ 82869.11 (Captura anual en Selva) + 747.07 (Captura anual en Cuerpo de Agua) = **138579.76 Toneladas de Carbono Capturadas en Biomasa Seca.**

212363.30 (Captura anual Agrícola)+ 29737.61 (Captura anual en Selva) + 4050.12 (Captura anual en Cuerpo de Agua) = **246151.04 Toneladas de Carbono Capturadas en Suelo.**

137543.20 (Emisión anual en Pastizal)+ 235790.37 (Emisión anual en Bosque) + 1336.17 (Emisión anual en Matorral) + 2136.08 (Emisión anual en Otros Tipos de Vegetación)= **376805.83 Toneladas de Carbono Emitidas por Biomasa Seca.**

242012.88 (Emisión anual en Pastizal)+ 50252.74 (Emisión anual en Bosque) + 1384.75 (Emisión anual en Matorral) + 5923.87 (Emisión anual en Otros Tipos de Vegetación)= **299574.26 Toneladas de Carbono Emitidas por Suelo.**

138579.76 (t/C en Biomasa Seca) + 246151.04 (t/C en Suelo) = **384730.80 t/C/Capturadas.**

376805.83 (t/C en Biomasa Seca) + 299574.26 (t/C en Suelo) = **676380.09 t/C/Emitidas.**

Balance:

384730.80 (t/C/Capturadas) - 676380.09 (t/C/Emitidas) = **-291649.28 t/C**

4.3.3.2 Balance Neto

El balance neto permite observar el comportamiento de las categorías de uso de suelo que capturan o emiten carbono en el periodo 1998-2009 (ver tabla 57).

Tabla 57. Balance Neto

	Uso de Suelo	Biomasa Seca (t/C)	Suelo (t/C)	Total
C A P T U R A	Agrícola	604599.2405	2335996.38	2940595.62
	Selva	911560.2909	327113.793	1238674.08
	Cuerpo de Agua	8217.846636	44551.3414	52769.188
	Total	1524377.378	2707661.51	4232038.89
E M I S I O N	Pastizal	1512975.202	2662141.69	4175116.89
	Bosque	2593694.144	552780.237	3146474.38
	Matorral	14697.88242	15232.3539	29930.2363
	Otros Tipos de Vegetación	23496.96766	65162.598	88659.5657
	Total	4144864.196	3295316.87	7440181.07

Fuente: Elaboración propia.

La lectura del balance anual es la siguiente:

604599.24 (Captura neta Agrícola)+ 911560.2909 (Captura neta en Selva) + 8217.846636 (Captura neta en Cuerpo de Agua) = 1524377.378 **Toneladas de Carbono Capturadas en Biomasa Seca.**

2335996.38 (Captura neta Agrícola)+ 327113.793 (Captura neta en Selva) + 44551.3414 (Captura neta en Cuerpo de Agua) = 2707661.51 **Toneladas de Carbono Capturadas en Suelo.**

1512975.202 (Emisión neta en Pastizal)+ 2593694.144 (Emisión neta en Bosque) + 14697.88242 (Emisión neta en Matorral) + 23496.96766 (Emisión neta en Otros Tipos de Vegetación)= 4144864.196 **Toneladas de Carbono Emitidas por Biomasa Seca.**

2662141.69 (Emisión neta en Pastizal)+ 552780.237 (Emisión neta en Bosque) + 15232.3539 (Emisión neta en Matorral) + 65162.598 (Emisión neta en Otros Tipos de Vegetación)= 3295316.87 **Toneladas de Carbono Emitidas por Suelo.**

1524377.378 (t/C en Biomasa Seca) + 2707661.51 (t/C en Suelo) = 4232038.89 **t/C/Capturadas**

4144864.196 (t/C en Biomasa Seca) + 3295316.87 (t/C en Suelo) = 7440181.07 **t/C/Emitidas**

Balance:

4232038.89 (t/C/Capturadas) - 7440181.07 (t/C/Emitidas) = **-3208142.17 t/C**

4.3.3.3 Balance Total

El balance total permite sintetizar el comportamiento de las categorías de uso de suelo que capturan o emiten mostrando datos anuales y netos (ver tabla 58).

Tabla 58. Balance Total

CAPTURA	Uso de Suelo	Anual		Neto	
		Total de Carbono	%	Total de Carbono	%
	Agrícola	267326.875	69.48	2940595.62	69.48
	Selva	112606.735	29.26	1238674.08	29.26
	Cuerpo de Agua	4797.19891	1.24	52769.188	1.24
	Total	384730.808		4232038.89	
EMISION	Uso de Suelo	Total de Carbono	%	Total de Carbono	%
	Pastizal	379556.081	56.11	4175116.89	56.11
	Bosque	286043.126	42.29	3146474.38	42.29
	Matorral	2720.93057	0.40	29930.2363	0.40
	Otros Tipos de Vegetación	8059.96052	1.19	88659.5657	1.19
	Total	676380.097		7440181.07	
Balance		-291649.28		-3208142.17	

Fuente: Elaboración Propia

La lectura del Balance Total es la siguiente:

$$\text{BALANCE ANUAL: } 384730.80 \text{ (t/C/Capturadas)} - 676380.09 \text{ (t/C/Emitidas)} = \underline{\underline{-291649.28 \text{ t/C}}}$$

$$\text{BALANCE NETO: } 4232038.89 \text{ (t/C/Capturadas)} - 7440181.07 \text{ (t/C/Emitidas)} = \underline{\underline{-3208142.17 \text{ t/C}}}$$

El balance total conjunta datos anuales y netos referentes a las categorías de uso de suelo que capturan o emiten carbono dentro del periodo 1998-2009, de esta forma con los datos del total de carbono se calcula la diferencia entre captura y emisión dando como resultado el balance anual y neto. Dichos balances arrojan valores negativos, lo que indica que la emisión anual y neta de carbono es mayor a la captura del mismo.

Las categorías de uso de suelo que capturan carbono tanto en biomasa seca como en suelo son Agrícola, Selva y Cuerpo de Agua. La categoría de uso de suelo Agrícola presentó el mayor porcentaje del total anual y neto capturado con casi un 70%, seguido por la Selva con un 29.26% y por último el Cuerpo de Agua con un porcentaje de 1.24%.

Por otra parte las categorías de emisión son Pastizal, Bosque, Matorral y Otros tipos de Vegetación. La categoría de uso de suelo con mayor porcentaje de emisión total anual y neta es el Pastizal con un 56.11%, en segundo lugar el Bosque con un 42.29%, seguido de Otros tipos de Vegetación con 1.19% y por último el Matorral con 0.4%.

Lo anterior nos indica que el incremento en la superficie agrícola está asociado a las pérdidas de superficie en pastizal, bosque, matorral y otros tipos de vegetación debido a que comúnmente el proceso que se sigue para abrir zonas agrícolas es el desmonte (tumba, roza y quema) de superficies cubiertas por bosque o matorral, generando el nacimiento de pastizal inducido que posteriormente es quemado para preparar áreas de cultivo.

Presentando una relación directa con el crecimiento de las superficies agrícolas el aumento en superficie de los Cuerpos de Agua, muestra que las actividades que tienen una influencia humana mayor son las que en los últimos años han aumentado provocando la pérdida de coberturas primarias como lo son el bosque, el matorral, el pastizal y otros tipos de vegetación.

Sin embargo la categoría de Selva presenta un aumento en superficie lo que se traduce directamente como la recuperación de este ecosistema resultado del abandono de tierras agrícolas y pecuarias, particularmente al sur de la entidad, permitiendo que la regeneración natural actúe y reconstituya áreas de captura de carbono (sumideros de carbono).

Por último es importante mencionar que la dinámica en cuanto a cambio de uso de suelo en la entidad resulta preocupante debido a que las zonas representadas por coberturas primarias principalmente de bosque de coníferas y latifoliadas, matorral, pastizal y otros tipos de vegetación, están siendo sustituidas o invadidas por el crecimiento de actividades o usos que denotan la presencia directa del hombre como los son la agricultura y el establecimiento de cuerpos de agua para abastecimiento agrícola o habitacional, lo cual llama la atención debido a que las coberturas que almacenan o capturan una mayor cantidad de carbono por hectárea ya sea en biomasa seca o en suelo son las más afectadas.

4.4 Estrategias de Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en el Estado de México.

Las investigaciones científicas afirman que las actividades humanas alteran de manera directa o indirecta la composición de la atmósfera, que agregada a la variabilidad climática natural, han provocado que el clima global se vea alterado significativamente en este siglo. El aumento en la concentración de los gases efecto invernadero tales como el bióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), los óxidos de nitrógeno y los clorofluorocarbonos (CFC's), son los que causan cambios regionales y globales en la temperatura, precipitación y otras variables climáticas, lo cual conlleva a cambios globales en la humedad del suelo, derretimiento de los glaciares, incrementos en el nivel del mar, aumento de la temperatura promedio del planeta y la ocurrencia más frecuente y severa de eventos extremos como huracanes, frentes fríos, inundaciones y sequías.

Por lo tanto frente al cambio climático la humanidad tiene dos grandes retos: revertir las tendencias negativas mediante la mitigación y reducir la vulnerabilidad ante los eventos extremos asociados por medio de la adaptación y prevención ante contingencias ambientales. (Santiago et.al., 2008)

La adaptación se entiende como ajustes en los sistemas naturales, humanos, productivos e infraestructura estratégica a estímulos climáticos proyectados, está dirigida a la reducción, prevención y control en forma priorizada la ocurrencia de desastres en la población, en un sector o una región, combatiendo las causas estructurales de los problemas, fortaleciendo las capacidades de resiliencia de la sociedad y construyendo un modelo que, bajo un clima distinto, siga dando viabilidad al desarrollo. (SEMARNAT-INECC, 2012)

La Mitigación se entiende como el conjunto de medidas que se pueden tomar para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos que pudieran tener algunas intervenciones antrópicas, busca reducir las fuentes o mejorar la captura o secuestro de gases de efecto invernadero (GEI) y conlleva opciones físicas, químicas y biológicas, así como de geoingeniería. (SEDUMA Yucatán, 2010)

Con el objetivo de realizar un diagnóstico de las áreas representativas de cada uso de suelo dentro del Estado de México, y con base en los resultados obtenidos generar estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático se realiza trabajo de campo.

La metodología utilizada en Campo se generó a partir del Manual y Procedimientos para el Muestreo en Campo Re-muestreo del Inventario Nacional Forestal realizado por la SEMARNAT, 2010. El registro de los datos obtenidos en campo se puede consultar en el apartado de anexos, Trabajo de campo.

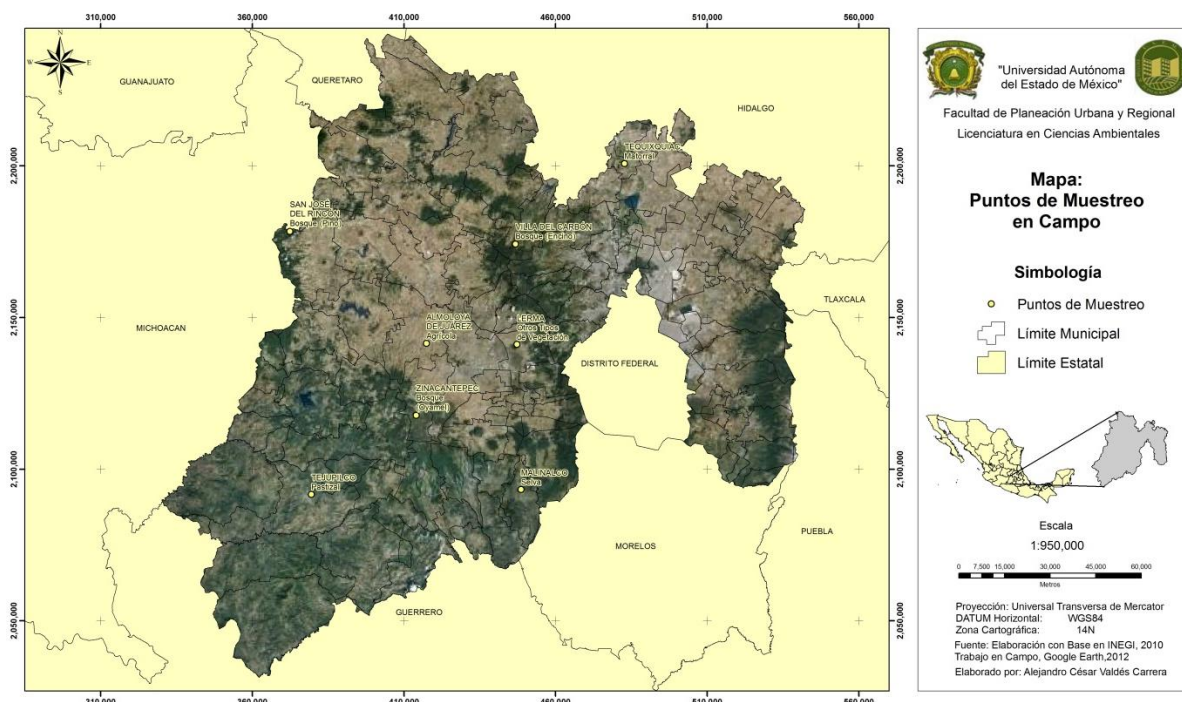
Las Actividades a realizar en campo fueron:

1. Ubicación del área (400m²) (SEMARNAT, 2010)
2. Descripción Vegetativa
3. Verificación Edáfica

Los tipos de coberturas y usos de suelo a diagnosticar fueron los siguientes (ver mapa 12):

- Bosque (Zinacantepec(Oyamel), Villa del Carbón(Encino) y San José del Rincón (Pino))
- Selva baja (Malinalco)
- Matorral (Tequixquiac)
- Pastizal (Tejupilco)
- Agrícola (Almoloya de Juárez)
- Otros tipos de vegetación (Lerma)

Mapa 12. Puntos de Muestreo en Campo



Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2010, Trabajo de Campo, Google Earth, 2012.

4.4.1 Resultados del Trabajo de Campo

Los resultados del trabajo de campo realizado en los 8 diferentes ecosistemas dentro del Estado de México se muestran a continuación:

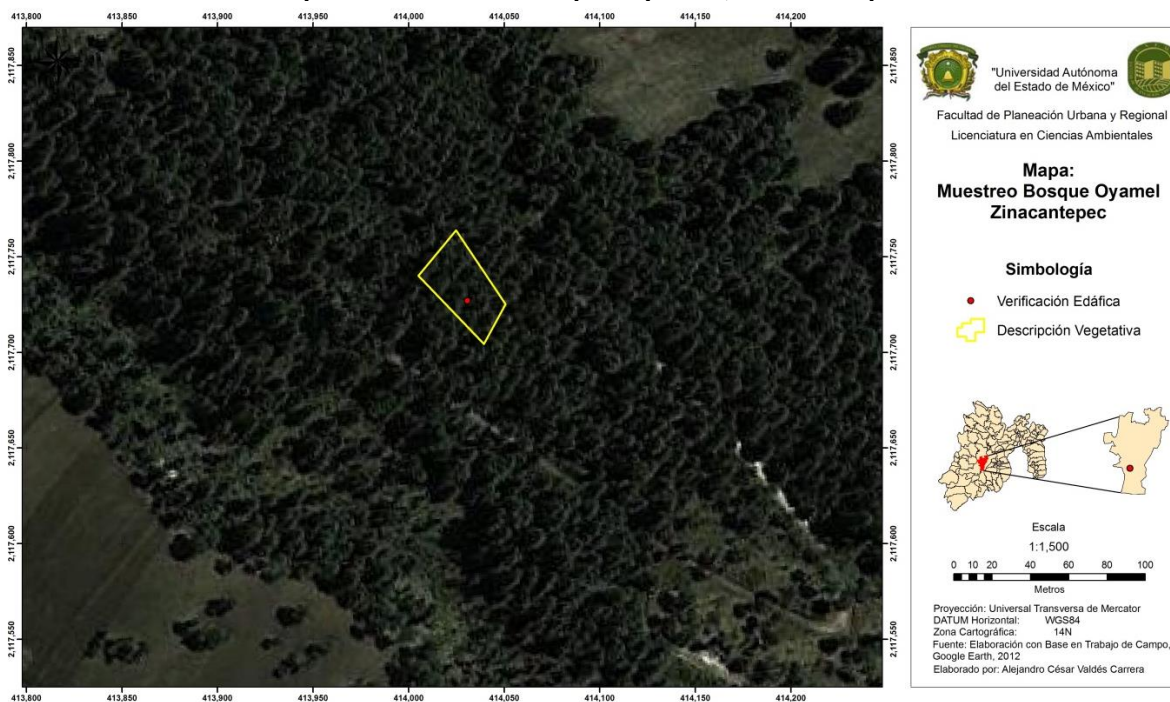
Bosque

Para esta categoría de uso de suelo se analizaron tres tipos de bosques; el primero ubicado en el municipio de Zinacantepec, con un manejo dirigido a la conservación con pagos por servicios hidrológicos. El segundo Bosque de Encino ubicado en el municipio de Villa del Carbón con un manejo dirigido a la recreación, educación ambiental y ecoturismo. El tercero Bosque de Pino ubicado en el municipio de San José del Rincón con un manejo dirigido al aprovechamiento forestal.

1) Bosque de Oyamel

Se trabajó en un cuadrante aproximado de 400 m² en la comunidad de Raíces, municipio de Zinacantepec, este tipo de bosque se desarrolla sobre un depósito de toba sobre domo Andesítico, en la Ladera SO, con una pendiente de 30°, presentando un rango medio de influencia humana, siendo la apertura de caminos y el aprovechamiento forestal los impactos ambientales presentes en el mismo. (Ver mapa 13)

Mapa 13. Muestreo Bosque Oyamel, Zinacantepec



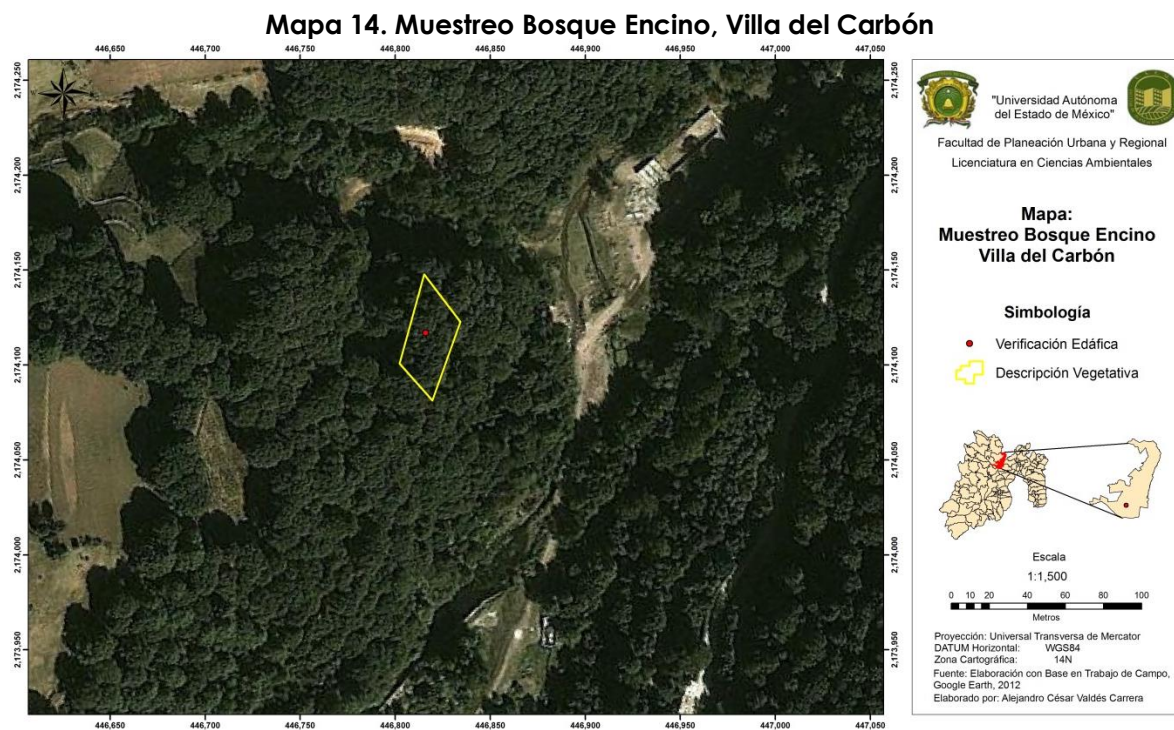
Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2010, Trabajo de Campo, Google Earth, 2012.

La Descripción Vegetativa muestra que la cobertura vegetal presente en el cuadrante es oyamel (*Abies Religiosa*), el número total de individuos registrados es de 915 (26 árboles maduros y 899 arbustos o árboles jóvenes), la altura promedio de los árboles maduros es de 20 mts., y 7 mts los arbustos, el diámetro promedio de los árboles maduros es de 55 centímetros y de los arbustos de 6 centímetros.

La Verificación Edáfica del cuadrante arroja que el tipo de suelo es Andosol Úmbrico presenta 6 horizontes, con textura al tacto predominantemente arenolimsa, con un pH ácido entre 6 y 5, con una cantidad de alófanos de 2 a 4, con un color en seco y mojado dentro de los rangos 7.5 YR y 10YR de las tablas Munsell, siendo la andesita el material parental.

2) Bosque de Encino

Se trabajó en un cuadrante aproximado de 400 m² en la comunidad El Llano, municipio de Villa del Carbón, este tipo de bosque se desarrolla sobre un domo Andesítico, en la Ladera SE, con una pendiente de 30°, presentando un rango medio de influencia humana dirigida al Ecoturismo y Recreación, siendo la apertura de caminos y el cambio de uso de suelo los principales impactos ambientales que presenta. (Ver mapa 14)



La Descripción Vegetativa muestra que la cobertura vegetal presente en el cuadrante es Encino (*Quercus*), el número total de individuos registrados es de 156 (55 árboles maduros y 101 arbustos o árboles jóvenes), la altura promedio de los árboles maduros es de 15.3 mts., y 6 mts los arbustos, el diámetro promedio de los árboles maduros es de 52 centímetros y de los arbustos de 3 centímetros.

La Verificación Edáfica del cuadrante arroja que el tipo de suelo es Feozem Háplico presenta 6 horizontes, con textura al tacto predominantemente limosa-arcillosa, con un pH ácido de 5, con una cantidad de alófanos de 1 a 2, con un color en seco y mojado dentro de los rangos 5 YR, 7.5 YR y 10YR de las tablas Munsell, siendo la andesita el material parental.

3) Bosque de Pino

Se trabajó en un cuadrante aproximado de 400 m² en la comunidad de Cebatí, municipio de San José del Rincón, este tipo de bosque se desarrolla sobre una Colada Lávica, en la Ladera NO, con una pendiente de 15°, presentando un rango medio de influencia humana dirigida al Aprovechamiento Forestal, siendo la apertura de caminos, pastoreo, e incendios los principales impactos ambientales que presenta. (Ver mapa 15)

Mapa 15. Muestreo Bosque Pino, San José del Rincón



Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2010, Trabajo de Campo, Google Earth, 2012.

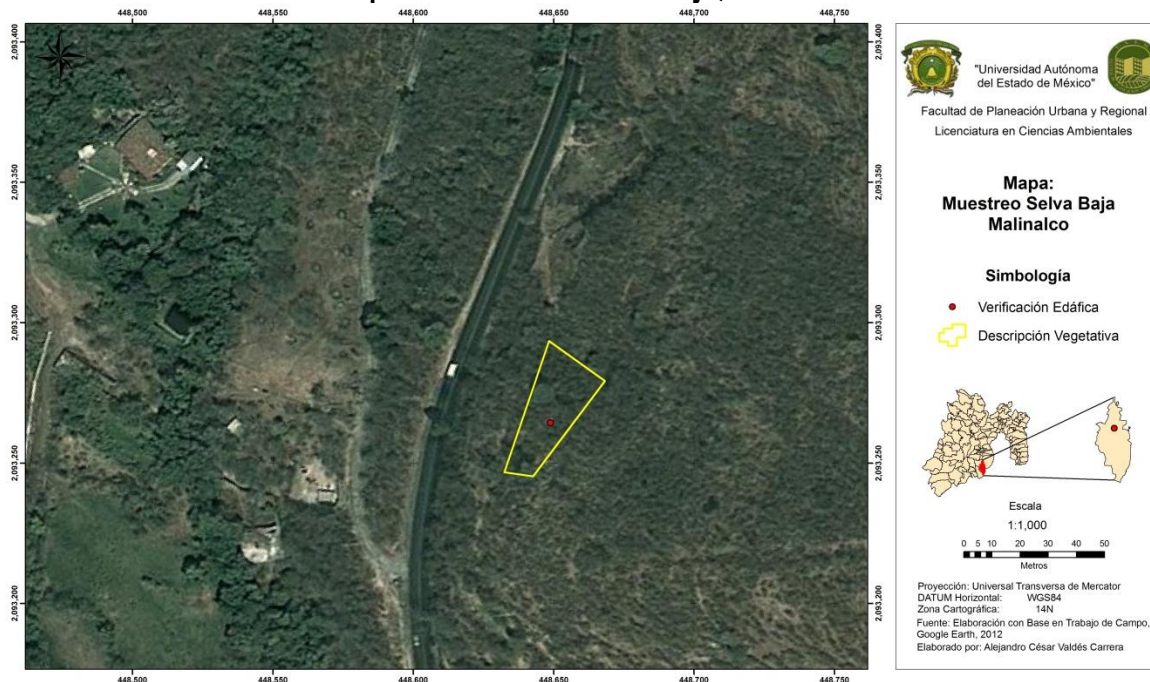
La Descripción Vegetativa muestra que la cobertura vegetal presente en el cuadrante es Pino (*Pinus*), el número total de individuos registrados es de 1842 (242 árboles maduros y 1600 arbustos o árboles jóvenes), la altura promedio de los árboles maduros es de 14 mts., y 1.5 mts los arbustos, el diámetro promedio de los árboles maduros es de 20 centímetros y de los arbustos de 4 centímetros.

La Verificación Edáfica del cuadrante arroja que el tipo de suelo es Feozem Háplico presenta 4 horizontes, con textura al tacto predominantemente limoso, con un pH ácido de entre 5 a 6, con una cantidad de alófanos de 3 a 4, con un color en seco y mojado dentro de los rangos 5 YR y 7.5 YR de las tablas Munsell, siendo la andesita el material parental.

Selva Baja

Se trabajó en un cuadrante aproximado de 400 m² en la comunidad La Ladriella, municipio de Malinalco, se desarrolla sobre Colada Lávica, en la Ladera ENO, con una pendiente de 30°, presentando un rango medio de influencia humana dirigida al Pastoreo, siendo la apertura de caminos el principal impacto ambiental que presenta. (Ver mapa 16)

Mapa 16. Muestreo Selva Baja, Malinalco



Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2010, Trabajo de Campo, Google Earth, 2012.

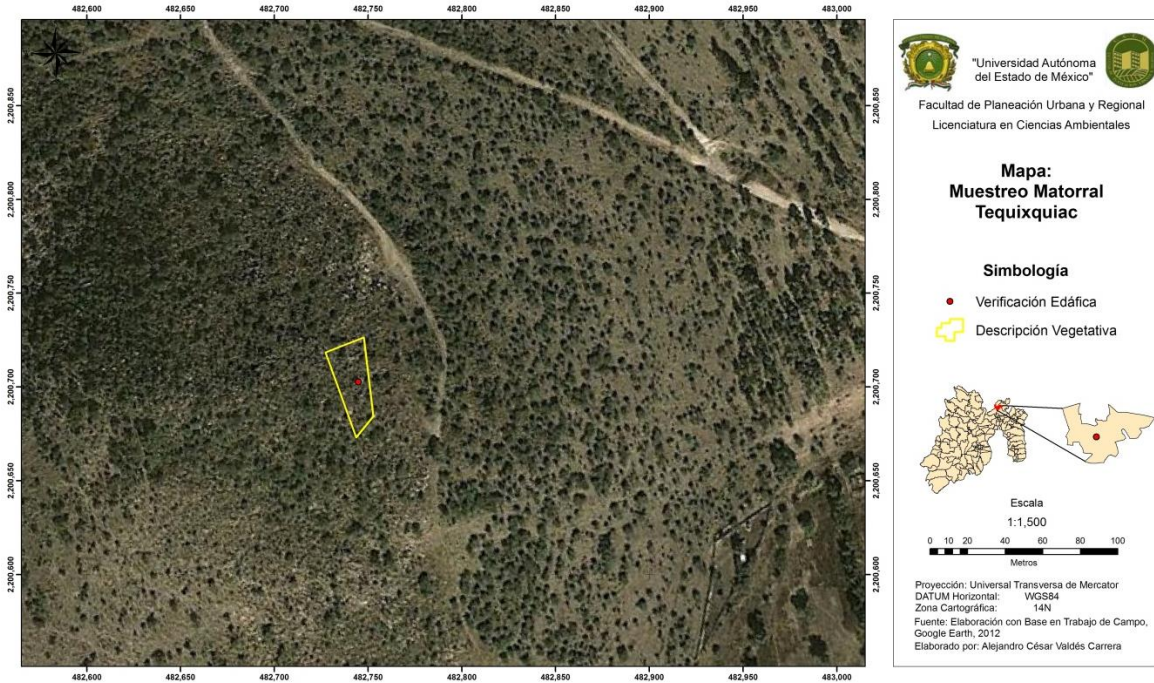
La Descripción Vegetativa muestra que la cobertura vegetal presente en el cuadrante es Huaje (*Leucaena*), Tepehuaje (*Lysiloma*), Amate (*Ficus*), Canelilla (*Canelilla*), Chapulixtle (*Dodonae*) el número total de individuos registrados es de 2013 (13 árboles maduros y 2000 arbustos), la altura promedio de los árboles maduros es de 4 mts, y 2.5 mts los arbustos, el diámetro promedio de los árboles maduros es de 36 centímetros y de los arbustos de 10 centímetros.

La Verificación Edáfica del cuadrante arroja que el tipo de suelo es Vertisol Crómico presenta 2 horizontes, con textura al tacto predominantemente Franco-Arcilloso, con un pH ácido de 5, con una cantidad de alófanos de 1 a 2, con un color en seco y mojado dentro de los rangos 5 YR de las tablas Munsell, siendo la arenisca el material parental.

Matorral

Se trabajó en un cuadrante aproximado de 400 m² en El Cerro de la Ahumada, municipio de Tequixquiac, se desarrolla sobre Colada Lávica, en la Ladera NE, con una pendiente de 30°, presentando un rango bajo de influencia humana dirigida a la Conservación y Recreación, siendo la apertura de caminos y el pastoreo los principales impactos ambientales que presenta. (Ver mapa 17)

Mapa 17. Muestreo Matorral, Tequixquiac



Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2010, Trabajo de Campo, Google Earth, 2012.

La Descripción Vegetativa muestra que la cobertura vegetal presente en el cuadrante es Huizache (*Acacia*), Choya (*Cylindropuntia*), Nopal (*Opuntia*) el número total de individuos registrados es de 54 (10 huizaches, 21 choyas y 23 nopales), la altura promedio de los huizaches es de 2 mts, 1.6 mts la choya y 1.3 mts los nopales, el diámetro promedio de los huizaches es de 20 centímetros, 17 centímetros de las choyas y de nopales de 35 centímetros.

La Verificación Edáfica del cuadrante arroja que el tipo de suelo es Andosol Léptico presenta 4 horizontes, con textura al tacto predominantemente Arcillo-Limosa, con un pH ácido de 6, una cantidad de alófanos de 2 a 3, con un color en seco y mojado dentro de los rangos 7.5 YR y 10 YR de las tablas Munsell, siendo la andesita el material parental.

Pastizal

Se trabajó en un cuadrante aproximado de 400 m² en la zona Centro, municipio de Tejupilco, se desarrolla sobre Colada Lávica, en la Ladera NS, con una pendiente de 25°, presentando un rango alto de influencia humana dirigida al uso Pecuario, siendo el cambio de uso de suelo, la apertura de caminos y el pastoreo los principales impactos ambientales que presenta. (Ver mapa 18)

Mapa 18. Muestreo Pastizal, Tejupilco



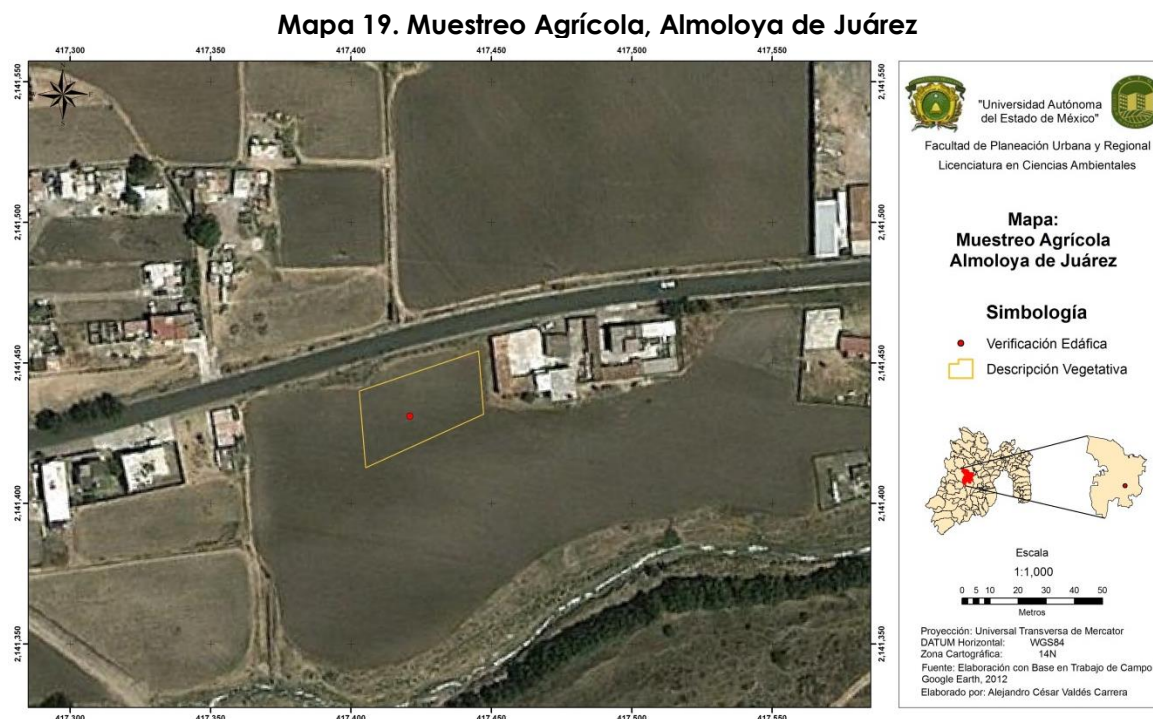
Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2010, Trabajo de Campo, Google Earth, 2012.

La Descripción Vegetativa muestra que la cobertura vegetal presente en el cuadrante es Pasto Forrajero (*Festuca*) el número total de individuos registrados oscila entre los 4000 a 4200, la altura promedio de los árboles maduros es de 2.25 mts, el diámetro promedio es de 1 centímetro.

La Verificación Edáfica del cuadrante arroja que el tipo de suelo es Leptosol Dístico presenta 5 horizontes, con textura al tacto predominantemente Franca, con un pH ácido de 5, con una cantidad de alófanos de 1 a 2, con un color en seco y mojado dentro de los rangos 7.5 YR de las tablas Munsell, siendo el esquisto el material parental.

Agrícola

Se trabajó en un cuadrante aproximado de 400 m² en la comunidad de San Lorenzo Cuahutenco, municipio de Almoloya de Juárez, se desarrolla sobre Depósito Aluvial, con una pendiente de 2° a 3°, presentando un rango alto de influencia humana dirigida al uso Agrícola para autoconsumo, siendo la apertura de caminos, Asentamientos Humanos, las Sequías y Heladas los impactos ambientales que presenta. (Ver mapa 19)



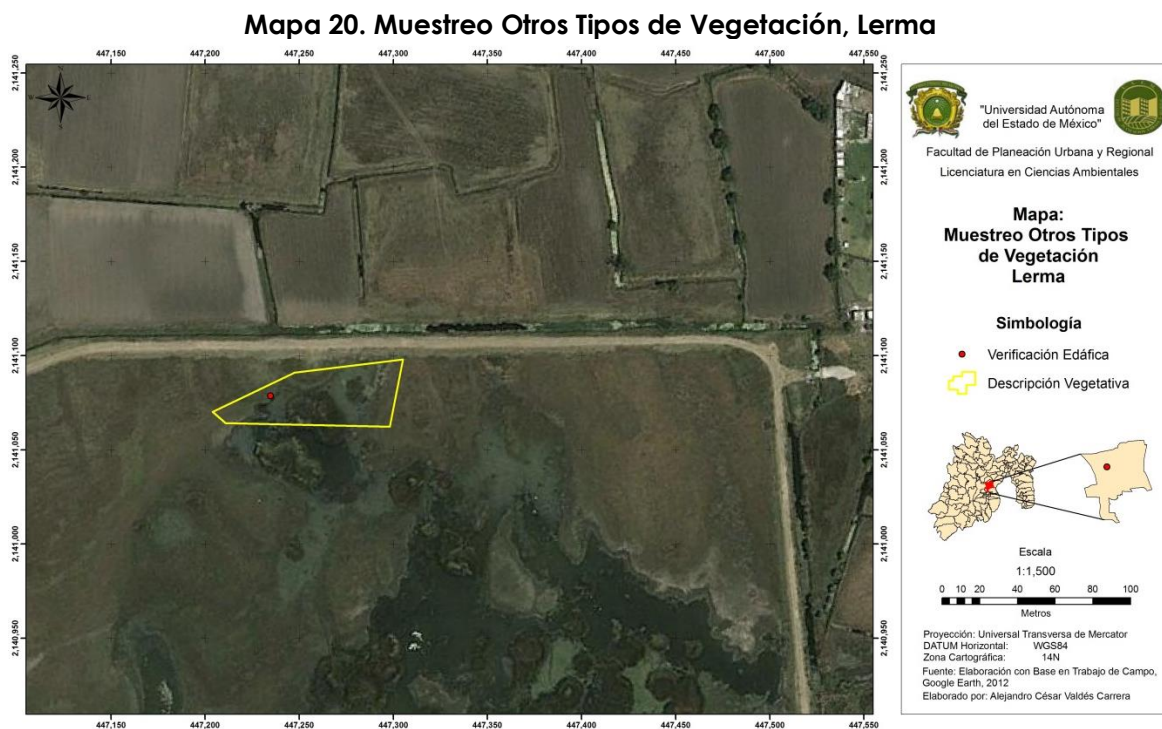
Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2010, Trabajo de Campo, Google Earth, 2012.

La Descripción Vegetativa muestra que la cobertura vegetal presente en el cuadrante es Maíz (*Zea Mays*) el número total de individuos registrados oscila entre los 5600 a 7000, la altura promedio es de 2.25 mts y el diámetro promedio es de 2.7 centímetros.

La Verificación Edáfica del cuadrante arroja que el tipo de suelo es Vertisol Pélico presenta 6 horizontes, con textura al tacto predominantemente Arcillosa, con un pH ácido de 6, con una cantidad de alófanos de 2 a 3, con un color en seco y mojado dentro de los rangos 2.5 YR, 7.5 YR y 10 YR de las tablas Munsell, siendo la andesita el material parental.

Otros Tipos de Vegetación

Se trabajó en un cuadrante aproximado de 400 m² en la comunidad de San Nicolás Peralta, municipio de Lerma, se desarrolla sobre Depósito Aluvial, con una pendiente de 0° a 1°, presentando un rango alto de influencia humana dirigida al uso Pecuario, Agrícola, para la Caza, Conservación y para la Recreación, siendo la Apertura de caminos, Asentamientos Humanos, Pastoreo y el Cambio de Uso de Suelo los impactos ambientales que presenta. (Ver mapa 20)



Fuente: Elaboración con base en INEGI, 2010, Trabajo de Campo, Google Earth, 2012.

La Descripción Vegetativa muestra que la cobertura vegetal presente en el cuadrante es Tule (*Thypa*) y Popal (*Sagittaria*) el número total de individuos registrados es de 8000, la altura promedio es de 2.5 mts y el diámetro promedio es de 1.5 centímetros.

La Verificación Edáfica del cuadrante arroja que el tipo de suelo es Gleysol Flúvico presenta 8 horizontes, con textura al tacto predominantemente Arcillo-Limosa, con un pH ácido y neutro con valores entre 6 y 7, con una cantidad de alófanos de 2 a 3, con un color en seco y mojado dentro de los rangos 2.5 Y, 5 Y, Gley 1 y Gley 2 de las tablas Munsell, siendo aluviones el material parental.

Los datos resultantes del trabajo de campo expresan que en cualquier cobertura natural dentro de la entidad existe impacto humano, lo que ocasiona que los ecosistemas naturales estén sujetos a diversos factores que los transforman provocando que los variados servicios ambientales que ofrecen cada uno de ellos, se alteren o se pierdan por completo.

Los Servicios Ambientales que ofrecen los ecosistemas se agrupan en cuatro que son: de soporte (formación de suelo, ciclos biogeoquímicos y producción primaria), de regulación (clima, agua, polinización, control de enfermedades y riesgos naturales), de provisión (alimentos, agua, combustibles y recursos genéticos) y culturales (espirituales, religiosos, recreativos, ecoturismo, estéticos y educativos). (SEMARNAT-INECC, 2012)

Siendo entonces, el impacto humano causante de afectaciones como la alteración en los ciclos biogeoquímicos, la modificación de patrones de sobrevivencia y crecimiento, el aumento de inundaciones, sequías, deslizamientos de tierra, aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios en cualquier ecosistema, variabilidad en la producción de alimentos, menor disponibilidad y calidad de agua, afectaciones al paisaje y pérdida de biodiversidad.

Por lo tanto el cambio climático y sus impactos a los ecosistemas deben contrarrestarse con estrategias de adaptación y mitigación bajo un enfoque integral que considere que los ecosistemas son reservorios de biodiversidad, proveedores de servicios ambientales y que son fundamentales para la sobrevivencia y bienestar humanos, buscando principalmente la conservación, protección, restauración, reducción de la fragmentación de los hábitats, y el uso sustentable de los recursos proporcionados por los ecosistemas.

En ese orden de ideas a continuación, se enuncian las estrategias de adaptación y mitigación aplicables en el Estado de México.

4.4.2 Estrategias de Adaptación al Cambio Climático

La importancia de una adecuada adaptación a los efectos del cambio climático dentro de la entidad, repercute directamente en la factibilidad de poder seguir desarrollando las actividades económicas que transforman a los ecosistemas de una manera planificada que busque minimizar los efectos negativos de las mismas, teniendo una visión integral y sistémica del medio para lograr un objetivo en común que es conservar en equilibrio el funcionamiento de los ecosistemas naturales dentro del estado.

Con base en lo anterior se mencionan tres estrategias aplicables dentro de la entidad, que permitirán cumplir los objetivos del proceso de adaptación al cambio climático.

1) Ordenamiento Ecológico Local

La primera estrategia de adaptación al cambio climático en la entidad es el ordenamiento ecológico, el cual es un instrumento de política ambiental para regular el uso del suelo y promover un desarrollo sustentable, que pretende maximizar el consenso entre los sectores y minimizar los conflictos ambientales por el uso del territorio.

El ordenamiento busca ubicar las actividades productivas en las zonas con mayor aptitud para su desarrollo y donde se genere menor impacto ambiental, se desarrolla en 4 etapas que son: Caracterización, Diagnóstico, Pronóstico y Propuesta.

Contar con un instrumento de planeación territorial como este es de primordial importancia para identificar, prevenir y revertir los procesos de deterioro ambiental, como la escasez y contaminación del agua, el cambio climático, la afectación y pérdida de especies de flora y fauna, la degradación del suelo y la pérdida de la cobertura vegetal, además de disminuir la vulnerabilidad de las poblaciones humanas ante eventuales desastres naturales. (SEMARNAT-CECDS, 2009)

La aplicación del ordenamiento ecológico local permitirá finalmente generar políticas ambientales por unidades de gestión lo que se traduce en la determinación de áreas para protección, restauración, conservación y aprovechamiento sustentable, acompañado de propuestas para cada una de ellas que buscan mantener el equilibrio entre los procesos de uso del territorio y los ecosistemas afectados. Siendo así la elaboración y aplicación del ordenamiento

ecológico local permitirá lograr paulatinamente la adaptación al cambio climático en la entidad.

2) Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas

La segunda estrategia de adaptación ante el cambio climático en la entidad es el manejo integral de cuencas, el cual constituye un proceso adaptativo que alinea, coordina y construye programas hacia objetivos comunes, para lo cual requiere la sinergia, concurrencia, cooperación y colaboración de diversas instituciones bajo una visión común. (Cotler, 2007)

Esta visión, requiere de una base sólida de conocimientos ambientales sobre la estructura y funcionamiento de la cuenca; la estructura incluye las bases para entender el origen y evolución de la cuenca basado en las características de sus componentes: aire, suelo, agua, biodiversidad (principalmente las características de la vegetación) y geomorfología.

La función del ecosistema cuenca, requiere la inclusión del efecto y uso por el hombre considerándolo entonces un socioecosistema y donde el funcionamiento natural de una cuenca es una relación entre la cantidad de agua que recibe y su efecto sobre el suelo y la vegetación, este efecto varía entre las partes altas a las bajas de las cuencas. En estas diferencias altitudinales los procesos del ciclo hidrológico, del movimiento de los sedimentos y la función de la cubierta vegetal son distintos y únicos para cada cuenca.

En síntesis, el manejo de cuencas puede entenderse como un proceso de planeación, implementación y evaluación de acciones y medidas dirigidas al control de las externalidades negativas, lo cual puede obtenerse mediante el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales con fines productivos, la conservación de los ecosistemas y el control y prevención de los procesos de degradación ambiental en el contexto de una cuenca hidrográfica, como unidad territorial. Asimismo se busca la presencia de ecosistemas saludables capaces de proveer bienes y servicios ambientales que mejoren la calidad de vida de los habitantes.

Siendo así, aplicar esta visión de manejo de cuencas hidrográficas dentro de la entidad implicará respetar límites naturales y no sociopolíticos, teniendo como resultado el manejo sistémico de los recursos naturales, evitando su degradación, logrando mantener en equilibrio los ecosistemas y finalmente la adaptación al cambio climático dentro del estado.

3) Atlas de Riesgos

La tercera estrategia de adaptación ante el cambio climático en la entidad es el Atlas de Riesgos que se concibe como un sistema dinámico e integral de información del riesgo de desastres. El tema del riesgo dentro de la prevención de desastres ha sido tratado y desarrollado por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes de manera diferente, aunque en la mayoría de los casos de manera similar. Un punto de partida es que los riesgos están ligados a actividades humanas. (SEGOB-CENAPRED, 2006)

La existencia de un riesgo implica la presencia de un agente perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etc.) en un grado tal, que constituye un desastre.

Comprendiendo que la base fundamental para un diagnóstico adecuado de riesgo es el conocimiento científico de los fenómenos (peligros o amenazas) que afectan a una región determinada, además de una estimación de las posibles consecuencias del fenómeno; éstas dependen de las características físicas de la infraestructura existente en la zona, así como de las características socioeconómicas de los asentamientos humanos en el área de análisis.

El procedimiento general para la elaboración de un Atlas de Riesgo es el siguiente:

- Identificación de los fenómenos naturales (geológicos e hidrometeorológicos) y antrópicos (químicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos) que pueden afectar una zona en estudio.
- Determinación del peligro a los fenómenos identificados
- Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad
- Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado a cada tipo de fenómeno, tanto natural como antropogénico.
- Integración sistemática de la información sobre los fenómenos naturales y antropogénicos, peligro, vulnerabilidad y riesgo considerando los recursos técnicos y humanos.

En conclusión el Atlas de Riesgos permite identificar los efectos que tendrán los fenómenos naturales y antrópicos sobre el territorio y evaluar la capacidad de respuesta de la población ante ellos, esto a su vez permitirá prevenir, corregir y priorizar acciones a realizar para adaptarse y dar una respuesta adecuada a los fenómenos desencadenados por el cambio climático en la entidad.

4.4.3 Estrategias de Mitigación al Cambio Climático

La importancia de una adecuada mitigación a los efectos del cambio climático dentro de la entidad, se verá reflejado en la disminución de las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero y en el cambio de actividades productivas y uso de tecnologías optando por las que causen menor efecto negativo a los ecosistemas naturales.

Con base en lo anterior se mencionan tres estrategias aplicables dentro de la entidad, que permitirán cumplir los objetivos del proceso de mitigación al cambio climático.

1) Programas municipales de Acción Climática (PACMUN)

La primera estrategia de mitigación ante el cambio climático es la elaboración del Programa Municipal de Acción Climática el cual es un documento respaldado por el INE, que tiene como objetivo orientar las políticas públicas municipales en materia de vulnerabilidad, adaptación y mitigación al cambio climático en el ámbito local. (GF-SEDESOL, 2012)

De igual forma el PACMUN programa las acciones del gobierno municipal estableciendo un orden de prioridades, promueve la participación de los diversos actores municipales, permite conocer el grado de vulnerabilidad local producto del cambio climático, encuentra soluciones innovadores y efectivas a los problemas de gestión ambiental para reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes, desarrolla acciones puntuales que permitan a las comunidades municipales mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático.

La mayor parte de sus contenidos y recomendaciones están orientadas a disminuir las emisiones de carbono en el municipio a través de la creación de un inventario de emisiones y la identificación de fuentes fijas y fuentes móviles, aunque también tiene algunas estrategias de adaptación.

En general permite el desarrollo de actividades relacionadas con energía renovable, técnicas de producción más limpia y el establecimiento de normas que limiten y controlen emisiones, además de la mejora en el diseño arquitectónico, la calefacción y refrigeración, lo que representa una estrategia aplicable en a nivel local (municipal) que permitirá en caso de elaborarse para el total de municipios pertenecientes al estado, la mitigación de los efectos del cambio climático en la entidad.

2) Aplicación de la estrategia COUSSA

La segunda estrategia para la mitigación del cambio climático en la entidad es la estrategia para Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA) establecida por la SAGARPA, tiene por objetivo la generación de material de soporte técnico y capacitación en la conservación y uso sustentable de suelo y agua, dirigido a las agencias de desarrollo rural y/o técnicos en lo individual que prestan los servicios de elaboración y puesta en marcha de los proyectos que sirven de base el otorgamiento de los apoyos del Componente de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA) del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales. (SAGARPA, 2012).

Esta estrategia presenta los siguientes materiales de soporte técnico sobre conservación y uso sustentable de suelo y agua y desarrollo rural que son las herramientas que se pueden aplicar en el desarrollo de cualquier actividad humana en la cual los ecosistemas naturales sean modificados.

- **Instructivos:** Demandas de agua, Hidrología y Topografía
- **Fichas Técnicas para el Desarrollo Rural:** El Huerto Familiar, Elaboración de Quesos, Elaboración de Embutidos, Hidroponía rústica, Procesamiento de Frutas, Manejo de maíces criollos, Manejo de bancos de proteína, Rotación de Cultivos, La Granja Ecológica Integral, Lombricultura, Sistema Agropastoril, Establecimiento de Microempresas y Producción de Cochinilla.
- **Catálogo de Obras y Prácticas de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua:** Obra principal, Obras Complementarias, Obras complementarias al proyecto integral y Prácticas vegetativas y agronómicas.
- **Fichas Técnicas de Obras y Prácticas de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua:** Control de cárcavas, Drenaje Superficial, Muros de Contención, Ollas de Agua, Presas de Cortinas de Tierra, Presas de Concreto, Rodillo Aereador, Surcado al Contorno, Terrazas, Terrazas de Banco, Tinas Ciegas, Terrazas de Zingg, Terrazas de Base Ancha, Milpa Intercalada con Frutas, Presas de Gaviones, Presas de Mampostería, Abonos Orgánicos, Abonos Verdes, Cortinas Rompevientos, Cultivo en franjas, Sistema de conteo, Cultivos de cobertera, Caminos de acceso y sacacosecha, Canal de llamada, Disipadores de energía, Galerías filtrantes, Línea de conducción, Obras de excedencias, Obras de toma, Presa de Tierra, Presa Derivadora y Tanques de Amortiguamiento.

En general la aplicación de esta estrategia permite la capacitación de la sociedad en cuanto a técnicas, obras y prácticas de conservación de los recursos naturales que de aplicarse adecuadamente repercutirán localmente a la mitigación, teniendo un efecto regional sobre los efectos del cambio climático en la entidad.

3) Conservación de las Cabeceras de las cuencas y el Manejo Adecuado de las ANP's.

La tercera estrategia para la mitigación del cambio climático en la entidad se refiere a la conservación de las cabeceras de las cuencas y el manejo adecuado de las áreas naturales protegidas. Las áreas naturales protegidas son un gran activo dentro de cualquier municipio resaltando por la reserva de recursos naturales que representan siendo en su mayoría ecosistemas forestales que se ubican en las cabeceras de las cuencas, por lo cual es necesario su conservación y un adecuado manejo por medio de planes de manejo.

El manejo adecuado de las zonas forestales es importante ya que estas se constituyen como zonas de captura de carbono y prestan servicios ambientales como lo es la retención del suelo, recarga de acuífero, protección de la biodiversidad, además que su conservación tiene co-beneficios en términos de la prevención de desastres de origen natural en los asentamientos humanos. (GF-SEDESOL, 2012)

En efecto, un bosque retiene el suelo, lo que previene la erosión del mismo durante lluvias atípicas, evitando con ello el arrastre de materiales y en consecuencia, el azolve de cauces de ríos y cuerpos de agua. A nivel localidad, los materiales arrastrados por ríos azolvan la infraestructura hidráulica, generando con ello inundaciones y daños en infraestructura urbana y vivienda. De ahí el imperativo de conservar las cabeceras de las cuencas apoyando la reforestación e implementando brigadas de combate a incendios, y el seguimiento del plan de manejo de las áreas naturales protegidas.

Por lo que las acciones a realizar en esta estrategia son:

- Reforestación y Conservación de las Cabeceras de la Cuencas
- Implementación de Brigadas de combate a incendios
- Aplicación y Seguimiento del Plan de Manejo de la Áreas Naturales Protegidas

En conclusión la conservación y adecuado manejo de las áreas naturales protegidas y de las áreas boscosas encontradas principalmente en las cabeceras de las cuencas permitirá mantener en buen estado las zonas forestales y los diferentes ecosistemas presentes en la entidad, lo que se traduce en una mayor superficie de captación de CO₂ y la disminución de riesgos a la población, siendo la aplicación adecuada de planes de manejo, la implementación de brigadas contra incendios y la reforestación mecanismos que permiten la mitigación directa del cambio climático al disminuir emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

La idea general de las estrategias de adaptación y mitigación mencionadas anteriormente se centra en la importancia de una adecuada planificación del territorio definido ya sea por criterios naturales (cuencas, subcuencas o microcuencas) o sociales (municipios, sectores), que permita en un principio el manejo eficiente y duradero de nuestro recursos naturales, mejorando y haciendo más amigables las técnicas de manejo y transformación de los ecosistemas, evitando así su degradación y aprovechando los servicios ambientales que proporciona.

Por otra parte la correcta aplicación de las herramientas de planificación mencionadas anteriormente permitirá evitar y corregir los efectos futuros y presentes del cambio climático debido a que estas estrategias muestran una visión sistémica que va de lo particular (cuencas, localidades o municipios) a lo general (estado), ya que conjuntan los factores que influyen en el uso y aprovechamiento de los diferentes ecosistemas y coberturas presentes en el Estado de México.

En conclusión las estrategias consideradas anteriormente se muestran como metodologías a seguir para hacer factible la adaptación y mitigación de la entidad ante los efectos del cambio climático, desde una perspectiva local, aplicables a cada punto de muestreo en campo (8 diferentes ecosistemas), ya sea considerando límites naturales (cuencas, subcuencas o microcuencas) o límites sociopolíticos (municipios).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El planteamiento adecuado de una investigación desencadena un proceso de generación de nuevos conocimientos ágil y preciso, permitiendo al investigador el desarrollo y aprendizaje de nuevas cualidades, la refutación de varias hipótesis y finalmente la construcción de un conglomerado rico en información verídica aplicada a un campo de estudio científico específico.

De esta forma, la investigación documental realizada para la construcción del capítulo uno permite entender el porqué de la investigación, teniendo presentes los antecedentes, el diseño metodológico de la misma y los objetivos a cumplir, los cuales permiten la culminación exitosa de la investigación.

Como primer resultado de la investigación presente en el capítulo uno se tienen la metodología general y las metodologías específicas aplicadas en este estudio, las cuales son la base del proceso de investigación, y muestran los pasos que se siguieron para lograr la Caracterización del Uso del Suelo y su Contribución en los Flujos de Gases de Efecto Invernadero en el Estado de México, enriqueciendo a su vez el proyecto general a partir de la comparación de distintas clasificaciones y categorías de uso de la tierra. (ver apartado 1.4)

Se identificó que la clasificación del IPCC es general, cuestión que se justifica por la importancia de generar índices comparativos en el ámbito internacional, sin embargo como resultado del capítulo dos, se tienen el análisis comparativo de diferentes fuentes de información cartográfica sobre uso de suelo y vegetación a nivel nacional y estatal, y la comparación entre categorías del IPCC e INEGI (ver apartados 2.2.4 y 2.2.5), las cuales permitieron identificar que la clasificación que presentó el nivel de desagregación útil para este estudio y los fines del proyecto general fue la del INEGI ya que involucra información de campo acerca de las prácticas forestales, agrícolas y cultivos, así como estructura, composición, uso y dinámica de la vegetación, agrupando los tipos de vegetación por formaciones vegetales para formar entidades geométricas: puntos o áreas, la clasificación por áreas identifica las distintas coberturas y usos del suelo.

El análisis y la comparación de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI con la clasificación de tierras del IPCC, mostro que la generalización de información dificulta la obtención de datos específicos, aunque es útil para la obtención de datos compatibles y comparables de categorías de Tierras a nivel internacional.

En síntesis la comparación realizada permitió definir las bases cartográficas utilizadas para obtener información compatible de Usos de Suelo y Vegetación con categorías de tierras internacionalmente aceptadas y realizar así un análisis confiable entre datos mundiales y datos estatales.

El análisis del contexto biofísico, social y económico del Estado de México, mostrado en el capítulo tres, da cuenta de la diversidad territorial de la entidad y destaca su vocación eminentemente forestal y agropecuaria, lo que implica una competencia constante con el proceso de urbanización de las principales áreas metropolitanas.

Las condiciones biofísicas dan cuenta de su diversidad natural, tanto climática, como geológica, edafológica y topográfica, estas características determinan el potencial de recursos naturales: agua, suelo y vegetación, mismos que están siendo aprovechados por la población con fines económicos y sociales. Es así como la entidad se constituye en uno de los ejemplos más claros, en el que la intervención humana a través de las prácticas de aprovechamiento de la tierra, ejerce presión en los recursos naturales y producen cambios significativos que merman la capacidad de auto regulación de los ecosistemas terrestres.

Como resultados de este capítulo se tiene el análisis de las coberturas y los usos del suelo para los años 1976, 1998 y 2009 y las tasas de cambio de uso del suelo experimentados en el período 1998-2009, realizados tomando como base las ocho categorías de uso de suelo y vegetación del INEGI y las seis categorías propuestas por el IPCC, permitiendo detectar las superficies con pérdidas y ganancias, sin embargo la generalización que se hace con las categorías del IPCC no permite apreciar los cambios puntuales en ciertas categorías que de lo contrario las categorías del INEGI si permiten. (ver apartados 3.2.3 y 3.2.4)

Respecto a las tasas de cambio negativas y pérdida de superficie en los pastizales, bosque, matorrales y otros tipos de vegetación, constituidas como superficies fuentes de emisión de gases de efecto invernadero. Se observó que son principalmente ocasionadas por el desarrollo de actividades productivas de la población, el pastizal principalmente afectado por actividades agropecuarias, el bosque constituido por el bosque de coníferas hasta el de latifoliadas es afectado de igual forma por actividades agropecuarias, las cuales talan y queman la vegetación nativa para la apertura de campos de cultivo y zonas de pastizal para alimentación del ganado, y la pérdida de matorrales y otros tipos de vegetación ocasionada principalmente por el desarrollo de actividades pecuarias y el crecimiento urbano desmedido.

De acuerdo con lo anterior el único ecosistema natural que presentó una tasa de cambio positiva y favorable al incremento de superficie fue la selva baja, la cual gracias al abandono de tierras dedicadas a uso agrícola o pecuario y a la recuperación natural indica que se están reconstituyendo algunas áreas que se desempeñan como sumideros de carbono.

Por otra parte los otros usos del suelo que también presentaron una tasa de cambio positiva y por lo tanto incrementos en la superficie, son aquellos determinados meramente por la intervención humana, como lo son la agricultura, los asentamientos humanos y los cuerpos de agua, lo que indica que las fuentes de emisión antrópica de gases de efecto invernadero aumentaron, y en contrasentido disminuyeron las zonas de captura natural de carbono.

El balance de las pérdidas y ganancias netas de superficie calculadas con las categorías del INEGI y con las categorías del IPCC, muestran que en ambas categorías la superficie de pérdida neta oscila entre las 60,000 hectáreas y las 70,000 hectáreas, lo que representa en promedio un 3.13% del territorio estatal, siendo esta la superficie potencial de emisión de gases efecto invernadero.

Por último el capítulo cuatro representa el apartado con el mayor número de resultados primeramente se tiene la Estimación del Total de Carbono conformado por el carbono en la biomasa seca o total y el CO contenido a 30 centímetros en suelo para los diferentes usos y coberturas del Estado de México, en conjunto con la superficie ganada o pérdida en el periodo 1998-2009 permitieron elaborar los escenarios de pérdida y ganancia de carbono a partir de las tasas de cambio de uso del suelo en la entidad. (ver apartado 4.3)

En segundo orden se tienen los balances realizados con base a los escenarios de biomasa seca y escenarios de suelo que muestran en conjunto un balance negativo, lo que indica que las emisiones anuales y netas son mayores a la captura, en otras palabras, la dinámica de cambio de uso de suelo en la entidad muestra que las coberturas (bosque de coníferas y latifoliadas, matorral, pastizal y otros tipos de vegetación) que almacenan o capturan una mayor cantidad de carbono por hectárea tanto en biomasa seca como en suelo, son las más afectadas por el crecimiento de actividades que denotan la presencia directa del hombre como los son la agricultura y cuerpos de agua. (ver apartado 4.3.3)

Para cerrar y como tercer resultado del capítulo tomando como base lo anterior y el diagnóstico de los diferentes usos de suelo y coberturas fruto del trabajo de campo el cual muestra el gran impacto humano hacia cualquier cobertura de la entidad, se proponen las estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático las cuales tratan de resolver la necesidad de una adecuada

planificación y aplicación de la misma, en cuanto al uso y aprovechamiento que se le da a los diferentes ecosistemas dentro de la entidad, que al resolverse permite la aplicación directa de políticas ambientales, la disminución de desastres, el adecuado manejo de los recursos naturales y por lo tanto al aplicarse se evitan o disminuyen los efectos del cambio climático en la entidad, resaltando que cada una de estas estrategias es aplicable a los diferentes puntos de muestreo de trabajo de campo. (ver apartado 4.4)

La utilidad de los estudios a escalas pequeñas: nacional, estatal o regional, tienen importancia, particularmente en campos de estudio que están poco explorados en el país y en los estados. Este es el caso de los flujos de carbono y su incidencia en los ámbitos locales. Este estudio confirma que la intervención humana a través de las prácticas de aprovechamiento de las cubiertas del suelo, es el factor determinante de la merma de la capacidad de captura de carbono de los principales ecosistemas terrestres de la entidad. Los escenarios estimados deben tomarse como aproximaciones, cuya especificidad es posible resolverla con el trabajo de campo, en este orden de ideas las exploraciones locales en ocho sitios seleccionados se constituyen en el reforzamiento de una perspectiva integrada de metodologías generales y específicas, cualitativas y cuantitativas para identificar la utilidad de ambas ópticas de estudio.

Encontramos que el procedimiento general para estimar la captura de carbono en biomasa seca y suelo, sigue siendo útil en escalas estatales, los escenarios resultantes son válidos considerando el nivel de resolución de la escala utilizada y las aproximaciones detalladas muestran la utilidad de metodologías particulares, de tal modo que la combinación de ambos tipos de metodologías permiten acercamientos integrados a la realidad y sólidos para plantear estrategias de mitigación y adaptación socioeconómica en escala local y comunitaria.

El estudio aporta al proyecto general una base de datos estadística y cartográfica que resalta las coberturas del suelo que están perdiendo o ganando carbono y cuya utilidad se visualiza en el diseño de políticas de conservación y aprovechamiento que permitan mantener en el tiempo los recursos ecosistémicos de la entidad.

FUENTES

Bibliográfica

Acosta-Mireles, Miguel Jesús Vargas-Hernández, Alejandro Velázquez-Martínez y Jorge D. Etchevers-Barra (2002), Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México, *Agrociencia* 36: 725-736.

Aguirre-Salado, Carlos A., José R. Valdez-Lazalde, Gregorio Ángeles-Pérez, Héctor M. de los Santos-Posadas, Reija Haapanen, Alejandro I. (2009), Mapeo de carbono arbóreo aéreo en bosques manejados de pino Patula en Hidalgo, *Agrociencia* 43, México: 209-220.

Alfaro Erberto, Ortiz Carlos, Tavarez Carlos, Gutiérrez Ma. del Carmen, Trinidad Antonio (2000) Clasificaciones Técnicas de suelos en Combinación con el conocimiento local sobre tierras, en Santa María Jalapa, Estado de México, *TERRA Latinoamericana*, Universidad Autónoma de Chapingo pp. 93-111.

Avilés Hernández, Virginia, Velázquez Martínez, Alejandro, Ángeles Pérez, Gregorio, Etchevers Barra, Jorge, De los Santos Posadas, Héctor, Llanderal, Tangaxuhan (2009) Variación en Almacenes de Carbono en Suelos de una Toposecuencia, Colegio de Posgraduados, campus Montecillo, Estado de México.

Becerril Rocio, González Enrique, Hernández Luis (2007) El semiárido mexicano como sumidero de carbono. Estudio de caso Microcuenca "El Carmen", Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.

Bernal Flores Álvaro, Hernández Garay, Alfonso, Pérez Pérez, Jorge, Herrera Haro, José H., Martínez Menes, Mario, Dávalos Flores, José (2006), Patrón de crecimiento de pastos nativos, en un bosque de encino, en el Estado de México, México, *Agrociencia*, enero-febrero, año/vol. 40, número 001, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México, pp. 39-47.

Brown, S., Lugo A., Chapman, J. (1986). Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget, *Canadian Journal of Forestry Research*, 16:390-394.

Buol S.W, Hole R.J., McCracken R.J. (1981) Génesis y Clasificación de Suelos Editorial Trillas México D.F. pp. 365-377

Cotler Helena (2007) El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y Reflexiones para Orientar la Política Ambiental, SEMARNAT-INE, Segunda Edición, México, D.F.

Cotler Helena (2004) El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y Reflexiones para Orientar la Política Ambiental, SEMARNAT-INE, Primera Edición, México, D.F.

Debelis Silvina, (2003) Evaluación de Tierras Tecnología de Suelos, FCA-UNLZ. México

De Jong Ben; Maldonado Vanessa; Marcela Olguín, Fabiola Rojas, Verónica de la Cruz, Fernando Paz, Guillermo Jiménez Ferrer, Miguel-Ángel Castillo Santiago (2010), Inventario de GEI provenientes del sector Agricultura, Silvicultura, y Otros Uso de Suelo (ASOUS), Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas, Ecosur, páginas 1-29.

Diario Oficial de la Federación (DOF-LGEEPA, 1988), Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, publicada el 28 de enero, Presidencia de la República, Estados Unidos Mexicanos.

Eaton González Ricardo, Leyva Claudia, Espejel Ileana (2009) Análisis del cambio de uso de suelo y vegetación en la Ciudad de Ensenada, Baja California, México Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial Capítulo México.

Elizondo, Jorge, Boschini, Carlos (2002). Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana* 13(1): 13-17, Costa Rica

Escandon Calderón, Jorge, Ben H. J. de Jong, Susana Ochoa Gaona, Ignacio March Mifsut Miguel Angel castillo (1999), Evaluación de dos métodos para la estimación de biomasa arbórea a través de datos LANDSAT TM en Jusnajib La Laguna, Chiapas, México: estudio de caso, *Investigaciones Geográficas, Boletín* 40, México: 71-84

Estrada Salvador, Ana Lucia, Návar Chaidez, José de Jesús (2009) Flujos de carbono por deforestación en la selva baja caducifolia del estado de Morelos, México. XIII Congreso Mundial Forestal. Buenos Aires, Argentina.

Fernández Nava, Rafael, Concepción Rodríguez Jiménez, María de la Luz Arreguín Sánchez, Adela Rodríguez Jiménez (1998). Listado florístico de la cuenca del río Balsas, México, Polibotánica, Núm. 9:1-151,

Franco Maass, Sergio, Héctor Hugo Regil García, Carlos González Esquivel, Gabino Nava Bernal (2006), Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 61, pp. 38-57.

García Nieto Hilario, Martínez Gilberto (2007) Uso de Ortofotos para actualizar el mapa de uso de suelo en Guanajuato, México Agricultura Técnica en México, Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias, Texcoco, México. Pp.271-280.

GEM, Gobierno del Estado de México (2010) Inventario Estatal Forestal Secretaría de Desarrollo Agropecuario, PROBOSQUE

GEM, Gobierno del Estado de México (2009) Iniciativa ante el Cambio Climático en el Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente, Tlalnepanitla de Baz, Estado de México.

GEM, Gobierno del Estado de México (2008). Bases de Diagnóstico. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Vulnerabilidad del Estado de México ante el Cambio Climático Global, Secretaría de Medio Ambiente. Dirección General de Prevención y control de la contaminación Atmosférica, Tlalnepanitla; Estado de México, pp. 128.

GF-SEDESOL, Gobierno Federal-Secretaría de Desarrollo Social (2012) Guía Municipal de Acciones frente al Cambio Climático Con énfasis en desarrollo urbano y ordenamiento territorial, México, D.F.

INE, Instituto Nacional de Ecología (2006). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002, México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2010a) Censo de Población y Vivienda Principales Resultados por Localidad Estado de México

INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2005) Guía para la Interpretación de la Cartografía Uso del Suelo y Vegetación. Aguascalientes, México.

INEGI Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2001) Síntesis Geográfica del Estado de México, Aguascalientes, México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (1997), Diccionario de datos de Uso del Suelo y Vegetación 1:250,000 (Vectorial), México, pp. 50

INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (1994), Diccionario de datos de Uso del Suelo y Vegetación 1:1000,000 (Vectorial), México, pp. 46

IPCC, Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (2000) Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Jáuregui Ostos Ernesto (2004) Impacto del uso del suelo en la ciudad de México Investigaciones Geográficas, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México pp. 46-60.

Lapeyre Tatiana, Alegre Julio, Arévalo Luis (2004) Determinación de las Reservas de Carbono de la Biomasa Aérea, en Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en San Martín, Perú Ecología Aplicada, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, pp.35-44.

Lombo Torres, Ricardo (1998) Ecología y Usos de Suelo "Metropolización, Planeación y Ordenamiento Territorial" Sociedad Geográfica de Colombia, Academia de Ciencias Geográficas.

Masera O. y Ordoñez, J.A. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. Madera y bosques. Año/vol. 7, número 001. 3-12 pp.

Ordóñez José (1999) Captura de Carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán SEMARNAT-INE, México, DF.

Orozco Hernández, María Estela, Vicente Peña Manjarrez. Patricia Mireles Lezama (2011a). Factores de degradación de los ecosistemas terrestres en México y Estado de México, Carbono en ambientes biofísicos y productivos. Línea base sobre cambio climático, María Estela Orozco y Patricia Mireles (Coord), Universidad Autónoma del Estado de México-CONACYT-SEMARNAT, Toluca, en Prensa, pp. 366.

Orozco Hernández, María Estela, Peña Manjarrez, Vicente (2011b). La paradoja de la diversificación productiva y el desarrollo rural integral en el Estado de México. Memorias del XXXI Seminario de Economía Agrícola. "Desarrollo rural integral en México ante la crisis civilizatoria", Universidad Nacional, Autónoma de

México, Instituto de Investigaciones Económicas, realizado de 3 al 6 de octubre de 2011 en la ciudad de México.

Ortega S., J.A. , González V., E.A., Ortega R., L. (1999). Importancia de la vegetación nativa en la alimentación animal. Memorias de Primer Simposio Internacional de Ganadería Sustentable de las Huastecas. Huejutla de Reyes, Hidalgo.

Pacheco, F.C., A. Aldrete, A. Gómez, A. Fierros, V. Cetina, H. Vaquera (2007). Almacenamiento de Carbono en la biomasa aérea de una plantación joven de *Pinus Greggii* Engelm. Revista Fitotecnia Mexicana, año/vol. 30, número 003. Sociedad mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. 251-254 pp.

Palacio-Prieto J.L., Sánchez-Salazar M.T., Casado-Izquierdo J.M., E. Propin Frejomil , J. Delgado Campos, A. Velázquez Montes, L. Chias Becerril, M.I. Ortiz Álvarez , J. González Sánchez, G. Negrete Fernández, J. Gabriel Morales, R. Márquez Huitzil, T. Niedo Manzano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, D. Ocaña Nava, E. Juárez Aguirre, C. Anzaldo Gómez, J.C. Hernández Esquivel, K. Valderrama Campos, J. Rodríguez Carranza , J.M. Campos Campuzano, H. Vera Llamas Cruz, C.G. Camacho Ramírez. (2004) Indicadores para la Caracterización y Ordenamiento del Territorio, UNAM, INE, CONANP, CONABIO, SEGOB, INEGI, SEDESOL, Primera Edición, México, D.F., p.p. 21-42

Penman Jim , Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendía, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner (2005). Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Programa del IPCC sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Organización Meteorológica Mundial (OMM), Suiza, pp. 1.5-1.11.

Pineda Jaimes, Noel Bonfilio, Joaquin Bosque Sendra, Montserrat Gómez Delgado, Wenceslao Plata Rocha (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 69, pp. 33-52.

Quintero Núñez, Margarito, Andrés Moncada Aguilar (2008), Contaminación y control de las quemas agrícolas en Imperial, California, y Mexicali, Baja California, Región y Sociedad, septiembre-diciembre, año/vol. XX, número 043, El Colegio de Sonora, Sonora, México, pp. 3-24.

Ramírez Ramírez Isabel, (2001). Cambios en la cubierta del suelo en la Sierra de Angangueo, Instituto de Geografía, UNAM p.p. 39-55

Rodríguez Laguna, Rodrigo, Javier Jiménez Pérez, Óscar A. Aguirre Calderón, Eduardo J. Treviño Garza y Ramón Razo Zárata (2009), Estimación de carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la reserva de la biosfera el cielo, Tamaulipas, México", Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol. 5, Número 3 Universidad Autónoma Indígena de México Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 317-327.

Rojo Martínez, G. E., Jasso Mata, J., Velázquez Martínez, Alejandro (2003). Las masas forestales como sumideros de CO₂ ante un cambio climático global. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del ambiente, enero-junio, año/vol. 9, número 001. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México, pp. 57-67.

Rossister David G. (2004) Metodologías para el Levantamiento del Recurso Suelo Soil Science Division, ITC Cochabamba pp.19-21, México pp.

Santiago Lastra José Antonio, López Carmona Miriam, López Mendoza Sergio (2008) Tendencias del Cambio Climático Global y lo Eventos Extremos Asociados. Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/vol.4, número 003 Universidad Autónoma Indígena de México, El Fuerte, México pp. 625-633

Santos Milton (2000) La naturaleza del espacio: técnica y tiempo: razón y emoción, Ariel, Barcelona.

SEGOB-CENAPRED, Secretaría de Gobernación-Centro Nacional de Prevención de Desastres (2006) Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Primera edición, México, D.F.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010) Manual y Procedimientos para el Muestreo en Campo Re-muestreo 2010, Inventario Nacional Forestal, CONAFOR.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2007) Estrategia Nacional de Cambio Climático, Emisiones de GEI y Oportunidades de Mitigación México, D.F.

SEMARNAT, CONAFOR, INEGI, INE, INIFAP (2004) Documento estratégico rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos Guadalajara, Jalisco.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003) Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, México D.F.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002) Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000) Vegetación y Uso de Suelo en México, Inventario Forestal Nacional

SEMARNAT-CECDS, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2009) Guía de ordenamiento ecológico del territorio para autoridades municipales, México, D.F.

SEMARNAT-INE, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología (2009) Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, México.

SEMARNAT-INE, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología (2006). México. Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, INE, México, pp. 27-209.

SEMARNAT-INECC, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2012) Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Primera Edición, México, D.F.

UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change (2008), Informe del taller sobre las cuestiones metodológicas relacionadas con la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques en los países en desarrollo, Convención Marco sobre el Cambio Climático, Universidad de las Naciones Unidas en Tokio (Japón) del 25 al 27 de junio de 2008, FCCC/SBSTA/2008/11, pp. 1-18.

Cartográfica

IIIGCEM, Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (2000) Mapa de Ocupación del Suelo Escala 1: 1000000, México.

INE, Instituto Nacional de Ecología (2000) Mapa de Vegetación y Uso de Suelo escala 1:200000 México.

INE, Instituto Nacional de Ecología (1976) Mapa de Vegetación y Uso de Suelo escala 1:200000 México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2010) División Política Estatal, Escala 1:250000, Modificado de Conjunto de datos vectoriales y toponimia de la carta topográfica Serie III, y Marco Geoestadístico Municipal, México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2009) Carta de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250000 Serie IV, 2006-2009 Aguascalientes, México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000) Conjunto de Cartografía Temática Básica (Cuencas Hidrográficas, Geología, Climas y Edafología) Escala 1:1,000,000, México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1998) Carta de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250000 Serie II, 1993-1998 Aguascalientes, México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1976) Carta de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250000 Serie I 1968-1986, Aguascalientes, México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (1976a) Carta de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250000, Ciudad de México, E14-2.

En la Red

Agricultura (2010) en la página: www.definicionabc.com/general/agricultura.php consultado 15 de noviembre de 2010.

Riofrío, G. (2007). Cuantificación del carbono almacenado en sistemas agroforestales en la estación experimental Santa Catalina, INIAP, Ecuador. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Disponible en: <http://www.es.scribd.com/doc/35448943/Cuantificacion-de-Carbono-en-sistemas-agroforestales> Consultado mayo de 2011.

IPCC, Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (1995) Segunda Evaluación Cambio Climático en la página: <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-sp.pdf> consultado diciembre de 2011.

SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2012) Tecnologías a tu alcance del componente COUSSA, en la página: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Paginas/tecnologiasatualcance.aspx> consultado el 15 de marzo de 2013.

SEDUMA, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, Yucatán (2010) Mitigación del Cambio Climático en la página: <http://www.cambioclimatico.yucatan.gob.mx/cambio-climatico/mitigacion.php> consultado el 07 de marzo de 2012.

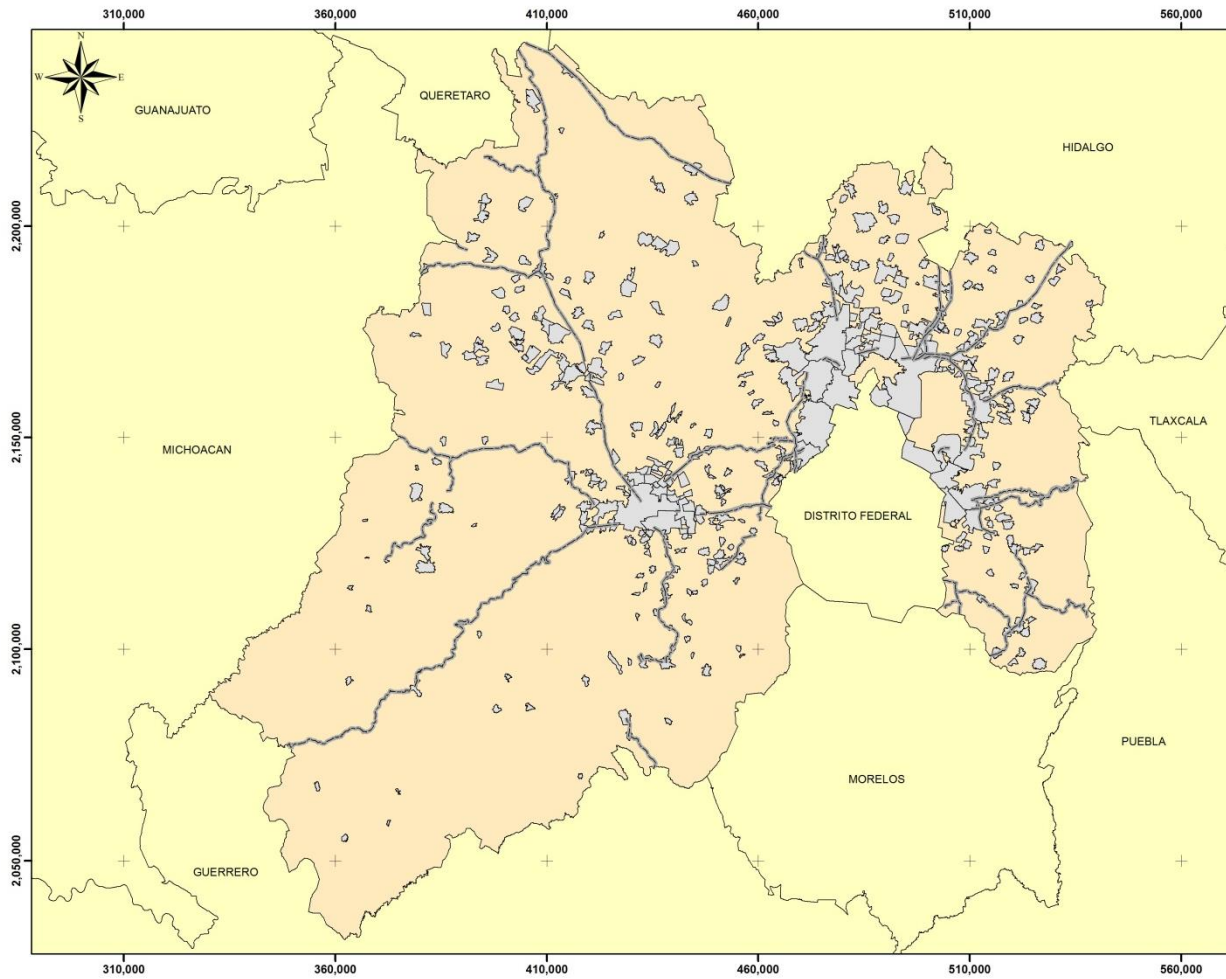
SIAP, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (2009) Actividad Agrícola en el Estado de México, SAGARPA, en la página <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> consultado 30 de Noviembre de 2011.

ANEXOS

Cartográfico

Nota: La Escala de salida de los mapas presentados a continuación refiere a un tamaño de papel de impresión doble carta.

Mapa de Localización del Estado de México





"Universidad Autónoma del Estado de México"



Facultad de Planeación Urbana y Regional
Licenciatura en Ciencias Ambientales

**Mapa:
Localización**

Simbología

- Estado de México
- Límite Estatal
- Localidad Urbana
- Carretera Federal



Escala
1:950,000

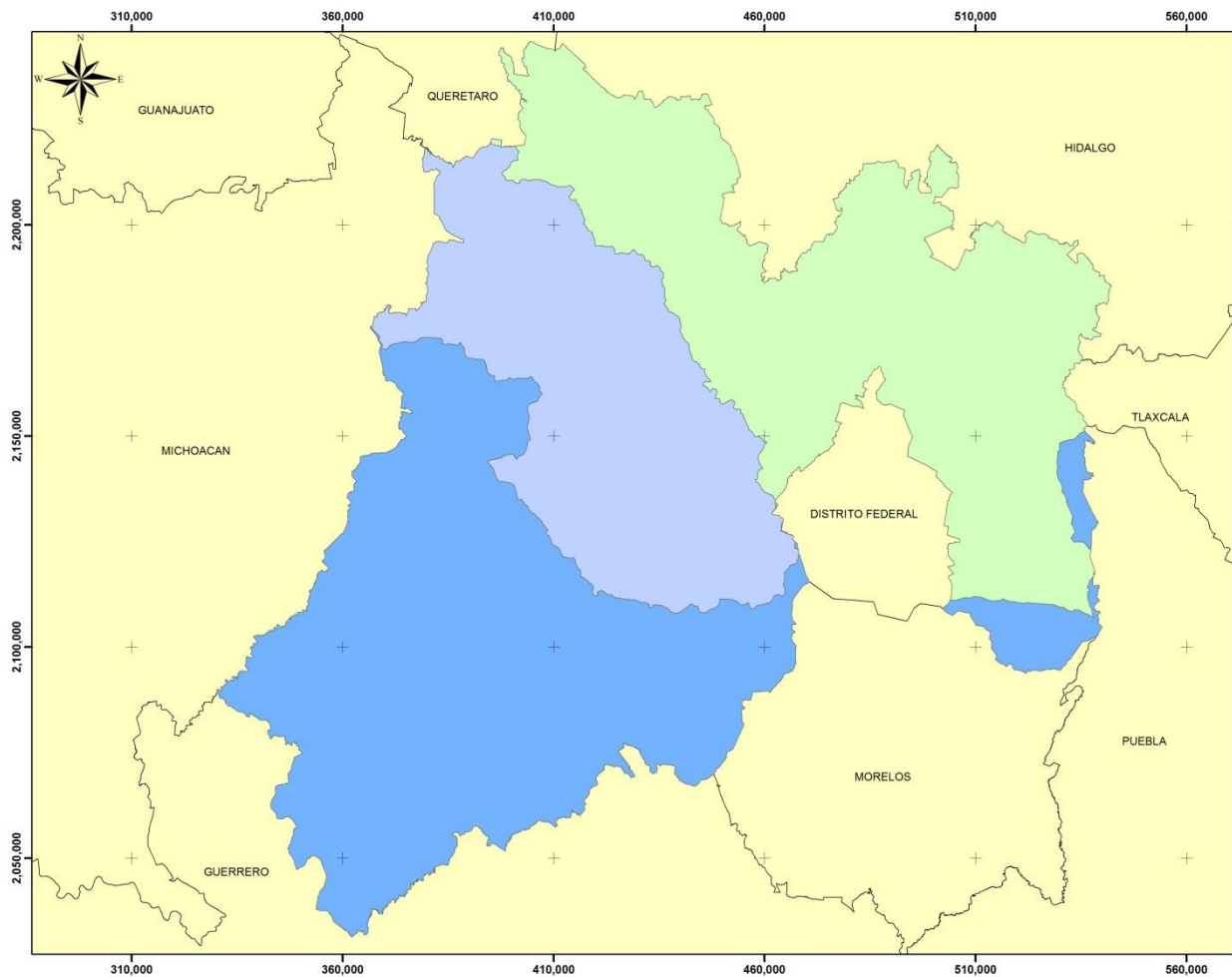



Metros

Proyección: Universal Transversa de Mercator
DATUM Horizontal: WGS84
Zona Cartográfica: 14N

Fuente: Elaboración con Base en INEGI, 2010
Elaborado por: Alejandro César Valdés Carrera

Mapa de Cuencas Hidrográficas del Estado de México





"Universidad Autónoma del Estado de México"

Facultad de Planeación Urbana y Regional
Licenciatura en Ciencias Ambientales



**Mapa:
Cuencas Hidrográficas**

Simbología

- Límite Estatal
- Cuenca del Pánuco
- Cuenca del Lerma
- Cuenca del Balsas



Escala
1:950,000

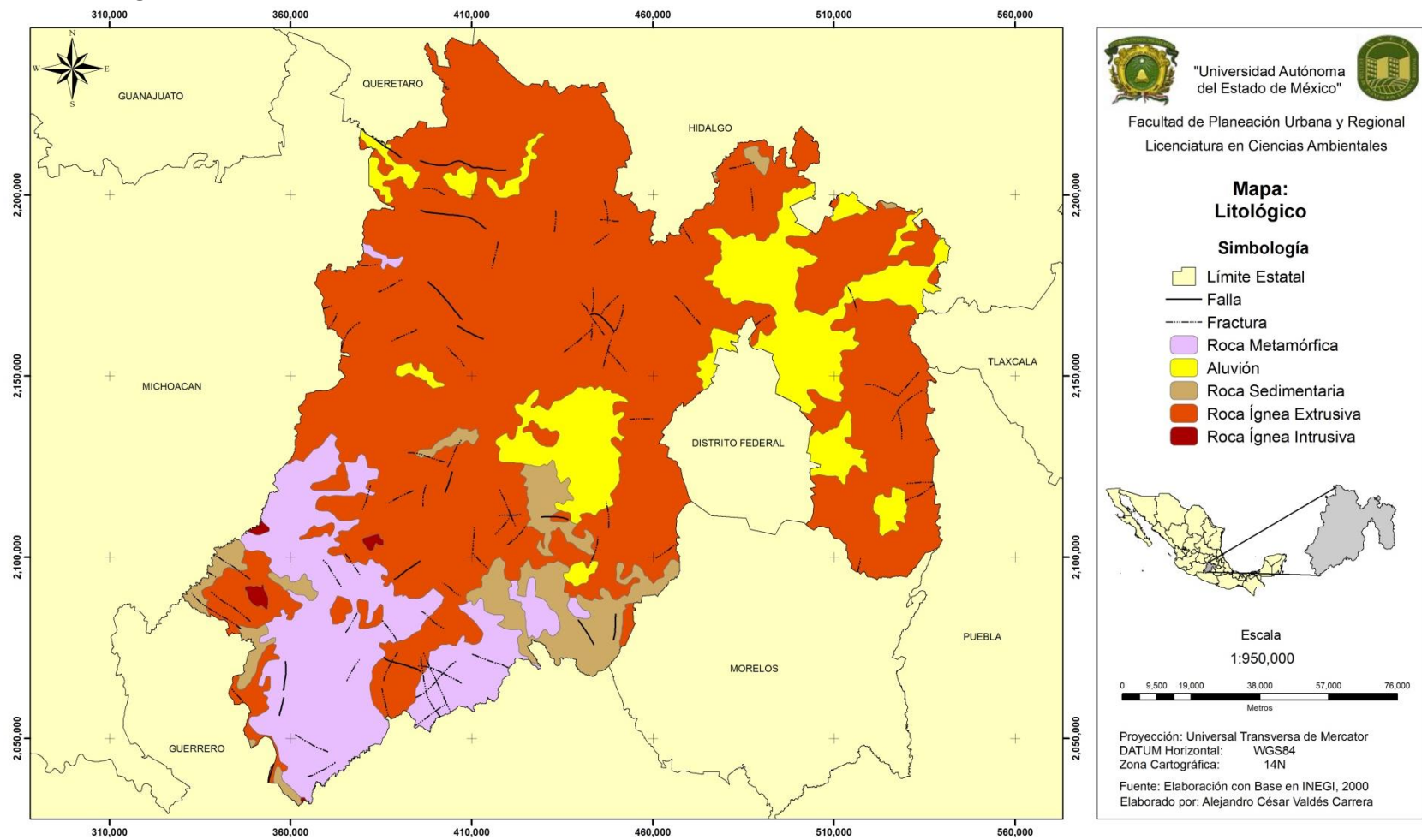


0 10,000 20,000 40,000 60,000 80,000
Metros

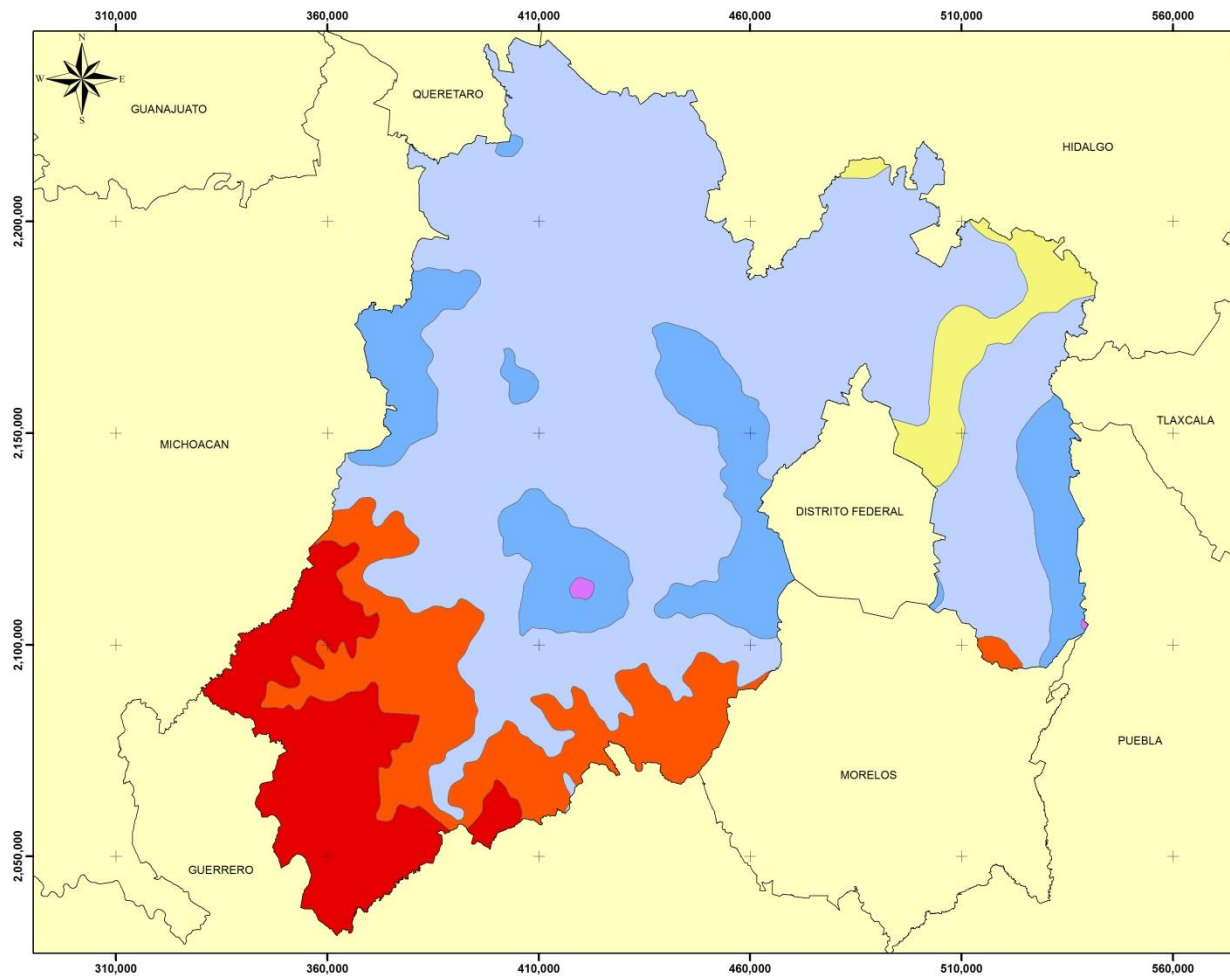
Proyección: Universal Transversa de Mercator
DATUM Horizontal: WGS84
Zona Cartográfica: 14N

Fuente: Elaboración con Base en INEGI, 2000
Elaborado por: Alejandro César Valdés Carrera

Mapa Litológico del Estado de México



Mapa de Climas del Estado de México





"Universidad Autónoma del Estado de México"

Facultad de Planeación Urbana y Regional
Licenciatura en Ciencias Ambientales



Mapa: Climas

Simbología

	Límite Estatal		Templado
	Cálido		Semifrío
	Semicálido		Frío
	Semiárido		Muy Frío



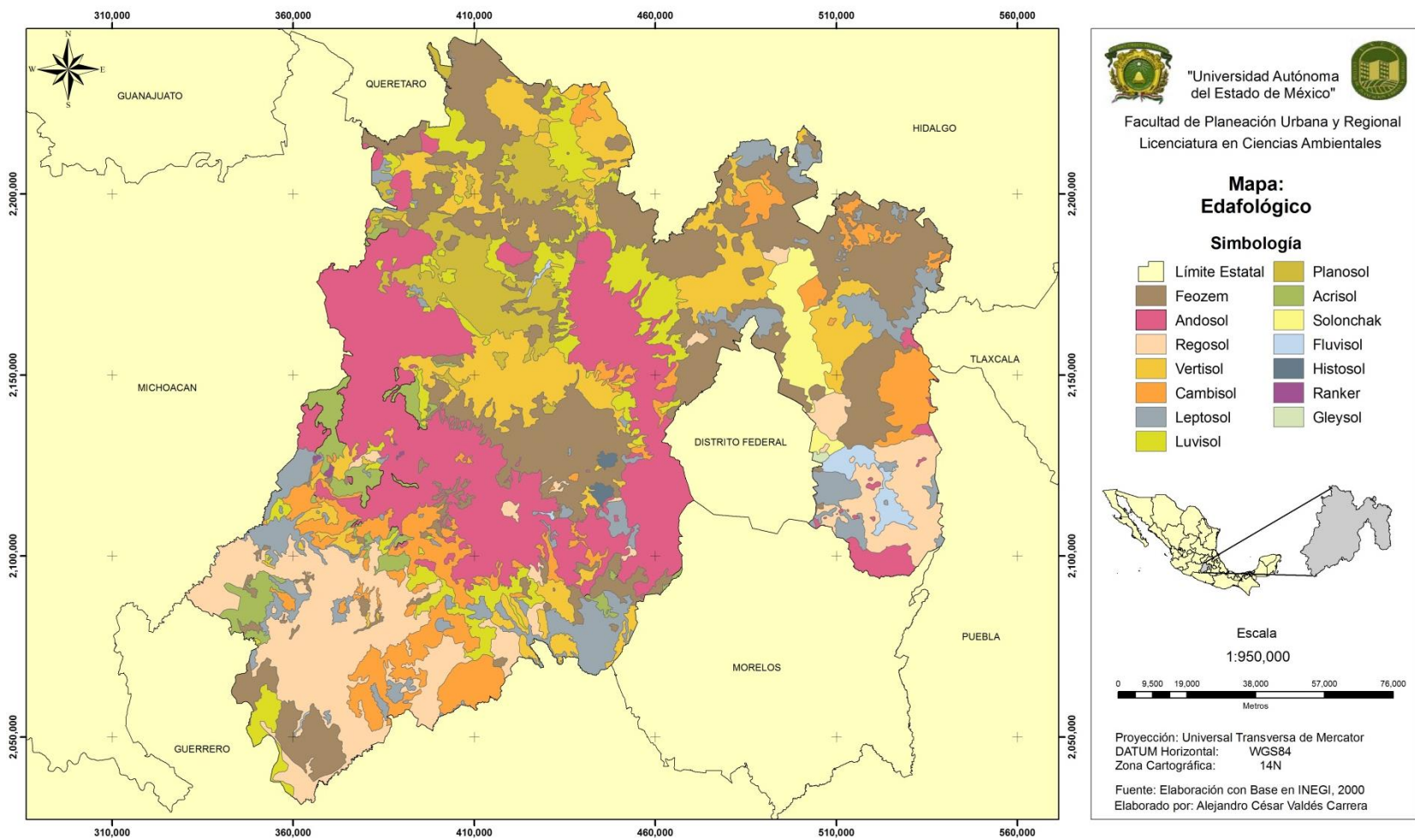
Escala
1:950,000



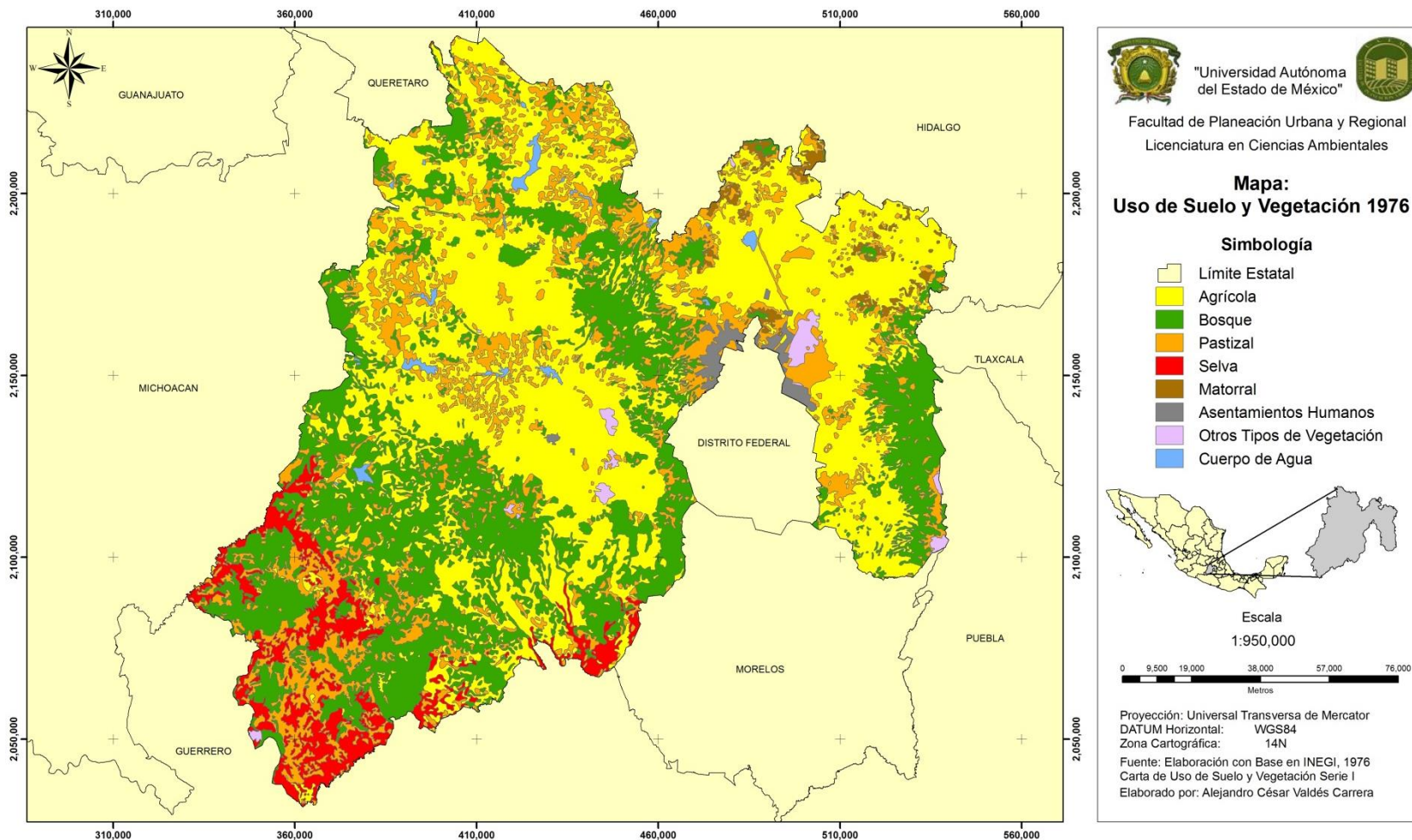
Proyección: Universal Transversa de Mercator
DATUM Horizontal: WGS84
Zona Cartográfica: 14N

Fuente: Elaboración con Base en INEGI, 2000
Elaborado por: Alejandro César Valdés Carrera

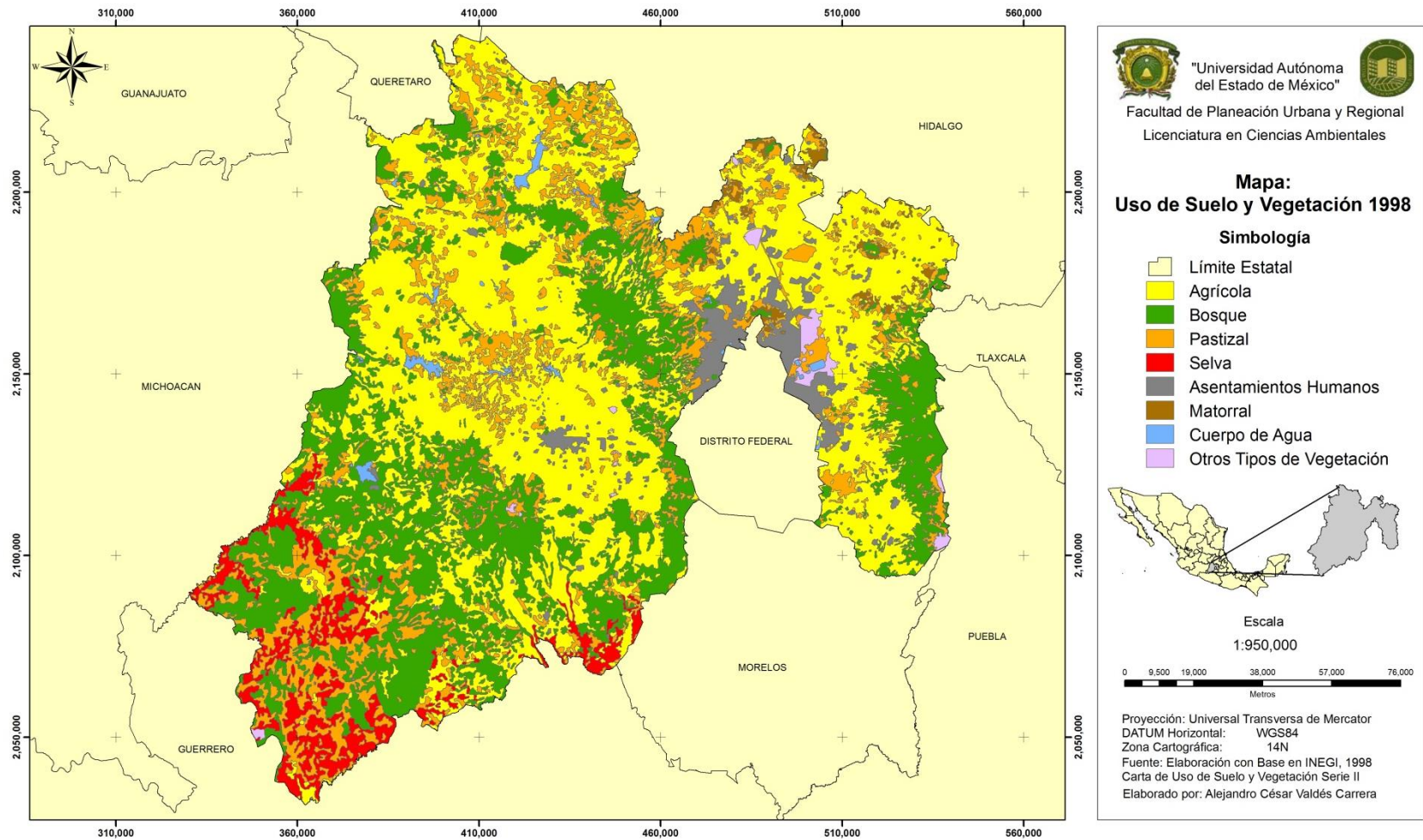
Mapa Edafológico del Estado de México



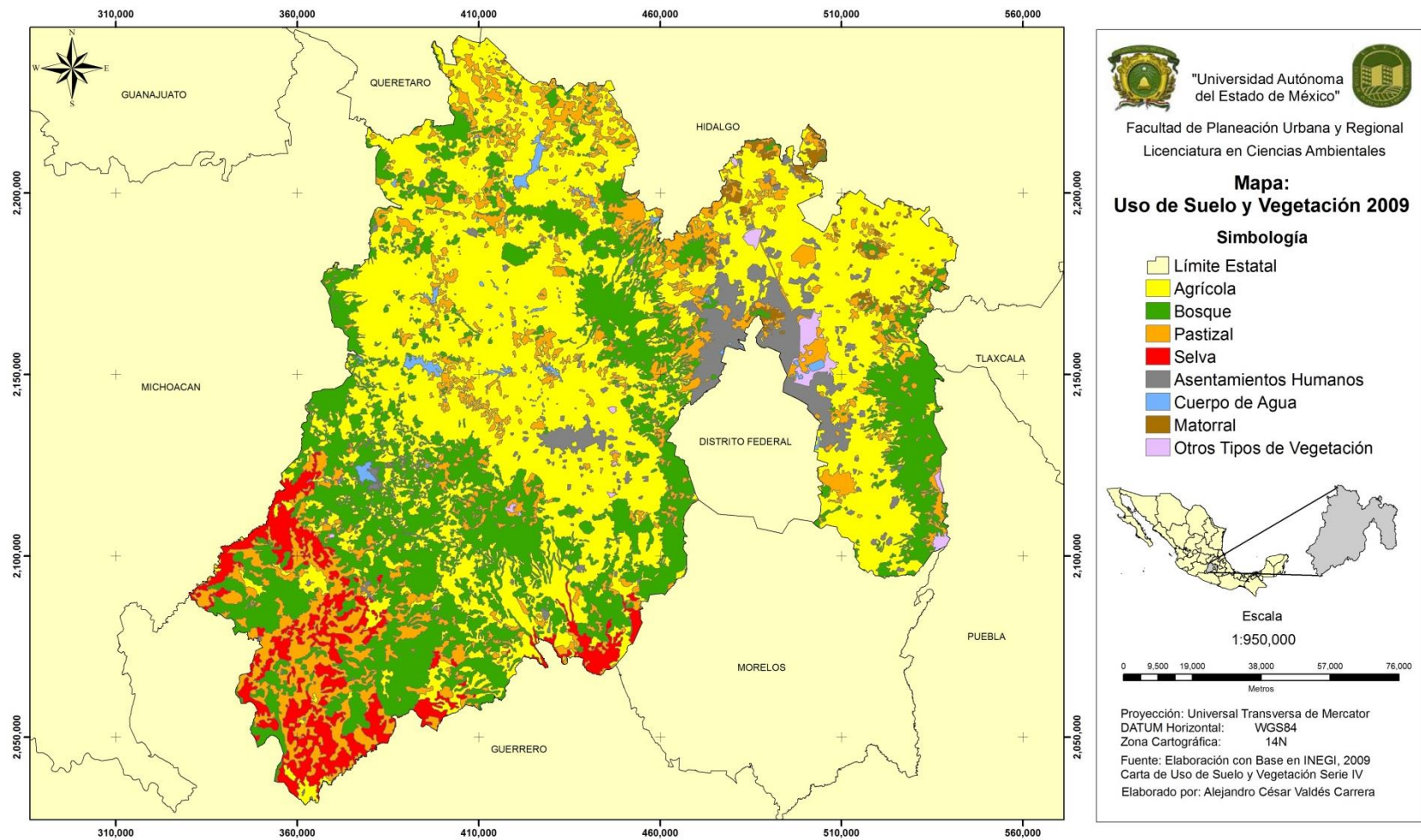
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 1976 del Estado de México



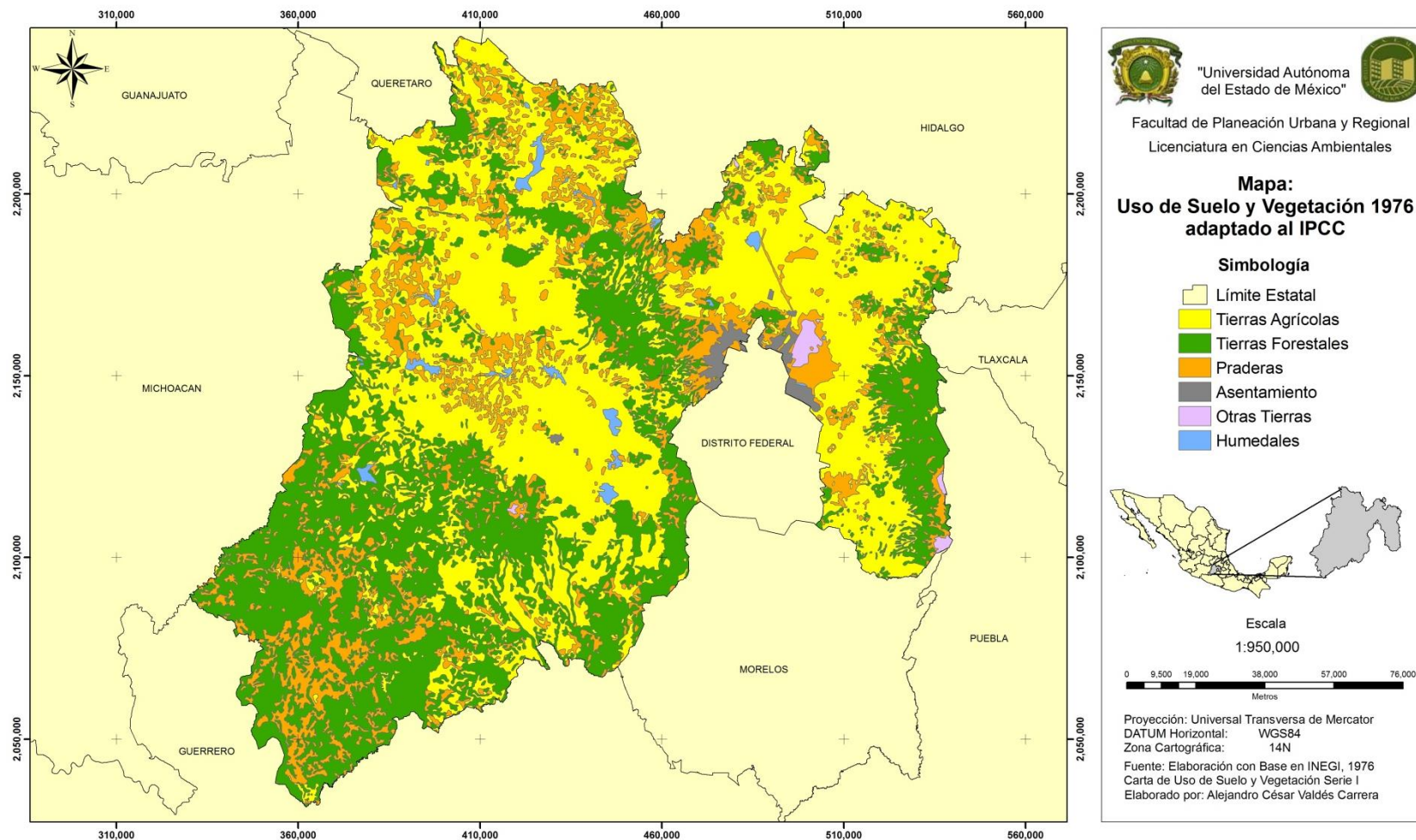
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 1998 del Estado de México



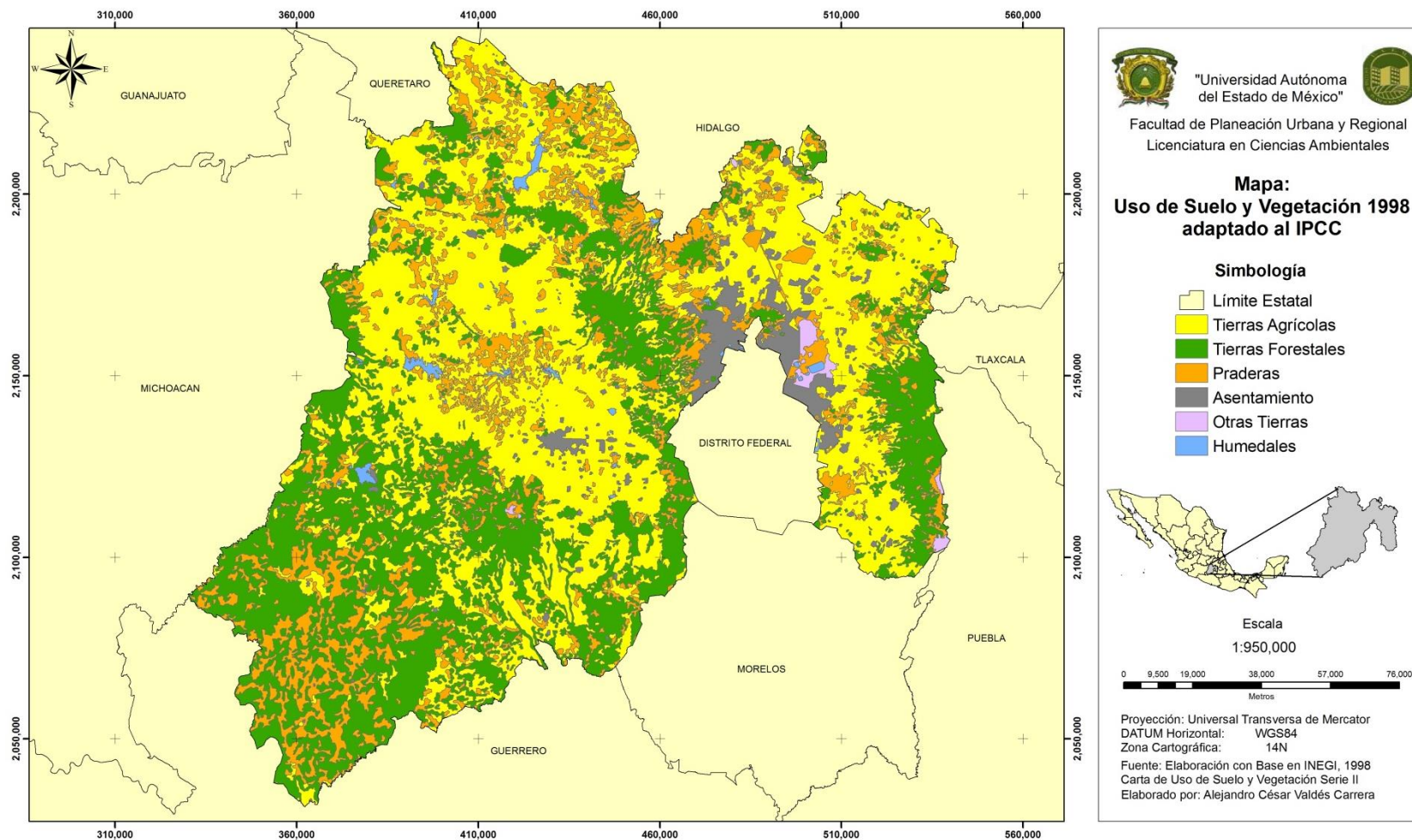
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 2009 del Estado de México



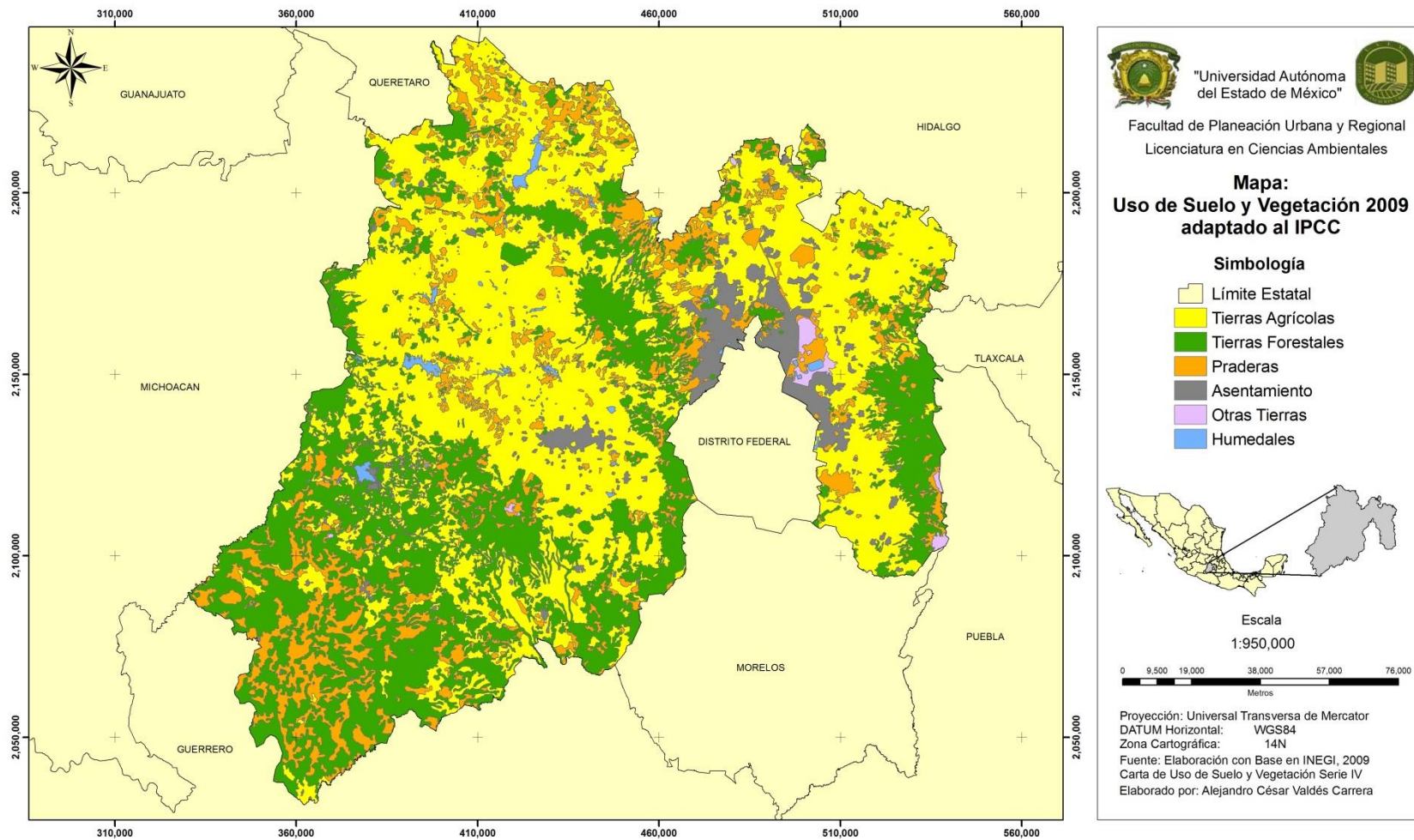
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 1976 adaptado al IPCC del Estado de México



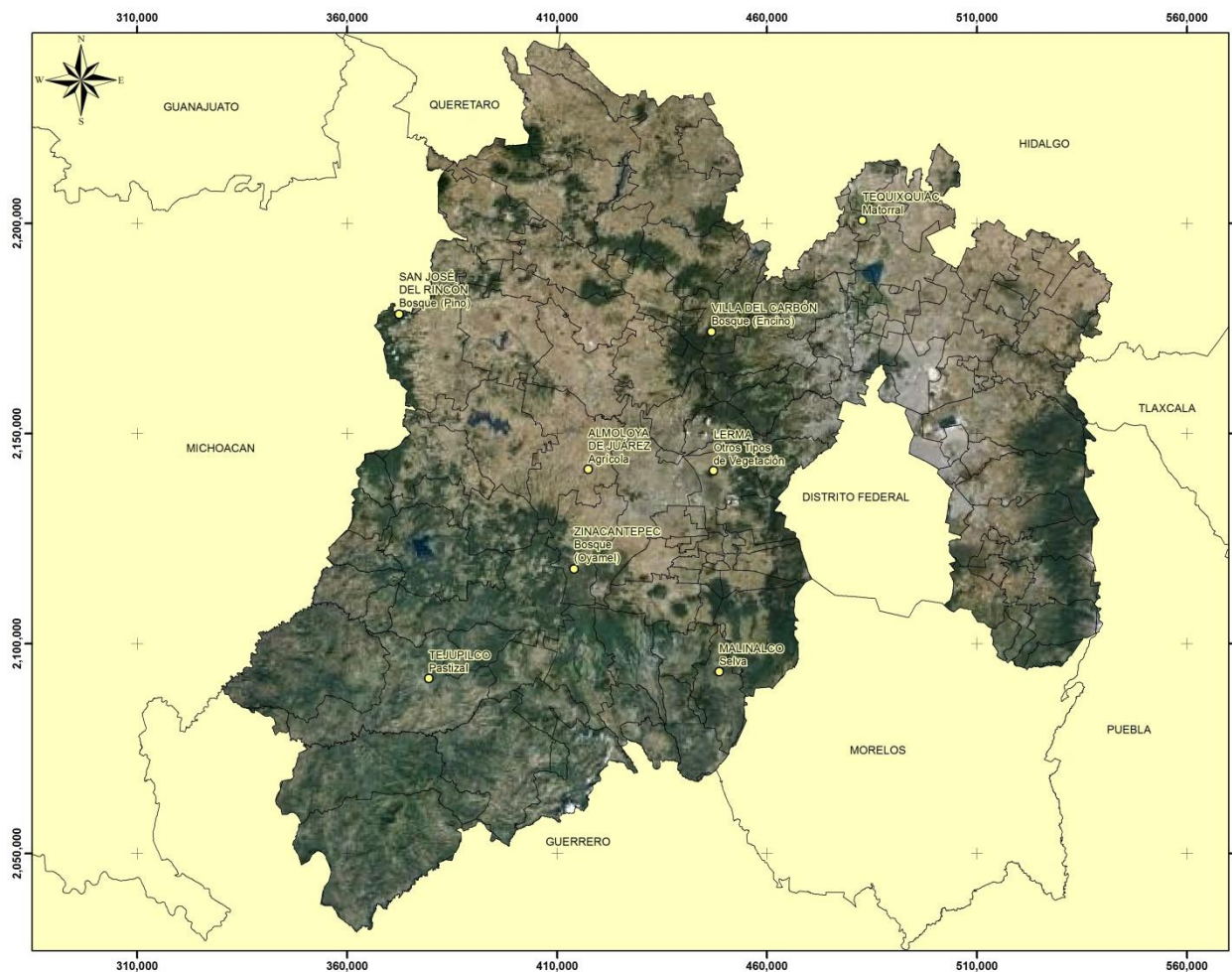
Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 1998 adaptado al IPCC del Estado de México



Mapa de Uso de Suelo y Vegetación 2009 adaptado al IPCC del Estado de México



Mapa de Puntos de Muestreo en Campo





"Universidad Autónoma del Estado de México"

Facultad de Planeación Urbana y Regional

Licenciatura en Ciencias Ambientales



Mapa: Puntos de Muestreo en Campo

Simbología

- Puntos de Muestreo
- ⊕ Límite Municipal
- Límite Estatal



Escala
1:950,000




0 7,500 15,000 30,000 45,000 60,000
Metros

Proyección: Universal Transversa de Mercator
 DATUM Horizontal: WGS84
 Zona Cartográfica: 14N
 Fuente: Elaboración con Base en INEGI, 2010
 Trabajo de Campo, Google Earth, 2012
 Elaborado por: Alejandro César Valdés Carrera


Mapa de Muestreo Bosque Oyamel, Zinacantepec





"Universidad Autónoma del Estado de México"

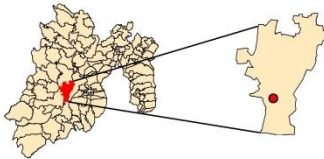
Facultad de Planeación Urbana y Regional
Licenciatura en Ciencias Ambientales




Mapa: Muestreo Bosque Oyamel Zinacantepec

Simbología

- Verificación Edáfica
- Descripción Vegetativa



Escala
1:1,500




Metros

Proyección: Universal Transversa de Mercator
DATUM Horizontal: WGS84
Zona Cartográfica: 14N
Fuente: Elaboración con Base en Trabajo de Campo, Google Earth, 2012
Elaborado por: Alejandro César Valdés Carrera


Mapa de Muestreo Bosque Encino, Villa del Carbón





"Universidad Autónoma del Estado de México"

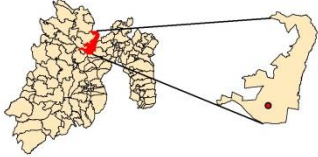
Facultad de Planeación Urbana y Regional
Licenciatura en Ciencias Ambientales




Mapa: Muestreo Bosque Encino Villa del Carbón

Simbología

- Verificación Edáfica
- ⬡ Descripción Vegetativa



Escala
1:1,500



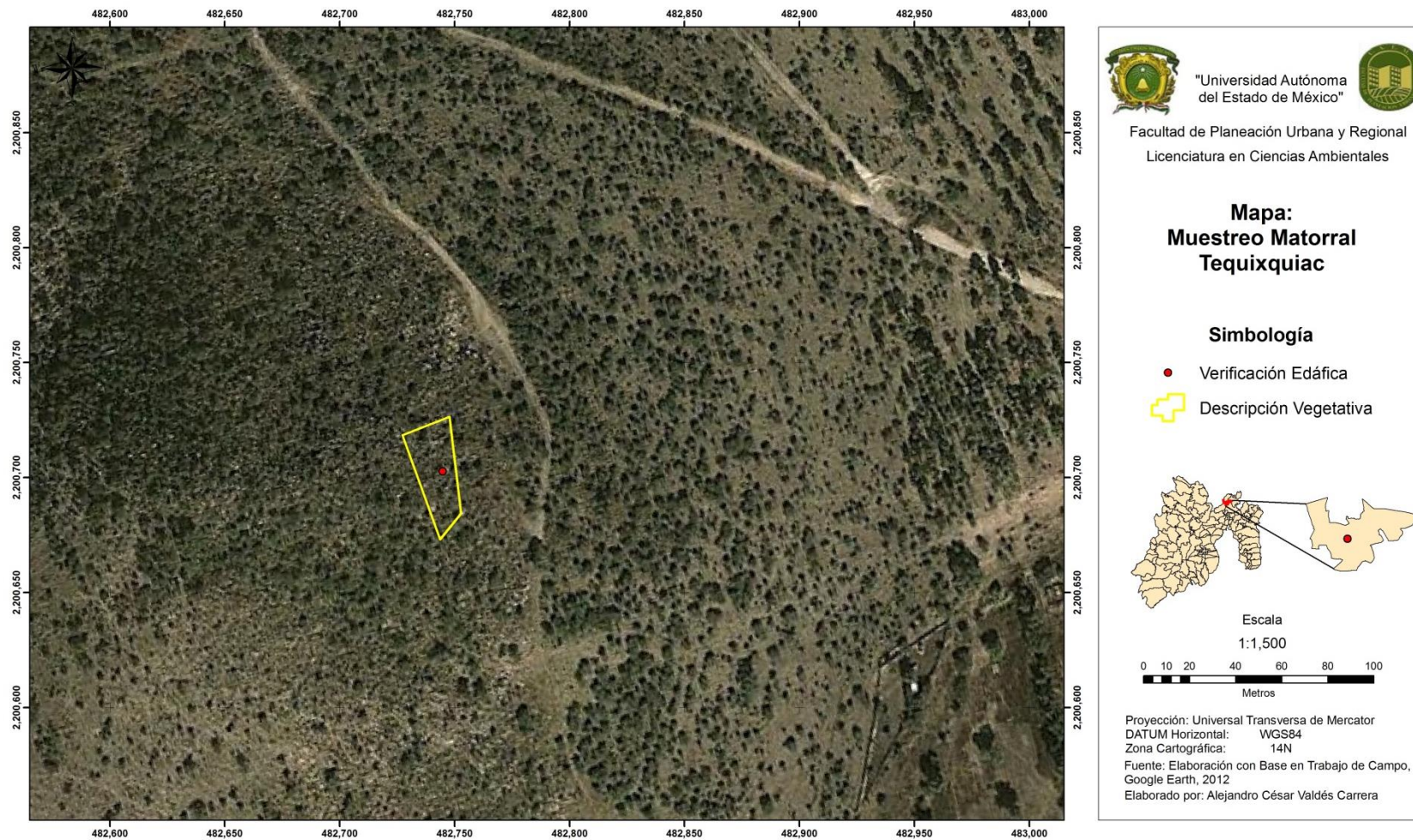
0 10 20 40 60 80 100
Metros

Proyección: Universal Transversa de Mercator
DATUM Horizontal: WGS84
Zona Cartográfica: 14N
Fuente: Elaboración con Base en Trabajo de Campo, Google Earth, 2012
Elaborado por: Alejandro César Valdés Carrera

Mapa de Muestreo Bosque Pino, San José del Rincón



Mapa de Muestreo Matorral, Tequixquiac



Mapa de Muestreo Pastizal, Tejupilco





Mapa de Muestreo Agrícola, Almoloya de Juárez



Mapa de Muestreo Otros Tipos de Vegetación, Lerma



 "Universidad Autónoma del Estado de México"


Facultad de Planeación Urbana y Regional
Licenciatura en Ciencias Ambientales

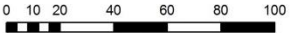
Mapa: Muestreo Otros Tipos de Vegetación Lerma

Simbología

- Verificación Edáfica
- Descripción Vegetativa



Escala
1:1,500



0 10 20 40 60 80 100
Metros

Proyección: Universal Transversa de Mercator
DATUM Horizontal: WGS84
Zona Cartográfica: 14N
Fuente: Elaboración con Base en Trabajo de Campo, Google Earth, 2012
Elaborado por: Alejandro César Valdés Carrera

Trabajo de Campo

Bosque de Oyamel

Foto 1. Paisaje (Bosque de Oyamel)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 2. GPS (Bosque de Oyamel)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 3. Perfil Edáfico (Bosque de Oyamel)



Fuente: Trabajo de Campo

Descripción Vegetativa (Bosque de Oyamel)

Fecha:	26/02/12
Ubicación*:	Raíces (Ciénega) Municipio de Zinacantepec
Uso de suelo:	Bosque
Coordenadas y Altitud(4)	1) 414005 O 3) 414052 O 2117741 N 2117725 N 3220 msnm 3230 msnm 2) 414041 O 4) 414025 O 2117707 N 2117761 N 3221 msnm 3226 msnm
Paisaje:	Domo Andesítico, Ladera SO
Influencia humana:	alta <u>media</u> baja
Aprovechamiento:	Forestal
Cobertura	
Nombre común (es):	Oyamel
Especie(s):	Abies Religiosa
No de individuos:	915 (26 árboles maduros 899 arbustos o jóvenes)
Altura promedio:	20mts árbol, 7mts arbusto
Diámetro promedio:	55 centímetros, 6 centímetros
Impactos ambientales**:	Apertura de caminos, aprovechamientos forestales

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo.

Verificación Edáfica (Bosque de Oyamel)

Ficha técnica						
Fecha:		26/02/12				
Ubicación*:		Raíces (Ciénega) Municipio de Zinacantepec				
Coordenadas y altitud		414030 O 2117727 N 3226 msnm				
Paisaje:		Domo Andesítico, Ladera SO				
Uso de suelo:		Forestal				
Pendiente:		30°				
Material parental:		Toba y Andesita				
Influencia humana:		alta <u>media</u> baja				
Tipo de Suelo: Andosol Úmbrico						
Descripción por horizontes						
Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	pH	Alófanos	Color en seco	Color en mojado
	0-3	Limoso	6	+++	7.5 YR 2.5/2	7.5 YR 3/2
	3-50	Areno-limoso	5	++++	10 YR 3/2	7.5 YR 2.5/1
	50-100	Arenoso	5	++++	10 YR 2/2	7.5 YR 2.5/1
	100-130	Limo- arenoso	5	++++	10 YR 2/1	7.5 YR 2.5/1
	130-150	Areno-limoso	6	++	10 YR 5/4	10 YR 4/3
	150-170	Franco	6	++	10 YR 5/3	10 YR 5/3

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Bosque de Encino

Foto 4. Paisaje (Bosque de Encino)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 5. GPS (Bosque de Encino)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 6. Perfil Edáfico (Bosque de Encino)



Fuente: Trabajo de Campo

Descripción Vegetativa (Bosque de Encino)

Fecha:	11/03/12
Ubicación*:	El Llano, Municipio de Villa del Carbón
Uso de suelo:	Bosque
Coordenadas y Altitud(4)	1) 446804 O 3) 446834 O 2174101 N 2174122 N 2807 msnm 2794 msnm 2) 446816 O 4) 446819 O 2174147 N 2174081 N 2799 msnm 2802 msnm
Paisaje:	Domo, Ladera SE
Influencia humana:	alta <u>media</u> baja
Aprovechamiento:	Ecoturismo y Recreación
Cobertura	
Nombre común (es):	Encino
Especie(s):	Quercus
No de individuos:	156 (55 árboles maduros 101 arbustos o jóvenes)
Altura promedio:	15.3 mts árbol, 6 mts arbusto
Diámetro promedio:	52 centímetros, 3 centímetros
Impactos ambientales**:	Apertura de caminos, Cambio de Uso de Suelo

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

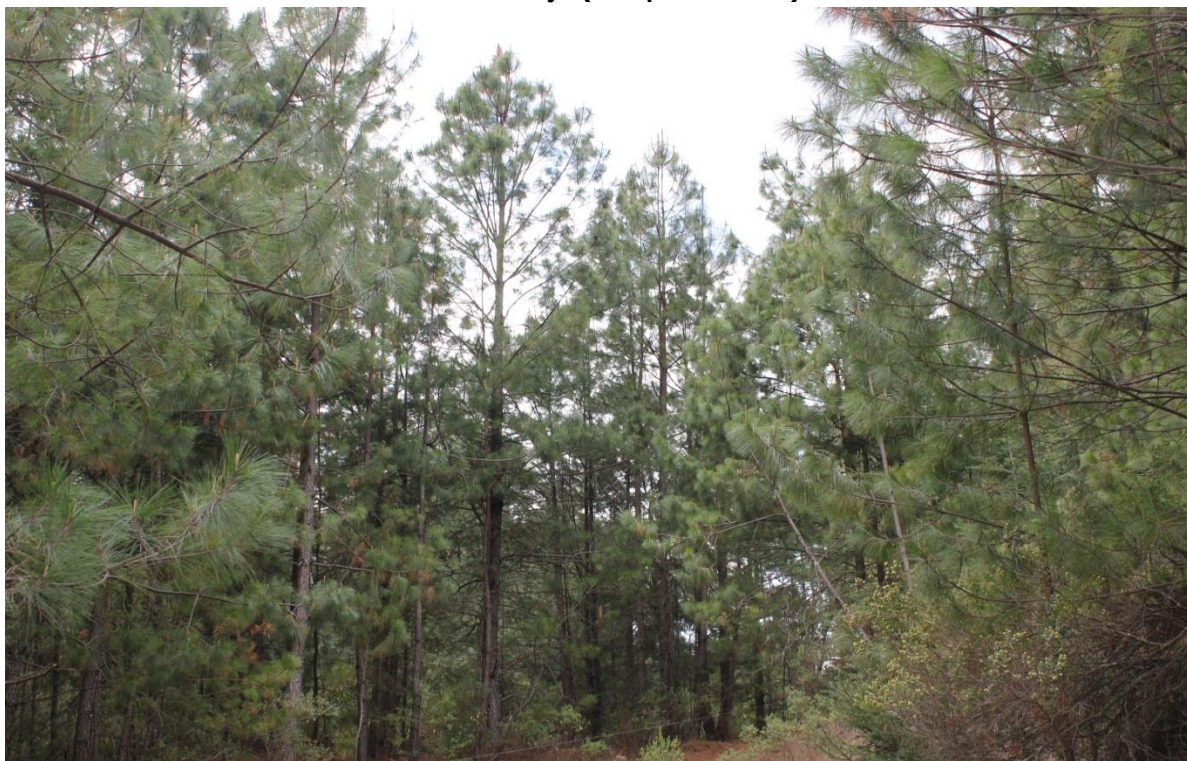
Verificación Edáfica (Bosque de Encino)

Ficha técnica						
Fecha:		11/03/12				
Ubicación*:		El Llano, Municipio de Villa del Carbón				
Coordenadas y altitud		446816 O 2174117 N 2802 msnm				
Paisaje:		Domo, Ladera SE				
Uso de suelo:		Forestal				
Pendiente:		30°				
Material parental:		Andesita				
Influencia humana:		alta <u>media</u> baja				
Tipo de Suelo: Feozem Háptico						
Descripción por horizontes						
Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	pH	Alófanos	Color en seco	Color en mojado
	0-5	Limoso	5	+	10 YR 3/3	5 YR 2.5/2
	5-35	Limoso	5.5	+	10 YR 3/6	7.5 YR 3/4
	35-50	Franco	5	++	10 YR 4/4	7.5 YR 5/6
	50-90	Arcillo-Limoso	5	++	7.5 YR 5/6	5 YR 5/6
	90-110	Limo-Arcilloso	5	++	7.5 YR 5/8	7.5 YR 5/8
	110-160	Franco	5	++	10 YR 4/6	7.5 YR 4/6

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Bosque de Pino

Foto 7. Paisaje (Bosque de Pino)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 8. GPS (Bosque de Pino)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 9. Perfil Edáfico (Bosque de Pino)



Fuente: Trabajo de Campo

Descripción Vegetativa (Bosque de Pino)

Fecha:	26/03/12		
Ubicación*:	Cebatí, Municipio de San José del Rincón		
Uso de suelo:	Bosque		
Coordenadas y Altitud(4)	1) 372427 O 2178370 N 2957 msnm	3) 372383 O 2178362 N 2964 msnm	4) 372420 O 2178349 N 2960 msnm
Paisaje:	Colada Lávica, Ladera NO		
Influencia humana:	alta	<u>media</u>	baja
Aprovechamiento:	Forestal, Pastoreo		
Cobertura			
Nombre común (es):	Pino		
Especie(s):	Pinus Pseudoestrobis		
No de individuos:	1842 (242 árboles maduros, 1600 arbustos o jóvenes)		
Altura promedio:	14 mts árbol, 1.5 mts arbusto		
Diámetro promedio:	20 centímetros, 4 centímetros		
Impactos ambientales**:	Aprovechamientos Forestales, Pastoreo, Apertura de caminos, Incendios		

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Verificación Edáfica (Bosque de Pino)

Ficha técnica						
Fecha:	26/03/12					
Ubicación*:	Cebatí, Municipio de San José del Rincón					
Coordenadas y altitud	372407 O 2178360 N 2965 msnm					
Paisaje:	Colada Lávica, Ladera NO					
Uso de suelo:	Forestal					
Pendiente:	15°					
Material parental:	Andesita					
Influencia humana:	alta	<u>media</u>	baja			
Tipo de Suelo: Andosol Húmico						
Descripción por horizontes						
Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	pH	Alófanos	Color en seco	Color en mojado
	0-2	Limoso	5	++++	7.5 YR 4/2	5 YR 2.5/2
	2-80	Limo-Arenoso	5.5	++++	7.5 YR 5/4	7.5 YR 3/3
	80-135	Limo-Arcilloso	6	+++	7.5 YR 4/6	5 YR 4/6
	135-150	Limoso	6	+++	5 YR 4/6	5 YR 4/6

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Selva Baja

Foto 10. Paisaje (Selva Baja)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 11. GPS (Selva Baja)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 12. Perfil Edáfico (Selva Baja)



Fuente: Trabajo de Campo

Descripción Vegetativa (Selva Baja)

Fecha:	19/03/12
Ubicación*:	La Ladrillera, Municipio de Malinalco
Uso de suelo:	Selva Baja
Coordenadas y Altitud(4)	1) 448649 O 2093293 N 1646 msnm 2) 448634 O 2093247 N 1650 msnm 3) 448643 O 2093246 N 1657 msnm 4) 448668 O 2093279 N 1657 msnm
Paisaje:	Ladera
Influencia humana:	alta <u>media</u> baja
Aprovechamiento:	Pastoreo
Cobertura	
Nombre común (es):	Huaje, Tepehuaje, Amate, Canelilla, Chapulixtle
Especie(s):	<i>Leucaena</i> , <i>Lysiloma</i> , <i>ficus</i> , <i>Aniba</i> , <i>Dodonae</i>
No de individuos:	2013 (13 árboles maduros, 2000 arbustos)
Altura promedio:	4 mts árbol, 2.5 mts arbusto
Diámetro promedio:	36 centímetros, 10 centímetros
Impactos ambientales**:	Pastoreo, Apertura de caminos

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Verificación Edáfica (Selva Baja)

Ficha técnica						
Fecha:		19/03/12				
Ubicación*:		La Ladrillera, Municipio de Malinalco				
Coordenadas y altitud		448649 O 2093264 N 1654 msnm				
Paisaje:		Colada Lávica, Ladera ENO				
Uso de suelo:		Pecuario				
Pendiente:		30°				
Material parental:		Arenisca (Sedimentaria)				
Influencia humana:		alta <u>media</u> baja				
Tipo de Suelo: Vertisol Crómico						
Descripción por horizontes						
Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	pH	Alófanos	Color en seco	Color en mojado
	0-50	Arcilloso	5	++	5 YR 3/4	5 YR 2.5/3
	50-70	Franco- Arcilloso	5	+	5 YR 6/2	5 YR 4/4

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Matorral

Foto 13. Paisaje (Matorral)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 14. GPS (Matorral)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 15. Perfil Edáfico (Matorral)



Fuente: Trabajo de Campo

Descripción Vegetativa (Matorral)

Fecha:	25/03/12	
Ubicación*:	Cerro de la Ahumada, Municipio de Tequixquiac	
Uso de suelo:	Matorral	
Coordenadas y Altitud(4)	1) 482753 O 2200684 N 2333 msnm	3) 482727 O 2200719 N 2339 msnm
	2) 482747 O 2200727 N 2327 msnm	4) 482744 O 2200674 N 2341 msnm
Paisaje:	Colada Lávica, Ladera NE	
Influencia humana:	alta media <u>baja</u>	
Aprovechamiento:	Pastoreo (Protección y Recreación)	
Cobertura		
Nombre común (es):	Huizache, Choya, Nopal	
Especie(s):	Acacia, Cyllindropuntia, opuntia	
No de individuos:	54 (10 huizaches, 21 choyas y 23 nopales)	
Altura promedio:	2 mts huizache, 1.6 mts choya, 1.3 nopales =1.6mts	
Diámetro promedio:	20 centímetros, 17 centímetros, 35 centímetros= 24 cms.	
Impactos ambientales**:	Pastoreo	

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Verificación Edáfica (Matorral)

Ficha técnica						
Fecha:	25/03/12					
Ubicación*:	Cerro de la Ahumada, Municipio de Tequixquiac					
Coordenadas y altitud	482745 O 2200703 N 2336 msnm					
Paisaje:	Colada Lávica, Ladera NO					
Uso de suelo:	Pecuario					
Pendiente:	30°					
Material parental:	Andesita					
Influencia humana:	alta media <u>baja</u>					
Tipo de Suelo: Andosol Léptico						
Descripción por horizontes						
Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	pH	Alófanos	Color en seco	Color en mojado
	0-5	Arcillo-Limoso	6	++	10 YR 2/1	10 YR 2/1
	5-20	Arcilloso	6	++	7.5 YR 2.5/1	10 YR 2/1
	20-30	Franco	6	+++	10 YR 2/1	10 YR 2/1
	30-40	Arcillo-Limoso	6	+++	7.5 YR 2.5/1	10 YR 2/1

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

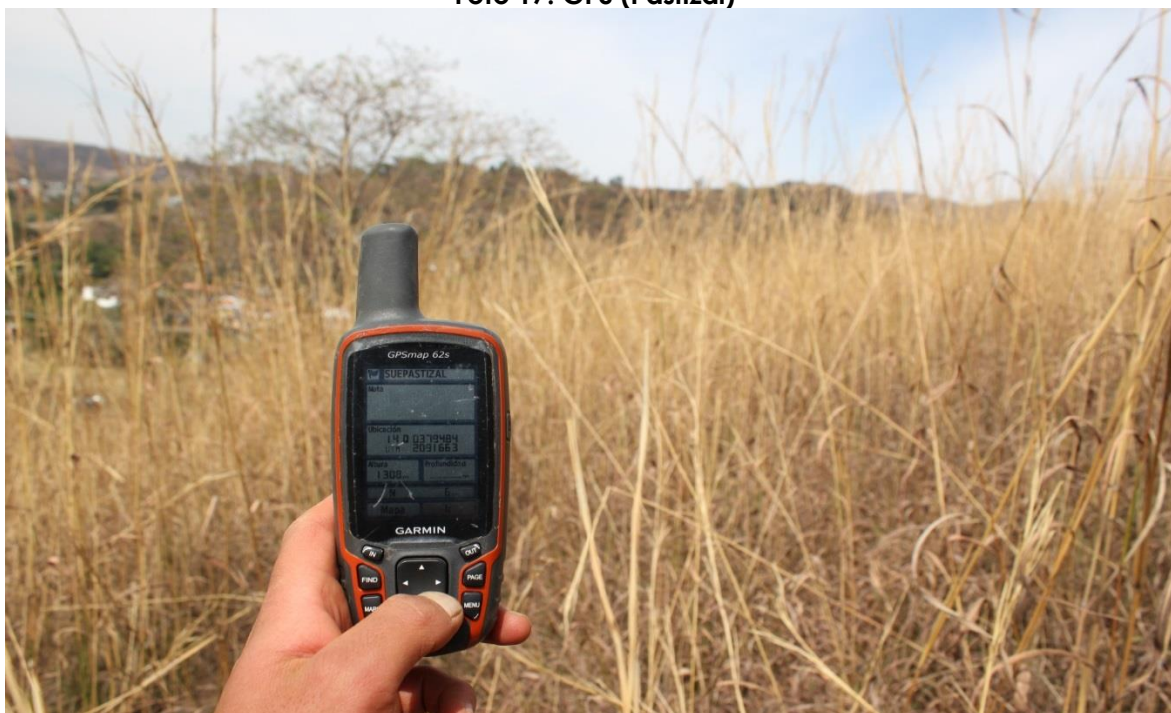
Pastizal

Foto 16. Paisaje (Pastizal)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 17. GPS (Pastizal)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 18. Perfil Edáfico (Pastizal)



Fuente: Trabajo de Campo

Descripción Vegetativa (Pastizal)

Fecha:	18/03/12
Ubicación*:	Centro, Municipio de Tejupilco
Uso de suelo:	Pastizal
Coordenadas y Altitud(4)	1) 379465 O 2091663 N 1305 msnm 2) 379462 O 2091617 N 1310 msnm 3) 379503 O 2091663 N 1312 msnm 4) 379500 O 2091647 N 1306 msnm
Paisaje:	Colada Lávica, Ladera NS
Influencia humana:	alta media baja
Aprovechamiento:	Forraje
Cobertura	
Nombre común (es):	Pasto Forrajero
Especie(s):	Fetusa
No de individuos:	4000-4200
Altura promedio:	2.5-2 mts
Diámetro promedio:	1 centímetro .5 centímetros
Impactos ambientales**:	Cambio de uso de suelo, Incendio, Apertura de Caminos, Pastoreo

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Verificación Edáfica (Pastizal)

Ficha técnica						
Fecha:		18/03/12				
Ubicación*:		Centro, Municipio de Tejupilco				
Coordenadas y altitud		379484 O 2091663 N 1308 msnm				
Paisaje:		Colada Lávica				
Uso de suelo:		Pecuario				
Pendiente:		25°				
Material parental:		Esquisto (metamórfico)				
Influencia humana:		alta media baja				
Tipo de Suelo: Leptosol Dístico						
Descripción por horizontes						
Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	pH	Alófanos	Color en seco	Color en mojado
	0-2.5	Franco- Limoso	5	++	7.5 YR 5/6	7.5 YR 4/4
Roca D	2.5-6	Roca	6	++	7.5 YR 5/6	7.5 YR 4/6
	6-10	Franco	5	+	7.5 YR 6/6	7.5 YR 5/8
	10-20	Franco Arcilloso	5	+	7.5 YR 6/6	7.5 YR 5/8
Roca D	20-25	Roca	6	+	7.5 YR 6/6	7.5 YR 5/8

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Agrícola

Foto 19. Paisaje (Agrícola)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 20. GPS (Agrícola)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 21. Perfil Edáfico (Agrícola)



Fuente: Trabajo de Campo

Descripción Vegetativa (Agrícola)

Fecha:	30/07/12
Ubicación*:	San Lorenzo Cuahutenco, Municipio de Almoloya de Juárez
Uso de suelo:	Agrícola
Coordenadas y Altitud(4)	1) 417447 O 3) 417404 O 2141432 N 2141440 N 2548 msnm 2550 msnm 2) 417446 O 4) 417407 O 2141455 N 2141413 N 2550 msnm 2548 msnm
Paisaje:	Depósito Aluvial
Influencia humana:	<u>alta</u> media baja
Aprovechamiento:	Autoconsumo, animal (ganado), Humano
Cobertura	
Nombre común (es):	Maíz (Ixtlahuaca)
Especie(s):	Zea Mays
No de individuos:	5600-7000
Altura promedio:	2.20-2.30 metros
Diámetro promedio:	2.5-3 centímetros
Impactos ambientales**:	Apertura de Caminos, Asentamiento Humano, Heladas y Sequías

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Verificación Edáfica (Agrícola)

Ficha técnica						
Fecha:	30/07/12					
Ubicación*:	San Lorenzo Cuahutenco, Municipio de Almoloya de Juárez					
Coordenadas y altitud	417421 O 2141431 N 2550 msnm					
Paisaje:	Depósito Aluvial					
Uso de suelo:	Agrícola (maíz-autoconsumo)					
Pendiente:	2°-3°					
Material parental:	Andesita					
Influencia humana:	<u>alta</u> media baja					
Tipo de Suelo: Vertisol Pélico						
Descripción por horizontes						
Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	pH	Alófanos	Color en seco	Color en mojado
	0-5	Arcilloso	6	+++	10 YR 2/1	2.5 Y 3/1
	5-40	Arcilloso	6	+++	10 YR 2/1	2.5 Y 3/1
	40-70	Arcillo-Arenoso	6	+++	7.5 YR 2.5/1	2.5 Y 2.5/1
	70-90	Franco-Arcilloso	6	++	10 YR 6/4	10 YR 5/3
	90-94	Arcilloso	6	+++	10 YR 2/1	2.5 Y 2.5/1
	94-110	Arcillo-Arenoso	6	++	10 YR 5/4	10 YR 4/3

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Otros Tipos de Vegetación

Foto 22. Paisaje (Otros Tipos de Vegetación)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 23. GPS (Otros Tipos de Vegetación)



Fuente: Trabajo de Campo

Foto 24. Perfil Edáfico (Otros Tipos de Vegetación)



Fuente: Trabajo de Campo

Descripción Vegetativa (Otros Tipos de Vegetación)

Fecha:	04/03/12
Ubicación*:	San Nicolás Peralta, Municipio de Lerma
Uso de suelo:	Otros tipos de Vegetación (Ciénaga)
Coordenadas y Altitud(4)	1) 447205 O 3) 447298 O 2141069 N 2141062 N 2565 msnm 2566 msnm 2) 447304 O 2141098 N 2567 msnm
Paisaje:	Depósito Aluvial
Influencia humana:	<u>alta</u> media baja
Aprovechamiento:	Pastoreo, Agrícola, Caza, Conservación, Recreativo
Cobertura	
Nombre común (es):	Tule, popal
Especie(s):	Thypa, Sagittaria
No de individuos:	8000
Altura promedio:	2-3 mts
Diámetro promedio:	1-2 centímetros
Impactos ambientales**:	Pastoreo, Apertura de caminos, Asentamientos Humanos, Cambio de Uso de Suelo

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo

Verificación Edáfica (Otros Tipos de Vegetación)

Ficha técnica						
Fecha:		04/03/12				
Ubicación*:		San Nicolás Peralta, Municipio de Lerma				
Coordenadas y altitud		447235 O 2141079 N 2566 msnm				
Paisaje:		Depósito Aluvial				
Uso de suelo:		Otros tipos de Vegetación (Ciénaga)				
Pendiente:		0°-1°				
Material parental:		Aluviones				
Influencia humana:		alta media baja				
Tipo de Suelo: Gleysol Flúvico						
Descripción por horizontes						
Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	pH	Alófanos	Color en seco	Color en mojado
	0-5	Limoso	6	+++	2.5 Y 2.5/1	Gley 1 2.5/5 GY
	5-30	Arcilloso	6	+++	Gley 2 5/10Y	2.5 Y 2.5/1
	30-50	Arcillo- Limoso	7	+++	2.5 Y 2.5/1	10 YR 2/1
	50-80	Franco- Arcilloso	6	+++	5 Y 2.5/2	2.5 Y 3/1
	80-110	Franco	6	++	5 Y 5/4	5 Y 5/3
	110-130	Areno- Limoso	6	++	2.5 Y 6/1	5 Y 5/2
	130-150	Franco- Limoso	6	++	Gley 1 5/5 GY	Gley 1 6/5 GY
	150-185	Arcillo- Limoso	7	+++	Gley 1 5/10 GY	Gley 2 5/5 GY

Fuente: Elaboración con base en trabajo de campo