

---

# PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIONAL DEL ESTADO DE MORELOS

---

---

## DIAGNÓSTICO

---



Octubre 2013



## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

<b>Diagnóstico</b> .....	8
Degradación del suelo y erosión.....	9
Vulnerabilidad del acuífero.....	15
Fragilidad ecológica.....	18
Mapa de fragilidad de la vegetación Fv.....	18
Mapa de erosión total Et.....	19
Mapa de vulnerabilidad del acuífero (Va).....	20
Mapa de fragilidad ecológica.....	20
Áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.....	22
Vegetación.....	23
Biodiversidad.....	24
Cálculo del mapa.....	32
Corredores biológicos.....	34
Áreas prioritarias para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales Apmbsa.....	35
Fijación de carbono (Fc).....	35
Producción de humus (Ph).....	38
a) Recarga de acuíferos.....	42
b) Cálculo del mapa.....	57
Impacto en la calidad del agua.....	60
Paisaje.....	63
Riesgos.....	68
Riesgo de inundación.....	68
Riesgo de incendios forestales.....	70
Otros diagnósticos.....	74
Accesibilidad.....	74
Clases agrológicas.....	77
Análisis de aptitud.....	86
Introducción.....	86
Consideraciones conceptuales.....	86

*Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Morelos*



Sector agropecuario .....	94
Agricultura de riego.....	94
Agricultura de temporal .....	98
Ganadería extensiva .....	103
Sector conservación y manejo de recursos naturales .....	109
Aprovechamiento forestal maderable.....	109
Aprovechamiento forestal no maderable .....	115
Turismo alternativo o ecoturismo .....	118
Sector turismo.....	123
Sector asentamientos humanos .....	127
Sector minería.....	135
Sector industrial.....	138
Conflictos territoriales .....	142
Número de sectores potenciales en conflicto .....	142
Gravedad de conflictos.....	144
Conflictos (casos particulares) .....	148
Conflicto asentamientos humanos - agricultura.....	148
Conflicto asentamientos humanos - industria.....	152
Conflicto asentamientos humanos - conservación .....	154
Conflicto ganadería - conservación.....	156
Conflicto minería - conservación.....	157
Conflicto conservación – forestal maderable .....	160
Conflicto industria - agricultura.....	161



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MODELO PARA EL CÁLCULO DE LA EROSIÓN HÍDRICA.....	13
FIGURA 2. MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA.....	14
FIGURA 3. MAPA DE VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS DEL ESTADO DE MORELOS.....	17
FIGURA 4. FRAGILIDAD ECOLÓGICA .....	21
FIGURA 5. TABLA DE RESULTADOS DE GARP (RESULT.XLS).....	27
FIGURA 6. GRÁFICA PARA ELECCIÓN DE MEJORES CAPAS.....	29
FIGURA 7. RIQUEZA DE ESPECIES .....	31
FIGURA 8. ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD .....	33
FIGURA 9. MAPA DE FIJACIÓN DE CO <sub>2</sub> .....	37
FIGURA 10. MAPA DE PRODUCCIÓN DE HUMUS. ....	41
FIGURA 11. DIAGRAMA CONCEPTUAL DEL MODELO DE RECARGA. FUENTE: GEOLOGY, GROUND-WATER HYDROLOGY, GEOCHEMISTRY, AND GROUND-WATER SIMULATION OF THE BEAUMONT AND BANNING STORAGE UNITS, SAN GORGONIO PASS AREA, RIVERSIDE COUNTY, CALIFORNIA, USGS.....	43
FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES GEOHIDROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO AMACUZAC. FUENTE: CONAGUA.....	43
FIGURA 13. MAPA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DEL ESTADO DE MORELOS .....	53
FIGURA 14. MAPA DE RECARGA DE ACUÍFEROS DEL ESTADO DE MORELOS .....	56
FIGURA 15. ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES. ....	58
FIGURA 16. IMPACTO A LA CALIDAD DEL AGUA.....	61
FIGURA 17. MODELO PARA EL CÁLCULO DEL VALOR DEL PAISAJE.....	63
FIGURA 18. REPRESENTACIÓN DE OBSERVADORES SOBRE EL TERRENO .....	65
FIGURA 19. MAPA DE PAISAJE .....	67
FIGURA 20. MAPA DE RIESGO DE INUNDACIÓN DEL ESTADO DE MORELOS .....	69
FIGURA 21. MAPA DE INCENDIOS 2004 Y 2008 EN EL ESTADO DE MORELOS POR CAUSA.....	71
FIGURA 22. MAPA DE INCENDIOS EN EL ESTADO DE MORELOS POR FECHA.....	72
FIGURA 23. MAPA DE RIESGO DE INCENDIOS DEL ESTADO DE MORELOS.....	73
FIGURA 24. MAPA DE ACCESIBILIDAD DEL ESTADO DE MORELOS.....	76
FIGURA 25. MAPA DE CLASES AGROLÓGICAS DEL ESTADO DE MORELOS.....	79
FIGURA 26. AGRICULTURA DE RIEGO EN MIACATLÁN, MORELOS .....	94
FIGURA 27. MAPA DE PRESIÓN SECTORIAL DE LA AGRICULTURA DE RIEGO .....	96
FIGURA 28. MAPA DE APTITUD PARA LA AGRICULTURA DE RIEGO.....	98
FIGURA 29. AGRICULTURA DE TEMPORAL EN FRONTERA CON ECOSISTEMAS NATURALES EN JANTETELCO, MORELOS.....	99
FIGURA 30. MAPA DE PRESIÓN DE AGRICULTURA DE TEMPORAL.....	101
FIGURA 31. MAPA DE APTITUD PARA AGRICULTURA DE TEMPORAL.....	103
FIGURA 32. GANADERÍA EXTENSIVA EN TETECALA, MORELOS. ....	104
FIGURA 33. MAPA DE PRESIÓN DE GANADERÍA EXTENSIVA.....	107
FIGURA 34. MAPA DE APTITUD PARA GANADERÍA EXTENSIVA.....	108
FIGURA 35. APROVECHAMIENTO MADERABLE EN HUITZILAC, MORELOS .....	110





FIGURA 36. MAPA DE PRESIÓN DE ACTIVIDADES FORESTALES MADERABLES.....	113
FIGURA 37. MAPA DE APTITUD PARA ACTIVIDADES FORESTALES MADERABLES. ....	114
FIGURA 38. HONGO APROVECHABLE EN TEPOZTLÁN, MORELOS .....	115
FIGURA 39. MAPA DE PRESIÓN DE ACTIVIDADES FORESTALES NO MADERABLES. ....	117
FIGURA 40. PARQUE ECOTURÍSTICO TOTLAN, COAJOMULCO, MORELOS .....	119
FIGURA 41. MAPA DE APTITUD PARA ECOTURISMO.....	122
FIGURA 42. ZONA ARQUEOLÓGICA DE XOCHICALCO, MORELOS.....	124
FIGURA 43. MAPA DE APTITUD PARA TURISMO .....	126
FIGURA 44. DESARROLLOS INMOBILIARIOS EN MORELOS.....	128
FIGURA 45. MAPA DE PRESIÓN DE ASENTAMIENTOS HUMANOS.....	130
FIGURA 46. MAPA DE APTITUD PARA ASENTAMIENTOS HUMANOS CONSIDERANDO LAS ÁREAS PRIORITYARIAS.....	131
FIGURA 47. MAPA DE APTITUD PARA ASENTAMIENTOS HUMANOS CONSIDERANDO LAS ÁREAS AGRÍCOLAS PRODUCTIVAS.....	132
FIGURA 48. MAPA DE APTITUD PARA ASENTAMIENTOS HUMANOS CONSIDERANDO EL RIESGO DE INUNDACIÓN.....	134
FIGURA 49. MAPA DE PRESIÓN DE MINERÍA.....	136
FIGURA 50. MAPA DE APTITUD PARA MINERÍA.....	137
FIGURA 51. CEMENTERA MOCTEZUMA EN E. ZAPATA, MORELOS.....	138
FIGURA 52. MAPA DE PRESIÓN INDUSTRIAL .....	140
FIGURA 53. MAPA DE APTITUD INDUSTRIAL .....	141
FIGURA 54. MAPA DE SECTORES EN CONFLICTO .....	143
FIGURA 55. GRAVEDAD DE LOS CONFLICTOS.....	147
FIGURA 56. ZONAS AGRÍCOLAS BAJO PRESIÓN URBANA EN ACAPATZINGO, CUERNAVACA, MORELOS. ....	149
FIGURA 57. CRECIMIENTO URBANO SOBRE PREDIOS AGRÍCOLAS, E. ZAPATA, MORELOS (1993-2009) .....	150
FIGURA 58. CONFLICTO ASENTAMIENTOS HUMANOS - AGRICULTURA.....	151
FIGURA 59. SITUACIÓN ESPACIAL DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA-JIUTEPEC CON RESPECTO A ALGUNAS ZONAS INDUSTRIALES.....	152
FIGURA 60. CONFLICTO ASENTAMIENTOS HUMANOS - INDUSTRIA .....	153
FIGURA 61. CRECIMIENTO DE ASENTAMIENTOS HUMANOS SOBRE ÁREAS FORESTALES, SANTA MARÍA, CUERNAVACA, MORELOS .....	154
FIGURA 62. CONFLICTO ASENTAMIENTOS HUMANOS - CONSERVACIÓN .....	155
FIGURA 63. CONFLICTO GANADERÍA – CONSERVACIÓN.....	157
FIGURA 64. EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN SIERRA DE MONTENEGRO .....	158
FIGURA 65. CONFLICTO CONSERVACIÓN - MINERÍA .....	159
FIGURA 66. CONFLICTO FORESTAL MADERABLE – CONSERVACIÓN .....	161
FIGURA 67. COMPLEJO INDUSTRIAL DE YECAPIXTLA INMERSO EN ZONAS AGRÍCOLAS.....	162
FIGURA 68. CONFLICTO INDUSTRIA - AGRICULTURA.....	163



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DIAGNÓSTICOS .....	8
TABLA 2. EFECTOS DE LAS CLASES DE EROSIÓN DEBIDO A SU MAGNITUD .....	9
<b>TABLA 3. PONDERACIÓN DE VARIABLES CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS .....</b>	<b>15</b>
TABLA 4. FRAGILIDAD DE LA VEGETACIÓN POR USOS DEL SUELO .....	18
TABLA 5. RECLASIFICACIÓN DE LA CAPA DE EROSIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA FRAGILIDAD ECOLÓGICA .....	19
TABLA 6. PRIORIDAD DEL USO DE SUELO Y VEGETACIÓN PARA SU CONSERVACIÓN.....	23
TABLA 7. DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS DE LA TABLA DE RESULTADOS DE GARP.....	28
TABLA 8. ÍNDICES DE CARBONO POR USO DE SUELO Y TIPO DE VEGETACIÓN .....	36
TABLA 9. VALORES POTENCIALES PARA PRODUCCIÓN DE HUMUS.....	38
TABLA 10. RECLASIFICACIÓN DE LA CAPA DE EROSIÓN PARA EL CÁLCULO DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE HUMUS .....	39
<b>TABLA 11. VALORES DE K EN FUNCIÓN DEL TIPO DE SUELO .....</b>	<b>45</b>
TABLA 12. VALORES DE PERMEABILIDAD EN FUNCIÓN DEL TIPO DE SUELO EXISTENTE EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	45
<b>TABLA 13. VALORES DE K POR TIPO DE SUELO (PERMEABILIDAD) Y DE VEGETACIÓN .....</b>	<b>51</b>
TABLA 14. PORCENTAJE DEL ÁREA DE ESTUDIO POR CATEGORÍA DE ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL .....	52
TABLA 15. COEFICIENTES DE INFILTRACIÓN.....	54
<b>TABLA 16. PORCENTAJE DE ÁREA INCLUIDA POR CATEGORÍA DE RECARGA MEDIA ANUAL .....</b>	<b>57</b>
TABLA 17. RECLASIFICACIÓN DE VALORES DE VEGETACIÓN PARA PAISAJE .....	63
TABLA 18. RECLASIFICACIÓN DE PENDIENTES PARA EL MAPA DE PAISAJE.....	64
TABLA 19. PORCENTAJE DEL ÁREA TOTAL POR CATEGORÍA DE VISIBILIDAD .....	66
TABLA 20. RECLASIFICACIÓN DE LAS CLASES DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN PARA ACCESIBILIDAD.....	74
TABLA 21. MATRIZ DE DECISIÓN PARA EVALUAR LA IMPORTANCIA DE CADA VARIABLE .....	75
<b>TABLA 22. PORCENTAJE DEL ÁREA TOTAL POR CATEGORÍA .....</b>	<b>75</b>
TABLA 23. DESCRIPCIÓN DE CLASES AGROLÓGICAS.....	77
TABLA 24. CLASES AGROLÓGICAS QUE INDICAN LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL SUELO .....	78
TABLA 25. DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIE EN PORCENTAJE POR CLASE AGROLÓGICA DE CADA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN .....	82
TABLA 26. ESCALA DE LAS COMPARACIÓN POR PARES EN EL MÉTODO DE SAATY .....	90
TABLA 27. COMPARACIÓN POR PARES DE LOS ATRIBUTOS .....	90
TABLA 28. DETERMINACIÓN DE LOS PESOS RELATIVOS DE LOS ATRIBUTOS.....	91
TABLA 29. VALORES ASIGNADOS POR VALOR DE PRIORIDAD.....	93
TABLA 30. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN SECTORIAL DE LA AGRICULTURA DE RIEGO.....	95
TABLA 31. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN SECTORIAL DE LA AGRICULTURA DE TEMPORAL.....	100
TABLA 32. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN SECTORIAL PARA EL SECTOR GANADERÍA EXTENSIVA .....	106



TABLA 33. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN PARA ACTIVIDADES FORESTALES MADERABLES.....	112
TABLA 34. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN PARA ACTIVIDADES FORESTALES NO MADERABLES.....	116
TABLA 35. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LAS ZONAS DE INTERÉS PARA EL SECTOR DE TURISMO ALTERNATIVO.....	121
TABLA 36. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LAS ZONAS DE INTERÉS PARA EL SECTOR DE TURISMO.....	125
TABLA 37. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS.....	128
TABLA 38. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN INDUSTRIAL.....	139
TABLA 39. COMPATIBILIDAD ENTRE SECTORES.....	144
TABLA 40. GRAVEDAD DE CONFLICTOS CON BASE EN EL NÚMERO DE SECTORES POR CADA GRUPO Y SU COMPATIBILIDAD.....	145



## DIAGNÓSTICO

La etapa de diagnóstico tiene como principales objetivos identificar y analizar las condiciones en que se encuentra el estado de Morelos y las posibles causas de su deterioro, así como los conflictos ambientales entre los sectores con actividades incidentes en su territorio y sus recursos naturales. Para ello se realizan los siguientes diagnósticos (Tabla 1).

Tabla 1. Diagnósticos

Diagnóstico	Objetivo
<b>Diagnóstico ambiental</b>	Identificación de áreas que por sus atributos ambientales o fragilidad ecológica deben conservarse, protegerse o restaurarse.
<b>Riesgos</b>	Identificación de zonas de riesgo
<b>Otros diagnósticos</b>	Identificación de características especiales de las diferentes regiones del estado, las cuales limitan o benefician el desarrollo de las actividades sectoriales.
<b>Análisis de aptitud</b>	Delimitación de las áreas de aptitud por sector productivo
<b>Conflictos territoriales</b>	Identificación de las zonas de conflicto y descripción de los principales conflictos en el estado.



## DEGRADACIÓN DEL SUELO Y EROSIÓN

---

El fenómeno complejo conocido como degradación ambiental implica la reducción de los recursos naturales, que se pone de manifiesto como consecuencia una serie de procesos.

Estos recursos están relacionados principalmente con los niveles de productividad primaria, la capacidad agraria y las funciones bióticas del sistema (Sombroek y El Hadji 1993). Como ya se indicó anteriormente, la principal causa de la degradación ambiental es la deforestación o cambio de uso o cobertura del suelo. Sin embargo también es importante tomar en cuenta la degradación de los suelos. El suelo es un recurso natural renovable, sin embargo, en la naturaleza se necesitan 500 años para formar, a través de la combinación de diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, un centímetro de suelo mientras que la degradación y pérdida de suelos son del orden de varios centímetros por año.

El suelo es uno de los recursos que en mayor medida se ven afectados por la degradación, que se manifiesta como una pérdida de calidad que afecta al potencial biológico y a la productividad del conjunto del sistema natural y que implica aspectos relacionados con propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Imeson 1998). Entre las propiedades físicas, se observan modificaciones del grado de compactación del suelo y de otras propiedades estructurales como la textura y la estabilidad de los agregados. Las alteraciones sobre las propiedades biológicas implican la reducción en la cantidad de materia orgánica y un deterioro de la estructura ecológica y composición de los elementos biológicos. La química del suelo puede verse afectada mediante cambios en las proporciones de elementos importantes para el mantenimiento de la productividad como el carbono, el nitrógeno y el fósforo.

La erosión es el arrastre de partículas constituyentes del suelo por la acción del agua en movimiento o la por la acción del viento. La erosión se puede clasificar por su origen en: natural y antrópica, y por sus agentes causantes en eólica (viento) e hídrica (agua). Los factores naturales que influyen en la magnitud de la erosión son el clima (precipitación), el relieve (pendiente), la vegetación y el suelo (edafología). Las clases de erosión de acuerdo con su magnitud son las descritas en la

Tabla 2.

TABLA 2. EFECTOS DE LAS CLASES DE EROSIÓN DEBIDO A SU MAGNITUD



Clase	Relieve generado
Sin erosión	-
Ligera	Pequeños surcos (laminar)
Moderada	Surcos grandes
Alta, muy alta, severa	Zanjas o cárcavas

Para el cálculo de la erosión se utilizó la ecuación universal de pérdida de suelo (Wishmeyer y Smith, 1978).

La fórmula es la siguiente:  $A = K * R * LS * C * P$  donde

A = erosión hídrica potencial en ton/ha/año

R = intensidad de la lluvia

LS = factor pendiente y longitud de pendiente

C = cobertura del suelo

P = prácticas culturales

El factor intensidad de la lluvia (R) se estima a través de Cortés (1991), estimó el  $EI_{30}$  para las diferentes regiones de la República Mexicana y reporta valores de erosividad que varían de 500 a 29 mil Mega Joules mm/ha hr año. El propone catorce modelos de regresión (ecuaciones) a partir de datos de precipitación media anual (x). Con base en el mapa que presenta, se identificó que el estado de Morelos se encuentra en la región cuyo modelo es el siguiente:

$$Y = 1.99671 x + 0.003270 x^2$$

Dónde x = lluvia anual (mm)

La FAO propuso un método sencillo para estimar el Factor K (FAO, 1980), donde se utiliza la unidad de clasificación del suelo FAO/UNESCO y la textura como parámetros para determinar K (Cuadro 8), debiendo realizar un ajuste para las fases gravosa o pedregosa. El procedimiento que se sigue es el siguiente:

- Digitalización de las unidades cartográficas de los mapas del INEGI edafológicos escala 1:50,000.
- Captura de la clase textural que presenta la unidad o grupo de suelos asociados entre sí, tal como se presentan en esos mapas.
- Una vez determinada la unidad de suelo y la clase de textura obtención del valor correspondiente de erosionabilidad a partir de una tabla.



- En aquellos suelos que están formados con dos o más unidades de suelo, se obtiene el valor de K, de cada unidad de suelo que forma la asociación y se procede a realizar una ponderación, asignando en asociaciones de dos suelos un peso de 2/3 a la unidad dominante y 1/3 al valor K a la segunda unidad, y en el caso de asociaciones de tres tipos de suelo de 0.5 a la primera, de 0.3 a la segunda y de 0.2 a la tercera.

La pendiente del terreno afecta los escurrimientos superficiales imprimiéndoles velocidad. El tamaño de las partículas así como la cantidad de material que el escurrimiento puede desprender o llevar en suspensión, son una función de la velocidad con la que el agua fluye sobre la superficie. A su vez, la velocidad depende del grado y longitud de la pendiente (Ríos, 1987). En igualdad de condiciones, conforme se incrementa el grado de la pendiente, el agua fluye más rápido y en consecuencia el tiempo para la infiltración del agua al suelo es menor. La longitud de la pendiente está definida por la distancia del punto de origen del escurrimiento superficial al punto donde cambia el grado de pendiente. La acumulación del volumen escurrido a lo largo de la pendiente, incrementa la capacidad de desprendimiento y transporte del escurrimiento (Wischmeier y Smith, 1978).

Con el uso de los sistemas de información geográfica es posible calcular a partir de un modelo numérico de terreno el factor LS que conjunta en un único valor el grado y la longitud de pendiente

Los pasos a seguir son:

- Determinación de la dirección de flujo

El algoritmo de análisis espacial *Flow direction* asigna a cada celda un valor de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, y 128 según la dirección de la cual proviene el flujo de agua. Se asigna un valor según la dirección de la mayor diferencia de elevación entre la celda central y las vecinas. Por ejemplo si el salto más alto de elevación es hacia la izquierda se asigna a la celda central el valor de 16. Analizando todas las celdas con su respectivo entorno de ocho celdas se obtiene el mapa de dirección de flujo. Si la celda central tiene menor elevación que las ocho vecinas, se asigna el valor del vecino más bajo y el flujo se considera hacia este vecino.



32	64	128
16		1
8	4	2

- Determinación de la acumulación de flujo.  
A partir del mapa de dirección de flujo se calcula el mapa de acumulación de flujo. A cada celda se asigna el número de celda cuyo flujo llega a la celda, con base en la dirección de flujo. Las celdas con alto valor corresponde a probables curso de agua, mientras las celda con valor 0 corresponden a parteaguas.
- Aplicación de la fórmula siguiente  
$$LS = 1.6 * ([AcuFlujo * res])^{0.6} * (\sin([pend] * 0.01745/0.09))^{1.3}$$

Dónde:

- LS = factor grado y longitud de pendiente
- AcuFlujo = acumulación de flujo
- Res = resolución del modelo de terreno
- Pend = pendiente en grados

En la estimación de la erosión no se tomaron en cuenta el parámetro C y el parámetro P, considerándolos ambos iguales a 1. De esta forma el valor de erosión se vuelve un indicador de la susceptibilidad del suelo de erosionarse, independientemente del tipo y práctica de cultivo.



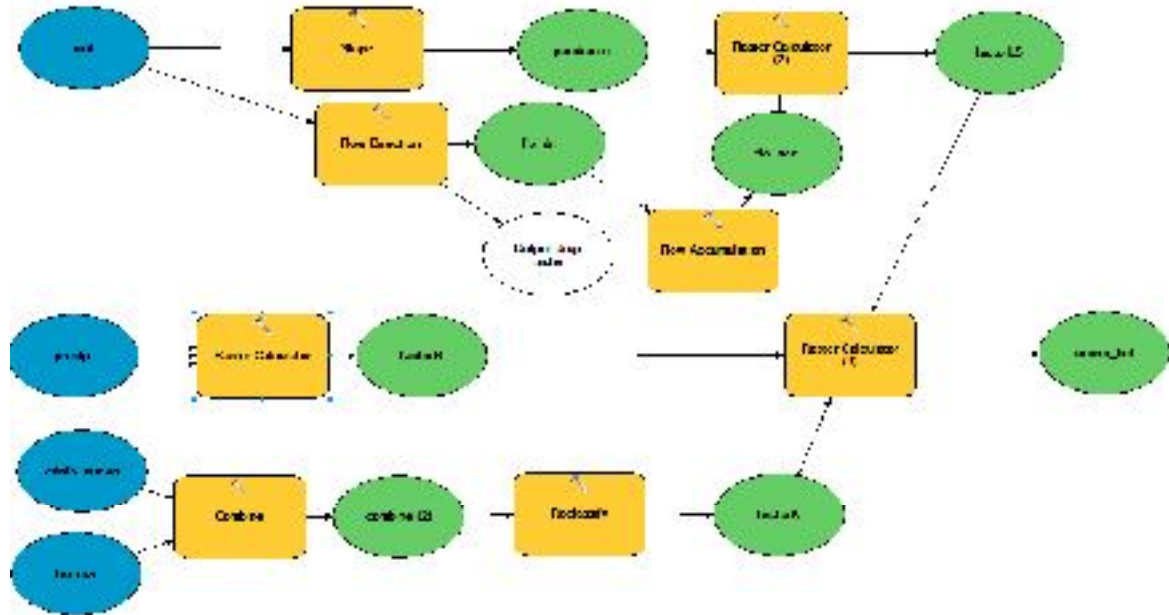


FIGURA 1. MODELO PARA EL CÁLCULO DE LA EROSIÓN HÍDRICA

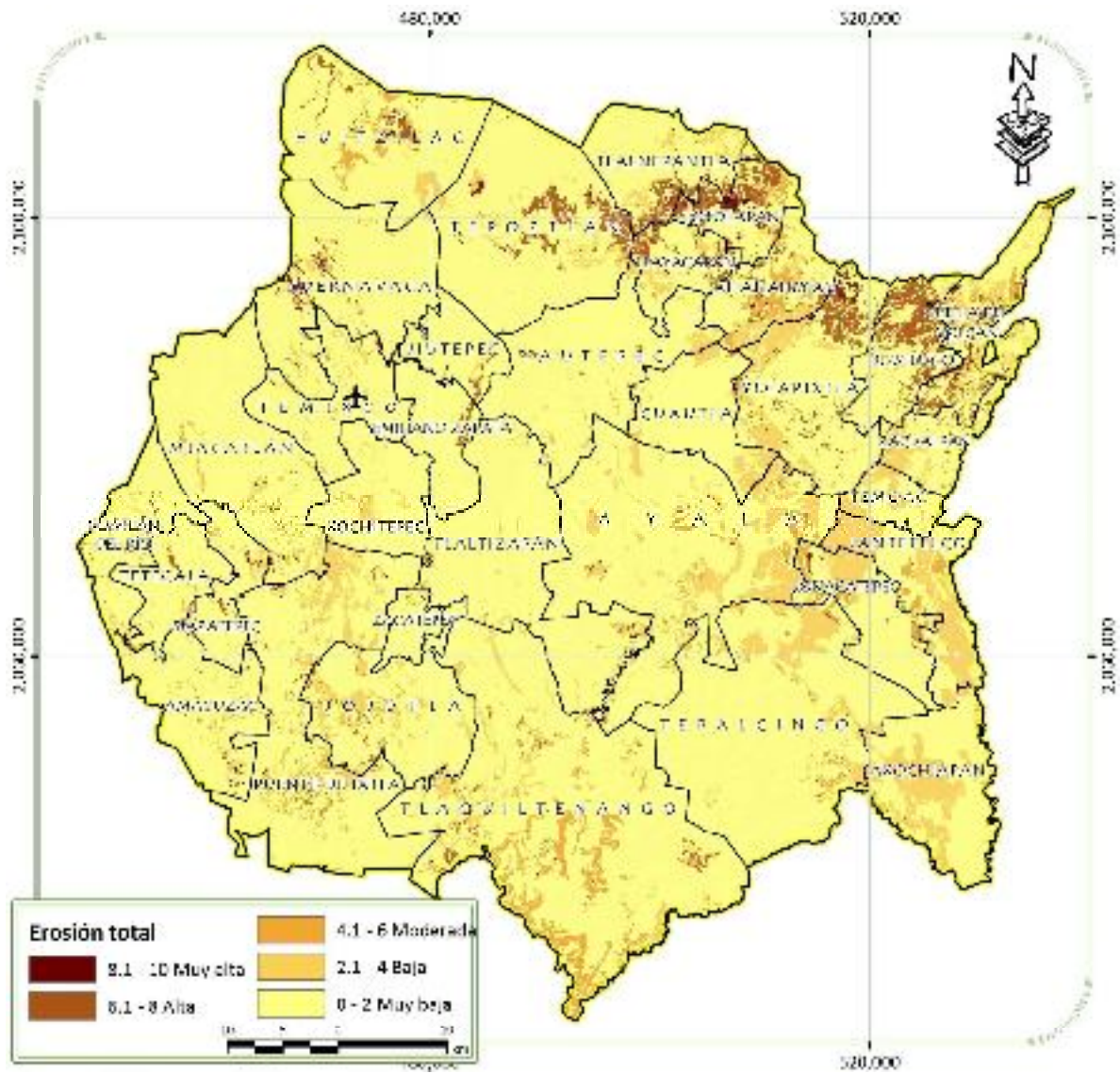


FIGURA 2. MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA



## VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO

Partiendo de la definición de Foster y Hirata<sup>1</sup> acerca de que “la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación, representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta” se pueden utilizar diferentes métodos para calcular tal vulnerabilidad. Sin embargo, la mayoría de ellos tan solo incluye un par de indicadores que describen la naturaleza y comportamiento de los acuíferos, tales como  $EK_v$  y  $\Delta HT'$ . Existen otros métodos que utilizan las variables disponibles del medio estudiado y que se ponderan según su importancia, tales como DRASTIC y SINTACS. El método que se utiliza en este estudio consiste en escalar las variables con valores entre 0 y 10 a nivel cartográfico en cada mapa representativo de cada uno de los rasgos, utilizando 10 para los indicadores que den al acuífero mayor protección ante un agente contaminante. Posteriormente se realiza una ponderación entre las mismas variables para decidir su peso relativo en la decisión, asignando valores de 1 y 3 entre cada una de ellas (Tabla 3).

TABLA 3. PONDERACIÓN DE VARIABLES CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS

Variable				$\beta$	$\alpha$		
Recarga Neta	1	1	1	3	0.125		
Edafología	3		1	1	5	0.208	
Conductividad hídrica		3	3	3	9	0.375	
Superficie topográfica			3	3	1	7	0.291
<b>Total</b>				24	1		

La **Tabla 3** se lee de la siguiente manera: los valores de comparación entre todas las variables se indica en las celdas de la columna correspondiente. Por ejemplo en la primera columna se compara edafología contra recarga de acuíferos: edafología tiene una ponderación de tres a 1 comparado con recarga neta. El coeficiente beta es la suma de los valores de la línea, alfa es el coeficiente normalizado. El mapa de piezometría se elaboró restando la profundidad de extracción del modelo numérico de terreno.

Recarga neta: Es la capa generada para el mapa de recarga de acuíferos, cuya metodología fue descrita anteriormente donde se consideró que las zonas con menor recarga ofrecen mejores condiciones de protección de los acuíferos ya que tanto las condiciones físicas del suelo como

<sup>1</sup> Groundwater Pollution, Foster y Hirata, 1987



la precipitación regional colaboran a que la precipitación no sea un elemento multiplicador de los puntos de contaminación probables.

Edafología: Para el caso de los tipos de suelo, se considera que los de menor permeabilidad ofrecen mayor protección al acuífero y viceversa, de acuerdo con lo indicado en la tabla 5.

Conductividad hídrica: Se consideró el valor de  $k$  como un parámetro de conductividad hídrica ya que es independiente del volumen de precipitación y es una medida integral de la permeabilidad y por consecuencia, de la conductividad hídrica. Entre mayor sea  $k$ , mayor será el escurrimiento y a la vez la impermeabilidad del suelo.

Superficie topográfica: Entre mayor sea la pendiente topográfica del terreno, mayor será la velocidad de escurrimiento de cualquier agente externo al acuífero y por tanto menor la posibilidad de infiltración.



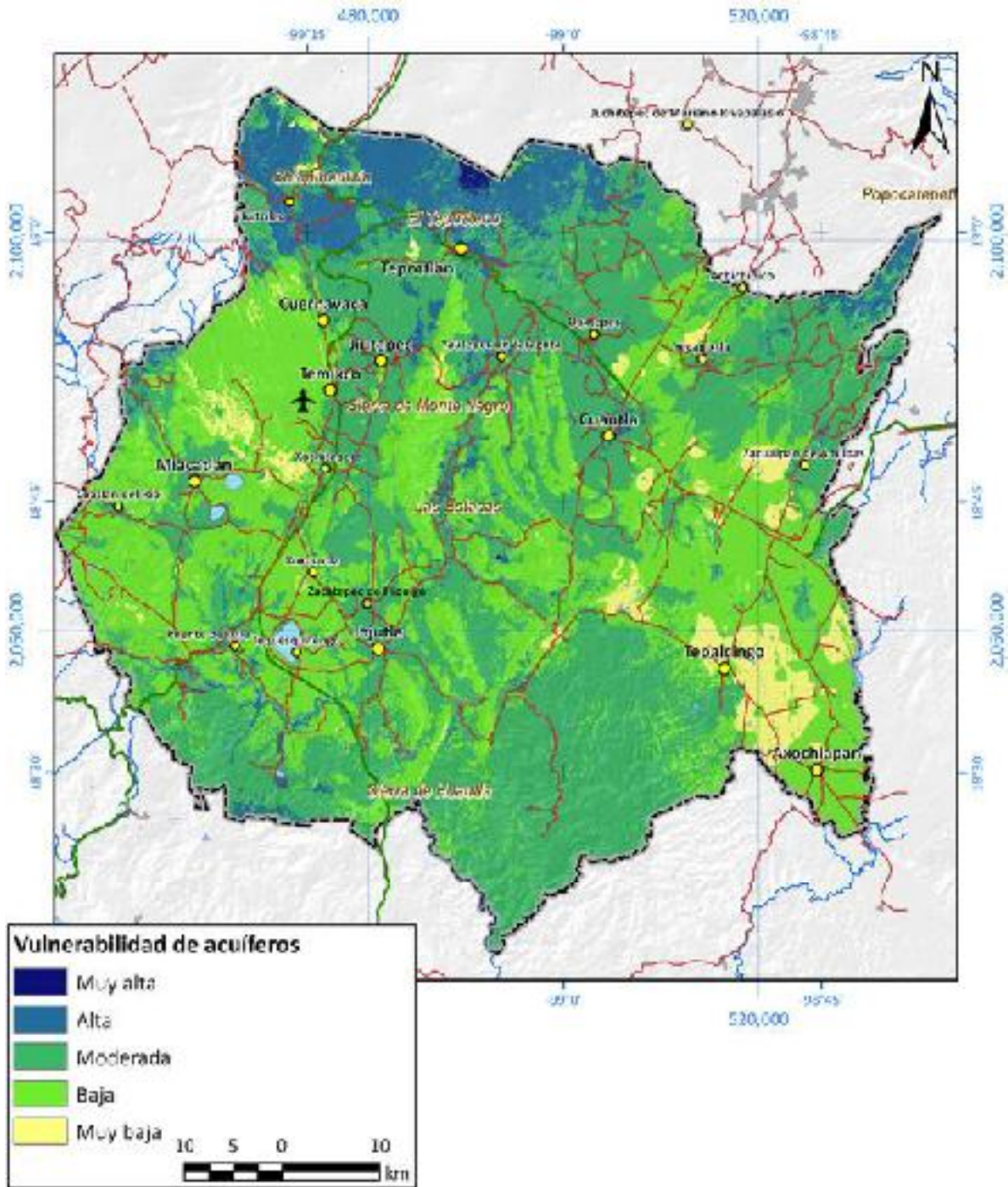


FIGURA 3. MAPA DE VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS DEL ESTADO DE MORELOS



## FRAGILIDAD ECOLÓGICA

El mapa de fragilidad ecológica se obtuvo a partir de la combinación de las variables, cobertura vegetal, suelo, pendiente y acuíferos, para ello se utilizaron los mapas de vegetación ( $F_v$ ), erosión ( $E_t$ ) y vulnerabilidad del acuífero ( $V_a$ ) para obtener el mapa de Fragilidad ecológica  $F_e$ .

### MAPA DE FRAGILIDAD DE LA VEGETACIÓN $F_v$

El mapa de uso del suelo y vegetación se reclasificó con base en la fragilidad de la vegetación para obtener el mapa del factor vegetación ( $F_v$ ) (Tabla 4).

TABLA 4. FRAGILIDAD DE LA VEGETACIÓN POR USOS DEL SUELO.

Tipo de uso de suelo o vegetación	Fragilidad
Aeropuerto	0
Agave	1
Agricultura de riego	0
Agricultura de Temporal	0
Areas sin vegetación	2
Asentamiento	0
Bosque de Abies	10
Bosque de Abies-Pinus (incluye Pinus-Abies)	9
Bosque de Pinus	8
Bosque de Pinus con vegetación secundaria	7
Bosque de Quercus	7
Bosque de Quercus con vegetación secundaria	6
Bosque Mesofilo de Montaña	10
Bosque Mesofilo de Montaña con vegetación secundaria	9
Bosque mixto de Pinus-Quercus (incluye Quercus-Pinus)	8
Cuerpos de Agua	8



Tipo de uso de suelo o vegetación	Fragilidad
Frutales	2
Infraestructura	0
Invernaderos	0
Mancha Urbana	0
Mancha Urbana de baja densidad	0
Matorral Rosetofilo Cracicaule	10
Nopaleras	1
Parque Industrial	0
Parques	0
Pastizal	3
Pastizal natural	6
Relleno Sanitario	0
Selva Baja Caducifolia	6
Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria	5
Vegetación Riparia	9
Vegetación secundaria	4
Vegetación Urbana	0
Zona Arqueológica	8
Zonas Abiertas	0

### MAPA DE EROSIÓN TOTAL ET

El cálculo del índice de erosión laminar o de erosión por capas contempló dos etapas, la evaluación de la erosión laminar hídrica  $E_h$  y eólica  $E_e$  con las cuales se obtiene la erosión total (ver capítulo erosión). Posteriormente se reclasificaron los valores como se observa en la Tabla 5 para utilizar la variable erosión para el cálculo de la fragilidad ecológica.

TABLA 5. RECLASIFICACIÓN DE LA CAPA DE EROSIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA FRAGILIDAD ECOLÓGICA

Ton/ha/año	Valor
0-20	0
20-40	1
40-60	2
60-80	3
80-100	4
100-120	5
120-140	6
140-160	7



160-180	8
180-200	9
>200	10

---

### MAPA DE VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO (VA)

---

El mapa de vulnerabilidad del acuífero se utilizó tal cual se obtienen los valores de acuerdo a la metodología presentada anteriormente los cuales van de 0 a 10.

---

### MAPA DE FRAGILIDAD ECOLÓGICA

---

Una vez obtenido los mapas de fragilidad de la vegetación  $F_v$ , erosión total  $E_t$  y el mapa de vulnerabilidad del acuífero  $V_u$ , se procede al cálculo de la fragilidad ecológica.

$$F = 0.633 F_v + 0.260 E_t + 0.107 V_u$$

F= Fragilidad ecológica

$F_v$ = Fragilidad de la vegetación

$E_t$ = Erosión total

$V_u$ = Vulnerabilidad del acuífero

Como se observa en la Figura 4 las zonas de mayor fragilidad ecológica en el Estado se localizan al norte de este, principalmente por la presencia de ecosistemas muy frágiles tales como los bosques de oyamel, mesófilo y matorrales rosetófilos que al ser perturbados tardan mucho tiempo en regenerarse, de igual manera es una zona en la cual los acuíferos son muy vulnerables, principalmente por ser un área de gran permeabilidad, la cual representa la zona de mayor recarga de agua en la entidad, finalmente es una zona de pendientes importantes, y con la precipitación media anual más alta en Morelos, rebasando los 1,500 mm por año, lo que ocasiona una tasa de erosión principalmente hídrica muy importante.



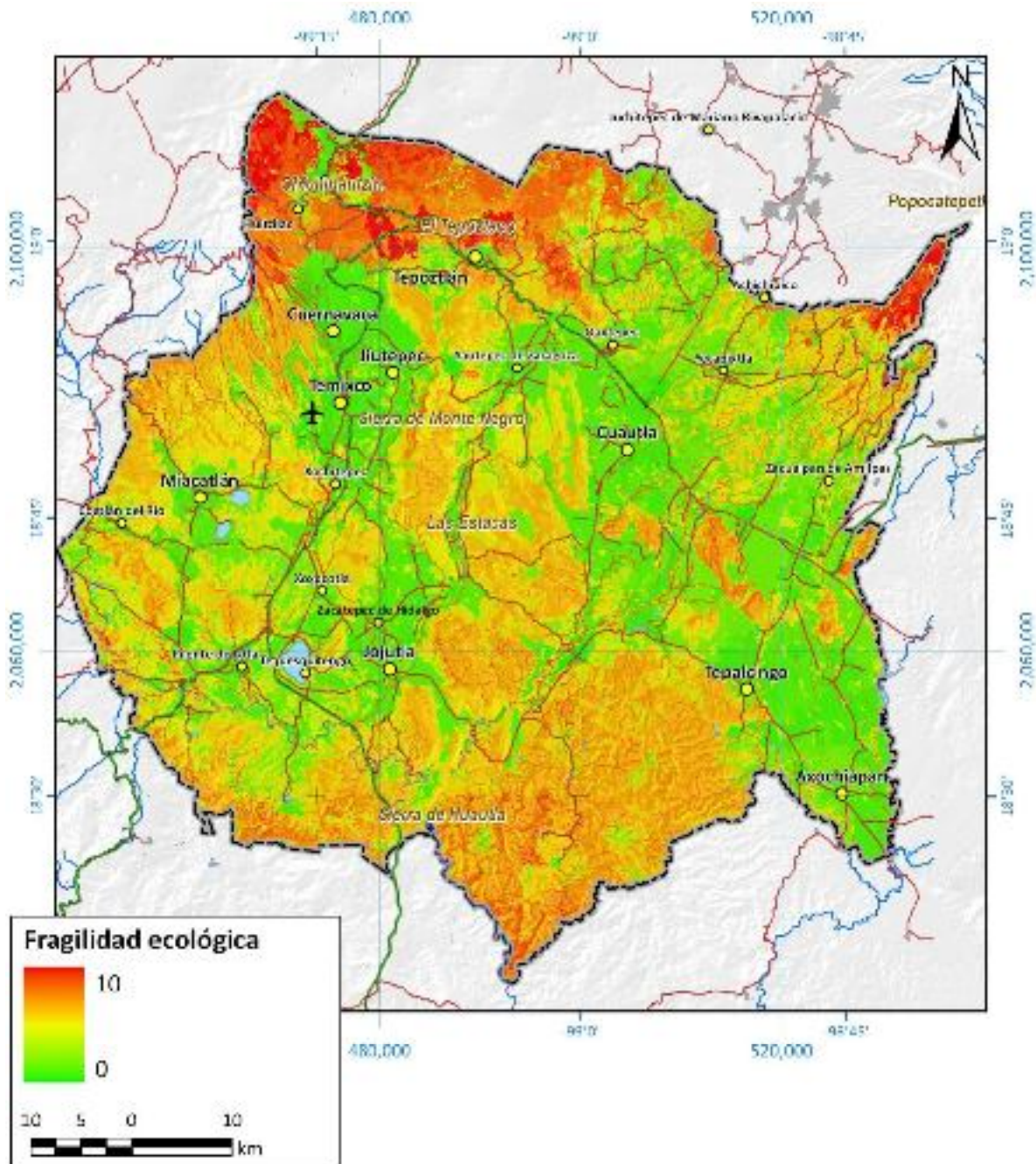


FIGURA 4. FRAGILIDAD ECOLÓGICA



## ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD

---

Dado a la acelerada pérdida de la biodiversidad derivada de la degradación ambiental y destrucción de los ecosistemas naturales, la identificación áreas prioritarias es de suma importancia para garantizar el mantenimiento de los recursos naturales y la biodiversidad.

Los métodos para identificar áreas prioritarias o críticas para la conservación pueden tener diferentes aproximaciones, desde las meramente intuitivas, a las analíticas cuantitativas. Ambas aproximaciones han sido utilizadas para la identificación de áreas que contengan ciertos atributos de interés para la conservación, como puede ser la presencia de especies bandera (“flagship”) o en riesgo de extinción, o bien la existencia de hábitats particulares, tan relevantes como un oasis o los fondos de cañada dentro de un bosque.

Un criterio importante para la selección de áreas prioritarias es la representación de la máxima biodiversidad posible (Pressey *et al.*, 1993).

Esto implica que debe incluir al menos un ejemplo de cada tipo de vegetación y de las especies de flora y fauna de interés en la región y ello utilizando no todos sino un conjunto mínimo de lugares (Morán y Perales, 2001).

Para la identificación de las áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad en el estado de Morelos se utilizaron los siguientes criterios: Vegetación, mediante la reclasificación de la capa de uso de suelo y vegetación actual, otorgando los valores más altos a los ecosistemas conservados, medios a las zonas con ecosistemas perturbados, bajos a las zonas rurales ya degradadas y nulos a zonas completamente transformadas e incapacitadas para su recuperación, tales como zonas urbanas o industriales, Biodiversidad, otorgando los valores más altos a las zonas de mayor biodiversidad del estado y Fragilidad ecológica.



## VEGETACIÓN

El mapa de uso del suelo y vegetación se reclasificó con base en su prioridad para conservarse (Tabla 6).

TABLA 6. PRIORIDAD DEL USO DE SUELO Y VEGETACIÓN PARA SU CONSERVACIÓN

Tipo de uso de suelo o vegetación	Conservación
Aeropuerto	0
Agave	0
Agricultura de riego	0
Agricultura de Temporal	0
Areas sin vegetación	0
Asentamiento	0
Bosque de Abies	10
Bosque de Abies-Pinus (incluye Pinus-Abies)	10
Bosque de Pinus	10
Bosque de Pinus con vegetación secundaria	8
Bosque de Quercus	10
Bosque de Quercus con vegetación secundaria	8
Bosque Mesofilo de Montaña	10
Bosque Mesofilo de Montaña con vegetación secundaria	8
Bosque mixto de Pinus-Quercus (incluye Quercus-Pinus)	10
Cuerpos de Agua	10
Frutales	0
Infraestructura	0
Invernaderos	0
Mancha Urbana	0
Mancha Urbana de baja densidad	0
Matorral Rosetofilo Cracicaule	10
Nopaleras	0
Parque Industrial	0
Parques	0
Pastizal	2
Pastizal natural	0
Relleno Sanitario	0
Selva Baja Caducifolia	10
Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria	8
Vegetación Riparia	10
Vegetación secundaria	4
Vegetación Urbana	0



Tipo de uso de su elo o vegetación	Conservación
Zona Arqueológica	10
Zonas Abiertas	0

---

## BIODIVERSIDAD

---

El conocimiento del medio biótico de un área de interés es necesario para entender la biodiversidad de la misma y los cambios que ocurren en esta. De esta manera se pueden realizar la toma de decisiones en cuanto al uso del territorio del área en cuestión, aprovechando de manera sustentable sus recursos bióticos y tratando de impactarlos lo menos posible.

Los inventarios bióticos aportan importante información sobre la biodiversidad de un área. A partir de datos espaciales obtenidos de estos estudios se pueden generar mapas de distribución y riqueza potencial de las especies que se consideran en los mismos. Esto se hace utilizando un modelo de predicción llamado GARP (*Genetic Algorithm for Rule-set Prediction*).

### METODOLOGÍA

Los organismos reaccionan ante una variedad de factores ambientales y solo pueden ocupar un cierto hábitat cuando los valores de estos factores caen dentro del rango de tolerancia de la especie. El lugar real en el que vive un organismo recibe el nombre de hábitat.

El nicho ecológico, es un término de notable estudio en la ecología y ha tenido diferentes definiciones de acuerdo a distintos autores:

Charles Elton (1927) definió al nicho como la función básica de un organismo en una comunidad, debido a sus relaciones con el alimento y con sus enemigos.

G. E. Hutchinson (1958) expandió la idea de nicho a su forma actual. Este nicho, es una



respuesta multidimensional conocida como hipervolumen dentro del cual una especie puede mantener su población viable.

Odum (1959) considera al nicho como la “posición o estatus de un organismo dentro de la comunidad o ecosistema, como resultado de las adaptaciones estructurales, respuestas fisiológicas y comportamiento específico de la especie”.

De manera general se puede definir al nicho ecológico de una especie, como el modo en que ésta utiliza su hábitat e incluye todas las variables físicas, químicas y biológicas a las que responde el organismo. Los seres vivos que ocupan nichos más amplios, se llaman generalistas y suponen un tipo de distribución más amplia. Aquellos que ocupan nichos estrechos se denominan especialistas, cuya distribución se ve limitada.

En la actualidad los estudios enfocados a conocer la distribución de las especies se centran en identificar los factores bióticos y abióticos que influyen en esta. El conocimiento de la distribución de las especies, es importante en diversas disciplinas como la biología y área de salud, conservación entre otras.

Los métodos empleados para modelar la distribución de las especies han sido diversos e incluyen:

- Simple delimitación del contorno del área de distribución
- Creación de mapas de puntos
- Uso de métodos cuantitativos.

Anteriormente, para la predicción de la distribución de algunos organismos se utilizaban métodos cuantitativos, basados en la estadística uni y multivariada, como la regresión logística y análisis de función discriminante.

Sin embargo estos métodos no son adecuados para la mayoría de los casos y solo parecen útiles para aquellos casos en donde se tenga acceso a información cuantiosa sobre la distribución de una especie, lo que demanda tener un alto número de localidades de colecta, asociadas a las condiciones ambientales de cada una en particular, resultando un muestreo por lo general no uniforme.





El algoritmo genético para la producción de reglas (GARP por sus siglas en inglés), es un programa que permite crear un modelo de nicho ecológico para una especie, representando las condiciones ambientales en donde esa especie es capaz de mantener poblaciones viables (Stockwell y Peters, 1999).

El sistema utiliza la información geográfica obtenida de los inventarios bióticos (donde se sabe que las especies están presentes) e información de las coordenadas de los lugares donde fueron estudiados los especímenes recolectados u observados.

Se utiliza una base de datos de la especie así como una serie de parámetros ambientales que indican las áreas más probables donde estas pueden encontrarse. Esta información de bases de datos de la especie incluye a las localidades de colecta, con referencia geográfica (longitud y latitud). Las reglas o condiciones ambientales en GARP se refieren a la relación que tienen las localidades de colecta con las variables ambientales, tales como precipitación, temperatura, elevación sobre el nivel del mar, geología, etc.

El modelo funciona determinando aquellas zonas con características semejantes a las existentes en las localidades de colecta de la especie en cuestión. Estas zonas se buscan en un área de estudio utilizando información espacial de las variables ambientales indicadas como primordiales para su distribución.

De manera general, el algoritmo GARP busca correlaciones azarosas entre la presencia y ausencia de la especie y los valores de los parámetros ambientales, utilizando diferentes tipos de reglas. Cada regla consiste en un método diferente para construir una predicción de la distribución de la especie.

Para obtener la distribución potencial por cada especie del área de estudio, se utilizó el algoritmo GARP, tomando en cuenta sitios georeferenciados de presencia por cada especie y basándose en las siguientes variables ambientales: uso de suelo y vegetación, clima, pendiente, altitud, precipitación, geomorfología, edafología y perturbación. Con base en cálculos realizados por el programa se ubica el nicho ecológico de la especie, localizando todas las áreas que tengan las mismas características ambientales que las de los sitios de registro por cada especie; con al menos 4 registros dentro o en la periferia del área de estudio, se obtienen 100 capas (tasks) de la distribución potencial de la especie, de las cuales se escogen las 5 mejores con base en los errores de omisión y comisión con respecto a los puntos de colecta.



Toda la información de cada modelo (task) generado por GARP, es almacenada en un archivo de excel (o en formato txt) en el directorio de salida. Este archivo contiene diferentes mensajes de error, parámetros, pruebas estadísticas preliminares, etc. para elegir los mejores modelos (Figura 5).

Task	Modelo	Pais	R2	F	P	F	P	R2	F	P	R2	F	P
1	1	1	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
2	2	2	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
3	3	3	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
4	4	4	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
5	5	5	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
6	6	6	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
7	7	7	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
8	8	8	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
9	9	9	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
10	10	10	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
11	11	11	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
12	12	12	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
13	13	13	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
14	14	14	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
15	15	15	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
16	16	16	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
17	17	17	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
18	18	18	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
19	19	19	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005
20	20	20	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005	0.9999	1.76e-005	1.76e-005

Figura 5. Tabla de resultados de GARP (result.xls)

La información contenida en esta figura se presenta en la Tabla 7.



Tabla 7. Descripción de los campos de la tabla de resultados de GARP

Columna	Descripción
<b>Task</b>	Es el número secuencial de la tarea.
<b>Run</b>	Número secuencial de la corrida.
<b>Species</b>	Nombre de la especie
<b>Atomic Rules</b>	Indica si se utilizó (1) o no (0) el tipo de regla.
<b>Range Rules</b>	Indica si se utilizó (1) o no (0) el tipo de regla.
<b>Negated Rules</b>	Indica si se utilizó (1) o no (0) el tipo de regla.
<b>Logit Rules</b>	Indica si se utilizó (1) o no (0) el tipo de regla.
<b>Iter</b>	Indica el número de iteraciones.
<b>Conv</b>	El valor de convergencia de la variable control.
<b>Train Acc</b>	Precisión calculada con $(a+b)/(a+b+c+d)$ , donde los valores van de 0 a 1. Las variables a, b, c y d se consideran en las siguientes columnas.
<b>Pr:Pr/Ac:Pr</b>	Variable "a". Número de puntos donde el modelo indica presencia y el punto está presente. Pr (edicted): Pr (esent)/ Ac (tual record): Pr (esence).
<b>Pr: Ab/ Ac:Pr</b>	Variable "c". Número de puntos donde el modelo predice ausencia y el punto está presente. En este caso, el modelo ha determinado el punto incorrectamente. Pr (edicted): Ab (sent)/ Ac (tual record): Pr (esence).
<b>Pr : Pr/Ac :Ab</b>	Variable "b". Número de puntos en donde el modelo predice presencia y el punto está ausente. Pr (edicted): Pr (esent)/ Ac (tual record): Ab (sence).
<b>Pr: Ab/Ac:Ab</b>	Variable "d". Número de puntos donde el modelo predice ausencia y el punto está ausente. Pr (edicted): Ab (sent)/ Ac (tual record): Ab (sence).
<b>Test Acc</b>	Esta columna muestra la precisión calculada usando datos de la prueba (test). El valor es calculado utilizando la misma expresión descrita para los training points Pr:Pr/Ac:Pr, Pr: Ab/ Ac:Pr, Pr : Pr/Ac :Ab, Pr: Ab/Ac:Ab.
<b>Total Area</b>	Área total no mascarada
<b>Presence Area</b>	Área total donde la especie predicha está presente
<b>Absence Area</b>	Área total donde la especie predicha está ausente
<b>Non- predicted area</b>	Área total en donde el algoritmo no pudo determinar si la especie está presente o no.
<b>Yes</b>	Número de puntos de prueba (test) que caen en el área de presencia
<b>No</b>	Número de puntos de prueba que no caen en el área de presencia.
<b>ChiSq</b>	Valor intermedio para la prueba de X2 p: Prueba de la X2. Probabilidad que una predicción al azar tenga el mismo número de aciertos que la generada por GARP.
<b>Comission</b>	Porcentaje del área donde el modelo predice presencia y esta no es cierta (excede la predicción).
<b>Omission (int)</b>	Omisión intrínseca: Se predice presencia en el training set pero es ausente en el mapa de predicción.
<b>Omission (ext)</b>	Omisión extrínseca: Se predice presencia en el test set pero es ausente en el mapa de predicción.
<b>Status</b>	Estatus del proceso: "Waiting to be processed", "Successfully processed" o "Failed".





Columna	Descripción
Message	Mensaje más detallado del estatus de proceso.
Layers	Capas utilizadas en la predicción.

La selección de los mejores modelos se efectúa según la metodología propuesta por Anderson et al, (2002). Se basa sobre las omisiones (porcentaje de los puntos (training o test) que son omitidos de la predicción), y las comisiones (porcentaje del área de predicción que excede el área de ocurrencia). Para ello, se debe hacer una gráfica considerando el índice de comisión intrínseca (x) y el error de omisión intrínseca (y).

Para obtener el índice de comisión intrínseca, se emplean las variables b y d, de la tabla y se aplican en la siguiente fórmula:  $[b / (b+d)]$ . Para obtener el error de omisión intrínseca, se emplean las variables a y c de la tabla y se aplican en la siguiente fórmula:  $[c / (a+c)]$ .

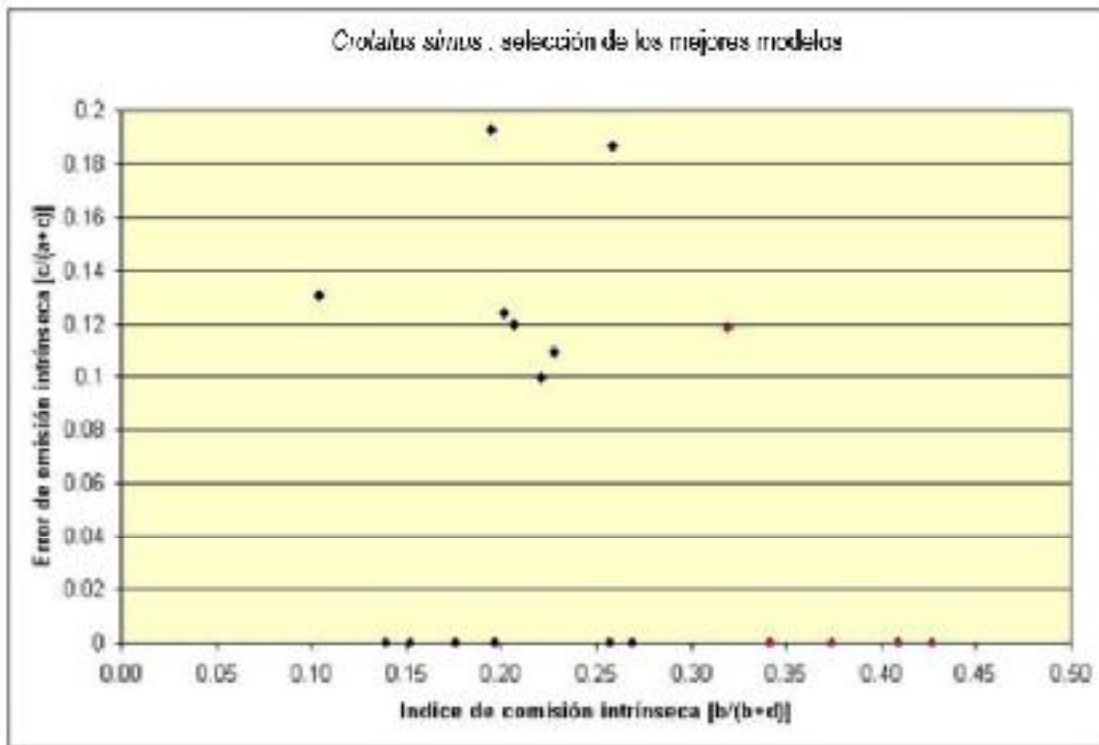


Figura 6. Gráfica para elección de mejores capas



Una vez hecha la gráfica, se debe estimar un porcentaje en el cual es posible encontrar a la especie en el área de estudio. Por ejemplo, para la especie empleada en el ejercicio, se considera que esta puede abarcar cerca del 40% de la superficie del área de estudio; entonces se da un margen de 10% a la derecha y 10% a la izquierda del porcentaje estimado (30-50%); posteriormente se toman en cuenta dichos valores y se consideran todos aquellos puntos en la gráfica que caen dentro de este rango.

En la Figura 6 , los puntos rojos representan aquellos modelos que caen dentro del rango estimado para la especie, mientras que los puntos negros quedan excluidos de dicho rango. Estas capas son los que se consideran para generar el modelo de predicción final. Una vez que se han escogido las mejores capas se hace un promedio con ellas y se toma las áreas arriba de un cierto umbral como las de distribución potencial de la especie. Se asigna el valor 0 a las áreas de ausencia el valor 1 a las de presencia. Para obtener el mapa de biodiversidad se realiza una suma aritmética del mapa de distribución potencial de cada una de las especies presentes en el área, obteniendo así las zonas donde potencialmente se encuentra un mayor número de especies (Figura 7).

Finalmente el mapa se reclasifica en intervalos iguales agrupando en grupos para asignar valores de 0 a 10.

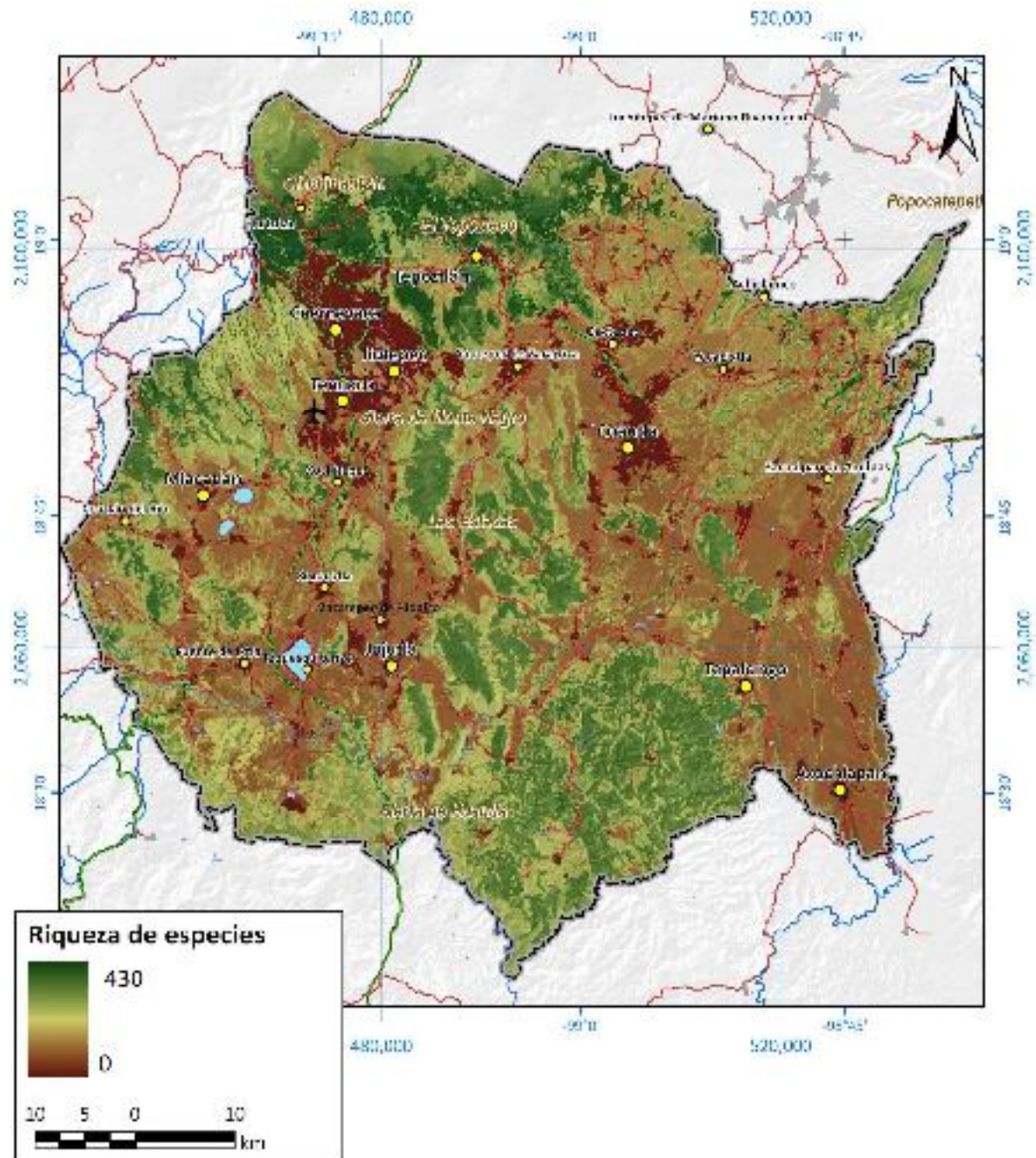


FIGURA 7. RIQUEZA DE ESPECIES



## CÁLCULO DEL MAPA

---

Para obtener el mapa de áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad (Figura 8) se aplica la siguiente fórmula.

$$Apceb = 0.429 V_c + 0.429 B_i + 0.142 F$$

Apceb= Áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad

$V_c$ = Aptitud de la vegetación para su conservación

$B_i$ = Biodiversidad

$F$ = Fragilidad ecológica

Como podemos observar en la Figura 8 las zonas de mayor prioridad para su conservación en el Estado se encuentran principalmente al norte representadas por el corredor biológico Chichinautzin, donde podemos encontrar las zonas con los valores más altos en toda la entidad, representadas por las zonas de transición entre los ecosistemas de selva baja caducifolia y bosque templado disminuyendo hacia el norte, zonas que aunque presentan ecosistemas de gran valor para su conservación tales como el bosque de pino u oyamel, son zonas de menor biodiversidad, aunque aun así presentan valores muy altos al nororiente la zona representada por las faldas del Popocatepetl presenta valores altos, al sur del estado podemos observar otra zona de gran importancia representada por la sierra de Huautla, donde los valores de mayor prioridad se presentan en la región oriente de la misma, en la zona central del estado podemos observar diversas zonas con valores muy altos, representadas al poniente por el corredor que inicia en las zonas boscosas del norponiente de Cuernavaca, continuando por numerosas barrancas y lomas de pastizal natural hacia el sur, hasta unirse con las zonas cerriles de selva baja caducifolia de los municipios de Temixco, Miaatlán, Coatlán del Río y Amacuzac hasta unirse al sur con la zona más poniente de la reserva, al centro del estado podemos observar zonas con valores altos representadas principalmente por la Sierra de Montenegro y la Sierra de Agua Linda, así como algunos otros cerros dispersos, al oriente podemos observar numerosas barrancas que descienden desde las faldas del Popocatepetl, la barranca de la Cuera y del Río Amatzinac por citar algunas de las



más importantes, así como algunos cerros dispersos, como el del Mono, La Cantera, El Zorro, El Huachi, el Diolochi y los cerros de Tlayca.

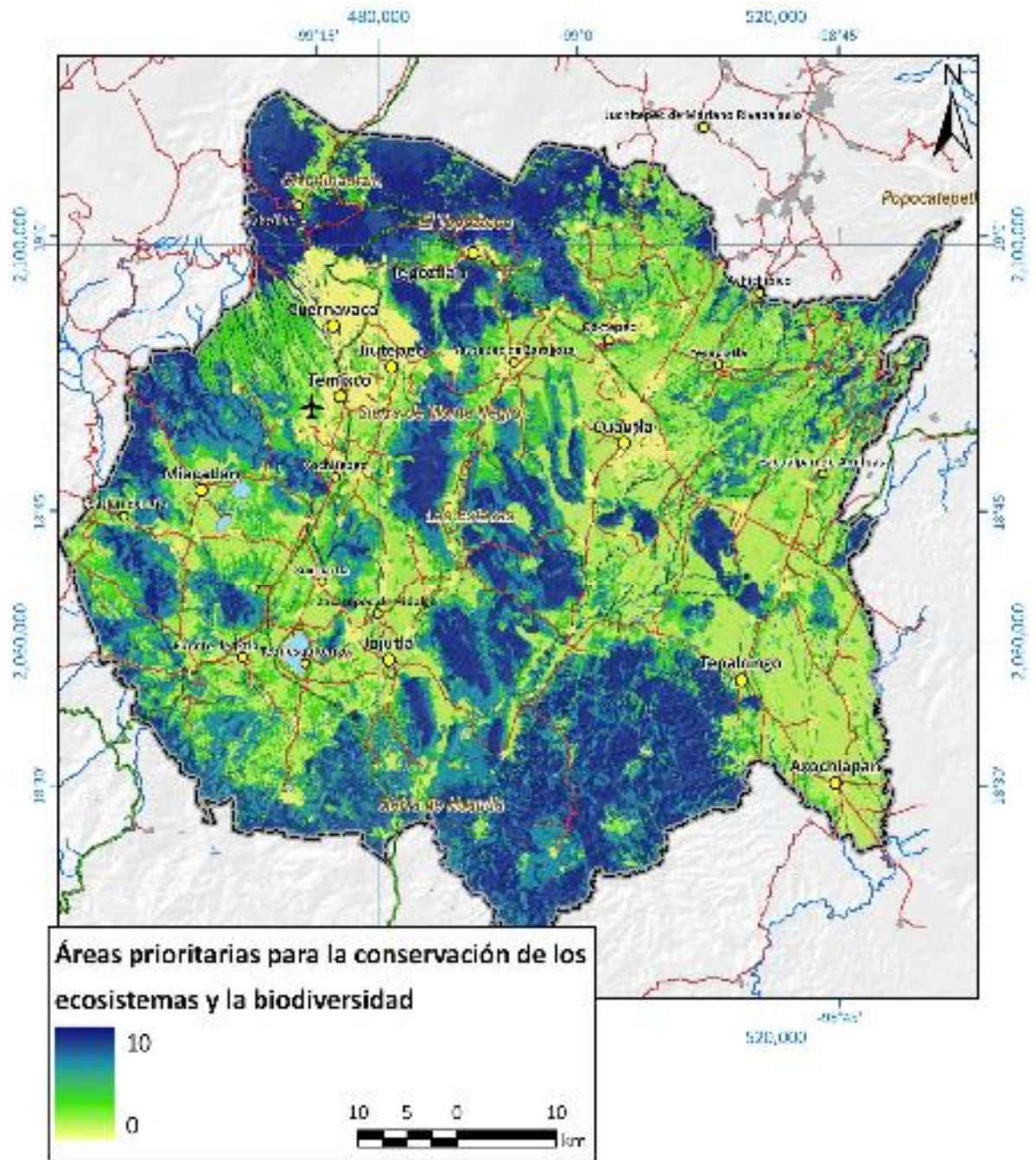


FIGURA 8. ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD.



## CORREDORES BIOLÓGICOS

---

El concepto de corredor biológico o ecológico implica una conectividad entre zonas protegidas y áreas con una biodiversidad importante, con el fin de contrarrestar la fragmentación del hábitat.

Un corredor biológico se define como un espacio geográfico delimitado que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat, naturales o modificados, y asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos<sup>2</sup>.

La principal función ecológica que tienen los corredores biológicos en la conservación es aumentar el tiempo de residencia de poblaciones de plantas y animales en un mismo sitio. El movimiento de individuos entre un hábitat y otro puede ayudar a reducir la extinción de esa población. Otra función importante de los corredores es que pueden actuar como hábitat para algunas especies residentes. El nivel de conectividad requerido para mantener a una población en particular dependerá del tamaño de la población, las tasas de supervivencia y de nacimientos, así como el nivel de variabilidad genética de esa población.

La topografía accidentada del estado de Morelos ha propiciado que las áreas de menor pendiente estén siendo aprovechadas en su mayoría, lo que ha provocado una fragmentación de los ecosistemas que se limitan en la actualidad a las cadenas montañosas del norte y sur del Estado, debido a la mayor pendiente en estas áreas y a numerosas serranías al interior de este así como numerosas barrancas. Este proceso de fragmentación o división de extensos hábitat en pequeños parches aislados de vegetación tiene consecuencias biológicas, que pueden ser vistas a diferentes niveles de organización biológica: van desde cambios en la frecuencia genética dentro de las poblaciones hasta cambios en la distribución de las especies y ecosistemas. En estas “islas” únicamente sobrevivirían aquellas especies que tienen pequeños rangos de distribución o modestos requerimientos de hábitat como muchas plantas e invertebrados. Por ello es necesario definir cuáles son los principales corredores biológicos dentro del Estado para fomentar su conservación, históricamente se han hecho esfuerzos por conservar la zona conocida como “Cañon de Lobos” que se continua hacia Sierra de Montenegro y desciende hacia Sierra de Huautla como el principal corredor biológico entre

---

<sup>2</sup> CONABIO (2003) El corredor Biológico mesoamericano. Biodiversitas.



las zonas conservadas al norte y sur del Estado, corredor que aún conserva una función ecológica muy importante ya se encuentra muy fragmentado principalmente al norte donde la presión de los asentamientos humanos a creado poco a poco una barrera importante principalmente para las especies de vertebrados terrestres, otros corredores biológicos importantes están representados por las numerosas barrancas que inician en las faldas del Popocatepetl y se extienden hacia el sur del Estado, aunque la mayoría de ellas se encuentra contaminada o degradada de alguna forma, finalmente un corredor muy importante entre las zonas norte y sur, estaría representado por el corredor que inicia en las zonas boscosas del norponiente de Cuernavaca, continuando por numerosas barrancas y lomas de pastizal natural hacia el sur, hasta unirse con las zonas cerriles de selva baja caducifolia de los municipios de Temixco, Miaatlán, Coatlán del Río y Amacuzac hasta unirse al sur con la zona más poniente de la reserva de la biósfera Sierra de Huautla, presentando una importancia especial debido a su conectividad también con grandes zonas conservadas de los estados de México y Guerrero, y representando el corredor biológico más importante entre norte y sur del Estado de Morelos. (Figura 8)

## ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES APMSA

---

El mapa de áreas prioritarias para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales (Apmsa) se obtiene a partir de los mapas de recarga de acuíferos, biodiversidad, fijación de carbon y producción de humus.

### FIJACIÓN DE CARBONO (FC)

---

El mapa F<sub>c</sub> (Figura 9) se obtienen a partir de una reclasificación del uso de suelo y vegetación actual utilizando las densidades de carbono propuestos obtenidos por José Antonio Benjamín Ordoñez en su trabajo de Índices de contenido y captura de carbono en áreas forestales, 2004, a cada ecosistema se le atribuyo un valor del potencial de contenido y captura de carbono en mg de carbono por hectárea de acuerdo a los valores señalados en el trabajo mencionado, aquellos ecosistemas no mencionados en el trabajo se les asignaron los valores del ecosistema más parecido, por ejemplo Vegetación riparia = Selva perenne, en el caso de los ecosistemas mixtos se utilizó un promedio entre ambos, es decir bosque de coníferas + bosque de hojosas = bosque mixto, finalmente en el caso de los ecosistemas perturbados se utilizó un promedio del valor del ecosistema más el valor que tienen los bosques degradados. (Tabla 8)



TABLA 8. ÍNDICES DE CARBONO POR USO DE SUELO Y TIPO DE VEGETACIÓN

Uso de suelo y vegetación actual	Carbono en vegetación (mg C / ha)	Carbono en suelo (mg C / ha)	Carbono total (mg C / ha)
Aeropuerto	0.0	0.0	0.0
Agave	19.0	60.0	79.0
Agricultura de riego	9.0	81.0	90.0
Agricultura de Temporal	9.0	81.0	90.0
Áreas sin vegetación	0.0	60.0	60.0
Asentamiento	0.0	0.0	0.0
Bosque de Abies	118.0	120.0	238.0
Bosque de Abies-Pinus (incluye Pinus-Abies)	118.0	120.0	238.0
Bosque de Pinus	118.0	120.0	238.0
Bosque de Pinus con vegetación secundaria	80.0	100.5	180.5
Bosque de Quercus	105.0	126.0	231.0
Bosque de Quercus con vegetación secundaria	73.5	103.5	177.0
Bosque Mesofilo de Montaña	186.0	115.0	301.0
Bosque Mesofilo de Montaña con vegetación secundaria	114.0	98.0	212.0
Bosque mixto de Pinus-Quercus (incluye Quercus-Pinus)	111.5	123.0	234.5
Cuerpos de Agua	0.0	0.0	0.0
Frutales	63.0	97.0	160.0
Infraestructura	0.0	0.0	0.0
Invernaderos	0.0	0.0	0.0
Mancha Urbana	0.0	0.0	0.0
Mancha Urbana de baja densidad	0.0	0.0	0.0
Matorral Rosetofilo Cracicaule	19.0	60.0	79.0
Nopaleras	19.0	60.0	79.0
Parque Industrial	0.0	0.0	0.0
Parques	63.0	0.0	63.0
Pastizal	16.0	81.0	97.0
Pastizal natural	16.0	81.0	97.0
Relleno Sanitario	0.0	0.0	0.0
Selva Baja Caducifolia	54.0	100.0	154.0
Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria	48.0	90.5	138.5
Vegetación Riparia	186.0	115.0	301.0
Vegetación Secundaria	42.0	81.0	123.0
Vegetación Urbana	63.0	0.0	63.0
Zona Arqueológica	0.0	0.0	0.0
Zonas Abiertas	0.0	60.0	60.0





Las zonas de mayor importancia para la fijación de carbono se localizan al norte del Estado, en las regiones más altas, de igual manera las barrancas con vegetación riparia presentan valores altos. (Figura 9)

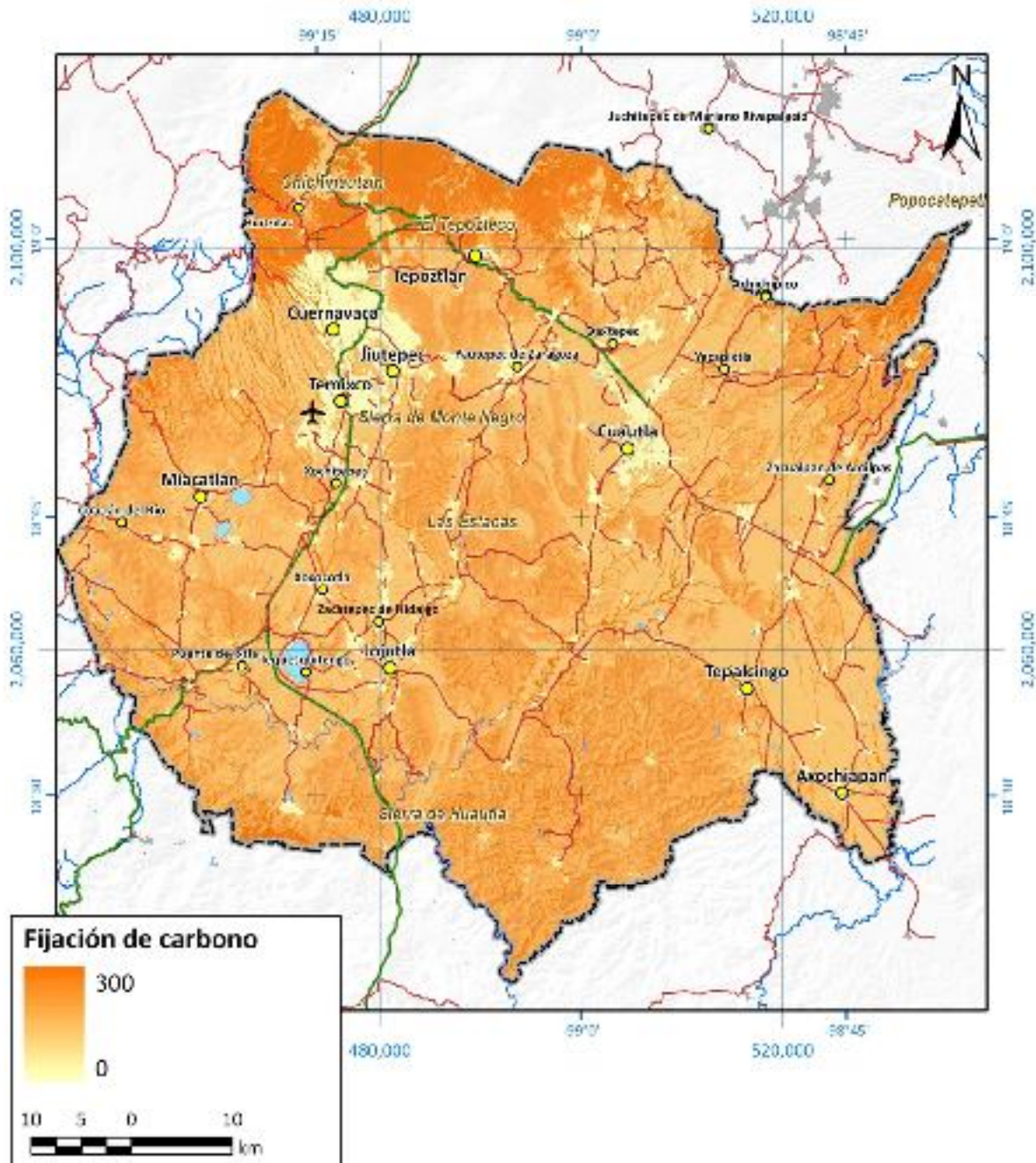


FIGURA 9. MAPA DE FIJACIÓN DE CO<sub>2</sub>.



## PRODUCCIÓN DE HUMUS (PH)

La producción de materia orgánica es otro servicio ambiental que ofrecen los ecosistemas, para su evaluación se asignaron valores jerárquicos del 1 al 10 de acuerdo al potencial de cada uso de suelo y vegetación para producir humus (Tabla 9), el factor erosión juega un papel muy importante en el potencial de los ecosistemas para producir materia orgánica, ya que en las zonas con valores muy altos de erosión, el sustrato se pierde disminuyendo considerablemente o totalmente el servicios ambiental, por lo que se utilizó la capa de erosión, reclasificándola, otorgando valores de aptitud para la producción de humus (Tabla 10), finalmente la pendiente también juega un papel muy importante, debido a que en zonas de mucha pendiente la acumulación y producción de materia orgánica disminuye.

TABLA 9. VALORES POTENCIALES PARA PRODUCCIÓN DE HUMUS

Tipo de uso de suelo o vegetación	Humus
Aeropuerto	0
Agave	0
Agricultura de riego	1
Agricultura de Temporal	0
Areas sin vegetación	0
Asentamiento	0
Bosque de Abies	8
Bosque de Abies-Pinus (incluye Pinus-Abies)	8
Bosque de Pinus	8
Bosque de Pinus con vegetación secundaria	7
Bosque de Quercus	10
Bosque de Quercus con vegetación secundaria	8
Bosque Mesofilo de Montaña	10
Bosque Mesofilo de Montaña con vegetación secundaria	9
Bosque mixto de Pinus-Quercus (incluye Quercus-Pinus)	9
Cuerpos de Agua	0
Frutales	5
Infraestructura	0
Invernaderos	0
Mancha Urbana	0
Mancha Urbana de baja densidad	0
Matorral Rosetofilo Cracicaule	0



Tipo de uso de su elo o vegetación	Humus
Nopaleras	0
Parque Industrial	0
Parques	3
Pastizal	1
Pastizal natural	1
Relleno Sanitario	0
Selva Baja Caducifolia	4
Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria	3
Vegetación Riparia	9
Vegetación Secundaria	2
Vegetación Urbana	2
Zona Arqueológica	0
Zonas Abiertas	0

TABLA 10. RECLASIFICACIÓN DE LA CAPA DE EROSIÓN PARA EL CÁLCULO DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE HUMUS

Ton/ha/año	Valor
0-20	10
20-40	9
40-60	8
60-80	7
80-100	6
100-120	5
120-140	4
140-160	3
160-180	2
180-200	1
>200	0

Para calcular el potencial para la producción de humus se aplica la siguiente fórmula:

$$P_h = 0.429 V_h + 0.429 E_h + 0.142 P$$

$P_h$ = Producción de humus

$V_h$ = Potencial de la vegetación para la producción de humus

$E_h$ = Factor erosión para la producción de humus



P= Pendiente

Finalmente se utiliza una máscara de los usos de suelo que no producen materia orgánica como las zonas urbanas, asignando un valor 0.

Como se puede observar en la

Figura 10 las zonas de mayor potencial para la producción de humus se localizan en los bosques de la parte norte del estado y las zonas boscosas de la Reserva de la Biósfera de Sierra de Huautla.



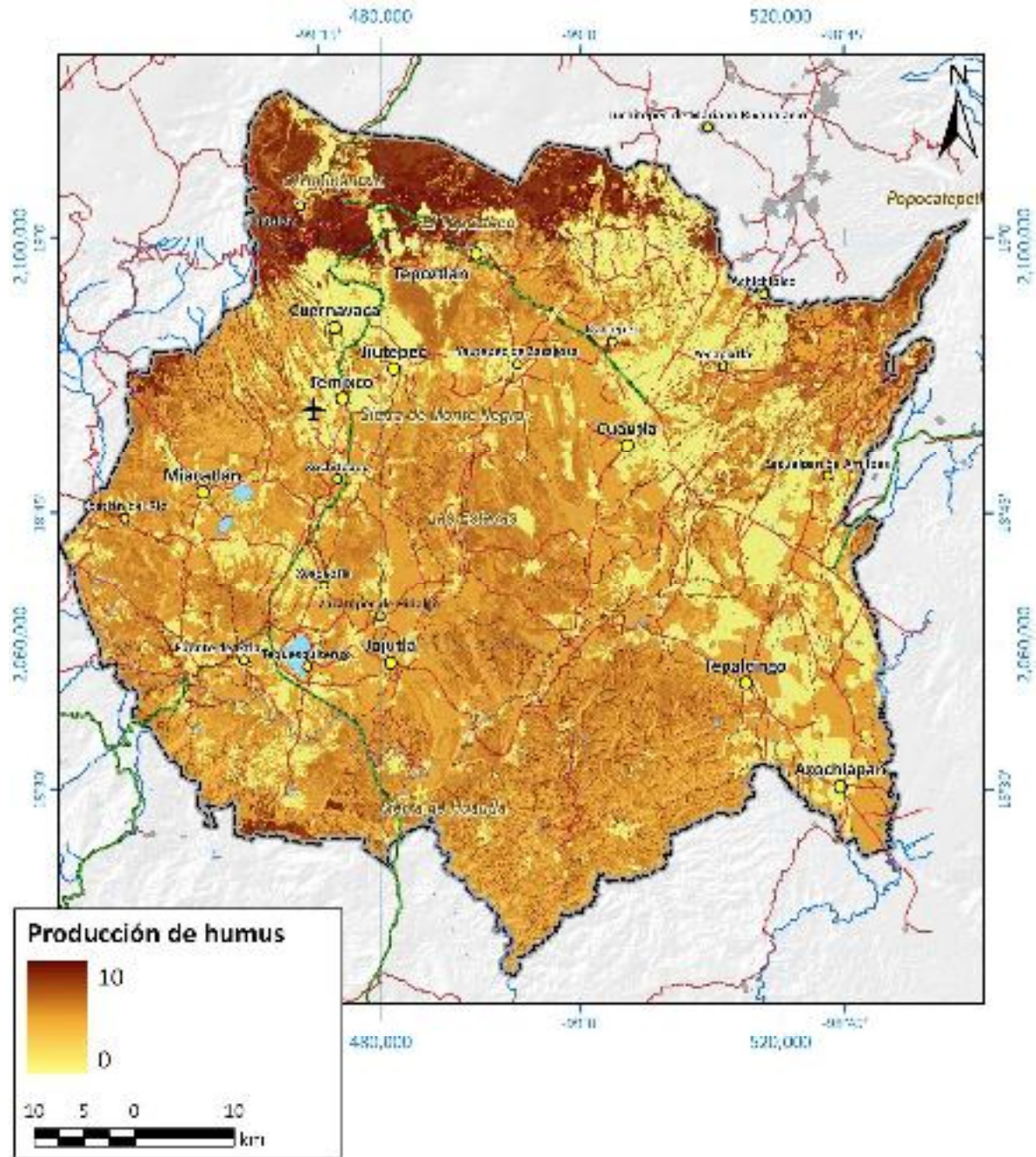


FIGURA 10. MAPA DE PRODUCCIÓN DE HUMUS.



A) RECARGA DE ACUÍFEROS

El mapa de balance hídrico representa en sí una de las diferentes formas de modelar el ciclo del agua, dejando aislado el término del volumen de agua filtrada (ver

Figura 11). Este balance se obtiene realizando la suma aritmética de las contribuciones de agua filtrada de forma natural mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Infiltración} = \text{Precipitación} - \text{Evapotranspiración} - \text{Escorrentamiento superficial},$$

$$\text{Recarga natural} = \text{Infiltración} - \text{Interflujo}$$

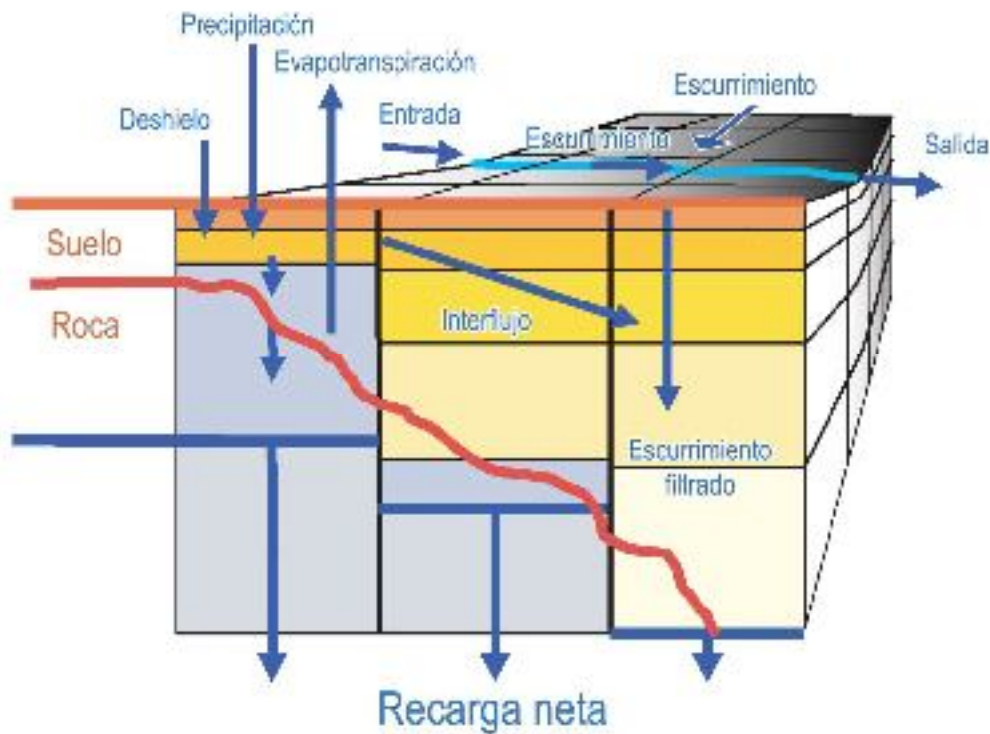




FIGURA 11. DIAGRAMA CONCEPTUAL DEL MODELO DE RECARGA. FUENTE: GEOLOGY, GROUND-WATER HYDROLOGY, GEOCHEMISTRY, AND GROUND-WATER SIMULATION OF THE BEAUMONT AND BANNING STORAGE UNITS, SAN GORGONIO PASS AREA, RIVERSIDE COUNTY, CALIFORNIA, USGS

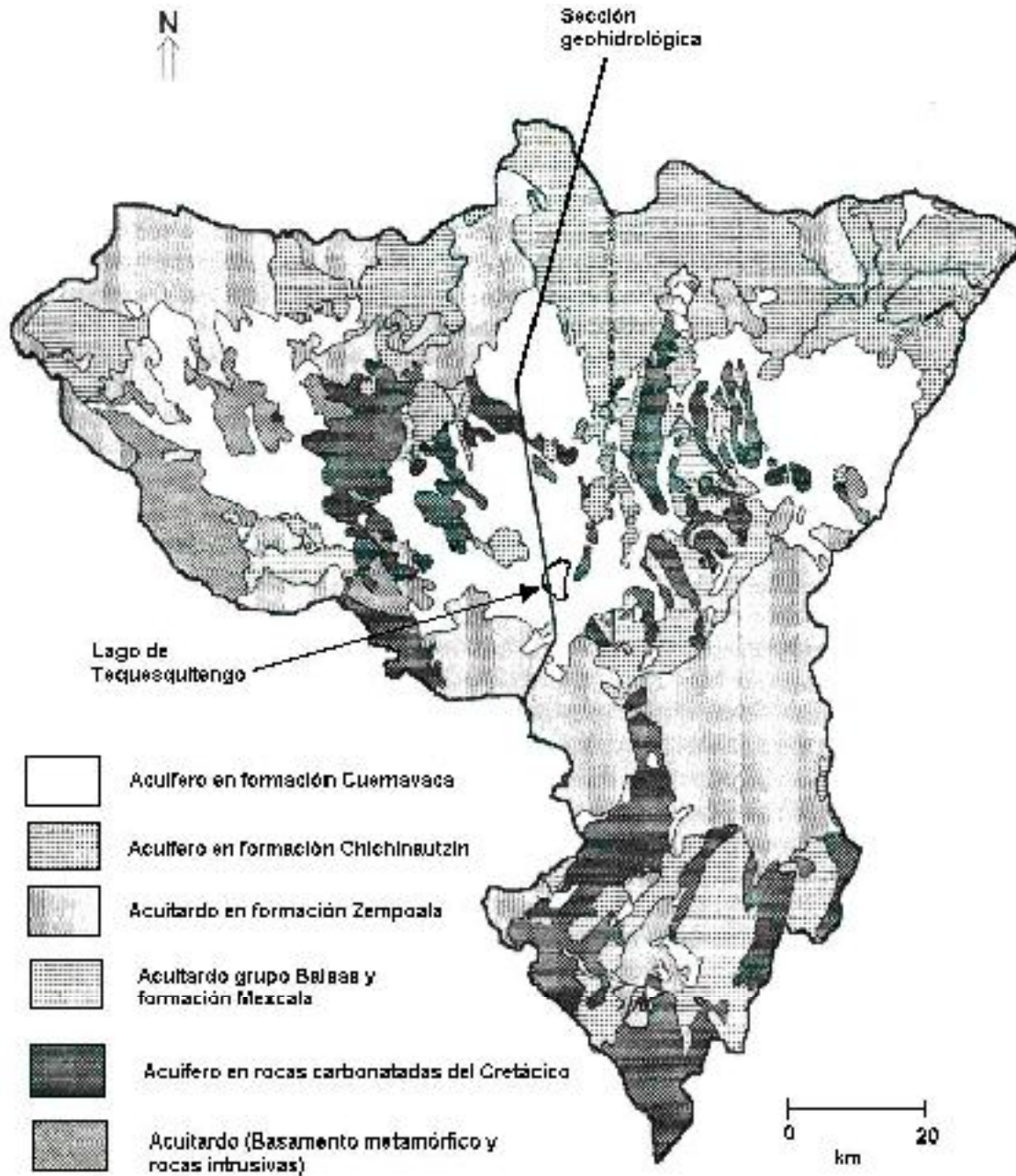


FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES GEOHIDROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO AMACUZAC. FUENTE: CONAGUA



### *Escorrentamiento superficial*

El escurrimiento superficial se calcula a partir del llamado coeficiente de escurrimiento, que representa el porcentaje de agua de precipitación que escurre sobre la superficie hasta acumularse en los cuerpos de agua o seguir a través de corrientes superficiales.

$$C_e = V_e / V_p^3$$

$C_e$  = coeficiente anual de escurrimiento

$V_e$  = volumen de escurrimiento anual

$V_p$  = volumen de precipitación =  $P * A$

$P$  = Precipitación

$A$  = Área

Por lo tanto:

$$V_e = C_e * V_p = C_e * P * A$$

Para establecer el valor del coeficiente de escurrimiento se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$C_e = K (P-250) / 2000, \text{ para } K \leq 0.15$$

---

<sup>3</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua, Diario oficial de la Federación, 17 de Abril de 2002





$$C_e = K (P - 250) / 2000 + (K - 0.15) / 1.5, \text{ para } K > 0.15$$

Donde:

K = parámetro que depende del tipo y uso de suelo

Nota:  $C_e$  incluye sobre el efecto de la evapotranspiración y las fórmulas se considerarán válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2,150 mm.

En la

Tabla 11 se describen los tipos generales de suelos que se reclasifican con letras según su permeabilidad para posteriormente hacer lo mismo pero por tipo de uso de suelo y vegetación.

**TABLA 11. VALORES DE K EN FUNCIÓN DEL TIPO DE SUELO**

Permeabilidad (k)	Descripción
<b>A</b>	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos
<b>B</b>	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos
<b>C</b>	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

En la Tabla 12 se reclasifica cada uno de los tipos de suelo de la capa de edafología, tomando en cuenta las diferentes fases presentes, la composición y su textura.

Tabla 12. Valores de permeabilidad en función del tipo de suelo existente en el área de estudio



Clave	Textura	Permeabilidad (k)
Ah Ah /2	2	B
Ah Lc /2	2	B
Ao /2	2	B
Ao Ah /2	2	B
Ao I /2	2	B
Bc Bk /2	2	C
Bc Hh /2	2	C
Bc l /2	2	C
Be /2	2	C
Be I Tv /1	1	C
Be Rd /1	1	C
Be Re /2	2	C
Be To /1	1	C
Bk /2	2	C
Bk Hc /2	2	C
Bk Hh /2	2	C
Bk Kh /2	2	C
Bk l /2	2	C
Ck /3	3	C
Ck Vp /3	3	C
E /2	2	C
E /3	3	C
E Hc /2	2	C
E I /2	2	C
E I /3	3	C
E I Hc /2	2	C
E I Hc /3	3	C
E l /2	2	C
E l /3	3	C
E l Hc /3	3	C
E Vp /2	2	C
E Vp /3	3	C
H /3	3	B
H l /2	2	B



Clave	Textura	Permeabilidad (k)
Hc /2	2	B
Hc /3	3	B
Hc Ch	0	B
Hc Ch /2	2	B
Hc E /2	2	B
Hc Hh /2	2	B
Hc Hl /2	2	B
Hc Jc /2	2	B
Hc Je Vp /2	2	B
Hc Kh /2	2	B
Hc l /2	2	B
Hc Rc /2	2	B
Hc Rc l /2	2	B
Hc Vp /2	2	B
Hc Vp /2	2	B
Hc Vp /3	3	B
Hh /1	1	B
Hh /2	2	B
Hh Bc /2	2	B
Hh Bk /2	2	B
Hh Hc /2	2	B
Hh Hl /2	2	B
Hh l /1	1	B
Hh l /2	2	B
Hh Jc Vp /2	2	B
Hh Je /2	2	B
Hh l /2	2	B
Hh Rc /2	2	B
Hh Rd /1	1	B
Hh Re /2	2	B
Hh Re l /2	2	B
Hh Re Vp /2	2	B
Hh Tm /2	2	B
Hh Vp /2	2	B



Clave	Textura	Permeabilidad (k)
Hh Vp Re /2	2	B
Hl /2	2	B
Hl /3	3	B
Hl Hh /2	2	B
Hl Hh /3	3	B
Hl Jc /3	3	B
Hl Lc /2	2	B
Hl Lo /3	3	B
I /2	2	B
I Ag /2	2	B
I Ao /2	2	B
I E /2	2	B
I Hc /2	2	B
I Hc/2	2	B
I Hh /2	2	B
I Rd Re /1	1	B
I Re Th /2	2	B
I Th /2	2	B
I Th Hh /2	2	B
I Th Hl /2	2	B
I Th Re /2	2	B
I Tm /2	2	B
I To /2	2	B
Jc /2	2	A
Jc Hc /2	2	A
Jc Hc Vp /2	2	A
Je /2	2	A
Je Hh /1	1	A
Je Hh /2	2	A
Je Hl /2	2	A
Kh /2	2	A
Kh Hc /2	2	B
Kh Hh /2	2	B
Kh Kk /2	2	B



Clave	Textura	Permeabilidad (k)
Kh Vp 1 /2	2	C
Kk /2	2	B
Kk /3	3	C
Kk Bk /2	2	B
Kk Hc /2	2	B
Kk Kh /2	2	B
Kk kh 1 /2	2	B
Kk l /2	2	B
Kk l /3	3	C
Kl Kk /2	2	B
l /2	2	B
l Bk /2	2	B
l E /2	2	B
l Hh /2	2	B
l Hl Jc /2	2	B
l Th /2	2	B
Lc /2	2	C
Lc Hl /2	2	C
Rc /2	2	B
Rc Bk /2	2	B
Rc Hc /1	1	B
Rc Hc /2	2	B
Rc l /2	2	B
Rc l /3	3	B
Rc Kh 1 /2	2	B
Rc l /2	2	B
Rc Vp /2	2	B
Rd /2	2	B
Rd Vp /3	3	B
Re /1	1	B
Re /2	2	B
Re /3	3	B
Re Be /1	1	B
Re Be /2	2	B



Clave	Textura	Permeabilidad (k)
Re Be I /2	2	B
Re Hh /1	1	B
Re Hh /2	2	B
Re Hl /1	1	B
Re I /2	2	B
Re I Hh /2	2	B
Re l /2	2	B
Re To /2	2	B
Re Vp /2	2	B
Th /1	1	B
Th /2	2	B
Th Bd /2	2	B
Th Bh /2	2	B
Th Hh /2	2	B
Th Hh Bd /2	2	B
Th I /1	1	B
Th I /2	2	B
Th I Bc /2	2	B
Th I Hh /2	2	B
Th I Re /2	2	B
Th l /2	2	B
Th Re /2	2	B
Th Re I /2	2	B
Th To /2	2	B
Th To I /2	2	B
Tm /2	2	B
Tm Hh /2	2	B
Tm I /2	2	B
Tm Th /2	2	B
To /1	1	B
To /2	2	B
To Bd /2	2	B
To Be /2	2	B
To I /2	2	B



Clave	Textura	Permeabilidad (k)
To Re /2	2	B
To Th /2	2	B
Vc Hc /2	2	C
Vc Hh /3	3	C
Vp /2	2	C
Vp /3	3	C
Vp Ch /3	3	C
Vp E /3	3	C
Vp Hc /2	2	C
Vp Hc /3	3	C
Vp Hh /2	2	C
Vp Hh /3	3	C
Vp Hh /3	3	C
Vp Hh 73	3	C
Vp Hh Re /2	2	C
Vp Jc /3	3	C
Vp Kh /3	3	C
Vp l /3	3	C
Vp Rc /3	3	C
Vp Re /3	3	C
Vp Re l /3	3	C

La Tabla 13 muestra las agrupaciones de los usos de suelo y vegetación según lo indica la anteriormente citada NOM-011-CNA-2000 y sus diferentes permeabilidades según el suelo sobre el que estén asentados.

**Tabla 13. Valores de k por tipo de suelo (permeabilidad) y de vegetación<sup>4</sup>**

<sup>4</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua, Diario oficial de la Federación, 17 de Abril de 2002





Uso de suelo y vegetación	Permeabilidad		
	A	B	B
<b>Aeropuerto, Agave, Agricultura de riego, Agricultura de Temporal, Infraestructura, Invernaderos, Nopaleras</b>	0.27	0.30	0.33
<b>Asentamiento, Mancha Urbana, Mancha Urbana de baja densidad, Parque Industrial, Zona Arqueológica</b>	0.28	0.29	0.32
<b>Áreas sin vegetación, Relleno Sanitario, Zonas Abiertas</b>	0.26	0.28	0.30
<b>Frutales</b>	0.24	0.27	0.30
<b>Pastizal</b>	0.24	0.28	0.30
<b>Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria Vegetación Secundaria</b>	0.22	0.28	0.30
<b>Pastizal natural</b>	0.20	0.24	0.30
<b>Selva Baja Caducifolia, Vegetación Riparia</b>	0.17	0.26	0.28
<b>Matorral Rosetófilo Cracicaule</b>	0.14	0.20	0.28
<b>Bosque de Pinus con vegetación secundaria, Bosque de Quercus con vegetación secundaria, Bosque Mesófilo de Montaña con vegetación secundaria, Parques, Vegetación Urbana</b>	0.12	0.22	0.26
<b>Bosque de Abies, Bosque de Abies-Pinus (incluye Pinus-Abies), Bosque de Pinus, Bosque de Quercus, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque mixto de Pinus-Quercus (incluye Quercus- Pinus)</b>	0.07	0.16	0.24
<b>Cuerpos de Agua</b>	0.00	0.00	0.00

Tabla 14. Porcentaje del área de estudio por categoría de escurrimiento medio anual

Escurrimiento superficial medio anual (mm/añual)	Superficie (%)
<b>0 - 100</b>	2.7
<b>100 - 200</b>	64.7
<b>200 - 300</b>	28.0
<b>300 - 400</b>	3.6
<b>400 - 500</b>	1.0

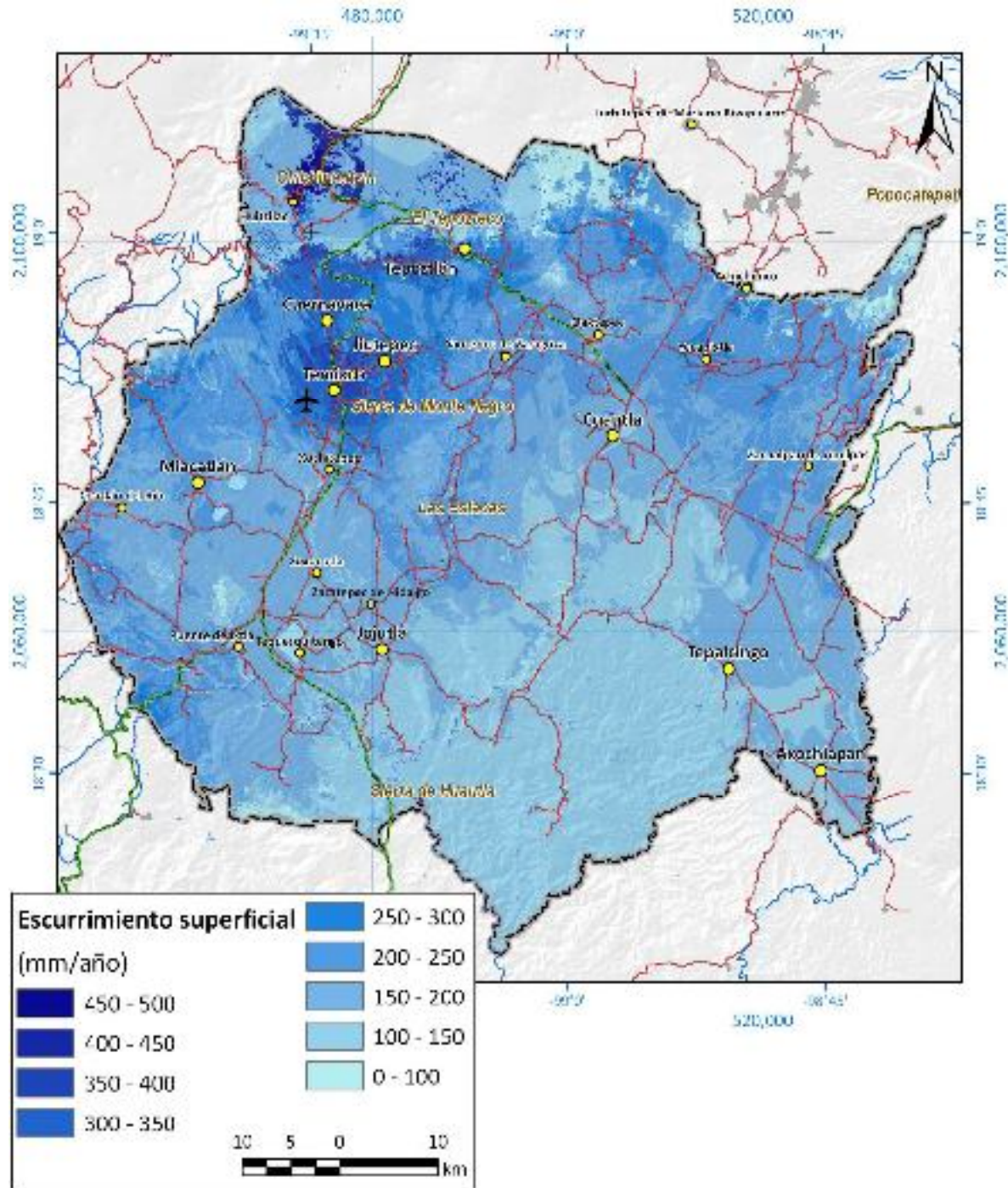


FIGURA 13. MAPA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DEL ESTADO DE MORELOS



*Recarga natural*

La metodología utilizada por la CONAGUA no es del todo completa debido a que no considera la naturaleza del sustrato geológico, se aplica un coeficiente de infiltración al volumen de agua que pasa a través de la vegetación y los suelos, ya calculado con el primer modelo de recarga. Los coeficientes de infiltración se muestran en la Tabla 15. Aplicando esta corrección se obtiene el mapa de recarga natural (ver Figura 14).

TABLA 15. COEFICIENTES DE INFILTRACIÓN

Litología	Tipo	Período	Coefficiente de infiltración	
Brecha volcánica andesítica	Ígnea	Cuaternario	0.64	
Ígnea extrusiva básica			0.60	
Brecha volcánica			0.53	
Brecha volcánica basáltica			0.52	
Ígnea extrusiva intermedia			0.51	
Basalto - Toba basáltica - Brecha volcánica basáltica			0.51	
Diorita			0.51	
Ígnea intrusiva acida			Terciario	0.51
Ígnea intrusiva intermedia				0.51
Aluvión			Suelo	Cuaternario
Basalto	Ígnea		0.49	
Limolita	Sedimentaria	Terciario	0.45	
Ígnea extrusiva acida	Ígnea	Cuaternario	0.42	
Andesita			0.42	
Toba		Cretácico	0.41	
Toba andesítica		Terciario	0.41	
Toba basáltica		Cuaternario	0.41	
Toba basáltica - Basalto			0.41	
Toba basáltica - Brecha volcánica basáltica			0.41	
Toba riolítica		Cretácico	0.41	
Lutita - Arenisca	Sedimentaria		0.38	
Arenisca	Sedimentaria	Terciario	0.38	



Litología	Tipo	Período	Coefficiente de infiltración
<b>Arenisca - conglomerado</b>		Cretácico	0.32
<b>Caliza</b>			0.28
<b>Yeso</b>		Cuaternario	0.28
<b>Conglomerado</b>		Cretácico	0.21
<b>Residual</b>	Suelo	Cuaternario	0.21
<b>Complejo metamórfico</b>	Metamórfica		0.17

Fuente: Apuntes de Geología, Facultad de Ingeniería, UNAM



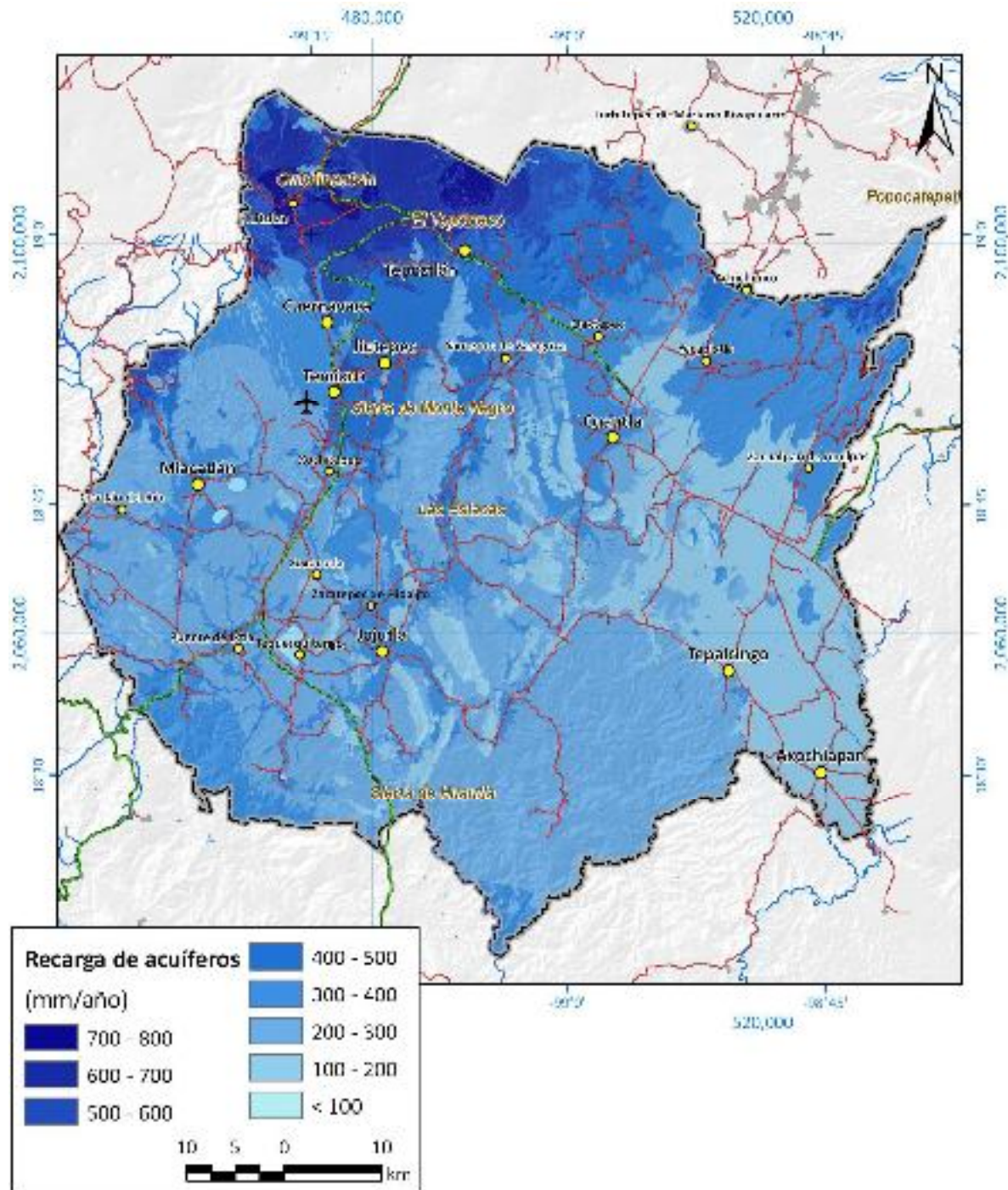


FIGURA 14. MAPA DE RECARGA DE ACUÍFEROS DEL ESTADO DE MORELOS



**TABLA 16. PORCENTAJE DE ÁREA INCLUIDA POR CATEGORÍA DE RECARGA MEDIA ANUAL**

Recarga natural (mm/año)	Superficie (%)
100 - 200	17.1
201 - 300	39.7
301 - 400	23.98
401 - 500	10.0
501 - 600	4.5
601 - 700	3.8
701 - 800	1.0

Como resultado se obtuvo que la recarga natural potencial es de 1,509.4 Mm<sup>3</sup> al año en el Estado de Morelos. El valor máximo es de 760 mm/año, ubicado en los municipios de Huitzilac y Tepoztlán.

**B) CÁLCULO DEL MAPA**

Para obtener el mapa de áreas prioritarias para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales los mapas de recarga de acuíferos, fijación de carbono y biodiversidad se reclasifican otorgándoles valores de 0 a 10, finalmente se utiliza la siguiente ecuación:

$$APMSA = (0.389 R_a + 0.389 B_i + 0.153F_c + 0.069G_h)$$

APMSA= Areas prioritarias para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales

R<sub>a</sub>= Recarga de acuíferos

B<sub>i</sub>= Biodiversidad

F<sub>c</sub>= Fijación de carbono

G<sub>h</sub>= Generación de humus



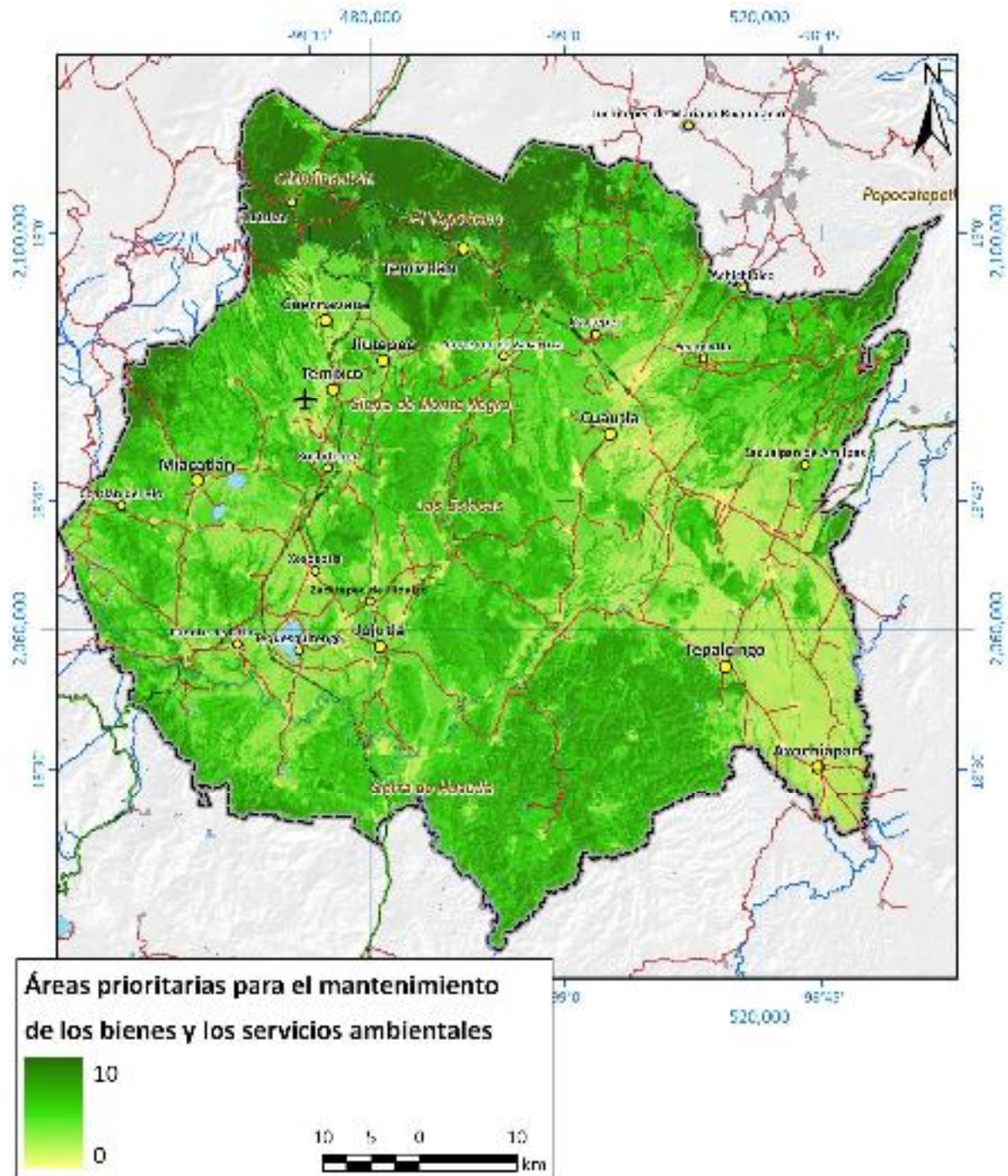


Figura 15. Áreas prioritarias para el mantenimiento de los servicios ambientales.



El resultado que se observa en la Figura 15 muestra que las zonas con mayor valor para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales se ubican principalmente en las zonas boscosas del norte del Estado.



## IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA

---

Para definir las zonas de impactos potenciales al recurso agua del Estado se utilizaron 2 variables, el mapa de vulnerabilidad de acuíferos y un mapa creado mediante la reclasificación del uso de suelo y vegetación actual asignando valores jerarquicos a las actividades potencialmente contaminantes.

$$IH_2O = (0.34V_a + 0.66A_c)$$

$IH_2O$  = Impacto en la calidad del agua

$V_a$ = Vulnerabilidad de acuíferos

$A_c$ = Actividades contaminantes

Finalmente se utilizó una máscara de las zonas con ecosistemas, donde se otorgo un valor 0.



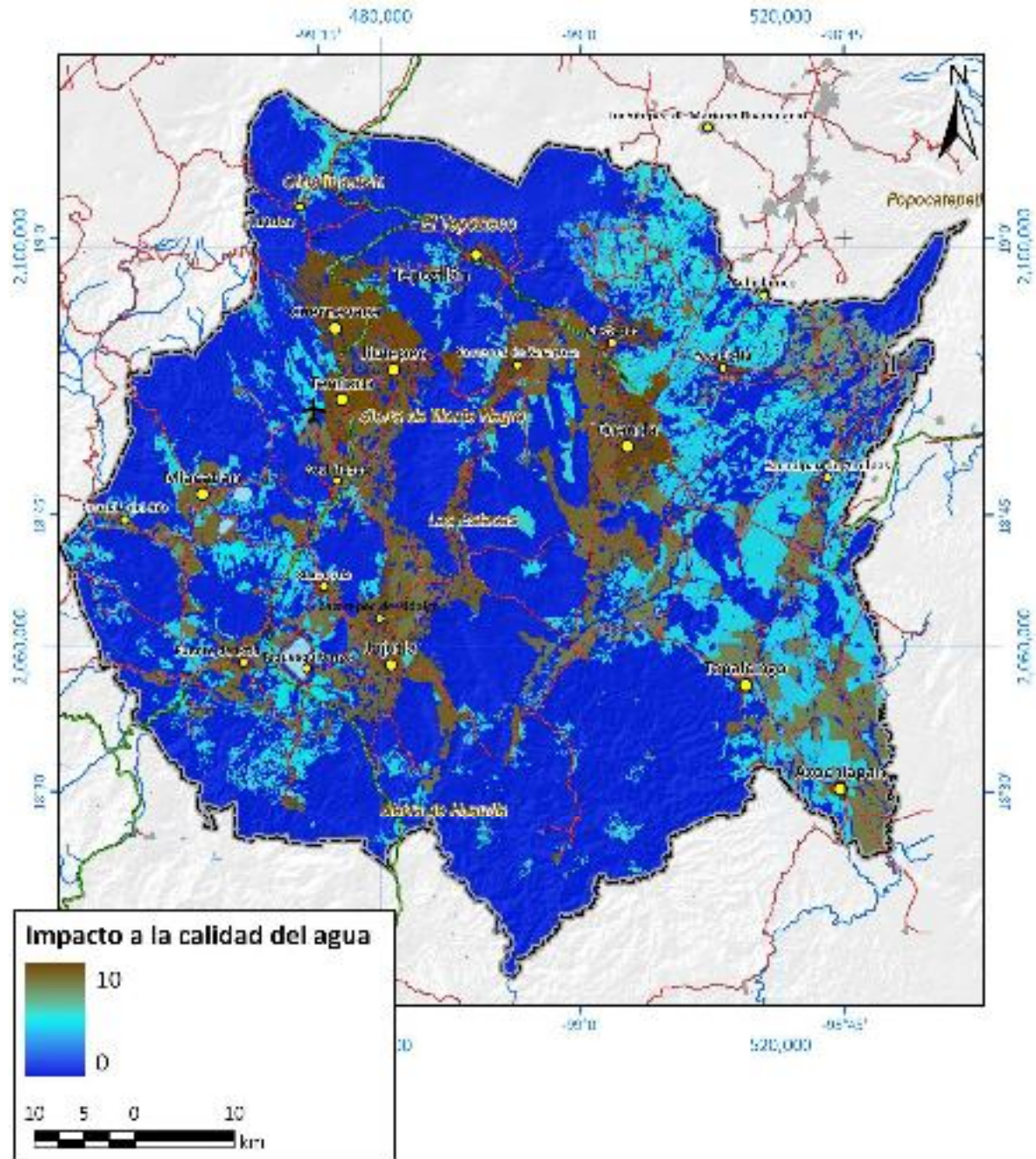


FIGURA 16. IMPACTO A LA CALIDAD DEL AGUA



## PAISAJE

El mapa de paisaje muestra el grado de atractivo escénico del paisaje considerando rasgos como el uso de suelo y vegetación, pendiente y visibilidad. Para la elaboración del mapa de paisaje se asignan diferentes pesos relativos a cada uno de ellos donde la suma de todos es igual a la unidad, como se ilustra en la Figura 1. De acuerdo con estos pesos relativos la visibilidad tiene mayor importancia que los otros dos factores ya que si una zona no es apreciable pasa a segundo término o si por su tipo de vegetación es valiosa o no.

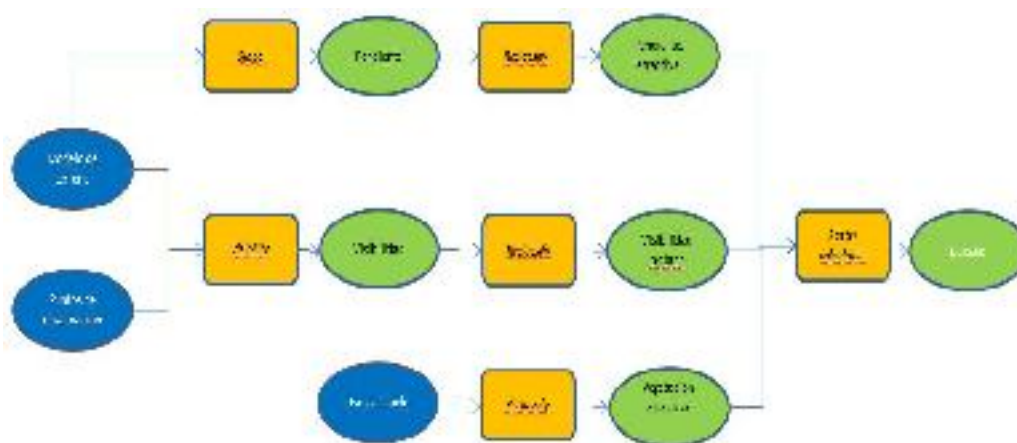


FIGURA 17. MODELO PARA EL CÁLCULO DEL VALOR DEL PAISAJE

### Uso de suelo y vegetación – reclasificado

El mapa de uso de suelo y vegetación se reclasifica en valores numéricos que muestran el grado de belleza del paisaje considerando, por supuesto, su grado de conservación según se muestra en la Tabla 17.

TABLA 17. RECLASIFICACIÓN DE VALORES DE VEGETACIÓN PARA PAISAJE

Uso de suelo y vegetación	Belleza de la vegetación
Bosque de <i>Abies</i> , bosque de <i>Abies-Pinus</i> (incluye <i>Pinus-Abies</i> ), bosque de <i>Pinus</i> , , bosque de <i>Quercus</i> , bosque mesófilo de montaña, bosque mixto de <i>Pinus-Quercus</i> (incluye <i>Quercus-Pinus</i> ), cuerpos de agua, zona arqueológica	10
Bosque de <i>Pinus</i> con vegetación secundaria, bosque de <i>Quercus</i> con vegetación secundaria, bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria	9





Uso de suelo y vegetación	Belleza de la vegetación
Selva baja caducifolia, vegetación riparia	8
Parques, selva baja caducifolia con vegetación secundaria	7
Matorral rosetófilo crasicaule	6
Frutales	5
Vegetación secundaria, vegetación urbana	4
Agricultura de riego, pastizal natural	3
Agave, agricultura de temporal, áreas sin vegetación, nopaleras, pastizal, zonas abiertas	2
Asentamiento, mancha urbana, mancha urbana de baja densidad	1
Aeropuerto, infraestructura, invernaderos, parque industrial, relleno sanitario	0

### Pendientes – reclasificado

El mapa de pendientes se reclasifica a partir de sus valores correspondientes en grados para obtener un mapa escalado con valores del 0 al 10 como se observa en la **Tabla 18**.

TABLA 18. RECLASIFICACIÓN DE PENDIENTES PARA EL MAPA DE PAISAJE

Pendiente (°)	Pendiente (%)	Pendiente reclasificada
0 - 7.1	0 - 12.4	1
7.2 - 14.2	12.5 - 25.3	2
14.2 - 21.4	25.4 - 39.2	3
21.5 - 28.5	39.3 - 54.3	4
28.9 - 35.6	54.4 - 71.6	5
35.7 - 42.8	71.7 - 92.6	6
42.9 - 49.9	92.7 - 118.8	7
50.0 - 57.1	118.9 - 154.6	8
57.2 - 64.2	154.7 - 206.9	9
64.3 - 71.3	207.0 - 300.6	10

### Visibilidad

La visibilidad es un mapa intermedio dentro del cálculo del paisaje calculado con el comando *Visibility* de Arc/Info y se refiere a la capacidad de observar y por consecuencia, de ser



observado. Este mapa muestra, para toda el área de estudio, el número de observadores, dentro de un grupo hipotético planteado sobre el mapa, que pueden ver cierta zona. El factor que determina la visibilidad es la topografía (elevación) ya que esta permitirá a los observadores la posibilidad de ver o no cierta región del área de estudio, quedando como las áreas más visibles los valles, llanos y riscos, y como menos visibles las cañadas, todo esto en función también de la cercanía con algunas topofomas que obstruyan la visión para determinados observadores (Figura 18).

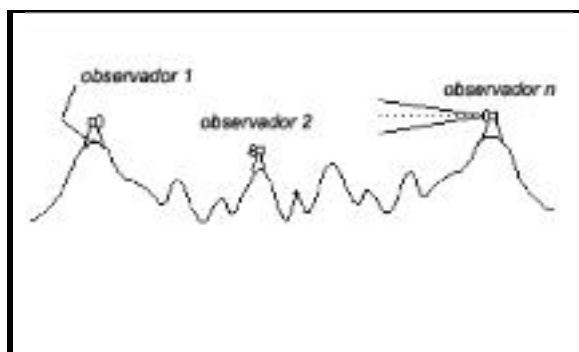


FIGURA 18. REPRESENTACIÓN DE OBSERVADORES SOBRE EL TERRENO

Para cada uno de los observadores se añadió un metro de altura sobre la elevación del terreno donde se encontraba, para suavizar el efecto de pequeños desniveles sobre el cálculo.

Los puntos con mayor visibilidad se encuentran tanto al extremo sur como el norte del Estado, sobre la Sierra de Huautla como el Corredor Chichinautzin respectivamente. Los municipios incluidos en estas regiones son Cuernavaca (Bosque norponiente), Huitzilac (C. Tres Cumbres y ladera V. Chichinautzin), Tepoztlán (V. Suchiol, C. El Tepozteco y V. Adayuca), Tlalnepantla (V. Oyametépetl y C. Chalcuca), Tetela del Volcán (V. Popocatépetl y C. Cempoaltépetl) y Puente de Ixtla (C. Frío).

Al centro del Estado de Morelos existen puntos con visibilidad elevada como la Sierra de Montenegro, entre los municipios de Emiliano Zapata y Tlaltizapán. (C. Cuerva del Aire y C. La Trinchera), el C. Santa María (entre los municipios de Tlaltizapán y Tlaquiltenango), C. Prieto (entre los municipios de Tlaquiltenango y Tepalcingo) y C. del Mono o C. Gordo en Jantetelco.

En la Tabla 19 se muestran los porcentajes por categoría de visibilidad obtenidos para el área de estudio donde las zonas de muy baja visibilidad son las que se aprecian desde pocos sitios del área de estudio y viceversa.



TABLA 19. PORCENTAJE DEL ÁREA TOTAL POR CATEGORÍA DE VISIBILIDAD

Visibilidad	Porcentaje (%)
Muy baja	89.3
Baja	6.7
Media	2.9
Alta	1.1
Muy alta	0

### Resultados

Además de los bosques de los municipios de Huitzilac, Tepoztlán, Cuernavaca, Tlalnepantla, Tetela del Volcán y Puente de Ixtla, municipios con Selva baja caducifolia como el mismo Puente de Ixtla, Tlaquiltenango y Tepalcingo poseen los mejores sitios de paisaje.

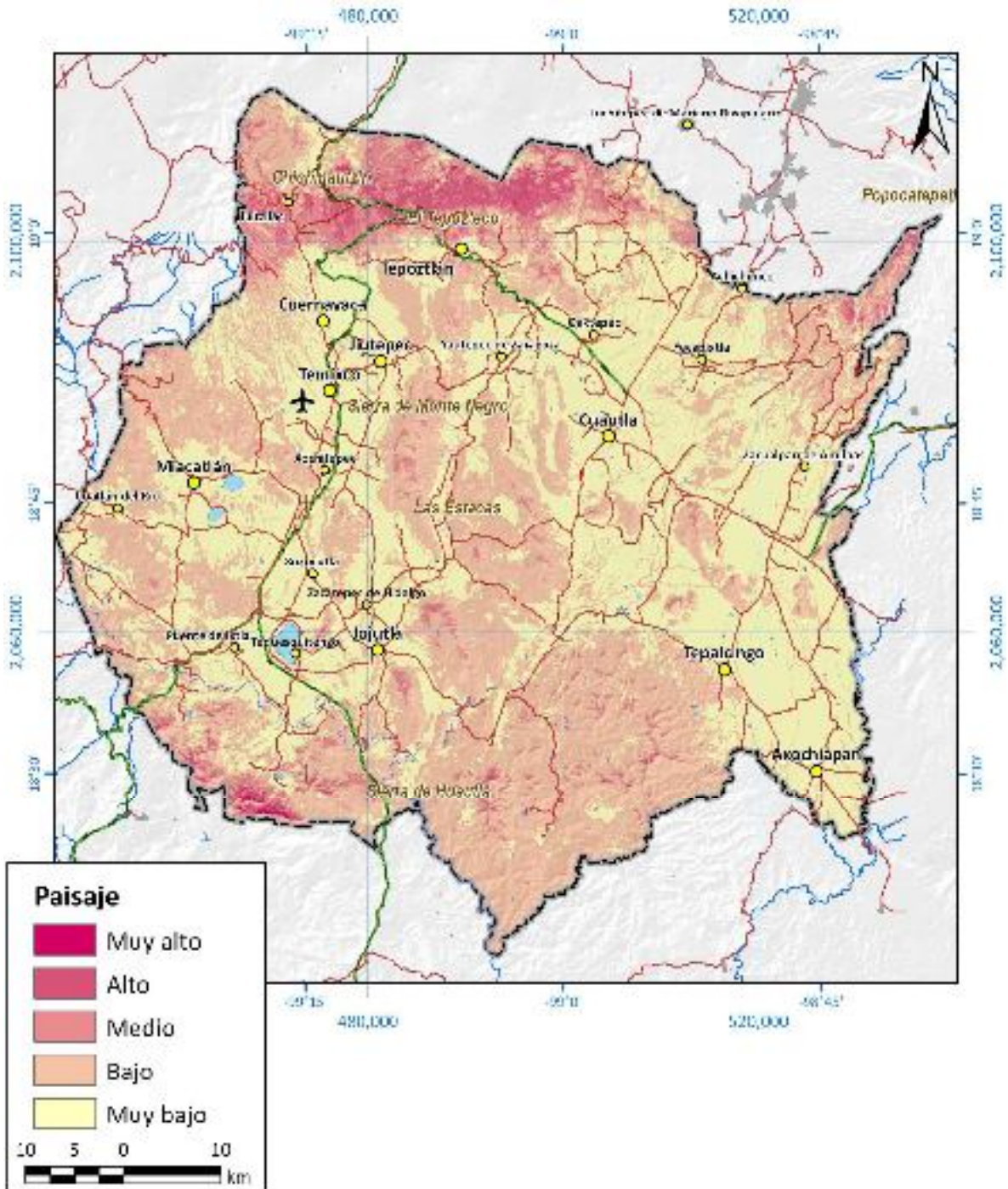


FIGURA 19. MAPA DE PAISAJE



---

## RIESGOS

---

---

### RIESGO DE INUNDACIÓN

---

El riesgo de inundación se calcula a partir de tres variables, que son la acumulación de flujo, el escurrimiento superficial y la pendiente del terreno. Al utilizar la acumulación de flujo se consideran las trayectorias de las avenidas de agua que conforman el drenaje natural del municipio, es decir, las corrientes intermitentes y perennes y la cantidad de agua recibida aguas arriba.

El mapa de escurrimiento superficial se utiliza para tener una medida de la precipitación existente en la zona y la capacidad de filtración del suelo debido a su permeabilidad y al uso del suelo presente. En el caso de las pendientes, valores altos indican un rápido flujo y viceversa, un flujo lento y estancamiento probable en áreas planas o de poca pendiente.

El modelo utilizado para el cálculo del riesgo de inundación es el siguiente:

$$RINUN = 0.4 FA + 0.4 ESC + 0.2 PEN$$

Donde:

RINUN = riesgo de inundación

FA = flujo acumulado

ESC = escurrimiento superficial

PEN = pendiente

Todas las variables fueron escaladas de 1 a 10 antes de realizar la operación que indica el modelo.



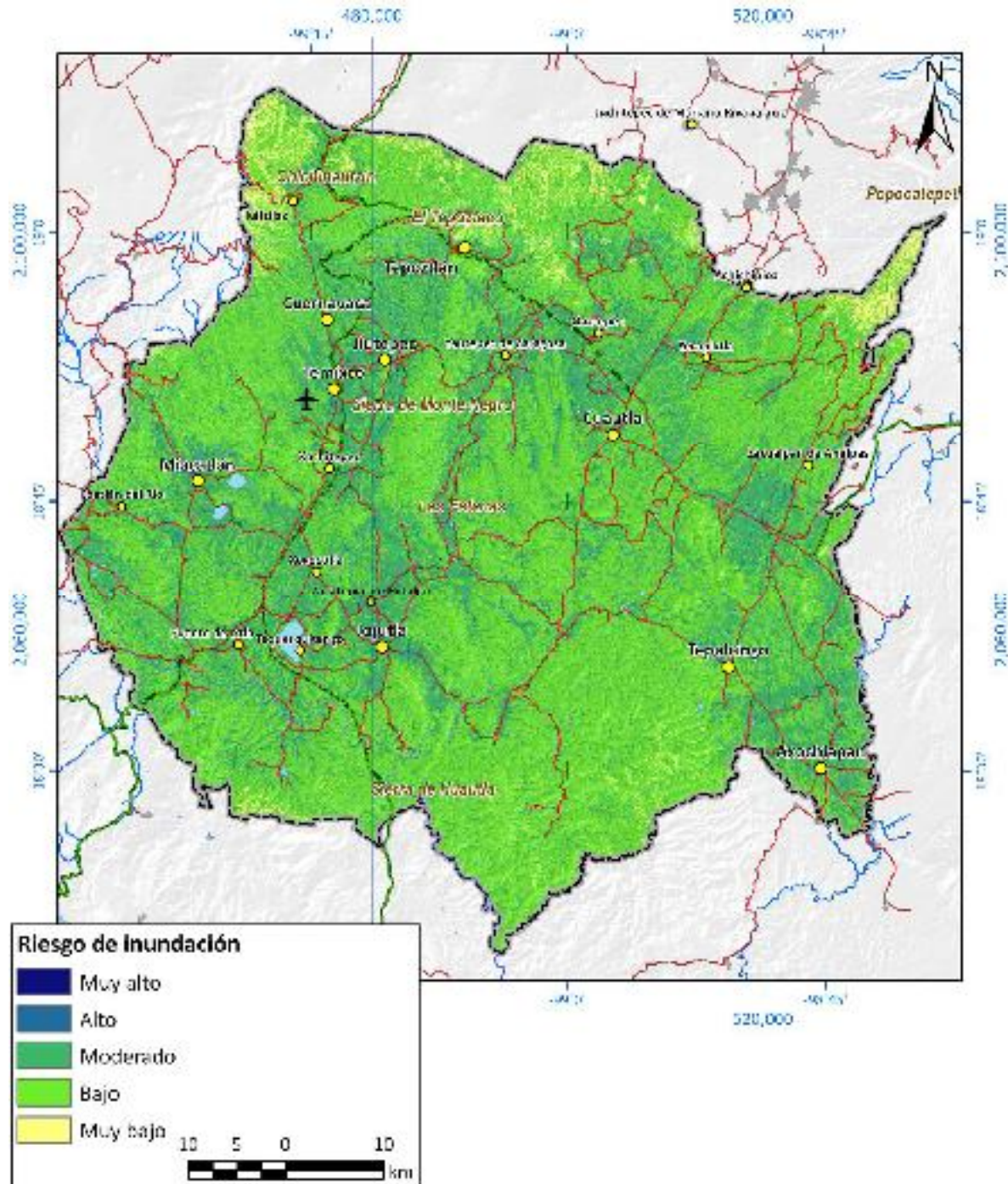


FIGURA 20. MAPA DE RIESGO DE INUNDACIÓN DEL ESTADO DE MORELOS





---

## RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

---

El riesgo de incendios fue elaborado con el programa *Genetic Algorithm for Rule Set Prediction* (GARP), que infiere distribuciones espaciales de eventos o ubicaciones de acuerdo al conocimiento del medio, en este caso se utilizó la información de uso de suelo y vegetación, precipitación, temperatura y clima.

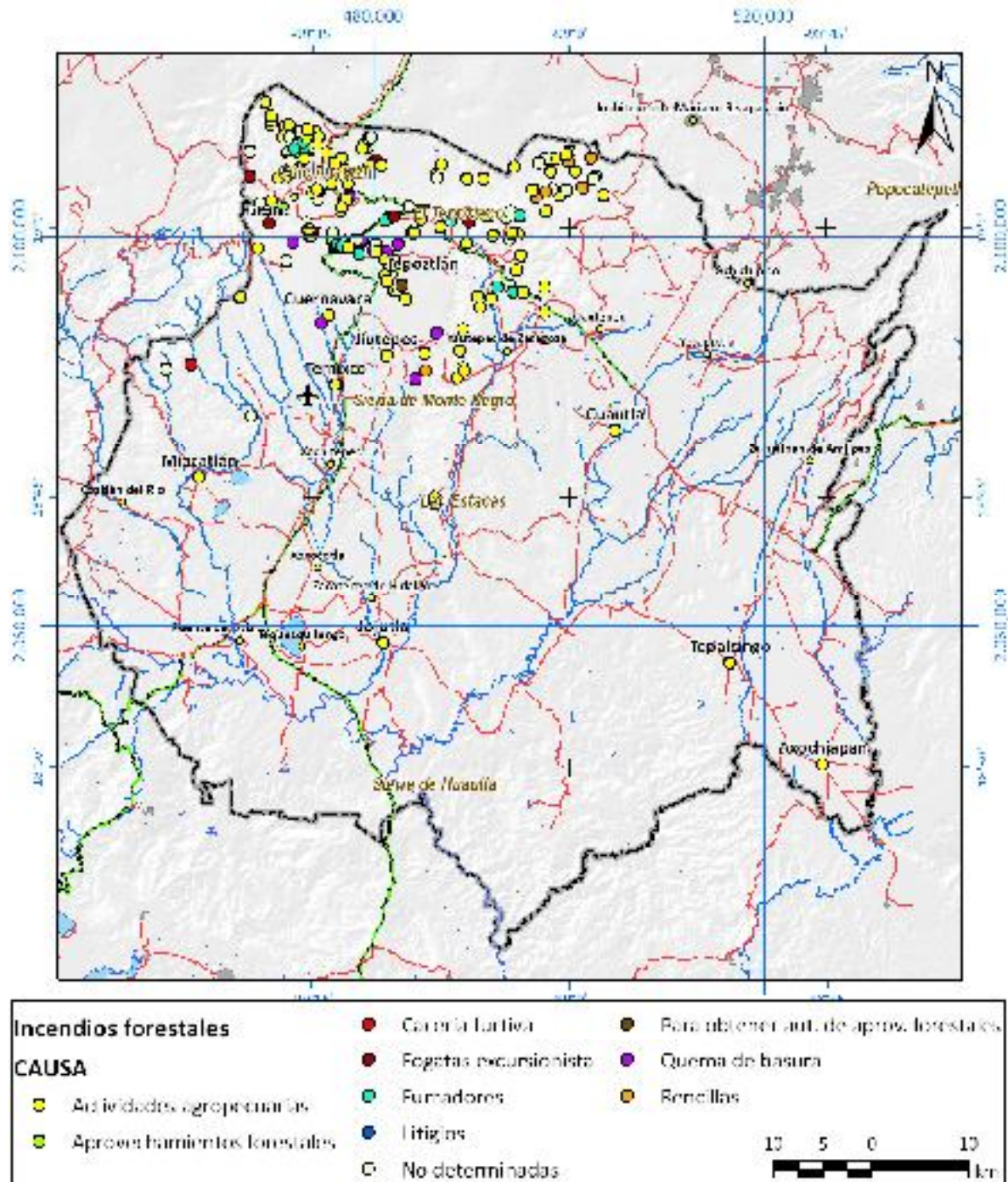


FIGURA 21. MAPA DE INCENDIOS 2004 Y 2008 EN EL ESTADO DE MORELOS POR CAUSA



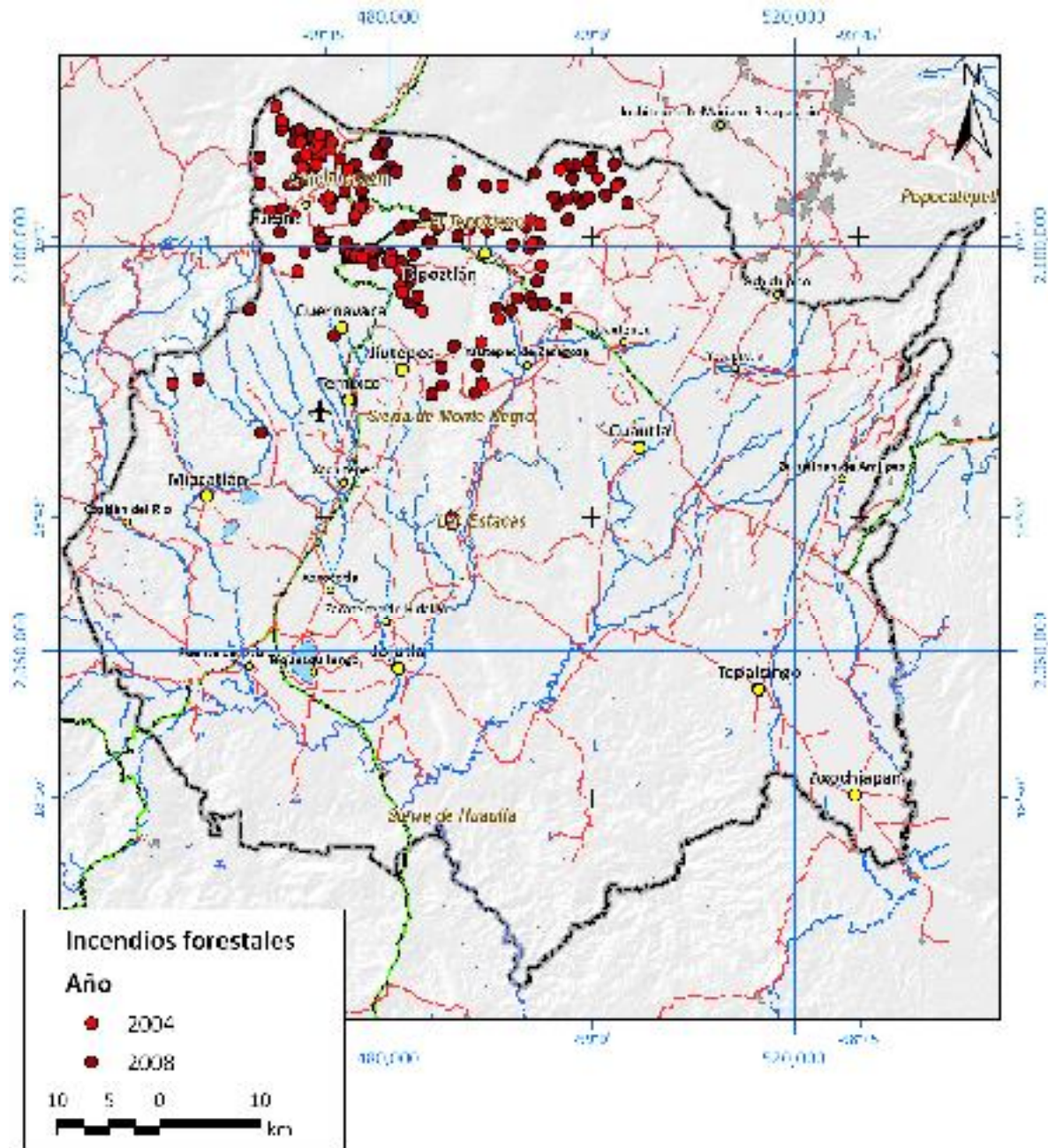


Figura 22. Mapa de incendios en el Estado de Morelos por fecha

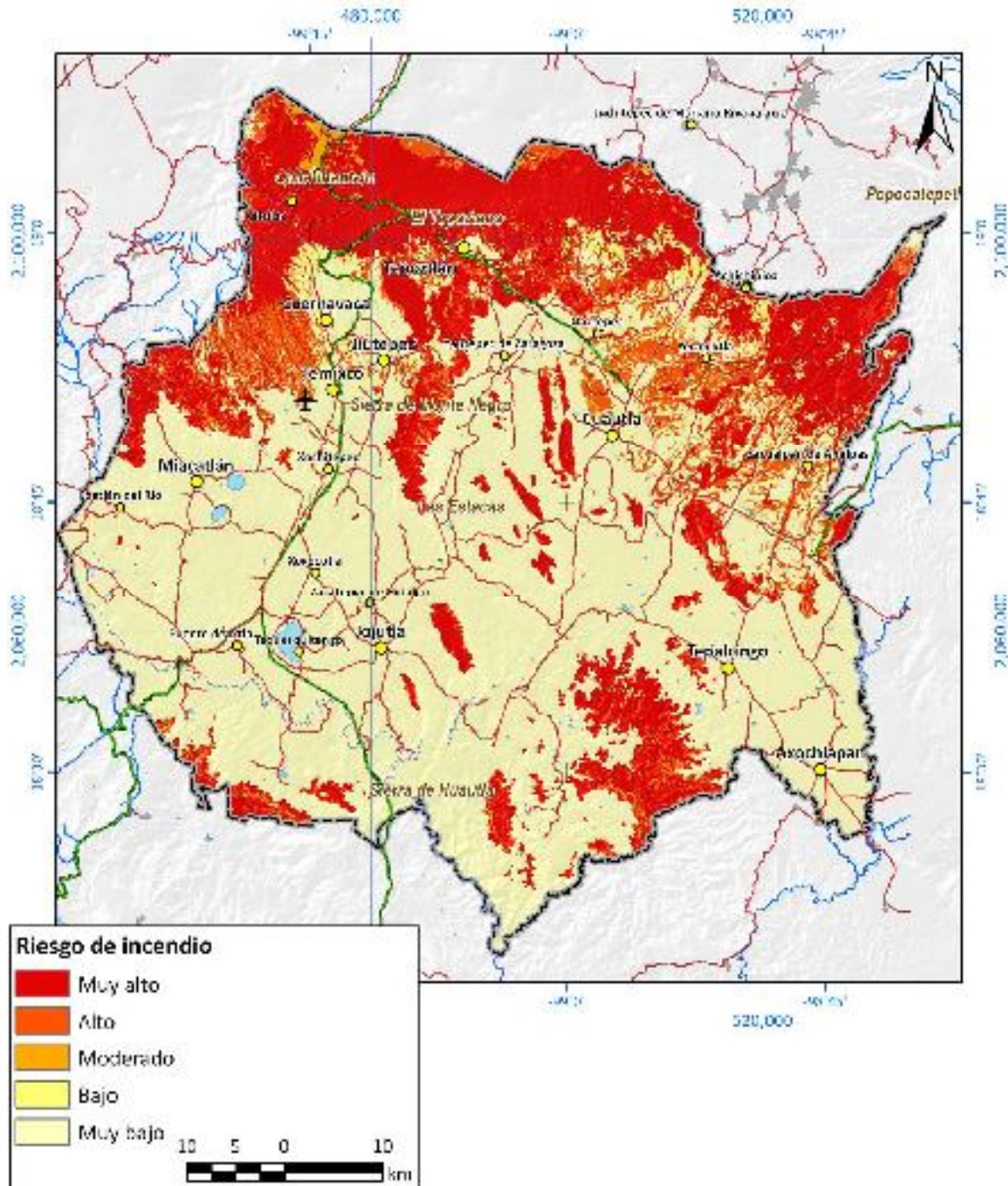


FIGURA 23. MAPA DE RIESGO DE INCENDIOS DEL ESTADO DE MORELOS





## OTROS DIAGNÓSTICOS

### ACCESIBILIDAD

La accesibilidad muestra la facilidad de acceso a cierta región desde las localidades ubicadas en el área de estudio, tomando en cuenta las pendientes derivadas del modelo numérico de terreno y el tipo de suelo transitado, estos valores se obtienen al reclasificar el mapa de uso de suelo y vegetación según la Tabla 20.

TABLA 20. RECLASIFICACIÓN DE LAS CLASES DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN PARA ACCESIBILIDAD

Uso de suelo y vegetación	Costo de desplazamiento relativo
Bosque de Abies, Bosque de Abies-Pinus (incluye Pinus-Abies), Bosque de Pinus, Bosque de Pinus con vegetación secundaria, Bosque de Quercus, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque mixto de Pinus-Quercus (incluye Quercus-Pinus), Cuerpos de Agua, Relleno Sanitario, Vegetación Riparia	10
Bosque de Quercus con vegetación secundaria, Bosque Mesófilo de Montaña con vegetación secundaria	9
Selva Baja Caducifolia	8
Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria	7
Matorral Rosetófilo Cracicaule, Vegetación Secundaria	6
Agricultura de riego, Nopaleras	5
Agricultura de Temporal, Pastizal natural	4
Agave, Áreas sin vegetación, Frutales, Pastizal, Zonas Abiertas	3
Aeropuerto, Infraestructura, Invernaderos, Parque Industrial, Vegetación Urbana, Zona Arqueológica	2
Asentamiento, Mancha Urbana, Mancha Urbana de baja densidad, Parques	1

Para elaborar el mapa de accesibilidad se utilizaron los mapas de carreteras, localidades, pendiente del terreno y cuerpos de agua. El cálculo de la accesibilidad se relacionó con la dificultad que representa transportarse desde una localidad a cualesquier otra dentro del área de estudio tomando en cuenta el terreno, la distancia y la trayectoria que ofrece el menor costo de desplazamiento final y por consecuencia tiempos de traslado. La herramienta que se utilizó para elaborar este cálculo fue el comando *Costdistance* de ARC/INFO, que requiere como insumos un mapa raster de costo de desplazamientos relativos y otro de fuentes o puntos de partida para transitar.





TABLA 21. MATRIZ DE DECISIÓN PARA EVALUAR LA IMPORTANCIA DE CADA VARIABLE

Variable	Costdistance	Elevación	Pendiente	$\sum$	$\frac{\sum}{n}$
<b>Costdistance</b>	3	1	3	7	0.30
<b>Elevación</b>	1	3	1	5	0.22
<b>Pendiente</b>	3	1	1	5	0.22
<b>Uso de suelo</b>	1	3	3	6	0.26
			<b>Total</b>	23	1.00

Como se ve en la Figura 24, los municipios que mejor accesibilidad presentan son Zacatepec, Axochiapan, Jiutepec, Cuautla y Xochitepec, por el contrario, los de menor accesibilidad son Huitzilac, Tlalnepantla, Tetela del Volcán, Tepoztlán y Tlaquiltenango. Los principales núcleos de accesibilidad por supuesto, están formados alrededor de las concentraciones humanas más importantes, como la zona conurbada de Cuernavaca, Cuautla y Yautepec. Además de estas, existen corredores como el Cuautla-Oaxtepec, Cuernavaca-Xochitepec y núcleos como Tequesquitengo, Axochiapan y Tepoztlán que corresponden a regiones con un desarrollo urbano considerable.

TABLA 22. PORCENTAJE DEL ÁREA TOTAL POR CATEGORÍA

Accesibilidad	Superficie (%)
<b>Muy baja</b>	0.2
<b>Baja</b>	3.4
<b>Media</b>	20.9
<b>Alta</b>	57.6
<b>Muy alta</b>	18.0

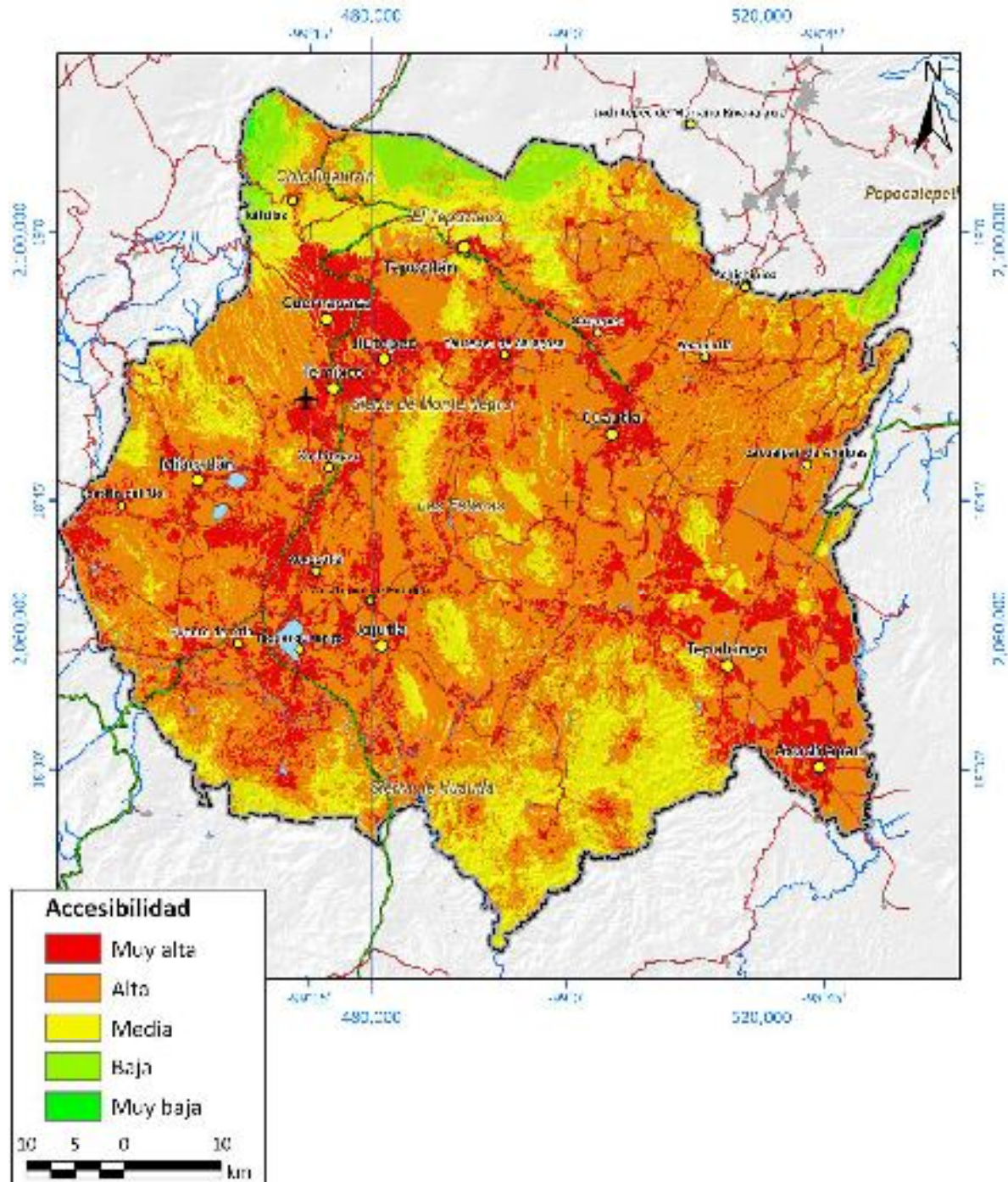


FIGURA 24. MAPA DE ACCESIBILIDAD DEL ESTADO DE MORELOS



## CLASES AGROLÓGICAS

El territorio se puede dividir en clases por su capacidad de uso en base a diferentes variables físicas. En México, el sistema propuesto por Kliengbiel y Montgomery (1961) comprende tres categorías: a) clase, b) subclase y c) unidad de manejo. De la clase I a la clase IV son terrenos aptos para uso agrícola, ganadero y forestal. De las clases V a la VIII, son suelos principalmente para ganadería o bosque. Las clases iniciales en esta escala representan un alto potencial de aprovechamiento, mientras que las últimas se inclinan hacia la preservación. En la Tabla 23 se muestran las descripciones de las clases agrológicas.

TABLA 23. DESCRIPCIÓN DE CLASES AGROLÓGICAS

Clase	Descripción
1	Tienen pocas limitaciones que restrinjan su uso
2	Tienen limitaciones moderadas que reducen las posibilidades de cultivos o requieren de prácticas de conservación moderadas
3	Tienen limitaciones severas que reducen las posibilidades de cultivos o requieren prácticas especiales de conservación o ambas
4	Tienen severas limitaciones que restringen las posibilidades de cultivo o requieren un manejo muy cuidadoso o ambas
5	No tienen o es muy bajo el riesgo de erosión pero tienen otras limitaciones, es impráctica la remoción, sus usos se limitan al pastoreo, la ganadería, forestería o conservación
6	Tienen severas limitaciones que lo hacen en gran parte inapropiados para los cultivos y su uso se limita al pastoreo, ganadería, forestería o conservación
7	Tienen severas limitaciones que lo hacen no apto para los cultivos y restricciones para su uso en forestería, conservación y pastizales
8	Tienen limitaciones que hacen imposible los cultivos con fines comerciales y su uso se limita a la recreación, conservación, recarga de acuíferos o apreciación paisajística



Fuente: Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS), <http://soils.usda.gov>

En la Tabla 24 se describen los criterios que se utilizaron para definir las clases agrológicas para el Estado de Morelos. Como se observa, en las primeras clases se privilegian los terrenos planos con buen drenaje, una textura equilibrada que permita la suficiente filtración de agua y la necesaria retención de la misma, así como una mínima pérdida erosiva.

TABLA 24. CLASES AGROLÓGICAS QUE INDICAN LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL SUELO

Criterio/CI ase	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<b>Pendiente (%)</b>	Llana <=2	Hasta suave <=8	Hasta moderada <=16	Hasta fuerte <=30	Hasta suave <=8	Hasta fuerte <=50	Hasta muy fuerte <=75	cualquiera
<b>Encharcamiento</b>	No hay	Hasta estacional	Hasta frecuente	Hasta frecuente	Intenso o muy típico	Hasta permanente	No permanente	cualquiera
<b>Textura</b>	Equilibrada: francas, limo, arcillo arenosa (2)	Algo desequilibrada: arcilla, arcillo limosa (3)	Hasta desequilibrada: arena, franca, franco arenosa (1)	Hasta desequilibrada: arena (1)	cualquiera	cualquiera	cualquiera	cualquiera
<b>Erosión Ton/(ha*año)</b>	Nula/ligera <=10	Hasta moderada <=20	Hasta alta <=100	Hasta muy alta <=300	Hasta ligera <=10	cualquiera	cualquiera	cualquiera

Fuente: Dorronsoro, Universidad de Granada (simplificado)

Como se observa en la Figura 25, el territorio del Estado de Morelos tiene mayor capacidad de sostener actividades agropecuarias sobre los valles, que corren de norte a sur, tanto al poniente y oriente de la Sierra de Montenegro como en el Valle de Tepalcingo-Axochiapan. Al contrario, la Sierra de Huautla, Sierra de Montenegro, Sierra de Zempoala y Volcán Popocatepetl tienen vocación paisajística y de preservación. Zonas heterogéneas como las barrancas poniente de Cuernavaca, el Corredor Chichinautzin y la parte baja de la Sierra de Huautla son susceptibles a cambios de uso de suelo.



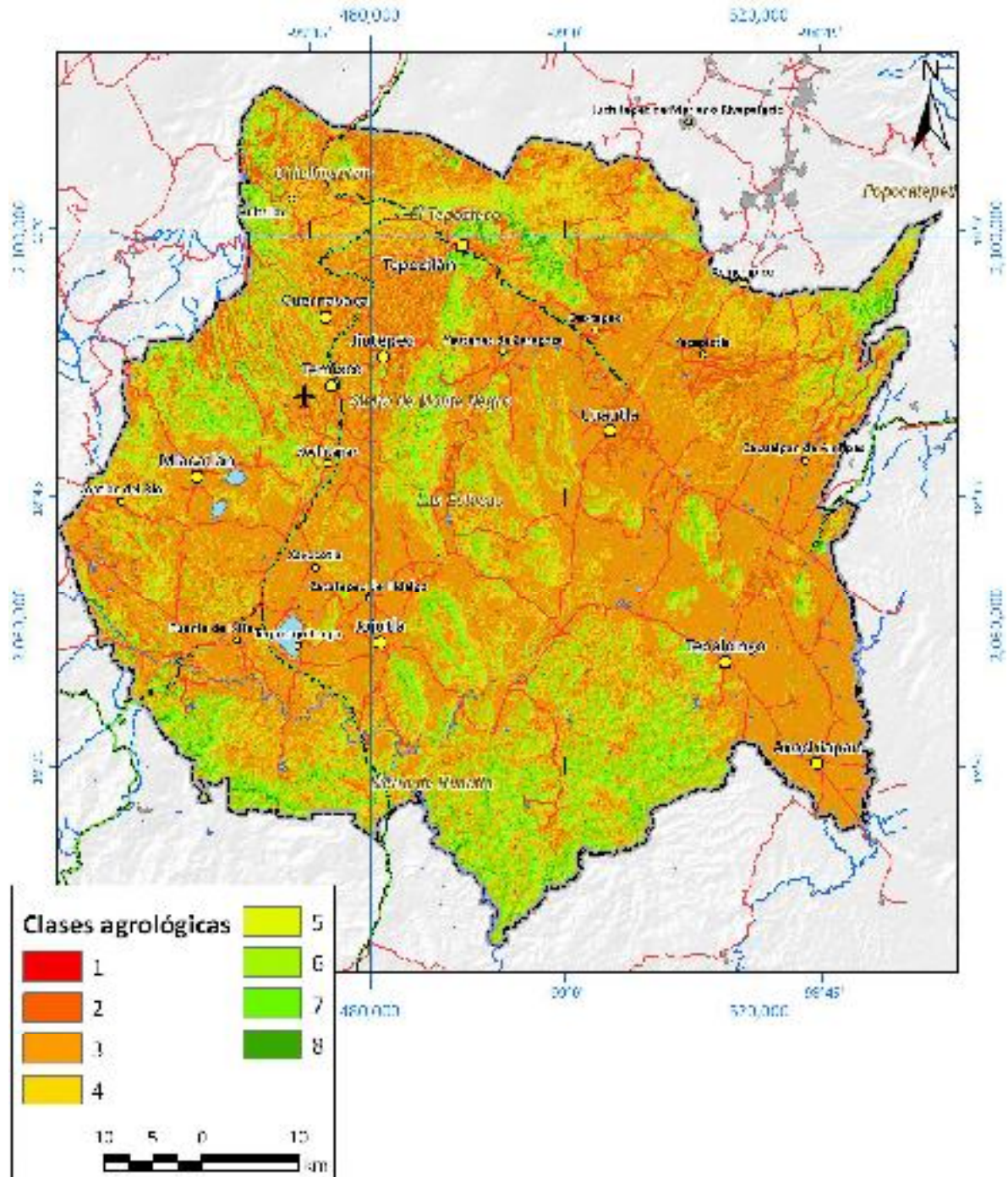


FIGURA 25. MAPA DE CLASES AGROLÓGICAS DEL ESTADO DE MORELOS





De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 25 existen diversas zonas con conflicto o equilibrio ambientales, de acuerdo a la compatibilidad que existe entre la capacidad del territorio y la actividad que se realiza actualmente. Lo anterior entre los extremos del aprovechamiento para uso agrícola hasta la protección total, pasando por el uso pecuario.

#### *Agricultura de temporal y de riego*

El 19.1% de la superficie de la clase agrológica 3 está ocupada por cultivos de riego y el 23.8% por cultivos anuales, lo que indica que la mayor parte de la superficie agrícola de estado se encuentra asentada en zonas con limitantes para esta actividad, sin embargo, las regiones más aptas para la agricultura (clase 1 y 2) se encuentran ocupadas por bosques de coníferas, cuerpos de agua y selva baja caducifolia. Los cultivos de este tipo y que se encuentran en terrenos de la clase 3 se encuentran en la región oriente y surponiente del Estado, principalmente en los municipios de Axochiapan, Ayala, Jonacatepec, Jantetelco, Temoac, Cuautla, Tepalcingo y Puente de Ixtla.

En contraposición, cabe señalar que el 13.6% de superficie de la clase agrológica 4 se dedica a agricultura de temporal, lo que indica que una posible productividad y rendimiento muy bajos. Los correspondientes a la clase 4, con mayores impedimentos para el desarrollo de una agricultura productiva se localizan en terrenos de los municipios de Huitzilac, Tlalnepantla, Totolapan, y Yecapixtla.

#### *Bosque de Abies, bosque de Pinus y bosque de Quercus*

Estas comunidades vegetales se asientan sobre terrenos propios para agricultura, lo que constituye una amenaza para la flora y fauna propias de estos ecosistemas. Poco más del 30% en suma de la superficie de la clase agrológica 1 es ocupada por suelo de conservación actualmente. Estas zonas de conflicto se localizan en los municipios de Huitzilac, Tepoztlán y Tlalnepantla, aunque también poseen zonas boscosas que no ocupan terrenos atractivos para el aprovechamiento agropecuario de acuerdo a las clases agrológicas.

Municipios como Cuernavaca, Miacatlán, Puente de Ixtla, Tetela del Volcán y Atlatlahucan tienen bosques que no se encuentran en conflicto con clases agrológicas de aprovechamiento.



### *Mancha urbana*

Como se ve en la Tabla 25, el 15.4% de la clase 2 está siendo ocupado por asentamientos humanos consolidados así como el 44.8% de la clase 5. El primer porcentaje indica la presión ya ejercida por las ciudades sobre terrenos potencialmente agrícolas y el segundo sobre suelo de conservación.

Las áreas potencialmente agrícolas que han sido absorbidas por los asentamientos humanos consolidados se localizan en los municipios con las mayores concentraciones humanas, como Cuernavaca, Cuautla, Tepoztlán, Yautepec (Oaxtepec), Atlatlahucan (Cocoyoc), Yecapixtla, Tepalcingo, Axochiapan, Puente de Ixtla, Zacatepec, Jojutla, Tlaquiltenango, Tlaltizapán, Xochitepec, Temixco, Emiliano Zapata y Jiutepec.

### *Mancha urbana de baja densidad*

Esta clase de uso de suelo y vegetación está conformada principalmente por asentamientos humanos rurales, periurbanos o irregulares que ejercen presión sobre las zonas conservadas alrededor de los asentamientos humanos consolidados. Como se ve en la Tabla 25, estos se asientan sobre el 13.6% del suelo de la clase 5, apto en su mayoría para la actividad pecuaria. Aquí se incluyen todos los municipios complementarios de Morelos que no se mencionaron para la clase de Mancha urbana, lo que incluye todas las medianas y pequeñas localidades.

### *Selva baja caducifolia*

Aproximadamente la mitad de la superficie que ocupa este ecosistema en el Estado de Morelos se asienta sobre terrenos propios de la clase 4 (actividades agropecuarias) y la otra parte se sitúa en terrenos poco accesibles y alejados de las grandes concentraciones humanas por lo que ha subsistido, muestra de ello es que se encuentran en terrenos propios de las clases 6, 7 y 8.



La selva baja caducifolia que se encuentra en terrenos aptos para agricultura se ubica principalmente en los municipios de Tepoztlán, Jiutepec (El Texcal), Ayala, Tlaltizapán, Tlaquiltenango y Tetecala. Por el contrario, la SBC asentada en terrenos propios de la preservación y la apreciación escénica se ubican principalmente en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla (municipios de Tlaquiltenango, Tepalcingo y Puente de Ixtla principalmente), Tlaltizapán, Tepoztlán y Jantetelco (C. del Mono).

#### *Selva baja caducifolia con vegetación secundaria*

Aunque como lo evidencia la Tabla 25, una buena parte de su superficie se encuentra en terrenos de las clases 6, 7 y 8, al igual que la selva baja caducifolia conservada, ésta presenta amenazas de ser ocupadas por usos suelo de las clases 2, 3 y 4, por lo que estos terrenos son muy atractivos para la agricultura y la ganadería, en diversas intensidades de uso. Estas zonas se encuentran presentes en todos los municipios del Estado de Morelos, a excepción de Huitzilac, Cuernavaca, Tlalnepantla, Totolapan y Axochiapan.

#### *Vegetación secundaria*

Esta clase de uso de suelo y vegetación se considera poco factible de ser restaurada ya que su ubicación principal es cercana a asentamientos humanos o vías de comunicación, muestra de ello es que la mayor parte de su superficie corresponde a terrenos de las clases 2 y 3. Típicamente la vegetación secundaria se transforma en algún uso de aprovechamiento intensivo como pueden ser los asentamientos humanos, industria, infraestructura, agricultura o ganadería. Todos los municipios del Estado de Morelos presentan esta problemática a excepción de Huitzilac, donde la frontera entre aprovechamiento y conservación es muy marcada.

TABLA 25. DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIE EN PORCENTAJE POR CLASE AGROLÓGICA DE CADA USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

---

Clase de uso de suelo y vegetación

Clase agrológica

---

Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Morelos



	1	2	3	4	5	6	7	8
Aeropuerto	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Agave	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agricultura de riego	0.0	3.7	19.1	1.3	1.3	3.3	0.1	1.0
Agricultura de temporal	0.9	3.2	23.8	13.6	4.6	4.7	0.8	2.1
Áreas sin vegetación	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
Asentamiento	0.0	3.3	1.1	0.6	6.7	0.3	0.2	0.3
Bosque de Abies	10.8	1.3	0.2	0.6	0.0	1.0	2.8	3.0
Bosque de Abies-Pinus (incluye Pinus-Abies)	8.0	1.7	0.4	0.9	0.2	1.2	2.2	2.3
Bosque de Pinus	12.9	3.4	1.0	1.5	0.1	1.2	2.1	2.2
Bosque de Pinus con vegetación secundaria	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.6	1.3
Bosque de Quercus	13.2	1.9	1.6	5.0	0.2	4.2	6.3	4.6
Bosque de Quercus con vegetación secundaria	0.0	0.9	0.6	1.5	0.4	1.6	3.2	6.7
Bosque Mesófilo de Montaña	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.8
Bosque Mesófilo de Montaña con vegetación secundaria	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3
Bosque mixto de Pinus-Quercus (incluye Quercus-Pinus)	7.3	2.2	1.3	2.7	0.3	1.2	1.4	1.5
Cuerpos de Agua	39.5	0.5	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	18.7
Frutales	0.0	0.6	0.9	3.2	0.0	1.0	0.8	0.9
Infraestructura	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
Invernaderos	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mancha Urbana	0.0	15.4	5.1	1.6	44.8	0.9	0.3	0.4
Mancha Urbana de baja densidad	5.2	8.7	2.5	0.9	13.6	0.4	0.1	0.5
Matorral Rosetófilo Cracicaule	0.0	0.3	0.2	0.9	0.1	0.3	0.0	0.0

Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Morelos



Clase agrológica

Clase de uso de suelo y vegetación	Clase agrológica							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Nopaleras	0.0	0.1	0.2	0.8	0.0	0.2	0.1	0.3
Parque Industrial	0.0	0.3	0.1	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0
Parques	0.0	0.4	0.2	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
Pastizal	1.1	7.4	6.7	5.0	4.7	3.0	1.7	2.4
Pastizal natural	0.0	3.3	0.8	1.0	0.2	1.0	1.2	0.3
Relleno Sanitario	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Selva Baja Caducifolia	0.0	6.2	5.6	21.9	3.4	37.7	46.3	26.1
Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria	0.0	13.9	11.1	24.0	5.4	25.2	20.3	13.1
Vegetación Riparia	0.0	5.7	3.9	4.7	2.7	6.0	7.1	8.6
Vegetación Secundaria	1.1	14.0	12.6	7.5	7.5	4.9	1.9	2.3
Vegetación Urbana	0.2	1.3	0.4	0.2	1.1	0.1	0.0	0.0
Zona Arqueológica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zonas Abiertas	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Total por clase	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0







---

## ANÁLISIS DE APTITUD

---

---

### INTRODUCCIÓN

---

La evaluación del territorio del estado se enmarca en la estrategia de planificación del uso del territorio que servirá a las autoridades para orientar la localización óptima de la población y de las actividades productivas, el manejo de los recursos naturales y áreas protegidas y el desarrollo de sistemas productivos sostenibles y la adecuación y recuperación del territorio.

El Ordenamiento Ecológico es un problema de decisión espacial complejo en tanto que involucra varios sectores socioeconómicos con intereses diferentes sobre la ocupación del territorio y el aprovechamiento de sus recursos naturales, y con actividades muchas veces incompatibles entre sí.

El análisis de aptitud es una estrategia útil para lidiar con este tipo de problemas, ya que permite evaluar las características del terreno que favorecen los distintos intereses sectoriales, y diseñar, a partir de esto, un patrón de ocupación del territorio que segregue las actividades incompatibles para resolver o prevenir los conflictos ambientales entre los grupos involucrados. Constituye el eje fundamental de los procesos de ordenamiento ecológico, ya que permite la optimización del uso actual del territorio, al consolidar formas de manejo presentes que sean compatibles con las cualidades y aptitudes del mismo, al mismo tiempo que orienta la búsqueda de alternativas para los casos en que las actuales o pasadas formas de manejo resulten inadecuadas.

---

### CONSIDERACIONES CONCEPTUALES

---

Antes de determinar la aptitud del territorio para las diferentes actividades sectoriales, es importante considerar algunos conceptos. De acuerdo al Reglamento en Materia de Ordenamiento ecológico de la LGEEPA, el análisis de aptitud puede definirse como el proceso que involucra la selección de alternativas de uso del territorio, entre lo que se incluye el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimientos de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad a partir de los atributos ambientales del área de estudio. Por lo tanto el objetivo de este análisis es la búsqueda de la solución óptima para la ocupación del territorio que potencialice la productividad de los sectores, reduciendo o minimizando los impactos con el fin de garantizar, como dice la definición, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y



la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. En el mismo reglamento, la aptitud se define como la capacidad del territorio para el desarrollo de actividades humanas, capacidad determinada por una serie de atributos ambientales que necesita cada sector para desarrollarse de manera óptima. Un atributo es una variable cualitativa o cuantitativa del territorio que influye en el desarrollo de las actividades humanas y de los demás organismos vivos. Por lo tanto para identificar la aptitud del territorio para los diferentes sectores económicos resulta necesaria la identificación de aquellos atributos ambientales que permiten su desarrollo de manera adecuada en un territorio.

Uno de los análisis más importantes que se generan a partir de la aptitud del territorio son los conflictos ambientales. El reglamento los define como la concurrencia de actividades incompatibles en un área determinada, es decir, el desarrollo o interés de desarrollo por dos o más sectores que no permiten el desarrollo óptimo del o de los otros o generan afectaciones entre sí, o se compromete el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales o la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Entonces para identificar las zonas potenciales de conflictos ambientales es necesario ubicar las zonas que interesan a varios sectores y evaluar la compatibilidad entre ellos. Sin embargo, en México a menudo los sectores no se desarrollan en las zonas más aptas. Existen diversas cuestiones políticas, económicas, sociales y culturales que determinan las zonas de mayor interés de cada uno de los sectores

Si es objetivo del análisis de aptitud, como lo marca el reglamento, identificar las áreas de interés para los sectores pero siempre garantizando el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, resulta necesaria la incorporación de un nuevo concepto, la presión sectorial. Esta se define como la capacidad de atracción del territorio para ser utilizado por parte de personas, organizaciones o instituciones para objetivos sectoriales que contemplan o no la sustentabilidad del área.

En resumen, la presión sectorial incluye aquellos territorios de interés sectorial cuyo uso para las actividades productivas no necesariamente garantiza mantener los bienes y servicios ambientales o conservar los ecosistemas y la biodiversidad. Por lo tanto para la evaluación de los conflictos ambientales es importante considerar esta presión e identificar en que zonas existe se ejerce con mayor intensidad.

Este análisis que permite analizar el comportamiento de ocupación del territorio de cada sector que no toma en cuenta ni el interés de los otros sectores ni el desarrollo sustentable, comportamiento que resulta ser muy común en el país. Será objeto del presente proceso de ordenamiento modificar dicho modelo de desarrollo fomentando que cada sector corrija esta conducta y se desarrolle únicamente en zonas de alta aptitud, es decir, óptimas para sus actividades y que garantizan mantener los bienes y servicios ambientales, ecosistemas y biodiversidad.



La planeación ambiental debe incorporar idealmente las percepciones de la población para lograr una determinación imparcial de la aptitud de uso del suelo, las zonas de presión y los conflictos resultantes. Sin embargo, debido a que estas determinaciones recaen en el conocimiento de expertos, no se puede obtener imparcialidad por sesgos personales y profesionales (Organización de los Estados Americanos, 1987). Este tipo de análisis estadísticos multivariados provee de métodos heurísticos para detectar los sesgos y por lo tanto facilitar el entendimiento de los conflictos ambientales.

La definición de los atributos ambientales para el análisis de aptitud se obtuvo a partir de los resultados del primer taller de participación pública, en el cual se definieron los diferentes sectores que inciden en el Estado, las actividades productivas que los conforman y los atributos necesarios para poder desarrollarse de manera óptima. Aquellos sectores o actividades que se han identificado o que han sido mencionados en otras reuniones de trabajo o talleres de participación, también fueron tomados en cuenta con el fin de establecer la presión sectorial, aptitud territorial y conflictos ambientales para cada uno de los actores que actualmente inciden en el área de estudio. Para los sectores y actividades que no fueron analizados en el taller de aptitud, su análisis se realizó de manera individual por parte de cada uno de los especialistas del grupo interdisciplinario.

En este paso, cada experto proponente de un sector o actividad productiva definió en forma preliminar la jerarquización de los atributos anteponiendo, generalmente, sus propios atributos. El orden y pertinencia de la jerarquización fue luego discutido con el grupo multidisciplinario para lograr un consenso de los atributos y evitar sesgos. Se evaluó la congruencia entre las actividades y atributos, la jerarquización propuesta en el taller y la disponibilidad de la información necesaria para cartografiar cada atributo, ya que el análisis de aptitud requiere de mapas estatales de cada uno de ellos.

Una vez definidos los sectores y sus actividades productivas, así como los atributos necesarios del territorio para su desarrollo y jerarquizarlos, se procedió a la creación de los mapas de presión y aptitud aplicando el análisis multicriterio (AMC).

El AMC permite analizar racionalmente aquellos fenómenos complejos, con instrumentos cuantitativos basados en la consistencia y lógica del proceso de decisión considerando las diversas fuentes de incertidumbre.

El AMC es un análisis que abarca seis componentes: una meta o conjunto de metas del tomador de decisiones; ii) el tomador de decisiones iii) un conjunto de criterios de evaluación; iv) un conjunto de alternativas; v) un conjunto de variables no controlables y vi) un conjunto de consecuencias asociado con cada alternativa (Malczewski, 1999).



Cuando el ser humano se enfrenta a problemas complejos, emplea intuitivamente procedimientos de análisis que descomponen el problema en elementos de más fácil comprensión. Una vez que estos elementos han sido comprendidos, la mente sintetiza los resultados encontrados para poder emitir un veredicto. Consecuente con esta manera de afrontar los dilemas. El AMC permite descomponer el problema en elementos de más fácil comprensión, utilizando una serie de atributos determinados para cada caso especial que permiten evaluar de manera más concreta cada una de las variables, donde cada atributo puede ser medido y evaluado.

El análisis de decisión multicriterio basado en Sistemas de Información Geográfica puede ser definido como un proceso que integra y transforma datos geográficos (mapas de atributos) y juicios de valor (las preferencias del analizador) para obtener la evaluación total de las alternativas de decisión (Borouhaki y Malczewski, 2008). El análisis multicriterio, a partir del uso de atributos representados espacialmente, establece un sistema de puntuación e identificar las mejores áreas para cada alternativa. Al ser aplicado a la planeación territorial identifica las zonas de mayor presión o aptitud, según sea el caso, para cada uno de los sectores.

Para poder agregar en un único valor los atributos ambientales para cada sector se utiliza la combinación lineal ponderada. La puntuación de la alternativa se obtiene multiplicando el peso relativo de cada atributo por el valor del atributo y sumar el producto obtenido para todos los atributos

$$A_i = \sum_j w_j x_{ij}$$

Dónde  $x_{ij}$  es la puntuación de la  $i$ ésima alternativa con respecto al  $j$ ésimo atributo, y el peso  $w_j$  es un peso normalizado de manera que  $\sum w_j = 1$ . Los pesos representan la importancia relativa de los atributos.

La ponderación se efectuó promediando los coeficientes sugeridos en el taller de participación y por los expertos con base en el proceso de proceso de jerarquía analítica (AHP por sus siglas en inglés) de Saaty<sup>5</sup> o método de comparación por pares. Los pesos se determinan normalizando el *eigenvector* asociado con el máximo *eigenvalor* del inverso de la matriz de cocientes.

Se crea primero una matriz de comparación por pares, construida poniendo en la primera columna y en la primera línea los atributos. En cada celda correspondiente al cruce entre un

---

<sup>5</sup>Saaty T. L., (1990). *The analytic Hierarchy Process: Planning, Priority setting, Resource allocation*. Pittsburgh, Pa: RWS Publications.





atributo leído en la primera columna y los atributos leídos a partir de la segunda columna se indica el valor de la comparación, asignado un valor de importancia de 1 a 9 si los atributos leídos en los renglones de la matriz son superiores a los atributos leídos en las columnas y el inverso del valor ( $1 \frac{1}{2}$ ,  $1/3$ ,  $1/4$ , ...  $1/9$ ) si los atributos de las columnas son más importantes que los de la línea se utilizará el inverso del valor. En la matriz ejemplo (TABLA 27), en el cruce entre la pendiente en horizontal y fertilidad en vertical se tiene el valor 2, lo que indica (TABLA 26) que la pendiente tiene importancia de igual a moderada con respecto a la fertilidad. En el cruce de fertilidad en horizontal contra pendiente en vertical se tiene el valor inverso ( $1/2$ ). En la diagonal los valores son todos 1 ya que se indica la importancia de un atributo con respecto a si mismo.

TABLA 26. ESCALA DE LAS COMPARACIÓN POR PARES EN EL MÉTODO DE SAATY.

Intensidad de importancia	Definición
1	Misma importancia
2	Misma a moderada importancia
3	Moderada importancia
4	Moderada a fuerte importancia
5	Fuerte importancia
6	Fuerte a muy fuerte importancia
7	Muy fuerte importancia
8	Muy a extrema fuerte importancia
9	Extrema importancia

En el siguiente ejemplo se crea una matriz de los atributos para el sector agrícola: pendiente, fertilidad del suelo y disponibilidad de agua.

TABLA 27. COMPARACIÓN POR PARES DE LOS ATRIBUTOS

Criterio	Pendiente	Fertilidad	Disponibilidad de agua
Pendiente	1	2	1/9
Fertilidad	1/2	1	1/5
Disponibilidad de agua	9	5	1



El cálculo de los pesos se realiza dividiendo la suma de las columnas, normalizando cada valor de la matriz dividiéndolo por el total de su columna y luego sumando las líneas y dividiendo el total entre el número de atributos. De esta forma se tiene una aproximación del peso de cada uno de los atributos.

TABLA 28. DETERMINACIÓN DE LOS PESOS RELATIVOS DE LOS ATRIBUTOS

Atributo	Paso 1			Paso 2			Peso 3
	P	F	D	Pn	Fn	Dn	Pesos (Pn+Fn+Dn)/3
<b>Pendiente (P)</b>	1.00	2.00	0.11	0.10	0.25	0.08	0.14
<b>Fertilidad (F)</b>	0.50	1.00	0.20	0.05	0.13	0.15	0.11
<b>Disponibilidad de agua (D)</b>	9.00	5.00	1.00	0.86	0.63	0.76	0.75
<b>totales</b>	10.50	8.00	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00

P, F y D son los atributos definidos con su inicial

Pn, Fn y Dn son los atributos normalizados por el total de la columnas P, F y D

Los análisis se efectúan tomando como unidad de análisis el pixel que para el presente estudio es de 100 por 100 m (10,000 m<sup>2</sup>).

### Resultados

En diferentes reuniones interdisciplinarias y en el taller de participación pública se identificaron ocho sectores principales correspondientes a diez actividades que se encuentran presentes en Morelos y se desarrollan en su territorio. Dichos sectores fueron los siguientes: agropecuario (agricultura de riego, agricultura de temporal, ganadería extensiva), conservación y manejo de recursos naturales (conservación, aprovechamiento forestal y ecoturismo), turismo, asentamientos humanos, industria y minería. En el taller de participación se identificaron algunos otros sectores, sin embargo no actúan en el territorio por lo que no serán objeto del presente análisis, tales como el sector cultural, el sector salud, el sector educación, el sector comercio, el sector transporte, entre otros que en general actúan



al interior de los asentamientos humanos. El sector infraestructura también fue identificado, sin embargo se determinó que resulta casi imposible definir atributos ambientales para el desarrollo del mismo, ya que existen muchos tipos de infraestructura cuyo desarrollo está ligado con los sectores asentamientos humanos e industria.

Para cada actividad se elaboró una tabla en la que se registró la presencia o la ausencia de atributos o indicadores ambientales tomados como descriptores de la calidad del ambiente y que en sí definen a cada uno de las actividades descritas. Los atributos se encuentran en la fase de caracterización.

Únicamente para algunas de estas actividades se realizó el análisis de presión, ya que hay sectores que no presentan una presión tal que afecte a otros sectores o que comprometa el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales o la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

Para cada actividad se definieron de esta forma una serie de atributos ambientales que determinan si una zona es de interés para el mismo o no. En algunos casos estos atributos varían entre la aptitud y la presión, aunque sean los mismos. Como se comentó anteriormente, se tienen que diferenciar las zonas que efectivamente son aptas para el desarrollo del sector de las zonas donde este sector tiene interés por desarrollarse considerando las áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad y aquellas para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales identificadas en el capítulo anterior. De esta manera se excluyen de la aptitud aquellas zonas que aunque tengan características que interesan al sector presentan una alta prioridad para alguno de los dos aspectos ambientales. Para ello se generaron dos coeficientes derivados de los análisis de ambas variables, cada una de ellas presenta valores jerárquicos de 0 a 10, donde el 10 representa el valor máximo de prioridad para cualquiera de los dos aspectos. Al multiplicar los mapas de presión sectorial por estos coeficientes los valores de aptitud para el sector disminuyen o se mantienen iguales.

Las capas de áreas prioritarias se reclassificaron con valores de 0 a 1, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** De esta manera el resultado obtenido garantiza que las áreas de mayor prioridad presentaran valores de aptitud nulos o muy bajos, dependiendo de su importancia, garantizando que si el sector se desarrolla en las zonas identificadas como aptas, no compromete la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad o el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales.



TABLA 29. VALORES ASIGNADOS POR VALOR DE PRIORIDAD.

Valor de prioridad	Valor asignado para la generación del coeficiente
0-5	1.0
5-6	0.8
6-7	0.6
7-8	0.4
8-9	0.2
9-10	0

Adicionalmente para algunos casos se utilizó un coeficiente del riesgo de inundación y otro del riesgo de deslizamientos, generados de igual manera que los coeficientes de áreas prioritarias, los coeficientes o atributos diferenciados para diferenciar las zonas de presión y aptitud se describen para cada caso.

$$Apt_i = P_i * Apceb_r * Ambsa_r$$

Dónde

$Apt_i$  = aptitud para el sector i

$P_i$  = Presión para el sector i

$Apceb_r$  = Puntuación como áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad recalculada con base en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

$Ambsa_r$  = Puntuación como área para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales recalculada con base en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

---

## SECTOR AGROPECUARIO

---

### AGRICULTURA DE RIEGO

---

La agricultura de riego en el estado de Morelos según el INEGI (2009) representa el 31.5% (41,124 ha) de la superficie sembrada y el 30.3% (38.759 ha) de la cosechada, sin embargo representa el 50% del valor de la producción agrícola. Representa la actividad agrícola más rentable y los cultivos obtenidos son comercializados. La disponibilidad del agua para mantener los cultivos y responder a la demanda comercial, con productos como la caña de azúcar, el sorgo, el jitomate, etc., es uno de los factores determinantes para que esta actividad sea de gran importancia económica en algunas regiones del estado. Pero también la mayor atención que el estado presta a la agricultura de riego, impulsándola con programas y presupuesto bajo el supuesto que esta es una forma de generar el desarrollo del campo morelense, ha desfavorecido cualquier otro tipo de sistema productivo agrícola.

El principal cultivo es la caña de azúcar (Figura 26), sin embargo también existen importantes áreas de siembra de arroz, algunos invernaderos, así como la producción de flores de ornato y hortalizas.



FIGURA 26. AGRICULTURA DE RIEGO EN MIACATLÁN, MORELOS

Para definir las áreas con mayor potencial para el desarrollo de la agricultura de riego los atributos identificados fueron disponibilidad de agua, pendiente, fertilidad del suelo y accesibilidad, presentados en el capítulo de caracterización.

Una vez jerarquizados los atributos se procedió a determinar los coeficientes para cada uno de ellos, utilizando el método de Saaty se obtuvieron los valores para cada uno de los atributos ambientales los cuales se presentan en la Tabla 30.





TABLA 30. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN SECTORIAL DE LA AGRICULTURA DE RIEGO.

Atributos	Disp. de agua	Pendiente	Fertilidad	Accesibilidad
<b>Disp. de agua</b>	1.000	2.000	3.000	4.000
<b>Pendiente</b>	0.500	1.000	2.000	3.000
<b>Fertilidad</b>	0.333	0.500	1.000	2.000
<b>Accesibilidad</b>	0.250	0.333	0.500	1.000
<b>totales</b>	2.083	3.833	6.500	10.000

Atributos	Disp. de agua	pendiente	fertilidad	Accesibilidad	Pesos
<b>disp. de agua</b>	0.480	0.522	0.462	0.400	0.466
<b>pendiente</b>	0.240	0.261	0.308	0.300	0.277
<b>fertilidad</b>	0.160	0.130	0.154	0.200	0.161
<b>accesibilidad</b>	0.120	0.087	0.077	0.100	0.096

Entonces se aplica la fórmula:

$$PrsAR = (0.466 * D_A) + (0.277 * P_r) + (0.161 * F_s) + (0.096 * A_c)$$

Lo que permite identificar zonas que potencialmente son de interés para el sector. Finalmente para identificar con mayor precisión las zonas de presión sectorial, se eliminan todas aquellas áreas donde esta presión ya no existe debido a que han sido ocupadas por otros sectores y han perdido su potencial para la agricultura como las zonas ya urbanizadas, los bancos de materiales y las zonas industriales

Las zonas de mayor interés para la agricultura de riego se localizan en su gran mayoría relacionadas con los principales valles aluviales del Estado. Cada escurrimiento tiene zonas agrícolas en su zona de influencia. Los principales corredores agrícolas son aquellos relacionados con los ríos Apatlaco, que desciende desde Zapata y Cuernavaca, cruzando Xochitepec, Zacatepec, hasta unirse en Tlaltizapan con el corredor del río Yautepec que desciende desde Yautepec hacia Tlaltizapan, uniéndose con el río Apatlaco y cruzando Jojutla y Tlaquiltenango. Otro corredor de alto interés para la agricultura de riego se encuentra en la zona de influencia del río Tembembe, que cruza los municipios de Miacatlán, Mazatepec, Tetecala y Coatlán del Río. El corredor del río Cuautla también presenta grandes zonas de interés agrícola en su zona de influencia, que se extienden desde Cuautla, cruzando Ayala hasta introducirse en Tlaquiltenango, todos estos afluentes desembocan en el río Amacuzac el



cual también en su zona de influencia presenta zonas agrícolas en los municipios de Amacuzac y Puente de Ixtla. Otras zonas de interés alto se localizan en los municipios de Tepalcingo y Axochiapan (Figura 27).

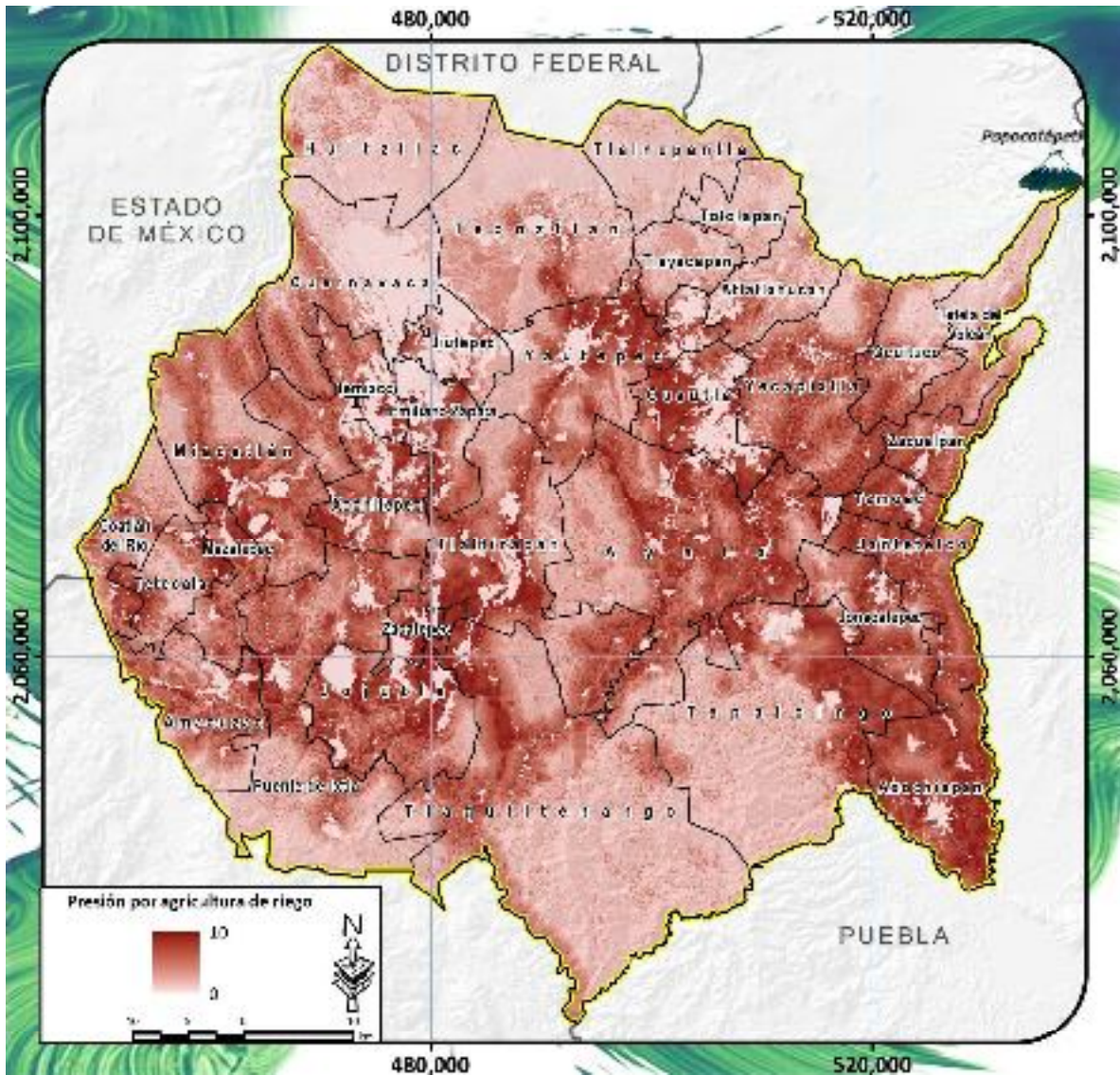


FIGURA 27. MAPA DE PRESIÓN SECTORIAL DE LA AGRICULTURA DE RIEGO.



Como ya se mencionó, para definir la aptitud territorial para la agricultura de riego resulta importante tomar en cuenta las áreas prioritarias, por lo que el resultado del análisis de presión fue multiplicado contra el coeficientes de conservación de ecosistemas y biodiversidad, obteniendo así las zonas que efectivamente interesan al sector pero que al mismo tiempo no afectan la conservación. Como puede observarse en la Figura 28 las zonas de aptitud no son realmente diferentes a las de presión, y aunque se puede observar que algunas zonas de presión desaparecen en el mapa de aptitud, estas tenían valores medios o bajos, la mayoría de ellas localizadas en la rivera de los ríos, zonas donde aún existen corredores riparios que deben preservarse y en algunas zonas altas donde aunque existan zonas planas con suelos fértiles la deficiencia de agua restringe por completo la actividad, por lo que realmente estas zonas no son de interés real para las actividades agrícolas de riego.



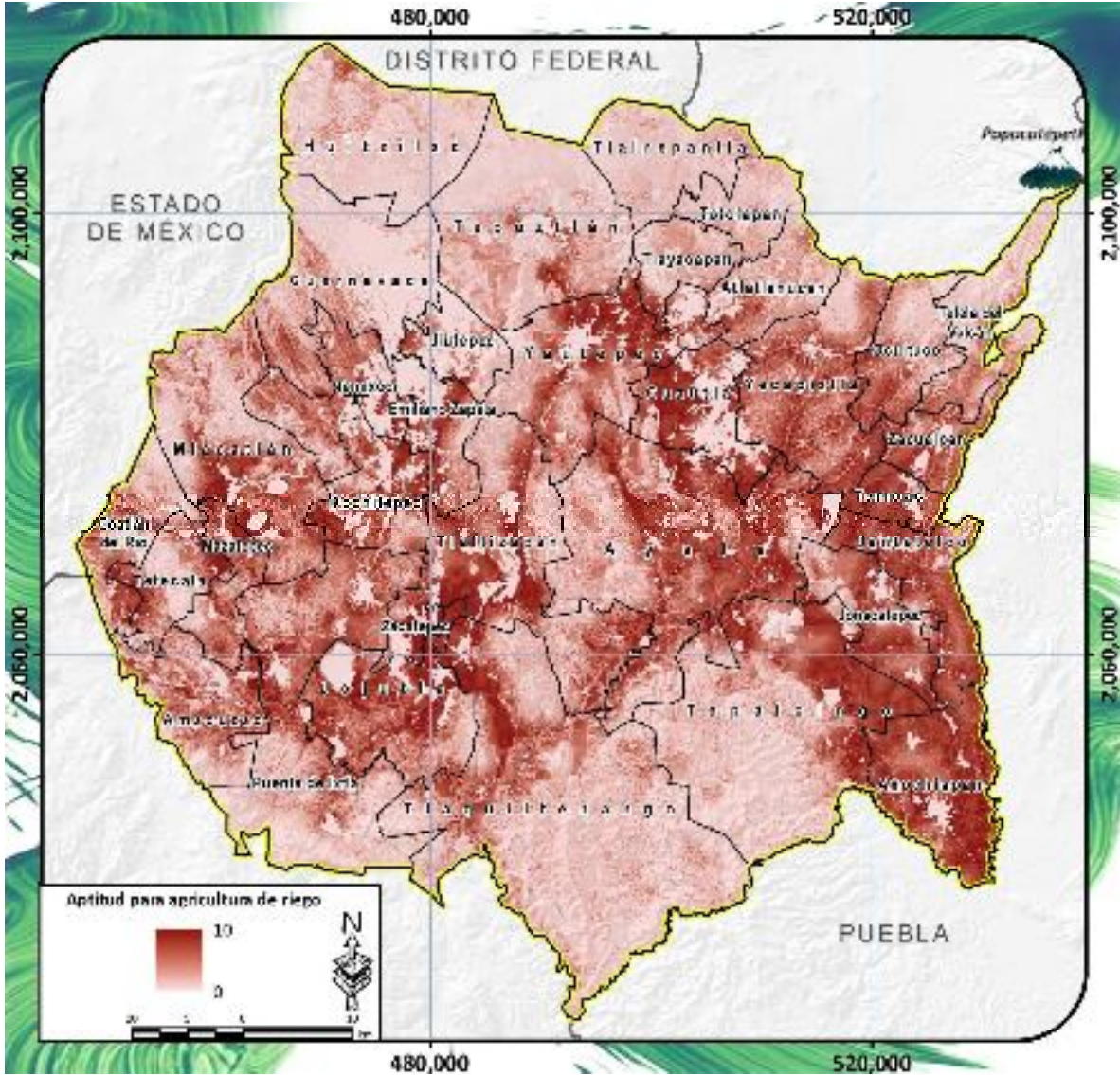


FIGURA 28. MAPA DE APTITUD PARA LA AGRICULTURA DE RIEGO.

### AGRICULTURA DE TEMPORAL

La agricultura de temporal en conjunto con las actividades productivas del sector primario aportan relativamente poco a la economía estatal (3.22% del PIB Morelos), no obstante continua siendo una actividad importante sobre todo considerando que en muchas de las comunidades del Estado representa el sustento de la familia campesina. Aunque cabe



mencionar que algunos cultivos poseen mayor relevancia económica, como el sorgo que es la materia prima para la elaboración de alimentos balanceados.

De acuerdo con la información proporcionada por el censo agropecuario 2007 de INEGI, en el Estado de Morelos la agricultura de temporal se desarrolla en una superficie de 108,296 ha. Conforme a la información proporcionada en el portal OIEDRUS Morelos los cultivos que mayor superficie demandan son el Sorgo en grano con una superficie de 41,202.3 Ha, el Maíz de grano con 25,623.90 Ha (Figura 29), el tomate verde con 2,284 Ha y el tomate rojo con 1,887 ha.



FIGURA 29. AGRICULTURA DE TEMPORAL EN FRONTERA CON ECOSISTEMAS NATURALES EN JANTETELCO, MORELOS.

Actualmente muchas áreas de temporal han sido abandonadas debido a la baja rentabilidad de la actividad y la disminución de la productividad de las tierras, sin embargo como ya se ha comentado algunas zonas aun presentan crecimiento a costa de ecosistemas naturales, principalmente en terrenos con bajo potencial productivo que producen unos cuantos años y al cabo de un tiempo sus suelos se empobrecen y son finalmente abandonados para ser reemplazados por un nuevo predio. Resulta importante identificar aquellas áreas que podrían interesar a la actividad con el fin de identificar cuáles de ellas presentan características que no recomiendan que la actividad se desarrolle aunque interese al sector. Para determinar aquellas áreas donde la agricultura de temporal podría tener interés para desarrollarse se definieron en el taller de participación los siguientes atributos: fertilidad del suelo, precipitación, pendiente y accesibilidad.

Una vez identificados y jerarquizados los atributos se procedió a determinar los coeficientes para cada uno de ellos. Utilizando el método de Saaty se obtuvieron entonces los valores para cada uno de los atributos ambientales los cuales se presentan en la Tabla 31.





TABLA 31. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN SECTORIAL DE LA AGRICULTURA DE TEMPORAL.

Atributo	fertilidad	pendiente	accesibilidad	precipitación
<b>fertilidad</b>	1.000	2.000	3.000	4.000
<b>pendiente</b>	0.500	1.000	2.000	3.000
<b>accesibilidad</b>	0.333	0.500	1.000	2.000
<b>precipitación</b>	0.250	0.333	0.500	1.000
	2.083	3.833	6.500	10.000

Atributo	fertilidad	pendiente	accesibilidad	precipitación	Peso
<b>fertilidad</b>	0.480	0.522	0.462	0.400	0.466
<b>pendiente</b>	0.240	0.261	0.308	0.300	0.277
<b>accesibilidad</b>	0.160	0.130	0.154	0.200	0.161
<b>precipitación</b>	0.120	0.087	0.077	0.100	0.096

Entonces se aplica la fórmula:

$$Pr_{sAT} = (0.466 * F_s) + (0.277 * P_T) + (0.161 * A_c) + (0.096 * P_{RC})$$

El resultado permitió identificar aquellas zonas que podrían presentar interés potencial por el sector, sin embargo, al igual que con la agricultura de riego, resultó necesario eliminar aquellas áreas donde esta presión ya no existe debido a que han sido ocupadas por otros sectores y han perdido su potencial para la agricultura como las zonas ya urbanizadas, los bancos de materiales y las zonas industriales. Además fue necesario eliminar las zonas que actualmente cuentan con agricultura de riego ya que en estas no existe interés por desarrollar actividades de temporal debido a que se cuenta con agua todo el año.

En la Figura 30 se pueden observar aquellas zonas de interés para la agricultura de temporal. La presión de este sector se localiza principalmente en los piedemonte, donde aún existe una pendiente moderadamente adecuada para el desarrollo de la agricultura y una buena accesibilidad, así como en algunos valles agrícolas ubicados principalmente en la zona oriente del estado donde hay pocas zonas de riego, se puede percibir un . Gran parte de los sistemas cerriles presenta valores muy altos en sus faldas. Se puede observar un cinturón muy bien delimitado que cruza de poniente a oriente el Estado, donde se acentúan las zonas de interés para el sector, únicamente interrumpiéndose con los corredores de riego, zonas urbanas y las zonas norte y sur muy accidentadas que se localizan en este valle. Aunque presentan algunas zonas aisladas con características adecuadas en su mayoría tienen como limitante la topografía accidentada, menor accesibilidad y suelos menos fértiles.



La agricultura de temporal constituye una de las principales causas de deterioro de los ecosistemas. Aun en la actualidad en el estado de Morelos, existen múltiples zonas de interés que podrían potencialmente convertirse en zonas agrícolas de temporal, sin embargo, es importante identificar aquellas áreas donde esta debe restringirse con el fin de garantizar la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad Morelense. Por lo que para definir las áreas de aptitud resultó necesario la incorporación del coeficiente de áreas prioritarias, con lo que se garantiza que las zonas que se determinen como aptas para desarrollar la actividad y que sean consideradas para la aplicación de estrategias ambientales para mejorar sus condiciones no representan zonas importantes de ecosistemas y la biodiversidad no se vea afectada.

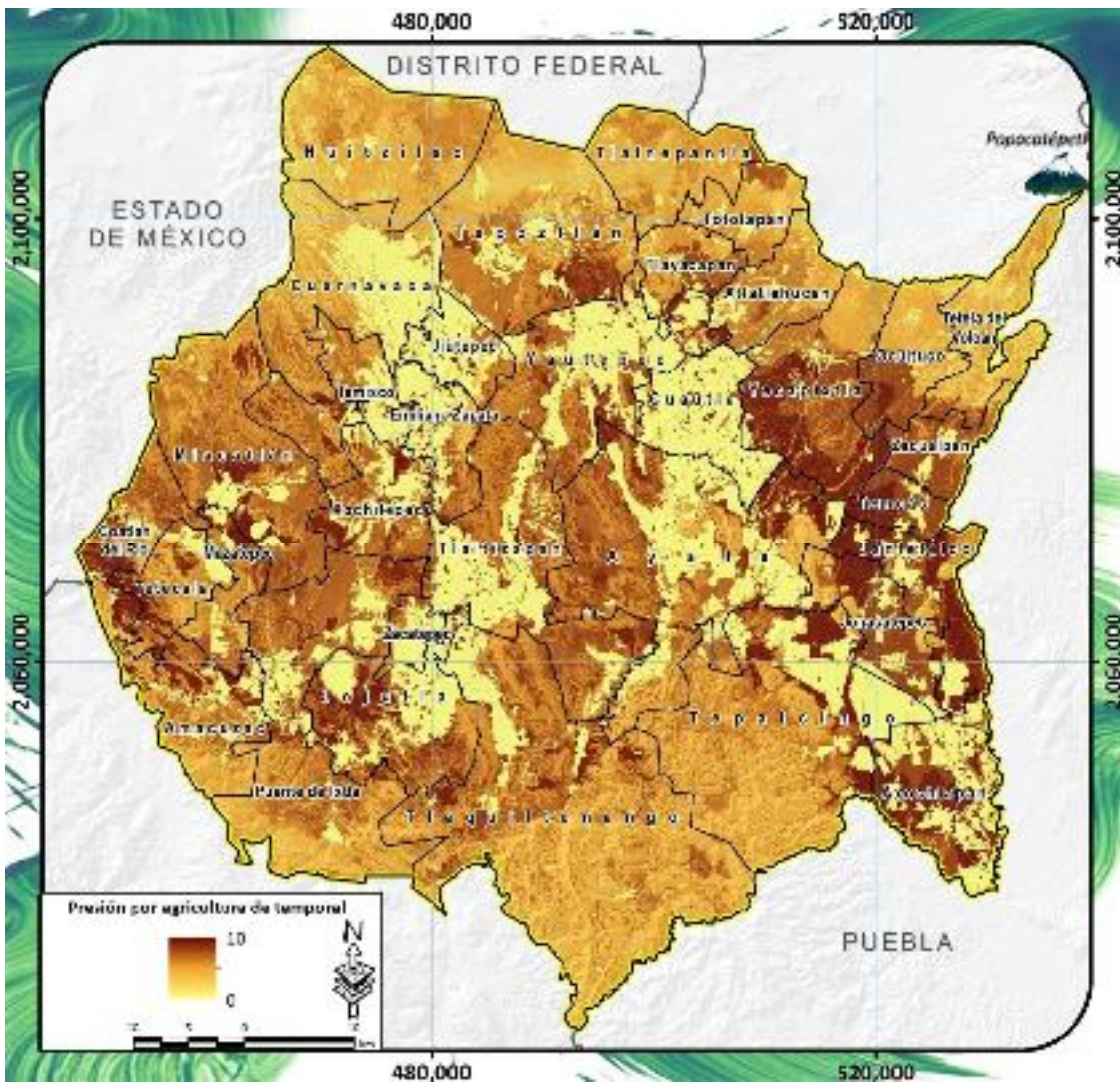


FIGURA 30. MAPA DE PRESIÓN DE AGRICULTURA DE TEMPORAL.



Una vez aplicado el coeficiente a la capa de presión, se obtuvieron las zonas aptas para el desarrollo de la actividad (Figura 31), las cuales representan una superficie considerablemente menor. Muchas zonas que podrían tener alto interés por el sector representan zonas de gran relevancia ambiental, en estas zonas resultara importante reducir la presión por parte de las actividades agropecuarias mediante la aplicación de alternativas productivas y proyectos de reconversión, así como estrategias ambientales con el fin de recuperar las zonas que ya han sido afectadas. Las zonas donde la actividad tiene una alta aptitud para desarrollarse se encuentran muy bien delimitadas, muchas de ellas ya actualmente son aprovechadas por esta actividad y muchas de ellas ya han sido abandonadas por la reducción de la productividad de los terrenos, será necesario implementar estrategias ambientales que tengan por objeto la recuperación de los suelos agrícolas, así como la búsqueda de cultivos alternativos que ofrezcan una mayor productividad. Las zonas de mayor superficie de aptitud se localizan en diferentes fragmentos en la zona poniente en los municipios de Coatlán, Tetetcalá, Mazatepec, Miaatlán, Xochitepec y Jojutla, mientras que la zona oriente presenta grandes valles aptos principalmente en los municipios de Yecapixtla, Temoac, Jantetelco, Jonacatepec y Axochiapan.



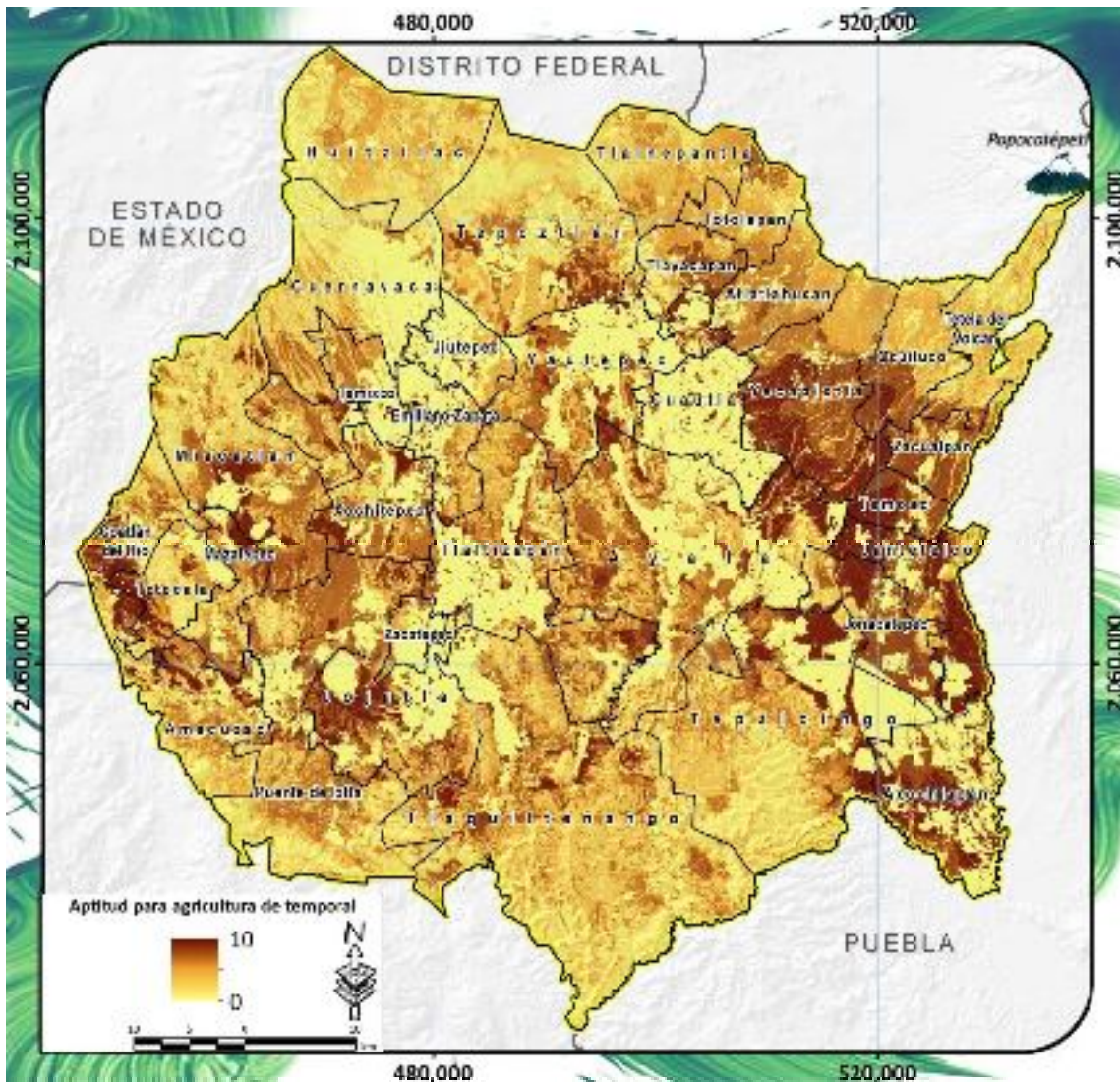


Figura 31. Mapa de aptitud para agricultura de temporal.

### GANADERÍA EXTENSIVA

En el Estado de Morelos la ganadería bovina se distingue por realizarse de manera extensiva, utilizando espacios que en su mayoría no son los más adecuados o se utilizan para realizar otras actividades productivas, un ejemplo son las áreas agrícolas de temporal que entrando el periodo de secas adquieren la función de potreros para aprovechar los rastrojos de las cosechas. Las zonas del estado en que se desarrolla esta actividad son el corredor Cuernavaca – Cautla que incluye a los municipios de Cuernavaca, Temixco, Emiliano Zapata, Jiutepec, Xochitepec, Yautepec, Cautla, Yecapixtla y Ayala, en donde se genera el 30.5% del valor total de la producción; al Sur del Estado, en los municipios de Tlaltizapán, Tlaquiltenango y Jojutla,



en donde se genera el 14% del valor total de la producción, y al Sur Oriente en los municipios de Tepalcingo y Axochiapan (9% de la producción) y de Amacuzac - Puente de Ixtla, con el 8.6% del valor de la producción (Programa Morelos de Desarrollo Rural Sustentable 2007-2012).



**Figura 32. Ganadería extensiva en Tetecala, Morelos.**

Para determinar aquellas áreas donde la ganadería intensiva podría tener interés para desarrollarse se definieron en el taller de participación los siguientes atributos:

Una vez identificados y jerarquizados los atributos se procedió a determinar los coeficientes para cada uno de ellos. Utilizando el método de Saaty se obtuvieron entonces los valores para cada uno de los atributos ambientales los cuales se presentan en la (





Tabla 32).



TABLA 32. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN SECTORIAL PARA EL SECTOR GANADERÍA EXTENSIVA.

<b>Ganadería</b>			
	Vegetacion	disp agua	accesibilidad
<b>Vegetacion</b>	1.00	1.00	2.00
<b>disp agua</b>	1.00	1.00	2.00
<b>accesibilidad</b>	0.50	0.50	1.00
	2.50	2.50	5.00

	Vegetacion	disp agua	accesibilidad		
<b>Vegetacion</b>	0.400	0.400	0.400	0.400	Vegetacion
<b>disp agua</b>	0.400	0.400	0.400	0.400	disp agua
<b>accesibilidad</b>	0.200	0.200	0.200	0.200	accesibilidad

Entonces se aplica la fórmula:

$$PrsGE = (0.4 * V_A) + (0.4 * D_A) + (0.2 * A_C)$$

Después del resultado obtenido se eliminaron aquellas zonas donde ya no es posible el desarrollo del sector tales como zonas urbanas, industriales, bancos de materiales y cuerpos de agua y también aquellas zonas donde la presión sectorial es prácticamente nula como las áreas agrícolas de riego, donde la presión no existe actualmente debido a que la agricultura de riego aun es una actividad rentable.

Además de las zonas que fueron eliminadas la mayor parte del estado presenta una presión potencial por parte de la ganadería extensiva. Prácticamente la mayoría de las zonas que no son ocupadas para agricultura de riego y que se encuentran fuera de zonas industriales y urbanas podrían potencialmente ser de interés para el sector pecuario. Únicamente aquellas zonas de menor accesibilidad, como el corredor biológico Chichinautzin y las faldas del Popocatepetl al norte y al sur la zona de cerro frío presentan valores bajos. Las zonas que potencialmente presentan una mayor presión se localizan al oriente en los municipios de Yecapitzla, Temoac, Jantetelco y Jonacatepec (Figura 33).

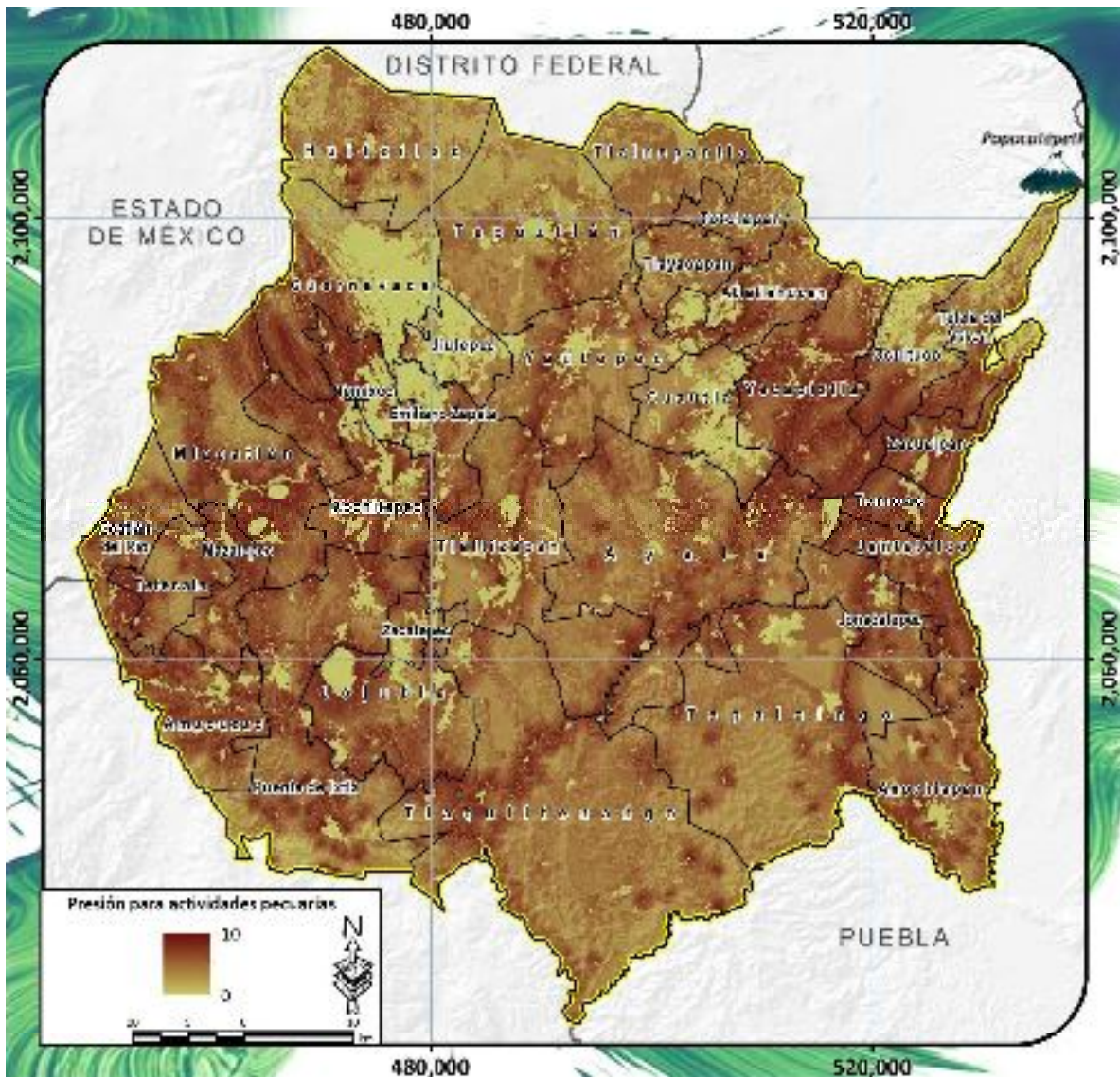


FIGURA 33. MAPA DE PRESIÓN DE GANADERÍA EXTENSIVA.

Debido al alto impacto que esta actividad genera sobre los ecosistemas, degradándolos gradualmente hasta generar pérdidas importantes de ecosistemas, biodiversidad y disminuyendo la capacidad para generar servicios ambientales, para la determinación de las zonas de aptitud para estas actividad fue necesario la aplicación del coeficiente de áreas prioritarias.

Las zonas de aptitud están distribuidas principalmente hacia la zona oriente del Estado, en Tecapixtla, Temoac y Jantetelco se puede observar una gran zona con alto potencial para el desarrollo de la ganadería extensiva, de igual manera en la región poniente en los municipios





de Miaatlán, Temixco, Mazatepec, Tetecala y Jojutla, se pueden observar algunas zonas de alta aptitud (Figura 34).

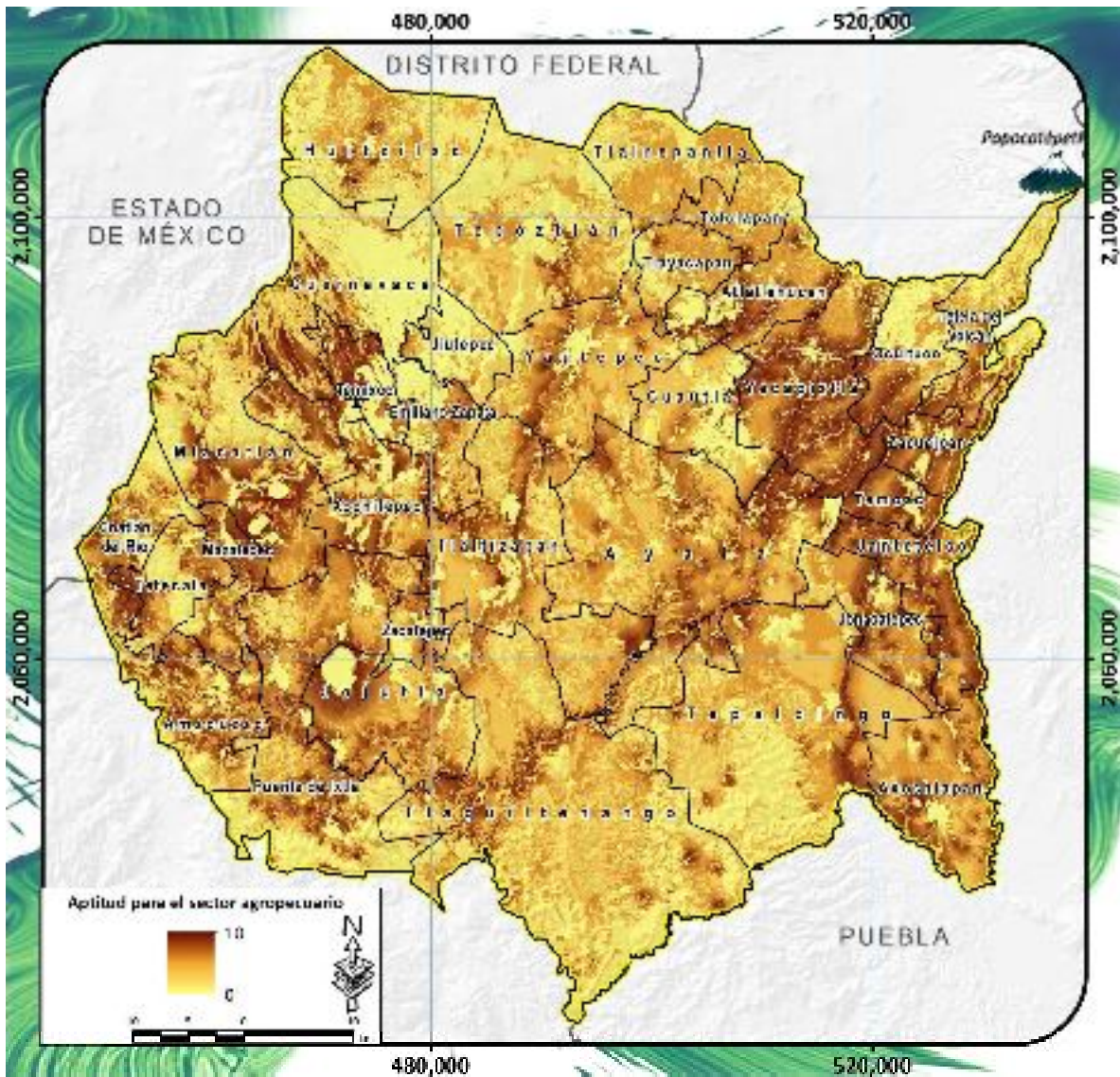


FIGURA 34. MAPA DE APTITUD PARA GANADERÍA EXTENSIVA.



---

## SECTOR CONSERVACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES

---

Existen diversas actividades que se llevan a cabo en las áreas de conservación, es decir, aquellas zonas que aun presentan ecosistemas en buen estado de conservación. Las actividades más importantes que fueron identificadas en el taller de participación para este sector fueron el aprovechamiento forestal maderable, no maderable y las actividades de turismo alternativo o ecoturismo.

---

### APROVECHAMIENTO FORESTAL MADERABLE

---

El sector forestal en el estado de Morelos se desarrolla en los ecosistemas de selva baja caducifolia y bosque templado principalmente de pino distribuidos en el sur y norte respectivamente. En el norte del estado se aprovecha principalmente especies del género *pinus* mediante permisos que expide la CONAFOR a comunidades de los municipios de Huitzilac, Tepoztlán, Tlalnepantla y Tetela del Volcán, también se realizan recolección de leña para autoconsumo en prácticamente todas las comunidades con bosque templado y esta es regulada mediante permisos que expiden los comisariados de bienes comunales. La actividad forestal maderable también tiene representatividad en la selva baja caducifolia, ahí se aprovechan diferentes especies propias de selva seca como son; el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), tepemezquite (*Lysiloma divaricata*), caobilla (*Swietenia humilis*), etc. principalmente para poste. También existe en menor proporción el aprovechamiento de leña para comercialización, aunque la mayor parte de leña recolectada sigue siendo de autoconsumo y se regula por permisos que expide la CONAFOR en colaboración con los comisariados de los ejidos.





**FIGURA 35. APROVECHAMIENTO MADERABLE EN HUITZILAC, MORELOS**

Los atributos ambientales propuestos en el taller de participación para la definición de las zonas con potencial para la actividad son: vegetación con especies maderables, accesibilidad, pendiente y zonas frágiles.

Los atributos ambientales ya jerarquizados fueron ponderados utilizando el método de Saaty obteniendo así los coeficientes para cada uno de ellos de acuerdo a la presión sectorial (



Tabla 33).



TABLA 33. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN PARA ACTIVIDADES FORESTALES MADERABLES.

atributos	veg maderable	accesibilidad	pendiente	fragilidad
veg maderable	1.000	2.000	3.000	3.000
accesibilidad	0.500	1.000	2.000	2.000
pendiente	0.333	0.500	1.000	1.000
fragilidad	0.333	0.500	1.000	1.000
<b>totales</b>	<b>2.167</b>	<b>4.000</b>	<b>7.000</b>	<b>7.000</b>

atributos	veg maderable	accesibilidad	pendiente	fragilidad	Pesos
veg maderable	0.462	0.500	0.429	0.429	0.455
accesibilidad	0.231	0.250	0.286	0.286	0.263
pendiente	0.154	0.125	0.143	0.143	0.141
fragilidad	0.154	0.125	0.143	0.143	0.141

Se aplicó la fórmula

$$PrsAF = (0.455 * V_M) + (0.263 * A_C) + (0.141 * P_T) + (0.141 * F_E)$$

Posteriormente todas las zonas que no presentan especies maderables fueron eliminadas con el fin de identificar aquellas áreas que potencialmente interesan al sector. Las áreas con mayor presión del sector se restringen a aquellas áreas donde existen recursos forestales de mayor valor económico. La zona norte del Estado presenta bosques templados de pino y oyamel los cuales económicamente representan los ecosistemas de mayor potencial, por lo que las zonas de mayor presión se localizan en los municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlán, Tlalnepantla y Tetela del Volcán. Las zonas más cálidas hacia el sur del Estado presentan una presión media en los macizos de selva baja caducifolia y bosques de encino (Figura 36).

Para identificar aquellas zonas aptas para el desarrollo del sector se determinó el uso de una máscara o limitante de pendiente, debido a que las zonas con pendientes mayores de 45% tienen un alto riesgo de degradación si son alteradas por lo que estas zonas fueron eliminadas del resultado obteniendo así las zonas que potencialmente podrían aprovecharse sin comprometer la conservación de ecosistemas o biodiversidad.

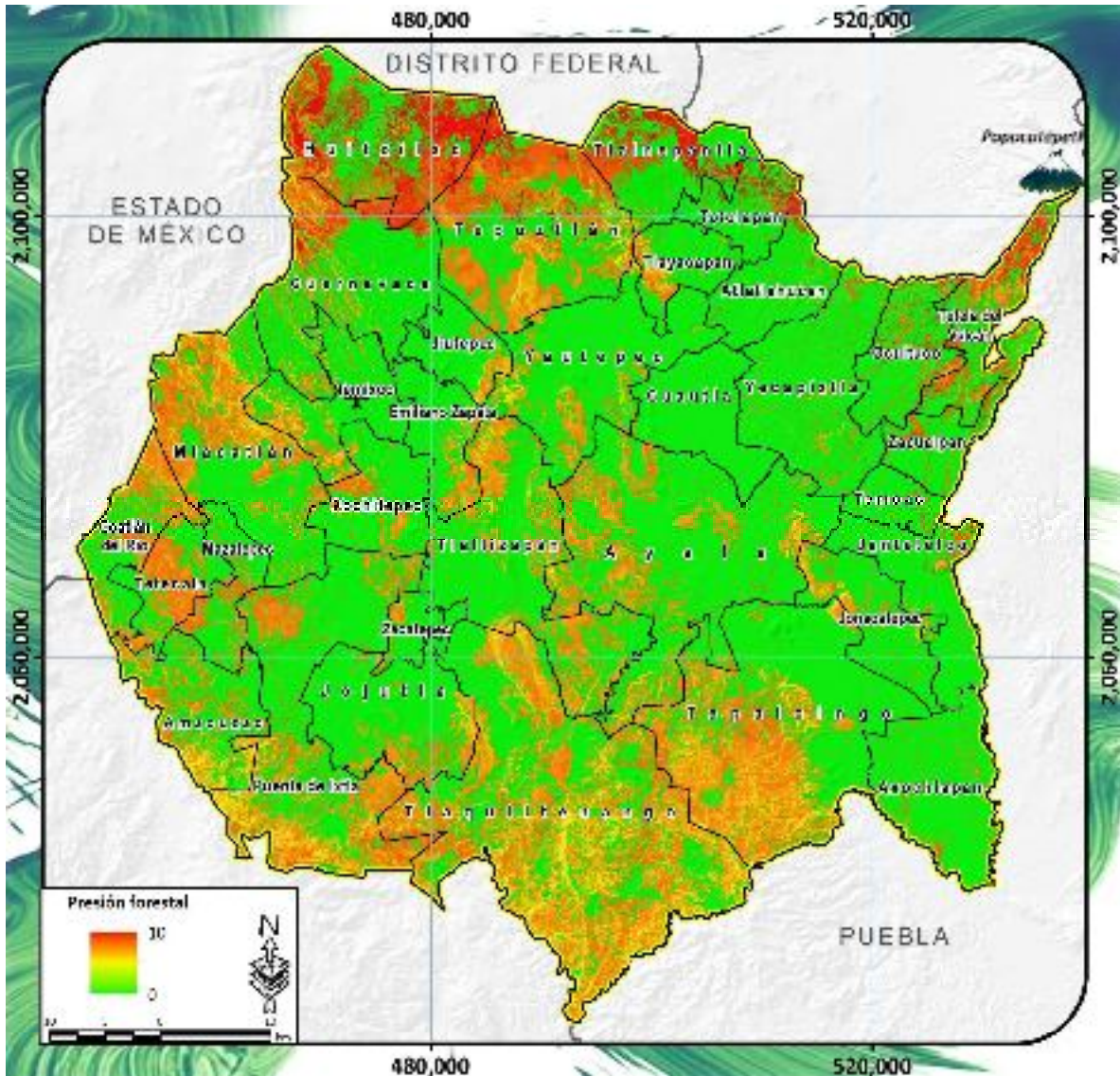


FIGURA 36. MAPA DE PRESIÓN DE ACTIVIDADES FORESTALES MADERABLES.

Las áreas aptas para el desarrollo del sector entonces presentan una gran coincidencia con las zonas de presión, sin embargo las zonas de muy alta aptitud se encuentran mejor delimitadas a los municipios de Huitzilac, principalmente en su zona oriente en Tepoztlan y en Tlalnepantla, debido a que en la zona de lagunas de Zempoala los valores disminuyen considerablemente (Figura 37). En la etapa de modelo se deberán establecer estrategias y criterios de regulación ecológica con el propósito de determinar cómo deberán desarrollarse los aprovechamientos en las zonas de conservación, y también se determinará que zonas aunque presenten aptitud para su aprovechamiento deberán ser consideradas como de





protección o preservación y deberá limitarse la actividad con el fin de conservar aspectos de los ecosistemas o especies que resultan vulnerables ante la actividad forestal.

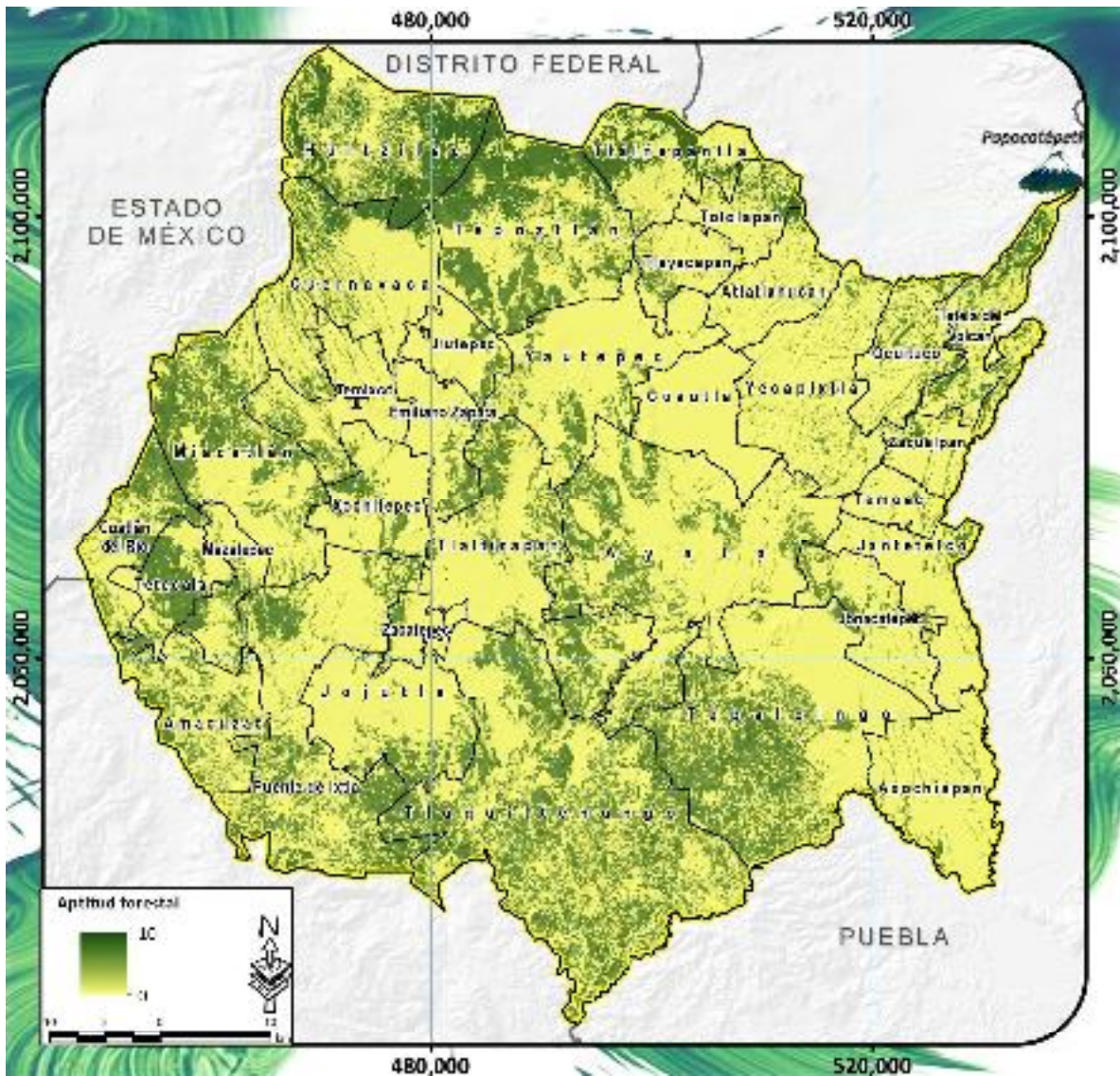


FIGURA 37. MAPA DE APTITUD PARA ACTIVIDADES FORESTALES MADERABLES.



### APROVECHAMIENTO FORESTAL NO MADERABLE

Existen varios recursos no maderables en los ecosistemas que predominan en el estado de Morelos. En algunos casos la extracción es de bajo impacto como el aprovechamiento de hongos, quelites, frutos silvestres y varas tutor para jitomate, actividades que se distribuyen en el norte del estado en los municipios de Huitzilac, Yautepec, Tepoztlán, Totolapan, Ocuituco, Tlalnepantla, Tlayacapan y Tetela del Volcán. Para la zona sur son los municipios que se encuentran dentro de la Reserva de la Biosfera de Sierra de Huautla son los que realizan estos aprovechamientos. La extracción de copal y cortezas medicinales en el sur del Estado impactan en mayor medida ya que la mala extracción de dichos productos puede ocasionar la muerte de los árboles y un daño a sus poblaciones (*Bursera sp.* y *Amphiterygium adstringens*). Un problema similar ocurre en los municipios del norte, donde el la mala extracción del ocote ocasiona la muerte del árbol. Existe en Morelos en el municipio de Huitzilac principalmente el aprovechamiento de tierra de hoja. Este aprovechamiento se realiza con permiso de la CONAFOR y consiste en la remoción del mantillo del suelo para su comercialización en invernaderos ubicados en los municipios de Cuernavaca, Yautepec y Cuautla.



FIGURA 38. HONGO APROVECHABLE EN TEPOZTLÁN, MORELOS



Los atributos ambientales propuestos en el taller de participación para la definición de las zonas con potencial para la actividad son: ecosistemas con recursos no maderables aprovechables, accesibilidad, pendiente y zonas frágiles.

Los atributos ambientales ya jerarquizados fueron ponderados utilizando el método de Saaty obteniendo así los coeficientes para cada uno de ellos de acuerdo a la presión sectorial (Tabla 34).

TABLA 34. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN PARA ACTIVIDADES FORESTALES NO MADERABLES.

atributo	veg aprovechable	accesibilidad	pendiente	fragilidad
<b>veg aprovechable</b>	1.000	2.000	3.000	3.000
<b>accesibilidad</b>	0.500	1.000	2.000	2.000
<b>pendiente</b>	0.333	0.500	1.000	1.000
<b>fragilidad</b>	0.333	0.500	1.000	1.000
<b>totales</b>	2.167	4.000	7.000	7.000

atributo	veg aprovechable	accesibilidad	pendiente	fragilidad	Pesos
<b>veg aprovechable</b>	0.462	0.500	0.429	0.429	0.455
<b>accesibilidad</b>	0.231	0.250	0.286	0.286	0.263
<b>pendiente</b>	0.154	0.125	0.143	0.143	0.141
<b>fragilidad</b>	0.154	0.125	0.143	0.143	0.141

Se aplicó la fórmula

$$PrsAF = (0.455 * V_A) + (0.263 * A_C) + (0.141 * P_T) + (0.141 * F_E)$$

Posteriormente todas las zonas que no presentan ecosistemas fueron eliminadas con el fin de identificar aquellas áreas que potencialmente interesan al sector. Las áreas con mayor presión del sector se restringen a aquellas áreas donde existen ecosistemas. En su gran mayoría las comunidades hacen uso de los recursos naturales que tienen a la mano en los ecosistemas por lo que la presión de este sector se da en prácticamente todas las zonas con vegetación natural y solo se reducen sus valores parcialmente en zonas de difícil acceso como el Popocatepetl, algunas zonas de lagunas de Zempoala, las zonas más altas de sierra de Montenegro y algunas zonas de difícil acceso en sierra de Huautla, sin embargo la mayoría de la superficie vegetada

del estado presenta una presión importante por el aprovechamiento forestal de recursos no maderables (Figura 36).

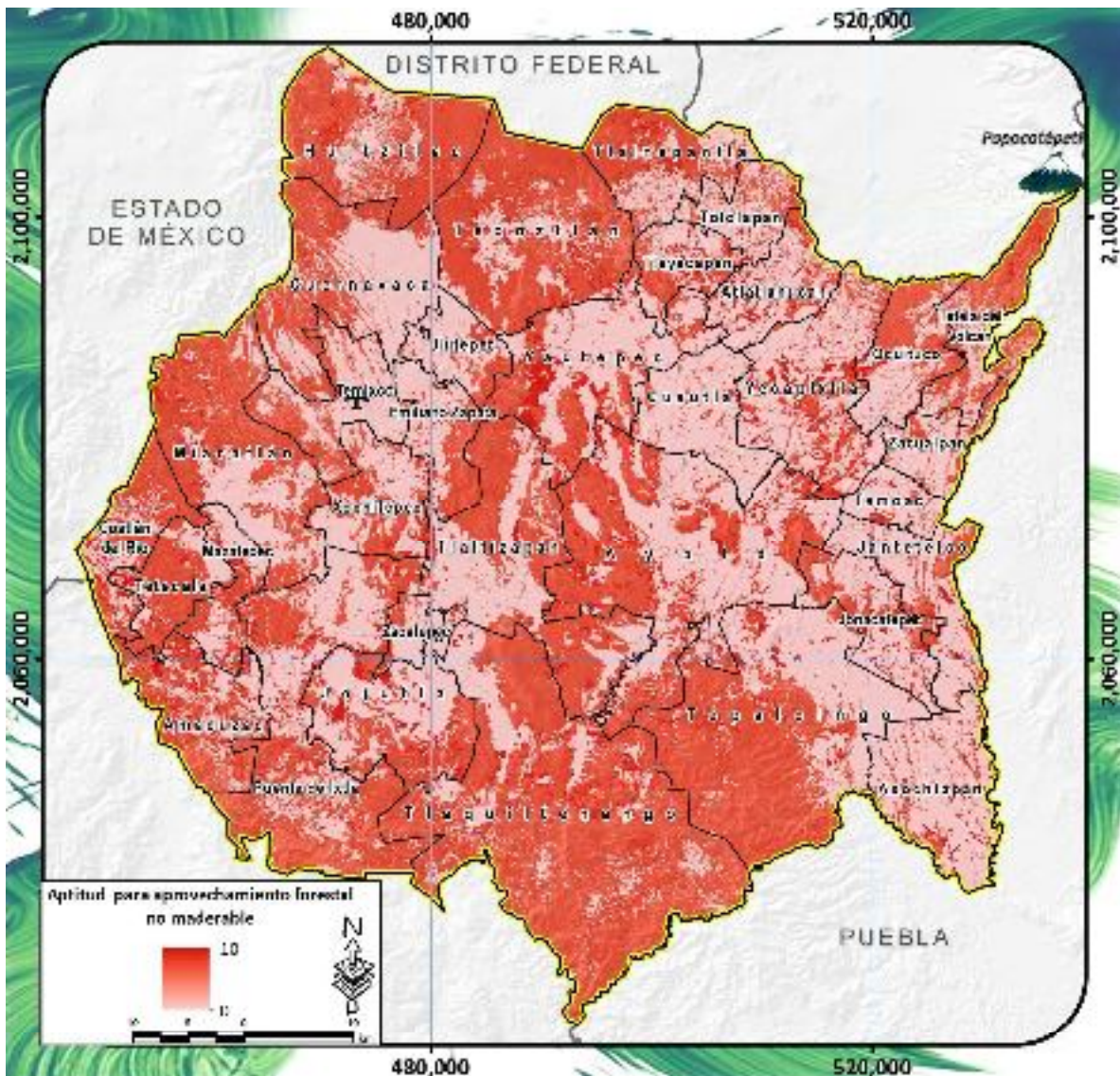


Figura 39. Mapa de presión de actividades forestales no maderables.

Estas zonas de presión del sector a su vez representan las zonas que potencialmente son aptas para su desarrollo. Esta actividad a diferencia de los aprovechamientos maderables que degrada parcialmente el ecosistema o de actividades agropecuarias que transforman por



completo el territorio, puede desarrollarse prácticamente en todas las zonas de interés. En la etapa de modelo se deberán establecer estrategias y criterios de regulación ecológica con el propósito de determinar cómo deberán desarrollarse los aprovechamientos en las zonas de conservación, y también se determinara que zonas aunque presenten aptitud para su aprovechamiento deberán ser consideradas como de protección o preservación y deberá limitarse la actividad con el fin de conservar aspectos de los ecosistemas o especies que resultan vulnerables ante la actividad forestal.

### TURISMO ALTERNATIVO O ECOTURISMO

---

El Ecoturismo o Turismo Alternativo es una nueva práctica de Turismo que ofrece a los visitantes modalidades y lugares diferentes de los que se ofrece el turismo tradicional, permite un mayor contacto con las comunidades receptoras y con la naturaleza y genera un menor impacto en el medio natural y social, y permite la vinculación con diferentes sectores de la economía local. En Morelos, se extiende en todo el Estado y se ofertan varias actividades como rapel, ciclismo de montaña, campamentos, temazcales, centros de educación ambiental, etc. Algunas comunidades y ejidos que brindan turismo de aventura y ecoturismo son: Bienes Comunes de Coajomulco en Huitzilac que ofrecen un parque recreativo familiar denominado "TOTLAN" (FIGURA 40), Amatlán de Quetzalcoatl en Tepoztlán con el centro turístico "Tetlamatzin", el ejido de Xoxocotla, Puente de Ixtla, que ofrece una playa a orillas del lago de Tequezquitengo denominada "playa xoxo", la comunidad indígena de Cuentepec, Temixco que ofrece turismo de aventura en "Cuentepec extremo", el ejido de Nepoalco en Totolapan que cuenta con un parque temático llamado "Parque de los Venados". En el municipio de Jantetelco se encuentra una zona ecoturística cerca del centro ceremonial Chalcatzingo denominada "Piedra Rajada" y en Tlayacapan se encuentra el centro de campamento y educación ambiental "San José de los Laureles".

Los atributos para el cálculo de la aptitud del territorio para turismo alternativo fueron definidos en el taller de participación y son: ecosistemas atractivos, paisajes, accesibilidad, rutas y corredores turísticos y biodiversidad. Aunque el turismo alternativo también incorpora otras modalidades como el turismo cultural y el turismo rural, a propósito del primero se comentó que era más conveniente agruparlo como parte del turismo tradicional, mientras que el segundo aún no se ha desarrollado en Morelos a diferencia de las actividades relacionadas con ecosistemas que han ido creciendo de manera importante.



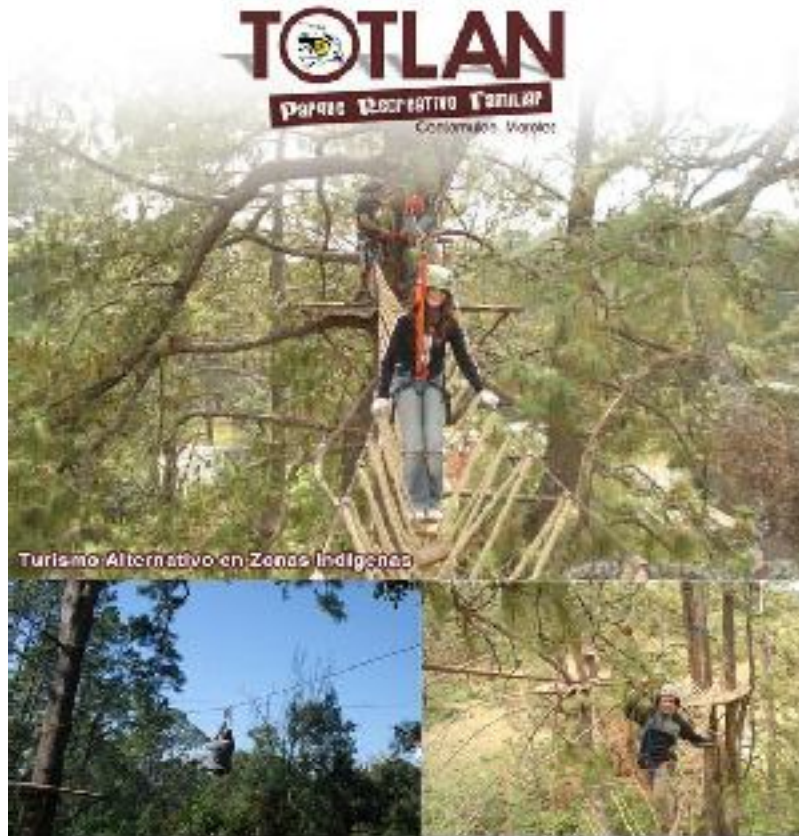


FIGURA 40. PARQUE ECOTURÍSTICO TOTLAN, COAJOMULCO, MORELOS.

Una vez identificados y jerarquizados ambos atributos fueron ponderados por medio del método de Saaty y se obtuvieron sus coeficientes (





Tabla 35).



**TABLA 35. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LAS ZONAS DE INTERÉS PARA EL SECTOR DE TURISMO ALTERNATIVO**

atributos	ecosistemas	paisaje	accesibilidad	rutas	biodiversidad
<b>ecosistemas</b>	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00
<b>paisaje</b>	0.67	1.00	1.50	2.00	3.00
<b>accesibilidad</b>	0.50	0.67	1.00	1.50	2.00
<b>rutas</b>	0.33	0.50	0.67	1.00	2.00
<b>biodiversidad</b>	0.25	0.33	0.50	0.50	1.00
<b>total</b>	2.75	4.00	5.67	8.00	12.00

atributos	ecosistemas	paisaje	accesibilidad	rutas	biodiversidad	pesos
<b>ecosistemas</b>	0.364	0.375	0.353	0.375	0.333	0.360
<b>paisaje</b>	0.242	0.250	0.265	0.250	0.250	0.251
<b>accesibilidad</b>	0.182	0.167	0.176	0.188	0.167	0.176
<b>rutas</b>	0.121	0.125	0.118	0.125	0.167	0.131
<b>biodiversidad</b>	0.091	0.083	0.088	0.063	0.083	0.082

Posteriormente como en los análisis anteriores, se eliminaron aquellas zonas donde ya no es posible llevar a cabo la actividad (urbanas, industriales, bancos de materiales). Para el caso de este sector, no se generó capa de presión debido a que las zonas que interesan al sector con coincidentes con las zonas de conservación de ecosistemas y biodiversidad y mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, aunque para garantizar que no se compromete la preservación de estas zonas en la etapa de modelo se deberán asignar criterios de regulación a esta actividad con este fin.

Las zonas de mayor aptitud se localizan principalmente al norte, debido a que los bosques templados resultan más interesantes para los visitantes que la selva baja caducifolia, debido principalmente a sus especies arbóreas de mayor tamaño y su condición de follaje verde durante todo el año. Además de como se trata de las zonas de mayor altitud del estado tienen una mejor visibilidad y por ende hay zonas con amplios paisajes muy interesantes para el turista. Sin embargo hacia las zonas más bajas también se pueden observar zonas de alto potencial. La región oriente presenta un corredor bastante interesante para el desarrollo de proyectos de este tipo, desde Cuernavaca, hacia Temixco, cruzando Miacatlán hasta Tetecala, Amacuzac y Puente de Ixtla, principalmente en los macizos forestales. En la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla se presentan valores altos principalmente en Cerro Frío y en las zonas de selva baja en Tlaquiltenango (Figura 41).

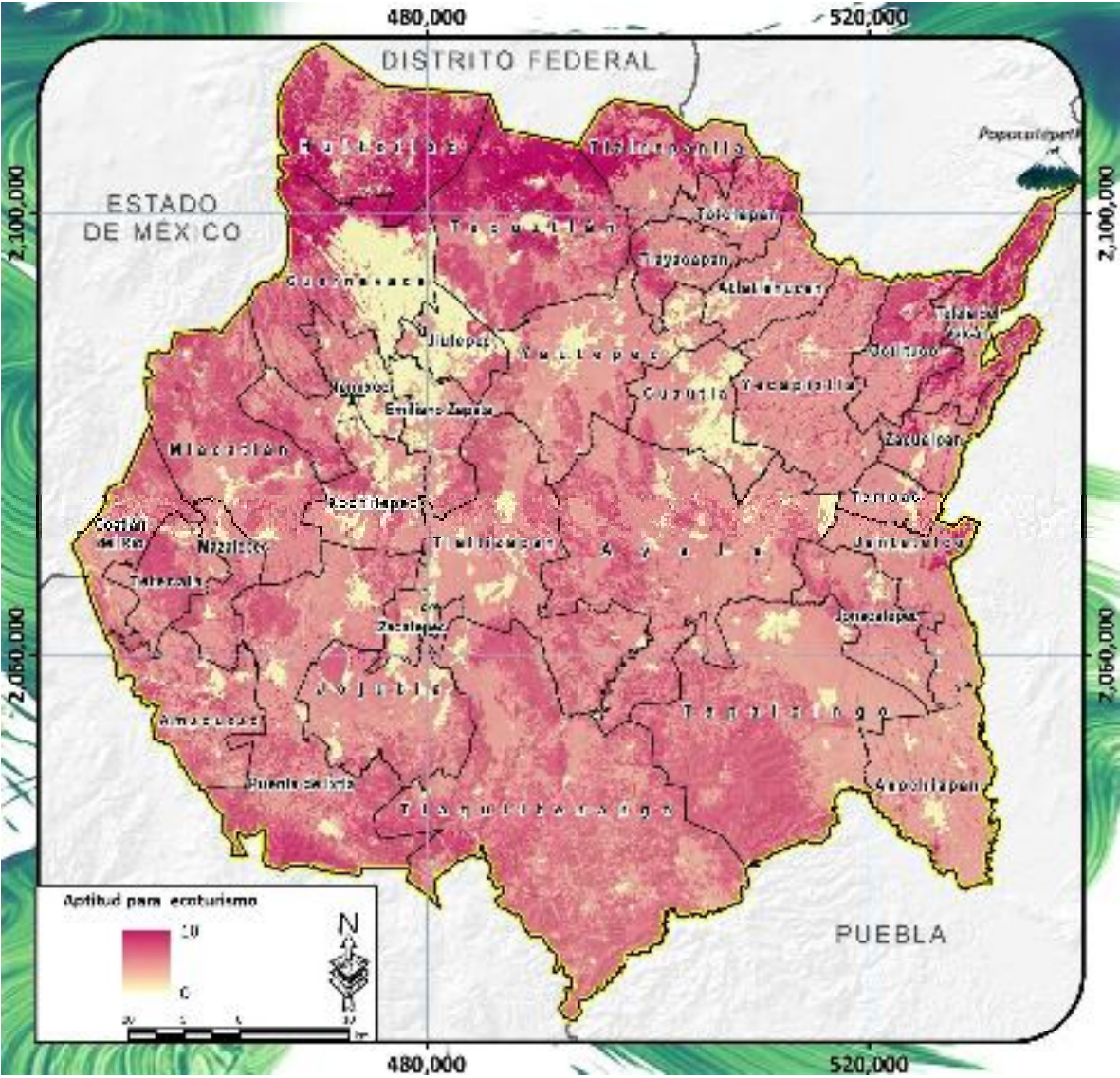


FIGURA 41. MAPA DE APTITUD PARA ECOTURISMO.



---

## SECTOR TURISMO

---

Morelos es un estado privilegiado por la riqueza cultural y natural con que cuenta, así como por la calidez y amabilidad de su gente y de sus prestadores de servicios, cualidades que han hecho de la actividad turística una alternativa prioritaria para el desarrollo de la entidad.

Existen varios hoteles y restaurantes ubicados en Cuernavaca, Tepoztlán, Tlayacapan y Cuautla. Los Balnearios están distribuidos en varios municipios del estado, en Cuautla se encuentra “agua hedionda”, en Tepalcingo “las termas de Atotonilco”, en Tlaltizapan “las Estacas”, en Yauatepec el “Parque Acuático Oaxtepec”, en Temixco “la Ex Hacienda de Temixco”, en Tlaquiltenango “Las Huertas”, entre muchos otros.

Morelos cuenta también con dos poblados con la categoría de “pueblos mágicos”, el pueblo de Tepoztlan y Tlayacapan donde se puede disfrutar de sus artesanías, arquitectura y festividades. También en el Estado se encuentran varias zonas arqueológicas abiertas al público, como Coatetelco, Tepoztlan, Teopanzolco, Chalcatzingo y Xochicalco, esta última que destaca como una de las zonas arqueológicas más visitadas en el país y que cuenta con un espectáculo nocturno de luz y sonido.

En el Estado se puede recorrer la ruta de los conventos comenzando con el convento franciscano de la Asunción en Cuernavaca, mejor conocido como la Catedral, el convento Dominicano de la Natividad en Tepoztlán, el convento Dominicano de santo Domingo en Oaxtepec, el convento Agustino de San Juan Bautista en Tlayacapan, el convento Agustino de San Guillermo en Totolapan, el convento Agustino de Santiago Apóstol en Ocuituco, el convento Dominicano de San Juan Bautista en Tetela del Volcán, el convento Dominicano de Santo Domingo en Hueyapan y finalmente el convento Agustino de la inmaculada Concepción en Zacualpan. Otro atractivo es la ruta de Zapata donde se pueden visitar los sitios de importancia histórica que marcaron la vida del caudillo.

Estos son solo algunos de los atractivos del estado entre muchos otros, por lo que Morelos es tiene una gran vocación turística. La actividad turística de Morelos aporta el 16.8 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) estatal de acuerdo con el último reporte del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Los productos y servicios turísticos que están dentro de las actividades terciarias contribuyen de manera importante al crecimiento de la economía de la entidad.



FIGURA 42. ZONA ARQUEOLÓGICA DE XOCHICALCO, MORELOS.

Los atributos para definir la aptitud del territorio para turismo fueron definidos en el taller de participación y son: rutas, corredores y sitios turísticos y accesibilidad, aunque se habló de varios otros atributos algunos de ellos no eran cartografiables, tales como la amabilidad de la gente o de algunos otros no se contaba con la información como la infraestructura turística por localidad. El atributo de rutas, corredores y sitios turísticos se generó a partir de las coberturas de sitios turísticos y zonas de influencia, las rutas de los conventos y de Zapata y los corredores con servicios turísticos por lo que se trata de un atributo compuesto.

Una vez identificados y jerarquizados ambos atributos fueron ponderados por medio del método de Saaty y se obtuvieron sus coeficientes (





Tabla 35).

**TABLA 36. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LAS ZONAS DE INTERÉS PARA EL SECTOR DE TURISMO**

atributos	Rutas y sitios	Accesibilidad
<b>Rutas y sitios</b>	1.00	2.00
<b>Accesibilidad</b>	0.50	1.00
<b>totales</b>	1.50	3.00

atributos	Rutas y sitios	Accesibilidad	Pesos
<b>Rutas y sitios</b>	0.667	0.667	0.667
<b>Accesibilidad</b>	0.333	0.333	0.333

Las zonas de interés turístico se pueden observar en la Figura 43. Gran parte de la superficie del territorio de Morelos bajo los atributos utilizados tiene un alto potencial turístico. Como ya se mencionó el turismo representa poco más del 15% del PIB estatal por lo que este se encuentra muy desarrollado en el estado. Sin embargo hay zonas que resaltan por su alto potencial, que se pueden observar como corredores, el primero de ellos que se extiende en la región poniente desde Cuernavaca, hasta los lagos de Tequesquitengo, el Rodeo y Coatetelco, de donde se desprende otro pequeño corredor hacia Coatlán del Río. Otro corredor se observa en la zona norte desde Cuernavaca, cruzando Tepoztlán hasta llegar a Cuautla. Como era de esperarse los corredores de los Conventos y Zapata se muestran con alto potencial en la región oriente y al sur se puede observar otro corredor representado principalmente por balnearios que se extiende de Jojutla hasta Tlaltizapán.





---

## SECTOR ASENTAMIENTOS HUMANOS

---

La vecindad del Estado con la Zona Metropolitana de la Ciudad de México ha influido en el crecimiento demográfico de la entidad en los últimos años, llegando a casi triplicar su número en los últimos 35 años. Este crecimiento ha repercutido en el territorio, de tal forma que los principales centros urbanos se han extendido de manera desordenada y aproximado con los centros poblacionales cercanos, lo que ha generado zonas conurbanas carentes de planeación.

Las zonas conurbadas reconocidas oficialmente son:

1. Zona Conurbada de Cuernavaca: se integra por los municipios de Cuernavaca, Emiliano Zapata, Jiutepec, Temixco y Xochitepec.
2. Zona Conurbada de Cuautla: se integra por la totalidad del municipio de Cuautla y parte de los municipios de Ayala, Yecapixtla y Atlatlahucan.
3. Zona Conurbada de Jojutla: Se integra por la totalidad de los municipios de Jojutla y Zacatepec y parte de los municipios de Tlaquiltenango, Tlaltizapán y Puente de Ixtla.
4. Zona Conurbada de Oaxtepec, Cocoyoc, Paraíso de América: Se conforma por estas localidades que pertenecen a los municipios de Yautepec, Tlayacapan y Atlatlahucan.

En conjunto las cuatro zonas conurbadas en el Estado concentran un total de 283 localidades en 16 municipios y suman el 78.16 % de la población en la entidad.

Otro fenómeno que ha generado un desarrollo acelerado del sector han sido los créditos inmobiliarios, lo que favoreció la generación de múltiples desarrollos que no responden solo al crecimiento poblacional estatal sino a la demanda de una población flotante proveniente de la ciudad de México que utiliza estos como casas de descanso (Figura 44).

En el taller de participación fueron identificados los atributos ambientales para definir los sitios de interés para el desarrollo del sector de asentamientos humanos, los cuales fueron: influencia de los asentamientos humanos existentes, la accesibilidad, la pendiente del terreno y la disponibilidad de agua.



FIGURA 44. DESARROLLOS INMOBILIARIOS EN MORELOS.

En la Tabla 37 se pueden observar los atributos utilizados y sus coeficientes obtenidos mediante el método de Saaty.

**TABLA 37. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS.**

atributos	influencia a. humanos	accesibilidad	pendiente	disp a agua
<b>influencia a. humanos</b>	1.000	2.000	2.000	3.000
<b>accesibilidad</b>	0.500	1.000	1.000	2.000
<b>pendiente</b>	0.500	1.000	1.000	2.000
<b>disp a agua</b>	0.333	0.500	0.500	1.000
<b>totales</b>	2.333	4.500	4.500	8.000



atributos	influencia a. humanos	accesibilidad	pendiente	disp agua	pesos
<b>influencia a. humanos</b>	0.429	0.444	0.444	0.375	0.423
<b>accesibilidad</b>	0.214	0.222	0.222	0.250	0.227
<b>pendiente</b>	0.214	0.222	0.222	0.250	0.227
<b>disp agua</b>	0.143	0.111	0.111	0.125	0.123

En la Figura 45 se muestran las zonas bajo mayor presión de los asentamientos humanos, las cuales se encuentran distribuidas principalmente sobre los corredores que se extienden desde Cuernavaca hasta Jojutla, desde Cuernavaca hasta Cuautla y en menor proporción en Ayala y el corredor de Zacualpan a Axochiapan.

Para definir las zonas de aptitud se aplicaron a la capa de presión los coeficientes de áreas prioritarias obteniendo así aquellas zonas que presentan condiciones adecuadas para el desarrollo de la actividad pero que a su vez no son prioritarias para la conservación de ecosistemas y biodiversidad o para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales. Muchas zonas bajan su valor y aunque tengan características que podrían interesar al sector el desarrollo de asentamientos en estas zonas comprometería la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales. Principalmente en la zona norte, en los municipios de Huitzilac, Tepoztlán, Tlalnepantla, Tlayacapan, Tetela del Volcán y al norte de Cuernavaca los valores de aptitud resultan muy bajos. Otros municipios en los que los valores cambian considerablemente son Miacatlán, las zonas cerriles de Ayala, Tlaltizapán, Puente de Ixtla y Tetetcala y otra gran área de valores bajos en los municipios de Tepalcingo y Tlaquiltenango en la zona de la Sierra de Huautla (Figura 46).



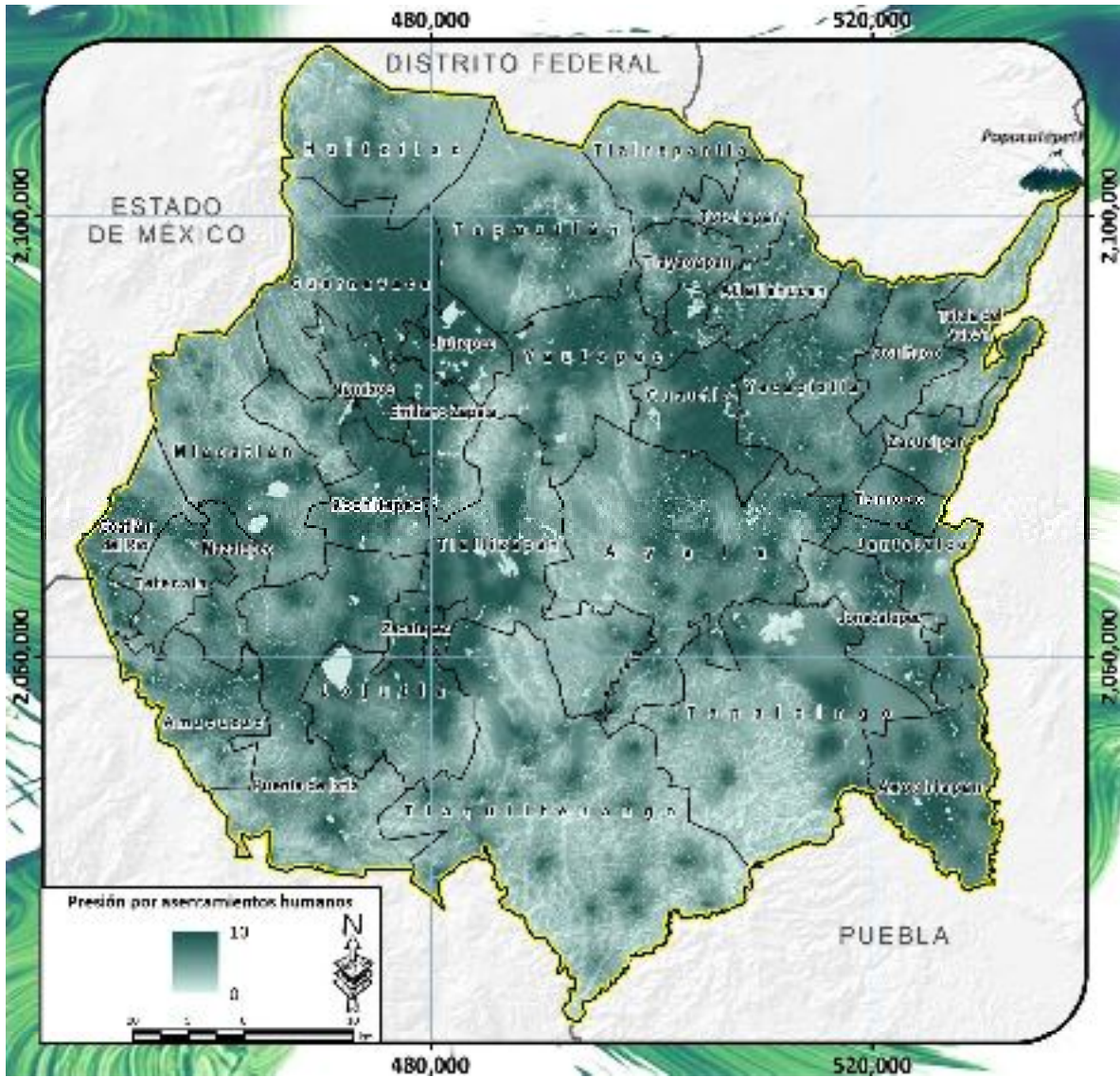


FIGURA 45. MAPA DE PRESIÓN DE ASENTAMIENTOS HUMANOS.

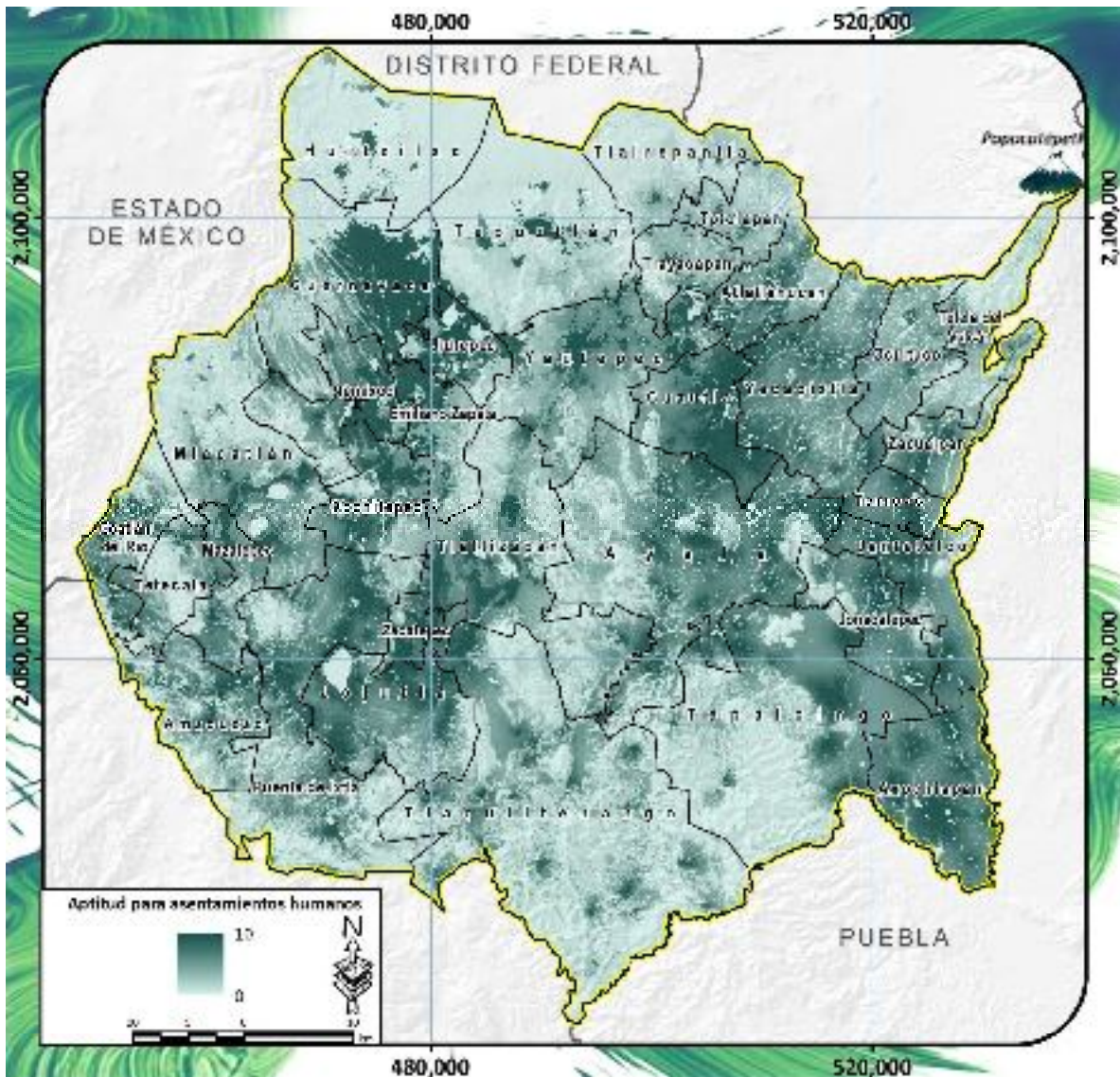


FIGURA 46. MAPA DE APTITUD PARA ASENTAMIENTOS HUMANOS CONSIDERANDO LAS ÁREAS PRIORITARIAS.

Otro atributo mencionado en el taller de participación que debía considerarse para definir las zonas aptas fueron las zonas de alta productividad agrícola. Este atributo no se consideró para generar el mapa de presión porque justamente estas zonas interesan al sector para desarrollarse debido a que cuentan con agua, son accesibles y planas. Sin embargo, se determinó que este atributo si es importante para determinar las zonas aptas, por lo que se eliminaron de las zonas de alta productividad del resultado. Como se observa en la FIGURA 47





el resultado se modifica en la franja central del estado y no así en las zonas de topografía más accidentada. Los municipios que cuentan con valles agrícolas importantes son los que muestran una mayor diferencia, zonas que potencialmente interesarían al sector pero que son altamente productivas presentan ahora valores bajos, principalmente en los municipios de Miaatlán, Tetecala, Xochitepec, Jojutla, Zacatepec, Puente de Ixtla, Tlaltizapán, Ayala, Yautepec y Axochiapan.

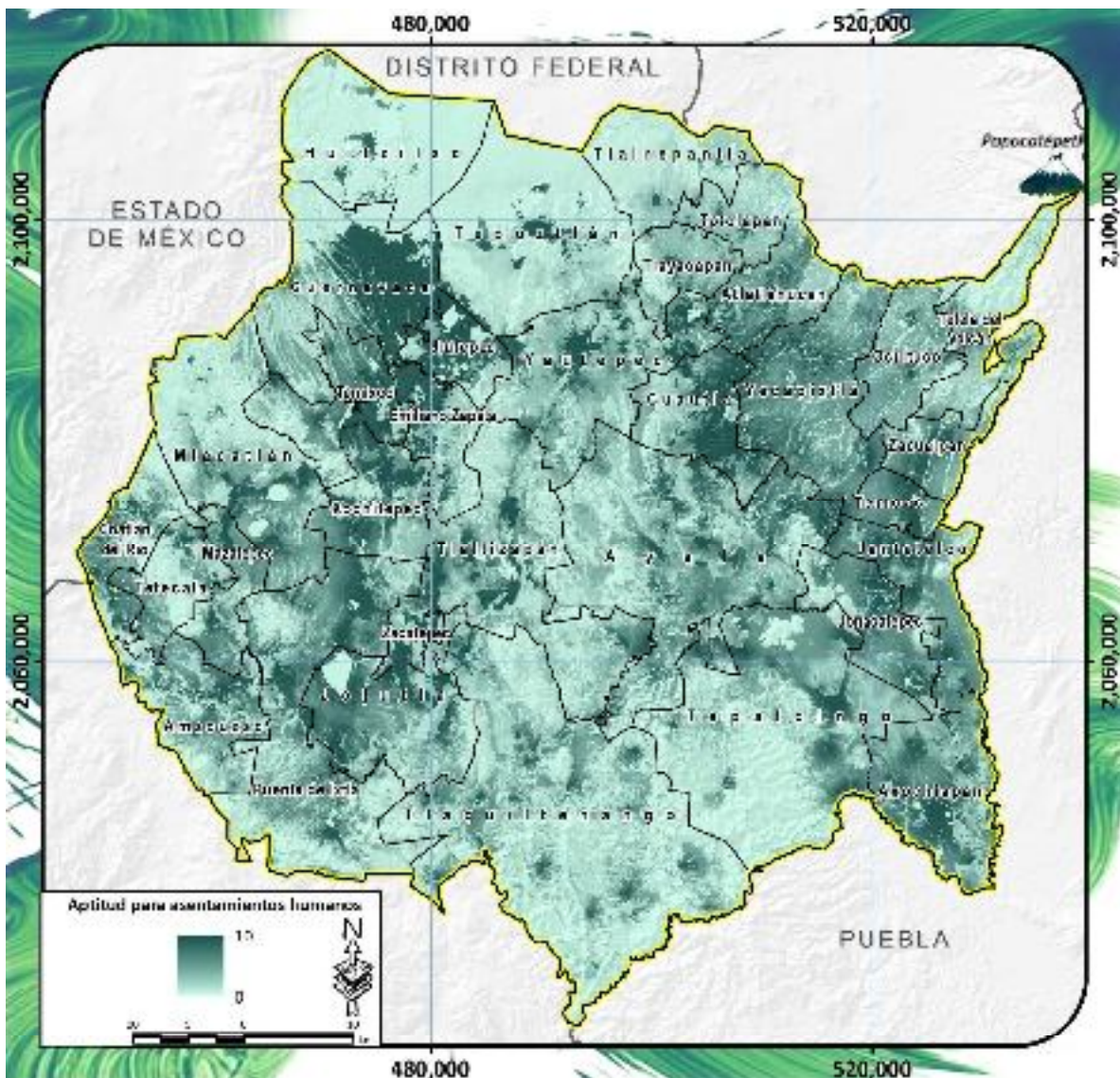


FIGURA 47. MAPA DE APTITUD PARA ASENTAMIENTOS HUMANOS CONSIDERANDO LAS ÁREAS AGRÍCOLAS PRODUCTIVAS



Finalmente, además de garantizar que no se comprometerá la conservación de ecosistemas, biodiversidad y el mantenimiento de servicios ambientales y zonas de alta productividad agrícola, sino también se considerarán los riesgos naturales que pudieran afectar a la población, se aplicó el coeficiente de riesgo de inundación que elimina del resultado aquellas zonas que aunque potencialmente podrían ser aptas también presentan un riesgo alto. Como se puede observar en la Figura 48 el resultado no presenta grandes variaciones con respecto al anterior, aunque si se pueden observar que con esta modificación muchas barrancas en Cuernavaca, Cuautla y Yauatepec, así como en diferentes asentamientos humanos presentan bajos valores de aptitud debido al alto riesgo de inundación que se presenta en ellas.



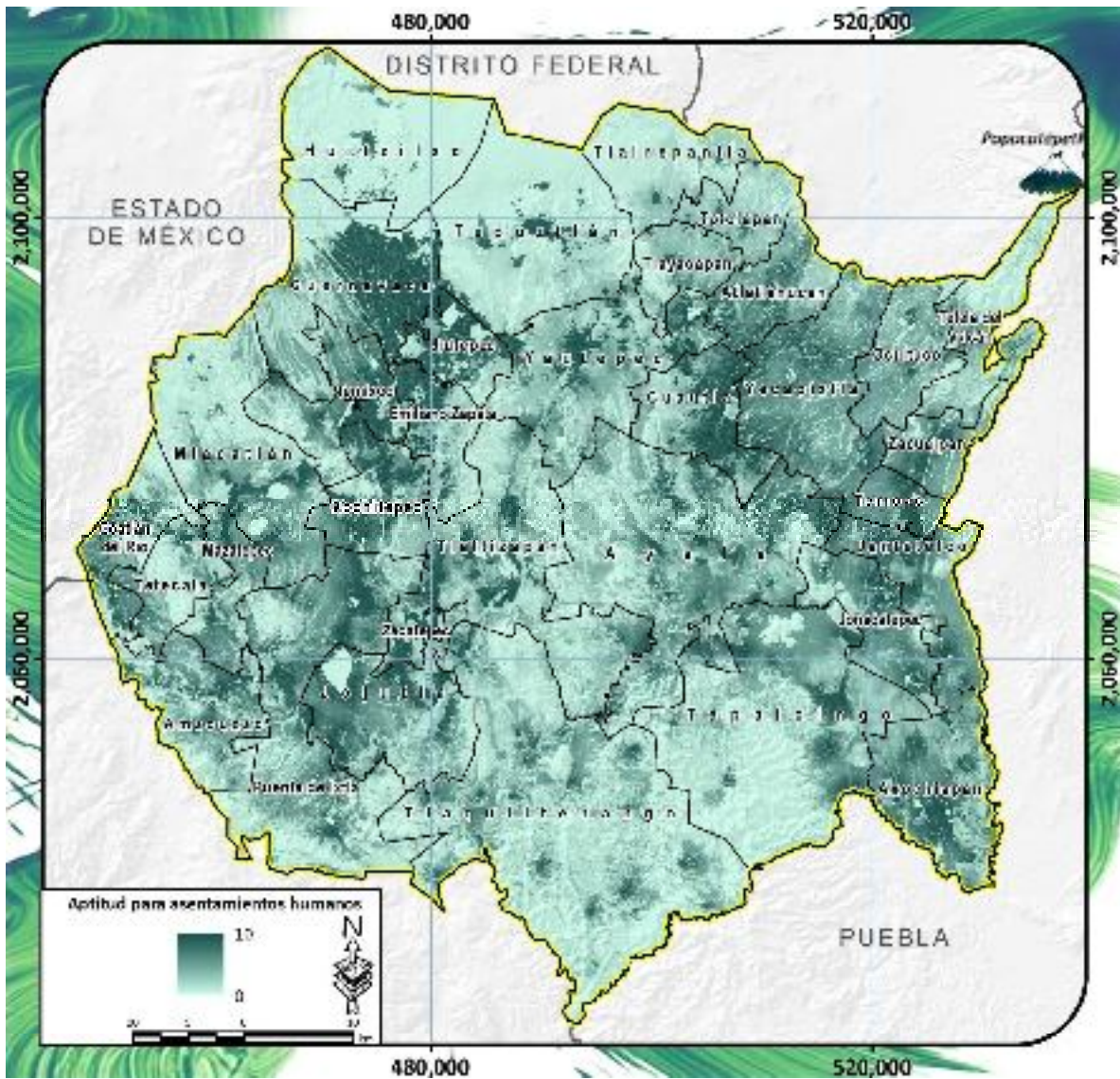


FIGURA 48. MAPA DE APTITUD PARA ASENTAMIENTOS HUMANOS CONSIDERANDO EL RIESGO DE INUNDACIÓN.





---

## SECTOR MINERÍA

---

El estado de Morelos tiene un gran potencial de minerales no metálicos en gran parte de su territorio, principalmente en las calizas de la Formación Morelos, en donde se han instalado 122 plantas para la transformación de estos como las cementeras en Jiutepec y Emiliano Zapata, caleras y plantas de trituración para agregados pétreos y carbonato de calcio en varias partes del estado; en Tilzapotla y Axochiapan se tienen aproximadamente 88 plantas para la calcinación de yeso con capacidades muy variables. Es importante mencionar que en las áreas adyacentes a Cuernavaca existen bancos de basalto, tezontle y otros materiales para ser utilizados en la industria de la construcción, además se cuenta con 11 plantas inactivas.

La producción de estos minerales industriales representa un valor importante para el fortalecimiento económico de la entidad. El potencial de minerales metálicos se restringe al distrito minero de Huautla, en el municipio de Tlaquiltenango, que fue importante productor de plata y plomo y actualmente se encuentra inactivo. Además en las cercanías de Tilzapotla y Tetlama se tienen manifestaciones de oro.

Para la identificación de las zonas de presión del sector se digitalizaron las concesiones mineras las cuales representan en sí las zonas que interesan actualmente al sector. Estas son zonas en las que ya se han generado estudios más a detalle de los alcances del presente ordenamiento y que tienen un potencial para su exploración y/o explotación, por lo que no fue necesaria la incorporación de otros atributos que no aportarían al resultado.

Las concesiones mineras se localizan principalmente en dos zonas del Estado, al sur al interior de la reserva de la biosfera Sierra de Huautla, en los municipios de Puente de Ixtla, Tlaquiltenango y en menor proporción en Tepalcingo. En Tlaltizapan se pueden observar algunas concesiones aunque considerablemente de menor superficie. La otra zona de concesiones importantes se localiza al poniente en los municipios de Miacatlán, Temixco y Xochitepec (Figura 49).

Para identificar las zonas aptas para el desarrollo del sector minero, es decir donde su desarrollo a parte de resultar óptimo para la actividad también garantiza el no comprometer la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad así como el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, se aplicaron los coeficientes de áreas prioritarias a la capa de presión minera.





impactos, aunque de preferencia debería evitarse su desarrollo en zonas cercanas a ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos.

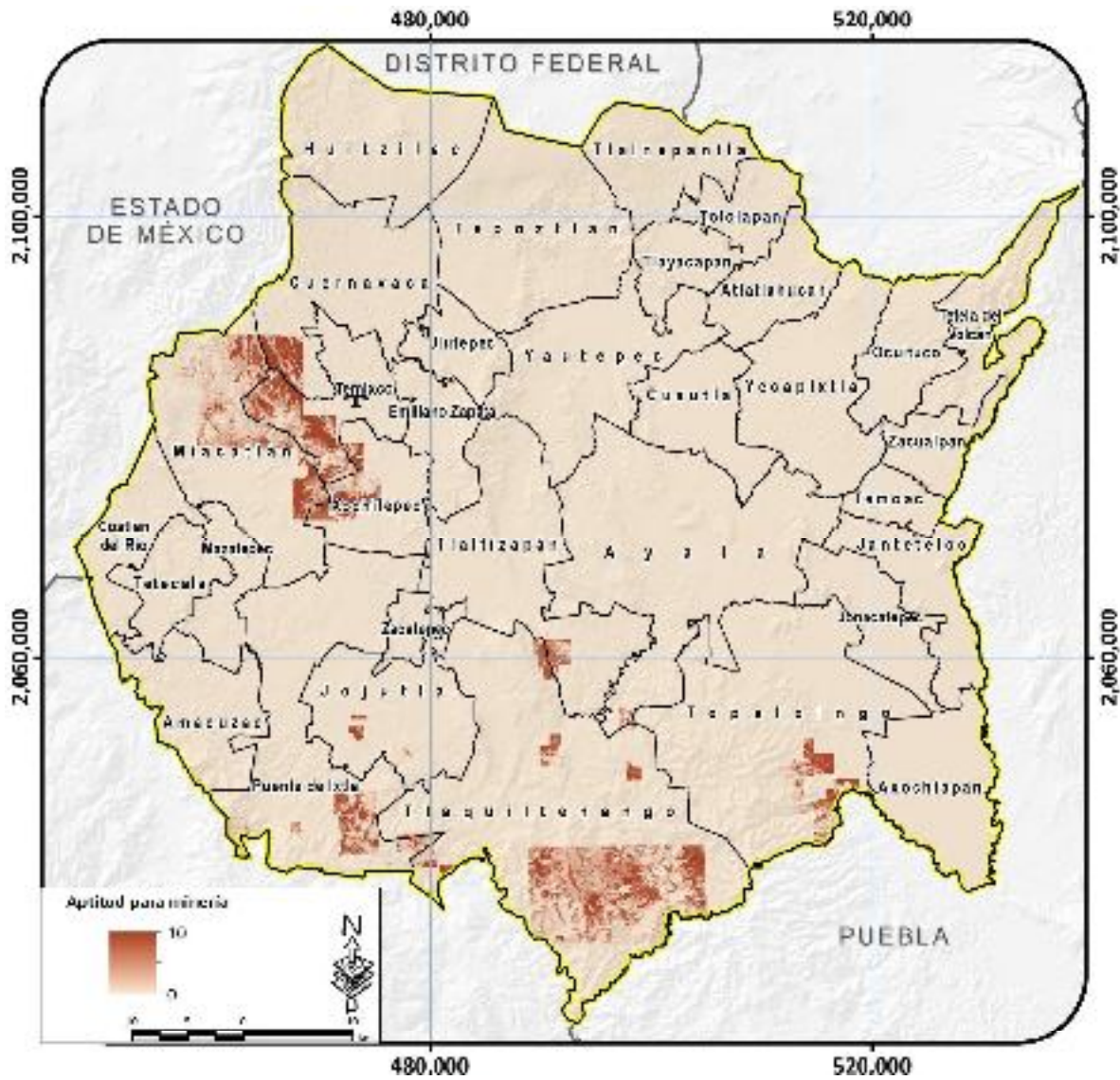


FIGURA 50. MAPA DE APTITUD PARA MINERÍA.



---

## SECTOR INDUSTRIAL

---

La industria manufacturera en Morelos representa casi la cuarta parte del Producto Interno Bruto (PIB). Se cuenta con el parque industrial de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca considerada como unos de los parques mejor planeados y organizados del país, con empresas de diversas ramas industriales como autopartes, industria química, farmacéutica y agroindustria, el Parque Industrial Cuautla ubicado en el municipio de Ayala y que continua en crecimiento; y el Desarrollo Industrial Emiliano Zapata. También en Morelos se encuentra la planta cementera Cementos Moctezuma considerada una de las más modernas del mundo (Figura 51).

En el taller de participación fueron identificados los atributos ambientales para definir los sitios de interés para el desarrollo del sector de asentamientos humanos, los cuales fueron: influencia de los asentamientos humanos existentes, la accesibilidad, la pendiente del terreno y la disponibilidad de agua.

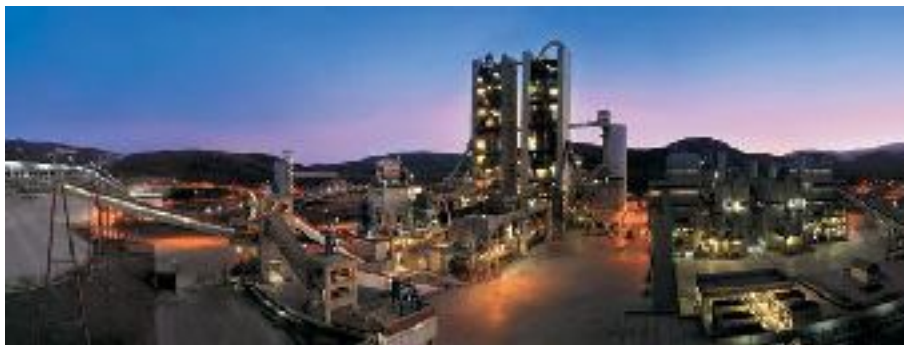


FIGURA 51. CEMENTERA MOCTEZUMA EN E. ZAPATA, MORELOS.

En la Tabla 37 se pueden observar los atributos utilizados y sus coeficientes obtenidos mediante el método de Saaty.





**TABLA 38. ATRIBUTOS Y PONDERACIÓN PARA DETERMINAR LA PRESIÓN INDUSTRIAL.**

atributos	ejes carreteros	disp. agua	pendiente	accesibilidad	líneas eléctricas
ejes carreteros	1.00	2.00	2.00	3.00	4.00
disp. agua	0.50	1.00	1.00	3.00	4.00
pendiente	0.50	1.00	1.00	1.50	2.00
accesibilidad	0.33	0.33	0.67	1.00	2.00
líneas eléctricas	0.25	0.25	0.50	0.50	1.00
	2.58	4.58	5.17	9.00	13.00

atributos	ejes carreteros	disp. agua	pendiente	accesibilidad	líneas eléctricas	pesos
ejes carreteros	0.387	0.436	0.387	0.333	0.308	0.370
disp. agua	0.194	0.218	0.194	0.333	0.308	0.249
pendiente	0.194	0.218	0.194	0.167	0.154	0.185
accesibilidad	0.129	0.073	0.129	0.111	0.154	0.119
líneas eléctricas	0.097	0.055	0.097	0.056	0.077	0.076

Entonces se aplica la fórmula:

$$Pr_{sIN} = (0.308 * E_C) + (0.249 * D_A) + (0.185 * P_T) + (0.119 * A_C) + (0.076 * L_{EL})$$

El resultado permitió identificar aquellas zonas que podrían presentar interés potencial por el sector. Sin embargo, al igual que con otros sectores fue necesario eliminar aquellas zonas donde otros sectores ya se han establecido y que no pueden ser reemplazados por la industria o usos de suelo donde no es posible que esta se instale, tales como los asentamientos humanos y los cuerpos de agua.

En la Figura 52 se pueden identificar aquellas zonas que potencialmente interesan más al sector para desarrollarse. Las zonas de presión industrial se localizan principalmente en la región central del estado hacia el sur de Cuernavaca, en el corredor entre esta y Cuautla cruzando Yautepec, en el corredor que va de Cuautla hacia el norte del estado y otro corredor que se extiende de Cuautla hacia el oriente hasta Amayuca.

La industria se percibe como una de las actividades con mayor impacto sobre el medio ambiente. Los residuos que genera tanto líquidos como a la atmósfera se pueden difundir hasta grandes distancias, por lo que será importante el establecimiento de criterios de



regulación ecológica para las actividades industriales con el fin de reducir o mitigar estos efectos negativos hacia el ambiente. Para definir aquellas zonas que podrían utilizarse para la industria y que no comprometerían la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad o el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales al menos por el uso del suelo, se aplicaron los coeficientes de áreas prioritarias a la capa de presión industrial, eliminando así aquellas zonas que aunque presenten características de interés para la industria son importantes ecológicamente.

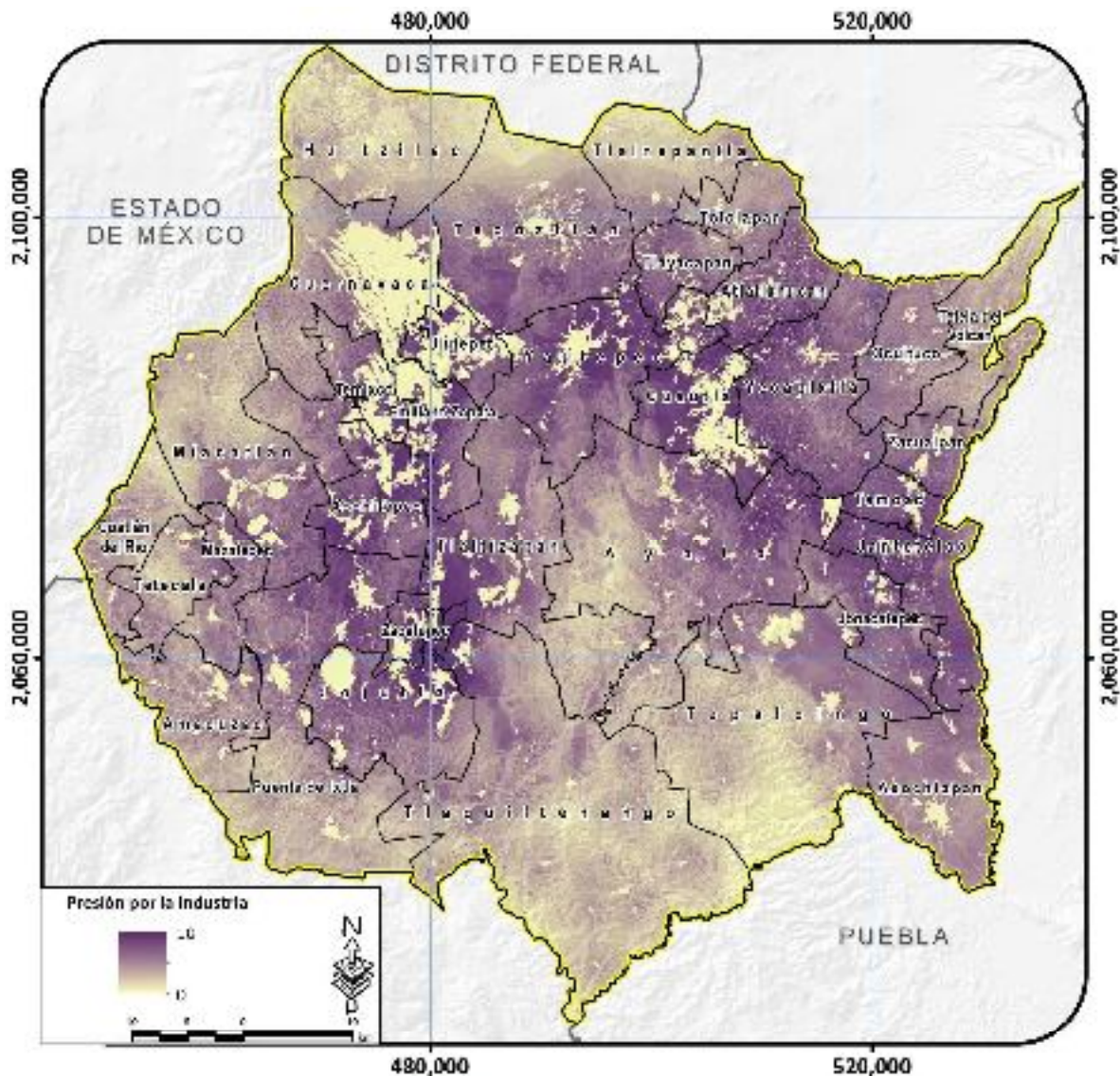


FIGURA 52. MAPA DE PRESIÓN INDUSTRIAL.





La mayoría de las zonas de mayor presión se mantienen al aplicar los coeficientes de áreas prioritarias. Sin embargo existe una mejor delimitación eliminándose muchas áreas que se encuentran un poco alejadas de los principales corredores. Hacia el sur de Cuernavaca, el corredor donde actualmente se encuentra la cementera de cementos Moctezuma, y que se extiende cruzando Emiliano Zapata hasta Jojutla presenta buenos valores de aptitud, así igual los corredores que se extienden desde Cuautla hacia Yecapixtla y el estado de México y desde Cuautla hasta Amayuca presentan valores altos para el desarrollo de industria (Figura 53).

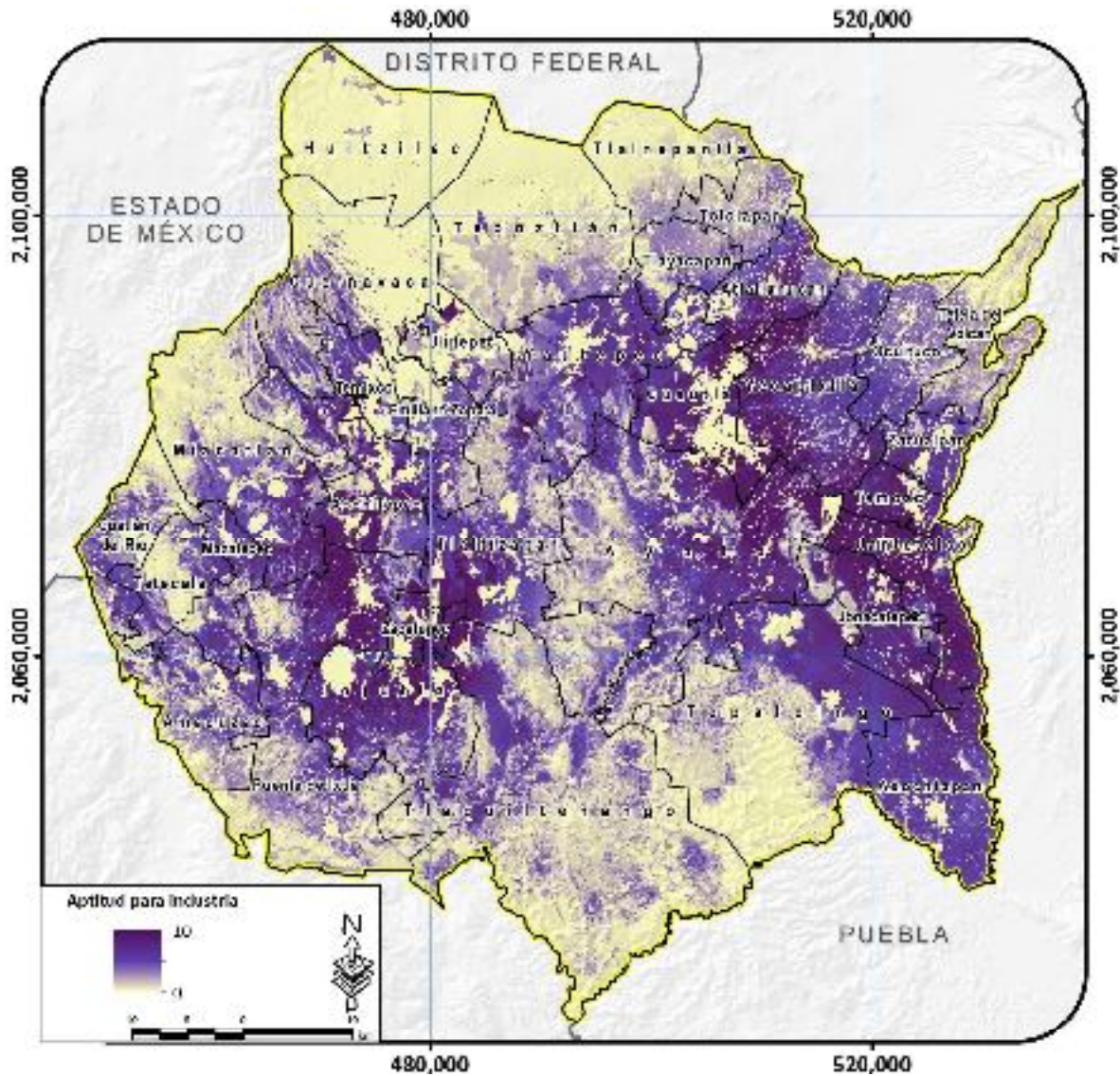


FIGURA 53. MAPA DE APTITUD INDUSTRIAL.



---

## CONFLICTOS TERRITORIALES

---

Los mapas de aptitud relativa y presión que se presentan en la sección anterior para cada uno de los usos, deben interpretarse como una herramienta auxiliar para el diseño de las estrategias y políticas de manejo territorial del estado. Cada uno de los mapas muestra el posible éxito para cada actividad sectorial si éstas se instrumentaran de manera individual. Sin embargo, el mismo territorio es explotado por diferentes actores en un esquema de uso múltiple del territorio por lo que el éxito de una política individual no está necesariamente asegurado por los posibles conflictos que por el uso del suelo se originen en el presente o en el futuro inmediato. En otras palabras, se pueden encontrar, en una misma área, funciones de uso que pueden ser compatibles o complementarias entre sí o, en caso extremo, usos competitivos o antagónicos. En lo referente a la compatibilidad entre sectores, existen sectores complementarios como los son ganadería-acuicultura, conservación-ecoturismo.

---

## NÚMERO DE SECTORES POTENCIALES EN CONFLICTO

---

Para el análisis de conflicto se elaboraron cruces entre todos los sectores descritos en el apartado anterior y la importancia que tienen en términos de aptitud y presión para cada unidad de análisis (pixel de 625 m<sup>2</sup>). Se estima que existe algún conflicto cuando la misma unidad tiene una alta presión de diferentes actividades. El conflicto se agrava cuando no hay posibilidad de compatibilizar actividades, para lo cual se analizan casos específicos. En el caso de que para un sector no se haya elaborado el mapa de presión sino únicamente el de aptitud este mapa se utilizará para la evaluación de conflictos. Es el caso por ejemplo de la conservación, la cual no presenta un mapa de aptitud sino que las áreas con potencial interesante para conservarse se identificaron en el análisis de áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, las cuales no presentan una presión por desarrollarse sino que simplemente presentan características naturales de biodiversidad, procesos evolutivos y/o ecológicos o prestación de servicios eco sistémicos que deben preservarse. Para calcular las zonas con un mayor número de sectores interesados en ellas, se reclasificaron los mapas de presión, o de aptitud en caso de no haberse realizado el análisis de presión, de cada uno de los sectores otorgando valores de 0 cuando el valor de presión o de aptitud relativa es menor a 7, es decir el territorio tiene poca presión o baja aptitud para la actividad y de 1 cuando el valor de presión o de aptitud rebasa el 7, es decir, la zona se encuentra bajo una presión importante por parte del sector o es muy apta. Posteriormente se





realiza una suma aritmética de mapas para definir las zonas donde un mayor número de sectores presionan para desarrollarse o son aptos. En la Figura 54 se observa que las zonas que interesan un mayor número de sectores se localizan en las zonas bajas, divididos en dos zonas, una al poniente representada por los municipios de E. Zapata, Xochitepec, Miaquatlán, Puente de Ixtla y Jojutla donde se perciben zonas que interesan a muchos sectores y otra zona al oriente en los municipios Yecapixtla, Ayala, Joncatepec, Jantetelco y Temoac, ambas zonas con alta influencia de las ciudades o zonas metropolitanas de Cuernavaca y Cuautla.

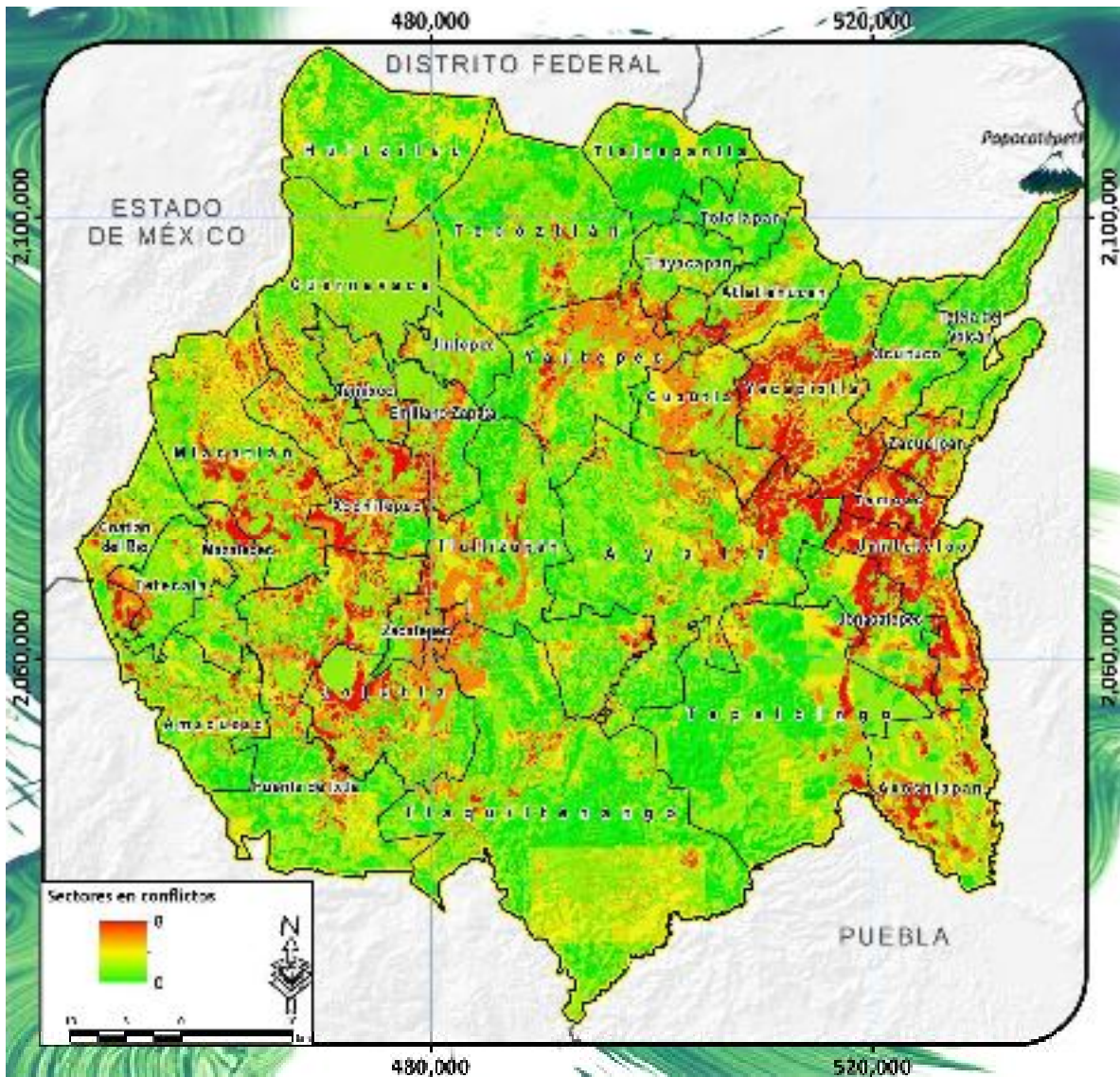


FIGURA 54. MAPA DE SECTORES EN CONFLICTO



## GRAVEDAD DE CONFLICTOS

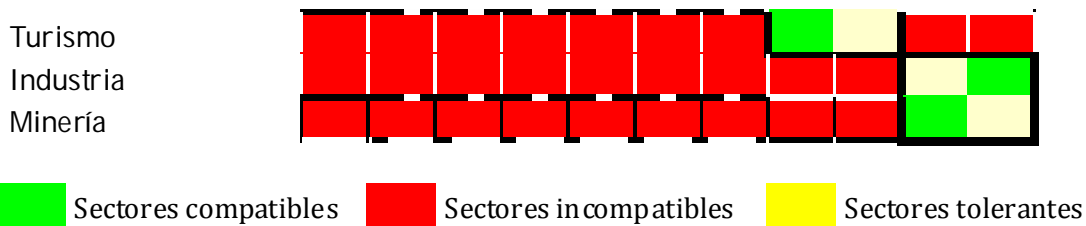
El análisis de los conflictos sectoriales involucra la evaluación de la compatibilidad entre los diferentes sectores, es decir, la posibilidad de que dos o más sectores ocupen un mismo territorio y se desarrollen sin comprometer el desarrollo del otro. Para el análisis de la compatibilidad los diferentes sectores y actividades incidentes en el Estado se analizaron en una matriz, donde el grupo de expertos definió si eran:

- a) compatibles entre sí, es decir, si pueden desarrollarse conjuntamente,
- b) tolerantes, es decir, si pueden desarrollarse en una misma área estableciendo límites y condiciones entre ellos o
- c) incompatibles, o sea que no pudieran desarrollarse en una misma área

Se identificaron así 4 grupos de sectores compatibles o tolerantes entre sí e incompatibles con los agrupados en otro grupo. En la Tabla 39 se observan sectores presentes en el Estado, la compatibilidad entre ellos y como fueron agrupados.

TABLA 39. COMPATIBILIDAD ENTRE SECTORES

	Agricultura de riego	Agricultura de temporal	Ganadería extensiva	Forestal maderable	Forestal no maderable	Conservación	Ecoturismo	Asentamientos humanos	Turismo	Industria	Minería
Agricultura de riego	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red
Agricultura de temporal	Green	Yellow	Green	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red
Ganadería extensiva	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Forestal maderable	Red	Red	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red
Forestal no maderable	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red
Conservación	Red	Red	Red	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
Ecoturismo	Yellow	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
Asentamientos humanos	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Green	Red	Red	Red



Para la evaluación de la gravedad de los conflictos se realizó una sobreposición de las zonas de depresión para los diferentes grupos y se evaluó la gravedad de los conflictos del área de acuerdo a la cantidad de grupos y sectores por grupo que inciden en un mismo pixel (625 m<sup>2</sup>). El primer sector que incide en un pixel no genera conflicto, cada sector adicional del mismo grupo sectorial genera un valor de gravedad de conflicto de 0.3, y así sucesivamente se van sumando. Cuando un sector de otro grupo sectorial incide en el mismo pixel genera un mayor conflicto ya que es incompatible con los sectores de otro grupo generando un valor de 3.0. Los valores de gravedad de conflicto se van sumando y generan el valor total de la gravedad de conflicto por cada pixel del área de estudio. En la Tabla 40 se muestran algunos ejemplos, donde por cada sector adicional compatible se suma un valor de 0.3 y por cada nuevo sector de otro grupo, es decir incompatible se suma 3.0, obteniendo con el total de las sumas el valor final de la gravedad del conflicto presente en ese pixel.

TABLA 40. GRAVEDAD DE CONFLICTOS CON BASE EN EL NÚMERO DE SECTORES POR CADA GRUPO Y SU COMPATIBILIDAD

GRUPO1	GRUPO2	GRUPO3	GRUPO4	Valor de la gravedad del conflicto
1	0	0	0	0.0
1	1	0	0	3.0
1	1	1	0	6.0
1	1	1	1	9.0
2	0	0	0	0.3
2	1	0	0	3.3
2	1	1	0	6.3
2	1	1	1	9.3
3	0	0	0	0.6
3	1	0	0	3.6
3	1	1	0	6.6



Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Valor de la gravedad del conflicto
3	1	1	1	9.6
3	2	1	1	9.9
3	3	1	1	10.0
1	2	1	3	9.9
3	3	1	3	10.0
3	3	0	3	8.4

De esta manera se otorgó el valor de la gravedad del conflicto dependiendo de cuántos grupos de sectores incompatibles estuvieran interesados por una misma área, siempre y cuando cada grupo únicamente estuviera representado en dicha área por un sector. Adicionalmente por cada sector compatible adicional en cada grupo de sectores, se sumó 0.3 a la gravedad del conflicto.

En la Figura 55 podemos observar que existen zonas con conflictos graves o complicados debido a la concurrencia del interés de un mayor número de sectores incompatibles, lo que dificulta las decisiones que deberán tomarse sobre el territorio. Morelos se ha ido transformando de un estado rural a un estado urbano. El crecimiento de los asentamientos humanos sobre zonas agrícolas o de conservación se ha dado de forma acelerada sin planeación, y si le sumamos el interés potencial que podría tener la industria sobre ciertos territorios el conflicto se agrava. Las zonas con conflictos más graves se localizan en las zonas de menor pendiente en las cercanías de las principales zonas metropolitanas del estado. Para el caso de la zona metropolitana de Cuernavaca las zonas de conflictos más graves se localizan al sur donde las áreas agrícolas de riego han ido sustituyéndose por asentamientos humanos y algunas actividades empresariales. Para el caso de la zona metropolitana de Cuautla, las zonas de conflictos más complicados se localizan desde la periferia de Yautepec, rodeando Cuautla hasta los municipios de Ayala y Jantetelco.



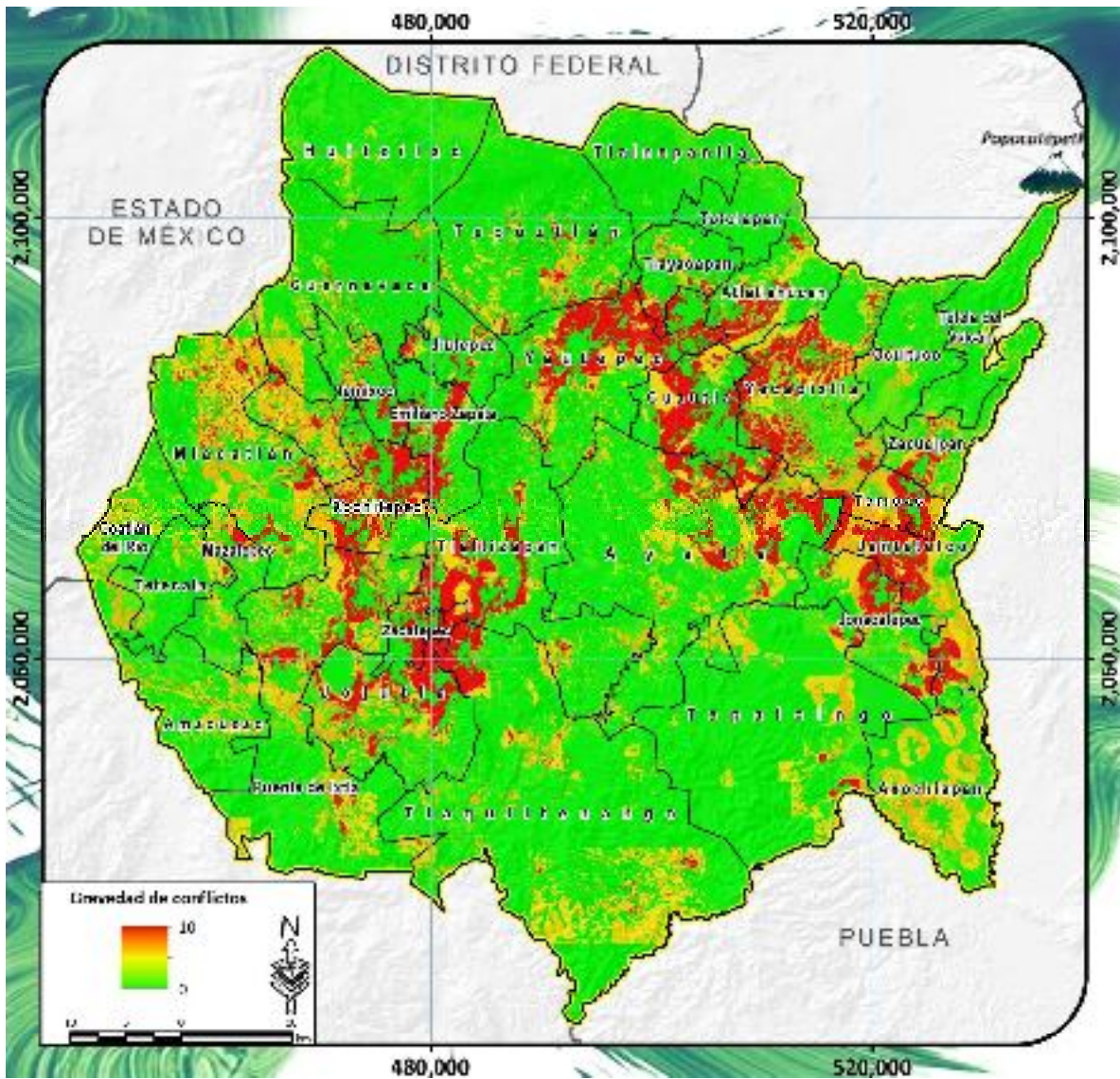


FIGURA 55. GRAVEDAD DE LOS CONFLICTOS



---

## CONFLICTOS (CASOS PARTICULARES)

---

La evaluación de zonas de conflicto entre dos sectores, es importante para la toma de decisiones en el proceso de planeación del ordenamiento ecológico. Permite identificar las principales problemáticas territoriales probables en cada región. Para ello se realizaron cruces entre los sectores incompatibles presentes en el área de estudio que de acuerdo al taller de planeación y a la agenda ambiental son los más importantes y que podrían generar más problemas en Morelos.

---

### CONFLICTO ASENTAMIENTOS HUMANOS - AGRICULTURA

---

Este conflicto se presenta por el crecimiento de las zonas metropolitanas principalmente, el cual se ha dado de manera desordenada y principalmente sobre áreas de agricultura de riego de alta productividad, provocando un mosaico de zonas de asentamientos humanos y de cultivos (Figura 56). Esta problemática ambiental genera un interés importante debido a que genera la pérdida de terrenos de gran vocación agrícola. Una vez que se desarrolla un nuevo ramal de asentamientos humanos a partir de la ciudad el problema no termina ahí, ya que se genera la pérdida no solo de los predios ocupados sino de todos aquellos en la periferia, principalmente por la generación de basura que a menudo, por ser áreas nuevas de crecimiento muchas veces irregulares que no cuentan con servicio de recolección, termina en barrancas o en predios agrícolas. De igual manera el pillaje de los productos agrícolas afecta a los productores, así como la presión de inversionistas y acaparadores que presionan a los poseedores de la tierra para que vendan sus terrenos para lotificarlos y desarrollarlos. Además se genera una pérdida de inversiones gubernamentales que se hicieron en muchas de estas zonas de infraestructura para las actividades de riego.



FIGURA 56. ZONAS AGRÍCOLAS BAJO PRESIÓN URBANA EN ACAPATZINGO, CUERNAVACA, MORELOS.





El conflicto entre estas actividades se da principalmente en la periferia de las principales ciudades del Estado. Para el caso de la zona metropolitana de Cuernavaca, el conflicto se localiza al sur, principalmente en los municipios de E. Zapata y Xochitepec donde se han construido numerosos desarrollos habitacionales sobre predios agrícolas (Figura 57). Para el caso de la zona metropolitana de Cuautla el conflicto se ubica prácticamente en toda la periferia de la ciudad aunque se acentúa al sur hacia el municipio de Ayala y hacia el poniente hacia Yauhtepec, ciudad en la cual también se percibe un fuerte conflicto alrededor de toda la mancha urbana. Para el caso de la zona metropolitana de Jojutla el conflicto se da principalmente hacia los municipios de Zacatepec y Tlaltizapán. En los otros asentamientos de mayor tamaño de los demás municipios se pueden observar zonas de conflicto en sus periferias (Figura 58).

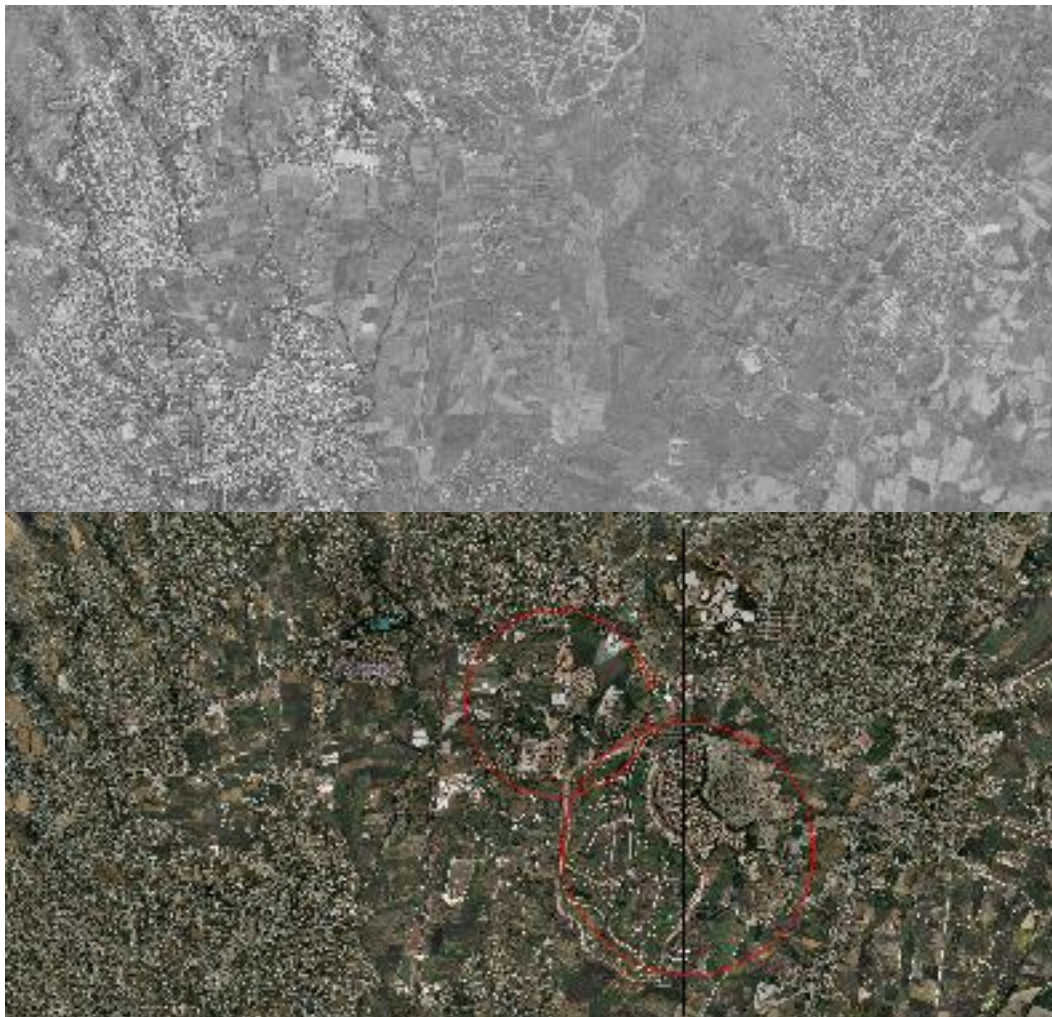


FIGURA 57. CRECIMIENTO URBANO SOBRE PREDIOS AGRÍCOLAS, E. ZAPATA, MORELOS (1993-2009)



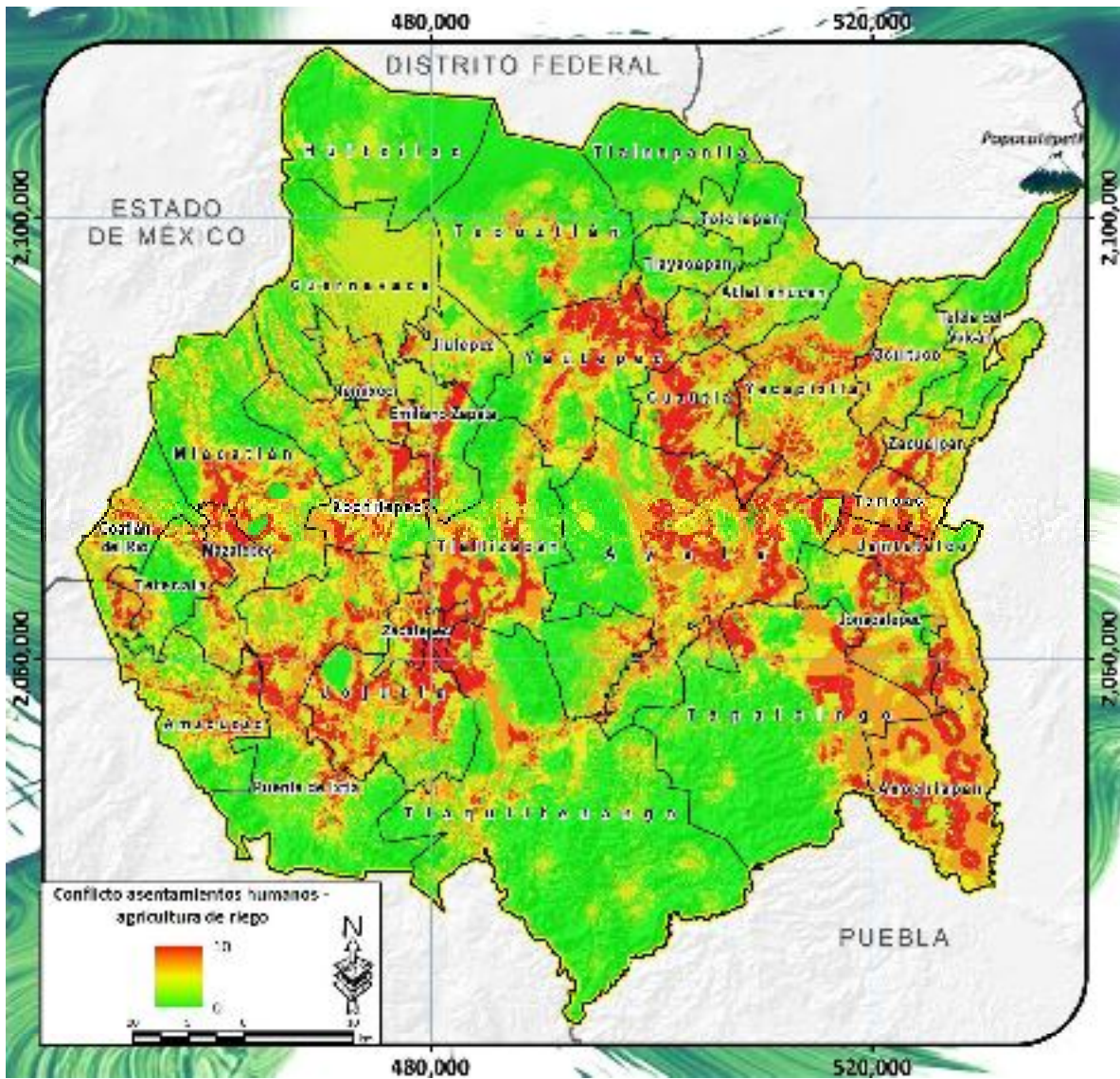


FIGURA 58. CONFLICTO ASENTAMIENTOS HUMANOS - AGRICULTURA

## CONFLICTO ASENTAMIENTOS HUMANOS - INDUSTRIA

Como generalmente se da en muchas regiones de México la relación entre los asentamientos humanos y las zonas industriales es una relación de beneficio – perjuicio. A menudo las zonas industriales se han asentado en la cercanía de pequeñas ciudades en desarrollo a una distancia moderada intentando evitar conflictos con la población existente en el área. Una vez establecida una zona industrial, principalmente cuando es una de tal importancia y tamaño como lo fue en su tiempo NISSAN para Morelos, se origina un boom poblacional en la zona principalmente por la generación de miles de nuevos empleos y el crecimiento económico de la zona por el dinero invertido por estas grandes empresas. Sin embargo este crecimiento acelerado a menudo se da de manera desordenada y generalmente termina en una conurbación de las zonas industriales y los asentamientos humanos, donde se originan los conflictos ambientales. En el caso de Cuernavaca existe una importante conurbación entre las industrias instaladas como lo son Firestone, PEMEX, NISSAN y el parque industrial de PRO-CIVAC y los asentamientos humanos (Figura 59), además de que ambos sectores tienen interés para desarrollarse en zonas similares.

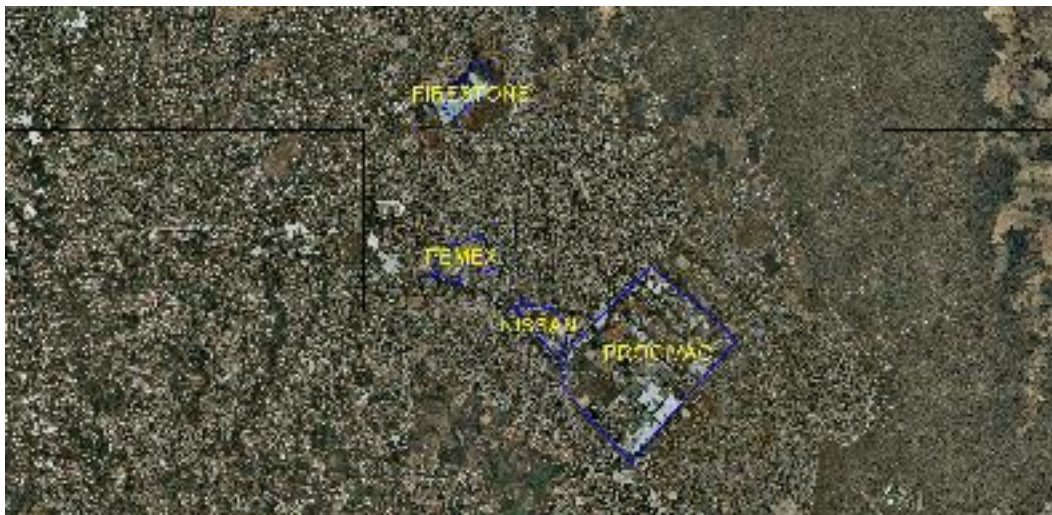


FIGURA 59. SITUACIÓN ESPACIAL DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA-JIUTEPEC CON RESPECTO A ALGUNAS ZONAS INDUSTRIALES



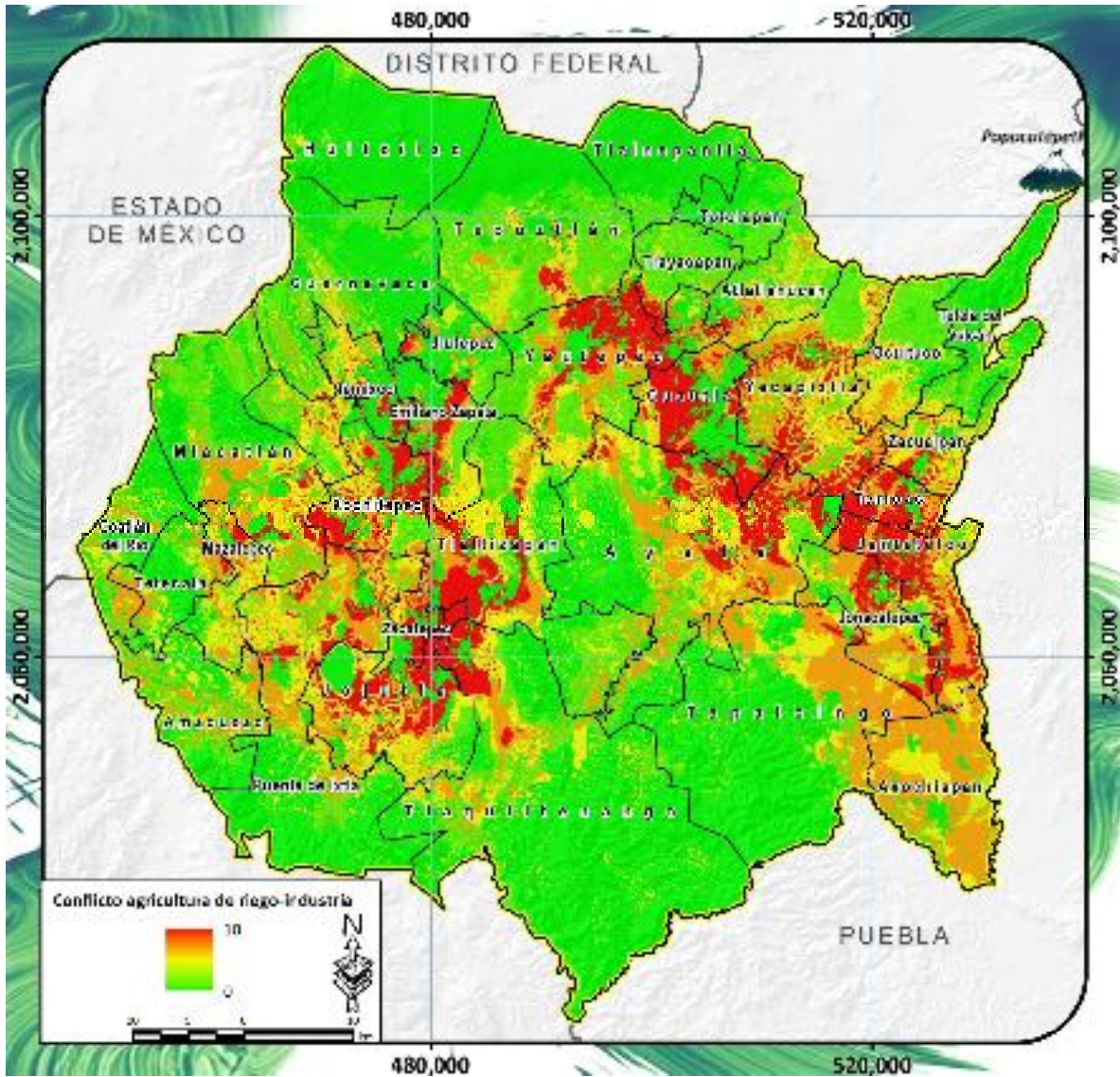


FIGURA 60. CONFLICTO ASENTAMIENTOS HUMANOS - INDUSTRIA

## CONFLICTO ASENTAMIENTOS HUMANOS - CONSERVACIÓN

El conflicto entre los asentamientos humanos y las zonas de conservación se da principalmente por el crecimiento de los asentamientos rurales sobre zonas cerriles con el fin de no ocupar zonas agrícolas productivas, aunque también los desarrollos urbanos han tenido un impacto importante sobre zonas forestales principalmente en Cuernavaca (Figura 61).



FIGURA 61. CRECIMIENTO DE ASENTAMIENTOS HUMANOS SOBRE ÁREAS FORESTALES, SANTA MARÍA, CUERNAVACA, MORELOS

Las zonas donde se observa un mayor conflicto ambiental entre ambas actividades se encuentran localizadas de manera precisa, tres de ellas a causa de la presión del crecimiento de Cuernavaca y su zona metropolitana, hacia el norte, hacia las zonas boscosas. Introduciéndose al municipio de Huitzilac se observa una zona de alto conflicto (Figura 61). Igualmente hacia el oriente la presión de crecimiento sobre la zona ecológica conocida como el Texcal es evidente y el crecimiento de los asentamientos es una de las principales causas de degradación de la selva baja. Hacia el poniente la presión sobre la zona de barrancas es muy fuerte, y se ha dado un crecimiento importante hacia esa zona provocando una importante degradación de los bosques templados y de galería. Otro asentamiento humano que presenta un fuerte conflicto en prácticamente toda su periferia es Tepoztlán, donde el crecimiento del asentamiento humano se ha acelerado y en muchos casos se ha dado a costa de la pérdida de vegetación natural (Figura 62).



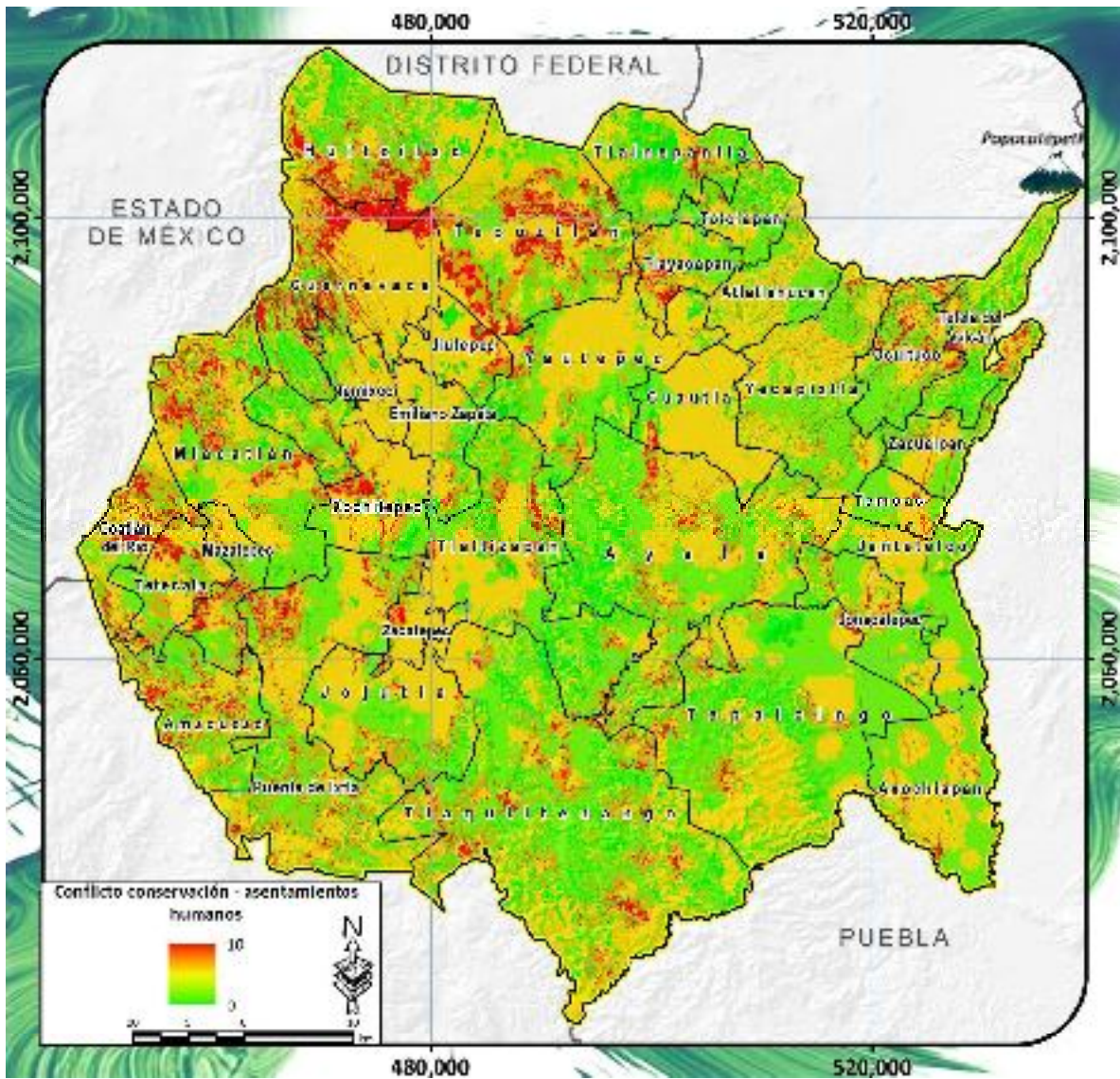


FIGURA 62. CONFLICTO ASENTAMIENTOS HUMANOS - CONSERVACIÓN



## CONFLICTO GANADERÍA - CONSERVACIÓN

---

El conflicto se da entre la ganadería extensiva y las áreas de conservación, el ganado predominante de la actividad es ovino en la zona norte y bovino en la zona sur, el cual se alimenta de todo y degrada en gran medida los ecosistemas en los que pastorea. El conflicto se da principalmente en la zona sur y poniente del Estado, donde el ganado es liberado para que pastoree sobre las zonas cerriles donde aún existen ecosistemas, en la Reserva de la Biosfera de Sierra de Huautla al sur del Estado es una de las principales causas de degradación (Figura 63).

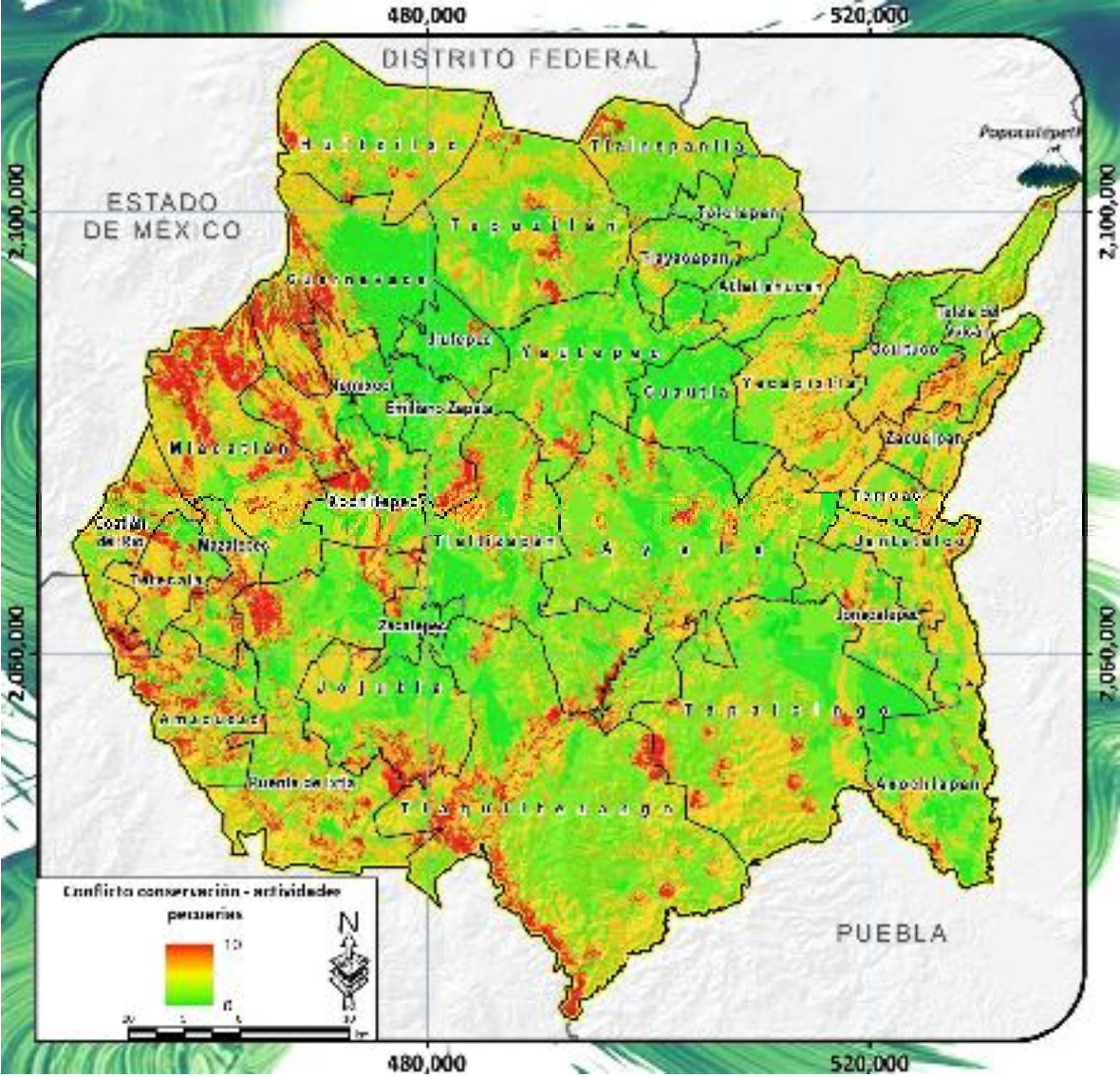


FIGURA 63. CONFLICTO GANADERÍA – CONSERVACIÓN

### CONFLICTO MINERÍA - CONSERVACIÓN

Los potenciales conflictos entre ambas actividades se dan en las zonas vegetadas al interior de las concesiones mineras. Al sur en la Reserva de la Biosfera podría generarse un importante





conflicto entre ambas actividades, así como en la zona poniente, mismo que estuvo a punto de desencadenarse este año por el interés de una empresa minera canadiense que pretendía explotar metales preciosos en el límite de los municipios de Temixco y Miacatlán (Figura 65).



FIGURA 64. EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN SIERRA DE MONTENEGRO



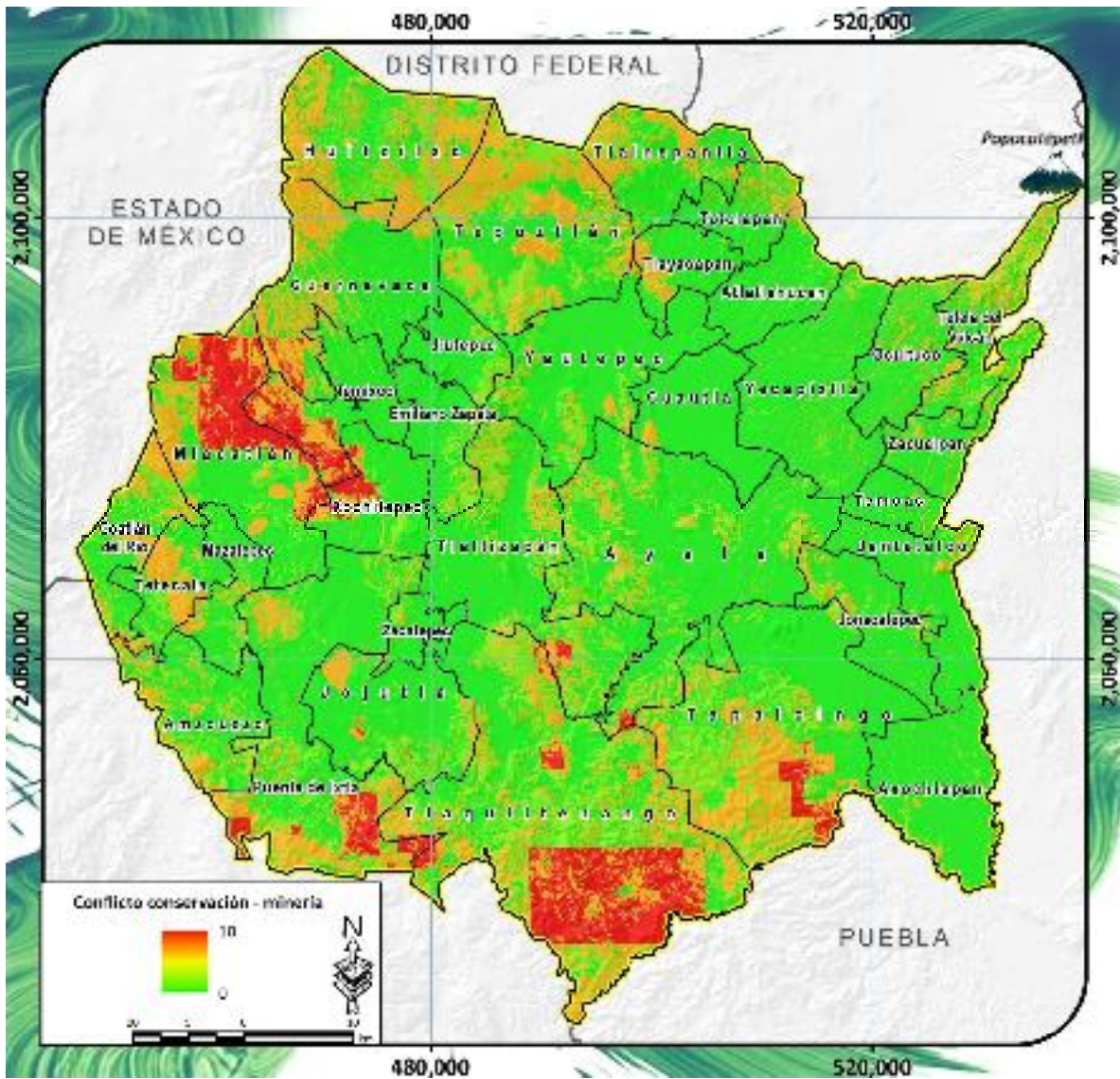


FIGURA 65. CONFLICTO CONSERVACIÓN - MINERÍA



## CONFLICTO CONSERVACIÓN – FORESTAL MADERABLE

---

El conflicto se localiza principalmente al extremo norte del Estado en la zona de bosques templados de pino y oyamel, especies que presentan un mayor valor económico. Estos sitios históricamente han sido aprovechados primero por una industria papelera y después por las localidades asentadas en el área. Sin embargo al decretarse el Parque Nacional Lagunas de Zempoala y el Corredor Biológico Chichinautzin estos aprovechamientos fueron prohibidos, pero el conflicto persiste ya que aun en la actualidad se extrae madera de los ecosistemas para su comercialización ilegal, principalmente al norte en los municipios de Huitzilac y Tlalnepantla por la presencia de bosques, aunque también en la zona central en Tepoztlán y Tlayacapan (Figura 66).

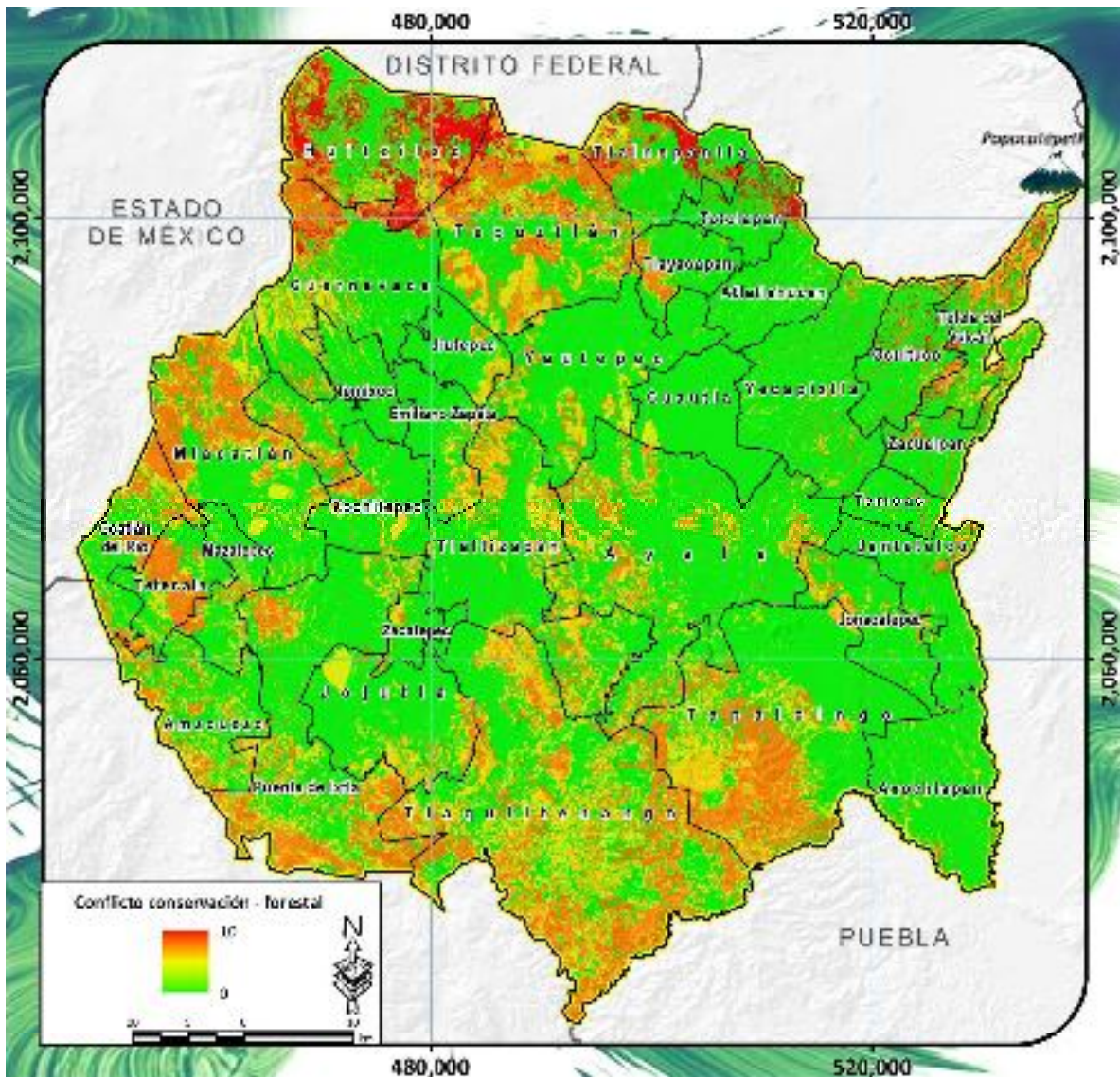


FIGURA 66. CONFLICTO FORESTAL MADERABLE - CONSERVACIÓN

### CONFLICTO INDUSTRIA - AGRICULTURA

El conflicto nace debido a la competencia por espacio y agua de las dos actividades y la contaminación generada por la industria que afecta las aguas subterráneas y el aire, provocando a veces lluvia ácida. Las zonas de mayor presión de crecimiento por parte de las industrias se localizan en el valle agrícola en predios de suelos muy ricos y de vocación agrícola (Figura 68).





FIGURA 67. COMPLEJO INDUSTRIAL DE YECAPIXTLA INMERSO EN ZONAS AGRÍCOLAS.

Las zonas de conflicto se localizan principalmente en los corredores agrícolas del Estado debido a sus condiciones planas, con alta disponibilidad de agua y buena accesibilidad (Figura 68).



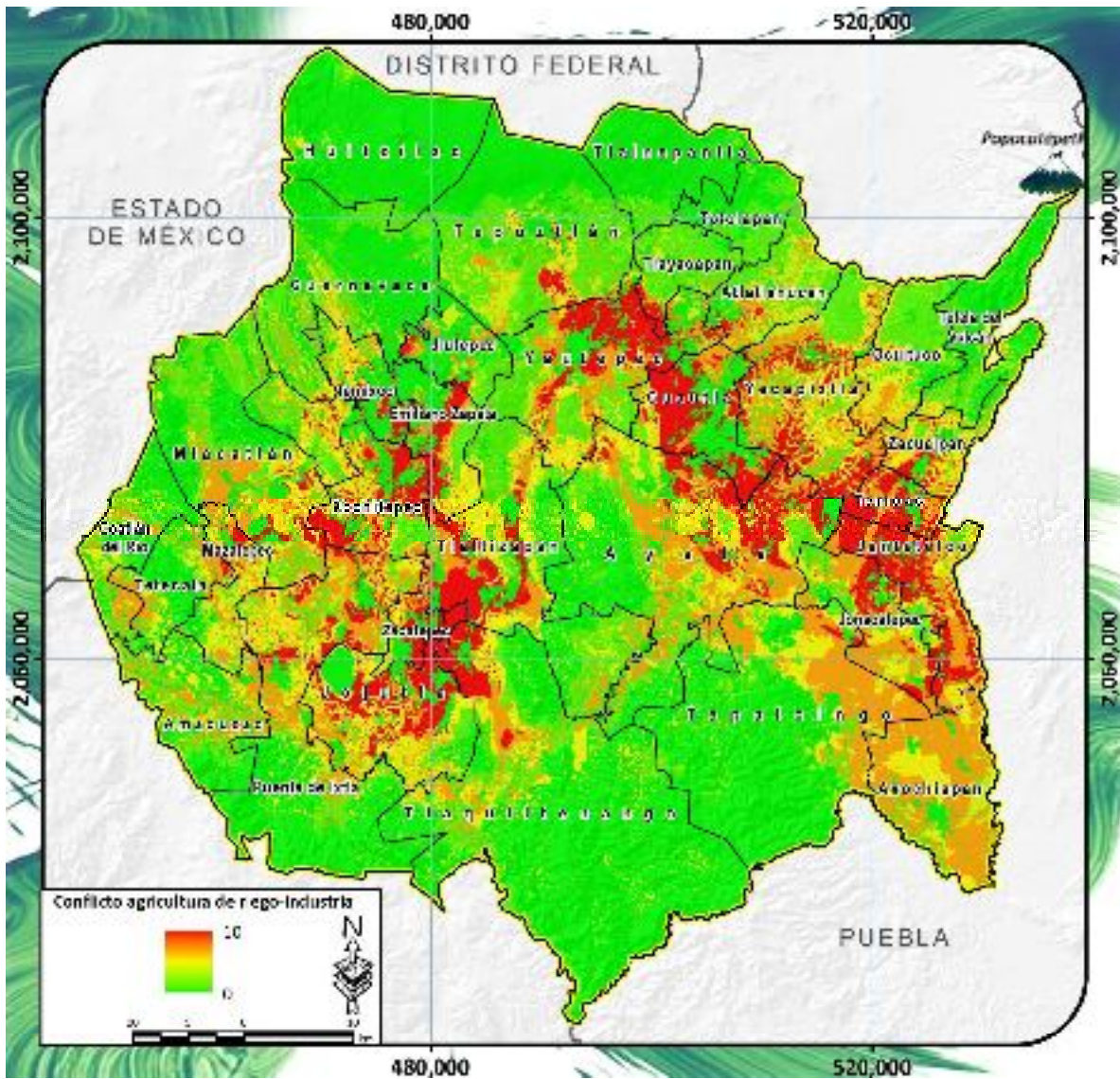


FIGURA 68. CONFLICTO INDUSTRIA - AGRICULTURA