



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**MANEJO SUSTENTABLE EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS,
EL CASO DEL PARQUE OTOMÍ-MEXICA DEL ESTADO DE MÉXICO.
APROXIMACIÓN TEÓRICA Y METODOLÓGICA DESDE LAS CIENCIAS
AMBIENTALES**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**

PRESENTA

DANIEL VILLEGAS MARTÍNEZ

DIRIGIDA POR

DR. JESÚS GASTÓN GUTIÉRREZ CEDILLO

DR. WILLIAM GÓMEZ DEMÉTRIO

DR. LUÍS MIGUEL ESPINOSA RODRÍGUEZ



Toluca, Estado de México. Febrero 2020.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	1
INTRODUCCIÓN	2
Planteamiento del problema	5
Preguntas de investigación	6
Justificación	6
Hipótesis empírica	7
Hipótesis teórica	7
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y JURÍDICO

1.1 Escuelas del pensamiento. Su contribución epistemológica para el manejo integral y sustentable del territorio	13
1.2 Teoría de los Sistemas Complejos. Vertientes cognitivas para el estudio integral del territorio	16
1.3 Teoría de la Ecología Cultural. Adaptaciones socioculturales a los ambientes naturales de territorios bajo protección ambiental	20
1.4 Ciencias Ambientales. Un dilema sobre la percepción y estudio del ambiente ..	23
1.5 Legislación ambiental mexicana. Un acercamiento a la estructura jurídica de las áreas naturales protegidas en México	26

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Etapa metodológica I. Marco teórico y jurídico	30
2.2 Etapa metodológica II. Caracterización integral del territorio administrativo	

Parque Otomí-Mexica del Estado de México	32
2.3 Etapa metodológica III. Diagnóstico integral del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	36
<i>2.3.1 Análisis de involucrados</i>	<i>37</i>
<i>2.3.2 Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (foda)</i>	<i>38</i>
<i>2.3.3 Análisis de problemáticas y generación de estrategias.....</i>	<i>39</i>
2.4 Etapa metodológica IV. Generación de escenarios geográficos para el diseño de una propuesta de manejo ambiental sustentable, enfocada en la zonificación integral del territorio	41
<i>2.4.1 Análisis geoespacial de cambios de uso del suelo y vegetación (periodo de análisis 1993-2018).....</i>	<i>41</i>
<i>2.4.2 Análisis geoespacial de los principales procesos de transformación que detonan los cambios de uso del suelo y vegetación.....</i>	<i>44</i>
<i>2.4.3 Análisis y determinación geoespacial del uso potencial del territorio</i>	<i>45</i>
<i>2.4.4 Conflictos de uso del suelo. Usos adecuados e inadecuados en el territorio</i>	<i>51</i>
<i>2.4.5 Estrategias sustentables. Propuesta de zonificación ambiental.....</i>	<i>52</i>
<i>2.4.5.1 Zonificación ambiental enfocada al aprovechamiento del territorio.....</i>	<i>53</i>
<i>2.4.5.2 Zonificación ambiental enfocada a la conservación del territorio</i>	<i>54</i>
<i>2.4.5.3 Zonificación ambiental enfocada a la protección del territorio</i>	<i>55</i>
<i>2.4.5.4 Zonificación ambiental enfocada a la restauración del territorio</i>	<i>56</i>
2.5 Etapa metodológica V. Discusión general, aportes teórico-metodológico desde el campo de estudio de las Ciencias Ambientales.....	58

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización integral del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	60
<i>3.1.1 Ubicación geográfica</i>	<i>60</i>
<i>3.1.2 Condiciones geográficas</i>	<i>61</i>
<i>3.1.3 Diversidad ecosistémica</i>	<i>74</i>
<i>3.1.4 Diversidad faunística</i>	<i>87</i>

<i>3.1.5 Aspectos socioculturales</i>	91
<i>3.1.6 Características generales de población</i>	96
<i>3.1.7 Niveles de educación</i>	103
<i>3.1.8 Sector de salud</i>	105
<i>3.1.9 Características generales de la casa habitación</i>	107
<i>3.1.10 Servicios básicos. Agua, drenaje y luz eléctrica</i>	108
<i>3.1.11 Niveles de marginación</i>	110
<i>3.1.12 Condiciones económicas</i>	112
<i>3.1.13 Infraestructura</i>	114
<i>3.1.14 Tenencia de la tierra</i>	117
3.2 Diagnóstico integral del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	120
<i>3.2.1 Análisis de involucrados</i>	<i>122</i>
<i>3.2.1.1 Asociaciones civiles</i>	<i>122</i>
<i>3.2.1.2 Entidades gubernamentales</i>	<i>124</i>
<i>3.2.1.3 Instancias académicas y de investigación</i>	<i>129</i>
<i>3.2.2 Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (foda)</i>	<i>131</i>
<i>3.2.2.1 Subsistema ambiental</i>	<i>132</i>
<i>3.2.2.2 Subsistema sociocultural</i>	<i>136</i>
<i>3.2.2.3 Subsistema administrativo</i>	<i>141</i>
<i>3.2.3 Análisis de problemáticas y generación de estrategias</i>	<i>146</i>
<i>3.2.3.1 Análisis y caracterización de problemas en el subsistema ambiental</i>	<i>147</i>
<i>3.2.3.2 Análisis y caracterización de problemas en el subsistema sociocultural</i>	<i>150</i>
<i>3.2.3.3 Análisis y caracterización de problemas en el subsistema administrativo</i>	<i>153</i>
<i>3.2.3.4 Análisis y generación de estrategias para el subsistema ambiental</i>	<i>156</i>
<i>3.2.3.5 Análisis y generación de estrategias para el subsistema sociocultural</i>	<i>160</i>
<i>3.2.3.6 Análisis y generación de estrategias para el subsistema administrativo</i>	<i>162</i>
3.3 Generación de escenarios geográficos para el diseño de una propuesta de manejo ambiental sustentable, enfocada en la zonificación integral del territorio	165
<i>3.3.1 Análisis geoespacial de cambios de uso del suelo y vegetación (periodo de análisis 1993-2018)</i>	<i>166</i>

3.3.2 Análisis geoespacial de los principales procesos de transformación que detonan los cambios de uso del suelo y vegetación.....	174
3.3.2.1 Procesos de fragmentación.....	179
3.3.2.2 Procesos de conversión.....	181
3.3.2.3 Procesos de modificación.....	183
3.3.3 Análisis geoespacial sobre el uso potencial del territorio.....	188
3.3.4 Conflictos en el uso del territorio. Usos adecuados e inadecuados.....	196
3.3.4.1 Usos adecuados e inadecuados en suelos con potencial forestal.....	199
3.3.4.2 Usos adecuados e inadecuados en suelos con potencial agrícola.....	202
3.4 Estrategias sustentables. Propuesta de zonificación ambiental para la administración territorial del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	206
3.4.1 Zonificación ambiental del Parque Estatal Otomí-Mexica, establecida durante el desarrollo del programa de conservación y manejo del año 2009.....	207
3.4.2 Zonificación ambiental del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, establecida durante el desarrollo del programa de manejo del año 2016.....	211
3.4.3 Zonificación ambiental del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, establecida desde una metodología con enfoque sistémico-integral.....	215
3.5 Discusión general. Contribuciones teóricas-metodológicas para el estudio integral de las áreas naturales protegidas en México, desde el objeto de estudio de las Ciencias Ambientales.....	220
3.5.1 Crisis civilizatoria e irracionalidad. El entramado de vida, la naturaleza no humana y la sociedad humana.....	220
3.5.2 Las áreas naturales protegidas, una estrategia de vida ante la crisis civilizatoria y la irracionalidad ambiental.....	222
3.5.3 El enfoque sistémico, una alternativa para el estudio integral de las áreas naturales protegidas en México.....	224
3.5.4 Ciencias Ambientales, de su enfoque dualista a su construcción epistemológica interdisciplinaria. Una contribución al estudio sistémico e integral de las áreas naturales protegidas.....	228
3.5.5 Propuesta del enfoque sistémico-integral, como la base en el diseño de la modelación geoespacial de políticas de manejo en territorios bajo protección ambiental	

.....	231
3.6 Productos de investigación	242
<i>3.6.1 Artículos científicos</i>	<i>243</i>
<i>3.6.2 Artículos de divulgación</i>	<i>245</i>
<i>3.6.3 Capítulos de libro</i>	<i>246</i>
CONCLUSIONES	249
RECOMENDACIONES: AGENDA DE INVESTIGACIÓN	252
BIBLIOGRAFÍA	253

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Árbol de problemas del subsistema ambiental del Parque Otomí Mexica del Estado de México.....	149
Diagrama 2. Árbol de problemas del subsistema sociocultural del Parque Otomí Mexica del Estado de México.....	152
Diagrama 3. Árbol de problemas del subsistema administrativo del Parque Otomí Mexica del Estado de México.....	155
Diagrama 4. Árbol de objetivos del subsistema ambiental del Parque Otomí Mexica del Estado de México.....	159
Diagrama 5. Árbol de objetivos del subsistema sociocultural del Parque Otomí Mexica del Estado de México.....	161
Diagrama 6. Árbol de objetivos del subsistema administrativo del Parque Otomí Mexica del Estado de México.....	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistematización teórica para el estudio y análisis del Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	11
Figura 2. Interrelaciones entre los componentes del territorio administrativo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	35
Figura 3. Diagrama metodológico para la elaboración del diagnóstico integral del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	36
Figura 4. Estructura del método, árbol de problemas	40
Figura 5. Estructura del método, árbol de objetivos	40
Figura 6. Aplicación del algoritmo de Máxima Verosimilitud sobre el análisis de clasificación supervisada	43
Figura 7. Coberturas de uso de suelo y vegetación del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, años 1993 y 2018	44
Figura 8. Temperatura media anual del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	45
Figura 9. Precipitación media anual del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	46
Figura 10. Edafología del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	46
Figura 11. Usos del suelo y vegetación del Parque Otomí-Mexica del Estado de México .	47
Figura 12. DEM del Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	47
Figura 13. Pendientes del Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	48
Figura 14. Uso potencial del suelo.....	51
Figura 15. Uso actual del suelo	51
Figura 16. Uve heurística para el aprendizaje del estudio sistémico del territorio.....	59
Figura 17. Ubicación geográfica del territorio adminitrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	61
Figura 18. Interrelaciones de los elementos geográficos del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	74
Figura 19. Ubicación geográfica del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, entre la región biogeográfica Neártica y Neotropical	75
Figura 20. Coberturas de bosque de oyamel en el Paraje Corral de Piedra, municipio de Isidro Fabela, Estado de México	177

Figura 21. Bosque de oyamel modificado por incendio forestal durante el año 2005. Municipio de Ocuilán Estado de México	178
Figura 22. Áreas del Parque Otomí-Mexica del Estado de México con problemas de erosión de suelos	187
Figura 23. Sistematización teórico-jurídico para el estudio y análisis integral de áreas naturales protegidas	225
Figura 24. Modelo teórico para la modelación geoespacial de políticas de manejo ambiental en territorios bajo protección ambiental.....	238
Figura 25. Portada de artículo científico, publicado en la revista PASOS.....	243
Figura 26. Portada de artículo científico, publicado en la Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias.....	244
Figura 27. Portada de artículo de divulgación publicado, en Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2018.....	245
Figura 28. Portada de capítulo de libro, publicado en Vulnerabilidad, Resiliencia y Ordenamiento Territorial.....	246
Figura 29. Portada de capítulo de libro, publicado en Transformaciones territoriales en México y Polonia: Vulnerabilidad, resiliencia y ordenación territorial.....	247
Figura 30. Carta de aceptación para la publicación de capítulo de libro en Tópicos en Ciencias Ambientales 2020	248

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Ecosistemas de oyamel en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	78
Fotografía 2. Ecosistemas de <i>Pinus hartwegii</i> en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	79
Fotografía 3. Ecosistemas de encino en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	80
Fotografía 4. Ecosistemas mesófilos de montaña en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	82
Fotografía 5. Estanques utilizados para la cría de Trucha arcoíris	85
Fotografía 6. Milpas en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	86
Fotografía 7. Monocultivos de maíz en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	87
Fotografía 8. Mamíferos en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	89
Fotografía 9. Reptiles y anfibios en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	89
Fotografía 10. Paraje los Molcajetes, Municipio de Isidro Fabela, Estado de México	94
Fotografía 11. Centro Ceremonial Otomí, Temoaya Estado de México	95
Fotografía 12. Derribo de árboles para la ampliación de la red de agua potable, área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	108
Fotografía 13. Actividades económicas del sector primario que se realizan en el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	114
Fotografía 14. Procesos de intercambio entre las coberturas de uso de suelo y vegetación	173
Fotografía 15. Procesos de erosión del suelo en el paraje Valle de las Navajas, Temoaya Estado de México.....	186
Fotografía 16. Pastoreo de ganado ovino en los ambientes locales del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	198

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Población total en los municipios que conforman el Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015	100
Gráfica 2. Densidad de población en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015	102
Gráfica 3. Tasa de crecimiento poblacional en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015.....	103
Gráfica 4. Índice de analfabetismo y alfabetismo en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015.....	104
Gráfica 5. Derechohabiencia en instituciones de salud. Municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Año 2000.....	106
Gráfica 6. Derechohabiencia en instituciones de salud. Municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Año 2015.....	106
Gráfica 7. Número de viviendas en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015	107
Gráfica 8. Cobertura del servicio de agua potable en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015.....	109
Gráfica 9. Cobertura del servicio de drenaje en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015.....	109
Gráfica 10. Cobertura del servicio de luz eléctrica en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015.....	110
Gráfica 11. Comparativo espacial de las coberturas de uso del suelo y vegetación. Territorio administrativo Parque Otomí Mexica del Estado de México, años 1993 y 2018.....	171

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Hipsometría del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	64
Mapa 2. Pendientes del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	65
Mapa 3. Geología del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	66
Mapa 4. Condiciones climáticas en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	67
Mapa 5. Precipitación anual en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	68
Mapa 6. Territorio administrativo Parque Otomí-Mexica en el contexto geográfico de las subcuentas hidrológicas del Estado de México	69
Mapa 7. Red hidrológica del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	71
Mapa 8. Condiciones edafológicas en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	73
Mapa 9. Distribución ecosistémica en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	76
Mapa 10. Sitios Arqueológicos y Grupos Étnicos en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	93
Mapa 11. Red vial en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	116
Mapa 12. Tenencia de la tierra en el área administrativa del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	118
Mapa 13. Uso del suelo y vegetación en el territorio administrativo Parque Otomí Mexica del Estado de México año 1993	167
Mapa 14. Uso del suelo y vegetación en el territorio administrativo Parque Otomí Mexica del Estado de México año 2018	168
Mapa 15. Áreas con procesos de transformación en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	170

Mapa 16. Procesos de transformación en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	176
Mapa 17. Procesos de fragmentación y las actividades que los detonan en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	180
Mapa 18. Procesos de conversión y las actividades que los detonan en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	182
Mapa 19. Procesos de modificación y las actividades que los detonan en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	185
Mapa 20. Uso potencial del suelo en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	193
Mapa 21. Conflictos en el uso del territorio, usos adecuados e inadecuados en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	197
Mapa 22. Usos inadecuados en suelos con potencial forestal en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	201
Mapa 23. Usos inadecuados en suelos con potencial agrícola en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	204
Mapa 24. Zonificación ambiental en el territorio administrativo Parque Estatal Otomí-Mexica, año 2009	209
Mapa 25. Zonificación ambiental en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México, año 2016	213
Mapa 26. Propuesta de zonificación ambiental, establecida desde una metodología con enfoque sistémico-integral	216

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Legislación ambiental mexicana y leyes vigentes en materia ambiental	26
Tabla 2. Matriz teórica y jurídica	30
Tabla 3. Acervo cartográfico en formato digital	32
Tabla 4. Mapas temáticos del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	33
Tabla 5. Principales componentes del subsistema sociocultural	34
Tabla 6. Matriz de involucrados	38
Tabla 7. Matriz de análisis FODA	39
Tabla 8. Insumos geoespaciales.....	42
Tabla 9. Variables para determinar el uso potencial del suelo agrícola.....	48
Tabla 10. Variables para determinar el uso potencial del suelo forestal.....	49
Tabla 11. Variables climáticas.....	49
Tabla 12. Variables edafológicas.....	50
Tabla 13. Variables de uso de suelo y vegetación	50
Tabla 14. Variables fisiográficas	50
Tabla 15. Análisis de conflictos de uso del suelo	52
Tabla 16. Componentes del territorio para determinar las áreas de aprovechamiento	53
Tabla 17. Componentes del territorio para determinar áreas de conservación.....	54
Tabla 18. Componentes del territorio para determinar áreas de protección.....	55
Tabla 19. Componentes del territorio para determinar áreas de restauración	56
Tabla 20. Condiciones geológicas del territorio adminitrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	62
Tabla 21. Edafología del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	70
Tabla 22. Superficie ocupada por los ecosistemas en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	77
Tabla 23. Cuerpos de agua identificados en el territorio adminitrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	84
Tabla 24. Mamíferos en el territorio adminitrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	88

Tabla 25. Especies amenazadas y en peligro de extinción (NOM-059-2001)	90
Tabla 26. Número de especies de vertebrados, estado de conservación y endemismo	91
Tabla 27. Clasificación de localidades por municipio que conforman el Parque Otomí-Mexica del Estado de México	98
Tabla 28. Población total por municipios que conforman el Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015	99
Tabla 29. Densidad de población en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015	101
Tabla 30. Índice de marginación por municipio que conforma el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Año 2005	111
Tabla 31. Población Económicamente Activa por sector de actividad en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	112
Tabla 32. Tenencia de la tierra en el área administrativa Parque Otomí-Mexica del Estado de México	117
Tabla 33. Matriz de involucrados. Asociaciones civiles presentes en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	123
Tabla 34. Matriz de involucrados. Entidades de Gobierno federal involucradas en la administración del territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	126
Tabla 35. Matriz de involucrados. Entidades de Gobierno estatal involucradas en la administración del territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	127
Tabla 36. Matriz de involucrados. Entidades de Gobierno municipal involucradas en la administración del territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	129
Tabla 37. Matriz de involucrados, instancias académicas y de investigación consideradas en el desarrollo del territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	130
Tabla 38. Matriz FODA del subsistema ambiental del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	133
Tabla 39. Matriz FODA del subsistema sociocultural del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	137
Tabla 40. Matriz FODA del subsistema administrativo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	141
Tabla 41. Principales problemáticas de los subsistemas del territorio.....	165

Tabla 42. Superficie terrestre que ocupan las coberturas de uso de suelo y vegetación en el territorio administrativo Parque Otomí Mexica del Estado de México, durante los años 1993 y 2018.....	166
Tabla 43. Intercambios entre coberturas de uso del suelo y vegetación, periodo de analisis 1993-2018.....	172
Tabla 44. Procesos de trasformación en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	174
Tabla 45. Superficie ocupada por las actividades relacionadas con los procesos de fragmentación.....	181
Tabla 46. Superficie que ocupan las actividades relacionadas con los procesos de conversión	183
Tabla 47. Variables para determinar el uso potencial del suelo en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México.....	191
Tabla 48. Análisis sobre los conflictos de uso del suelo.....	196
Tabla 49. Usos inadecuados del suelo con potencial forestal en los municipios que conforman el territorio administraivo Parque Otomí-Mexica del Estado de México	199
Tabla 50. Usos inadecuados en suelos con potencial agrícola en los municipios que conforman el territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México	202
Tabla 51. Criterios de zonificación ambiental del año 2009.....	207
Tabla 52. Superficie terrestre de la zonificación ambiental durante el año 2009.....	208
Tabla 53. Superficie terrestre de la zonificación ambiental durante el año 2016.....	212
Tabla 54. Superficie terrestre la zonificación ambiental, diseñada desde un enfoque sistémico -integral	217

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación, está basado en la aplicación de fundamentos teóricos y metodológicos, retomados en la sistematización epistemológica de los Sistemas Complejos y las Ciencias Ambientales, con los cuales se realizó el diseño y desarrollo de una metodología que permite la modelación geoespacial de políticas de manejo, en territorios decretados como áreas naturales protegidas. La aplicación metodológica, se realizó en el espacio geográfico-administrativo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, bajo un enfoque de análisis sistémico-integral, aplicado en cinco etapas metodológicas (estructura teórica, caracterización, diagnóstico, diseño y teorización). Los resultados más representativos, determinan que los estudios realizados en territorios bajo protección ambiental, deben desarrollarse desde un enfoque de análisis sistémico-integral, propuesto dentro del marco de estudio de las Ciencias Ambientales.

Palabras clave: áreas naturales protegidas; Ciencias Ambientales; enfoque sistémico-integral; políticas de manejo; sistemas complejos.

ABSTRACT

The objective of this research work is based on the application of theoretical and methodological foundations, taken up in the epistemological systematization of complex systems and environmental sciences, with which the design and development of a methodology that allows geospatial modeling was carried out of management policies, within areas under environmental protection. The methodological application was carried out in the geographic-administrative space of the Otomí-Mexica Park of the State of Mexico, under a systemic-integral approach, applied in five methodological stages (theoretical structure, characterization, diagnosis, design and theorization). The most representative results, determine that the studies of the territories under environmental protection in Mexico, should be developed under a systemic-integral analysis, proposed within the framework of the Environmental Sciences study.

Keywords: complex systems; environmental sciences; management policies; protected natural areas; systemic-integral approach.

INTRODUCCIÓN

La preservación del ambiente en México, ha tenido diversas etapas, producto de las dinámicas socioculturales y políticas internas, así como por la influencia de las tendencias de protección al ambiente desde proyectos internacionales. Una de las principales estrategias de conservación ambiental a nivel mundial son las áreas naturales protegidas (ANP), de las cuales según la Comisión Mundial de Áreas Protegidas (CMAP) alrededor del mundo existen unas 30, 000 ANP, agrupadas en seis categorías: a) reserva natural estricta, b) parque nacional, c) monumento o rasgo natural, d) área de manejo de hábitat/especie, e) paisaje terrestre o marino protegido y f) área protegida con uso sustentable de recursos naturales (CMAP, 2000).

De acuerdo con los antecedentes de la revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales de la Universidad Barcelona, el primer territorio decretado como ANP, fue decretado en los Estados Unidos de Norteamérica (EUA) en 1872 con la creación de Parque Nacional Yellowstone como parte de una estrategia federal por conservar los recursos forestales y la vida silvestre. A este decreto se sumaron otras iniciativas a favor de la protección de bosques y vida silvestre, pero no fue sino hasta principios del siglo XX cuando los EUA sentaron las bases para la creación y decreto de refugios federales para la protección de vida silvestre y con ello la creación de la primera institución en América encargada de vigilar y administrar el uso múltiple de los bosques llamada entonces Servicio Forestal (Castañeda, 2006).

La creación institucional de las ANP en México, inicia con la creación de la Reserva Nacional Forestal del Desierto de los Leones en 1876, bajo la presidencia de Sebastián Lerdo de Tejada y que hasta 1917 fue decretada como el primer Parque Nacional de México, con el objetivo de proteger y salvaguardar los 14 manantiales que desde entonces proveen de agua potable a la Ciudad de México (CDMx) (Castañeda, 2006 y CONANP, 2011).

Actualmente en México existen 182 ANP, de carácter federal que cubren más de noventa millones de hectáreas que constituye el 10.78% del territorio nacional terrestre y 22.05% del territorio marítimo nacional. Estas ANP, están administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y están agrupadas en siete categorías: a) Reservas de la Biosfera, b) Parques Nacionales, c) Monumentos Nacionales, d) Áreas de Protección de Recursos Naturales, e) Áreas de Protección de Fauna y Flora, f) Santuarios y g) Parques y Reservas Estatales. (CONANP, 2016).

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

Sin embargo, es importante tener en cuenta, que en México no solo existen ANP administradas por la federación, también existen áreas naturales protegidas estatales, áreas comunitarias protegidas y áreas protegidas privadas, administradas por gobiernos estatales, grupos sociales y propietarios. No obstante, de estas últimas dos no se tiene una cuantificación exacta, ya que, cada entidad (estados y municipios), registra, regula y administra bajos sus propios criterios políticos, ambientales, sociales e institucionales (CONABIO, 2017).

En el Estado de México, actualmente se tienen registradas ante el gobierno estatal 97 ANP, divididas en nueve categorías, a) Parques Nacionales; b) Parques Estatales; c) Parques Municipales; d) Reservas Ecológicas Federales; e) Reservas Ecológicas Estatales; f) Área de Protección de Flora y Fauna; g) Área de Protección de Recursos Naturales; h) Parques Urbanos, e i) Parques Sin Decreto. Estas ANP son administradas por la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) organismo público descentralizado de la Secretaria de Medio Ambiente del Estado de México (CEPANAF, 2018).

La primer ANP decretada en el Estado de México, fue el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla mejor conocido como La Marquesa en 1936, seguido del Parque Nacional Lagunas de Zempoala decretado a finales de ese año. Derivado de estos y otros decretos el territorio mexiquense actualmente cuenta con unas 987,497.19 hectáreas protegidas, que representan aproximadamente el 43.91 % de su espacio geográfico y administrativo (CEPANAF, 2018).

En el Estado de México, el Área Natural Protegida Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa denominado Parque Otomí-Mexica del Estado de México, es el ANP con mayor extensión territorial dentro del territorio del mexiquense (105,875 has) su territorio divide la Zona Metropolitana del Valle de México, de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y Cuernavaca. El Parque Otomí-Mexica, fue decretado el día 8 de enero de 1980 bajo las consideraciones del Ejecutivo del Estado. Las particularidades biofísicas y socioculturales que dieron soporte al decreto del parque, se encuentran publicadas en la Gaceta de Gobierno, en el tomo CXXIX, número 4, sección tercera.

29 años después del decreto del parque, se realizó su primer Programa de Conservación y Manejo, documento en el que, se estableció una zonificación ambiental, mediante cuatro

políticas de manejo (aprovechamiento, conservación, protección y restauración), dentro de las cuales se especificaron las actividades permitidas, supervisadas y restringidas, que se debían desarrollar para asegurar la continuidad de los procesos socioambientales al interior del límite administrativo del ANP (EcoCiencia, 2009).

Durante el año 2016, El Colegio de Ciencias Geográficas del Estado de México (COCIGEM), en coordinación con la CEPANAF, realizaron la actualización del Programa de Conservación y Manejo, quedando institucionalizado este documento con el nombre de Programa de Manejo. En este instrumento, quedo establecido la actualización espacial de las políticas de manejo (aprovechamiento, conservación, protección y restauración) y las actividades que se permiten desarrollar en cada una de ellas, de acuerdo, a lo establecido en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (R-LEGEEPA-ANP), El Libro Segundo del Código de la Biodiversidad del Estado de México y el Decreto del Parque Otomí-Mexica del Estado de México (CEPANAF, 2016 y Juan *et al.*, 2017).

Sin embargo, durante el desarrollo del Programa de Manejo, se observó que no existe una metodología establecida para el diseño y espacialización de las políticas de manejo, ya que éstas, se establecieron mediante métodos de fotointerpretación sobre imágenes de satélite, sin considerar las variables determinadas dentro de la legislación ambiental mexicana en materia de áreas naturales protegidas. Con base a la problemática citada previamente, se establecieron las bases de la presente investigación, en la cual se proponen una aproximación teórica y metodológica para el estudio integral de las áreas naturales protegidas desde el campo de estudio de las Ciencias Ambientales.

Para llevar a cabo este objetivo, fue necesario el desarrollo e instrumentación de tres capítulos. El primero de ellos, establece y describe las fases metodológicas, métodos, técnicas de investigación, herramientas e insumos geotecnológicos utilizados durante el desarrollo de la investigación. El capítulo dos, contiene el análisis, selección y descripción de los postulados de las escuelas del pensamiento, teorías y bases jurídicas, orientadas hacia el estudio sistémico e interdisciplinario de los componentes ambientales, socioculturales y jurídicos en territorios decretados como áreas naturales protegidas. En el tercer capítulo, se describen los resultados obtenidos durante la investigación. Se concluye este documento, con

una serie de conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones orientadas hacia el estudio integral de territorios bajo protección ambiental en México.

Planteamiento del problema

La situación actual de los ecosistemas que conforman actualmente el territorio administrativo del parque, está vinculada con la interacción de los componentes territoriales de su entorno geográfico, siendo uno de los más significativos, la presión que ejerce el crecimiento acelerado y desordenado de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Valle de Toluca y Cuernavaca.

Los más de 27 millones de personas que habitan las metrópolis antes referidas están ocasionando la demanda de nuevos espacios para satisfacer las necesidades de vivienda, establecimientos industriales, centros comerciales, espacios recreativos y la apertura de zonas agrícolas y de pastoreo para la producción de alimentos, destinados a los asentamientos humanos que convergen con el territorio administrativo del ANP. La situación referida, está generando procesos de cambio de usos del suelo, los cuales impactan de forma negativa a los componentes y funciones del parque, trayendo consigo, pérdida de biodiversidad de flora y fauna, contaminación hidrológica y de suelos; todos ellos vitales para el desarrollo local y regional de los asentamientos humanos.

Los estudios realizados en el contexto geográfico del ANP, no han incorporado dentro de sus objetivos de estudio fundamentos teóricos y jurídicos que permitan el diseño e instrumentación de actividades vinculadas con el desarrollo sustentable que pudiesen contrarrestar los problemas ambientales y socioculturales, que se manifiestan al interior del territorio administrativa. Algunos de los estudios realizados sobre el territorio del parque son: a) programas de conservación y manejo; b) análisis funcional del sistema de áreas naturales protegidas del Estado de México, y c) Programas de manejo. En ellos se hace referencia del parque como un sistema complejo, sin embargo, no existen antecedentes que promuevan las sistematización teórica y jurídica para el estudio integral de las áreas naturales protegidas, que encaminen estos territorios hacia la sustentabilidad.

Preguntas de investigación

Las preguntas que guiarán el desarrollo de la investigación son:

1. ¿Cuáles son los fundamentos teóricos y metodológicos apropiados para analizar el territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México desde un enfoque sistémico?
2. ¿El diseño de una propuesta de manejo ambiental sustentable desde un enfoque sistémico, puede coadyuvar al desarrollo de los componentes ambientales y socioculturales del territorio?
3. ¿Qué fundamentos teóricos y metodológicos de las Ciencias Ambientales son esenciales para la instrumentación de una propuesta de manejo ambiental sustentable?

Justificación

El Área Natural Protegida del Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala la Bufo, denominado Parque Otomí-Mexica del Estado de México, es el ANP de mayor extensión territorial en el Estado de México (105,844.13 ha). Por su ubicación geográfica el territorio del parque desempeña una función biofísica y sociocultural de vital importancia para los más de 27 millones de habitantes que viven en las Zonas Metropolitanas adyacentes al ANP (INEGI, 2015).

Desde el punto de vista social la conservación y funcionamiento adecuado de los ecosistemas que conforman el territorio del parque es importante, ya que es una fuente valiosa de componentes naturales que provee diversos servicios ecosistémicos como: agua, oxígeno, alimentos, recursos maderables y minerales, materias primas para la elaboración de medicamentos, utensilios del hogar y herramientas de trabajo, algunos de ellos indispensables para el bienestar de las poblaciones que habitan dentro y en la periferia de sus territorio administrativo.

Desde el punto de vista económico, los componentes territoriales del parque proporcionan múltiples beneficios para el funcionamiento de mercados locales y regionales, gran parte de los alimentos, ganado, herramientas que se comercializan en ellos, son producto de las actividades agrícolas, ganaderas y económicas que las personas desarrollan dentro del territorio. Desde el punto de vista ecológico el ANP desarrolla una función de vital

importancia para la flora y fauna que alberga dentro de sus límites, esta se compone de 357 especies del reino animal, de las cuales 115 de ellas son aves, 73 helmintos, 56 mamíferos, 25 reptiles, 22 anfibios, 21 peces, 54 artrópodos y 7 moluscos. Muchas de ellas endémicas y en riesgo de extinción (EcoCiencia, 2009).

Las comunidades predominantes del reino vegetal son: bosque de pino, bosque de oyamel, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, pastizales y matorrales (EcoCiencia, 2009 y Juan *et al.*, 2017). Como área de esparcimiento y recreación turística el parque provee diversos espacios destinados y acondicionados para el desarrollo de actividades turísticas (turismo rural, agroturismo, turismo de aventura, turismo de naturaleza, turismo gastronómico y turismo alternativo) para las poblaciones locales, regionales e incluso nacionales e internacionales, ya que en algunos puntos del territorio comienzan a llegar turistas de Europa y Estados Unidos de América (Villegas, 2016).

Culturalmente, el territorio alberga 11 sitios arqueológicos que refleja parte de la cultura de los grupos originarios de México que se acentuaron en esta región como: otomíes, mazahuas, matlatzincas, tlahuicas y nahuas, principales pobladores en el territorio de lo que ahora es el Parque Otomí-Mexica (CEPANAF, 2016 y Juan *et al.*, 2017). Con base a la importancia social, económica, ecológica, turística y cultural del territorio, este trabajo de investigación pretende aportar fundamentos teóricos y metodológicos desde el campo de estudio de las Ciencias Ambientales y el pensamiento sistémico con el propósito de contribuir al manejo sustentable y preservación de los componentes biofísicos, socioculturales y jurídicos del ANP.

Hipótesis empírica

El análisis sistémico y la evaluación sistemática del área natural protegida del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, permitirá diseñar una propuesta de manejo sustentable del Parque.

Hipótesis teórica

La experiencia empírica de evaluación sistémica y sistemática, permitirá establecer una propuesta teórico metodológica para el estudio sustentable de las áreas naturales protegidas.

Objetivo general

Diseñar una propuesta de manejo ambiental sustentable que considere la reestructuración de políticas de manejo ambiental, con el fin de asegurar la continuidad de los procesos ambientales y asegurar el desarrollo y bienestar social de las poblaciones que habitan en el territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México.

Objetivos específicos

1. Realizar una caracterización integral del territorio y representar cartográficamente los componentes biofísicos y socioculturales que lo conforman.
2. Realizar un diagnóstico integral del territorio que permita analizar e identificar las potencialidades, limitantes y usos inadecuados de los componentes territoriales.
3. Diseñar una propuesta de manejo ambiental sustentable que permita la reestructuración de las políticas de manejo ambiental, mediante las cuales se administra el territorio del parque.
4. Generar aportes teóricos y metodológicos para el estudio sustentable de áreas naturales protegidas desde el campo de estudio de las Ciencias Ambientales.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y JURÍDICO

Nuestro mundo es un conjunto de sistemas y subsistemas complejos, en donde las interrelaciones entre sus componentes determinan las características de los ambientes naturales y antrópicos. Derivado del número de interrelaciones entre los componentes de los ambientes, se determina su complejidad y con ello el enfoque de estudio que debe utilizarse para tratar de entender, analizar y describir su funcionamiento. Algunas teorías clásicas como: la Teoría General de Sistemas, la Teoría de los Sistemas Complejos, la Teoría de la Ecología Cultural, entre otras, y más aún las nuevas ciencias del conocimiento como las Ciencias Ambientales, determinan que el enfoque de estudio inter y transdisciplinario, es adecuado para tratar de entender y describir la realidad (ambientes) desde el mayor número de perspectivas posibles (Núñez, s/f).

Desde esta reflexión científica, se estructura el marco teórico de esta investigación, la cual parte de las consideraciones epistemológicas de las Ciencias Ambientales, que determinan que el territorio es un producto de la construcción política de las sociedades que habitan en nuestro planeta, éste debe estudiarse desde un enfoque interdisciplinario y sustentarse con fundamentos teóricos de las Ciencias Ambientales y sociales. Partiendo de esta perspectiva, las teorías y disciplinas científicas consideradas en esta investigación son: Teoría de los Sistemas Complejos (García, 2006), Teoría de la Ecología Cultural (Steward, 1955) y las Ciencias Ambientales (Morales, 2017).

Estos enfoques teóricos y disciplinas del conocimientos científico, se complementaron con el marco jurídico de la Legislación ambiental de mexicana, contenida en la Constitución Política de los Estado Unidos Mexicanos, Diario Oficial de la Federación (DOF, 1917), la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (DOF, 1988), El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (DOF, 2000), El Código para la Biodiversidad del Estado de México, Libro Segundo, Gobierno del Estado de México (GEM, 2005) y la normatividad del Plan de Manejo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México (CEPANAF, 2016), territorio de estudio en esta investigación.

Ante las problemáticas ambientales derivadas de la prosperidad antrópica y la crisis ambiental¹, los enfoques epistemológicos encaminados hacia el estudio de las Ciencias Ambientales, la sustentabilidad y el territorio, están en constante reestructuración y evolución dejando a tras los enfoques dualistas que separan las Ciencias Ambientales de las ciencias sociales, para enfocarse en estudios e investigaciones de tipo multidisciplinario², que según algunos investigadores e instituciones permiten comprender e interpretar las interrelaciones entre los componentes ambientales y antrópicos de un territorio (Leff, 2011).

La estructura teórica, metodológica y jurídica de esta investigación se establece desde la perspectiva holística e integradora, propuesta dentro del campo de estudio de la Teoría General de Sistemas (TGS), que en términos generales se presenta como una forma sistémica y científica de aproximación y representación de la realidad (mundo). Este paradigma científico es retomado para establecer los fundamentos metódicos de las Ciencias Ambientales; ambos aportes científicos consideran que las perspectivas holísticas e integradoras parten del estudio sobre las relaciones que existen entre los componentes que conforman la realidad (grupos humanos y ecosistemas) y de las problemáticas que se derivan de dicha relación, dando paso a una serie de marcos integradores que ofrecen soluciones urgentes a los problemas ambientales actuales³ (Bertalanffy, 1950; Chiras, 2006, Arnold y Osorio, 2008 y Leff, 2011).

La estructura teórica de esta investigación obedece a una serie de interrelaciones entre los campos de estudio social y ambiental (Figura 1). Interrelaciones con las que se busca analizar y describir desde todas las perspectivas posible la realidad del territorio Otomí-Mexica. Para ello la TGS se propone como el eje de encadenamiento transversal entre las teorías que surgen en el campo de estudio de la ciencias sociales y ambientales. La TGS, surge del pensamiento del biólogo Ludwig von Bertalanffy, durante la segunda mitad del siglo XX, años más tarde

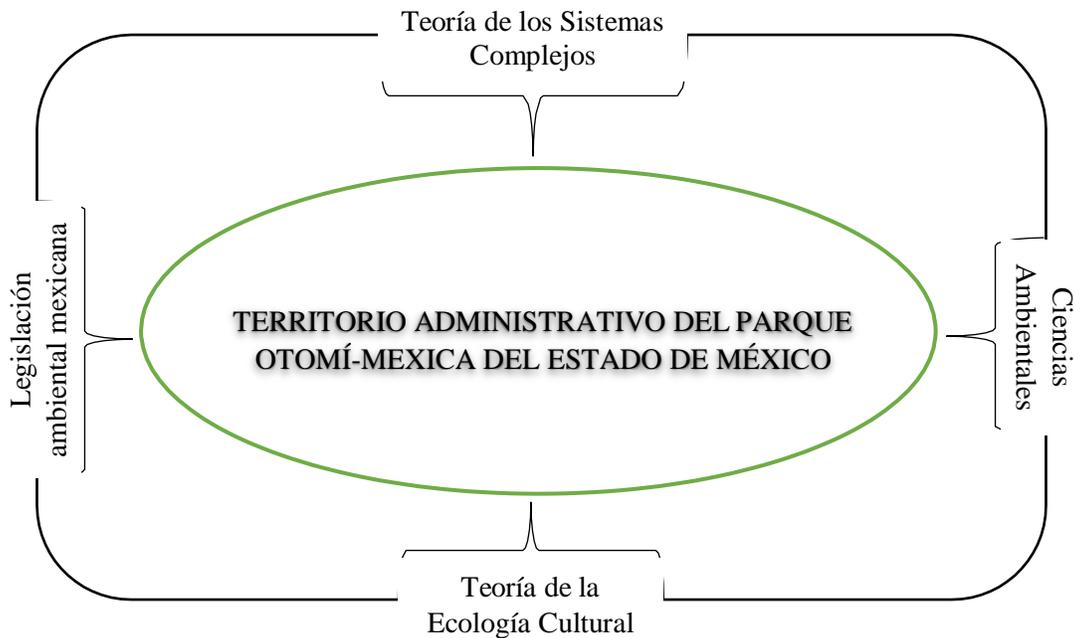
¹Es una construcción social, en el sentido que es resultado de la instauración y la institucionalización de una racionalidad social moderna que ha conducido al mundo hacia la insustentabilidad, y no porque sea una mera narrativa posmoderna que construye realidades virtuales sin un sustento en lo real (Leff, 2011).

²De acuerdo con el Instituto Politécnico Nacional, los estudios o investigaciones multidisciplinarias se pueden definir como el esfuerzo de varios investigadores de diferentes disciplinas que trabajan juntos en el desarrollo de un proyecto, aunque pueden tener preguntas separadas los resultados se pueden utilizar para cubrir o logran una meta científica común (IPN, 2017).

³Algunos problemas prioritarios a nivel mundial son: crisis alimentaria, pérdida de biodiversidad, cambio global, crisis energética, cambio de uso del suelo, desertificación, contaminación ambiental y del agua, entre otros muchos problemas de proporciones globales (UANM-ENES, 2019).

los aportes conceptuales de investigadores de diferentes disciplinas rompen el paradigma de relacionar la TGS exclusivamente con el pensamiento de Bertalanffy y actualmente se entiende como un paradigma multidisciplinario de la investigación científica (Arnold y Osorio, 2008 y Buzai, 2014).

Figura 1. Sistematización teórica para el estudio y análisis del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Con la propuesta del modelo teórico–metodológico–jurídico de esta investigación, se espera analizar y repensar el modelo tradicional de estudio de las áreas naturales protegidas (ANP) en México, modelo que se ha venido implementando por el Gobierno Federal de México y por otros organismos gubernamentales, sociales y privados a lo largo de varias décadas, muchos de ellos sin obtener los resultados deseados. No es, desconocido por muchos sectores de la sociedad mexicana que las ANP de México, han sido implementadas como parte de una serie de políticas sectoriales que buscan en primera instancia salvaguardar y preservar los ecosistemas del territorio mexicano que no han sido alterados por la actividad humana significativamente (CONANP, 2018).

Sin embargo, esto no significa que dentro de las ANP de México no existan asentamientos humanos regularizados o no por las dependencias gubernamentales pertinentes. No obstante,

su decreto como zonas de protección exige a sus pobladores y visitantes regular el aprovechamiento y uso de los ecosistemas que componen estos territorios bajo una serie de políticas de manejo ambiental, las cuales se establecen de manera espacial a partir de las características del uso del suelo y vegetación.

Dentro de cada política de manejo, se proponen una serie de actividades permitidas, restringidas y supervisadas, con el fin de asegurar la preservación de las zonas decretadas como ANP. Estas y otras estrategias son determinadas a partir del plan de manejo, este documento es el instrumento regulador y de planeación territorial en cual se determinan los criterios de aprovechamiento de los ecosistemas y componentes naturales que conforman los territorios de las ANP en México (DOF, 2014).

1.1 Escuelas del pensamiento. Su contribución epistemológica para el manejo integral y sustentable del territorio

El desarrollo sustentable tiene su aparición en las perspectivas discursivas de las teorías del desarrollo, dentro de las cuales trata de reestructurar su campo del conocimiento a partir de un cambio cualitativo en la cadena de trascendencia que articula el crecimiento económico, la equidad social y la conservación ecológica. Si bien, las teorías⁴ del desarrollo⁵ aparecen en el campo de estudio de las ciencias económicas (teoría o escuela neoclásica⁶ y teoría o escuela estructuralista), después de la segunda guerra mundial, centra sus objetivos en las transformaciones de las estructuras económicas de las sociedades emergentes o países subdesarrollados, con la finalidad de lograr un acontecer económico, social y cultural; posturas que en su momento dejaron de lado la conservación ambiental de los recursos naturales (Treillet, 2005; Gutiérrez, 2007 y Aroche, 2013).

Desde esta perspectiva surge el concepto de desarrollo sustentable como una propuesta que integra tres dimensiones: a) económica; b) ambiental y c) social, postura que constituye el esfuerzo inicial por construir una visión integral sobre los problemas más afanosos del cómo pensar el desarrollo, recuperando las aportaciones de las teorías del desarrollo como campo de estudio de las ciencias económicas hasta la etapa actual de la construcción holística y multidisciplinaria que se propone dentro del marco de estudio del desarrollo sustentable y las nuevas ciencias del conocimiento (Ciencias Ambientales) (Gutiérrez, 2007).

A principio de la década de 1970, surgen los primeros acercamientos epistemológicos orientados hacia el desarrollo sustentable, siendo el Modelo Dominante de Desarrollo Sustentable (MDDS), la primera escuela del pensamiento encargada de la difusión y construcción epistémica sobre desarrollo sustentable, el cual consideró en sus inicios una serie amplia de estrategias como: el crecimiento económico, la innovación tecnológica, la

⁴ Cabe señalar que, por carácter de esta investigación no es posible abordar todas las teorías existentes, por lo que se eligieron las que tienen mayor relación con el objeto de estudio del desarrollo sustentable y las Ciencias Ambientales.

⁵ Las teorías del desarrollo, obedecían la noción determinista que se interpretaba en la historia material de los hombres guiada por las tendencias de crecimiento económico en los países desarrollados, y estos a su vez, por una tendencia universal de crecimiento ilimitado (Treillet, 2005).

⁶ Desde el enfoque neoclásico, el desarrollo supone transformar la sociedad de un estado tradicional caracterizado por el estancamiento y la subsistencia, a una sociedad dinámica capitalista centrada en el sector emprendedor (Gutiérrez, 2007).

transferencia de tecnología del norte al sur, mejor manejo de los recursos naturales, la reducción de la tasa de crecimiento de la población mundial, la cooperación internacional y la elaboración de las leyes ambientales presentadas durante “La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano”, también conocida como “La Conferencia de Estocolmo” (Tetreault, 2008).

Esta escuela del pensamiento, contribuyó con bases epistemológicas al desarrollo del Programa de las Naciones Unidas para la Protección del Medio Ambiente (PNUMA), cuyo objetivo es promover la cooperación internacional en materia medioambiental e impulsar el desarrollo del derecho internacional sobre el medio ambiente y la aplicación de su normatividad jurídica en los países menos desarrollados. Diez años después de sus inicios epistémicos del desarrollo sustentable, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) bajo este enfoque creó la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (WCED, por sus siglas en inglés), encargada de crear la agenda global para el cambio, y para proponer una serie de estrategias ambientales de largo plazo, alcanzables para el año 2000 (WCED, 1987; y Tetreault, 2008).

Desprendido de este enfoque en 1987, se publica el reporte titulado “Nuestro Futuro Común” mejor conocido como “El Informe Brundtland”, el cual contiene una descripción exhaustiva sobre el concepto y directrices del desarrollo sustentable, en cual lo define como:

“Aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987).

Estos principios fueron las bases teóricas y metodológicas para el desarrollo de la Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, organizada por las Naciones Unidas en Río de Janeiro (Brasil) en 1992, conocida también como Cumbre de la Tierra o Agenda 21, donde se retoman los principios base del desarrollo sustentable y se complementa una serie de enfoques y políticas participativas en donde los países participantes entre ellos México, se comprometen a instrumentar programas de desarrollo sustentable que consideren la participación activa de ciudadanos, empresas, organizaciones sociales y gobiernos; considerando dentro de su análisis todos los sectores de una comunidad o territorio: sociales, culturales, económicos y ambientales (Tetreault, 2008).

Finalmente, en agosto de 2002, se llevó a cabo la cumbre de Johannesburgo, en donde básicamente se reafirman los principios considerados en la Agenda 21. Desde esta perspectiva se centran los objetivos de esta investigación, la cual busca instrumentar una serie de estrategias y políticas ambientales, que permitan alcanzar el manejo sustentable del Área Natural Protegida Parque Estatal ecológico, turístico y recreativo, Zempoala-La Bufa, que se denominará Parque Otomí-Mexica del Estado de México.

Como se ha analizado brevemente la evolución del concepto desarrollo, ha pasado por varias reestructuraciones hasta alcanzar una fase de análisis que enfrente los retos del mismo desarrollo, pero no, desde un matiz meramente económico, sino desde una perspectiva holística y multidisciplinaria, bases que se han retomado dentro del campo de estudio de las Ciencias Ambientales, cuyo objetivo es conocer las relaciones que mantiene el ser humano con la naturaleza, donde se considera el estudio de problemas ambientales y la aplicación de metodologías, modelos y teorías que permitan la instrumentación de propuestas que conlleven al desarrollo sustentable de los territorios y sus componentes ambientales y socioculturales.

Dentro del territorio en estudio, estos enfoques, bases teóricas y corrientes del pensamiento serán de vital importancia para entender las relaciones existentes entre las poblaciones y los ambientes que conforman el territorio del parque, y con ello instrumentar una serie de estrategias y políticas ambientales que consideren las bases epistemológicas del desarrollo sustentable y las Ciencias Ambientales. A continuación, se explican las consideraciones teóricas para el desarrollo de esta investigación.

1.2 Teoría de los Sistemas Complejos. Vertientes cognitivas para el estudio integral del territorio

Si bien, el biólogo austríaco-canadiense, Ludwig von Bertalanffy, es considerado el padre fundador de la “Teoría General de Sistemas”, él mismo menciona que el célebre filósofo Aristóteles, fue el primero en formular el aserto sistémico “el todo es más que la suma de sus partes”, que décadas posteriores ligaría a la noción de sistema y al desarrollo mismo de la filosofía europea (Bertalanffy, 1968). Durante la era de Aristóteles (384-322 a. C.) en su obra *Metafísica*, Libro Séptimo, realizó grandes aportes filosóficos a la noción del sistemismo, entre ellas destaca “La definición de las partes ¿debe entrar en la del todo? ¿Las partes son anteriores al todo o el todo lo es a las partes?”. Nociones y preguntas, de las cuales se puede rescatar “debemos preguntarnos ahora, si la noción de las partes, debe o no, encontrarse en la noción del todo” (Azcárate, 1875).

Sin embargo, autores como Villatoro (2017), Reale y Antiseri (2007) y Cappelletti (1984) el enfoque sistémico tiene sus inicios en la Grecia antigua, en concreto en el pensamiento pluralismo de Empédocles y Anaxágoras. El pluralismo se puede definir como la totalidad (mundo) que está compuesto de realidades independientes las unas de las otras, o bien interrelacionadas (Bueno, 1974). De acuerdo con Empédocles todas las entidades de nuestro planeta están compuestas por cuatro elementos básicos (agua, aire, fuego y tierra), posteriormente esta teoría es retomada por Demócrito quien añade que los cuatro elementos básicos están formados por átomos (Villatoro, 2017).

No obstante, además de la cultura griega en algunas culturas como la hindú y la cultura china, se tienen registros de principio teóricos similares como el *Karma* y el *Yin-Yan* respectivamente, pensamientos que establecen una relación causa, efecto y balance (Villatoro, 2017). Sin embargo, el pensamiento de sistemas tal cual se conoce hoy en día tienen sus orígenes a mediados del siglo XX, en el pensamiento del biólogo alemán Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), quien propuso por primera vez la denominada “Teoría General de Sistemas” (Bertalanffy, 1950). Para él, la Teoría General de Sistemas (TGS) debe percibirse como un mecanismo de integración entre las Ciencias Ambientales y sociales, y al mismo tiempo ser un instrumento metodológico básico para la preparación de científicos (Arnold y Osorio, 2008).

De acuerdo con Arnold y Osorio (2008), la TGS se acuñó bajo los siguientes argumentos: a) investigar conceptos, leyes y modelos desde diferentes campos y facilitar sus trascendencias entre ellos; b) Desarrollar modelos teóricos en los campos de estudio que carecen de ellos; c) evitar la duplicidad de propuestas teóricas y d) promover la unidad de las ciencias a través de principios conceptuales y metodológicos unificadores. Sin embargo, durante la segunda mitad del siglo XX, diversos investigadores incorporan a la TGS aportes conceptuales desde diferentes disciplinas, motivo por el cual deja de relacionar a la TGS exclusivamente desde el pensamiento de Bertalanffy, y se entiende actualmente como un pensamiento multidisciplinario de investigación científica.

En la actualidad la construcción multidisciplinaria de la TGS comprende un conjunto de enfoques teóricos entre los cuales se puede destacar la: Teoría de Conjuntos de Mesarovic (1964); Teoría de Redes de Rapoport (1957); Teoría Cibernética de Wiener (1948) y la Teoría de los Juegos de von Neumann (1932) entre muchas otras. De esta manera, la aplicación de la TGS en la práctica debe ser diligente de acuerdo con la naturaleza del caso, los criterios operacionales, el orden jerárquico en los sistemas naturales, socioculturales e incluso en los materiales. Esta complejidad en el campo de aplicaciones de la TGS no reconoce limitaciones al usarla en el análisis de sistemas naturales (organismos vivos) y sistemas artificiales (maquinas).

Décadas más tarde bajo la percepción multidisciplinaria se desarrolla la Teoría de los Sistemas Complejos (TSC), desarrollada por Rolando García (1981, 2000 y 2006). De acuerdo con Rodríguez (2014), la TSC constituye un enfoque teórico-metodológico único y original que se distingue de otras propuestas que se basan en torno a la complejidad y sistemas complejos como: el pensamiento complejo de Edgar Morin (1990); las ciencias de la complejidad de John Miller y Scott Page (2007) y la complejidad ambiental de Enrique Leff (2003).

La característica distintiva de la TSC propuesta por Rolando García, se define en la articulación sistémica y explícita (interrelaciones) entre los componentes de los sistemas. Esta característica se puede vislumbrar bajo cuatro dimensiones: a) propone una metodología operativa desde el punto de vista empírico e interdisciplinario; b) se fundamenta desde las bases epistémicas del marco conceptual del constructivismo; y c) es una herramienta para el

diagnóstico integrado de sistemas complejos que permitan actuar sobre el sistema para transformarlo (Rodríguez, 2018).

De acuerdo con García (2006), un sistema complejo se puede definir como aquel sistema cuyos elementos son heterogéneos en el dominio que pertenecen a distintas disciplinas, pero los elementos que lo conforman interactúan entre sí, de tal manera que son interdefinibles. La interdefinibilidad es la principal característica de un sistema complejo, ya que, los componentes (naturales o socioculturales) que conforman un territorio, no se pueden estudiar de manera aislada, ya que, la modificación de alguno de ellos actúa como una cadena que va repercutiendo en el funcionamiento de todo el sistema (García, 2006).

Bajo esta perspectiva de análisis, para determinar el estado actual de un territorio⁷ y sus componentes, es de vital importancia considerar algunas características como: ubicación geográfica y delimitación del territorio que se va analizar. Desde el enfoque geográfico integral, esta actividad se puede realizar bajo los principios teóricos de la geografía (localización, explicación, relación, comparación y evolución), dentro de las ciencias geográficas estos principios son normas que permiten realizar una investigación eficiente sobre hechos y fenómenos que se desarrollan dentro de la esfera geográfica⁸ (Ratzel, 1909; La Blanche, 1922; Humboldt, *et al.*, 1874 y Brunhes, 1910).

Al analizar un territorio como un sistema, es importante definir la escala de análisis, ya que, ésta puede ser considerada desde la totalidad de la Tierra, hasta el análisis de un sitio (localidad). Esta visión de carácter espacial brinda la posibilidad de estudiar la realidad como un todo y de allí como un sistema, es una cuestión fundamental cuando se buscan soluciones concretas y pertinentes desde un enfoque espacial. En este sentido la TSC, busca analizar la realidad desde dos aspectos, uno al abordar la estructura de la realidad como base empírica, y dos al brindar claridad al proceso de construcción del conocimiento epistemológico (García, 2000 y 2006).

⁷Territorio, aquella porción de tierra delimitada geográficamente y administrativamente, y donde los estudios de carácter territorial consideran todos los componentes físicos y sociales que interactúan entre sí.

⁸La esfera geográfica, está conformada por litosfera (corteza terrestre), hidrosfera (atmósfera) y biosfera (espacio donde se desarrollan los seres vivos), y es considerada por la geográfica la parte más impórtate y representativa del espacio terrestre.

Es claro que las bases de la TSC, puede ser aplicada desde ambas perspectivas, por un lado se busca analizar y describir la estructura actual de los territorios como un sistema complejo⁹, ya que estos se encuentra inmerso en un ambiente¹⁰, donde la interacción entre sus componentes pueden afectar su rendimiento y funcionamiento, y por el otro, se busca contribuir al conocimiento científico, a través de la formulación e instrumentación de aproximaciones teóricas y metodológicas a partir de los datos que nos proporciona la realidad (lo observable como datos) que pueden ser interpretados por el observador (investigador) y los hechos como el origen de lo observable (Buzai, 2014).

Lo que resulta importante de esta perspectiva, es como se aborda la realidad, como una estructura que pertenece a una totalidad seccionada del medio (sistema), es decir, una realidad formada por niveles de organización semiautónomos (subsistemas), que tienen una organización jerárquica y funciones específicas además de interactuar entre sí (García, 2006). A partir de las interrelaciones que existen entre los componentes ambientales y sociales de un territorio se cumplen una serie de funciones (regulación, sustrato, producción e información) y servicios ambientales (regulación, alimentos, recreación e investigación) que permiten el desarrollo social de las poblaciones inmersas en los ambientes y de aquellas que se encuentran ubicadas en territorios adyacentes; de allí la importancia de estudiar las interrelaciones¹¹ que existen entre los componentes de un territorio (Buzai, 2014).

⁹ Complejo no significa dificultad o complicación. Tiene que ver con la imposibilidad de llegar a analizar la totalidad de una temática a partir de una disciplina (Buzai, 2014).

¹⁰ Conjunto de elementos naturales y sociales, relacionados e interdependientes, en un lugar y tiempo determinado, que en forma directa influyen a todos los seres vivos, y que por supuesto, incluye al medio físico, sea éste acuático, aéreo o terrestre.

¹¹ De acuerdo con Buzai (2014), las interrelaciones entre componentes de un sistema, es lo que lo hace complejo y la forma correcta de abordarlo es desde un enfoque holístico o multidisciplinario.

1.3 Teoría de la Ecología Cultural. Adaptaciones socioculturales a los ambientes naturales de territorios bajo protección ambiental

La ecología cultural es una orientación teórico-metodológica que surge dentro de los estudios y teorías antropológicas durante la década de los años cincuenta bajo la corriente filosófica del Neoevolucionismo¹² y cuyo fundador es Julian H. Steward (1955), quien evolucionó el pensamiento sobre las adaptaciones sociales al medio natural, y es así como propone una serie metodológica encargada de investigar los cambios sociales sobre las adaptaciones, mediante los procesos tecnológicos y culturales (Ruiz y Castañeda, 2007).

Desde el enfoque teórico de la ecología cultural, se intenta explicar a partir de una serie de principios, metodologías y conceptos que pueden ser aplicados en diferentes contextos espaciales y temporales, como una sociedad puede adaptarse socioculturalmente a su ambiente (entorno), considerando siempre a la cultura como el elemento decisivo que permite a las sociedades saber cómo enfrentar y ajustarse ante las manifestaciones emitidas por los componentes de un ecosistema (Steward, 1955).

Bajo esta perspectiva se puede conceptualizar a la ecología cultural, como una teoría que estudia y explica las relaciones del hombre con su ambiente biótico a través de niveles de integración, que va desde local (comunidad) a lo regional, nacional e incluso internacional (Juan, 2006). Esta teoría establece que los patrones de comportamiento cultural permiten la adaptación del ser humano a su ambiente mediante una serie de interacciones dinámicas, para el caso de los territorios bajo protección ambiental, el nivel de integración que se tiene que utilizar es de acuerdo a su extensión territorial, ya que, hay algunas ANP que abarcan solo una parte de una localidad y otras que pueden extenderse por varios estados de la República Mexicana.

De acuerdo con Juan (2006), la ecología cultural centra sus aportes principalmente en las reacciones y respuestas emitidas por los seres humanos a través de lo que se conoce como *cultura*, la cual les permite comprender y explicar los procesos de cambio social y las adaptaciones a su entorno natural. Para comprender estas adaptaciones socioculturales es

¹² El Neoevolucionismo, es una teoría social que trata de explicar la evolución de las sociedades recurriendo a los postulados teóricos de Charles Darwin y su teoría de la evolución.

necesario establecer niveles de relación entre las sociedades que se encuentran establecidas dentro de los límites administrativos de las ANP. Algunas de ellas pueden ser:

1. Relación entre los asentamientos humanos y los componentes biofísicos del territorio (latitud, longitud, altitud, topografía, clima, suelo, agua y vegetación).
2. Relación entre comunidad, flora y fauna que componen los ecosistemas que rodean los asentamientos humanos.
3. Interrelación entre personas de distintas comunidades (relaciones laborales, comerciales, familiares, religiosas y sociales).
4. Relación hombre tecnología (el desarrollo tecnológico adaptado a las condiciones del ambiente).

Estas relaciones permiten que las sociedades puedan adaptarse a las condiciones ambientales de las ANP, como señala Steward, el hombre posee capacidades para relacionarse y adaptarse a su entorno natural a través de su acervo cultural, el cual se va enriqueciendo y transmitiendo de generación en generación a través de la observación, la práctica, la experiencia (conocimientos empíricos) y las necesidades que van surgiendo conforme se van modificando las cuestiones familiares, económicas, culturales, políticas y ambientales (situación actual del territorio) (Steward, 1955; Juan, 2006 y Villegas, 2016).

La ecología cultural como conceptualización teórica y herramienta metodológica ayuda a involucrarse en el estudio de los componentes naturales que proveen los ecosistemas de las ANP ya que, estos son el sustento ambiental, económico, cultural, alimentario y de ocio para los grupos humanos que habitan en estos ambientes; además de favorecer un enfoque interdisciplinario para comprender las bases ambientales, sociales y culturales que hacen posible el aprovechamiento de los componentes naturales por las familias que integran las sociedades actuales.

Desde otra dimensión, la ecología cultural se enfoca en la evolución de las culturas, Durand (2002), hace mención que la evolución de las culturales en territorios con características similares, se desarrolla en función de las condiciones similares (paralelismo) entre cada comunidad, o cuando los rasgos culturales son similares, por otro lado, las causas que provocan las semejanzas y diferencias en el proceso evolutivo de los sistemas socioculturales (Harris, 1996). Desde esta perspectiva Ellen (1989), establece la posibilidad de ver al

ambiente como una variable clave en la evolución de las sociedades al enfocarse en las similitudes de su contexto geográfico donde se desarrollan.

Pérez (2002), en su libro *Antropología y complejidad*, enmarca a la ecología cultural como el medio bajo el cual se puede analizar los aspectos culturales de una sociedad y la vida del hombre, considerando al medio como el elemento base en el desarrollo de las sociedades. Esta postura metodológica combina el análisis de los aspectos físicos del entorno natural y la producción cultural de las sociedades, de acuerdo con los términos de Steward, son estas relaciones las que dan origen a las llamadas áreas culturales, definidas como “la construcción de uniformidades y comportamientos que se dan en un área de similitudes ambientales” y donde los procesos particulares son representados por culturas de otras partes del mundo (Steward, 1993, y Ruiz y Castañeda, 2007).

Con base a lo anterior, se puede definir a la ecología cultural como el estudio de las sociedades humanas adaptadas a las condiciones naturales del territorio a través de su acervo cultural. En México, es común encontrar dentro de los límites administrativos de las ANP, asentamientos humanos urbanos o rurales, e incluso en algunas de ellas, se han documentado establecimiento de industrias en operación, minas de extracción de recursos pétreos y desarrollo de infraestructura turística, de investigación y vías de comunicación que se contraponen en algunas ocasiones a los objetivos de decreto de las ANP (Villegas *et al.*, 2019).

Para esta investigación, los fundamentos teóricos y metodológicos de la ecología cultural, serán el medio que ayude analizar y comprender las modificaciones sobre los componentes naturales del territorio que las sociedades establecidas dentro de los límites administrativos del ANP, han realizado de acuerdo a sus necesidades, acervo cultural y tradiciones.

1.4 Ciencias Ambientales. Un dilema sobre la percepción y estudio del ambiente

El desarrollo epistemológico de las Ciencias Ambientales reconoce la necesidad, centralidad y legitimidad de un enfoque de estudio orientado a resolver dilemas o reflexionar sobre ideas constitutivas de nuestro pensamiento y los enfoques de las matrices multidisciplinarias. De acuerdo con Morales (2017), los cimientos de la epistemología ambiental comenzaron a ser delineados desde el momento mismo que se consideró a lo ambiental como problema; sin embargo, la ausencia epistemológica sobre lo ambiental se relaciona estrechamente con los cambios que ha sufrido el concepto ambiente, dentro de las diferentes disciplinas del conocimiento científico.

Por ejemplo, en la biología y ecología, el ambiente se define como las condiciones bióticas y abióticas de un organismo, población o comunidad; en las ingenierías y en la química se define como los componentes abióticos de los ambientes; en las humanidades y ciencias sociales se percibe como las condiciones externas de un fenómeno; en derecho se define como las interrelaciones entre subsistemas naturales, económicos o políticos; en economía indica medios de extracción, producción y generación de capital. Además, en otras disciplinas, e incluso entre las ya mencionadas también se concibe el ambiente como naturaleza o ecosistema (Morales, 2017).

Dentro del programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma del Estado de México, el ambiente se percibe como una serie de problemáticas asociadas con el ambiente, en cual su objetivo principal es la generación de conocimientos y el planteamiento de alternativas y soluciones ante dichos paradigmas, mediante equipos interdisciplinarios interesados en estudiar, bajo el enfoque holístico de la ciencia, los procesos ambientales (UAEMex, 2016).

Para el programa de Maestría en Ciencias Ambientales de la Universidad del Mar, se concibe al ambiente como una serie de problemas ambientales, en el cual el objetivo general del plan de estudio es, formar especialistas con compromiso ético y profesional hacia la comunidad, que generen alternativas de prevención y/o solución de problemas ambientales, a través de un sistema orientado hacia la investigación, con alto nivel de competencia en el ámbito nacional (UMAR, 2019).

En la licenciatura en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Autónoma de México, se percibe al ambiente desde una serie de problemas ambientales, en la cual su principal objetivo es formar recursos humanos en el estudio y solución de problemas ambientales, así como en el manejo integral del paisaje y de los ecosistemas, bajo un enfoque interdisciplinario, con bases sólidas en Ciencias Naturales que combinan conocimientos teóricos e instrumentales (técnicas, métodos, instrumental y de equipo), con las habilidades, destrezas, aptitudes y actitudes para identificar, analizar y resolver problemas ambientales relacionados con el manejo de ecosistemas y del paisaje (UNAM, 2019).

Así que el término Ciencias Ambientales, puede responder a acepciones desiguales de acuerdo a la diferente información o formación que se tienen en las distintas disciplinas y universidades de México. Sin embargo, es importante mencionar que ante esta dispersa forma de concebir a las Ciencias Ambientales y al ambiente, se crean una serie de conflictos al tratar de confrontar los objetivos de estudio mediante un contexto de mayor alcance como la multi e interdisciplinariedad en ámbitos de investigación y docencia (Morales y Rojas, 2015).

En el acontecer científico y las escuelas del pensamiento crítico, existen diversos pensamientos sobre como concebir el ambiente. Desde los pensamientos éticos ecocentristas, que rebaja a la humanidad y centrando a la naturaleza mediante un sistema de valores desde la filosofía política ecológica, como el principal eje de estudio. En disyuntiva los antropocentristas, rebajan a la naturaleza y desde el plano de la epistemología, sitúa al ser humano como medida y centro de todas las cosas. Resultado de los discursos críticos entre ambos pensamientos surge el ambiocentrismo, que no se refiere a un sujeto y/o a un objeto superior, inferior o en igualdad, sino que nos permite comprender la relación entre lo humano y lo no humano como una relación de interdependencia (Morales y Rojas, 2015).

Esta última postura epistemológica concibe lo humano desde el ambiente, rompiendo con ello el dilema dualista sobre el ambiente, convirtiéndolo en una relación inteligible en sistemas que religa “todo con todo”, definiendo ambiente como la totalidad resultante de la relación sistemas-ambiente (Nava, 2012 y Morales, 2017). Desde estas perspectivas epistemológicas se derivan las relaciones entre los sistemas generados por sistemas y subsistemas, y las interrelaciones entre sus componentes presentes dentro de los territorios bajo protección ambiental.

De las relaciones entre los sistemas ambientales y los sistemas antrópicos que convergen dentro de los territorios establecidos política y socialmente como áreas naturales protegidas (ANP), se derivan un serie de interrelaciones entre sus componentes, ordenados y sistematizados jerárquicamente, sin embargo, al analizarlos desde un punto de vista crítico, se determina que su asociación deriva en una serie de relaciones de igual importancia, sin importar la jerarquía y ubicación dentro del sistema o subsistema. Lo que resultaría menester separar el ambiente natural del ambiente social, ya que, el ambiente-afuera, ambiente natural y ambiente humano han ayudado a formar la concepción sistémica de ambiente, todo en relación con un todo (Morales, 2017).

1.5 Legislación Ambiental Mexicana. Un acercamiento a la estructura jurídica de las áreas naturales protegidas en México

La legislación ambiental mexicana, está constituida a partir de la Constitución Política de los Estado Unidos Mexicanos y de una serie de leyes ambientales que buscan, garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Dentro de la estructura de la Constitución Política de los Estado Unidos Mexicanos en al artículo 4º, párrafo cuarto se estable que todos los ciudadanos tienes derecho a un desarrollo y bienestar en ambiente sano, en el cual el Estado garantizará el respeto a este derecho, y el daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley (DOF, 2016).

De acuerdo con la Secretaria de Gobernación (SEGOB) y la Unidad General de Asuntos Jurídicos las leyes reglamentarias están constituidas a partir de los artículos de la Constitución Política de los Estado Unidos Mexicanos. Una ley se puede definir como un precepto o conjunto de preceptos, dictados por la autoridad, mediante el cual se manda o prohíbe algo acordado por los órganos legislativos competentes, entendiendo que dichos órganos son la expresión de la voluntad popular representada por el Parlamento o Poder Legislativo.

En la siguiente tabla, se presenta las principales y vigentes leyes reglamentarias relacionadas con el ambiente y el artículo constitucional del cual se desprenden.

Tabla 1. Legislación ambiental mexicana y leyes vigentes en materia ambiental

Ley reglamentaria de la Constitución	Fundamento constitucional
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	Artículo 4
Ley de Aguas Nacionales	Artículo 27
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	Artículo 27
Ley General de Vida Silvestre	Artículo 27, párrafo tercero y 73, fracción XXIX-G constitucionales
Ley de Desarrollo Rural Sustentable	Artículo 27, fracción XX constitucional
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos	
Ley de Productos Orgánicos	

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables	Artículos 27 y 73, fracción XXIX-L constitucional
Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos	Artículos 25 y 27, fracción XX constitucional
Ley Federal del Mar	Artículo 27, párrafos cuarto, quinto, sexto y octavo constitucional

Fuente: Elaboración propia.

Bolio (2013), expresa que cuando se analiza al ambiente desde el punto de vista jurídico, este debe orientarse al ecosistema, más que al ser humano. Sin embargo, desde el punto de vista holístico, un ecosistema no significa solo factores físicos, también existe un complejo entramado de interrelaciones con factores sociales, económicos, políticos y culturales, desde esta perspectiva concebir un ecosistema nos conlleva acuñar un concepto jurídico integral del ambiente, en donde el resultado es el análisis y descripción de las interrelaciones entre los componentes ambientales y socioculturales.

Desde este punto de vista se formula la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual establece desde un punto de vista integral la trascendencia de la participación social en las problemáticas ambientales de México. Desde un punto de vista concreto la LGEEPA, establece los presupuestos mínimos para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

La LGEEPA fue publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de enero de 1988, bajo el respaldo del artículo 4o de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en la cual se establece “garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente adecuado, para su desarrollo y bienestar” (DOF, 2016). Desde esa fecha la LGEEPA, ha sufrido una serie de modificaciones, por lo que se podría considerar relativamente joven la legislación ambiental mexicana. Sin embargo, cada vez toma más fuerza debido a que el cuidado del ambiente se ha convertido en una necesidad prioritaria de la nación y el mundo.

La noción de desarrollo socioeconómico tiende a construir un futuro inédito, ante una creciente crisis socioambiental que vive nuestro país, existe una desaparición del desarrollo, resultado de una creciente devastación ambiental, el aumento de la pobreza, la ignorancia, la

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

segregación social, la falta de recursos, la polarización, la existencia de un Estado de desarrollo social y un Estado de Derecho. En respuesta a esta crisis ambiental compleja, la LGEEPA está compuesta de siete reglamentos expedidos por el presidente de la república mexicana, es su carácter de titular del ejecutivo federal, que tratan de regular los sectores ambientales más vulnerables de nuestro país. Estos reglamentos son:

1. Reglamento en materia de evaluación ambiental.
2. Reglamento en materia de residuos peligrosos.
3. Reglamento en materia de prevención y control de la contaminación de la atmosfera.
4. Reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión del ruido.
5. Reglamento en materia de auditoría ambiental.
6. Reglamento en materia de ordenamiento ecológico.
7. Reglamento en materia de áreas naturales protegidas.

Durante la administración del Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León, mediante la entonces Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) hoy Secretaria de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se publica en el Diario Oficial de la Federación el día jueves 30 de noviembre de 2000, el REGLAMENTO de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (REG-LGEEPA-ANP), que se desprende del artículo 1º, apartado IV de la LGEEPA, que establece que “La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas” (DOF, 2000).

El REG-LGEEPA-ANP, está compuesto por ocho títulos, 27 capítulos y 144 artículos en los cuales se establece lo relativo al establecimiento, administración y manejo de las áreas naturales protegidas de competencia de la Federación. Actualmente en México existe un total de 182 ANP de carácter federal, divididas en seis categorías: a) Reservas de la Biosfera; b) Parques Nacionales; c) Monumentos Naturales; d) Áreas de Protección de Recursos Naturales; y e) Áreas de Protección de Fauna y Flora Santuarios, administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2016).

Sin embargo, también existen ANP de carácter estatal, en el Estado de México actualmente existe un total de 97 ANP, de las cuales 83 son administradas por la Comisión Estatal de

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) y clasificadas en: a) Parques Estatales; b) Reservas Ecológicas Estatales; c) Parque Municipales; d) Parques Urbanos y e) Parque sin decreto. No obstante, también existen 14 ANP de carácter federal ubicadas dentro del territorio mexiquense, pero estas son administradas por la CONANP bajo el REG-LGEEPA-ANP.

Las 83 ANP de carácter estatal, tienen sus bases jurídicas en el Libro Segundo: Del Equilibrio Ecológico, la Protección al Ambiente y Fomento al Desarrollo Sostenible, establecido en el Código para la Biodiversidad del Estado de México. El cual fue publicado en la Gaceta del Estado de México el día 13 de mayo de 2005, durante la administración del Lic. Enrique Peña Nieto. En el Libro Segundo, se aborda de manera específica la creación, regulación, vigilancia y administración de las áreas naturales protegidas que el presente Código prevé con la participación de las autoridades municipales que correspondan (GEM, 2005).

No obstante, de acuerdo a los criterios jurídicos del REG-LGEEPA-ANP y el Código para la Biodiversidad del Estado de México, cada ANP debe tener su propio programa de manejo, el cual es un documento que funge como el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del área natural protegida respectiva (DOF, 2000 y GEM, 2005).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Etapa metodológica I. Marco teórico y jurídico

La estructura del marco teórico y jurídico, se estableció a partir del análisis y descripción de la Teoría de los Sistemas Complejos (García, 2006), La Ecología Cultural (Steward, 1955), las Ciencias Ambientales (Morales, 2017) y la legislación ambiental mexicana, en materia de áreas naturales protegidas (DOF, 2000). Mediante la revisión y análisis de bibliografía especializada en el enfoque sistémico y contenida en artículos científicos, libros, capítulos de libro, leyes y reglamentos, se realizó una matriz teórica-jurídica (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz teórica y jurídica

Teoría o documento jurídico				
Autor(es)	Título	Año	Revista/libro	Enfoque
Rolando García	Sistemas complejos: conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria.	2006	Sistemas complejos: conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria.	Interdisciplinario
Gerardo Morales	Las Ciencias Ambientales. Una caracterización desde la epistemología sistémica	2017	Revista Electrónica Nova Scientia.	Sistémico e interdisciplinario
Julian H. Steward	Teoría de la Ecología Cultural	1955	<i>Theory of culture change.</i>	Multidisciplinario
H. Congreso de la Unión	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	1988	Diario Oficial de la Federación.	Jurídico

Fuente: Elaboración propia. Amerita

La estructura de la matriz teórica y jurídica, permitió ordenar de manera cronológica la información recabada y analizada durante la búsqueda bibliográfica, además de identificar el enfoque con el que el autor o autores abordan sus procesos de investigación. De esta manera,

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

fue posible seleccionar las teorías, métodos y documentos jurídicos relacionados con el objeto de estudio de la presente investigación.

2.2 Etapa metodológica II. Caracterización integral del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Esta etapa de la investigación, se realizó bajo las consideraciones epistemológicas de los principios geográficos (localización, descripción, comparación, causalidad, actividad y relación), las bases teóricas de los Sistemas Complejos (pensamiento sistémico), La Ecología Cultural (relación cultura-naturaleza) y los Sistemas de Información Geográfica (cartografía temática). Estos fundamentos permitieron ubicar, analizar y describir desde el enfoque sistémico, las interrelaciones que existen entre los elementos que componen el subsistema biofísico y el subsistema sociocultural del territorio administrativo del parque y con ello determinar su estado actual.

Como primera actividad, se realizó una búsqueda de información bibliográfica y cartográfica, sobre los aspectos biofísicos y socioculturales que componen el territorio administrativo del ANP. La información cartográfica se obtuvo en formato digital *shapefile*, *geotiff* e *IMG*, de los servidores geoespaciales del Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del *Copernicus Open Access Hub*; y en las páginas oficiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (STC), el Registro Agrario Nacional (RAN), el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) y del Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM). La información obtenida se presenta en la siguiente tabla. (Tabla 3).

Tabla 3. Acervo cartográfico en formato digital

Insumo geoespacial	Fuente	Formato
Limite administrativo del ANP	CEPANAF	shapefile
Modelos de Elevación Digital	Continuo de Elevación Digital 3.0-INEGI	IMG
Topografía	Elaboración propia	shapefile
Precipitación	Portal de Geo información CONABIO	shapefile
Hidrología	Portal de Geo información-CONABIO	shapefile
Cuencas y subcuencas	INEGI	shapefile
Geología	PEOT 2003	shapefile
Clima	PEOT 2003	shapefile

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

Edafología	PEOT 2003	shapefile
Uso del suelo y vegetación	INEGI	shapefile
Localidades urbanas y rurales	INEGI	shapefile
Zonas arqueológicas	INAH	shapefile
Infraestructura vial	SCT	shapefile
Tenencia de la tierra	Catastro Rural-RAN	shapefile
Imagen de satélite <i>Spot</i> del año 1992	IGECEM	IMG
Imagen de satélite SENTINEL 3 del año 2018	<i>Copernicus Open Access Hub</i>	IMG

Fuente: Elaboración propia.

La información cartográfica presentada en la Tabla 2, fue procesada de manera digital dentro de la interfaz de *ArcMap* 10.5TM, mediante la aplicación de métodos y herramientas de análisis y edición espacial, se realizó la construcción y representación cartográfica de algunos de los componentes biofísicos y socioculturales del territorio (Tabla 4).

Tabla 4. Mapas temáticos del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Mapas de los componentes biofísicos	Mapas de los componentes socioculturales
Ubicación geográfica	Asentamientos humanos (rurales y urbanos)
Topografía	Grupos étnicos
Pendientes del terreno	Sitos arqueológicos
Geología	Infraestructura (vías de comunicación)
Edafología	Tenencia de la tierra
Hidrología	
Cuencas hidrológicas	
Clima	
Precipitación	
Uso del suelo y vegetación	

Fuentes: Elaboración propia.

Por medio del análisis de los mapas temáticos presentados en la Tabla 4, y las bases epistemológicas de los Principios Geográficos y la Teoría de los Sistemas Complejos, se realizó el análisis, interrelación y descripción de los componentes biofísicos (topografía, geología, edafología, hidrología, clima y usos de suelo y vegetación) que conforman el territorio del parque. La información de los componentes socioculturales (grupos étnicos, población, educación, vivienda, servicios básicos, marginación, economía, infraestructura y

tenencia de la tierra) que componen el subsistema sociocultural, fue obtenida de las siguientes fuentes de información (Tabla 5).

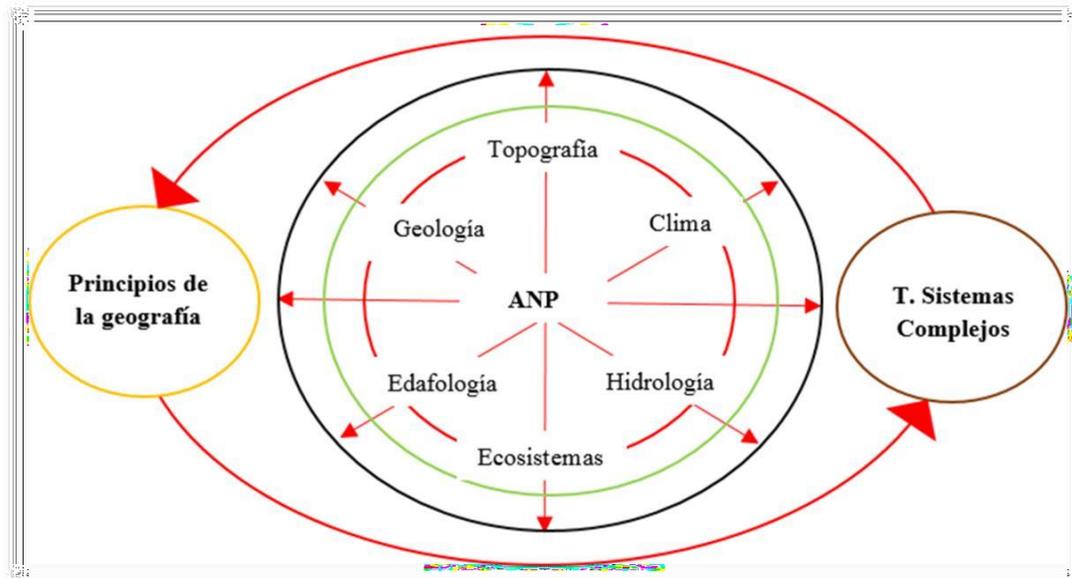
Tabla 5. Principales componentes del subsistema sociocultural

Componentes socioculturales	Fuente
Grupos étnicos	Consejo Estatal para el Desarrollo Integral de los Pueblos Indígenas
Población	Encuesta Intercensal 2015-INEGI
Educación	Encuesta Intercensal 2015-INEGI
Vivienda	Encuesta Intercensal 2015-INEGI
Servicios básicos	Censo de Población y Vivienda 2010-INEGI
Marginación	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL)
Economía	Censo de Población y Vivienda 2010-INEGI
Infraestructura	Encuesta Intercensal 2015-INEGI
Tenencia de la tierra	Catastro Rural-RAN

Fuente: Elaboración propia.

El análisis y descripción de los componentes socioculturales se realizó bajo los principios de teóricos de los Sistemas Complejos y la Ecología Cultural, los cuales, permitieron obtener una descripción sistémica sobre las interrelaciones que existen entre el subsistema ambiental conformado por los componentes biofísicos y el subsistema sociocultural conformado por sus propios componentes. En conclusión, el análisis y descripción de las interrelaciones que existen entre ambos subsistemas del territorio (Figura 2), permitió obtener una caracterización integral del territorio Otomí-Mexica.

Figura 2. Interrelaciones entre los componentes del territorio administrativo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



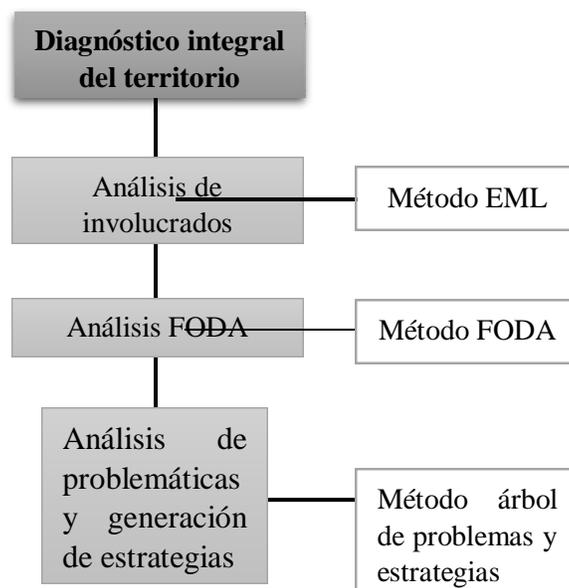
Fuente: Elaboración propia.

2.3 Etapa metodológica III. Diagnóstico integral del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

El diseño metodológico que se utilizó durante del desarrollo del diagnóstico integral del territorio, obedece a una estructura de carácter sistémico, en la cual se realizó un análisis integral sobre los componentes del subsistema ambiental, sociocultural y administrativo que convergen e integran el espacio geográfico del parque. Por medio de una serie de metodologías establecidas y utilizadas por distintos organismos a nivel mundial y nacional como: La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), entre otros, las cuales han demostrado su capacidad para identificar el mayor número de problemáticas, fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en un territorio.

En la Figura 3, se representan las fases de análisis y métodos utilizados en cada una de ellas para la elaboración del diagnóstico integral del territorio.

Figura 3. Diagrama metodológico para la elaboración del diagnóstico integral del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura anterior, el diagrama metodológico para el desarrollo del diagnóstico integral del territorio, comprende tres etapas de análisis, las cuales fueron desarrolladas por subsistemas (ambiental, sociocultural y administrativo) a continuación se detallan cada una de ellas.

2.3.1 Análisis de involucrados

El análisis de involucrados es propuesto dentro del marco metodológico del Enfoque de Marco Lógico (EML), por medio de su aplicación se realizó la identificación de los actores sociales, gubernamentales y académicos que pueden influir de manera directa e indirecta en el desarrollo del proyecto, a partir de su experiencia, necesidades, expectativas e intereses. Además, mediante este análisis se tuvo la capacidad de identificar el rol de participación e impacto que tendrán sobre las propuestas de solución a las diferentes problemáticas identificadas, esto se puede traducir en asegurar la continuidad del proyecto. Generalmente los involucrados caen dentro de los siguientes grupos:

1. Beneficiarios
2. Los que lo implementan / ejecutan
3. Los que toman las decisiones
4. Los que financian

Sin embargo, para los objetivos de esta investigación los involucrados fueron aquellos actores identificados, a partir de su interés en desarrollar estrategias bajo un enfoque de conservación y aprovechamiento sustentable de los territorios bajo protección ambiental, estos son:

1. Asociaciones civiles. Conformadas por grupos de comuneros, ejidatarios, asociaciones de propiedad privada y organizaciones no gubernamentales, con influencia en la toma de decisiones sobre el territorio.
2. Gobierno federal, estatal y municipal. Conformado por instancias gubernamentales vinculadas y comprometidas con el cuidado del ambiente y la preservación y uso sustentable de los componentes naturales del territorio.
3. Instancias académicas y de investigación. Integrado por universidades e instituciones académicas y de investigación, que desarrollan proyectos de científicos vinculados

con el aprovechamiento sustentable del territorio y sus componentes (ambientales y socioculturales).

Los grupos de actores identificado que podrían involucrarse en el desarrollo de este proyecto investigación, se clasificaron en la siguiente matriz (Tabla 6).

Tabla 6. Matriz de involucrados

Grupos	Tipo	Involucrados	Intereses	Problemas	Recursos
Clasificación de los grupos de actores (social, gubernamental y académico), que tienen relación con los objetivos de investigación.	Grupos de actores que participan de acuerdo a su clasificación (nombre del grupo).	Estructura interna de los grupos de actores que participan en el desarrollo del proyecto.	Intereses que los grupos de actores desean obtener respecto al proyecto.	Problemas que pueden enfrentar los grupos de actores al momento de desarrollar el proyecto.	Cuáles son los recursos legales, económicos o académicos que los grupos de actores pueden aportar al proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA)

El análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del territorio, realizó por medio de la aplicación y análisis del método FODA. Su desarrollo permitió identificar los principales problemas a los que se enfrenta el territorio administrativo del ANP. De acuerdo con Gutiérrez (2013), el método FODA es de carácter matricial y cualitativo, permite identificar el origen, temporalidad y efectos de las problemáticas. Para el caso de esta investigación el método matricial que se utilizó para realizar el análisis FODA se muestra en la Tabla 7. Es importante mencionar que este análisis se hizo por subsistemas (ambiental, sociocultural y administrativo), y el orden de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas se hizo de forma jerárquica.

En este análisis: Las amenazas y oportunidades, vienen de afuera del sistema (territorio) y son a futuro. Las debilidades y fortalezas, vienen del interior del sistema (territorio) y son en el presente.

Tabla 7. Matriz de análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades
F1. Mayor relevancia	O1. Mayor relevancia
F2. Relevancia intermedia	O2. Relevancia intermedia
F3. Menor relevancia	O3. Menor relevancia
Debilidades	Amenazas
D1. Mayor relevancia	A1. Mayor relevancia
D2. Relevancia intermedia	A2. Relevancia intermedia
D3. Menor relevancia	A3. Menor relevancia

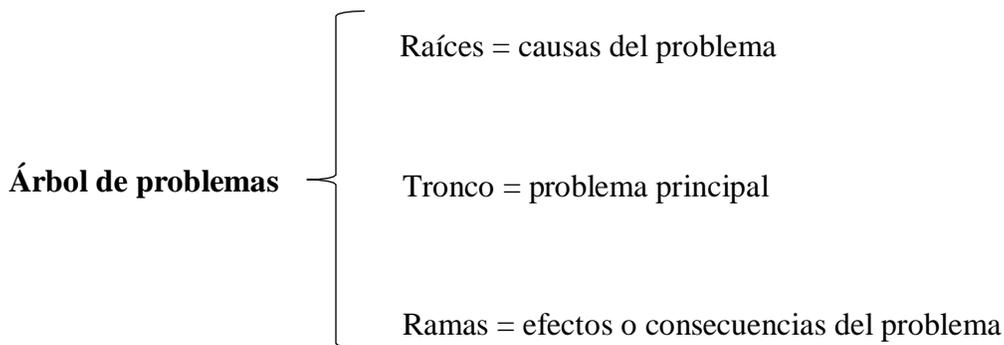
Fuente: Elaboración propia.

2.3.3 Análisis de problemáticas y generación de estrategias

Esta etapa metodológica, se realizó mediante la aplicación y desarrollo del método de árbol de problemas y árbol de objetivos. El principal insumo de análisis que se utilizó en ambos métodos, fueron las problemáticas de mayor rango jerárquico identificadas en los principales subsistemas del territorio (ambiental, sociocultural y administrativo) a partir del análisis FODA. La aplicación del método árbol de problemas, permitió realizar un análisis situacional de las problemáticas del territorio y sus principales causas y efectos, en la siguiente Figura 4, se muestra de forma gráfica la estructura del método que se aplicó durante el desarrollo de esta investigación.

La aplicación de este método, permitió obtener una serie de datos significativos para caracterizar la problemática de mayor jerarquía dentro de cada subsistema del territorio, y con ello determinar las causas que dan origen a dicho problema (raíces=causas) e identificar los posibles efectos (ramas=efectos o consecuencias del problema) que estas pueden generar sobre el funcionamiento del territorio y sus componentes.

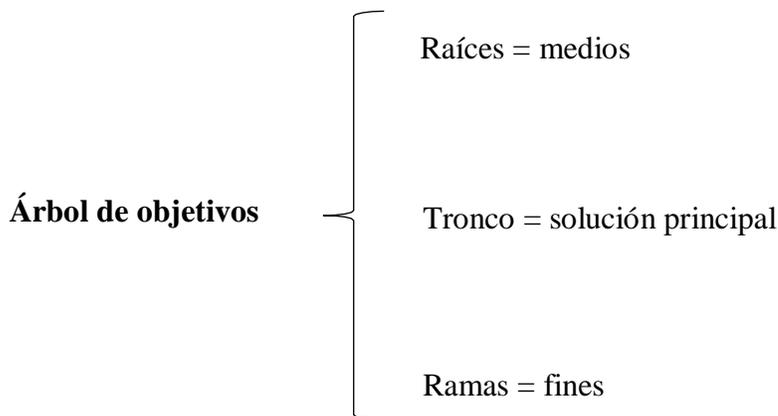
Figura 4. Estructura del método, árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se realizó el desarrollo y análisis del método árbol de objetivos, también llamado árbol de medios y fines o árbol de soluciones, este método es una herramienta que permite transformar el árbol de problemas causas (raíces) a medios y efectos (ramas) en fines (Figura 5), además de ser el punto de partida en el diseño de alternativas, llevando los medios hacia el diseño de estrategias.

Figura 5. Estructura del método, árbol de objetivos



Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de los datos obtenidos en la caracterización del árbol de problemas, se realizó la estructura del árbol de objetivos que consistió en pasar de lo negativo a lo positivo, es decir, ya que, se tienen identificadas las causas y los efectos, se realiza su redacción en positivo para transformar las causas en medios y los efectos en fines.

2.4 Etapa metodológica IV. Generación de escenarios geográficos para el diseño de una propuesta de manejo ambiental sustentable, enfocada en la zonificación integral del territorio

El diseño de una propuesta de manejo sustentable para la administración del territorio del ANP, se realizó mediante el diseño y análisis de escenarios de cambios de usos del suelo, uso actual y potencial del territorio, usos adecuados e inadecuados del territorio y la zonificación ambiental del territorio a partir de cuatro políticas de manejo (aprovechamiento, conservación, protección y restauración) establecidas dentro del Plan de Conservación y Manejo del Parque Estatal Otomí-Mexica del año 2009 y del Plan de Manejo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México del año 2016. A continuación, se detallan las fases metodológicas establecidas para el diseño de una propuesta de manejo ambiental sustentable.

2.4.1 Análisis geoespacial de cambios de uso del suelo y vegetación (periodo de análisis 1993-2018)

Esta fase metodológica, se desarrolló mediante el tratamiento digital de dos imágenes de satélite multiespectrales, la primera una *Spot 2* del año 1993 y la segunda una *SENTINEL 2* del año 2018. La imagen *Spot*, fue proporcionada por el Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGCEM) y la imagen *SENTINEL* fue descargada de manera gratuita de la plataforma *Copernicus Open Access Hub*. Además, se utilizaron cartas temáticas de uso del suelo y vegetación de la Serie I de 1993¹³ y de la Serie VI de 2016¹⁴ de INEGI (Tabla 8). Los *softwares* utilizados fueron: *ER Mapper*TM, *ArcGis 10.5*TM e *IDRISI Selva*TM, además fue necesario utilizar un navegador satelital marca *Garmin* modelo *eTrex Touch 35*TM, una cámara fotográfica marca *Sony* modelo *DSC-H300*TM y una bitácora de campo.

Para obtener los mapas de uso de suelo y vegetación de los años 1993 y 2018 (periodo de análisis) se utilizaron las imágenes de satélite, que se obtuvieron ortorectificadas, georreferenciadas, con balanceo de color y corrección atmosférica, de los servidores antes

¹³ 'Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie I (continuo nacional)', escala: 1:250000. Instituto Nacional de Ecología - Dirección de Ordenamiento Ecológico General e Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Digitalización de las cartas de uso del suelo y vegetación elaboradas por INEGI entre los años 1980-1991 con base en fotografías aéreas de 1968-1986. México, D. F. (INE - INEGI 1997).

¹⁴ Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI (Capa Unión), escala: 1:250 000. edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México (INEGI 2016).

mencionados. El procesamiento digital se realizó mediante el método de clasificación supervisada automatizado dentro de la plataforma de *ER Mapper*TM. A partir del procesamiento de 50 campos de entrenamiento previamente ubicados en el territorio mediante el uso del navegador satelital (GPS) y distribuidos de manera homogénea sobre la imagen de satélite, se obtuvo como resultado diez clases de uso del suelo y vegetación.

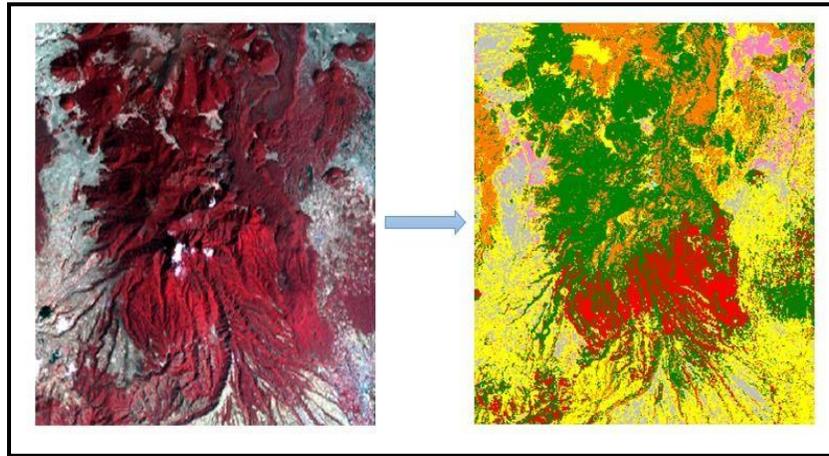
Tabla 8. Insumos geospaciales

Cantidad	Insumo	Escala	Resolución	Proyección	Año	Fuente
1	Imagen Spot 2 multispectral	No aplica	20 m	UTM, WGS 1984	1993	IGECEM
1	Imagen SENTINEL 3 multispectral	No aplica	10 m	UTM, WGS 1984	2018	<i>Copernicus Open Access Hub</i>
1	Carta de uso del suelo y vegetación Serie I	1:250 000	No aplica	UTM, WGS 1984	1993	INEGI
1	Carta de uso del suelo y vegetación Serie V	1:250 000	No aplica	UTM, WGS 1984	2016	INEGI

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados obtenidos fueron verificados directamente en campo, principalmente en áreas donde la clasificación no presento áreas homogéneas (20 zonas con problemas de clasificación), algunos de estos puntos son de difícil acceso por la geomorfología del territorio y la tenencia de la tierra, por esta razón se utilizaron los mapas de uso del suelo y vegetación de la serie I y VI de INEGI, para confrontar, corregir y homologar la información cartográfica derivada. Los resultados obtenidos de la clasificación supervisada y del trabajo de campo fue ajustada cartográficamente mediante el algoritmo de Máxima Verosimilitud, el cual permitió obtener áreas homogéneas, que facilitó la representación cartográfica de los usos del suelo y vegetación de los años 1993 y 2018 (Figura 6).

Figura 6. Aplicación del algoritmo de Máxima Verosimilitud sobre el análisis de clasificación supervisada

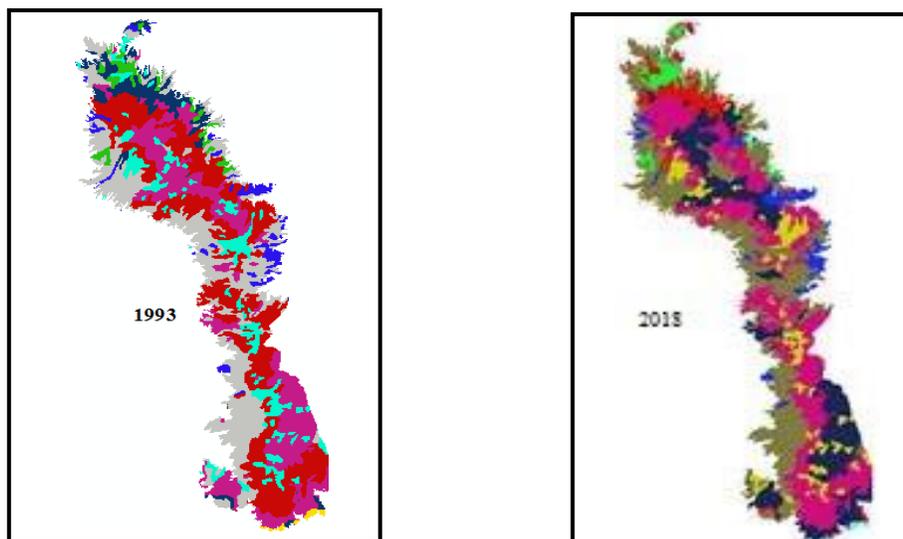


Fuente: Elaboración propia.

El análisis de cambios entre las coberturas de usos de suelo y vegetación de los años 1993 y 2018, se realizó mediante la aplicación del método de sobreposición cartográfica, automatizado para el *software IDRISI Selva*™ mediante su módulo *Land Change Modeler*™, el cual consiste en identificar las deferencias geoespaciales entre las coberturas de uso de suelo y vegetación (Figura 7).

Los resultados obtenidos fueron una serie de mapas y datos tabulados con información sobre los principales cambios e intercambios entre las coberturas de uso del suelo y vegetación del periodo de análisis. Posteriormente a esta actividad, se realizó la aplicación del método representación cartográfica mediante el *software ArcGis 10.5*™, esta actividad consistió en dar edición final a los mapas utilizados durante esta investigación (mapas de uso del suelo y vegetación del año 1993 y 2018).

Figura 7. Coberturas de uso de suelo y vegetación del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, años 1993 y 2018



Fuente: Elaboración propia.

2.4.2 Análisis geoespacial de los principales procesos de transformación que detonan los cambios de uso del suelo y vegetación

La identificación, ubicación y análisis espacial de los principales procesos y actividades de transformación que detonan los cambios de uso del suelo y vegetación, se realizó mediante el uso y análisis de los mapas de cambios de uso del suelo y vegetación, imágenes de satélite y recorridos sistematizados de campo. Las áreas del territorio que presentaron cambios durante el periodo de análisis, fueron examinadas mediante una imagen de satélite SENTINEL 2 del año 2018, a partir de la aplicación de técnicas fotointerpretación se realizó una clasificación de los principales procesos de transformación (conversión, modificación y fragmentación) y se representaron cartográficamente para obtener datos cuantitativos, que permitieron determinar la extensión territorial que ocupan los procesos de transformación en el ANP.

Posteriormente, se realizó una serie de recorridos de campo por las áreas clasificadas con procesos de transformación (conversión, modificación y fragmentación), con la aplicación del método de observación directa y el uso de cartografía con información sobre los procesos de transformación, se logró realizar una segunda clasificación que consistió en identificar y ubicar espacialmente las principales actividades que se realizan dentro de las áreas

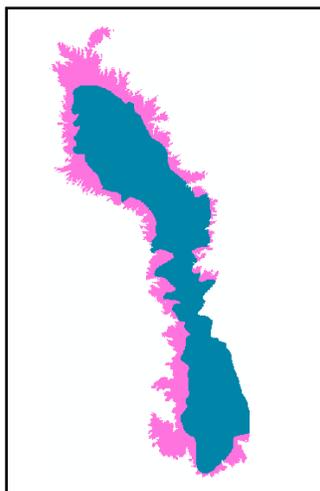
identificadas con procesos de transformación. Seguido a esta actividad, mediante el *software ArcGis 10.5™*, se realizó una reclasificación y cuantificación de las áreas que presentan procesos de transformación y las actividades que los detonan y propician los cambios de uso del suelo y vegetación en el área administrativa del parque.

2.4.3 Análisis y determinación geoespacial del uso potencial del territorio

Para determinar el uso potencial del suelo dentro del territorio, se consideraron las siguientes variables:

a) Temperatura media anual (°C). Estos valores se obtuvieron del archivo shapefile climas, disponible en el Catálogo de metadatos geográficos de la CONABIO. En el que se representan de manera espacial los diferentes tipos de climas de la República Mexicana de acuerdo a la clasificación de *Koppen* modificada por García, escala 1:1000000.

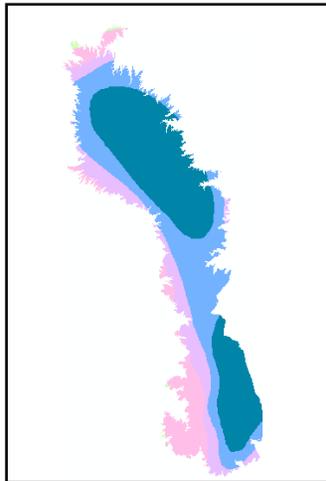
Figura 8. Temperatura media anual del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia a partir del shapefile climas de CONABIO, 2012.

b) Precipitación media anual (mm). Estos datos se obtuvieron del archivo shapefile de precipitación media anual, disponible en el Catálogo de metadatos geográficos de la CONABIO. En el que se representan los rangos de precipitación en la República Mexicana escala 1:4000000.

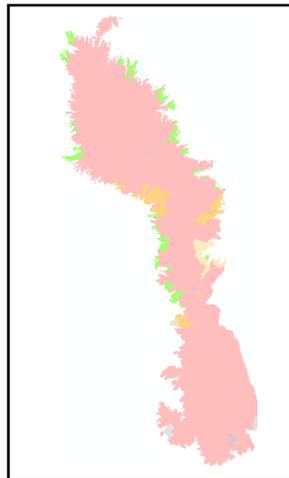
Figura 9. Precipitación media anual del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia a partir del shapefile precipitación media anual de CONABIO, 2012.

c) Edafología (tipo de suelo, profundidad y textura). Estos datos fueron obtenidos del shapefile de edafología, realizado durante el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial del Estado de México del año 20018, en el cual se representan datos como: tipo de suelo, textura y profundidad.

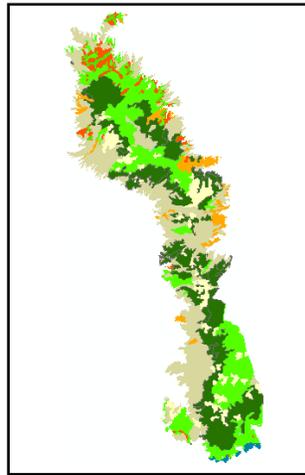
Figura 10. Edafología del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia a partir de shapefile de edafología PEOT, 20018.

d) Uso de suelo y vegetación. Estos datos fueron obtenidos del shapefile del uso del suelo y vegetación del año 2018, escala 1:50000.

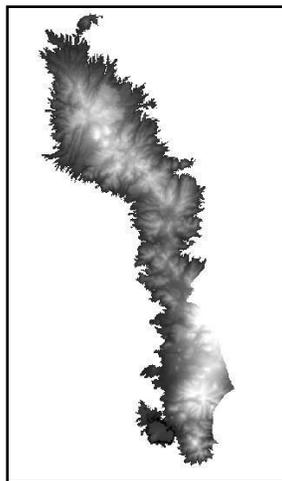
Figura 11. Usos del suelo y vegetación del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia a partir de shapefile uso del suelo y vegetación 2018.

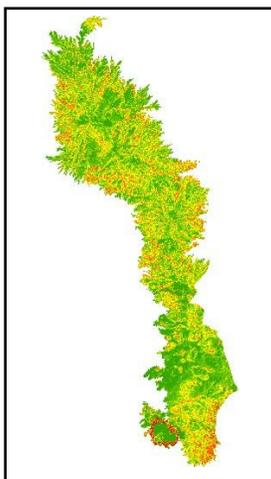
e) Modelo de Elevación Digital (DEM). Estos datos fueron obtenidos del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM 3.0), en el cual se representa las elevaciones del territorio continental mexicano, mediante valores que indican puntos sobre la superficie del terreno, cuya ubicación geográfica se encuentra definida por coordenadas (X, Y) a las que se le integran valores que representan las elevaciones (Z).

Figura 12. DEM del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del CEM 3.0, INEGI, 2016.

Figura 13. Pendientes del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del CEM 3.0, INEGI, 2016.

De acuerdo con el manual de Requerimientos Agroecológicos de Cultivos, realizado por el INIFAP, las especificaciones agroecológicas ideales (temperatura, precipitación, suelos, textura, profundidad, uso del suelo, pendientes y altitud) para determinar el uso potencial del suelo agrícola se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9. Variables para determinar el uso potencial del suelo agrícola

Categorías	Variables	Unidad de medida
Climáticas	Temperatura	10 – 28 °C
	Precipitación	700 – 110 mm
Edafológicas	Suelos	Feozem Luvisol Vertisol
	Textura (suelos)	Arcillosa Limos
	Profundidad (suelos)	50 – 100 cm
Ecosistémicas	Usos de suelo y vegetación	Agricultura Pastizales
Fisiográficas	Altitud	0 - 2500 msnm
	Pendientes	<10 °

Fuente: Elaboración propia con bases al manual de Requerimientos Agroecológicos de Cultivos, INIFAP, 2013.

De acuerdo con la CONABIO, los requerimientos ambientales (temperatura, precipitación, suelos, textura, profundidad, uso del suelo, pendientes y altitud) para determinar el uso

potencial forestal del suelo mediante especies de pino, oyamel y encinos son los siguientes (Tabla 10).

Tabla 10. Variables para determinar el uso potencial del suelo forestal

Categorías	Variables	Unidad de medida
Climáticas	Temperatura	10 – 22 °C
	Precipitación	600 – 2000 mm
Edafológicas	Suelos	Andosol Cambisol Leptosol Luvisol
	Textura (suelos)	Arcillosa Arenosos Limos
	Profundidad (suelos)	0 – 100 cm
Ecosistémicas	Usos de suelo y vegetación	Cobertura de bosque
Fisiográficas	Altitud	800 - 5500 msnm
	Pendientes	0 - 43 °

Fuente: Elaboración propia con bases a los requerimientos ambientales para determinar el uso potencial forestal, CONABIO, 2018.

Con el uso del método de análisis multicriterio se generaron las matrices de ponderación, utilizando el método de *Scoring* propuestos por Roche y Vejo (1998), se asignó el valor de ponderación a cada variable analizada. Este método permitió de manera sencilla generar los niveles de aptitud (2 = apto y 1 = no apto). Este procedimiento se aplicó a las ocho variables y se generaron matrices para cada una de ellas. A continuación, se muestran las matrices de ponderación para las ocho variables, divididas en cuatro categorías (climáticas, edafológicas, ecosistémicas y fisiográficas) (Tablas 11, 12, 13 y 14).

Tabla 11. Variables climáticas

Temperatura		Precipitación	
Clima	Ponderación	mm	Ponderación
Templado (Cwbg)	2	850-950	2
Semifrío (C(E)wg)	1	950-1050	2
		1050-1150	2
		1150-1250	1
		>1250	1

Fuente: Elaboración propia con base al manual de Requerimientos Agroecológicos de Cultivos, INIFAP, 2013.

Tabla 12. Variables edafológicas

Suelo	Ponderación	Textura	Ponderación	Profundidad	Ponderación
Andosol	1	Arenas	1	< 50 cm	1
Cambisol	1	Arcillosa	2	50 - 100cm	2
Feozem	2	Limos	2	< 50 cm	1
Leptosol	1	Arenas	1	25-75 cm	2
Luvisol	2	Limos	2	< 50 cm	1
Vertisol	2	Arcillosa	2	50 - 100cm	2

Fuente: Elaboración propia con base al manual de Requerimientos Agroecológicos de Cultivos, INIFAP, 2013.

Tabla 13. Variables de uso de suelo y vegetación

Uso de suelo y vegetación	Ponderación
Agricultura	2
Asentamiento humano	1
Bosque de encino	1
Bosque de encino-pino	1
Bosque de oyamel	1
Bosque de pino	1
Bosque de pino-encino	1
Bosque mesófilo de montaña	1
Cuerpo de agua	0
Pastizal inducido	2

Fuente: Elaboración propia con base a cartografía de uso del suelo y vegetación 2018.

Tabla 14. Variables fisiográficas

Altitud		Pendiente	
Intervalo	Ponderación	Intervalo	Ponderación
0-2700	2	<10	2
> 2700	1	> 11	1

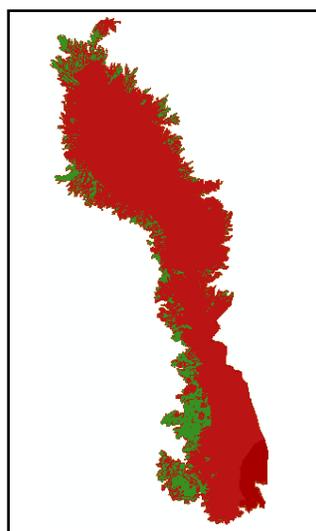
Fuente: Elaboración propia con base al manual de Requerimientos Agroecológicos de Cultivos, INIFAP, 2013.

Los valores de ponderación determinados para las matrices que contienen información climática, edafológica, ecosistémica y fisiográfica, fueron asignados a los datos tabulares de los shapefile establecidos para determinar el uso potencial del territorio. Con la aplicación de las herramientas de análisis espacial (superposición pondera/*Weighted Overlay*) contenida dentro del *software ArcGis 10.5™*, se obtuvo el shapefile que contienen la información cartográfica sobre el uso potencial del territorio del ANP.

2.4.4 Conflictos de uso del suelo. Usos adecuados e inadecuados en el territorio

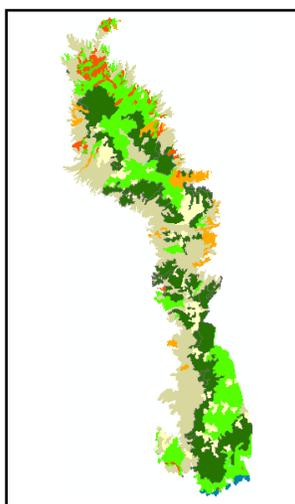
La identificación, ubicación espacial y análisis de los conflictos del uso del suelo (usos adecuados e inadecuados del territorio) se realizó mediante técnicas sobre posición entre el uso potencial del territorio (Figura 14) y el uso actual del suelo (Figura 15). Mediante el *software ArcGis 10.5*™, se procesó la información cartográfica en formato shapefile del uso potencial y el uso actual del suelo, el resultado obtenido fueron mapas de usos adecuados e inadecuados, los cuales fueron analizados mediante los siguientes criterios (Tabla 15).

Figura 14. Uso potencial del suelo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Uso actual del suelo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Análisis de conflictos de uso del suelo

USOS DEL SUELO	
Usos apropiados	Usos inapropiados
CONFLICTOS DE USO DEL SUELO	
Uso del suelo potencial o ideal (Aptitud) (UP).	Uso del suelo actual o real (UA).
Si $UA > UP$, existe riesgo, se requiere mayor calidad en cuanto a las estrategias que determinan el aprovechamiento del territorio.	Si $UP > UA$, existe un desperdicio en el uso del suelo.
Si el $UA = UP$ (No existe conflicto dentro del territorio analizado).	

Fuente: Elaboración propia con base a Gutiérrez, 2013.

2.4.5 Estrategias sustentables. Propuesta de zonificación ambiental

El diseño y desarrollo de la estrategia de desarrollo sustentable, se estableció mediante la zonificación ambiental del territorio. Retomando los criterios establecidos en la legislación ambiental mexicana, la cual establece que la zonificación ambiental dentro de los territorios bajo protección ambiental se debe determinar bajo criterios de ordenación territorial y ecológicos. De acuerdo, a lo establecido en el Programa de Manejo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, la zonificación ambiental del territorio debe contemplar cuatro políticas de manejo: aprovechamiento, conservación, protección y restauración (LGEEPA-ANP, 2000 y CEPANAF, 2016).

Ante lo referido, la zonificación ambiental del parque, se diseñó mediante la consideración de los escenarios geográficos (zonas con procesos de cambios de uso del suelo y vegetación, uso potencial del suelo y los usos adecuados e inadecuados del territorio). A continuación, se detalla los métodos, variables e insumos geoespaciales que se utilizaron para realizar la modelación espacial, que permitió realiza la zonificación del territorio, desde un enfoque sistémico e integral.

2.4.5.1 Zonificación ambiental enfocada al aprovechamiento del territorio

Las áreas del parque destinadas al aprovechamiento, se determinaron mediante la modelación geoespacial establecida para determinar el uso potencial del territorio con fines de aprovechamiento, los componentes territoriales contemplados para su determinación y zonificación espacial se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 16. Componentes del territorio para determinar las áreas de aprovechamiento

Categorías	Componente	Insumo geoespacial	Unidad de medida
Climáticas	Temperatura	Shapefile de temperatura.	10 – 28 °C
	Precipitación	Shapefile de precipitación.	700 – 110 mm
Edafológicas	Suelos	Shapefile de edafología.	Feozem Luvisol Vertisol
	Textura (suelos)	Shapefile de edafología.	Arcillosa Limos
	Profundidad (suelos)	Shapefile de edafología.	50 – 100 cm
Ecosistémicas	Usos de suelo y vegetación	Shapefile de uso del suelo y vegetación del año 2018.	Agricultura Pastizales
Fisiográficas	Altitud	Modelo de elevación digital del territorio.	0 - 2500 msnm
	Pendientes	Shapefile de pendientes del territorio.	<10 °

Fuente: Elaboración propia con bases al manual de Requerimientos Agroecológicos de Cultivos, INIFAP, 2013.

Mediante la aplicación del método estadístico *Scoring*, se determinaron los valores de ponderación aptitud (2 = apto y 1 = no apto). Estos valores fueron asignados a los datos estadísticos de los insumos geoespaciales establecidos en la Tabla 16. Posteriormente mediante las herramientas de análisis espacial (Superposición Ponderada¹⁵) establecidas dentro de la interfaz de *ArcGis 10.5™*, se determinaron las zonas viables para el aprovechamiento agrícola dentro del territorio del ANP.

¹⁵ La herramienta superposición pondera o por su nombre en inglés *Weighted Overlay*, es una herramienta de análisis espacial, desarrolla a partir del método análisis multicriterio. El método análisis multicriterio, permite incorporar criterios, identificados y ponderados para su relevancia, que vayan más allá de la eficacia, eficiencia y seguridad de los fármacos en la toma de decisiones.

2.4.5.2 *Zonificación ambiental enfocada a la conservación del territorio*

Las áreas del parque destinadas a la conservación, se determinaron mediante la modelación geoespacial establecida para determinar el uso potencial del territorio con fines de conservación, los componentes territoriales contemplados para su determinación y zonificación espacial se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 17. Componentes del territorio para determinar áreas de conservación

Categorías	Componente	Insumo geoespacial	Unidad de medida
Climáticas	Temperatura	Shapefile de temperatura.	10 – 22 °C
	Precipitación	Shapefile de precipitación.	600 – 2000 mm
Edafológicas	Suelos	Shapefile de edafología.	Andosol Cambisol Leptosol Luvisol
	Textura (suelos)	Shapefile de edafología.	Arcillosa Arenosos Limos
	Profundidad (suelos)	Shapefile de edafología.	0 – 100 cm
Ecosistémicas	Usos de suelo y vegetación	Shapefile de uso del suelo y vegetación del año 2018.	Cobertura de bosque
	Fragmentación	Shapefile de uso forestal	<70% de cobertura forestal
Fisiográficas	Altitud	Modelo de elevación digital del territorio.	800 - 5500 msnm
	Pendientes	Shapefile de pendientes del territorio.	0 - 43 °

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CONABIO, 2018.

Mediante la aplicación del método estadístico *Scoring*, se determinaron los valores de ponderación aptitud (2 = apto y 1 = no apto). Estos valores fueron asignados a los datos estadísticos de los insumos geoespaciales establecidos en la Tabla 17. Posteriormente mediante la herramienta de análisis espacial (Superposición Ponderada) establecida dentro de la interfaz de *ArcGis 10.5™*, se determinaron las zonas viables para la conservación en el territorio del ANP.

2.4.5.3 Zonificación ambiental enfocada a la protección del territorio

Las áreas del parque destinadas a la protección, se determinaron mediante la modelación geoespacial establecida para determinar el uso potencial del territorio con fines de protección, los componentes territoriales contemplados para su determinación y zonificación espacial se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 18. Componentes del territorio para determinar áreas de protección

Categorías	Componente	Insumo geoespacial	Unidad de medida
Climáticas	Temperatura	Shapefile de temperatura.	10 – 22 °C
	Precipitación	Shapefile de precipitación.	600 – 2000 mm
Edafológicas	Suelos	Shapefile de edafología.	Andosol Cambisol Leptosol Luvisol
	Textura (suelos)	Shapefile de edafología.	Arcillosa Arenosos Limos
	Profundidad (suelos)	Shapefile de edafología.	0 – 100 cm
Ecosistémicas	Usos de suelo y vegetación	Shapefile de uso del suelo y vegetación del año 2018.	Cobertura de bosque
	Fragmentación	Shapefile de uso forestal	>70% de cobertura forestal
Fisiográficas	Altitud	Modelo de elevación digital del territorio.	800 - 5500 msnm
	Pendientes	Shapefile de pendientes del territorio.	0 - 43 °

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CONABIO 2018.

Mediante la aplicación del método estadístico *Scoring*, se determinaron los valores de ponderación aptitud (2 = apto y 1 = no apto). Estos valores fueron asignados a los datos estadísticos de los insumos geoespaciales establecidos en la Tabla 18. Posteriormente mediante la herramienta de análisis espacial (Superposición Ponderada) establecida dentro de la interfaz de *ArcGis 10.5™*, se determinaron las zonas viables para la protección en el territorio del ANP.

2.4.5.4 Zonificación ambiental enfocada a la restauración del territorio

Las áreas del parque destinadas a la restauración, se determinaron mediante la modelación geoespacial establecida para determinar áreas viables de restauración ecológica, los componentes territoriales contemplados para su determinación y zonificación espacial se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 19. Componentes del territorio para determinar áreas de restauración

Categorías	Componente	Insumo geoespacial	Unidad de medida
Climáticas	Precipitación	Shapefile de precipitación.	600 – 2000 mm
Edafológicas	Textura (suelos)	Shapefile de edafología.	Fina Mediana Gruesa
	Profundidad (suelos)	Shapefile de edafología.	0 – 100 cm >100 cm
Erosión	Niveles de erosión del territorio	Shapefile de niveles de erosión	Nula Moderada Media Severa
Ecosistémicas	Usos de suelo y vegetación	Shapefile de uso del suelo y vegetación del año 2018.	Agrícola Matorral Pastizal inducido Sin vegetación
Fisiográficas	Pendientes	Shapefile de pendientes del territorio.	0-10° 11-20° 20-30° >30°
Vías de comunicación	Carreteras	Shapefile de carreteras	Derecho de vía (50 metros)

Fuente: Elaboración propia con bases a Gonzales et al. (2016).

Mediante la aplicación del método estadístico *Scoring*, se determinaron los valores de ponderación aptitud (2 = apto y 1 = no apto). Estos valores fueron asignados a los datos estadísticos de los insumos geoespaciales establecidos en la Tabla 19. Posteriormente mediante la herramienta de análisis espacial (Superposición Ponderada) establecida dentro

de la interfaz de *ArcGis* 10.5TM, se determinaron las zonas de restauración dentro el territorio del ANP.

Derivado de la modelación geoespacial de los 32 componentes territoriales seleccionados, se obtuvieron cuatro shapefile (aprovechamiento, conservación, protección y restauración), los cuales, mediante el método de sobreposición cartográfica (shapefile/imagen de satélite SENTINEL del año 2018) fueron revisados detalladamente mediante técnicas de fotointerpretación (color, forma, textura y geometría), para determinar que la modelación geoespacial se comporte de manera viable con la estructura real del territorio. Corregidas las anomalías encontradas, mediante las herramientas de gestión de datos (unión) o por su nombre en inglés *Merge* establecida en la interfaz de *ArcGis* 10.5TM, se realizó la unión de archivos para generar un solo shapefile (zonificación ambiental).

2.5 Etapa metodológica V. Discusión general, aportes teórico-metodológico desde el campo de estudio de las Ciencias Ambientales

La discusión general de este trabajo de investigación se realizó desde el objeto de estudio del pensamiento sistémico y el enfoque de estudio interdisciplinario, establecidos en las bases teóricas, epistemológicas y jurídicas de los Sistemas Complejos, La Ecología Cultural, las Ciencias Ambientales y la legislación ambiental mexicana en materia de áreas naturales protegidas. El análisis, sistematización y descripción de las interrelaciones entre las bases teóricas, epistemológicas y jurídicas, proporcionaron los medios para determinar y caracterizar las contribuciones teóricas y metodológicas para el estudio integral de las áreas naturales protegidas, considerando como eje integrador el enfoque interdisciplinario y sistémico de las Ciencias Ambientales.

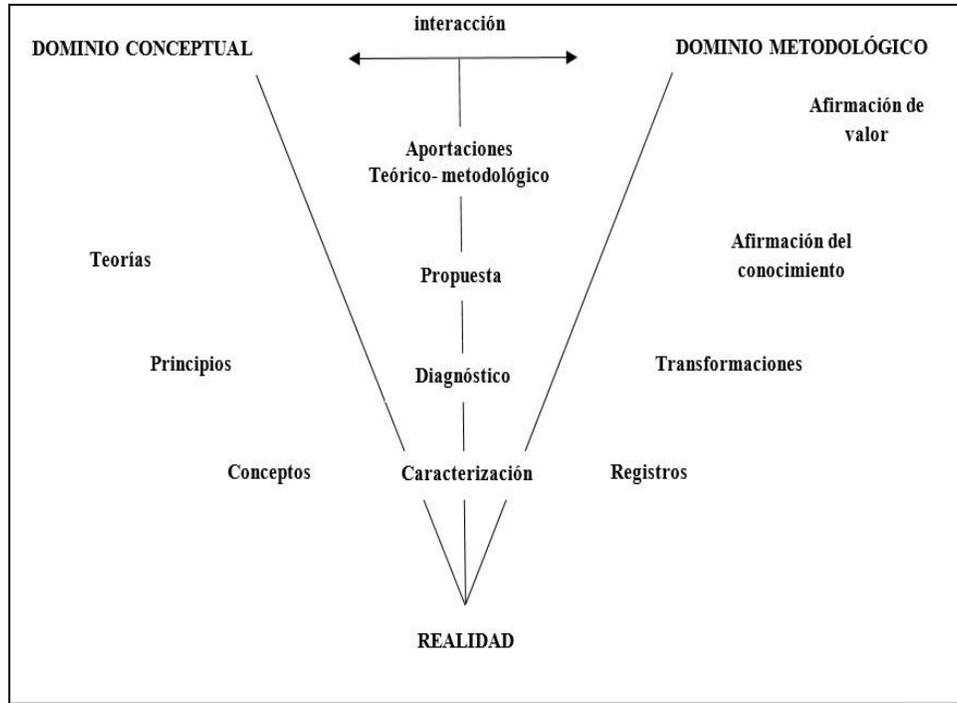
Mediante la aplicación y desarrollo del método de la “V Heurística”, el cual se puede determinar como un método para ayudar a comprender la estructura del conocimiento y las formas que establecen o determinan los seres humanos para producir tal conocimiento. De acuerdo con Gowin, la Uve heurística es propuesta como una herramienta de análisis, empleada el desarrollo crítico de un trabajo de investigación, experimental en laboratorio, o de alguna enseñanza dirigida a fomentar el aprendizaje de forma significativa, así como para extraer el conocimiento de una forma en que se puedan resolver problemas (Gowin, 1981 y Herrera, 2012).

Para el caso de esta investigación, el Uve heurística ayudó a estructurar el desarrollo y descripción de la teorización que sustenta la discusión general, mediante la relación que existe entre la teoría, la metodología y el espacio geográfico de estudio (realidad), se realizó la construcción del conocimiento, orientado al estudio sistémico de las áreas naturales protegidas, desde el campo de estudio de las Ciencias Ambientales, a continuación se muestra el diagrama de la Uve heurística en empleado para esta etapa de la investigación (Figura 16).

De acuerdo con la estructura de la Figura 16, el desarrollo teórico, metodológico y empírico de una investigación debe avanzar de manera paralela, además, de identificar, analizar y caracterizar las interrelaciones que existen entre los componentes del modelo de estudio. Para el caso de esta investigación, la aplicación de la Uve heurística, permitió fundamentar las

bases conceptuales, teóricas y metodológicas, para realizar el desarrollo de la discusión general.

Figura 16. Uve heurística para el aprendizaje del estudio sistémico del territorio



Fuente: Elaboración propia con base a Gowin, 1981.

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización integral del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

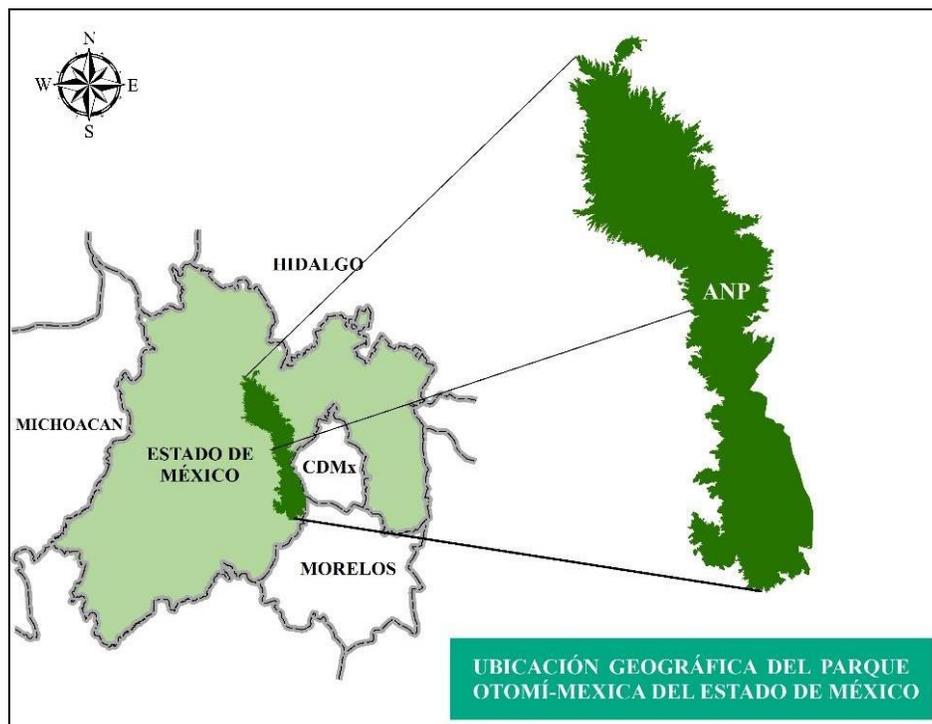
El Área Natural Protegida Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa denominado Parque Otomí-Mexica del Estado de México, es el ANP con mayor extensión territorial dentro del Estado de México (105,875 has), su territorio divide la Zona Metropolitana del Valle de México, de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y Cuernavaca, fue decretada el día 8 de enero de 1980 bajo las consideraciones del Poder Ejecutivo del Estado. Algunas de las particularidades biofísicas y socioculturales que dieron soporte al decreto del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, se encuentran publicadas en la Gaceta de Gobierno en el tomo CXXIX, número 4, sección tercera del Poder Ejecutivo del Estado, del día martes 8 de enero de 1980 (GEM, 1980 y CEPANAF, 2018).

3.1.1 Ubicación geográfica

El Área Natural Protegida Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa denominado Parque Otomí Mexica del Estado de México, se encuentra ubicado en el contexto geográfico del centro de México. Sus coordenadas geográficas extremas son: 18° 59' 59.57" - 19° 45' 19.34" de latitud norte y 99° 20' 21.75" - 99° 32' 01.41" de longitud oeste. Tiene una superficie aproximada de 105,875 Hectáreas, distribuidas espacialmente en 16 municipios del Estado de México: Huixquilucan, Isidro Fabela, Jilotzingo, Jiquipilco, Lerma, Naucalpan, Nicolás Romero, Ocoyoacac, Ocuilán, Otzolotepec, Morelos, Temoaya, Tianguistenco, Villa del Carbón, Xalatlaco y Xonacatlán (Figura 17) (CEPANAF, 2018).

El Parque Otomí-Mexica del Estado de México, está actualmente constituido por una longitud aproximada de 85 kilómetros arriba de la cota de 2,800 msnm, territorio formado principalmente por una cadena montañosa, que comprende desde el Macizo de Zempoala, la Sierra de Ocuilán, Xalatlaco, estribaciones del Ajusto, Sierra de las Cruces, Sierra de Monte Alto, hasta la Sierra de la Bufa, el objetivo principal de esta delimitación es: conservar y mejorar la riqueza que representan los ecosistemas inmersos en el territorio del parque (CEPANAF, 2009).

Figura 17. Ubicación geográfica del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Condiciones geográficas

Desde el punto de vista fisiográfico el Parque Otomí-Mexica del Estado de México, se encuentra ubicado en la región fisiográfica Eje Neovolcánico conocido también como Sierra Volcánica Transversal, en la zona centro de la República Mexicana. Este territorio se caracteriza por tener grandes sierras volcánicas que se complementan con extensos vasos lacustres, en esta provincia se encuentran ubicados algunos de los picos más altos del país como: Popocatepetl, Xinantécatl (Nevado de Toluca), Iztaccíhuatl (Mujer dormida), Matlalcuéyatl (Malinche) y Pico de Orizaba, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2008).

La fisiografía del parque, se caracteriza por presentar un relieve irregular y heterogéneo a lo largo de sus 85 kilómetros de longitud, condición asociada con las características del Eje Neovolcánico y de manera específica con la subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac.

El territorio tiene diversos sistemas de geoformas, siendo las más relevantes: a) Sierra volcánica con estrato volcanes, b) Sierra volcánica con laderas escarpadas, c) Sierra escudo volcán, d) Lomeríos, e) Lomerío con cañadas, f) Meseta basáltica malpaís, g) Llanura aluvial, h) Llanura lacustre y, j) Llanura lacustre salina. (INEGI, 2008).

El sistema de montañas que comprende el parque, está orientado de sur a norte a partir del Macizo de Zempoala, la Sierra de Ocuilán, las estribaciones de Xalatlaco, las estribaciones del Ajusco, la Sierra de las Cruces, la Sierra de Monte-alto y la Sierra de la Bufa. Las altitudes aproximadas del territorio oscilan entre 2,800 y 3,870 msnm (Mapa 1). El pico más alto, es el Cerro de la Catedral ubicado en el municipio de Temoaya, las pendientes que conforman el territorio fluctúan entre 0 y 48° (Mapa 2), siendo este uno de los elementos fisiográficos más representativos del parque (INEGI, 2012).

La litología y estructura del territorio, está constituida principalmente por rocas ígneas extrusivas como: andesitas, basaltos, tobas básicas y brecha volcánicas básicas. Las rocas volcánicas y volcanoclásticas forman parte de la región fisiográfica Eje Neovolcánico y se cree que fueron producidas simultáneamente durante los periodos Terciario Superior y Cuaternario, formando en este último el sistema de fracturas con orientación norte-sur, factor asociado con la actividad volcánica ocurrida durante estos períodos (Mapa 3). La composición petrográfica de las rocas es variable. Son abundantes los derrames y productos piroclásticos de composición andesítica (Tabla 20). Además, hay presencia de algunas unidades geológicas conocidas tradicionalmente como basálticas (EcoCiencia, 2009 y Juan *et al.*, 2017).

Tabla 20. Condiciones geológicas del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Rocas por su origen	Tipos	Subtipos
Rocas ígneas	Rocas ígneas intrusivas	Ácidas Intermedias Básicas
	Rocas ígneas extrusivas	Ácidas Intermedias Básicas
	Rocas piroclásticas	Tobas ácidas
	Brecha	Brecha volcánica ácida Brecha volcánica intermedia

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

		Brecha volcánica básica
Rocas sedimentarias	Clásticas o detríticas. No clásticas ó químicas.	
Rocas metamórficas	Rocas metamórficas exfoliadas. Rocas metamórficas no exfoliadas.	

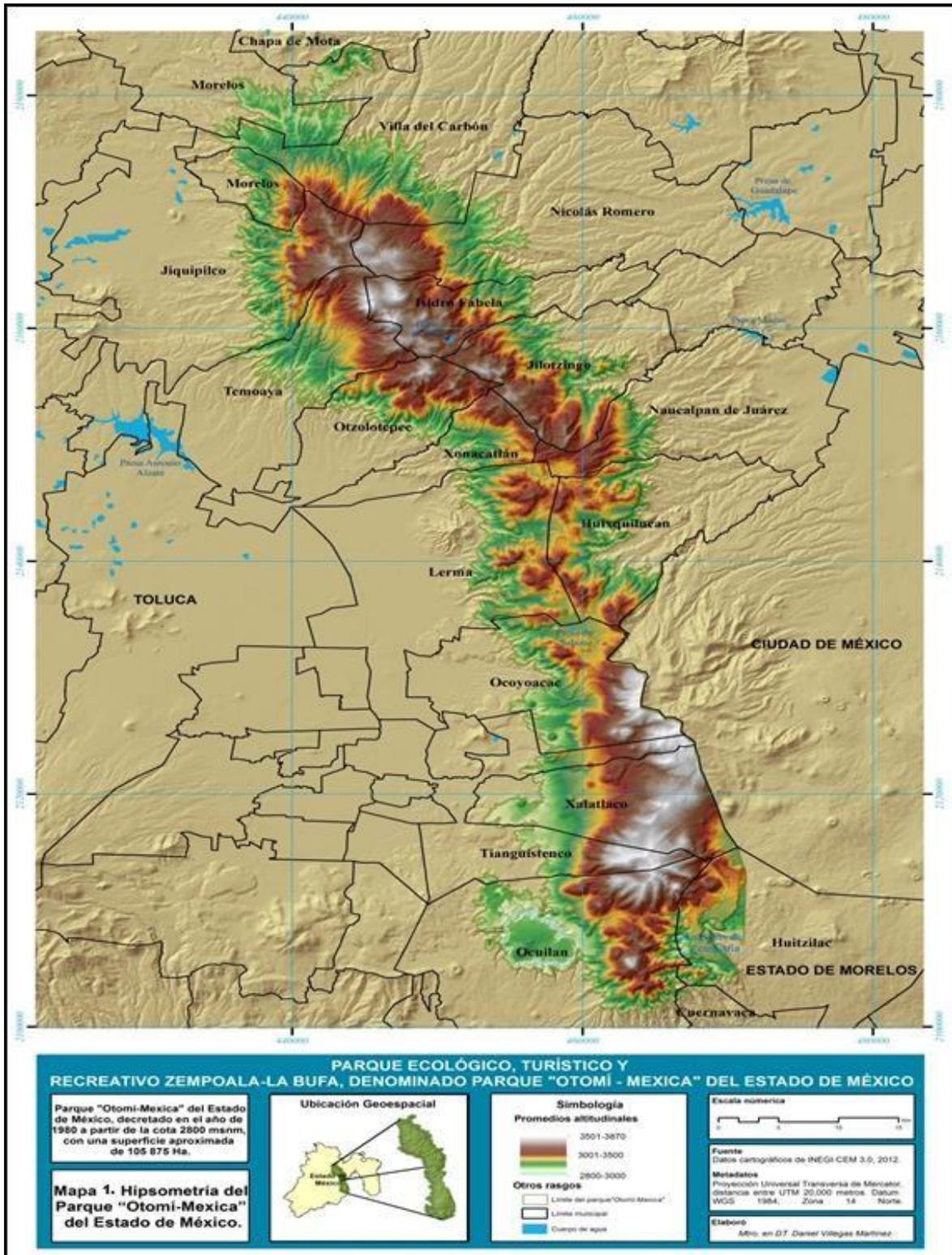
Fuente: Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal Otomí-Mexica 2009.

Las relaciones históricas que existen entre la topografía y litología de la región han determinados los intervalos altitudinales de los distintos ambientes que conforman el espacio geográfico del parque, que, vinculados con otros elementos geográficos como la latitud y longitud, se derivan las condiciones climáticas del territorio. Siendo representativos del parque los climas Templado Subhúmedo con lluvias en verano C (w2) (w) y Semifrío Subhúmedo con lluvias en verano C (E) (w2) (w), este último el más predominante en la región. La temperatura media anual del parque oscila entre los 8 °C y 10 °C en las porciones montañosas de mayor altitud, el resto del área presenta una temperatura media que fluctúa entre 10 °C y 14 °C (Mapa 4).

La Subcuenca de la Presa Antonio Álzate constituye el norte del municipio de Temoaya, y la Subcuenca del Arroyo El Pescado, se ubica al poniente de Villa del Carbón y al sur del municipio de Morelos en el Estado de México (CONAGUA, 2002 e INEGI, 2008): La precipitación total anual del territorio del ANP oscila entre 800 y 1,250 mm. El promedio anual corresponde a 1,100 mm (Mapa 5). Considerando este dato y con base en la superficie que comprende el parque (105,875 ha), aproximadamente llueve un total de 1,164 mm anuales de los cuales 884.64 mm (76%) se evaporan, 221.16 mm (19%) escurren y forman las corrientes superficiales perennes e intermitentes, y solo el 58.2 mm (5%) se infiltran y contribuyen a la recarga de mantos acuíferos de los Valles de Toluca y México (CONAGUA, 2002 y Juan *et al.*, 2017).

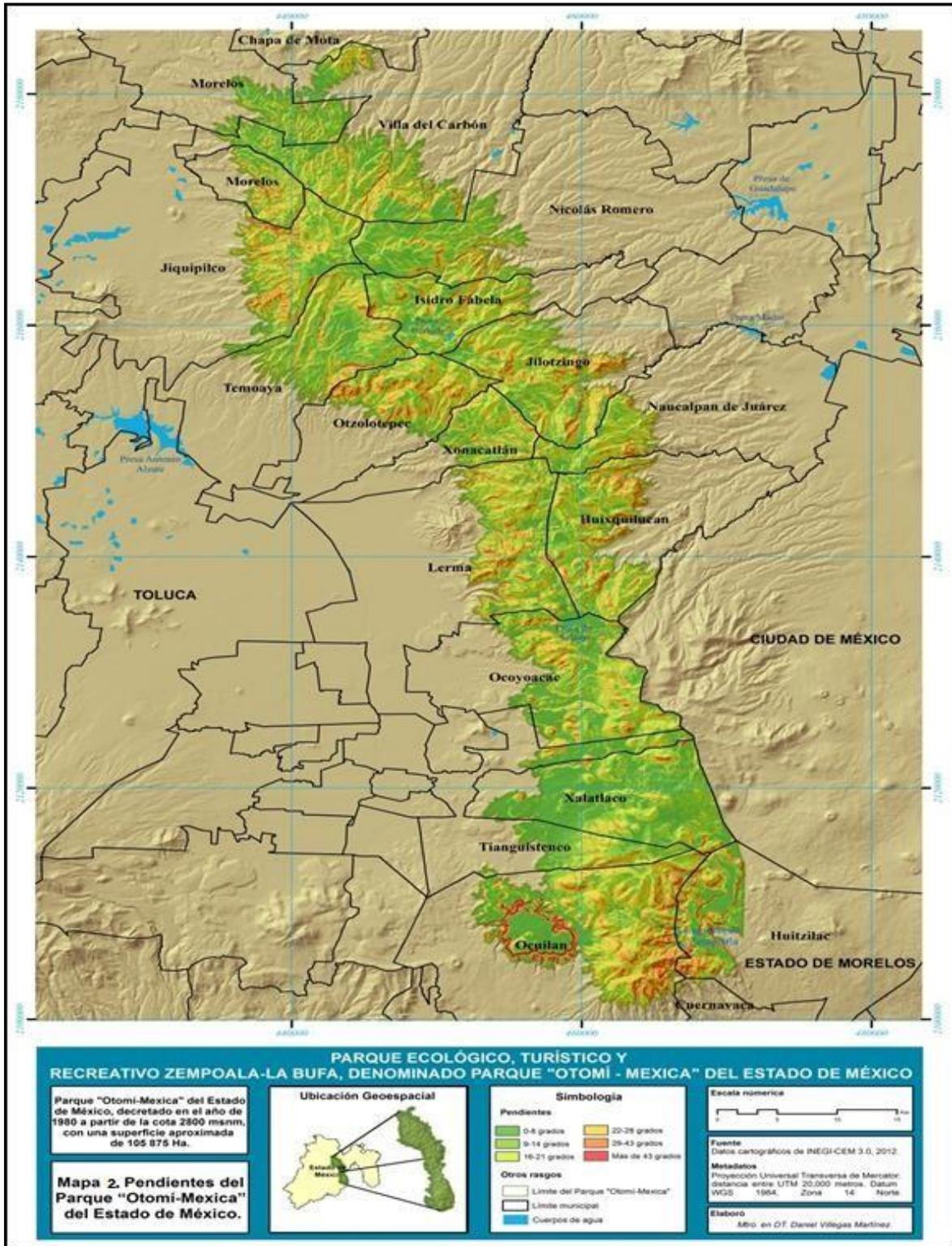
Desde una perspectiva hidrológica, el Parque Otomí-Mexica está situado en la región hidrológica del Balsas (RH18) esto de acuerdo a la nomenclatura aprobada y en uso por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Mapa 1. Hipsometría del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



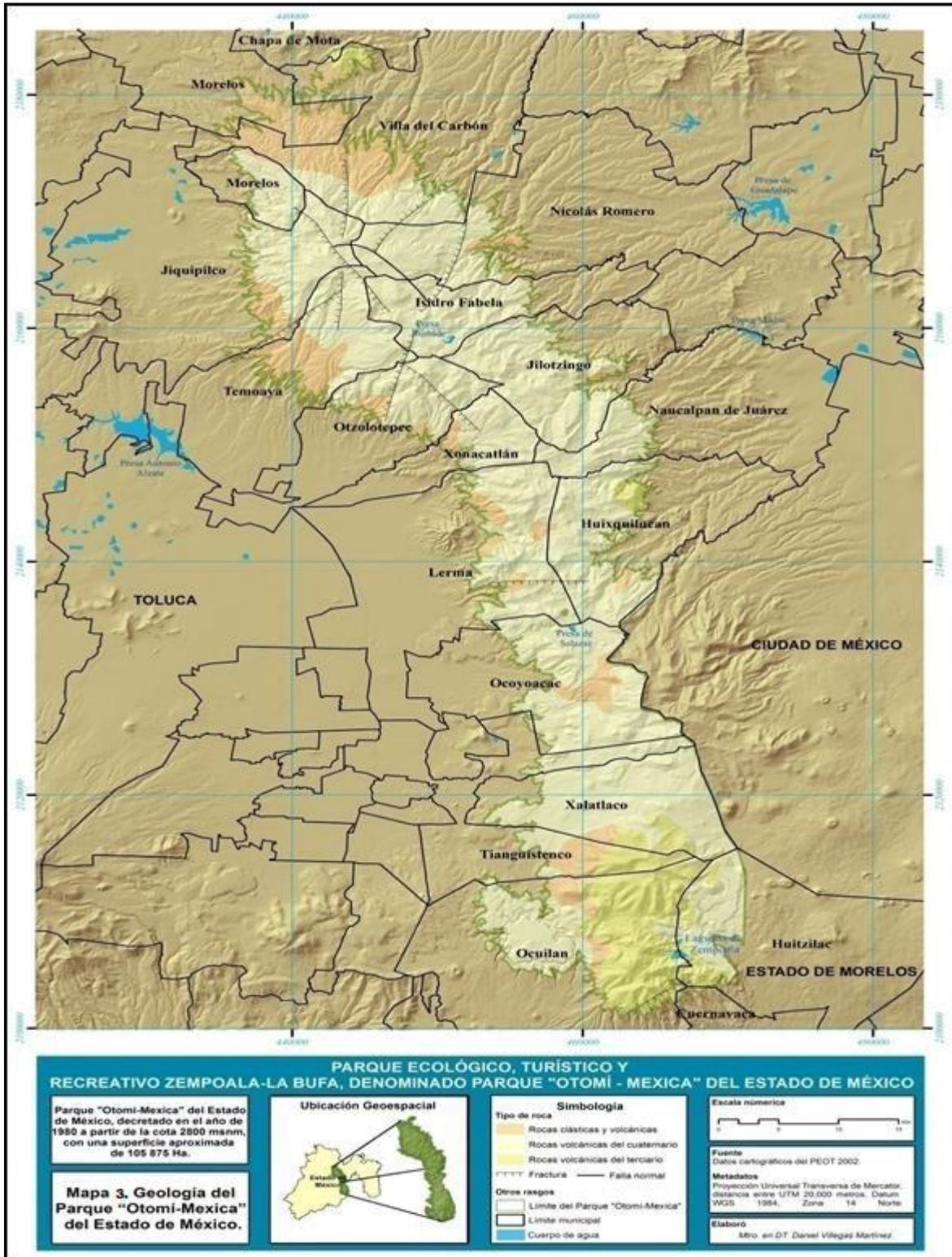
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 2. Pendientes del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



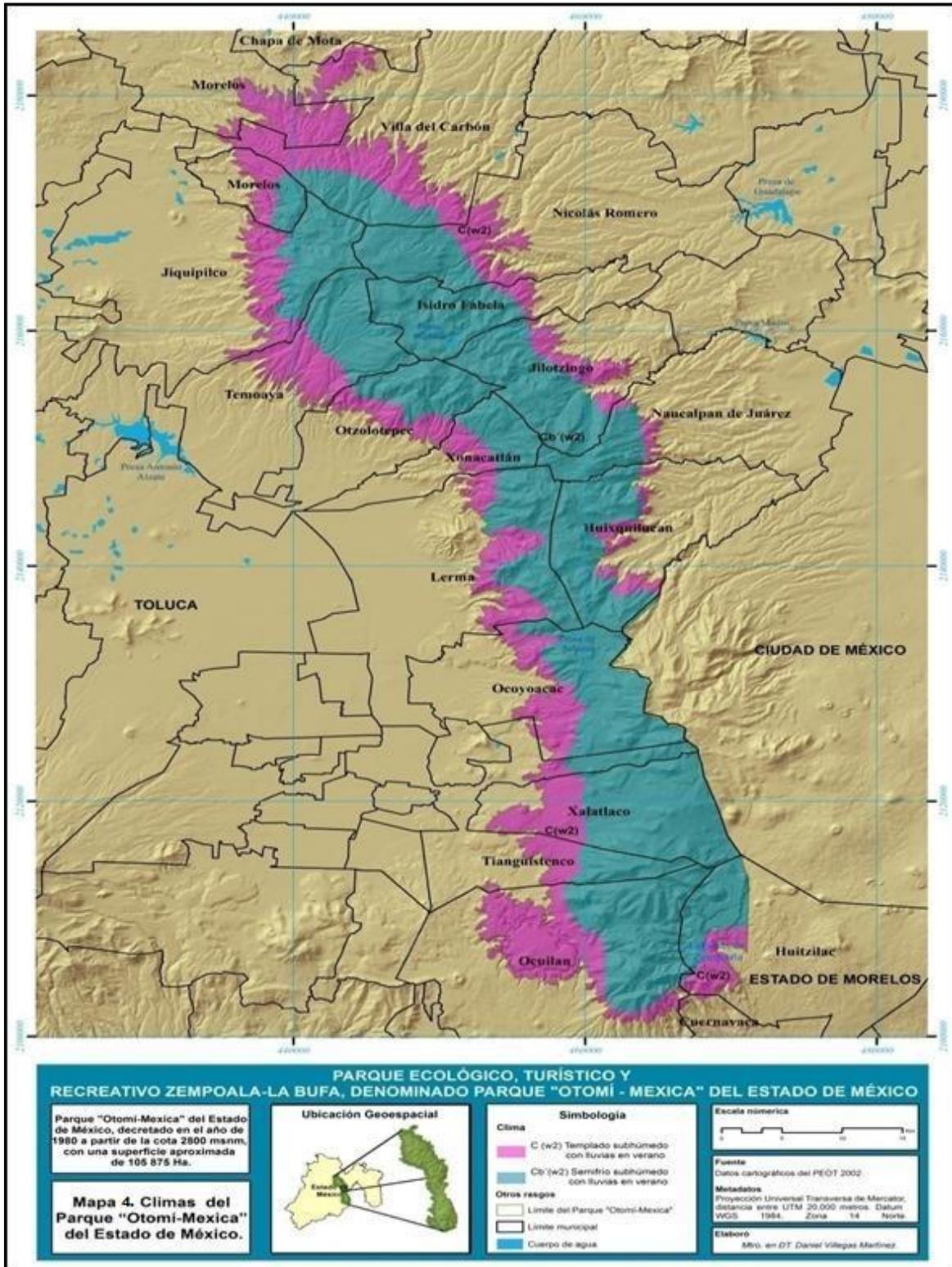
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 3. Geología del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



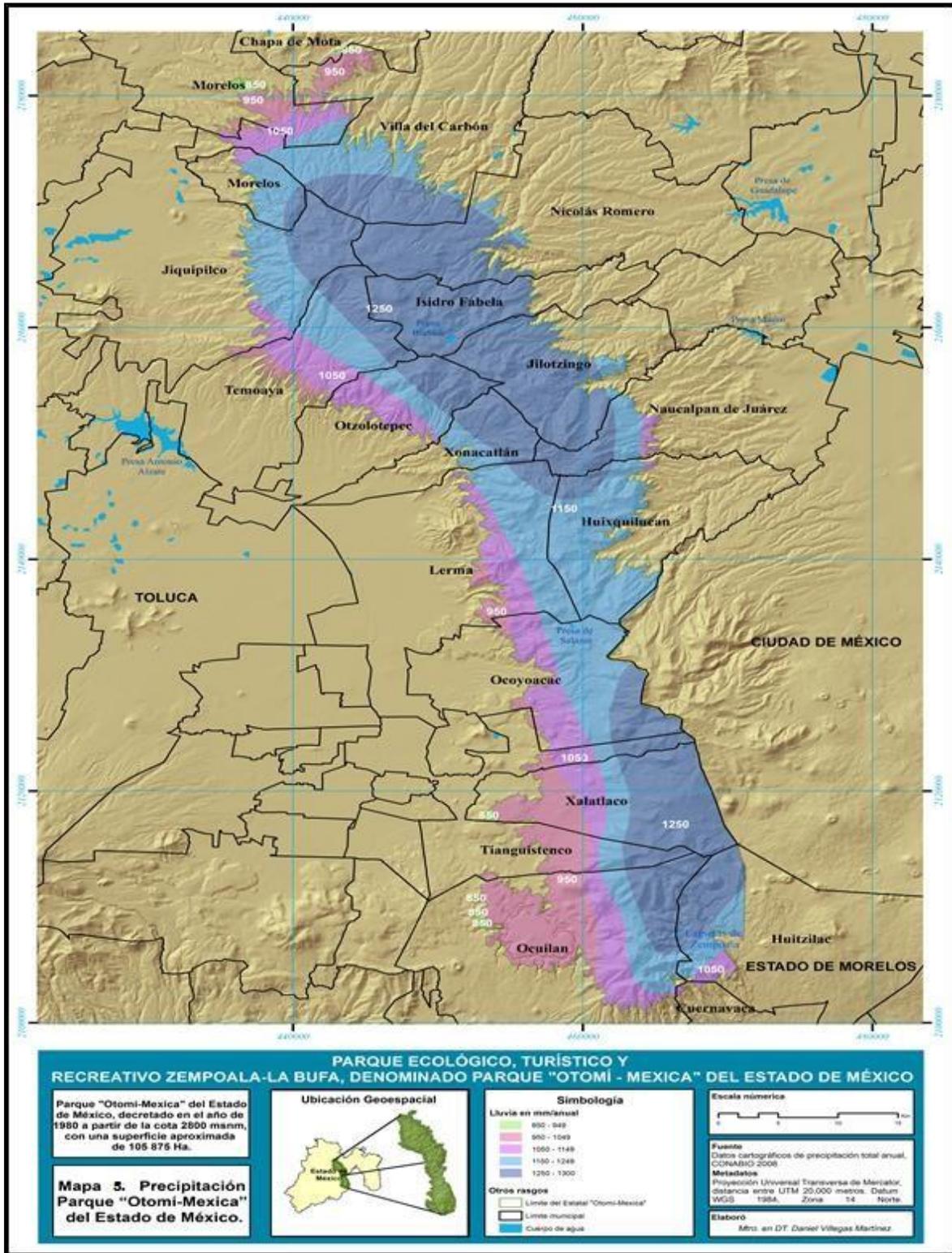
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 4. Condiciones climáticas en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



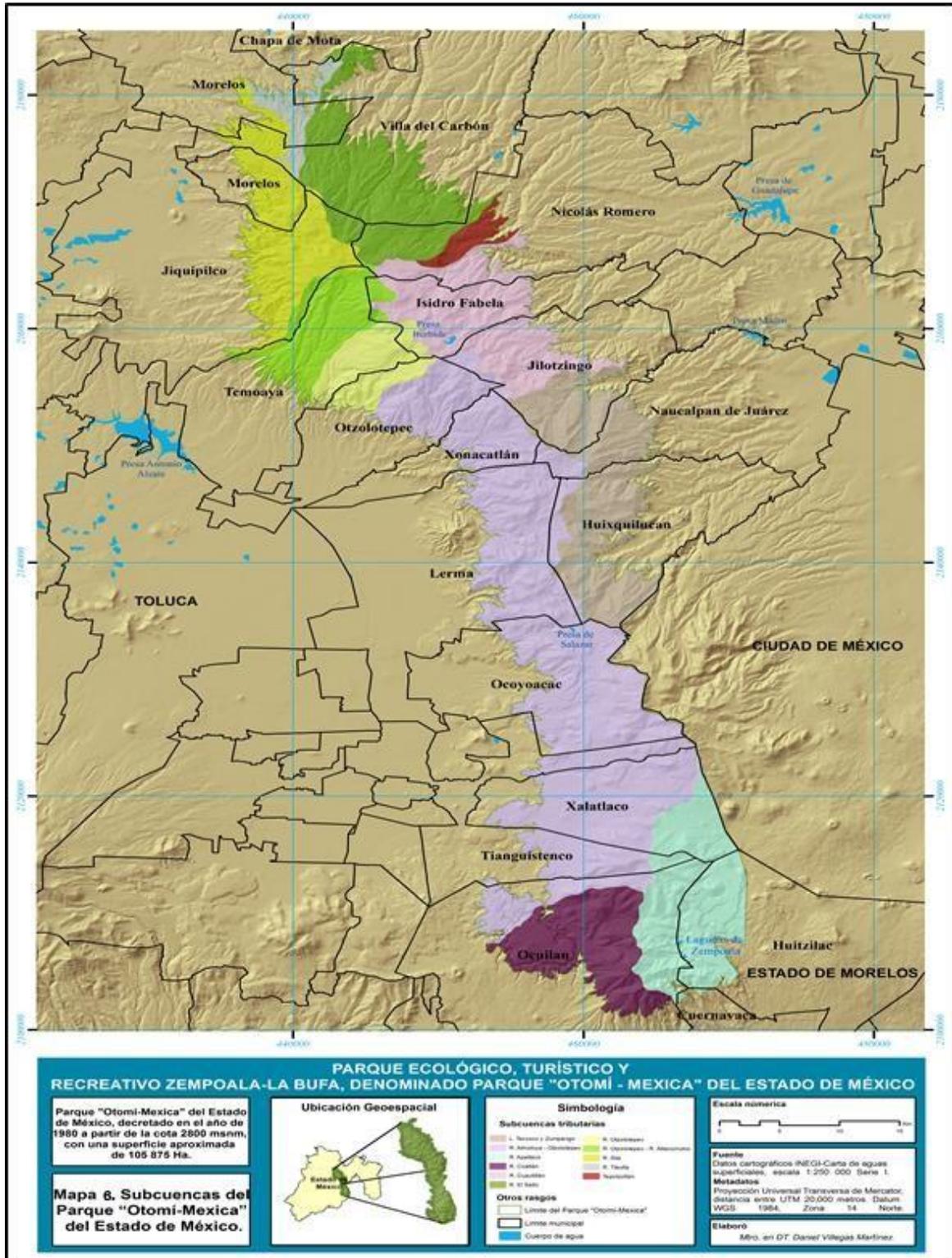
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 5. Precipitación anual en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 6. Territorio administrativo Parque Otomí-Mexica en el contexto geográfico de las subcuentas hidrológicas del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

Derivado de los escurrimientos hídricos, se conforma la red superficial que está constituida principalmente por corrientes perennes que sumadas tienen una longitud aproximada de 1, 599 kilómetros, las corrientes intermitentes tienen un total aproximado de 231 kilómetros, que sumadas dan un total de 1,830 kilómetros. También existen manantiales que afloran en diferentes puntos del parque, principalmente en las zonas de mayor altitud de los municipios de Jilotzingo, Isidro Fabela, Temoaya y Huixquilucan (Mapa 7).

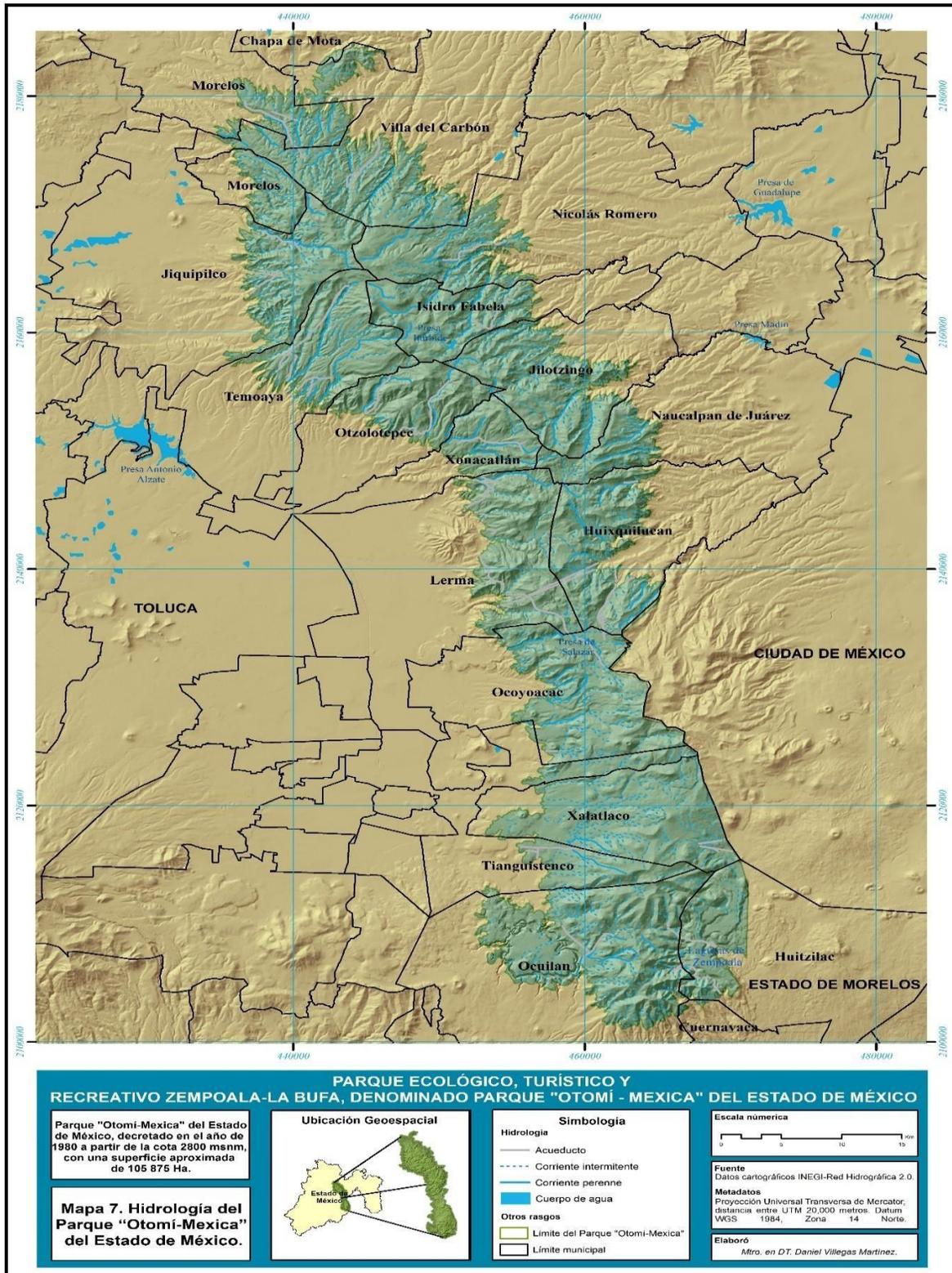
Las corrientes perennes se encuentran distribuidas a lo largo del territorio, pero especialmente en la zona norte destacan por su aglomeración. Por otra parte, las corrientes intermitentes o estacionales están presentes, basándose en una geomorfología de tipo braided, esto es, que los escurrimientos tienden a modificar su trayectoria adecuándose a las condiciones de relieve del terreno (Juan *et al.*, 2017). Las interrelaciones que existen entre los componentes geológicos, climáticos e hidrológicos de la región centro de México, se derivan las condiciones edafológicas del espacio geográfico del parque en donde son peculiares los suelos de tipo Andosol, Cambisol, Luvisol, Feozem y Litosol (Tabla 21).

Tabla 21. Edafología del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Tipos (Unidad)	Subunidad	Características generales			
		Aptitud del suelo			
		Forestal	Agrícola	Pecuario	Erosión
Andosol	Ótrico	Apto	No Apto (rendimientos muy bajos)	No Apto (rendimientos muy bajos)	Fácilmente erosionables
	Húmico	Apto	No Apto	No Apto	Fácilmente erosionables
	Mólico	Apto	No Apto	No Apto	Fácilmente erosionables
Cambisol	Crómico	Apto	Apto	Apto	Fácilmente erosionables
	Étrico	Apto	Apto	Apto	Fácilmente erosionables
Litosol		Apto	No Apto (rendimientos muy bajos)	Apto	Fácilmente erosionables
Luvisol	Crómico	No Apto	No Apto	Apto	Fácilmente erosionables
Feozem	Lúvico	Apto	Apto	Apto	Fácilmente erosionables

Fuente: Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal Otomí-Mexica 2009.

Mapa 7. Red hidrológica del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Los suelos de tipo Andosol son los más predominantes en el parque, están constituidos principalmente por cenizas, vidrios volcánicos y materiales piroclásticos, además son característicos de relieves montañosos. En el parque, las subunidades edáficas de los suelos Andosol son: Andosol Húmico, Andosol Mólico y Andosol Ócrico (Mapa 8) (INEGI, 2001 y EcoCiencia, 2009).

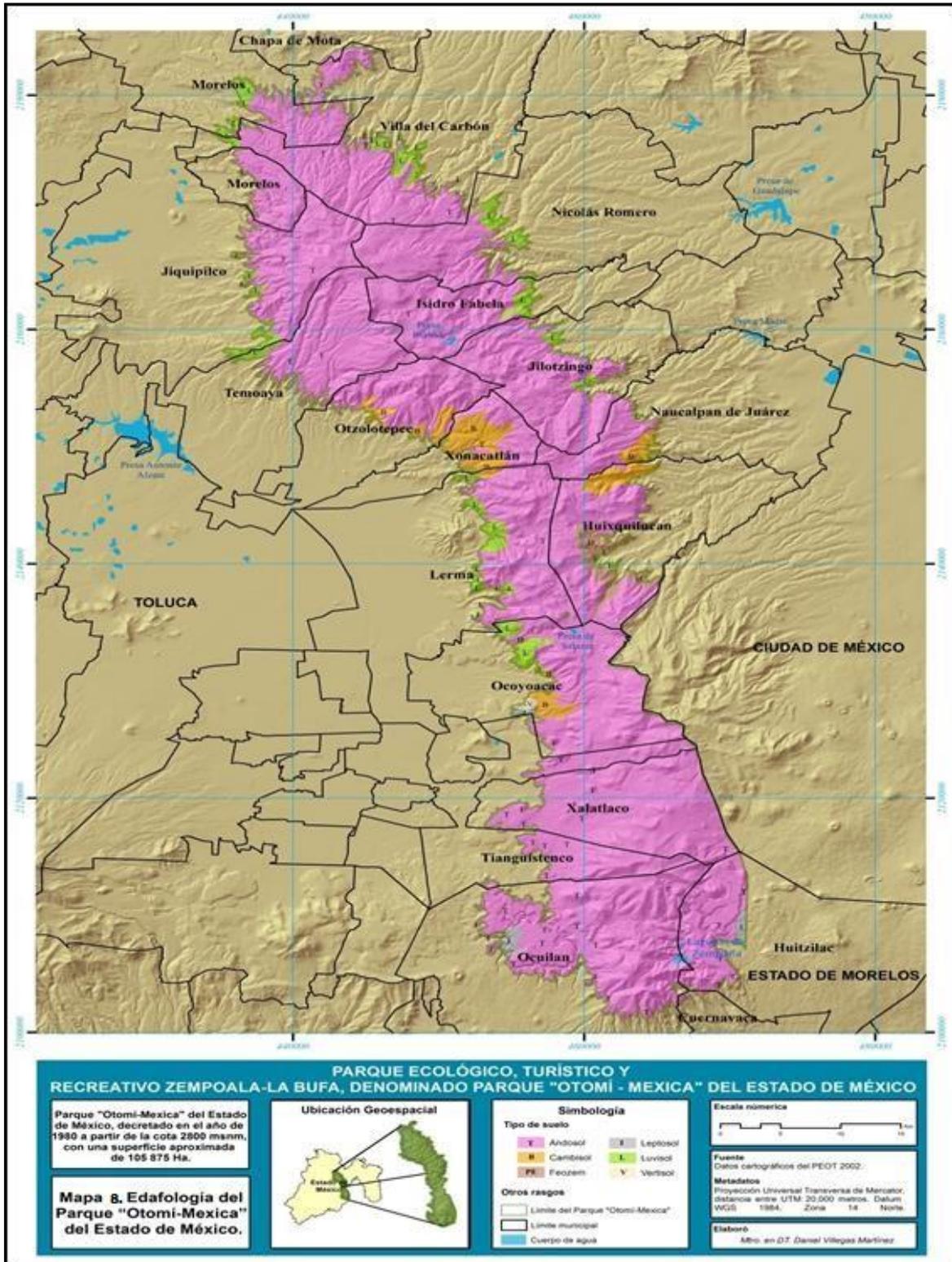
Los suelos de tipo Cambisol está ubicados en pequeñas porciones en las zonas centrales del parque, son considerados suelos jóvenes y poco desarrollados, esto como consecuencia de las condiciones climáticas, se distinguen por su alto contenido de nutrientes, sus rendimientos agrícolas varían de moderado a alto, dependiendo de la zona climática donde se desarrollen, se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación y clima excepto en zonas áridas.

Las subunidades presentes dentro del territorio del parque están integradas en dos: Cambisol Éútrico y Cambisol Crómico. Respecto a los suelos de tipo Luvisol, éstos se forman debido a las altas condiciones de humedad existentes en los ambientes del parque, así como por el material parental por lo que su origen está vinculado con procesos residuales. Estos suelos presentan una textura media, por lo que, sus condiciones de drenaje interno se ubican en un rango entre drenado a escasamente drenado. En el parque la subunidad edáfica de los Luvisoles más representativa es Luvisol Crómico (INEGI, 2001).

Los suelos de tipo Feozem, se caracterizan por presentar una capa superficial de color oscuro, rica en materia orgánica y en nutrientes, además, están conformados principalmente por materiales no consolidados. La formación de estos suelos está asociada con los procesos de intemperismo de las rocas de origen ígneo extrusivo las cuales son frecuentes en el territorio. La subunidad edáfica más representativa de los suelos Feozem dentro de los límites del parque es Feozem Lúvico.

En lo que respecta a los suelos de tipo Litosol, éstos se caracterizan por encontrarse a una profundidad menor a diez centímetros y su textura es variable. En estos suelos crecen pastizales, matorrales y ocasionalmente asociaciones de bosque. Su grado de erosión y los procesos erosivos están vinculados con las condiciones topográficas, la pendiente y sus características de origen. Su rendimiento agrícola es variable, pues está condicionado por la abundancia de agua y su vulnerabilidad a los procesos erosivos (INEGI, 2001).

Mapa 8. Condiciones edafológicas en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

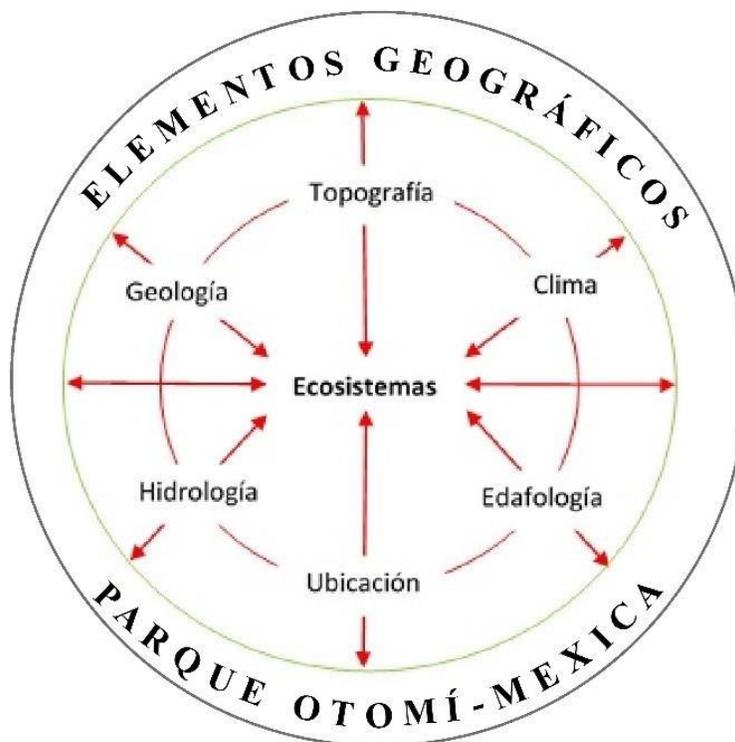


Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Diversidad ecosistémica

Resultado de las interrelaciones que existen entre los elementos geográficos mencionados y caracterizados previamente, se derivan los componentes ecosistémicos del ANP (Figura 18). Producto del análisis de localización geográfica, se determina que el territorio se encuentra localizado en una zona de ecotono donde convergen dos regiones biogeográficas, la Neártica y Neotropical (Figura 19), esta característica le confiere al territorio del ANP una amplia riqueza ecosistema. De los 24 ecosistemas identificados dentro del Estado de México por el INEGI en su serie VI de uso de suelo y vegetación del año 2016, 11 se encuentran ubicados al interior del límite administrativo del parque, esta peculiaridad representa en cifras generales el 45% de la biodiversidad total del territorio mexiquense (Villegas *et al.*, 2018).

Figura 18. Interrelaciones de los elementos geográficos del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Dentro del territorio del ANP convergen asociaciones vegetales de zonas templadas-frías como: bosque templados, pastizales y matorrales asociados, ecosistemas característicos de la Región Neártica, con comunidades ecosistémicas de la Región Neotropical en donde las

condiciones climáticas son cálidas-húmedas y las peculiaridades del relieve son menos abruptas, estas condicionantes geográficas permiten el desarrollo de ambientes como: bosques de niebla o mesófilos, bosques templados y matorrales asociados (Soberón *et al.*, 2008).

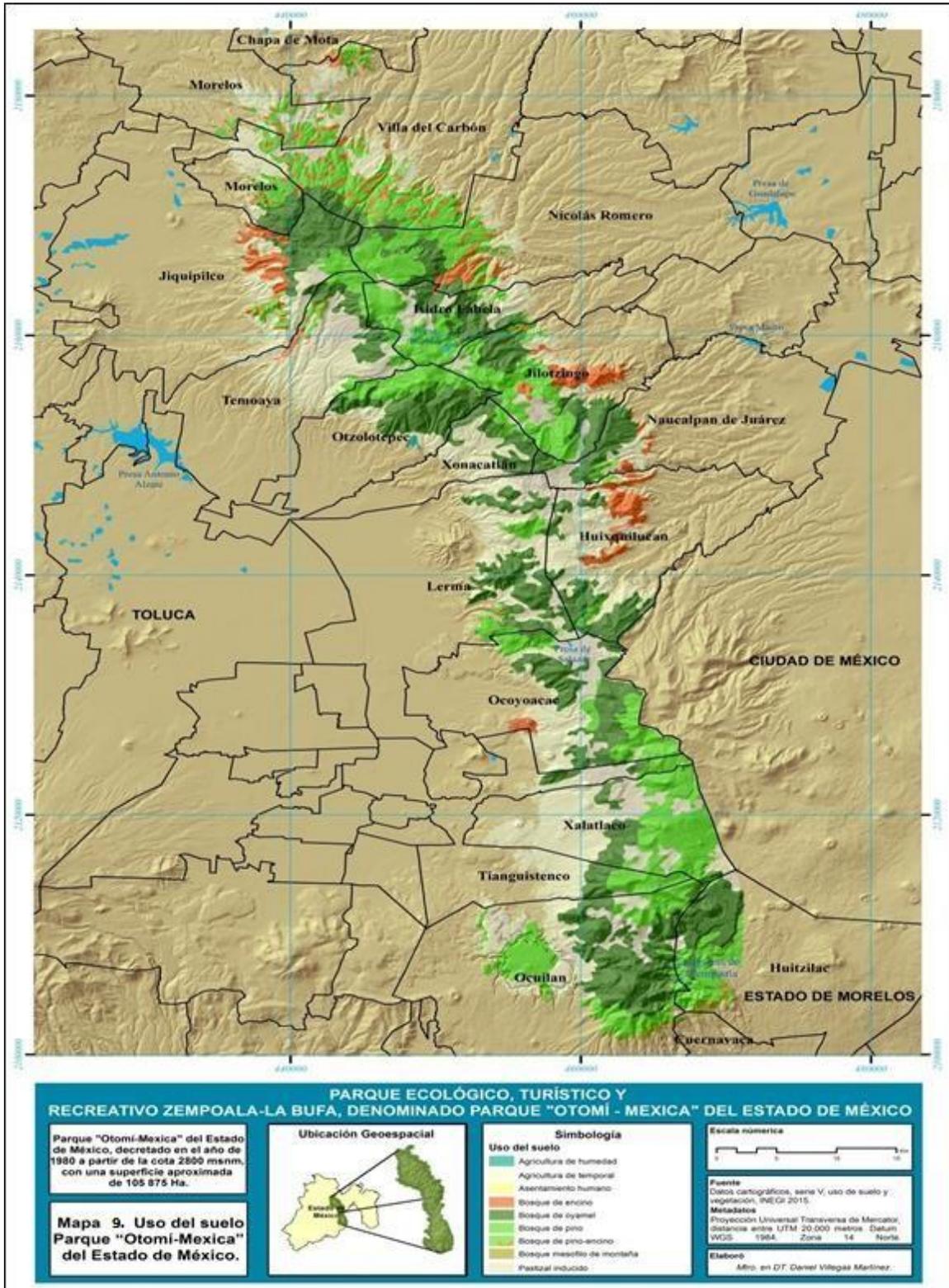
Figura 19. Ubicación geográfica del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, entre la región biogeográfica Neártica y Neotropical



Fuente: Elaboración propia.

Esta característica biogeográfica ha permitido que dentro del espacio geográfico del parque la diversidad ecosistémica sea mayor que en otras partes del centro de México. En el mapa 9, se representa la distribución geográfica de los ecosistemas que actualmente se desarrollan al interior del límite administrativo del parque y en la Tabla 22, se presenta la superficie terrestre que cada ecosistema ocupa dentro del territorio del ANP.

Mapa 9. Distribución ecosistémica en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que durante los recorridos de campos por los diferentes ambientes y municipios que conforman el ANP, fue posible identificar áreas cubiertas por vegetación de matorrales asociados (áreas menores a una hectárea). Sin embargo, por la escala que se manejó para realizar el presente estudio (1:50,000), su representación cartográfica no fue posible, ya que, el área mínima cartografiable es de cuatros hectáreas, esta situación también se manifestó con las áreas que cubren los asentamientos humanos presentes en el territorio.

Tabla 22. Superficie ocupada por los ecosistemas en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Ecosistema	Superficie en ha.
Agricultura de temporal	32,081
Cuerpo de agua	58
Bosque de encino	4,254
Bosque mixto de encino-pino	3,418
Bosque de oyamel	30,961
Bosque de pino	20,806
Bosque mixto de pino-encino	5,774
Bosque mesófilo de montaña	397
Matorrales asociados	14
Pastizal inducido	8,098
Asentamientos humanos	15
Total	105,875 ha.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los ecosistemas naturales que conforman el parque, se encuentra el bosque de oyamel (*Abies religiosa*) cuya extensión territorial es de unas 30,961 has, este tipo de ecosistemas en México se desarrolla en altitudes que van de los 2,400 hasta los 3,200 msnm, sin embargo, en el territorio del parque fue posible observar ejemplares de esta especie en altitudes mayores a 3,600 msnm (Fotografía 1). Estos bosques en el territorio mexiquense desarrollan en climas fríos y en suelos de origen andesítico, basáltico o riolítico, generalmente suelos profundos, no obstante, también se pueden desarrollar en suelos someros con presencia de una capa delgada de cenizas volcánicas, ricas en materia orgánica (Juan *et al.*, 2017).

En este tipo de ambientes es común que las precipitaciones anuales sean mayores a 1,000 mm, ya que, las especies vegetales que crecen en estos ambientes necesitan mayores niveles

de humedad para desarrollarse adecuadamente. Otras especies arbóreas que se desarrollan en estos ecosistemas son: aile (*Alnus firmifolia*), ahuejote (*Salix paradosa*) y madroño (*Arbutus xalapensis*) especies identificadas durante los recorridos del campo. En cuanto a las especies arbustivas es común observar barba de Juan de Dios (*Senecio Barba-johannis*), hierba de la paloma (*Eupatorium glabratum*) y capulincillo (*Ribes ciliatum*) principalmente en áreas con presencia de actividades antrópicas. Para el caso de especies herbáceas, las más representativas de estos ambientes en el territorio son: hierbabuena del monte (*Didymaea alsinoides*), tlacote (*Salvia aeschenbornii*) y jara blanca (*Senecio callosus*) (Juan *et al.*, 2017).

Fotografía 1. Ecosistemas de oyamel en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Localidad Las Canoitas, Municipio de Isidro Fabela, Estado de México 2017.

Conforme las características de relieve comienzan a ganar altitud, las condiciones ecosistémicas del territorio se van modificando y los ecosistemas de pino (*Pinus sp.*) comienzan a predominar, ocupando aproximadamente unas 20,806 has del ANP. Los ambientes de pino en México suelen desarrollarse entre los 2,400 y 3,800 msnm, donde las condiciones climáticas presentan temperaturas entre 5 °C y 12 °C y los niveles de precipitación fluctúan de 1,000 a 1,200 mm (media anual).

Dentro del territorio del parque, esta especie arbórea cubre las zonas de mayor altitud, áreas donde la especie predominante es el *Pinus hartwegii* conocido comúnmente como pino de

las alturas (Fotografía 2). Este tipo de ejemplares pueden alcanzar una altura máxima de 31 metros y se caracterizar por mantener verde su follaje durante todo el año y presentar una corona amplia y redondeada. Dentro del territorio este tipo de ecosistema presenta una cobertura arbórea de tipo disperso y su asociación con especies de la familia de las *asteráceas* y *gramíneas* como: zacate (*Muhlenbergia quadridentata*), zacatón (*Muhlenbergia macroura*) y zacatonal (*Festuca lucensis*) es común (Trabajo de campo 2017).

Fotografía 2. Ecosistemas de *Pinus hartwegii* en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Cerro la Catedral, Municipio de Isidro Fabela, Estado de México, 2017.

Las asociaciones ecosistémicas de bosques mixtos, compuestos por encino-pino y pino encino, ocupan el tercer lugar en cuanto a superficie terrestre, ya que, abarcan unas 9,192 hectáreas y se ubican principalmente en la zona norte del ANP, en los territorios que ocupan actualmente los municipios de Nicolás Romero y Villa del Carbón. Estos ecosistemas se caracterizan por tener comunidades arbóreas de gran altura acompañados por otras especies entre las que destacan el madroño, aile y trompillo, especies latifoliadas y consideradas poco representativas en cuanto a abundancia y distribución.

En México los bosques mixtos se distribuyen en un promedio altitudinal que va de los 2,000 a los 3,400 msnm, donde las condiciones climáticas oscilan entre los 12 °C y 23 °C, sin embargo, en la fase más aguda del invierno la temperatura en estos territorios puede descender

hasta los cero grados centígrados. Generalmente son ecosistemas de climas subhúmedos a templado húmedos, donde la precipitación anual fluctúa entre 600 y 1,000 mm, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2018). Se desarrollan sobre suelos ricos en materia orgánica producto de la hojarasca, estas características ambientales están estrechamente vinculadas con las condiciones locales del espacio geográfico que actualmente ocupan estos ambientes dentro del territorio del ANP.

En altitudes menores a los 3,300 msnm, donde las condiciones del relieve son menos abruptas se desarrollan los ecosistemas de encino (*Quercus sp.*) compuestos principalmente por las especies encino de hoja ancha (*Quercus rugosa*), encino prieto (*Quercus laeta*) y escobillo (*Quercus mexicana*) (CONABIO, 2018). La asociación de estos ecosistemas está constituida por formaciones densas o al menos cerradas, sin embargo, en algunas zonas del parque estas especies crecen separadas con amplios espacios cubiertos por arbustos y herbáceas. La altura promedio de los encinos puede variar entre 2 y 30 metros (Fotografía 3).

Fotografía 3. Ecosistemas de encino en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Localidad Tlazala de Fabela, Municipio de Isidro Fabela, Estado de México, 2017.

Algunos datos recabados por Rzedowski et al. (2006), determinan que las especies de encino se distribuyen de los 0 a los 3,100 msnm y el 95% se halla entre 1,200 y 2,800 msnm. Sin embargo, en algunas áreas del espacio geográfico del parque existen comunidades de esta

especie desarrollándose a más de 3,200 msnm. Los climas de tipo templado subhúmedo son ideales para su desarrollo, ya que las temperaturas medias anuales pueden oscilar entre 12 a 20 ° C y la precipitación anual varía entre 600 y 1,200 mm. No obstante, dentro del territorio del ANP estos ecosistemas actualmente están ubicados y consolidados en áreas donde la temperatura puede alcanzar varios grados bajo cero en la fase más aguda del invierno (mes de enero) y las precipitaciones anuales pueden superar los 1,300 mm.

Lo que respecta a la zona geográfica sur del ANP, encontramos un relieve accidentado donde las pendientes predominantes fluctúan entre los 22 y 43 grados, no obstante, en elevaciones que superan los 3,600 msnm se tienen registros de pendientes que superan los 43 grados. Esta particularidad geomorfológica del relieve ha permitido la generación de profundas cañadas con dirección norte-sur, en donde la convergencia de climas templado-semifrío de la región Neártica con los climas semicálidos de la región Neotropical, permiten el desarrollo de densas formaciones arbóreas en distintos estratos que impide la penetración de rayos solares hasta su base. Estas características aunadas a los niveles de precipitación (1,200 mm) y la escarpada topografía del territorio, ceden el desarrollo de ecosistemas mesófilos de montaña conocidos también como bosque de niebla, bosque de neblina, bosque húmedo de montaña, nubiselva, selva nublada, entre otros (Fotografía 4) (Juan *et al.*, 2017 y CONABIO, 2018).

Los ecosistemas mesófilos de montaña que se desarrollan actualmente en el ANP, se ubican en el territorio administrativo del municipio de Ocuilán, se caracterizan por tener árboles en varios estratos, algunas especies arbóreas identificadas durante los recorridos de campo por estos ambientes son: pinos (*Pinus spp.*), encinos (*Quercus spp.*), liquidámbar (*Liquidambar spp.*) y árbol de las manitas (*Chirantodendron pentadactylon*) entre otros. Esta vasta composición arbórea es el resultado de la mezcla de especies boreales y neotropicales que permiten el desarrollo abundante de plantas epífitas (bromelias y orquídeas) que crecen sobre las ramas de las especies arbóreas, plantas que las usan solo como soporte ya que no se consideran plantas parásitas (Juan *et al.*, 2017).

La formación del estrato arbustivo en estos ambientes está constituida principalmente por gran cantidad y variedad de especies de helechos arborescentes o arbóreos (*Cyathea spp.*), la composición del estrato herbáceo se constituye por especies de musgos (*Briofitas*) y helechos (*Pteridofitas*) especies que necesitan altos niveles de humedad para sobrevivir, tienen formas

muy variables que van desde rastreras, erectas, trepadoras, e incluso la CONABIO tiene registros de especies acuáticas en otros territorios de México (CONABIO, 2018).

Fotografía 4. Ecosistemas mesófilos de montaña en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Aracely Rojas López. Cañadas de Ocuilán, Estado de México, 2016.

Durante este proceso de investigación se analizaron cuidadosamente las interrelaciones de los elementos geográficos que influyen en el desarrollo de la diversidad ecosistémica del ANP. Análisis que se complementó con la aplicación de los fundamentos teóricos de los sistemas complejos, logrando con ello un análisis geográfico integral de los componentes ambientales del territorio. Desde esta perspectiva epistemológica aplicada durante los trabajos realizados directamente en campo, se logró identificar algunos ecosistemas resultado de las interrelaciones entre los componentes ambientales y sociales que convergen al interior del espacio geográfico ANP.

Entre hábitats de oyamel y pinos, donde las condiciones del relieve son relativamente planas se desarrollan ecosistemas de pastizal. De acuerdo a la clasificación de uso del suelo y vegetación serie VI del INEGI, en el territorio del ANP este tipo de ambientes son inducidos, es decir, que se ubican actualmente en lugares donde antes había bosques. Una de sus principales características es que abundan las especies de pastos (gramíneas) como: pasto navajito (*Bouteloua spp.*), zacate (*Buchloe dactyloides*) y zacate lobero (*Lycurus spp.*) entre

otras especies. Según la CONABIO, las condiciones climáticas idóneas para el desarrollo de estos ecosistemas deben ser con temperaturas medias anuales que oscilan entre 12 y 20 grados centígrados, con una precipitación media anual entre 300 y 600 mm (Juan *et al.*, 2017 y CONABIO, 2018).

Sin embargo, en espacios geográficos del parque donde se desarrollan estos ecosistemas las temperaturas pueden descender varios grados bajo cero en la estación invernal y superar los 1,200 mm precipitación anual. En cuanto a la vegetación herbácea las especies más representativas de estos ambientes que se localizan dentro del límite administrativo del parque son: jara blanca (*Senecio cinerarioides*), hierba del golpe (*Oenothera rosea*), flor de mayo (*Zephyranthes fosteri*), malva (*Malva parviflora*) y hierba del conejo (*Castilleja moranensis*) especies identificadas durante los trabajos de campo (CONABIO, 2018).

Dentro de los ambientes del parque y nos menos importantes, existen pequeños ecosistemas conformados por matorrales asociados, comunidad vegetal que se origina a causa de impactos ocasionados en la vegetación original de los ecosistemas locales. Este tipo de vegetación tiene una distribución dispersa, aunque en algunos puntos del ANP, forman asociaciones propias de este tipo de ecosistema y dentro de los cuales podemos encontrar especies crasicaule (con espinas) y matorrales inermes (sin espinas). En el caso del primero, son notorios los mezquites (*Prosopis laevigata*), nopales (*Opuntia sp.*) y huizaches (*Acacia schaffneri*), las especies de matorrales inermes identificadas en estos ambientes son: palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) y romerillo (*Baccharis sp.*) (Juan *et al.*, 2017).

En el territorio del ANP existen los ecosistemas acuáticos o lacustres, por medio de materiales cartográficos como mapas topográficos y temáticos, fotografías aéreas e imágenes de satélite SENTINEL 2 de alta resolución, se lograron identificar 24 cuerpos de agua de tipo areal, de los cuales fue corroborada su existencia directamente en campo y clasificados de acuerdo a la percepción local de los habitantes (Tabla 23). Es importante mencionar que en la cartografía base de este estudio escala 1:50,000, solo se pudieron representar cartográficamente cuatro cuerpos de agua de tipo areal, ya que, fueron los únicos que superan las condicionantes del área mínima cartografiable.

Tabla 23. Cuerpos de agua identificados en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Municipio	Número de cuerpos de agua	Origen	Clasificación local	Temporalidad
Ocuilán	3	Natural	Lago	Permanente
	4	Natural	Lago	Temporal
Ocoyoacac	6	Antrópico	Estanque	Permanente
	2	Antrópico	Presa	Permanente
	1	Natural	Lago	Permanente
Lerma	2	Antrópico	Estanque	Permanente
	1	Antrópico	Presa	Permanente
Isidro Fabela	3	Antrópico	Estanque	Permanente
	1	Natural	Lago	Temporal
	1	Antrópico	Presa	Permanente

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los cuerpos de agua clasificados como lagos, se logró identificar una serie especies vegetales acuáticas consideradas en el Inventario Nacional de Humedales de México como especies dominantes, algunas de ellas son: pastos rivereños (*Eleocharis sp.*), chilillo (*Polygonum punctatum Ell.*), berro amargo (*Cardamine oblicua Hochstetter*) y junco (*Schoenoplectus californicus*) estas especies fueron identificadas directamente en campo y corroboradas en el Informe de Campo, Humedales de Zempoala, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y Comisión Nacional del Agua (CONACyT-CONAGUA, 2012).

Los cuerpos de agua clasificados como presas, son los de mayor tamaño en el territorio del ANP, tienen la función de retener los escurrimientos terrestres y los afloramientos de agua subterráneos (manantiales) de la zona, para posteriormente distribuirlos por medio de canales a zonas agrícolas de riego, estanques de granjas o criaderos de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y localidades de la región, para posteriormente incorporar sus aguas a la red hidrológica del territorio (Fotografía 5).

Otros ecosistemas que se desarrollan dentro del territorio de manera temporal y gracias a la intervención del hombre son los agroecosistemas, ambientes conocidos localmente como milpas (Fotografía 6), estos espacios son utilizados principalmente para la producción y aprovechamiento agropecuario de las poblaciones que habitan al interior del parque. Las milpas son agroecosistemas muy variados en cuanto a su diversidad vegetal, su composición

base está constituida por maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Cucurbita sp.*) y chile (*Capsicum sp.*). Dentro del territorio del parque, estos ecosistemas se desarrollan en un promedio altitudinal que va de los 2,800 a los 3,500 msnm aproximadamente, donde las condiciones del relieve presentan pendientes menores a nueve grados, característica natural que facilita la labranza de la tierra de manera tradicional (yunta de bueyes) o mecanizada (uso de tractor).

Fotografía 5. Estanques utilizados para la cría de Trucha arcoíris



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. El Zarco, Municipio de Ocoyoacac, Estado de México, 2017.

En la zona sur del ANP, estos ambientes suelen compartir espacios con árboles frutales como: capulín (*Prunus serotina*), durazno (*Prunus persica*), peral (*Pyrus communis*), ciruela (*Spondias purpurea*), tejocote (*Crataegus pubescens*), entre otras. Estas especies arbóreas introducidas en los ecosistemas locales del parque, son sembradas a las orillas de las milpas sirviendo como límite natural entre ellas, no obstante, algunos pobladores locales comentaron que siembran este tipo de especies para obtener ambientes agradables en época de siembra y cosecha (ambiente fresco por la sombra que generan estas especies) y por aprovechar sus frutos para el consumo local y venta en los mercados de la región (Juan *et al.*, 2017 y Trabajo de campo 2017).

Desafortunadamente la implementación y desarrollo de monocultivos en zonas de influencia y al interior del límite administrativo del ANP, está ocasionando paulatinamente la desaparición de milpas, ya que de acuerdo a la información cartográfica de recopilada de INEGI y a partir de imágenes de satélite y trabajo de campo realizado por las áreas del parque clasificadas como agricultura de temporal (32,081 ha) el 99% de este territorio actualmente es utilizado por los habitantes de localidades internas y aledañas al ANP, para la siembra de monocultivos de maíz, papa (*Solanum Tuberosum*) y avena forrajera (*Avena Sp.*) principalmente (Fotografía 7).

Fotografía 6. Milpas en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Municipio de Xalatlaco, Estado de México, 2017.

En algunas porciones agrícolas de los municipios de Tianguistenco y Ocuilán la introducción y crecimiento territorial de cultivos de leguminosas (habas y chicharos), raíces y tubérculos (rábano, betabel, camote y cebollas) y hortalizas como lechuga, espinacas, acelgas y coliflor es constante y representa un ingreso económico temporal para las familias de localidades rurales y urbanas ubicadas al interior del ANP. Estos ecosistemas de carácter antrópico forman parte de la diversidad ecosistémica del territorio, actualmente se localizan 165 localidades al interior del parque de las cuales 150 están clasificadas como rurales por tener menos de 2,500 habitantes, las localidades restantes son urbanas pues cada una de ellas alberga una población mayor a 2,500 habitantes. Los asentamientos humanos en el ANP,

alojan una población total de 2,298,308 habitantes, cifra obtenida de los datos estadísticos de la Encuesta Intercensal de INEGI del año 2015.

Los ecosistemas de tipo antrópico que actualmente convergen en el espacio geográfico del parque, están ocasionando fuertes presiones sociales y económicas sobre los ecosistemas y recursos naturales. Presiones que se traducen en degradación ecosistémica, a consecuencia de los procesos de fragmentación y transformación en las coberturas originales del suelo, generados principalmente por el desarrollo y crecimiento de actividades agrícolas, ganaderas y turísticas, estas últimas han tenido un impacto negativo en el ambiente, por su acelerado y desordenado crecimiento de zonas para desarrollar actividades turísticas y recreativas (Villegas, 2016).

Fotografía 7. Monocultivos de maíz en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Municipio de Ocuilán, Estado de México, 2017.

3.1.4 Diversidad faunística

La fauna representativa del parque es variada y está relacionada directamente la altitud, clima y vegetación que desarrolla en los diferentes ambientes del parque. Según el Programa de Manejo y Conservación del Parque Estatal Otomí-Mexica, realizado en el 2009, en el territorio habitaban un total de 230 especies animales de los cuales 38 especies son mamíferos

(fotografía 8), 153 aves, 21 reptiles y 18 anfibios (fotografía 9). Durante los recorridos de campo realizados por el área de estudio y mediante la aplicación de técnicas de trabajo de campo (observación directa) fue posible observar algunas especies (Tabla 24).

Tabla 24. Mamíferos en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Nombre común o local	Nombre científico
M a m í f e r o s	
Ardilla Gris	<i>Sciurus aureogaster</i>
Conejo Montes	<i>Sylvilagus cunicularis</i>
Mapache	<i>Procyon lotor</i>
Murciélago	<i>Artibeus sp.</i>
Tlacuache	<i>Didelphis virginiana</i>
Zorrillo	<i>Mephitis macroura</i>
A v e s	
Gavilancillo	<i>Accipiter sp.</i>
Colibrí	<i>Selasphorus platycercus</i>
Petirrojo	<i>Turdus rufopalliatu</i>
Primavera	<i>Turdus migratorius</i>
R e p t i l e s	
Víbora de cascabel	<i>Crotalus triseriatus</i>
Escorpión	<i>Barisia sp.</i>),
Lincer	<i>Pleistodon</i>
A n f i b i o s	
Rana	<i>Lithobates sp</i>
Tlaconete o tonto	<i>Pseudoeurycea belli</i>
Salamandra	<i>Pseudoeurycea sp</i>
Ajolote de montaña	<i>Ambystoma altamirani</i>

Fuente: Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna 2009.

Fotografía 8. Mamíferos en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Víctor Ávila Akerberg. Parque Otomí-Mexica del Estado de México, 2014-2016.

Fotografía 9. Reptiles y anfibios en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Víctor Ávila Akerberg. Parque Otomí-Mexica del Estado de México 2014-2016.

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

La fauna introducida corresponde a trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) principalmente, introducida al territorio en 1937, como parte de un programa federal que inicio con la construcción del Centro Piscícola en Zalazar en 1943, en la actualidad es llamado Centro Acuícola El Zarco. Esta especie se aloja principalmente en criaderos (trucheros), pero es posible ver algunos ejemplares en ríos, arroyos y presas del parque, otras especies introducidas y poco representativas son: tilapia roja (*Oreochromis* sp.) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*). La fauna doméstica está integrada principalmente por ovejas (*Ovis* sp.), cerdos (*Sus scrofa*), vacas (*Bos taurus*), caballos (*Equus caballus*), y aves de corral como gallinas (*Gallus gallus*), patos (*Anas platyrhynchos domesticus*) y guajolotes (*Meleagris gallopavo*) (Rzedowski *et al.*, 2005 y Trabajo de campo, 2017).

En lo que se refiere al estado de conservación de especies animales, dentro del parque, únicamente encontramos 12 especies animales incluidas en la NOM-059 SEMARNAT-2001, la principal es la víbora de cascabel (*Crotalus transversus*) especie considerada en peligro de extinción (Tabla 25), todas las demás especies están en la categoría de amenazada (Tabla 26). Existen 48 especies endémicas, siendo los reptiles y anfibios los grupos con mayor número de endemismos (15), en menor proporción se encuentran las aves (12) y los mamíferos (6), (EcoCiencia, 2009).

Tabla 25. Especies amenazadas y en peligro de extinción (NOM-059-2001)

Grupo	Nombre común	Nombre científico	Categoría
Mamíferos	Murciélago	<i>Leptonycteris curasoae</i>	A
	Tejón	<i>Taxidea taxus</i>	A
Aves	Hormiguero	<i>Grallaria guatemalensis</i>	A
	Chipe	<i>Oporornis tolmiei</i>	A
Reptiles	Culebra	<i>Pituophis deppei</i>	A
	Culebra rayada	<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	A
	Culebra de agua	<i>Thamnophis eques</i>	A
	Culebra de cola larga	<i>Thamnophis scalaris</i>	A
	Camaleón	<i>Phrynosoma orbiculare</i>	A
	Víbora de cascabel	<i>Crotalus transversus</i>	P
Anfibios	Rana verde	<i>Hyla plicata</i>	A
	Ajolote de montaña	<i>Ambystoma altamirani</i>	A
	Tlaconete	<i>Pseudoeurycea belli</i>	A
	Salamandra pinta	<i>Pseudoeurycea</i>	A

	Tlaconete dorado	<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	A
--	------------------	------------------------------	---

A = Amenazada P = En Peligro

Fuente: Programa de Conservación y Manejo 2009.

Tabla 26. Número de especies de vertebrados, estado de conservación y endemismo

Grupo	Orden	Familia	Género-	Especie	NOM	Endémica
Anfibios	1	6	7	8	2	15
Aves	9	31	94	153	2	12
Mamíferos	7	14	29	38	2	6
Reptiles	1	5	10	21	6	15
Total	18	56	140	230	16	48

Fuente: Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna, 2016.

3.1.5 Aspectos socioculturales

Los componentes socioculturales que se manifiestan dentro de un territorio, designado como área natural protegida, son importantes ya que representan las expresiones sociales y culturales de las comunidades que han vivido y que viven actualmente en los ambientes del Parque Otomí-Mexica. Derivado de una búsqueda bibliográfica en internet, bibliotecas y archivos municipales, así como en los Planes de Desarrollo Municipal de los 18 municipios que conforman el límite administrativo del parque, y de manera específica de las porciones territoriales que están dentro de su límite, se describen a continuación de manera general las características culturales, de los grupos sociales que han habitado por décadas los ambientes del parque.

Dentro del límite administrativo del parque, se encuentran ubicados 11 sitios arqueológicos, que reflejan la presencia de los grupos originarios de la región centro de México desde tiempos pretéritos. Estos pueblos indígenas son: Mazahua, Matlatzinca, Otomí, Tlahuica y Nahuatl, sin embargo, solo los tres últimos pueblos mencionados, son los que poblaron y han poblado el territorio que hoy ocupa el parque, y de los cuales se desprende el nombre del ANP y de los asentamientos humanos (localidades), que se encuentran ubicados al interior y zonas aledañas del parque, Consejo Estatal para el Desarrollo Integral de los Pueblos

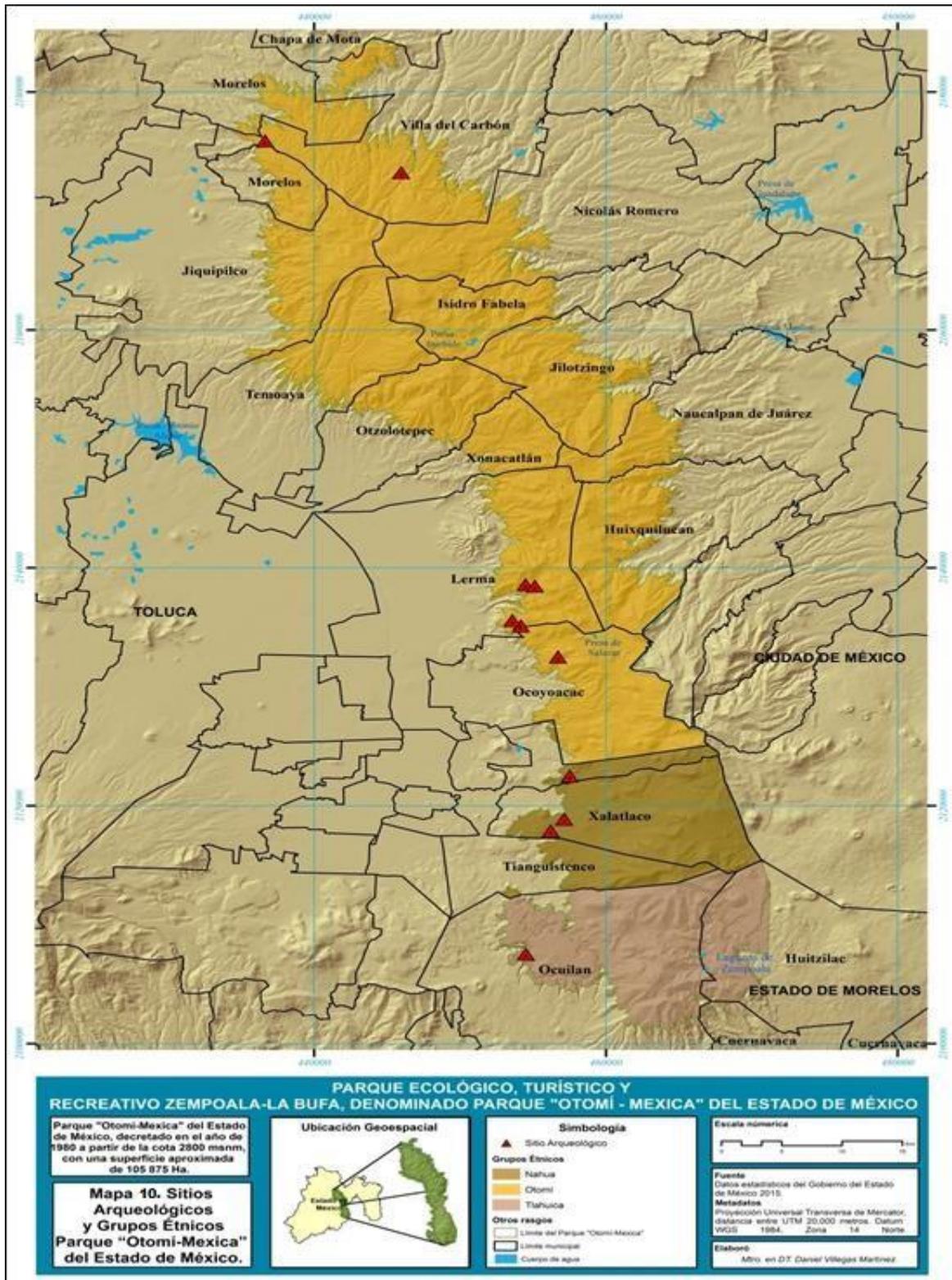
Indígenas del Estado de México (CEDIPIEM, 2018). Los sitios arqueológicos se encuentran ubicados geográficamente dentro de los límites municipales de Lerma (4), Morelos (1), Ocoyoacac (1), Ocuilán (1), Tianguistenco (2), Villa del Carbón (1) y Xalatlaco (1) (Mapa 10). A la llegada de los aztecas, estos grupos se distribuían de la siguiente manera, dentro del territorio que hoy comprende el Parque Otomí-Mexica del Estado de México:

1. Los otomíes dominaban la parte norte del parque y tenían como límite el territorio que hoy ocupan los municipios de Lerma y Ocoyoacac (zona norte del ANP).
2. Los nahuas dominaron la zona sur poniente del Estado de México, y dentro de los límites del parque, el territorio que hoy ocupa el municipio de Xalatlaco (zona centro-sur del ANP).
3. Los tlahuicas, se asentaron en el territorio que hoy constituye los municipios de Ocuilán, Huitzilac y Cuernavaca (zona sur del ANP) (CEDIPIEM, 2018).

Se tiene conocimiento que desde hace aproximadamente 30 mil años, los otomíes mantenían una relación profunda (sagrada), con la naturaleza y el cosmos, al respecto, existen pruebas de la presencia otomiana en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México (sitio arqueológico y museo *in situ*), así como, de sus prácticas y rituales en cuevas y grutas. Dentro del territorio del parque, este tipo de manifestaciones socioculturales tienen presencia en algunas zonas, por ejemplo: en la zona de litigio entre los municipios de Temoaya e Isidro Fabela, existen cuevas y peñas (Cueva de los Murciélagos y Peña Arco de Piedra) donde se han encontrado vestigios arqueológicos tallados en rocas e ídolos de la cultura otomí (Fotografía 10).

Esta composición pluricultural y pluriétnica, sustentada en las tradiciones (legua, vestido, alimentación y vivienda) de los pueblos y comunidades indígenas que se enlazan estrechamente con las características naturales del territorio que han ocupado de forma continua y permanente, les ha permitido construir una identidad cultural propia, con características específicas que las identifica del resto de las poblaciones y territorios del Estado de México. Estas características culturales y naturales que presenta el territorio del Parque Otomí-Mexica, han sido el sustento de la construcción de una de las edificaciones más importantes y repetitivas del parque (Juan *et al.*, 2017).

Mapa 10. Sitios Arqueológicos y Grupos Étnicos en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 10. Paraje los Molcajetes, Municipio de Isidro Fabela, Estado de México



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Paraje Los Molcajetes, Municipio de Isidro Fabela, Estado de México, 2017.

El Centro Ceremonial Otomí (Fotografía 11), se encuentra ubicado dentro del límite administrativo del Parque Otomí-Mexica, en el municipio de Temoaya, ubicado a 2800 msnm, representa rasgos arquitectónicos de las grandes construcciones prehispánicas, consta de un Templo Mayor, donde se ubica el Salón de Consejos, una Plaza Ceremonial donde los ancianos y autoridades realizan las ceremonias (rituales), cada primer y segundo domingo de mes. Alrededor de la Plaza Ceremonial se levantan 52 columnas en forma de serpientes entrelazadas simbolizando los 52 años del Calendario Prehispánico Azteca, cada columna representa la fuerza y la voluntad del hombre Otomí de querer salir adelante (CEPANAF, 2019).

En la parte frontal del lado poniente del Templo Mayor, se plasma el Gran Mural del Dá Mixi, en donde se representa la cosmovisión y los símbolos sagrados del pueblo, también está “La Plaza del Coloso” con el sorprendente mural de “Sámishy” (jaguar que habla y camina); al lado oriente se localiza la plaza principal denominada “Sagitario” o Centro de Ceremonias Danzas y Ritos, “La Glorieta del Centinela”, “El Tahay” (mensaje del fuego y la vida).

Fotografía 11. Centro Ceremonial Otomí, Temoaya Estado de México



Fotografía de CEPANAP. Centro Ceremonial Otomí, municipio de Temoaya, Estado de México, 2019.

Más arriba se encuentran los 12 conos en forma estilizada que representan los 12 meses del año, y en el centro de los conos se sitúa el momento al Dios Sol (piedra roja labrada), que también se interpretar como el año. Alrededor de la plaza principal, existen 365 escalones que significan los 365 días del año. En el piso se puede observar el diseño de tres llamas (las fuerzas del espíritu, del cuerpo y la voluntad), en un círculo formado por una serpiente y frente al edificio del Consejo Supremo, resaltan siete columnas simbolizando las siete cuevas de donde salieron las siete tribus nahuatlacas, también se asocian las siete columnas con los siete días de la semana, las siete notas musicales y los colores del arcoíris (CEPANAF, 2019).

Considerando la ubicación geográfica del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, entre dos de las zonas metropolitanas (México y Toluca) con mayor densidad de población e importancia económica en México, el análisis de los componentes demográficos, económicos y sociales, se realizaron y analizaron a nivel municipal, ya que las porciones de los municipios que se localizan dentro del límite administrativo del parque tienen asentamiento humanos (localidades) con diferente densidad de población y condiciones socioeconómicas, esto como consecuencia de la topografía del terreno y su cercanía con las grande ciudades,

cabeceras municipales, vías de comunicación y acceso a servicios básicos, educativos, de salud y laborales (zonas industriales).

3.1.6 Características generales de población

El crecimiento y la expansión demográfica del parque, está asociado a factores geográficos (topografía del terreno), económicos (fuentes de trabajo), sociales (tasa de crecimiento poblacional), culturales (modos de vida), políticos (autorización de nuevos asentamientos habitacionales) y los relacionados con la calidad de vida (tranquilidad y seguridad). Estos factores referidos, son algunos de los principales detonantes del acelerado y desordenado crecimiento poblacional y habitacional dentro del parque, el cual ha traído consigo la demanda de servicios en mayor proporción, provocando con ello una apresurada degradación de ecosistemas y recurso naturales a causa de los procesos de explotación de recursos, fragmentación de coberturas naturales y de cambio de uso de suelo, en los espacios naturales del ANP.

El comportamiento demográfico que ocurre en el territorio y colindancias del parque, ha traído consigo otras manifestaciones socioeconómicas, por ejemplo: demanda de servicios de agua potable, de energía eléctrica, de drenaje, nuevas vías de comunicación, establecimiento de zonas comerciales, industriales, así como el establecimiento y crecimiento de asentamientos humanos irregulares, situación que debe controlarse mediante la aplicación de las políticas ambientales contenidas en los planes de desarrollo municipal y ordenamientos ecológicos.

De manera particular, son los territorios de los municipios de Huixquilucan, Lerma, Naucalpan, Ocoyoacac, Xonacatlán y Xalatlaco, los que presentan un mayor número de asentamiento habitacionales (concentrados a dispersos), entre las áreas boscosas del parque, situación que ésta provocando impactos ambientales a los componentes ecosistémicos del territorio; por lo es que importante desarrollar estrategias de ordenamiento territorial, que coadyuven a un crecimiento habitacional ordenado y equilibrado con el ambiente, asegurando con ello la provisión de servicios ecosistémicos para las futuras generaciones que habitaran los ambientes del parque.

En algunas de las comunidades ubicadas al interior del ANP, la introducción y expansión de infraestructura para proporcionar servicios de agua potable, drenaje, energía eléctrica y recolección de residuos sólidos es complicada, ya que, por las condiciones topográficas del terreno, se dificulta el acceso a ellas. La carente cultura ambiental y el desordenado desarrollo de actividades turísticas influyen directamente sobre los habitantes locales, prestadores de servicios y los usuarios (visitantes), a que realicen la disposición final de residuos sólidos directamente en los cauces de ríos, barrancas y a los costados de las vialidades principalmente; situación que influye en la generación de olores desagradables, contaminación del suelo y agua, propagación de fauna nociva para la salud y el ambiente (roedores e insectos), además de impactos visuales al paisaje.

Las localidades ubicadas al interior y en territorios adyacentes al parque, se caracterizan por tener diferentes extensiones territoriales y densidades de población, principalmente las que se encuentran ubicadas en los municipios de: Huixquilucan, Lerma, Naucalpan y Xonacatlán, que han tenido un crecimiento acelerado de su población en la última década, este tipo de características demográficas representan un factor en la disminución de superficies naturales (bosques y pastizales) y económicas (agrícolas). Por estas situaciones referidas anteriormente los datos que se presentan en este apartado de la investigación, son de los 16 municipios del Estado de México que conforman el 97% del territorio del Parque Otomí-Mexica y que cuentan con al menos una localidad dentro del límite administrativo de ANP.

El número de localidades correspondiente a cada uno de los municipios que conforman el Parque “Otomí-Mexica” del Estado de México, es diferente, como también lo es su ubicación geográfica, su superficie territorial y su densidad de población, de acuerdo a los datos estadísticos y cartográficos del INEGI, resultado de la Encuesta Intercensal del año 2015, dentro del límite administrativo del parque existen 166 localidades de las cuales 15 son urbanas y el resto son de tipo rurales (INEGI, 2015). Su distribución y clasificación dentro de cada territorio municipal es de la siguiente manera:

Tabla 27. Clasificación de localidades por municipio que conforman el Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Municipio	Número de localidades	
	Urbana	Rural
Huixquilucan	4	19
Isidro Fabela	-	8
Jilotzingo	1	9
Jiquipilco	-	6
Lerma	-	17
Morelos	2	6
Naucalpan de Juárez	2	15
Nicolás Romero	-	2
Ocoyoacac	1	10
Ocuilán	-	5
Otzolotepec	1	7
Temoaya	3	17
Tianguistenco	-	6
Villa del Carbón	-	4
Xalatlaco	-	12
Xonacatlán	1	7
Total	15	150

Fuente: INEGI, 2015.

De acuerdo con la nomenclatura del INEGI, se denomina localidad urbana aquella que tiene más de 2,500 habitantes y rural a la que tiene menos de 2,500 habitantes. Como base inicial se determinó que el análisis y representación de la información en este apartado de la investigación, sea a nivel municipal considerando la totalidad territorial de los 16 municipios del Estado de México, que integran el ANP, ya que, de esta manera se facilita la búsqueda, integración y análisis de información, así como la toma de decisiones y la instrumentación de estrategias, ya que si consideramos al territorio del ANP como un sistema abierto, este tiene relación e influencia con otros territorios y localidades (sistemas y subsistemas) adyacentes al área del parque.

En esta parte de la investigación, se realizó una caracterización y análisis integral de las condiciones demográficas, sociales, económicas y socioculturales del territorio del parque y ambientes adyacentes. Las principales variables que se analizaron son: población total, densidad de población, tasa de crecimiento, población económicamente activa por sector de actividad, servicios públicos, educación y salud; los años comprendidos para este análisis

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

son: 2000, 2005, 2010 y 2015, es la información que está disponible y autorizada por el Gobierno Federal de México. En algunas variables no se dispone de datos para cada uno de los años señalados, por lo que, solamente se analizaron dos o tres años, dependiendo de la variable.

Para el año 2015, los municipios que conforman el Parque Otomí-Mexica del Estado de México, tiene registrado un total aproximado de 2,298,308 habitantes, siendo Naucalpan el municipio con mayor número de habitantes (844,219), mientras que Isidro Fabela es el municipio que presenta el menor número de habitantes (11,726), el resto de la población por municipio se presenta en la siguiente tabla, en donde se observa el comportamiento demográfico de los últimos 15 años (Tabla 28).

Tabla 28. Población total por municipios que conforman el Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015

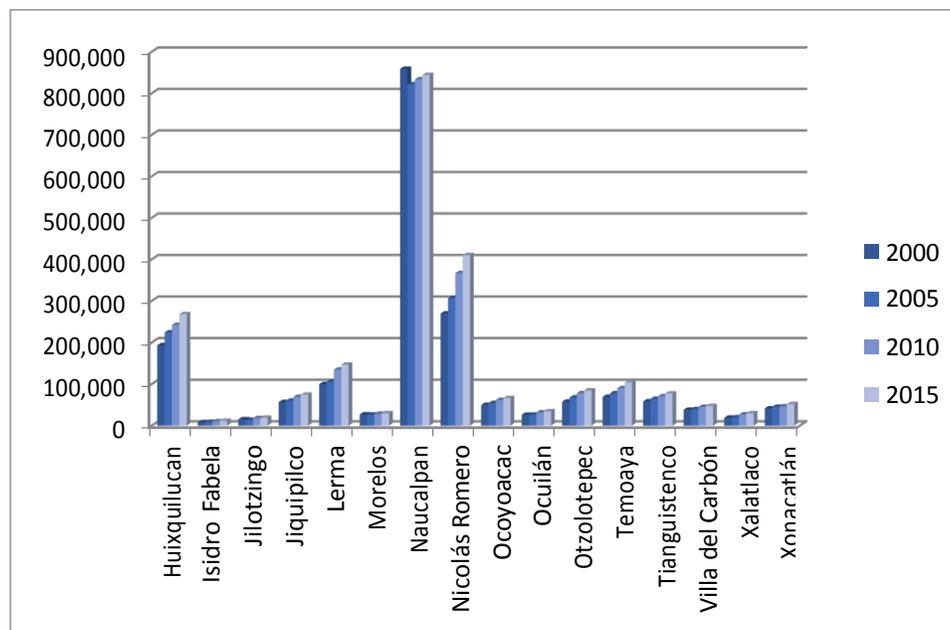
Municipio	2000	2005	2010	2015
Huixquilucan	193,468	224,042	242,167	267,858
Isidro Fabela	8,168	8,788	10,308	11,726
Jilotzingo	15,086	13,825	17,970	19,013
Jiquipilco	56,614	59,969	69,031	74,314
Lerma	99,870	105,578	134,799	146,654
Morelos	26,971	26,430	28,426	29,862
Naucalpan	858,711	821,442	833,779	844,219
Nicolás Romero	269,546	306,516	366,602	410,118
Ocoyoacac	49,643	54,224	61,805	66,190
Ocuilán	25,989	26,332	31,803	34,485
Otzolotepec	57,583	67,611	78,146	84,519
Temoaya	69,306	77,714	90,010	103,834
Tianguistenco	58,381	64,365	70,682	77,147
Villa del Carbón	37,993	39,587	44,881	47,151
Xalatlaco	19,182	20,002	26,865	29,572
Xonacatlán	41,402	45,274	46,331	51,646
Total	1,887,913	1,961,699	2,153,605	2,298,308

Fuente: Elaboración propia con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010. Conteo General de Población y Vivienda 2005 y Encuesta intercensal 2015.

La distribución espacial de la población (localidades) dentro del territorio del parque, está determinada por varios factores geográficos, algunos de ellos son: el relieve, clima, aptitud y vocación del suelo, disponibilidad y cercanía a servicios públicos (agua, energía eléctrica, drenaje, educación y salud), fuentes de empleo y proximidad con vías de comunicación, cabeceras municipales y ciudades. A partir de este comportamiento geográfico, es como se calcula la densidad de población, que es el número total de habitantes que viven en un kilómetro cuadrado de superficie territorial.

Para determinar este indicador, fue necesario considerar la superficie total del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, establecida durante su decreto en 1980, (105,875 has), y el número total de habitantes registrados durante los Censos de Población y Vivienda de los años 2000 y 2010, el Censo General de Población y Vivienda 2005 y la Encuesta Intercensal 2015.

Gráfica 1. Población total en los municipios que conforman el Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010. Censo General de Población y Vivienda 2005 y Encuesta intercensal 2015.

Para el año 2015 la densidad de población fue de 2,171 hab/km², lo cual representa un incremento con relación a los años 2000, 2005 y 2010 (Tabla 29 y Gráfica 2). El municipio

que registró mayor incremento en su densidad de población es Naucalpan (797 hab/km²), mientras, el municipio de Isidro Fabela registra la menor densidad (11 hab/km²).

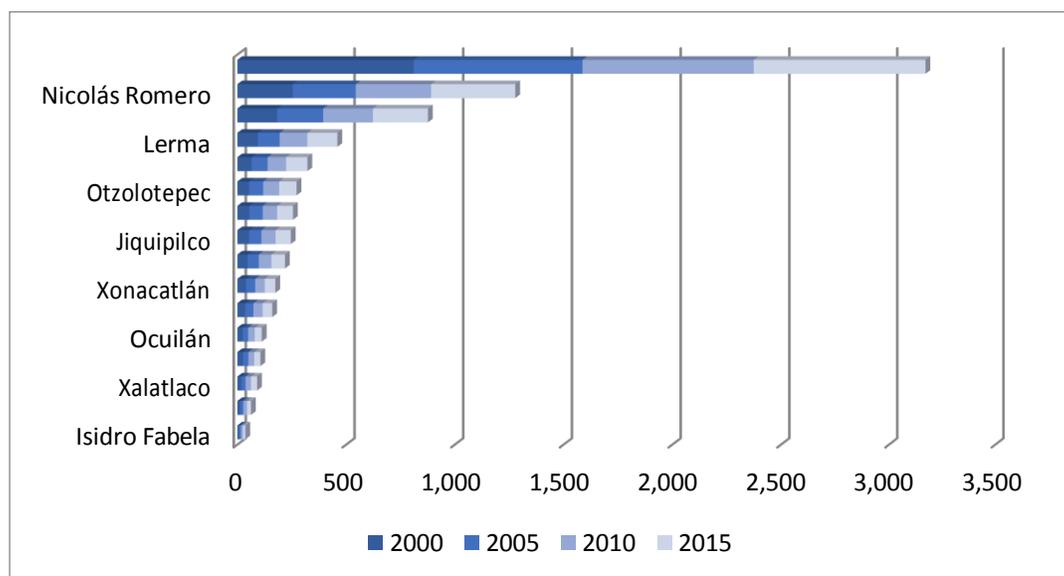
Tabla 29. Densidad de población en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015

Municipio	2000	2005	2010	2015
Huixquilucan	183	212	229	253
Isidro Fabela	8	8	10	11
Jilotzingo	14	13	17	18
Jiquipilco	53	57	65	70
Lerma	94	100	127	139
Morelos	25	25	27	28
Naucalpan de Juárez	811	776	788	797
Nicolás Romero	255	290	346	387
Ocoyoacac	47	51	58	63
Ocuilán	25	25	30	33
Otzolotepec	54	64	74	80
Temoaya	65	73	85	98
Tianguistenco	55	61	67	73
Villa del Carbón	36	37	42	45
Xalatlaco	18	19	25	28
Xonacatlán	39	43	44	49
Total	1,783	1,853	2,034	2,171

Fuente: Elaboración propia con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010. Censo General de Población y Vivienda 2005 y Encuesta intercensal 2015.

Desde esta perspectiva se puede determinar que dentro del territorio del parque existen localidades y municipios que concentran un número mayor de habitantes, principalmente aquellos que se encuentran próximos a la Ciudad de México y Toluca, y las principales vías de comunicación (autopista México-Toluca y carretera Toluca-Naucalpan).

Gráfica 2. Densidad de población en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015

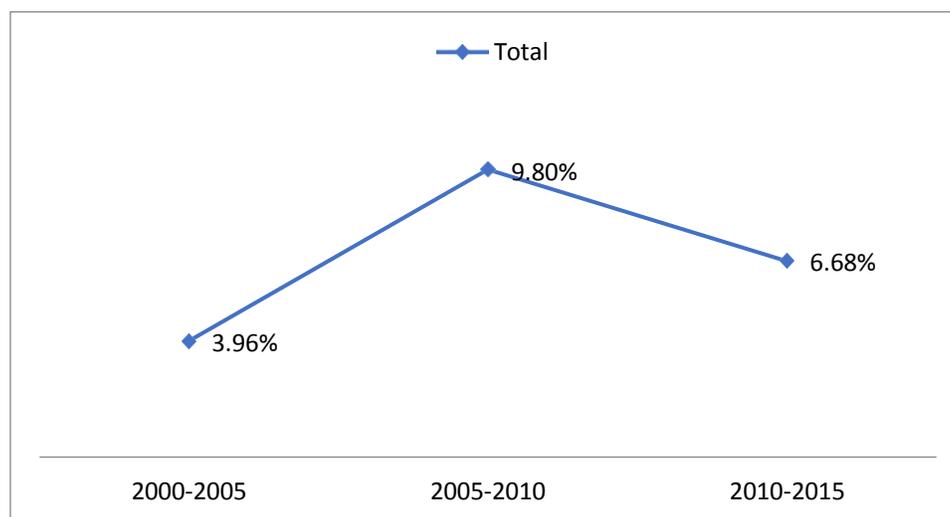


Fuente: Elaboración propia con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010. Censo General de Población y Vivienda 2005 y Encuesta intercensal 2015.

La tasa de crecimiento media anual es un indicador que muestra los cambios que experimenta la población que vive en un determinado territorio. Se expresa en porcentaje y muestra la variación en el número de población, la tendencia (positiva o negativa) y finalmente la velocidad. El cálculo de este indicador se determinó para los años 2000, 2005, 2010 y 2015.

Como se puede apreciar en la Gráfica 3, la tasa de crecimiento se ha mantenido positiva durante los últimos 15 años, teniendo su punto más bajo en el periodo 2000-2005 con 3.96% de crecimiento y el más alto de 9.80% en 2005-2010. Para el año 2015, la población incrementó 6.68%, respecto al año 2010.

Gráfica 3. Tasa de crecimiento poblacional en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010. Censo General de Población y Vivienda 2005 y Encuesta intercensal 2015.

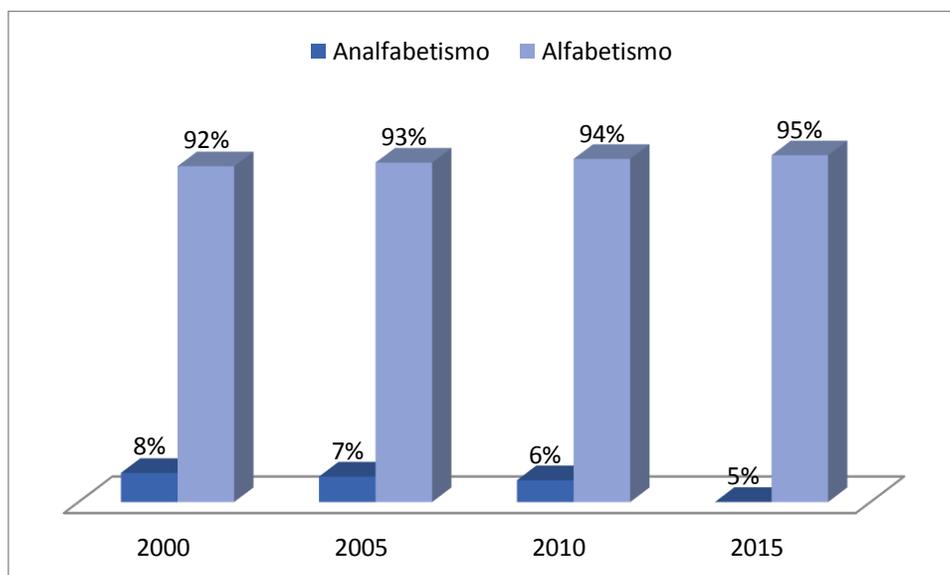
Algunas de las principales causas en el aumento de la población en las zonas del centro de México, y que están afectando de manera directa al territorio del parque, están vinculadas con los procesos de inmigración nacional interna, resultado de la falta de empleos en las zonas rurales de México. Otra causa en el crecimiento de la población según El Consejo Nacional de Población (CONAPO), está relacionado con los avances tecnológicos y una mejor en la cobertura de servicios de salud, que han dado como consecuencia una mayor sobrevivencia de la población, al reducir los niveles de mortandad y aumentar la esperanza de vida al nacer, que según esta dependencia para 2017 es de 75.3 años (CONAPO, 2017).

3.1.7 Niveles de educación

Con el aumento constante de la población, se van generando nuevas demandas en cuanto a la prestación de servicios por parte del sector público y privado, uno de ellos es la educación que tiene el objetivo según la Ley General de Educación en México, ser gratuita, laica y obligatoria, con el fin de reducir los niveles de analfabetismo y apoyar el desarrollo tecnológico, científico, cultural y la valoración y protección del medio ambiente en pro del bienestar general de la población en México (LGE, 1993).

Para el caso del territorio que comprende el parque, los datos analizados con relación al proceso educativo fueron de los años 2000, 2005, 2010 y 2015, proporcionados por el INEGI. Como podemos observar en las siguientes gráficas el proceso de alfabetización ha incrementado de manera positiva en los últimos 15 años, ya que para el año 2000 el 92% de población total de los municipios que conforman el territorio del parque tenían algún grado de escolaridad, porcentaje que para el año 2015 aumento 3%, determinado con ello que el grado de alfabetización se incrementa gradualmente (Gráfica 4).

Gráfica 4. Índice de analfabetismo y alfabetismo en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010. Censo General de Población y Vivienda 2005 y Encuesta intercensal 2015.

Algunos de los factores que han beneficiado el aumento gradual del alfabetismo en el territorio del parque han sido los programas del Gobierno Estatal en coordinación con el Gobierno Federal, esto de acuerdo a un estudio realizado en 2017 por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), que determina que los programas de apoyo a estudiantes y la construcción de nuevos espacios educativos, han estimulado el ingreso y permanencia al sistema educativo, sin embargo de acuerdo con los objetivos de decreto del parque enfocados hacia la educación no se han cumplido, pues en ellos se manifiesta la construcción de escuelas agrícolas y ganaderas de montaña, así como

de adiestramiento turístico, escuelas que a la fecha siguen siendo mínimas e incluso nulas en la mayoría de los municipios que conforman el parque.

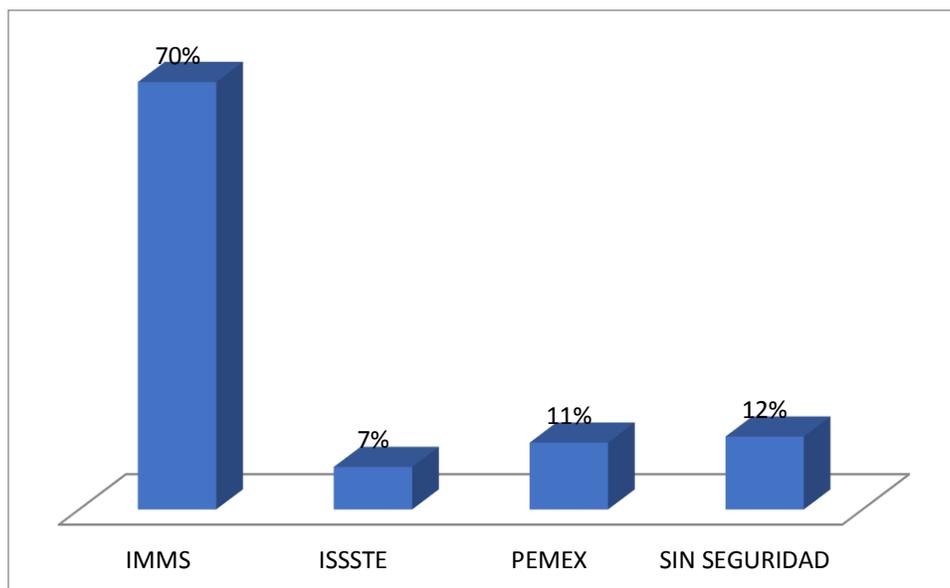
3.1.8 Sector de salud

El aumento de la población y el decremento económico que se ha ido generando en el sector económico secundario principalmente en el ramo de la industria y el aumento de las actividades del sector terciario (servicios), es cómo se comporta la dinámica en el sector salud dentro del territorio que ocupa el parque, pues como se observa en la gráfica 4, para el año 2000 la principal institución que brindaba servicios de salud a poco más del 70% de la población total, era el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), donde los afiliados o derechohabientes adscritos a esta institución contaban con este servicio como parte de sus derechos laborales, es decir, su situación laboral era estable (Gráfica 5).

Sin embargo, con el aumento a los niveles de desempleo que presenta la entidad del Estado de México, ya que, según el INEGI, para el año 2017 alcanzó el 60.7%, situación que ha fomentado que las actividades informales que se encuentran dentro del sector terciario (comercio al por mayor, comercio al por menor y transportes), sean las principales fuentes de empleo dentro de los municipios que conforman el parque, ocho de cada diez personas se encuentran desarrollando alguna actividad económica dentro del sector informal, situación que ha generado que un alto porcentaje de la población reciba asistencia médica por parte del Seguro Popular programa establecido por la Secretaría de Salud a nivel federal desde 2004.

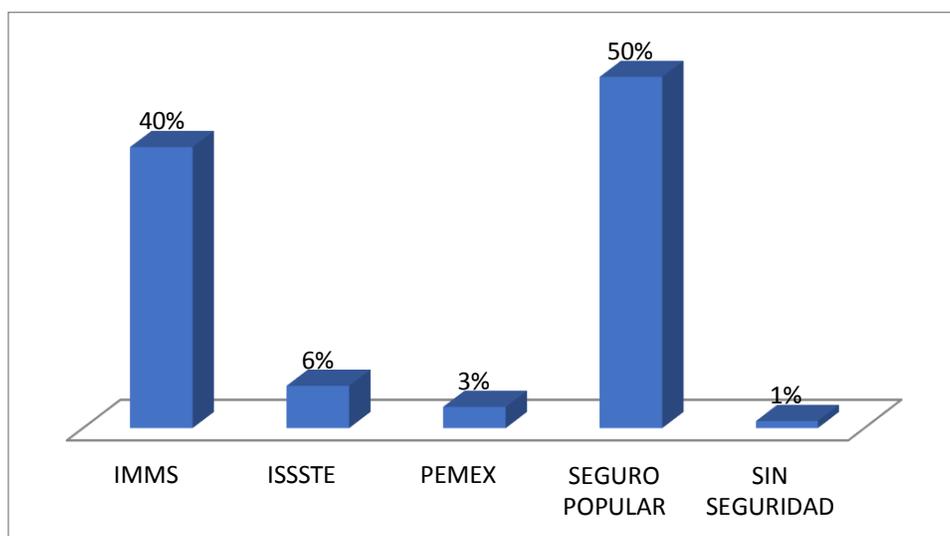
De esta manera para el 2015, el Seguro Popular daba servicios de salud a más del 50% de la población total de los municipios que conforman el parque, quedando el IMSS como segundo lugar, en cuanto a las instituciones que presentan servicios de salud y solo el 1% de población total no cuentan con ningún tipo de seguridad social (Gráfica 6).

Gráfica 5. Derechohabiencia en instituciones de salud. Municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Año 2000



Fuente: Elaboración propia con base a datos del Censo General de Población y Vivienda 2000.

Gráfica 6. Derechohabiencia en instituciones de salud. Municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Año 2015



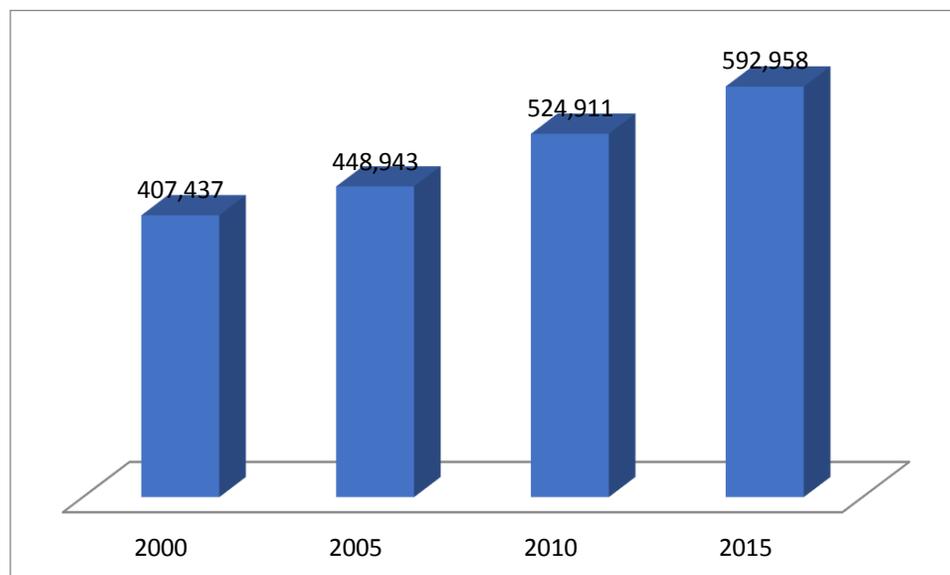
Fuente: Elaboración propia con base a datos de la Encuesta Intercensal 2015.

3.1.9 Características generales de la casa habitación

En lo que concierne a las características de la vivienda y servicios públicos, este varía de acuerdo al contexto geográfico de cada localidad y municipio, pues en algunas localidades rurales la relación que existe entre el ambiente y el tipo de materiales que se utiliza para su construcción tiene una estrecha analogía, principalmente en aquellas localidades que se encuentra más alejadas de las cabeceras municipales, ya que, en algunos casos se pueden encontrar casas construidas con madera que se obtiene de los bosques cercanos.

Sin embargo, generalmente el tipo de construcción es homogéneo tanto el ámbito rural como el urbano, aunque en este último predomina el uso de materiales convencionales y tradicionales (block, cemento, grava y arena). Como se observa en la siguiente gráfica, es notorio el incremento en el número de viviendas para cada uno de los años analizados (2000, 2005, 2010 y 2015), ya que existe una tendencia hacia el incremento, esto con relación al crecimiento de población en los últimos 15 años dentro del territorio del parque (Gráfica 7).

Gráfica 7. Número de viviendas en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010. Censo General de Población y Vivienda 2005 y Encuesta intercensal 2015.

3.1.10 Servicios básicos. Agua, drenaje y luz eléctrica

En cuanto a la prestación de servicios básicos (agua, drenaje y luz eléctrica), es notable el crecimiento de las redes que abastecen estos servicios, principalmente en localidades cercanas a las cabeceras municipales y principales vías de comunicación (autopistas), sin embargo cabe destacar que al mismo tiempo que las redes de servicios básicos se incrementan y mejoran, el deterioro ambiental hacia los ecosistemas que conforman el parque también va en aumento, ya que es común observar que cuando hacen trabajos de ampliación de la red de agua potable y drenaje, las especies arbóreas son eliminadas para su construcción o ampliación (Fotografía 12).

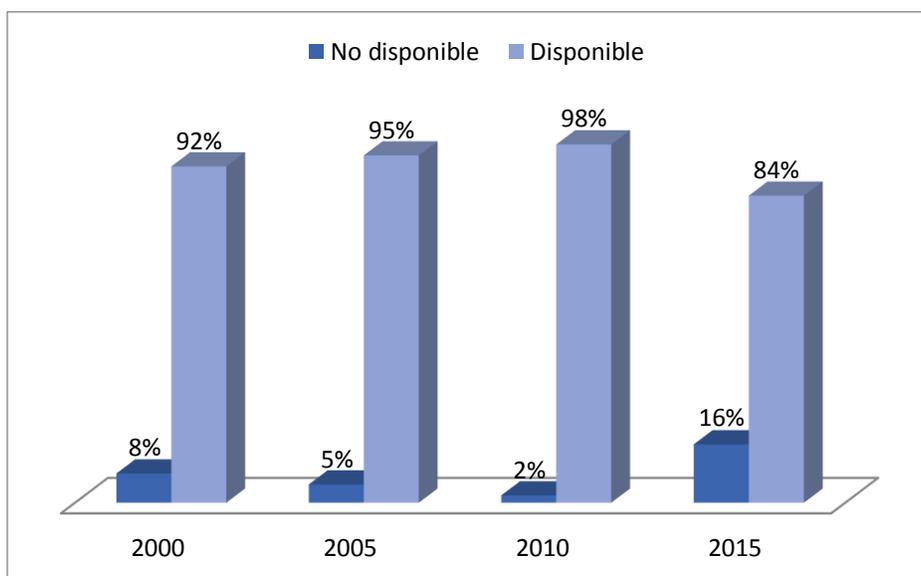
Fotografía 12. Derribo de árboles para la ampliación de la red de agua potable, área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Autopista México-Toluca, Estado de México, 2017.

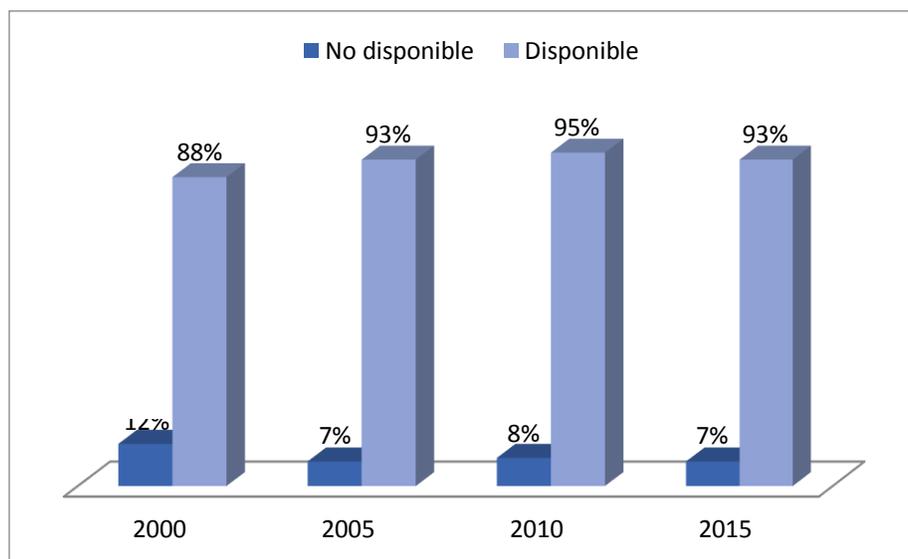
No obstante, este deterioro ambiental, no ha sido motivo suficiente para mejorar el desarrollo de las obras de ampliación e implementación de redes de servicios, los cuales se han incrementado de manera notable en los últimos 15 años, no obstante, no todas las viviendas ubicadas dentro del territorio del parque tienen acceso a estos servicios (Gráficas 8 y 9).

Gráfica 8. Cobertura del servicio de agua potable en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010. Censo General de Población y Vivienda 2005 y Encuesta intercensal 2015.

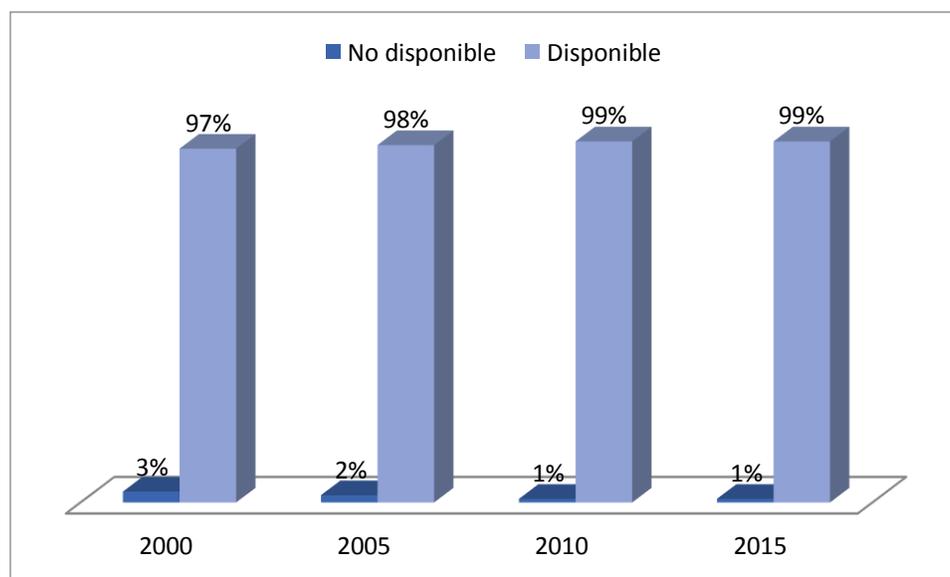
Gráfica 9. Cobertura del servicio de drenaje en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010. Censo General de Población y Vivienda 2005 y Encuesta intercensal 2015.

El servicio de luz eléctrica, de acuerdo a las estadísticas de los años de análisis se ha mantenido constante, debido a que las obras para la implementación, ampliación y mejoramiento, tienden hacer menos complejas que la de los servicios mencionados previamente, aunque esto no significa que menos costosas (Gráfica 10). Derivado del acceso a servicios básicos, características y equipamiento de la vivienda (materiales de construcción, y muebles como refrigerador y estufa), es como se determinan el índice de marginación en México a nivel de municipios, localidades y zonas urbanas, pues según la CONAPO estos servicios son los esenciales para el desarrollo de las capacidades básicas de la población, Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2005).

Gráfica 10. Cobertura del servicio de luz eléctrica en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Años: 2000, 2005, 2010 y 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010. Conteo General de Población y Vivienda 2005 y Encuesta Intercensal 2015.

3.1.11 Niveles de marginación

El índice de marginación en sus diferentes desagregaciones geográficas, se agrupa en cinco grados: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, para el caso de esta investigación el índice de marginación se calculó a partir de los datos proporcionados por la CONAPO del año 2015 a nivel municipal (Tabla 30).

Tabla 30. Índice de marginación por municipio que conforma el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Año 2005

Municipio	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Huixquilucan	X				
Isidro Fabela		X			
Jilotzingo		X			
Jiquipilco			X		
Lerma	X				
Morelos				X	
Naucalpan	X				
Nicolás Romero	X				
Ocoyoacac	X				
Ocuilán	X				
Otzolotepec		X			
Temoaya			X		
Tianguistenco		X			
Villa del Carbón			X		
Xalatlaco		X			
Xonacatlán	X				

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CONAPO, 2005.

Como se puede observar en la tabla 30, los municipios que presentan el índice de marginación “Muy bajo”, son aquellos que se encuentran más próximos a la Ciudad de México (Huixquilucan, Naucalpan y Nicolás Romero), así como los más cercanos a la Ciudad de Toluca (Lerma, Ocoyoacac y Xonacatlán), y que son los municipios que presentan la mayor densidad de población, por el contrario municipios como Jiquipilco y Morelos que presentan un índice de marginación de “Medio-Alto”, son entidades que presentan una baja densidad de población y una dispersión alta entre sus localidades, características que le dificulta el acceso a servicios básicos e infraestructura habitacional a su población, por lo que su nivel de marginación tienden a ser más alto que el resto de los municipio que conforman el territorio del ANP.

En general el índice de marginación dentro del territorio del parque, es “Muy Bajo” de acuerdo a los datos estadísticos obtenidos para el análisis de esta investigación; esta característica tiende a relacionarse con la ubicación geográfica y la cercanía del parque con las grandes metrópolis del centro del país (México, Toluca y Cuernavaca), que proporcionan

fuentes de empleo a los habitantes de las localidades que se encuentran ubicadas al interior del parque y zonas adyacentes, situación que mejora sus condiciones de vida y con ello las características de la vivienda, el equipamiento en cuanto a muebles y el acceso a servicios básicos.

3.1.12 Condiciones económicas

Otro aspecto que se debe de considerar cuando se realiza una caracterización territorial, son las condiciones económicas que presenta la población del territorio en estudio, para ello es importante comenzar definiendo a la Población Económicamente Activa (PEA), que INEGI define como el número de personas mayores de 12 años que en la semana de referencia realizaron alguna actividad económica. Para el análisis de esta variable se consideraron los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, se estima que la PEA del parque fue de 832,523 personas, dato que supero significativamente la cifra del año 2000. (INEGI, 2000 y 2010).

Las actividades económicas que realizó la PEA durante el año 2010, se encuentran ubicadas dentro del sector terciario (comercio, servicios y transporte), sector secundario (construcción e industria) y sector primario (agricultura, explotación forestal, ganadería, minería y pesca) (Tabla 31).

Tabla 31. Población Económicamente Activa por sector de actividad en los municipios que conforman el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Nombre del municipio	Sector primario	Sector secundario	Sector terciario
Huixquilucan	861	21,449	75,745
Isidro Fabela	528	718	2,112
Jilotzingo	224	1,874	4,077
Jiquipilco	6,075	3,610	11,157
Lerma	1,558	22,701	24,499
Naucalpan	1,351	80,858	249,306
Nicolás Romero	1,866	40,973	101,241
Ocoyoacac	915	9,005	13,357
Ocuilán	3,276	1,831	5,194
Otzolotepec	1,880	11,475	14,667
Morelos	2,730	2,273	3,742
Temoaya	2,948	7,845	18,529

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

Tianguistenco	2,737	8,929	16,270
Villa del Carbón	3,372	3,970	5,737
Xalatlaco	1,990	1,923	6,180
Xonacatlán	851	6,432	9,705
Total	33,502	228,530	570,491

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Censo de Población y Vivienda 2010.

Como se observar en la tabla anterior el sector de actividad que concentra el mayor número de personas es el terciario, y esto se puede relacionar con la tasa de desempleo que existe dentro del Estado de México, situación que está orillando a que, de cada 10 empleos 8 están dentro del sector terciario (comercio al por mayor y comercio al por menor), actividades consideradas dentro del sector informal, que suelen no cumplir con las norma que se enmarcan dentro de la Ley Federal del Trabajo y otras regulaciones sanitarias, de seguridad o simplemente burocráticas, que el gobierno impone al sector privado; tampoco se pagan, o no se pagan por completo diversos impuestos y tasas que exige el fisco (Eco-Finanzas, 2017).

Las actividades que se realizan dentro del sector secundario, están relacionadas con los procesos de transformación y producción de materias primas (alimentación, automotriz, farmacéuticos, cosméticos e industria manufacturera), ya que, en la zonas aledañas al parque e incluso dentro de sus límites territoriales se encuentran establecidos corredores y parques industriales que albergan industrias dedicas a este tipo de actividades (transformación y producción) y que proporcionan empleo a un porcentaje de los habitantes del parque. Por otra parte, las actividades que se realizan dentro del sector primario están vinculadas con la agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza, estas actividades se pueden apreciar fácilmente en campo e incluso actividades como la agricultura de temporal, humedad y tecnificada, es posible apreciar con el uso de fotografía áreas e imágenes de satélite.

Dentro del sector primario, la agricultura representa la actividad más importante y los cultivos más relevantes son: maíz, avena, frijol, nopal y alfalfa, que son comercializados en mercados locales y regionales, y en menor proporción complementan la subsistencia de las familias campesinas. La actividad agrícola en los espacios rurales y peri-urbanos se complementa con la cría de animales domésticos como aves de corral (pollos, gallinas, guajolotes y patos), borregos, vacas y puercos, que aportan ingresos económicos complementarios para las familias que los crían (Fotografía 13).

Fotografía 13. Actividades económicas del sector primario que se realizan en el área administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Granja Osnaya, Municipio de Isidro Fabela, Estado de México, 2017.

Con el desarrollo de estas actividades económicas, el 6.47% de la PEA recibía en 2010 menos de un salario mínimo, el 38.61% percibía de uno y hasta dos salarios mínimos, el 28.84% recibía más de dos y hasta cinco salarios mínimos y el 8.9% obtenía ingresos entre cinco y diez salarios mínimos. Si consideramos que, por la ubicación geográfica del parque, el salario mínimo es de \$ 73.04 diario, se puede determinar que el 45.08% de la población que habita dentro del parque, está considerada vulnerable económicamente (pobre), ya que percibe menos de 10 dólares (americanos) al día, esto, de acuerdo al informe del Laboratorio de Igualdad en América Latina del Banco Mundial de 2016, Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2016).

3.1.13 Infraestructura

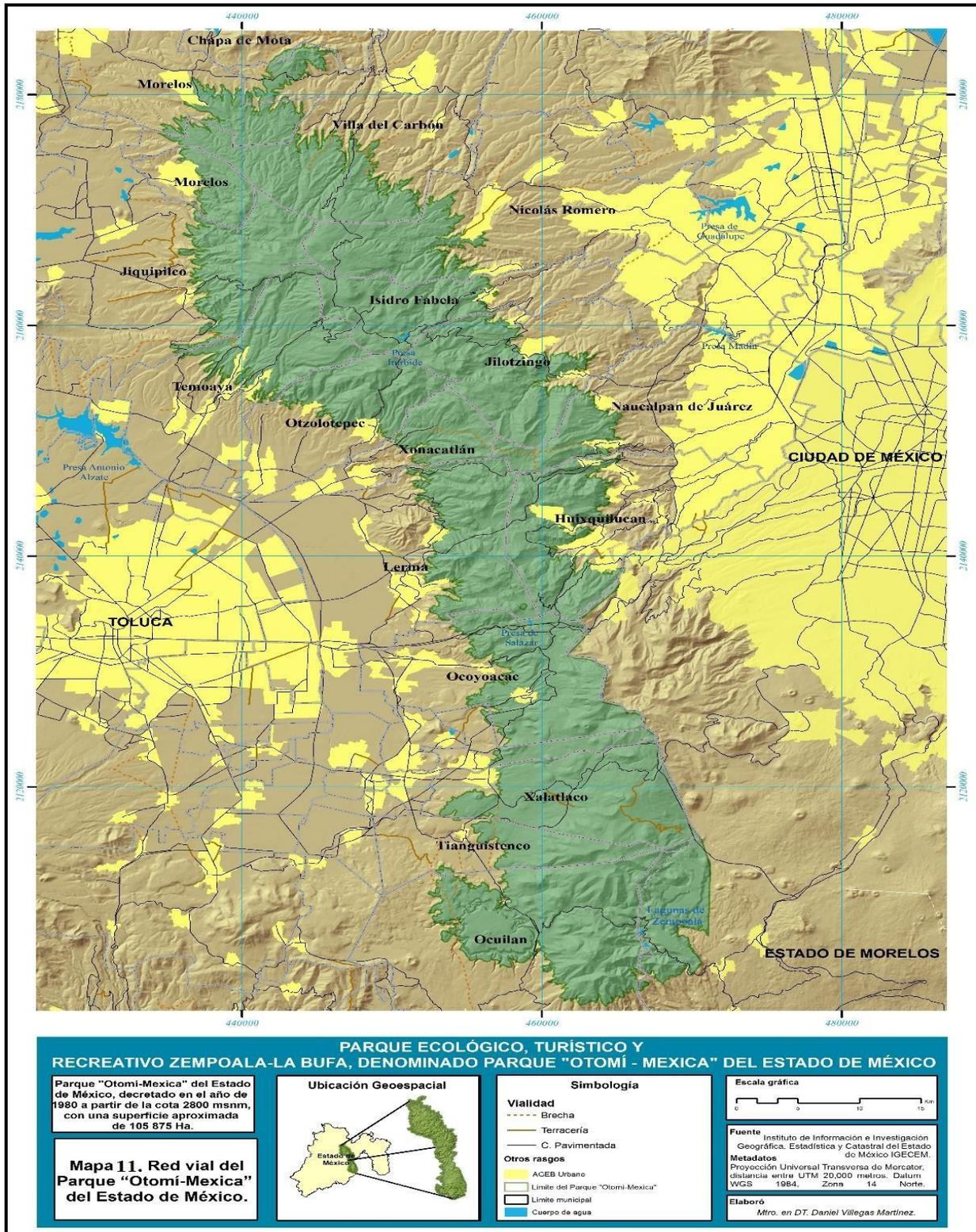
La generación de servicios, construcción de infraestructura y desarrollo de fuentes de empleo en los tres sectores económicos dentro del parque, demanda una red eficiente de vialidades o cuando menos transitable, ya que de acuerdo a los objetivos de su decreto en el apartado XVIII dice que el Parque Otomí-Mexica, tendrá una red caminera que permitirá la conexión

entre ejes longitudinales y transversales pavimentados que permita el acceso de forma fácil. Con relación a este objetivo planteado para su decreto, la red vial dentro del territorio del parque ha ido en aumento y mejorando su infraestructura, principalmente aquella administrada por la iniciativa privada (autopista de cuota México-Toluca), que es una de las principales vialidades y más transitadas del centro de México, seguida de la carretera federal libre México-Toluca, México-Tenango, Toluca-Naucalpan, Toluca-Cuernavaca e Ixtlahuaca-Naucalpan, administradas por la federación y el Gobierno del Estado de México, Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT, 2017).

El resto de la infraestructura vial está constituida de carreteras estatales, calles pavimentadas, terracerías, brecha y veredas, estas tres últimas sin ningún tipo de recubrimiento, y que sirven de conexión entre localidades con baja densidad de población, todas estas vialidades son de acceso libre y administradas por el Gobierno del Estado de México en coordinación con los gobiernos municipales, de manera general este tipo de vialidades presentan deterioro (baches), escasa señalética y casi siempre nulo trazo carretero (líneas blancas y amarillas), que delimitan y dividen la vialidad, en el siguiente mapa se representa de manera espacial la red vial que conforma el territorio del ANP (Mapa 11).

Además de la administración pública con la cuenta el parque a cargo de la CEPANAF, existen algunas otras administraciones a cargo de los grupos sociales que se encuentran ubicados al interior y en zonas aledañas a su territorio, esto con relación al tipo de tenencia de la tierra, que de acuerdo con la Legislación Mexicana comprende cuatro tipos o formas de propiedad y posesión de predios rústicos, reconocidos o regulados por nuestras leyes, y las cuales se dividen en: a) comunal, b) ejidal y c) privada o particular.

Mapa 11. Red vial en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

3.1.14 Tenencia de la tierra

Dentro del territorio del Parque Otomí-Mexica, de acuerdo con lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 27 propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, fracción XIX en la Nación son reconocidas la tenencia de la tierra ejidal, comunal y la pequeña propiedad. Algunas de sus características son:

1. Tierras ejidales: “se constituyen por tierras que les fueron reconocidas a comunidades que no poseían documentación de la época colonial que acreditara la propiedad de las mismas, pero que, en la praxis, operan y se organizan bajo las reglas de las tierras comunales”, Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (PROCEDE, 2003).
2. Tierras comunales: “comprenden un territorio que puede pertenecer a una o varias comunidades y el control de la tierra se ejerce y está regido por la asamblea de comuneros, que es elegida por las autoridades tradicionales (gobernadores, principales, tatas mandones o consejos de ancianos)” (PROCEDE, 2003).
3. Pequeña propiedad: de acuerdo con el artículo 27 existen tres tipos de propiedad: privada, social, pública; la propiedad privada a su vez se divide en: propiedad rural o urbana; la propiedad rural puede ser: pequeña, mediana o gran propiedad rural o latifundio.

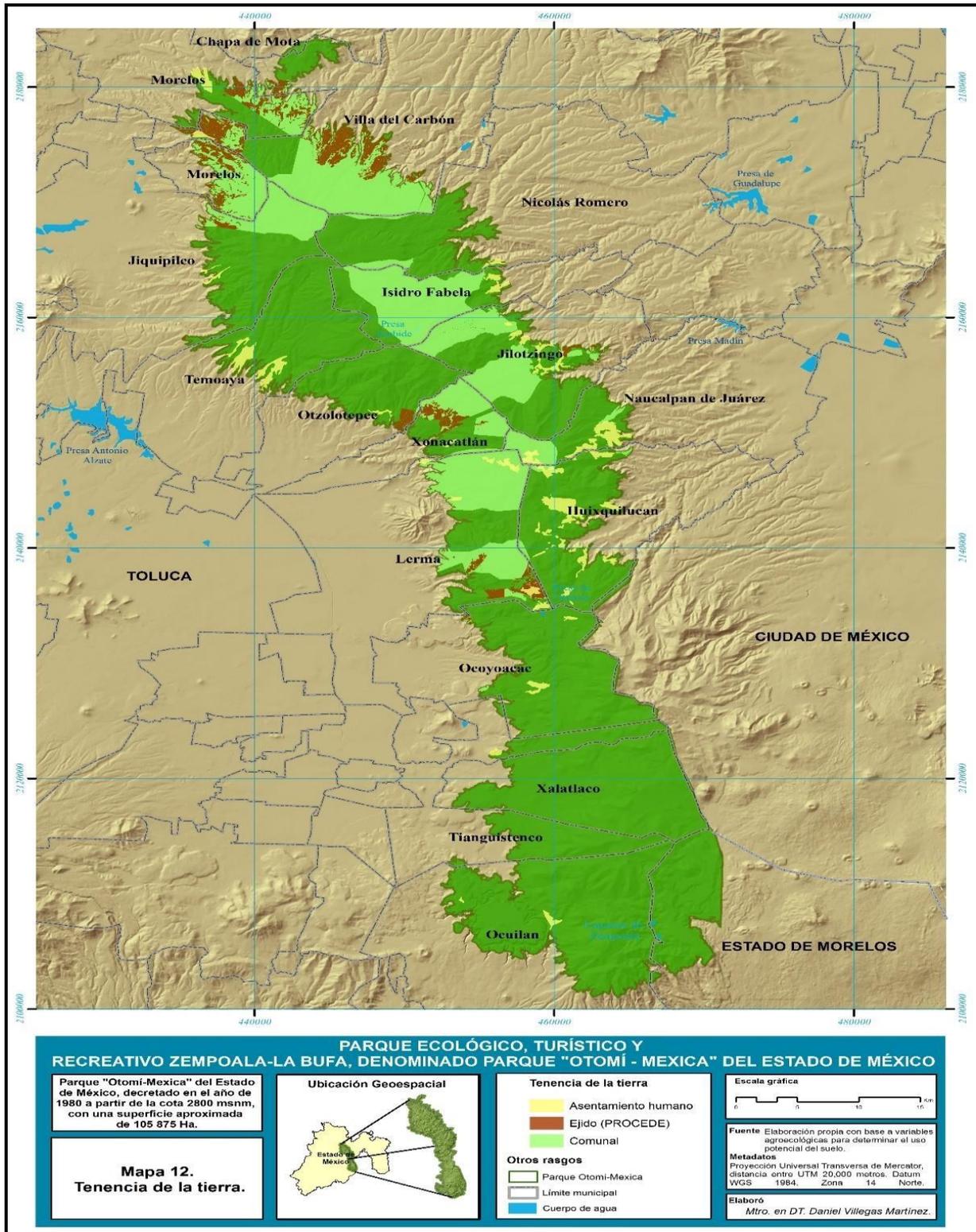
En el territorio administrativo del parque, existen actualmente estos tres tipos de tenencia de la tierra, de acuerdo con datos obtenidos de la página oficial del Registro Agrario Nacional, la superficie terrestre que ocupada cada uno de ella (Tabla 32 y Mapa 12)

Tabla 32. Tenencia de la tierra en el área administrativa Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Tipo de tenencia	Superficie (Ha.)
Ejidal	3,494.08
Comunal	22,015.81
Pequeña propiedad	Datos no disponibles.

Fuente: Datos cartográficos del Registro Agrario Nacional.

Mapa 12. Tenencia de la tierra en el área administrativa del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Mapa 12 y Tabla 32, con los datos cartográficos y estadísticos obtenidos del portal de información “Datos Abiertos” del RAN, actualmente la información cartográfica disponible sobre el área del parque es del 25%. El área que ocupan los asentamientos humanos es de aproximadamente 2,955.69 has; sin embargo, no se tiene acceso a un registro que determine la tenencia de la tierra que ocupan estos espacios geográficos dentro del límite administrativo del ANP.

Por otra parte, las superficies establecidas jurídicamente como ejidal y comunal, en la actualidad son administradas por grupos sociales locales, denominados administrativamente como: Comisariado Ejidal o de Bienes Comunales. Estas asaciones caviles, se encarga de la ejecución de los acuerdos de la Asamblea, así como de la representación y gestión administrativa. Están constituidos por un presidente, un secretario y un tesorero, ambos supervisados por el Consejo de Vigilancia que se encarga de vigilar que los actos del Comisariado se ajusten a los aspectos legales dispuestos por el reglamento interno y los acuerdos de la Asamblea, generalmente este tipo de autoridades agrarias existen en cada municipio y su administración es independientes de acuerdo a la división política del Estado de México (municipios) (INEGI, 2016).

Otras de las actividades que suelen desarrollar los comisariados y autoridades agrarias dentro del territorio del parque, es la administración y explotación de los recursos naturales que se encuentran dentro de los núcleos ejidales y comunales que le corresponde a cada uno dentro de su territorio municipal. Además, son ellos quienes determinan la participación de los habitantes en las actividades de explotación sobre la tierra, bosques y cuerpos de agua. Es decir, no todos los habitantes que se encuentran establecidos al interior del parque pueden beneficiarse con la venta y consumo de los recursos naturales, culturales y turísticos. Situación que ha generado conflictos sociales y políticos entre municipios y localidades que reclaman la administración de los recursos naturales que proporcionan los ecosistemas que conforman el territorio del parque.

3.2 Diagnóstico integral del territorio Otomí-Mexica

Hasta este punto de la investigación se conocen las características actuales y detalladas de los componentes biofísicos y socioculturales que integran el espacio geográfico del ANP. Partiendo de este conocimiento actual, se desarrolló este apartado de la investigación que tuvo por objetivo realizar un diagnóstico integral del territorio, en el cual se identificaron y analizaron las siguientes variables:

1. Análisis de involucrados. Corresponde a la primera fase del diagnóstico integral del territorio y tiene por objetivo identificar a las principales entidades gubernamentales, asociaciones civiles e instancias académicas y de investigación, que podrían involucrarse en el desarrollo e instrumentación de estrategias de desarrollo sustentable dentro del territorio del ANP.
2. Análisis FODA. En esta fase del diagnóstico se identificaron y analizaron las principales Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas con las que cuenta y se enfrentan los principales subsistemas del territorio (ambiental, sociocultural y administrativo).
3. Análisis de árbol de problemas. Se analizó la principal problemática identificada para cada subsistema del territorio, las causas que la generan y los posibles efectos que tendrán sobre el funcionamiento del territorio.
4. Análisis de árbol de objetivos. En esta etapa se proponen y analizaron las posibles soluciones (medios y fines) para cada problemática identificada en los subsistemas del territorio.

El diagnóstico integral del territorio es considerado por Massiris (2006), Wong (2010), y Silva y Sandoval (2012) como un proceso de investigación que recoge, procesa e interpreta información de un espacio territorial delimitado por condiciones ambientales, culturales, sociales, administrativas o políticas. Tiene el fin de identificar sus capacidades o limitantes de desarrollo, desde esta perspectiva, el diagnóstico con enfoque integral del territorio, no sólo analiza los problemas del territorio con el fin de encontrar una solución o mejorarlos,

también identifica las potencialidades que lo caracterizan y que pueden promover su desarrollo social y ambiental de manera sustentable.

Desde otra perspectiva de estudio, el diagnóstico con enfoque integral del territorio se puede entenderse como proceso de investigación y análisis abierto en constante evolución ya que, puede servir para detectar problemas en constantes cambios e identificar estrategias que no están funcionando o que se desean reestructurar para mejorar su funcionamiento, así como para la elaboración y puesta en marcha de otras nuevas. En pocas palabras, un diagnóstico con enfoque integral es una película del territorio pues, recaba y analiza información de componentes estáticos y dinámicos, es decir, observa puntos en el tiempo (Silva y Sandoval 2012).

Existen diferentes perspectivas para la elaboración de un diagnóstico territorial, entre las clasificaciones más comunes están las de corte sectorial, a continuación, se explica esta clasificación.

1. Diagnóstico integral del territorio, estudia la capacidad de desarrollo de un territorio, analiza de forma holística todos los componentes ambientales, culturales, sociales, económicos, institucionales, entre otros que lo conforman. Además de analizar las interacciones que surgen entre ellos y con su entorno, tomando en cuenta sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.
2. Diagnóstico sectorial del territorio, estudia y analiza uno o varios componentes del territorio (ecosistemas, usos del suelo, educación, salud, políticas públicas entre otros). Este tipo de diagnóstico es meramente descriptivo y se construyen a través de un conjunto de atributos distintivos del territorio.

Para este estudio, se seleccionó el diagnóstico integral del territorio, ya que, se considera importante analizar de manera holística las interrelaciones que existen entre los componentes de un territorio y con ello, lograr identificar las principales problemáticas y potencialidades con las que cuenta, además de diseñar una serie de estrategias que mejoren la calidad de vida de los habitantes sin poner en riesgo la estructura ambiental de los ecosistemas.

3.2.1 Análisis de involucrados

De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) la metodología del Enfoque del Marco Lógico, contempla como punto de partida la identificación de los principales involucrados en el desarrollo de un proyecto o programa. Desde esta perspectiva de análisis, es de vital importancia identificar a los grupos y organizaciones que pudieran estar relacionados directa e indirectamente con los objetivos del proyecto y con ello analizar sus percepciones y reacciones (positivas o negativas) frente al desarrollo y avance del proyecto. Situación que permite mayor objetividad al proceso de planificación y puede persuadir desacuerdos entre involucrados, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2005).

El análisis de involucrados tiene su origen en las Ciencias Políticas y en la Teoría de la Gerencia, su principal contribución es generar conocimiento y ayudar a comprender el comportamiento de los actores y su influencia en el proceso de toma de decisiones. Esta herramienta puede ser usada para desarrollar estrategias gerenciales y con ello facilitar la implementación de una decisión específica, comprender el contexto político de una sociedad y examinar la factible generación e instrumentación de una política de manejo ambiental (Severiche *et al.*, 2016). La identificación de involucrados, se hizo desde tres perspectivas de análisis: a) asociaciones civiles, b) entidades de gobierno y c) instancias académicas y de investigación.

3.2.1.1 Asociaciones civiles

Las asociaciones civiles que se pudieron identificar durante el desarrollo y análisis de involucrados dentro del territorio del parque son: grupos de ejidatarios y comuneros, organizados en asociaciones y reconocidos de forma legal ante organismos gubernamentales como la Secretaría de la Forma Agraria (SFA) y el Registro Agrario Nacional (RAN). El principal interés de quienes conforman estos grupos, está basado en el aprovechamiento de los ecosistemas y de obtener capacitación técnica que les permita realizar un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a largo plazo. Sin embargo, la principal problemática que pueden contraponerse a estos intereses es la limitada formación educativa de quienes integran estas asociaciones.

Otros grupos de asociaciones civiles que se identificaron durante el trabajo de campo son las asociaciones civiles sin fines de lucro y las asociaciones de propiedad privada de las cuales no se encontró registro alguno, sin embargo, es importante tener en cuenta que este tipo de asociaciones están presentes en el territorio. Los intereses que se identificaron en estas asociaciones están orientados, a ser considerados en la toma de decisiones sobre el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y sociales del territorio. No obstante, las principales problemáticas que se pueden contraponer a estos intereses, es que las asociaciones civiles sin fines de lucro no administran extensiones territoriales y no existe un registro oficial de las asociaciones de propiedad privada que les otorgue voz y voto ante la toma de decisiones que pueda experimentar el territorio del ANP (Tabla 33).

Tabla 33. Matriz de involucrados. Asociaciones civiles presentes en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Grupo	Tipo	Involucrados	Intereses	Problemas	Recursos
ASOCIACIONES CIVILES	Grupos de Ejidatarios	a) Asamblea ejidal (número de personas que conforman un núcleo ejidal). b) Comisariado ejidal (presidente, secretario y tesorero). c) Consejo de vigilancia ejidal	Aprovechamiento del territorio y recursos naturales entre algunos integrantes del grupo.	1. Deficiencia educativa en cuestión de manejo de los recursos naturales y sociales de su núcleo ejidal. 2. Marco regulatorio interno que restringe el aprovechamiento para algunos integrantes.	Tierra y fuerza de trabajo para el desarrollo de proyectos sustentables a largo plazo.
	Grupos de Comuneros	a) Asamblea comunal (número de personas que conforman el núcleo comunal). b) Comisariado comunal (presidente,	Aprovechamiento del territorio y recursos naturales de manera recíproca entre todos los integrantes del núcleo.	Deficiencia educativa en cuestión de manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y sociales de su núcleo comunal.	Tierra y fuerza de trabajo para el desarrollo de proyectos sustentables a largo plazo.

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

ASOCIACIONES CIVILES		secretario y tesorero). c) Consejo de vigilancia comunal.			
	Asociaciones de propiedad privada. (Reguladas y no reguladas).	a) Estructura institucional (presidente, secretario y tesorero). b) Fiscales. c) Asamblea de miembros.	Ser considerados en la toma de decisiones sobre el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y sociales del territorio.	No existen asociaciones de propiedad privada registradas de manera oficial dentro del territorio del ANP, o al menos no hay un registro de ellas.	Fuerza de trabajo para el desarrollo de proyectos sustentables a largo plazo.
	Asociaciones civiles sin fines de lucro.	a) Estructura institucional (presidente, secretario y tesorero). b) Fiscales. c) Asamblea de miembros.	Ser consideradas en la toma de decisiones sobre el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y sociales del territorio.	No son consideradas en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos naturales del territorio.	Gestión de recursos económicos para el desarrollo de proyectos sustentables a largo plazo.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.2 Entidades gubernamentales

En cuanto a las instancias gubernamentales que deben ser partícipes en la planificación del territorio, se considera pertinente la participación de los tres niveles de Gobierno (federal, estatal y municipal) principalmente de aquellas instancias gubernamentales vinculadas y comprometidas con el cuidado del medio ambiente, la preservación y uso sustentable de los recursos naturales. A nivel federal es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y sus órganos descentralizados (CONANP, CONAGUA, CONAFOR, CONABIO, INECC y PROFEPA) encargados de todo lo relacionado con la protección,

conservación y aprovechamiento de los recursos naturales del país y de la conformación y establecimiento de políticas ambientales a nivel nacional (Micheli, 2002).

A nivel estatal la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) del Estado de México es la encargada de planear, coordinar, dirigir y evaluar los asuntos relacionados en materia de protección al ambiente, en coordinación con sus órganos descentralizados (CEPANAF, PROPAEM, PROBOSQUE y IEECC). Por parte de los gobiernos municipales, son la regiduría y la dirección de medio ambiente de cada municipio que conforma el territorio del ANP, las encargadas de proteger y fomentar el equilibrio ecológico de su municipio (SMA, 2018).

El principal interés de las instancias gubernamentales, son aquellas enmarcadas dentro de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, establecidas por el Ejecutivo Federal y orientadas hacia erradicar la pobreza y alcanzar un desarrollo sostenible e incluyente. Objetivo que se espera lograr con la participación activa de los tres órdenes de Gobierno, en coordinación con el Poder Legislativo y Judicial, la iniciativa privada, la academia y las agencias internacionales.

Sin embargo, las principales problemáticas que se detectaron durante este análisis son: a) no existen redes de confianza entre los pobladores de las localidades ubicadas al interior del parque y en zonas adyacentes con los tres niveles de Gobierno, esto como consecuencia de los constantes procesos de corrupción y b) los programas de manejo ambiental diseñados por los gobiernos son a largo plazo, sin embargo, sus objetivos tienen un periodo de vida administrativo de seis años a nivel federal y estatal, y tres años a nivel municipal. Lo que trae como consecuencia que los objetivos a largo plazo no se cumplan, ya que estos suelen ser modificados durante cada administración, de acuerdo a los intereses y compromisos políticos, económicos y sociales.

Es importante tener en cuenta que los proyectos orientados hacia el desarrollo sustentable del territorio deben ser a largo plazo, situación que se debe considerar en los tres niveles de gobierno. Ya que las instancias gubernamentales representan el mayor número de aportaciones económicas, tecnológicas y técnicas, aportaciones orientadas hacia el

aprovechamiento sustentable de los espacios geográficos ocupados por las ANP en México (Tablas 34, 35 y 36).

Tabla 34. Matriz de involucrados. Entidades de Gobierno federal involucradas en la administración del territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Grupo	Tipo	Involucrados	Problemas	Recursos
GOBIERNO FEDERAL	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT).	Dirección general de ordenamiento e impacto ambiental.	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (sexenal).	Económicos, técnicos y tecnológicos.
	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).	Región Centro y Eje Neovolcánico.	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (sexenal).	Económicos, técnicos y tecnológicos.
	Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).	Gerencias de consejos de cuenca.	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (sexenal).	Económicos, técnicos y tecnológicos.
	Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).	Gerencia Estatal México.	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (sexenal).	Económicos, técnicos y tecnológicos.
	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).	Coordinación General de Corredores y Recursos Biológicos.	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (sexenal).	Económicos, técnicos y tecnológicos.
	Instituto Nacional de Ecología y Cambio	Coordinación general de crecimiento verde.	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción).	Económicos, técnicos y tecnológicos.

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

	Climático (INECC).		2. Objetivos a corto plazo (sexenal).	
	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).	Subprocuraduría de recursos naturales.	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (sexenal).	Económicos, técnicos y tecnológicos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Matriz de involucrados. Entidades de Gobierno estatal involucradas en la administración del territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Grupo	Tipo	Involucrados	Problemas	Recursos
GOBIERNO ESTATAL	Secretaría del Medio Ambiente (SMA).	Dirección general de ordenamiento e impacto ambiental.	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (sexenal). 3. No hay personal suficiente que asesore los objetivos orientados hacia el desarrollo sustentable.	Económicos, técnicos y tecnológicos.
	Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF).	Subdirección de atención y gestión de áreas naturales protegidas.	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (sexenal). 3. No hay personal suficiente que asesore los objetivos orientados hacia el desarrollo sustentable.	Económicos, técnicos y tecnológicos.
	Procuraduría de Protección al Ambiente del	Subprocuraduría de protección a la fauna.	1. No existen redes de confianza	Económicos, técnicos y tecnológicos.

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

GOBIERNO ESTATAL	Estado de México (PROPAEM).		gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (sexenal). 3. No hay personal suficiente que asesore los objetivos orientados hacia el desarrollo sustentable.	
	Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE)	Dirección de protección forestal.	de 2. Objetivos a corto plazo (sexenal). 3. No hay personal suficiente que asesore los objetivos orientados hacia el desarrollo sustentable.	Económicos, técnicos y tecnológicos.
	Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático (IEECC).	Subdirección de adaptación y crecimiento verde.	de y 2. Objetivos a corto plazo (sexenal). 3. No hay personal suficiente que asesore los objetivos orientados hacia el desarrollo sustentable.	Económicos, técnicos y tecnológicos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Matriz de involucrados. Entidades de Gobierno municipal involucradas en la administración del territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Grupo	Tipo	Involucrados	Problemas	Recursos
GOBIERNO MUNICIPAL	H. Ayuntamiento	Regiduría de medio ambiente	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (trienio). 3. El perfil de los servidores públicos no es el adecuado.	Económicos.
		Dirección de medio ambiente	1. No existen redes de confianza gobierno/comunidad (corrupción). 2. Objetivos a corto plazo (trienio). 3. El perfil de los servidores públicos no es el adecuado.	Económicos.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.3 Instancias académicas y de investigación

En cuanto a las instancias académicas y de investigación que deben ser consideradas en el desarrollo e instrumentación de estrategias del territorio, son la Universidad Autónoma del Estado de México y algunos de sus centros e institutos de investigación que orientan sus investigaciones hacia el desarrollo sustentable de los territorios, además de incluir a otros institutos de investigación presentes en la entidad mexiquense. Los intereses que estas instancias deben perseguir son los establecidos en el marco jurídico de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que establece que la colaboración debe de ser entre los órdenes de Gobierno, los Poderes Legislativo y Judicial, la iniciativa privada, las agencias internacionales y la academia.

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

Esta última puede proveer de investigaciones científicas orientadas hacia el desarrollo sustentable del territorio del ANP. Sin embargo, una de las principales limitantes identificadas en este proceso de investigación es el restringido financiamiento interno y externo para el desarrollo de proyectos de investigación (Tabla 37). Ejemplo de ello es el Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECyT), una de las principales fuentes de financiamiento para alumnos e investigadores del Estado de México. Durante el año 2018 realizó una reestructuración de los sectores estratégicos, considerando dentro de sus políticas internas, dar apoyos económicos solo a los sectores relacionados con el sector agroalimentario, automotriz, plástico, químico y de salud, dejando de lado todo lo relacionado con el ambiente, la sustentabilidad y los recursos naturales.

Tabla 37. Matriz de involucrados, instancias académicas y de investigación consideradas en el desarrollo del territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Grupo	Tipo	Involucrados	Problemas	Recursos
INSTANCIAS ACADÉMICAS Y DE INVESTIGACIÓN	Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex).	Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable de la Universidad. Centro de Investigación en Recursos Bióticos (CIRB). Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Planeación Territorial. Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA). Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable (CEDES).	Limitado financiamiento para el desarrollo de investigaciones.	Investigación y tecnológicos.

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

Instituto Tecnológico de Toluca (TECNM).	Doctorado en Ciencias Ambientales.	en	Limitado financiamiento para el desarrollo de investigaciones.	Investigación y tecnológicos.
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).	Gerencias de Ciencias Ambientales.	de	Limitado financiamiento para el desarrollo de investigaciones.	Investigación y tecnológicos.

Fuente: Elaboración propia.

Con el desarrollo de análisis de involucrados, se logró identificar al mayor número de implicados que deben ser considerados en el desarrollo de estrategias, programas y de políticas de manejo ambiental. Para el caso de esta investigación, uno de los objetivos es la reestructuración de las políticas de manejo ambiental del ANP, fundamentadas desde una perspectiva metodológica y teórica, y concebida desde pensamiento incluyente, integral y holístico. Por este motivo el análisis de involucrados, permite darle una mayor objetividad al proceso de análisis territorial, con el objeto de clarificar a quiénes se deben de involucrar en dicho análisis y estar presente a lo largo del diseño y ejecución del proyecto, ya que estos actores juegan un papel importante en la selección de estrategias, monitoreo y evaluación del proyecto.

3.2.2 Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)

El análisis FODA, es un método que está orientado hacia la identificación, análisis y resolución de problemas. En esta investigación con enfoque territorial, la aplicación del método FODA, se utilizó para identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que existen dentro del territorio del parque, la cuales fueron identificadas a partir de la caracterización integral del territorio y por medio de la aplicación de métodos y técnicas de teledetección y fotointerpretación, así como por recorridos de campo por lo diferentes ambientes que conforman el área geográfica de estudio.

Para cumplir con el enfoque de análisis integral, la aplicación del método FODA en esta fase de la investigación, se realizó a partir de la situación actual del territorio, evaluando los

subsistemas (ambiental, sociocultural y administrativo) que conforman el espacio geográfico del parque. El orden en que aparecen registradas las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenaza en cada subsistema es por jerarquía, es decir, que se determinaron de acuerdo al impacto que tienen sobre el territorio del parque y sus componentes. A continuación, se describen las fases de análisis de cada subsistema.

3.2.2.1 Subsistema ambiental

El subsistema ambiental del parque, está conformado por ecosistemas, que a su vez están compuestos por una serie de recursos naturales (flora y fauna). El análisis de este subsistema se realizó mediante un estudio integral del ambiente y de los elementos que lo componen: a) ubicación geográfica; b) topografía, c) geología, d) clima, e) hidrología, d) edafología y e) usos del suelo. Elementos que conforman el territorio desde un punto de vista ambiental y los cuales se analizaron bajo las consideraciones metodológicas FODA. Mediante una matriz cuadrada se examinaron las características internas (Debilidades y Fortalezas) y la situación externa (Amenazas y Oportunidades) de los componentes ambientales del territorio de estudio.

Como se puede observar en la matriz FODA del subsistema ambiental del parque (Tabla 38), la principal fortaleza es su ubicación biogeográfica, característica biogeográfica que le aporta al territorio una biodiversidad significativa de flora y fauna, que genera una importante variedad de servicios ecosistémicos como: agua, oxígeno, alimentos, materias primas entre otros servicios, que son aprovechados por las poblaciones locales y aledañas al territorio del ANP.

Sin embargo, por su ubicación geográfica, entre tres de las principales metrópolis del centro de México, el territorio presenta fuertes presiones antrópicas, la más común son los procesos de degradación ambiental a consecuencia de los cambios de cobertura del suelo (de bosque a agricultura, de agricultura a pastizal y finalmente en algunas zonas, de pastizal a cárcavas). Este fenómeno tiende a desarrollarse en las partes bajas del territorio, donde se encuentran ubicadas localidades y la red de vías de comunicación es más amplia y se conecta con las principales ciudades del centro de México.

Como parte de las oportunidades con las que puede contar el territorio a futuro, son que algunas áreas del parque cuentan con protección federal, por formar parte de otras áreas naturales protegidas administradas por la federación. Además, el 90% del territorio del ANP está declarado por la CONABIO y algunas ONG internacionales (GREENPEACE y CONSERVACIÓN INTERNACIONAL MÉXICO) como el Gran Bosque de Agua. Declaratorias nacionales e internacionales que se pueden traducir en oportunidades para gestionar recursos económicos, científicos, tecnológicos, académicos y comunitarios, en pro de la conservación y mejoramiento ambiental de los ecosistemas que conforman el territorio del parque.

Sin embargo, algunas de las amenazas identificadas en el subsistema ambiental están asociadas con el acelerado y desordenado crecimiento habitacional de las metrópolis de México, Toluca y Cuernavaca, y de la carente instrumentación de las políticas de manejo ambiental establecidas dentro del Programa de Manejo del ANP. Estas amenazas en conjunto, han traído como consecuencia importantes procesos de degradación y fragmentación, pues de acuerdo con la caracterización territorial del parque no existe un control adecuado de las actividades socioeconómicas que se desarrollan al interior del parque.

Durante los recorridos de campo fue posible observar, cómo algunas actividades agrícolas, ganaderas, forestales e incluso habitacionales se desarrollan en áreas de protección, conservación e incluso en zonas de restauración. Realidad que se contrapone con los objetivos del Plan de Manejo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México.

Tabla 38. Matriz FODA del subsistema ambiental del Parque Otomí-Mexica del Estado de México

POTENCIALIDADES	
Fortalezas	Oportunidades
<p>F1. Ubicación geográfica (zona de transición ecológica), además de ser el ANP de mayor extensión territorial del centro de México.</p> <p>F2. Cuenta con protección Federal y Estatal. Su estatus de Parque Estatal, se encuentra dentro de la clasificación de Ley General del Equilibrio Ecológico y la</p>	<p>O1. Por su ubicación geográfica y amplia composición ecosistémica el territorio del ANP debe ser prioridad de los Programas de Conservación del Gobierno Federal y Estatal. Para conservar, resguardar, proteger y aprovechar los ecosistemas y los recursos naturales que genera su territorio.</p>

Protección al Ambiente (LGEEPA) (estatus Federal) y en la clasificación de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México (SMA) (estatus Estatal).

F3. Forma parte del gran bosque de agua, que alberga casi el 2% de la biodiversidad mundial, y del “Corredor Biológico Ajusco-Chichinautzin”.

F4. Cuenta con un Plan de Manejo actualizado al año 2016, realizado por el Colegio de Ciencias Geográficas del Estado de México y aprobado por la Unidad de Asuntos Jurídicos de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna

F5. Su territorio tiene un relieve accidentado que genera un difícil acceso a los ecosistemas y recursos naturales ubicados en las partes de mayor altitud.

F6. Cuenta con una riqueza de biodiversidad de flora y fauna, pues 11 de los 22 ecosistemas que existen en el territorio del Estado de México se encuentran ubicados al interior del límite administrativo del parque en donde se albergan 48 especies de vertebrados endémicos.

F7. Sus ecosistemas producen gran cantidad de servicios ecosistémicos que son aprovechados por las localidades internas y externas del parque.

F8. La masa forestal produce oxígeno para 1, 305, 432 personas por día y absorbe aproximadamente 253, 834 toneladas de CO2 anualmente.

F9. Su cobertura forestal evita la erosión del suelo y la evaporación de los 1, 830 kilómetros de longitud de ríos y cuerpos de agua. Además, mantiene la fertilidad de los suelos y resguarda la fauna polinizadora que habita en ellos, garantizando la polinización de cultivos.

F10. Es una de las principales zonas de recarga hídrica, ya que, la precipitación

O2. El territorio del ANP forma parte del Gran Bosque de Agua que alberga casi el 2% de la biodiversidad mundial. Situación que podría beneficiar la gestión de recursos económicos nacionales e internacionales, ante el Estado (Federal, Estatal y Municipal) o las ONG de carácter internacional (WWF-México, Greenpeace, Ecosfera, Pronatura-México entre otras). Con el fin de conservar, salvaguardar o mejorar las condiciones de los ecosistemas locales.

O3. Su amplia composición ecosistémica y faunística es un factor ambiental de suma importancia para considerar al territorio del ANP dentro de las regiones terrestres prioritarias de México, establecidas por la CONABIO.

O4. El territorio está considerado dentro del Programa de Aprovechamiento Forestal Maderable. Situación que puede contribuir a obtener certificaciones forestales nacionales e internacionales, como la Auditoria Técnica Preventiva (ATP) o el *Forest Stewardship Council* (FSC). Certificaciones que pueden ayudar a mejorar las cadenas de producción y darles un valor agregado a los productos locales por medio de sellos de calidad.

O5. Su territorio está considerado dentro de las zonas prioritarias para la creación e implementación de Unidades de Manejo Ambiental (UMA). Situación que podría fomentar la conservación de especies silvestre locales incluidas en la NOM-059 SEMARNAT-2001, protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo. Ej. la Víbora de cascabel (*Crotalus transversus*) y el Ajolote de montaña (*Ambystoma altamirani*) y de otras 13 especies locales incluidas en la NOM.

O6. La cercanía del territorio con Universidades Nacionales y Estatales, es un factor que puede permitir la generación de

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

<p>anual que cae dentro del parque es de 1, 167 mm³. De los cuales 884.64 mm³ (76%) se evapora, 221.16 mm³ (19%) escurren y forman corrientes perennes e intermitentes externas e internas y solo 61.2 mm³ (5%) se infiltra y alimenta a los mantos freáticos del Valle de México y Toluca.</p>	<p>conocimientos e información científica, así como formación de recursos humanos en pro del mejoramiento de los ecosistemas locales y de los asentamientos humanos ubicados en el ANP.</p>
---	---

L I M I T A N T E S

Debilidades	Amenazas
<p>D1. Por su ubicación geográfica, el territorio tiene una fuerte presión antrópica de más de 27 millones de habitantes que forman parte de tres grandes metrópolis del centro de México (México, Toluca y Cuernavaca).</p> <p>D2. No existen registros de monitoreo sobre espacios geográficos administrados bajo políticas de manejo ambiental, lo que ocasiona un control inadecuado sobre las actividades económicas que se desarrollan al interior del límite administrativo del ANP.</p> <p>D3. El cambio de coberturas del suelo a formas no sustentables con fines de urbanización, aprovechamiento ganadero o agrícola es una de las causas principales de fragmentación, reducción de la recarga hídrica, contaminación de los acuíferos y pérdida de la biodiversidad del espacio geográfico.</p> <p>D4. La tala clandestina que se practica de manera local genera un alto impacto ambiental sobre los ecosistemas locales y un costo social en cuanto a la provisión de servicios ecosistémicos.</p> <p>D5. Los ecosistemas padecen fuertes procesos de fragmentación ocasionados por actividades forestales, agrícolas y ganaderas.</p> <p>D6. La tasa de crecimiento de las zonas de aprovechamiento es del 3.5% anual.</p> <p>D7. Existe pérdida de biodiversidad de flora y fauna que se alberga y desarrolla en</p>	<p>A1. El acelerado y desordenado crecimiento de las metrópolis de México, Toluca y Cuernavaca, generan proceso de degradación ambiental sobre los ecosistemas y recursos naturales dentro de las zonas de amortiguamiento y al interior del límite administrativo del ANP.</p> <p>A2. La aprobación de los tres niveles de gobierno para la construcción y modernización de la red comunicaciones y transportes, así como la construcción de nuevos complejos habitacionales genera importantes procesos de fragmentación ecosistémica, aislamiento y pérdida de interacción entre comunidades de especies animales y vegetales locales.</p> <p>A3. Existe un constante crecimiento irregular de espacios destinados para el desarrollo de actividades turísticas y recreativas. Lo que ocasiona la disminución y en algunos casos la erradicación total de especies arbóreas, arbustivas y herbases que sirven de hábitat y alimento para las especies de fauna silvestre local.</p> <p>A4. Existen industrias químicas que producen fertilizantes, pesticidas, aceites y líquidos automotrices, establecidas dentro del límite administrativo del parque, lo que podría ocasionar un crecimiento industrial a futuro, si no, se consideran las regulaciones ambientales apropiadas para su establecimiento.</p> <p>A5. El constante crecimiento de áreas para el desarrollo agrícola en zonas de amortiguamiento ecológico, está</p>

<p>ambientes locales de bosques, pastizales, matorrales, cuerpos de agua y milpas. 15 especies silvestres locales de fauna están incluidas en la NOM-059 SEMARNAT-2001, de las cuales 14 están clasificadas como amenazadas y una en peligro.</p> <p>D8. Hay presencia de incendios forestales ocasionados por las malas prácticas forestales, agrícolas y turísticas.</p> <p>D9. Existe contaminación de manantiales, ríos y arroyos de aguas cristalinas y del paisaje en general, por la instalación de espectaculares, construcción de infraestructura, viviendas y apertura de tiraderos de basura clandestinos.</p> <p>D10. Solo uno (Nicolás Romero) de los 17 municipios que conforman el territorio del parque, cuenta con Plan de Ordenamiento Ecológico. Decretado y publicado en la página web de la Dirección General de Ordenamiento e Impacto Ambiental del Estado de México.</p>	<p>provocando un constante crecimiento territorial de las zonas destinadas al aprovechamiento. Fenómeno que puede acelerar a futuro la disminución territorial de los ecosistemas locales.</p> <p>A6. La demanda de agua potable generada por las metrópolis del centro de México, está ocasionando la sobreexplotación y entubamiento de manantiales en las zonas de montaña.</p> <p>A7. La contaminación acústica y visual del paisaje, pueden generar procesos de perturbación a la biodiversidad local. Situación que podría ocasionar que especies locales realicen cambios de hábitat y con ello se ponga en riesgo a las poblaciones locales de fauna a consecuencia de los procesos de adaptación, además de afectar el funcionamiento y regulación natural de los ambientes locales.</p>
---	---

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.2 Subsistema sociocultural

El subsistema sociocultural del territorio está compuesto de las 165 localidades ubicadas al interior del límite administrativo del parque, de la población que habita actualmente en ellas y de la serie de actividades socioculturales que se desarrollan dentro de su espacio geográfico de influencias. El análisis FODA del subsistema sociocultural tuvo como objetivo realizar un análisis integral sobre las características de la población, educación, salud, vivienda, servicios básicos, economía y tenencia de la tierra. Elementos que formar parte del territorio y que fueron seleccionados para su análisis en esta investigación. A continuación, se muestra el análisis FODA del subsistema sociocultural del parque (Tabla 39).

Tabla 39. Matriz FODA del subsistema sociocultural del Parque Otomí-Mexica del Estado de México

POTENCIALIDADES	
Fortalezas	Oportunidades
<p>F1. Al interior del parque se encuentran ubicados pueblos originarios de México (otomíes, mazahuas y matlazincas), con un profundo respecto espiritual hacia los ambientes locales y los recursos naturales y servicios ecosistémicos que estos les proveen para desarrollar sus actividades socioculturales.</p> <p>F2. La densidad de población que habita al interior del límite administrativo del parque es de 145 habitantes por kilómetro cuadrado. Densidad de población considerada por INEGI y otras dependencias federales (CONAPO y CONEVAL) como relativamente baja.</p> <p>F3. El índice de alfabetismo de los municipios que conforman el territorio del ANP es del 95%, factor que puede favorecer al desarrollo de programas de educación y concientización ambiental.</p> <p>F4. Los municipios que conforman el territorio del ANP, cuentan con su plan Municipal de Desarrollo Urbano, publicados en la página electrónica de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Metropolitano del Estado de México. Instrumentos que pueden contribuir planear y regular el ordenamiento de los asentamientos humanos al interior del límite administrativo del ANP.</p> <p>F5. El 46% de los municipios que conforman el territorio del ANP, presentan niveles muy bajos de marginación. Criterio estadístico que puede ayudar al diseño de estrategias de desarrollo local desde una perspectiva de homogeneidad.</p> <p>F6. Existen 12 zonas arqueológicas, reconocidas por el INAH dentro del espacio geográfico del parque, característica</p>	<p>O1. Desarrollar e instrumentar una estrategia de comunicación social en educación ambiental para autoridades locales, comunidades y sector educativo.</p> <p>O2. Ordenar el uso de la tierra de acuerdo a su uso potencial, por medio de programas de: Ordenamiento Ecológico y Ordenamiento Territorial del Gobierno Federal, Estatal, Municipal. El objetivo, la instrumentación y monitoreo de estrategias a largo plazo que permitan el desarrollo local sustentable del territorio y sus localidades.</p> <p>O3. Simplificar los procesos y requisitos para solicitar apoyos en pro de la conservación de ecosistemas locales. Ej. Proyectos de pago por servicios ambientales, entre los que se pueden destacar: Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, Aprovechamiento Forestal Maderable, Plantaciones Forestales Comerciales, Programa de Reforestación y Restauración Integral de Microcuencas entre otros.</p> <p>O4. Regularizar tierras en conflictos (litigio), para definir estrategias afines a cada tipo de tenencia de la tierra y con ello evitar conflictos sociales a futuro y la degradación ambiental de los ecosistemas locales.</p> <p>O5. Instituir y mejorar los mecanismos jurídicos e institucionales, para detectar y detener en tiempo y forma el establecimiento de asentamiento humanos irregulares, dentro de los espacios geográficos del parque que cuenten con el resguardo de políticas de manejo de protección, restauración y conservación.</p>

<p>histórica que puede ayudar a promover la riqueza cultural del territorio y desarrollar investigaciones de carácter académicas y científicas.</p> <p>F7. Proporciona espacios naturales para el desarrollo de actividades turísticas y de recreación para los habitantes de zonas locales y adyacentes.</p> <p>F8. Las áreas naturales del parque proporcionan fuentes de empleo para la población local. Ej. empleos directos e indirectos relacionados con el turismo y la creación y confección de artesanías como: utensilios de ocochal, escobas y escobetas de raíz, confección de prendas de vestir de lana entre otras artesanías que se elaboran a partir del conocimiento local de los habitantes sobre sus ambientes.</p>	<p>O6. Establecer límites territoriales, con el fin de frenar la expansión territorial de las zonas de aprovechamiento en donde actualmente se practican actividades agrícolas, ganaderas, habitacionales y de recreación.</p> <p>O7. Gestionar ante el Gobierno Estatal y Federal, el desarrollo obligado de Ordenamientos Ecológicos Municipales, y con ello generar estrategias regionales de desarrollo sustentable a largo plazo. Ej. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas y especies locales.</p> <p>O8. Promover la creación de grupos sociales encargados de observar y vigilar el desarrollo de actividades permitidas, controladas y restringidas dentro del territorio administrativo del parque.</p> <p>O9. Fomentar el desarrollo de protocolos locales, en los cuales se determine jurídicamente las sanciones o reconocimientos, derivados de la identificación del desarrollo inadecuado de actividades económicas y de aprovechamiento.</p>
--	--

L I M I T A N T E S

Debilidades	Amenazas
<p>D1. La población de localidades internas y externas al territorio del parque ejercen procesos de cambios en las coberturas originales del suelo.</p> <p>D2. Lo municipios que conforman la zona conurbada de la Ciudad de México, presentan una alta densidad de población que aumenta año con año (zona de amortiguamiento ecológico del ANP). El crecimiento exponencial de la población de esta zona es del 6.68% lo que representa un aumento constante de población.</p> <p>D3. Existen asentamientos humanos irregulares ubicados en áreas bajo el resguardo de políticas de manejo ambiental (protección, restauración y conservación).</p>	<p>A1. Las metrópolis (CDMx, Toluca y Cuernavaca) ubicadas en ambientes adyacentes al parque, presentan un acelerado y desordenado crecimiento urbano desde la década de 1970. Crecimiento que viola los lineamientos jurídicos de los Planes de Desarrollo Urbano (Municipios) y el Programa General de Desarrollo Urbano (Ciudad de México).</p> <p>A2. Los 27 millones de habitantes que viven en espacios adyacentes al ANP (metrópolis, localidades urbanas y rurales) representan una demanda desmedida de servicios ecosistémicos como: agua, alimentos y zonas recreativas. Además de generar</p>

<p>D4. El territorio del ANP está administrado bajo tres tipos de tenencia de la tierra (ejidal, comunal y propiedad privada) situación que genera conflictos sociales por el uso y aprovechamiento de los recursos naturales.</p> <p>D5. El crecimiento de infraestructura habitacional en el territorio del ANP, es de unas 10 mil viviendas anualmente. Lo que representa una pérdida de 80 a 150 hectáreas de ecosistemas locales.</p> <p>D6. Existe una carencia instrumentación de estrategias para ejecutar los objetivos de los planes de ordenamiento territorial.</p> <p>D7. De acuerdo a los criterios del Banco Mundial, el 45.08% de la población que habita en ambientes del parque, está considerada dentro del rango de vulnerabilidad económica.</p> <p>D8. Existen zonas del parque con problemas de litigio.</p> <p>D9. Hay una constante expansión de zonas destinadas a actividades de turísticas y de recreación sobre ambientes naturales frágiles.</p>	<p>problemas de contaminación, atmosférica, hídrica, acústica, visual y del suelo.</p> <p>A3. Las zonas destinadas del parque para actividades productivas como alimentos e insumos agrícolas han tenido un crecimiento territorial del 31.71% en los últimos siete años, porcentaje que representa un crecimiento neto de 10,052 hectáreas.</p> <p>A5. La constante modernización y ampliación de infraestructura vial y de servicios, ha traído como consecuencia procesos de fragmentación (el territorio en la actualidad está dividido en 24 porciones) ambiental y contaminación del paisaje. Lo que representa procesos de aislamiento para las comunidades vegetales, animales y la migración de algunas especies locales.</p> <p>A6. El crecimiento de zonas industriales ubicadas en áreas periféricas del ANP, representan mayores niveles en la demanda de agua y un aumento constante en el tráfico vehicular que transita por el territorio del parque.</p> <p>A7. Escasa participación social en Programas de Manejo de ANP, Ordenamientos Ecológicos, Ordenamientos Territoriales y Planes Municipales de Desarrollo Urbano, ausencia que generar conflictos sociales por la zonificación espacial del territorio que se establece en estos instrumentos de planeación territorial.</p>
--	---

Fuente: Elaboración propia.

La principal fortaleza identificada del subsistema sociocultural, está basada en la cosmovisión de sus habitantes, ya que, dentro del territorio del ANP se encuentran establecidas una serie de localidades que aún conservan las ideologías de los pueblos originarios del centro de México, quienes veneraban y aun veneran con gran respeto a los bosques del parque, catalogados como “Santuario del Agua”, “Área Natural Protegida” y “Patrimonio Ecológico del Estado de México”. Situación que puede ayudar a mejorar el

cuidado de los ecosistemas y recursos naturales, además de ser una de las piezas clave para el desarrollo de programas de educación ambiental, los cuales deben estar orientados a divulgar la importancia ambiental, sociocultural e histórica del territorio Otomí-Mexica, entre las localidades que se encuentran ubicadas al interior del límite administrativo del ANP y posteriormente en localidades aledañas a su espacio geográfico.

Sin embargo, la mayoría de las localidades ubicadas al interior del parque no comparten las cosmovisiones de los pueblos originarios (otomíes y matlazincas) de venerar simbólicamente a los ecosistemas y recursos naturales del territorio. Durante los recorridos de campo por diversas localidades, fue posible observar e identificar como las poblaciones de algunas de ellas realizan un aprovechamiento irracional de los recursos naturales y ecosistemas, problema que está generando procesos de cambio en las coberturas originales del suelo. Esta problemática se asocia directamente con la alta densidad de población de las metrópolis del centro de México, quienes demandan más y mejores servicios básicos, de consumo, comunicación y recreación. Actividades que se pueden considerar como las principales debilidades socioculturales a las que el territorio del ANP está expuesto actualmente.

Como parte de las externalidades que se identificaron mediante el análisis FODA, encontramos las Oportunidades y Amenazas socioculturales a las que se enfrenta el territorio del ANP. Como parte de las Amenazas se identifica, que el parque al estar situado geográficamente entre tres de las metrópolis más grandes de México, estas generan fuertes presiones antrópicas con sus más de 27 millones de habitantes. Presiones que se traducen en constantes crecimientos habitacionales, industriales e infraestructura de servicios como comunicaciones, transportes y de recreación. Actividades que se generan en las zonas aledañas al parque y que representan problemas de contaminación atmosférica, hídrica, acústica, visual y del suelo dentro de los límites del ANP.

Sin embargo, pese al gran número de Debilidades y Amenazas a las que se enfrenta el territorio Otomí-Mexica, se lograron identificar una serie de Oportunidades valiosas que podrían ayudar a contrarrestar y mejorar lo expuesto anteriormente. Una de ellas se orienta hacia el sector educativo, en el que las estadísticas indican que el 96% de los habitantes del ANP están alfabetizados, situación que podría ayudar a mejorar las características ambientales y preservar los rasgos socioculturales del territorio, esto a partir del desarrollo e

instrumentación de programas de educación ambiental orientados al sector gubernamental y social de los municipios que conforman el parque.

3.2.2.3 *Subsistema administrativo*

La parte administrativa del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, se relaciona estrechamente con los grupos de trabajo de la administración pública federal, estatal, municipal, instituciones académicas y centros de investigación, agrupaciones locales, empresarios, organizaciones no gubernamentales y de otros organismos de carácter social o privado. Cada organismo o grupo de trabajo, está encargado de organizar eficazmente los flujos administrativos, contables y operativos, que les permita definir prioridades, necesidades y mecanismos de instrumentación a mediano y largo plazo, en pro de la conservación y manejo sustentable del territorio. Además de desarrollar e instrumentar mecanismos eficientes, capaces de integrar los diferentes niveles de autoridad participes en la dirección y administración del parque.

Sin embargo, desde una perspectiva real el funcionamiento administrativo del parque presenta una serie de deficiencias administrativas que han puesto y que ponen en entredicho los objetivos de decreto del ANP. Desde esta perspectiva, se desarrolla el análisis FODA del subsistema administrativo del parque, se logró identificar las causalidades internas y externas a las que se enfrenta el territorio en materia administrativa, jurídica y organización social (Tabla 40).

Tabla 40. Matriz FODA del subsistema administrativo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México

POTENCIALIDADES	
Fortalezas	Oportunidades
F1. El territorio se encuentra ubicada dentro de las regiones de mayor importancia biológica, según el Índice de Importancia Biológica (IIB), basado en 47 variables, incluyendo cobertura de vegetación primaria, número de tipos de vegetación, número de especies endémicas de vertebrados y especies de plantas y	O1. La ubicación geográfica y administrativa, así como la importancia de su biodiversidad, puede ser un factor benéfico para obtener fuentes de financiamiento de la Federación, el Estado, los Municipios, ONG y asociaciones civiles encargadas e interesadas en la conservación y mejora del ambiente. Ej. Proyecto Gran Bosque del Agua en México, fuentes de

vertebrados incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

F2. El parque se encuentra ubicado en un área de importancia para la conservación de las aves (Sur del Valle de México), una región hidrológica prioritaria (Cabecera del Río Lerma) y una región terrestre prioritaria (Ajusco-Chichinautzin).

F3. El territorio comparte su espacio geográfico con tres ANP federales, seis ANP estatales y un área de protección regional (proyecto Bosque de Agua) establecida y financiada por ONG internacionales (Greenpeace, Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P., Fundación Biósfera del Anáhuac, A.C. y Pronatura México, A.C.). Lo que puede fomentar la participación conjunta de instituciones públicas, privadas, académicas, organizaciones de campo y la sociedad civil en general.

F4. Existe una Red Nacional de Sistemas Estatales de Áreas Naturales Protegidas, que tiene por objetivo fortalecer mecanismos de vinculación para el manejo integral de las áreas naturales protegidas de carácter estatal.

F5. Cuenta con un plan de manejo actualizado que planea y regula las actividades, acciones y lineamientos básicos para la operación y administración del territorio del parque.

F6. Cuenta con una zonificación territorial y definición de reglas administrativas y de operación, que regula el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro del territorio.

F7. Dentro del espacio geográfico del ANP, hay presencia del programa de pago por servicios ecosistémicos como: pago por servicios hidrológicos, plantaciones forestales y aprovechamientos forestales.

financiamiento ONG y fundaciones nacionales e internacionales como: Greenpeace y Fundación Gonzalo Río Arronte.

O2. Formar un consejo interno conformado por autoridades de la Administración Pública Federal, Estatal, Municipal, instituciones académicas y centros de investigación, agrupaciones locales, empresarios, ONG y de otros organismos de carácter social o privado, así como personas físicas con reconocido y prestigio en materia de ANP. Tal y como se establece en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas, en el Capítulo IV, de los Consejos de Asesores.

O3. Establecer una dependencia autónoma y permanente, encargada de instituir protocolos de trazabilidad y monitoreo de programas y estrategias de desarrollo local sustentable a partir de indicadores para determinar el estado continuo de los componentes territoriales del parque.

O4. Instituir de manera jurídica y obligatoria, la continuidad a programas de desarrollo e investigación a largo plazo. Ya que, por medio de estas estrategias se pueden obtener indicadores para determinar la dinámica ambiental, sociocultural y administrativa del territorio

O5. Crear un fondo (fideicomiso) autónomo que pueda concentrar las aportaciones gubernamentales, privadas y civiles, y destinarlas de acuerdo a las prioridades y necesidades del territorio y su población.

O6. Desarrollar, instrumentar y monitorear programas en función específica de los componentes biofísicos y socioculturales que conforman el territorio del ANP. Ej. Estudios de hidrología, cambios de uso del suelo, dinámica de la población, actividades económicas entre otros.

<p>F8. Cuenta con un respaldo jurídico de leyes y reglamentos de carácter federal, establecidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y un Reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas. Además de existir una legislación estatal, respaldada en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de México y en el Código para la Biodiversidad del Estado de México.</p>	<p>O7. Establecer/fortalecer estrategias laborales/investigación, entre dependencias gubernamentales, académicas y sociales, con el fin de diseñar programas que contengan estrategias formuladas desde una perspectiva administrativa, científica y empírica (enfoque incluyente).</p>
--	--

L I M I T A N T E S

Debilidades	Amenazas
<p>D1. El territorio está ubicado entre las regiones de mayor vulnerabilidad del país que presenta los mayores Índices de Riesgo. Basado en 18 factores que amenazan a la biodiversidad, tales como fragmentación, cambio de uso del suelo, incremento de la población con marginación social establecidos por la CONABIO.</p> <p>D2. Existen escasos lazos laborales, de investigación y académicos, entre la Administración Pública Federal, Estatal, y Municipal, con instituciones académicas, centros de investigación, agrupaciones locales, empresarios, ONG y de otros organismos de carácter social y privado.</p> <p>D3. No existe un consejo interno que realice actividades de monitoreo, seguimiento y mejoramiento de los componentes territoriales del ANP. Tal y como se establece en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas, en el Capítulo IV, de los Consejos Asesores.</p> <p>D4. Los programas implementados por las instancias gubernamentales, no tienen seguimiento a largo plazo, pues estos programas se reestructuran conforme cambia la administración federal (sexenal), estatal (sexenal) y municipal (trienio).</p>	<p>A1. La región del Otomí-Mexica carece de un esquema institucional que promueva la colaboración y articulación de la acción conjunta de los tres niveles de gobierno, ONG, académicos, productores agrícolas, iniciativa privada y propietarios de la tierra, para asegurar su conservación a largo plazo.</p> <p>A2. No existe un programa de Ordenamiento Ecológico, con el que, se identifique la vocación potencial y productiva del territorio y del cual se deriven una serie de acciones armónicas con el ambiente que garanticen el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y socioculturales.</p> <p>A3. Existe autorización gubernamental para la construcción de zonas residenciales en áreas resguardadas bajo la política de manejo ambiental “Protección”. Autorización que se contraponen a los lineamientos establecidos en el Programa de Manejo y decreto del ANP.</p> <p>A4. Las zonas de influencia del parque, presentan fuerte proceso de degradación ambiental, los cuales se están replicando aceleradamente en las zonas internas del ANP. Ej. Cambios de uso de suelo, procesos de fragmentación ecosistémica, contaminación de ríos y cuerpos de agua, entre otros.</p>

<p>D5. No existen lazos de confianza entre los grupos sociales locales y la administración pública, que permita el desarrollo de programas de conservación, monitoreo y mejoramiento de ecosistemas naturales y sociales a largo plazo.</p> <p>D6. Existe confusión entre los grupos sociales locales, sobre la diferencia entre los grupos que pertenecen a instancias gubernamentales y no gubernamentales, académicas y de asociaciones civiles. Lo que dificulta el desarrollo de programas de investigación y desarrollo local.</p> <p>D7. No existe una fuente de financiamiento constante, que permita la implementación de actividades de monitoreo y vigilancia de actividades permitidas, vigiladas y restringidas, en cada una de las políticas de manejo ambiental establecidas en el Programa de Conservación del ANP. Por ejemplo, mejores prácticas productivas, esquemas de compensación a dueños/poseedores de la tierra, educación y sensibilización ambiental, fortalecimiento de capacidades e investigación.</p> <p>D8. La actualización del Programa de Manejo no se realiza cada cinco años como lo establece la LEGEPA en materia de ANP, Capítulo III. De la Modificación del Programa de Manejo. Artículo 77.</p> <p>D9. Falta personal local calificado para desarrollar actividades técnicas y científicas, relacionadas con los sectores productivos, desde la generación de información hasta la creación y administración de empresas locales relacionadas con el uso sustentable de los recursos naturales del territorio.</p>	<p>A5. No existe un programa de regulación ambiental y sociocultural para las zonas de influencia del ANP que amortigüen los procesos de cambios de uso de suelo, fragmentación ecosistémica y contaminación de ríos y cuerpos de agua.</p> <p>A6. La difusión de los programas de pago por servicios ambientales (Ej. Hidrológicos, plantaciones forestales, captura de carbono entre otros) es escasa y de difícil acceso, principalmente en zonas rurales del parque, donde no se cuenta con acceso a internet u otros materiales de difusión (mantas, carteles, trípticos entre otros).</p> <p>A7. Los requisitos de los programas de pagos por servicios ambientales, son difusos y complicados, principalmente para los pobladores de localidades rurales que cuentan con educación básica (primaria).</p> <p>A8. Los programas de manejo desarrollados para el territorio del parque, no consideran dentro de sus referencias metodológicas las capacidades de carga y temporalidad, como medida de protección a los ecosistemas locales.</p> <p>A9. La denominación de Parque Estatal, están considerado dentro de la categoría federal de la LGEEPA y la categoría Estatal de la CEPANAF. Sin embargo, por su categoría jurisdiccional le corresponde solo al estado su manejo y administración, lo que disminuye la posibilidad de tener financiamiento directo de la federación.</p> <p>A10. No existe un programa específico de protección y vigilancia a cargo de la PROFEPA del Estado de México, como se establece en la LGEEPA en materia de ANP, para la vigilancia y monitoreo constante de los ecosistemas del parque.</p>
---	---

Fuente: Elaboración propia.

Mediante el análisis FODA realizado al subsistema administrativo del parque, se identificó que las principales potencialidades están estrechamente relacionadas con su ubicación geográfica, ya que, esta le confiere una serie de elementos biológicos y socioculturales respaldados bajo múltiples investigaciones científicas de carácter integral, multidisciplinario y multiinstitucional. Como su principal Fortaleza administrativa, se considera que geográficamente el territorio del ANP está ubicado dentro de las regiones de mayor importancia biológica, según el Índice de Importancia Biológica (IIB), desarrollado por la CONABIO, CONANP, TNC, PRONATURA, FCF y la UANL en el año 2007. Índice que se diseñó a partir de 47 variables, incluyendo cobertura de vegetación primaria, número de tipos de vegetación, número de especies endémicas de vertebrados y especies de plantas y vertebrados incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Koleff *et al.*, 2009).

Esta Fortaleza aunada a otras, como la ubicación espacial de áreas de importancia mundial y nacional para la conservación, faunística, hidrológica y terrestre dentro del territorio del ANP. Son algunas de las estrategias diseñadas por la federación y desarrolladas de manera conjunta con otros organismos públicos, sociales y privados a nivel nacional para contrarrestar el deterioro ambiental. Con la identificación de estas Fortalezas de índole administrativa se desprende un encadenamiento de importantes Oportunidades vinculadas principalmente hacia el desarrollo de programas multiinstitucionales, en los cuales se propongan e instrumenten estrategias de carácter integral que promuevan la conservación y mejora del territorio del ANP.

Las Oportunidades identificadas están orientadas principalmente hacia el desarrollo de proyectos interinstitucionales encaminados a la conservación y mejora del territorio. De las interrelaciones institucionales, se manifiesta que la creación de un consejo interno de vigilancia, conformado por autoridades de la administración pública federal, estatal, municipal, instituciones académicas, centros de investigación, agrupaciones locales, empresarios, ONG y de otros organismos de carácter social o privado, así como personas físicas con reconocido prestigio en materia de ANP. Puede ser una oportunidad viable para instituir protocolos de trazabilidad y monitoreo de programas y estrategias, a partir de una serie de indicadores biofísicos, socioculturales y administrativos, con los cuales se pueda determinar el estado actual y continuo de los componentes territoriales del parque. Es

importante recalcar que, para el buen funcionamiento de un consejo interno este debe contar con un fondo (fideicomiso) autónomo que pueda concentrar las aportaciones gubernamentales, privadas y civiles, y destinarlas a las prioridades del territorio y su población.

Desafortunadamente al identificar las potencialidades administrativas con las que actualmente cuenta el ANP, también se identificaron una sucesión importante de limitantes internas y externas, a las que se enfrenta. Como parte de las limitantes internas se identificaron un conjunto de Debilidades desprendidas de una serie de investigaciones multistitucionales. La más representativa se enfoca directamente con los índices de riesgo a nivel nacional, ya que, el territorio del parque se encuentra ubicado geográficamente entre las regiones de mayor vulnerabilidad del país. Estas regiones se clasificaron a partir de 18 factores que amenazan a la biodiversidad, tales como: fragmentación, cambio de cobertura del suelo, incremento de población con marginación social. Algunos de estos factores propiciados por la escasa relación laboral, de investigación y administrativa de los tres niveles de gobierno con instituciones académicas y centros de investigación, agrupaciones locales, empresarios, organizaciones no gubernamentales y de otros organismos de carácter social o privado, para determina e instrumentar estrategias integrales a largo plazo en beneficio de los componentes territoriales del parque.

Como parte de las limitantes externas que inciden directamente en el funcionamiento del subsistema administrativo del ANP, se identificaron varias Amenazas la primera y más importante de ellas es que la región del Otomí-Mexica, carece de un esquema administrativo que promueva la colaboración y articulación entre los tres niveles de gobierno con ONG, académicos, productores agrícolas, iniciativa privada y propietarios de la tierra. Estos últimos con una carente participación en programas de manejo, planes de ordenamiento territorial y en los planes de desarrollo municipal.

3.2.3 Análisis de problemáticas y generación de estrategias

El análisis y caracterización de las principales problemáticas identificadas en el territorio, se realizó mediante el método árbol de problemas. La generación y caracterización de estrategias se generó mediante la aplicación del método árbol de objetivos. Mediante la

aplicación del método árbol de problemas, se realizará la caracterización de las principales problemáticas identificadas en cada subsistema del territorio mediante el análisis FODA previamente realizado. De acuerdo con los objetivos del Enfoque del Marco Lógico, la aplicación de un árbol de problemas nos permite desglosar el problema principal, las causas que lo originan y los principales efectos que estas puedan provocar sobre el funcionamiento de un sistema (Mairal, 2015), para el caso de esta investigación el principal objetivo es identificar y analizar las principales causas y efectos de las problemáticas, y como estas pueden afectar el funcionamiento complejo del territorio del ANP.

Cuando se aplica el método árbol de problemas, hay una mejor comprensión del problema central, ya que este se desagrega en causas y consecuencias (efectos). Además, facilita la construcción de otros componentes importantes para una investigación científica o proyecto en fase de planeación, por ejemplo, se puede complementar con el análisis de interesados o involucrados, análisis de riesgos y objetivos, para tener un visión completa, detallada y holística sobre datos significativos del territorio y con ellos lograr una caracterización integral de las problemáticas. A continuación, se detallan cada uno de los árboles de problemas elaborados para cada subsistema del territorio considerados en esta investigación.

3.2.3.1 Análisis y caracterización de problemas en el subsistema ambiental

De acuerdo con el Diagrama 1, la principal problemática que incide sobre el funcionamiento de los componentes ambientales del territorio del Parque Otomí-Mexica, está estrechamente vinculada con la degradación de ecosistemas, esto como parte de una serie de consecuencias desatadas por las fuertes presiones antrópicas, generadas por los más de 27 millones de habitantes que viven en zonas internas y aledañas al territorio del ANP; quienes demandan gran cantidad servicios ecosistémicos como agua, alimentos, oxígeno, zonas de recreación y esparcimiento, servicios que se obtienen en gran medida de los ecosistemas que componente el territorio del parque.

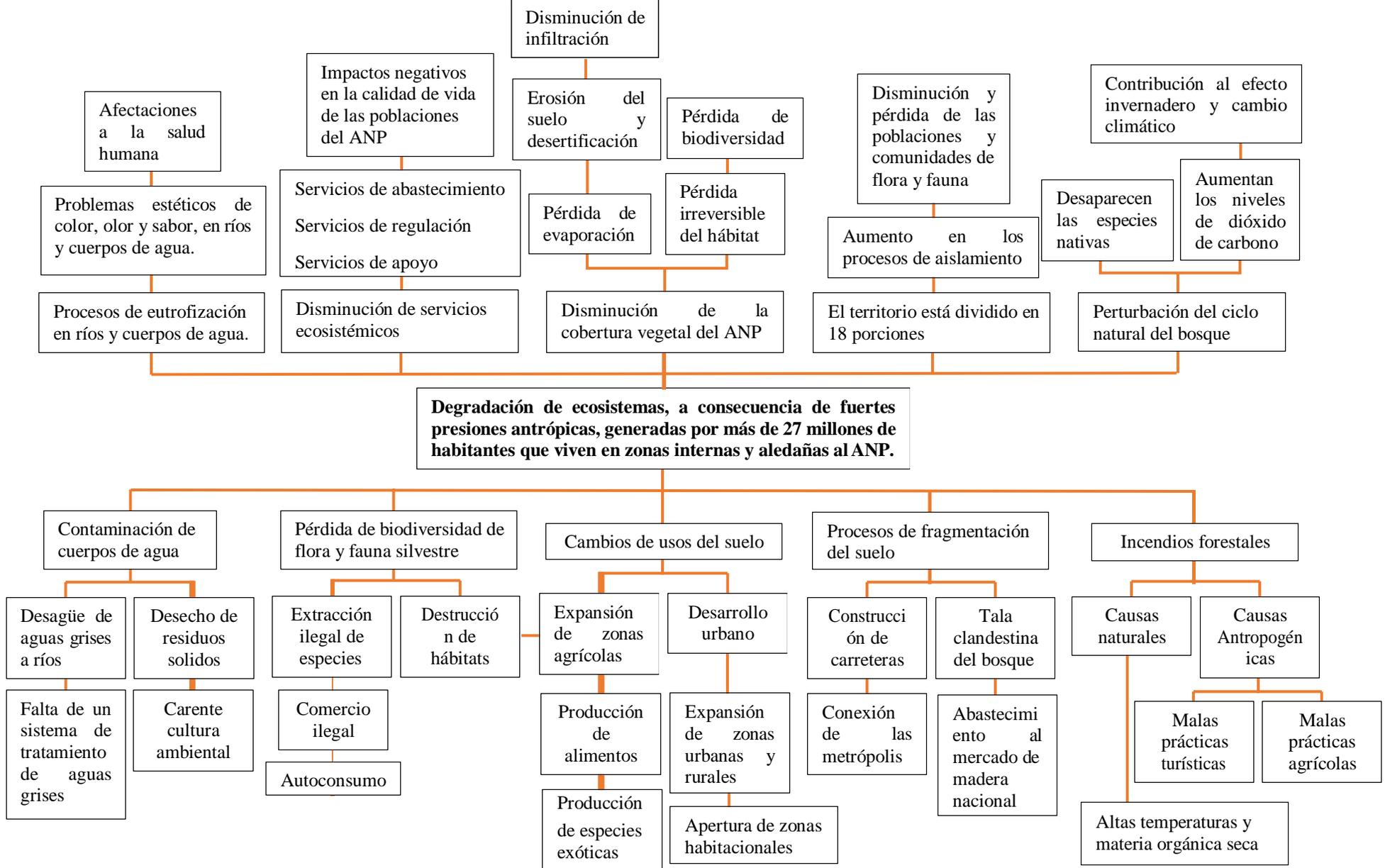
Una de las principales causas que detonan la degradación de los componentes ambientales son los procesos de cambio de usos del suelo y vegetación, generados principalmente por la expansión de zonas agrícolas para la producción de alimentos como maíz, papa y avena forrajera principalmente, el crecimiento de las zonas habitacionales de carácter urbano y

rural. Estas actividades están provocando en la actualidad una serie de efectos negativos sobre el funcionamiento del entorno ambiental, entre ellos se puede destacar la disminución de la cobertura vegetal arbórea que afecta directamente a los niveles de biodiversidad de flora y fauna, ya que, el número de especies tiende a reducir considerablemente.

Otro efecto que suele manifestarse ante la reducción de la cobertura forestal, son los niveles de infiltración y retención de humedad, lo que provoca de manera secundaria los procesos de erosión del suelo y con ello la erradicación total de las especies nativas de flora y fauna, el aumento en los niveles de temperatura a nivel local y regional que impactan de manera irreversible la producción de servicios ecosistémicos vitales para el desarrollo de los ambientes naturales y socioculturales de los espacios geográficos locales y adyacentes al territorio que compone el ANP. Actualmente el territorio está fragmentado en 18 porciones territoriales, lo que ha provocado el aislamiento de comunidades vegetales y animales perturbando con ello el ciclo natural de los ecosistemas locales.

Diagrama 1. Árbol de problemas del subsistema ambiental del Parque Otomí Mexica del Estado de México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.2 Análisis y caracterización de problemas en el subsistema sociocultural

El crecimiento desordenado de las localidades ubicadas al interior del límite administrativo del ANP (Diagrama 2), es la principal problemática que se deriva dentro del subsistema sociocultural del territorio, como consecuencia se desprenden una serie de causas entre ellas problemas relacionados con el cambio de usos de suelo y vegetación, fenómeno de carácter antrópico que se comporta de la siguiente manera: en un primer momento la cobertura arbórea es talada de manera ilegal y en algunos puntos del ANP principalmente en la zona sur se utilizan técnicas de tala, roza y quema para acelerar los procesos de desmonte.

Posteriormente las zonas donde se realizó la eliminación de la cobertura vegetal es utilizada para desarrollar monocultivos de maíz, papa y avena forrajera, cuando los niveles de producción de estos monocultivos disminuyen y dejan de ser rentables económicamente las tierras son abandonadas, subsiguientemente en algunos puntos del territorio estas se regeneran de manera natural y dan paso a ecosistemas de pastizales, otras son utilizadas para desarrollar actividades turísticas y en un porcentaje considerable se realiza la construcción de casa habitación para los habitantes de las localidades adyacentes.

Esta problemática trae consigo una serie de efectos que repercuten de manera directa en el subsistema ambiental algunos de ellos son: degradación ecológica a consecuencia del empobrecimiento de la diversidad biológica local y de especies ecológicamente desconectadas, esto como parte de los procesos de fragmentación ecológica a consecuencia del crecimiento y apertura de la red vial y de servicios básicos de agua, luz y drenaje, crecimientos que afectan culturalmente a los habitantes de los pueblos originarios de México establecidos dentro de los límites de ANP (otomíes y tlahuicas) ya que, en algunas ocasiones la apertura de vías de comunicación invaden sitios sagrados de veneración para dichos pueblos.

Otro de los efectos que se derivan del crecimiento habitacional, es el crecimiento de zonas de recreación turística; el territorio del parque al estar conformado por ecosistemas montaña suele ser atractivo para los habitantes de la megalópolis del centro de México que buscan espacios con esencia campestre, lo que ha generado que en las últimas décadas en la mayor parte del territorio que cubre el ANP, se puedan observar crecimientos y apertura de nuevos espacios utilizados para desarrollar actividades turísticas. De acuerdo a los datos obtenidos

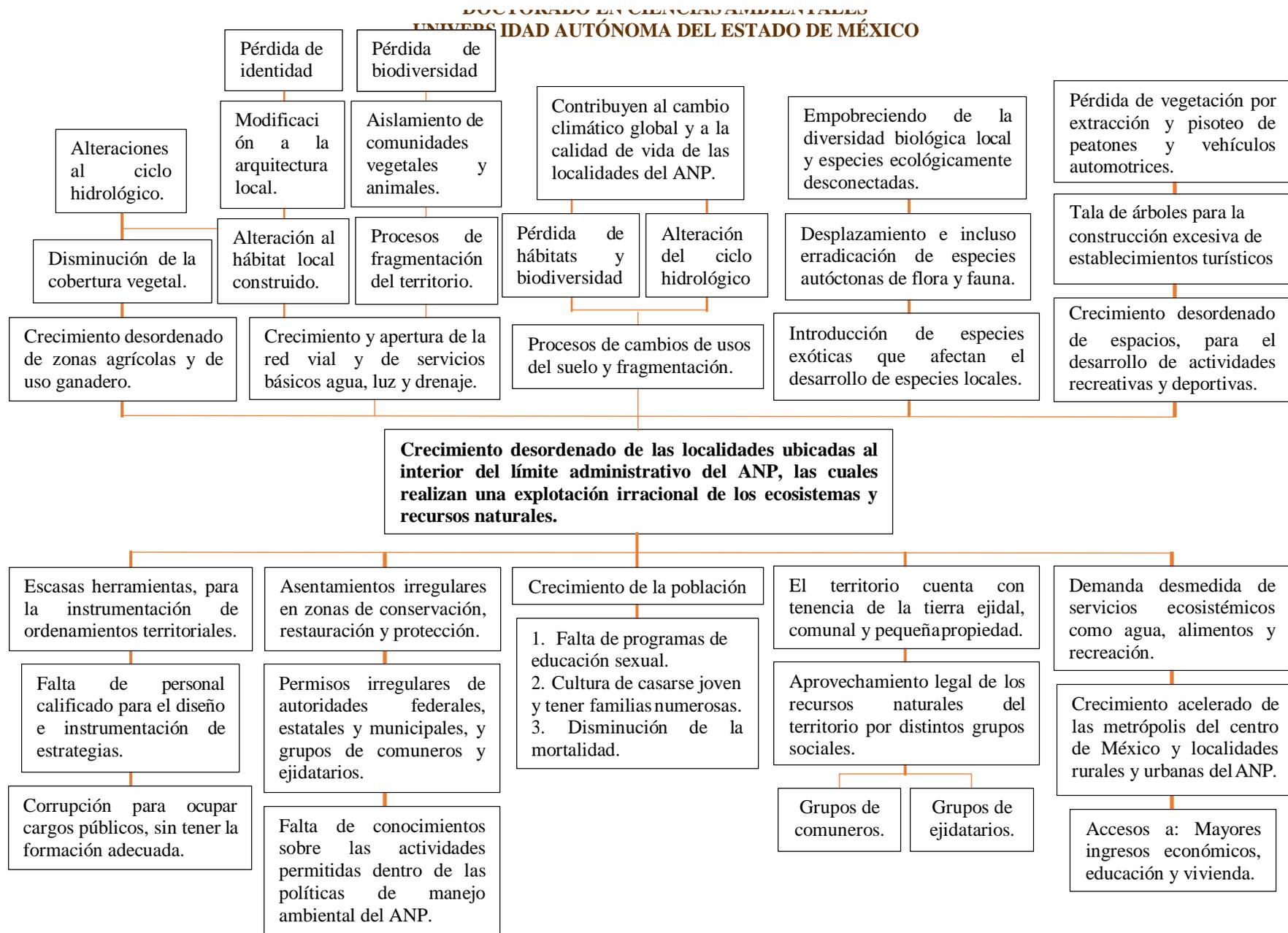
directamente en trabajo de campo por medio de entrevistas a los administradores de diferentes espacios recreativos, estas no cumplen con la regulación y soporte de estudios de capacidad de carga y temporalidad, situación que está generando acelerados procesos de degradación ambiental como disminución de especies vegetales, migración de especies animales, erosión de suelos, contaminación de cuerpos y arroyos de agua, y apertura de tiraderos de basura a cielo abierto.

Relacionado con el crecimiento desordenado de los asentamientos humanos dentro del espacio geográfico del parque, encontramos nuevas aperturas de desarrollo habitacionales (fraccionamientos campestres) en zonas protegidas bajo políticas de manejo ambiental (Conservación y Protección) decretadas en el Plan de Manejo y Conservación del año 2009 y actualizadas en el Plan de Manejo de 2016. Causa relacionada directamente con la deficiencia en cuanto la instrumentación de estrategias desarrolladas en cada política de manejo ambiental establecidas para la protección del ANP.

Cuando existe la creación de nuevos espacios habitacionales, existe la necesidad de apertura o mejorar (asfaltar) las vías de comunicación, además de realizar trabajos de ampliación de redes de servicios como agua, luz y drenaje, actividades que generan de manera paulatina la fragmentación de ecosistemas naturales y con ello el aislamiento de especies vegetales y animales. Posteriormente se observa de manera gradual una disminución de la cobertura vegetal nativa, y en algunos espacios esta es remplazada por especies exóticas las cuales llegan en algunos casos a erradicar especies autóctonas lo que genera el empobrecimiento de la biodiversidad local.

Otro de las causas generadas por el crecimiento habitacional dentro del ANP y en espacios adyacentes, es el aumento en la demanda de servicios ecosistémicos principalmente agua, esta causa de carácter regional genera efectos e impactos de carácter local. Durante algunos recorridos de campo por espacios de los municipios de Isidro Fabela, Xalatlaco, Ocoyoacac, Tianguistenco y Jilotzingo, fue posible identificar que algunos de los manantiales que nacen en zonas de montaña sus causas han sido entubados para suministrar los acueductos que proporcionan de agua potable a la CDMx y la Zona de Metropolitana. Situación que genera escases de agua potable para las localidades rurales ubicadas en zonas de montaña.

Diagrama 2. Árbol de problemas del subsistema sociocultural del Parque Otomí Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.3 Análisis y caracterización de problemas en el subsistema administrativo

Con base a la estructura del Diagrama 3, realizada bajo un análisis minucioso de investigación cualitativa y cuantitativa generada bajo diferentes técnicas de investigación, algunas de ellas relacionadas con búsqueda bibliográfica sobre cuestiones jurídicas, administrativas y gubernamentales que inciden en la administración y protección del parque. Otras técnicas de investigación utilizadas están vinculadas con el trabajo de campo donde la interacción con los habitantes y autoridades locales, han permitido determinar que la principal problemática que aqueja al subsistema administrativo del ANP, está orientada hacia los escasos lazos de colaboración laboral, académica y de investigación entre el Estado y agrupaciones sociales, privadas, no gubernamentales y centros de investigación.

Algunas causas identificadas y vinculadas con esta problemática obedecen principalmente al fenómeno de la corrupción entre las instancias gubernamentales y las asociaciones privadas y civiles, que muestran intereses económicos sobre los componentes ambientales del territorio. De acuerdo a los relatos de autoridades institucionales y habitantes locales, los procesos de corrupción suelen presentarse de manera común, principalmente entre los integrantes del gobierno estatal y municipales, quienes son corrompidos fácilmente en trámites de uso de suelo, aprovechamiento de componentes naturales forestales, desarrollo habitacional, apertura y ampliación de red de servicios (vías de comunicación, agua, luz, drenaje entre otras) en zonas resguardadas bajo políticas de conservación y protección.

Situación que, ha generado fuertes efectos sobre la participación social, principalmente sobre los procesos de evaluación en programas de manejo, ordenamientos territoriales y ecológicos en el territorio del ANP, ya que el gobierno estatal en cooperación con los gobiernos municipales difunde la importancia de la participación sobre los proyectos antes mencionados. Sin embargo, una de las principales negativas por parte de las poblaciones locales está encaminada a los procesos de corrupción, pues piensas que su participación sería objeto de aportar recursos económicos e incluso la expropiación de sus tierras o cancelación de sus actividades económicas desarrolladas sobre terrenos que conforman el parque.

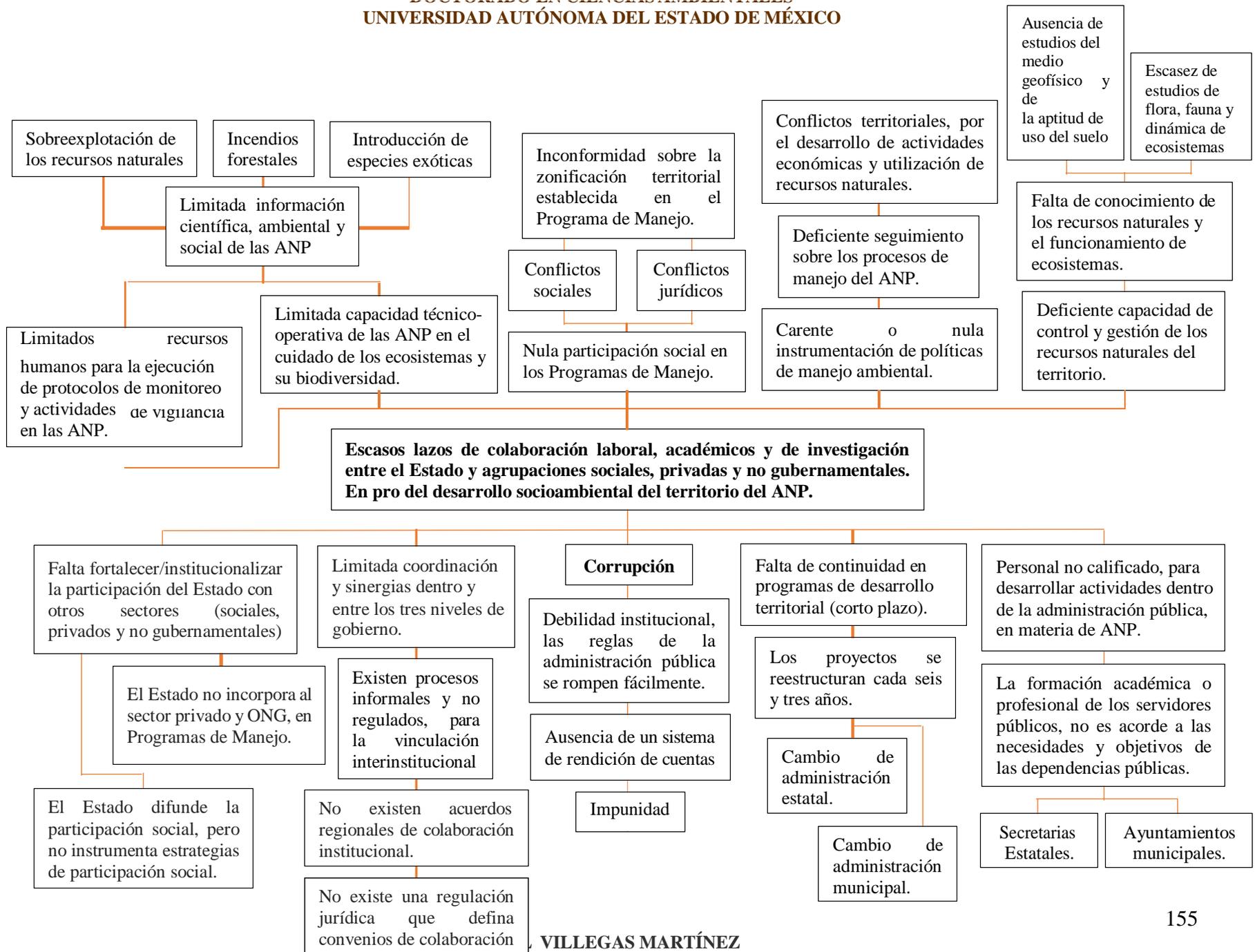
Respecto a esta problemática las autoridades vinculadas con la administración del área natural protegida, están limitadas ya que un porcentaje considerable de sus directivos y comisionados carecen de formación académica vinculada con los componentes ambientales, su manejo y administración. Ante esta situación, uno de los principales efectos que se identifican es la deficiente capacidad de control y gestión de los recursos naturales del territorio y la organización de los grupos sociales, que controlan poco más del 80% del territorio a través de asociaciones civiles (bienes comunales y ejidales) producto de la organización social y la administración de la tenencia de la tierra.

Otro efecto identificado producto de la carente o nula formación académica de las autoridades competentes, es la instrumentación de actividades diseñadas a partir de la zonificación del territorio en la cual se establecen una serie de políticas de manejo ambiental (aprovechamiento, conservación, protección y restauración) decretadas en el Plan de Manejo y Conservación del parque y publicadas en la Gaceta del Estado de México. Este documento es realizado por especialistas (grupos multidisciplinario) en materia de políticas de manejo ambiental y áreas bajo protección ambiental. Sin embargo, los encargados de instrumentarlas son las autoridades estatales en conjuntos con autoridades municipales y representantes sociales.

Desde un punto de vista integral se puede concluir que las problemáticas identificadas mediante los árboles de problemas del subsistema sociocultural y administrativo, repercuten de manera directa en la problemática del subsistema ambiental; ante la escasa colaboración entre asociaciones civiles y autoridades de los tres niveles de gobierno mexicano, los problemas de índole ambiental han aumentado considerablemente desde el decreto oficial del parque en la década de 1980. Respaldo esta conclusión existe el estudio realizado por Villegas et al. (2019), en el cual se concluye que existen modificaciones en cuanto a los límites territoriales de las políticas de manejo ambiental establecidas durante el Programa de Protección y Manejo (2009) y El Programa de Manejo (2016), consecuencia de los procesos de degradación y reducción de los ecosistemas que conforman el límite administrativo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México.

Diagrama 3. Árbol de problemas del subsistema administrativo del Parque Otomí Mexica del Estado de México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



3.2.3.4 Análisis y generación de estrategias para el subsistema ambiental

Un árbol de objetivos, es un diagrama utilizado para definir criterios de evaluación de las distintas soluciones que puede tener una problemática. Se construye a partir de la identificación y caracterización de un problema específico, partiendo de un objetivo central (propuesta de solución) manifestado por una persona o por un equipo de especialistas se va construyendo un diagrama de manera que el objetivo se va descomponiendo en objetivos (medios y soluciones) más concretos hasta llegar al punto en que un objetivo se pueda medir en unidades exactas. De acuerdo con Mairal (2015), cuando se llega a ese momento, el objetivo se define por varios criterios facilitando una serie de requisitos medibles que se traducen en posibles soluciones.

Explicado de una manera sencilla un árbol de objetivos o también conocido como árbol de medios y fines, es una herramienta metodológica que permite transformar el árbol de problemas (causas y efectos) a medios y fines. En conclusión, un árbol de objetivos convierte al árbol de problemas en positivo, las causas se transforman en medios y los efectos en fines, esto nos ayuda a formular una serie de elecciones a la cual se le llama metodológicamente análisis de alternativas, llevando los medios a estrategias. Para el caso de esta investigación a continuación, se presentan los árboles de objetivos construidos para cada subsistema del territorio.

De acuerdo a los procesos de degradación ambiental identificados, y a los cuales se enfrentan los componentes ambientales y socioculturales del territorio administrativo del ANP en la actualidad, es importante establecer una serie de alternativas que partan de un objetivo central y de este se desprendan objetivos específicos que conlleven a definir una estrategia viable desde un enfoque integral, y de la cual se determinen un encadenamiento de medios y fines capaces de contrarrestar dichos proceso de degradación ambiental, que alimentan las fases contaminadas del desarrollo social a nivel global.

Ante este discurso introductorio que parte de lo local a lo global, se han analizado un importante número de posibles soluciones para afrontar la problemática ambiental identifica dentro del territorio del parque, llegando a determinar la siguiente estrategia: “fomentar un aprovechamiento racional y sustentable de los componentes ecosistémicos del parque,

mediante la organización social de los habitantes que residen dentro del territorio administrativo del ANP”. Algunos autores como Enrique Leff y Elinor Ostrom, determinan que la organización y lucha social de los pueblos originarios constituye una solución adecuada ante los problemas socioambientales que aquejan y ponen en riesgo el entramado de la vida actual.

Ante la degradación ambiental que actualmente experimenta el espacio geográfico del ANP, se establece y determina que ésta es originada en gran medida por los procesos de transformación del uso del suelo y vegetación, detonados en gran medida por las poblaciones locales que habitan el parque, esto como resultado de los procesos en la demanda de servicios ecosistémicos, generados por las poblaciones que conforman la Megalópolis del Centro de México, que se puede definir como un grupo de áreas metropolitanas que rodean el territorio administrativo del ANP.

Analizando de manera jurídica el territorio del parque, se puede anteponer que, al ser un espacio destinado a la protección ambiental de ecosistemas, éste tendría que estar administrado bajo una política de protección ambiental. Sin embargo, ante la reestructuración jurídica del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico en materia de Áreas Naturales Protegidas, actualmente el territorio está administrado bajo las siguientes políticas de manejo ambiental: aprovechamiento, conservación, protección y restauración.

Situación que ha generado una compleja y casi nula administración sustentable del territorio, Villegas et al. (2019) realizaron una investigación sobre los cambios espaciales que han manifestado las políticas de manejo ambiental en el Parque Otomí-Mexica durante el periodo 2009-2016, los resultados muestran que la política de aprovechamiento ha tenido un crecimiento espacial acelerado sobre los ecosistemas locales, reduciendo con ello el territorio destinado a la protección y conservación, y aumentando las áreas para realizar trabajos de restauración ecológica.

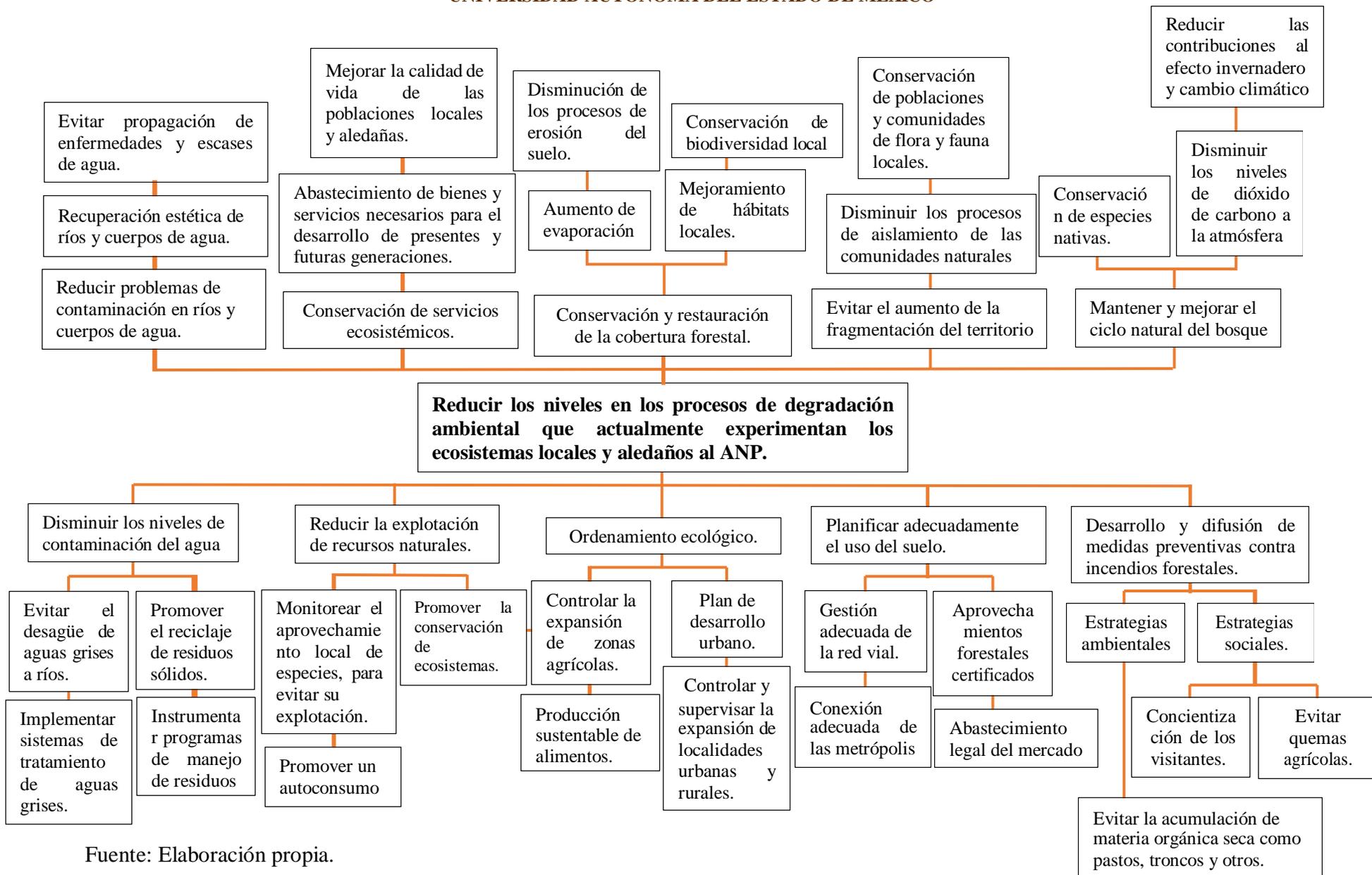
Acorde con la estructura del Diagrama 4, algunos de los medios adecuados para reducir los procesos de degradación ambiental ocasionados por el cambio de uso del suelo y vegetación, están orientados hacia el diseño de estrategias que fomenten las prácticas de ordenamiento territorial y ecológico sobre el territorio del ANP. Además, de fomentar el consumo racional

de servicios ecosistémicos que suministra el territorio entre las poblaciones locales y aledañas, de igual manera es apropiado y viable diseñar estrategias de organización comunitaria entre los grupos sociales de comuneros y ejidatarios en donde se establezca el aprovechamiento adecuado y racional de los componentes ambientales y socioculturales dentro de cada política de manejo ambiental diseñada. Ya que, estos grupos sociales administran el 90% del área del parque.

Es importante resaltar que el desarrollo de programas de ordenamiento territorial y zonificación ambiental, deben ser desarrollados conforme al uso potencial del suelo, y no de manera arbitraria como se ha realizado en los Programas de Conservación, en los cuales el establecimiento y demarcación espacial de políticas de manejo ambiental se realiza conforme a la estructura (forma actual) de los usos del suelo y vegetación, método que no garantiza la protección y mantenimiento adecuado de los ecosistemas locales que conforman la estructura administrativa del parque. Por el contrario, los métodos de planificación territorial utilizados no permiten generar indicadores viables que demuestren de manera cuantitativa y espacial, la evolución territorial de los componentes ambientales del espacio geográfico del ANP.

Diagrama 4. Árbol de objetivos del subsistema ambiental del Parque Otomí Mexica del Estado de México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.5 Análisis y generación de estrategias para el subsistema sociocultural

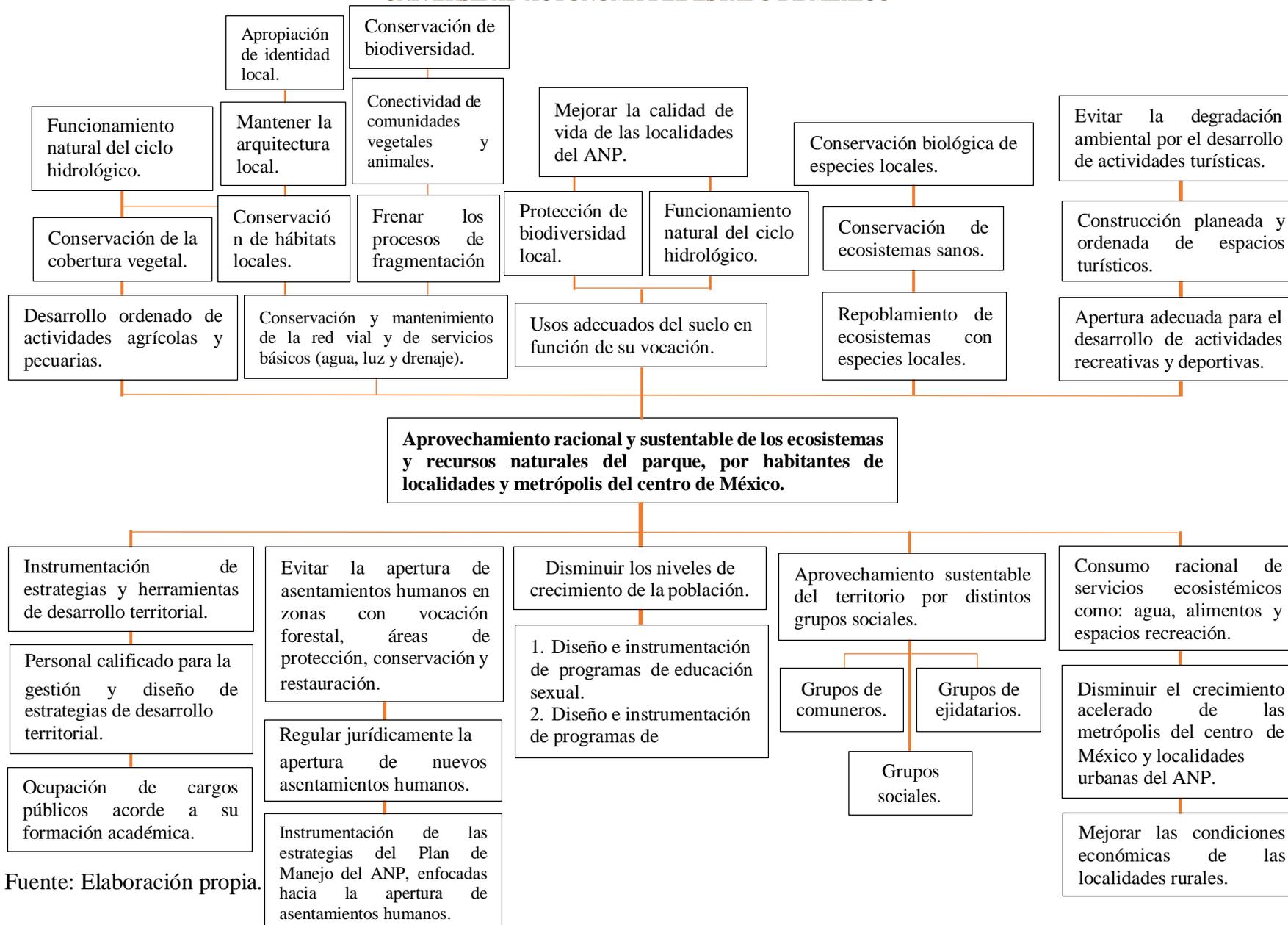
Vinculado con los medios y soluciones propuestos en el subsistema ambiental, se puede proceder de manera conjunta a realizar la estructura objetiva para determinar una alternativa viable sobre la problemática del subsistema sociocultural (Diagrama 5), la cual está vinculada estrechamente al crecimiento acelerado y desordenado de las localidades ubicadas geográficamente en la zona administrativa del parque y espacios aledaños. Este proceso de carácter antrópico repercute directamente en la estructura natural de los ecosistemas, ante esta situación el objetivo central para el subsistema sociocultural se estructura desde una perspectiva de aprovechamiento racional y sustentable de los componentes ambientales por parte de los habitantes que componen las localidades del ANP y conforman la Megalópolis del Centro de México.

Para lograr instrumentar este objetivo, es necesario que los planes de ordenamiento y zonificación ambiental, se estructuren a partir del uso potencial del suelo y se incluyan programas de concientización y educación ambiental, en los cuales se promuevan la importancia de los componentes del territorio y su aprovechamiento racional. Villegas et al. (2018) en su investigación de carácter integral determinan la importancia socioambiental del territorio Otomí-Mexica, en la cual el principal resultado determina que el territorio al estar situado geográficamente en una zona de transición ecológica, ésta le confiera una amplia diversidad ecosistémica que provee de una fuente innumerable de servicios ecosistémicos para las poblaciones locales y colindantes.

Es importante aprovechar la información disponible sobre el territorio y con ella generar estrategias de concientización ambiental entre los pobladores y grupos sociales que habitan el espacio geográfico del ANP. De acuerdo con Poteete, Janssen y Ostrom (2011), el trabajo en conjunto que desarrollan las poblaciones locales en temas de aprovechamiento de bienes comunes, permite la conservación y mejoramiento de los componentes naturales de territorios locales. Cuando existe un empoderamiento y responsabilidad social sobre el cuidado del ambiente por parte de las poblaciones o grupos locales, son ellos mismos los que pueden fungir como promotores de difusión sobre el cuidado y aprovechamiento racional de sus territorios y componentes, entre los visitantes y población externa.

Diagrama 5. Árbol de objetivos del subsistema sociocultural del Parque Otomí Mexica del Estado de México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.6 Análisis y generación de estrategias para el subsistema administrativo

Como parte del subsistema administrativo del ANP (Diagrama 6), se puede considerar como parte sus componentes principales y de mayor relevancia aquellas instancias gubernamentales (tres niveles de gobierno), grupos del sector privado y social, y asociaciones no gubernamentales, que están inmersas en su administración y protección. Sin embargo, durante el desarrollo de la investigación se pudo identificar que el trabajo colegiado entre las instituciones identificadas durante el análisis de involucrados está muy lejos de tener una estructura y articulación para lograr los objetivos establecidos durante el decreto del parque en el año 1980 (GEM, 1980).

Ante este panorama, el objetivo diseñado para afrontar la problemática principal del subsistema administrativo, se estructura de la siguiente manera: “Generar e instrumentar estrategias que promuevan la colaboración entre el Estado y agrupaciones sociales, privadas y no gubernamentales, en pro del desarrollo socioambiental del territorio del ANP”. Durante el trabajo realizado por los diferentes H. Ayuntamientos de los municipios que conforman el territorio el parque, se pudo identificar que existen instrumentos de difusión sobre ordenamientos territoriales y ecológicos, orientados principalmente a la participación y retroalimentación social de estos programas. Sin embargo, las autoridades mencionan que existe una escasa o nula participación social.

Desde el punto de vista de los habitantes locales, su nula participación está vinculada con problemas de integridad institucional, donde el principal fenómeno que resalta ante la inconformidad de la ciudadanía es la corrupción entre los funcionarios de gobierno. Para abordar esta compleja situación, un objetivo sectorial (medio) que se tendría que establecer para revertir esta percepción local, debe orientarse hacia estrategias vinculadas con sistemas anticorrupción en los cuales se establezca la simplificación y modernización de los procesos burocráticos para el otorgamiento de apoyos de los programas gubernamentales, y participación social en el establecimiento, diseño y espacialización de políticas de manejo ambiental para el ANP.

Con la instrumentación adecuada de esta estrategia se vislumbra una participación social en programas y estudios futuros del territorio, lo que podría evitar problemáticas de carácter

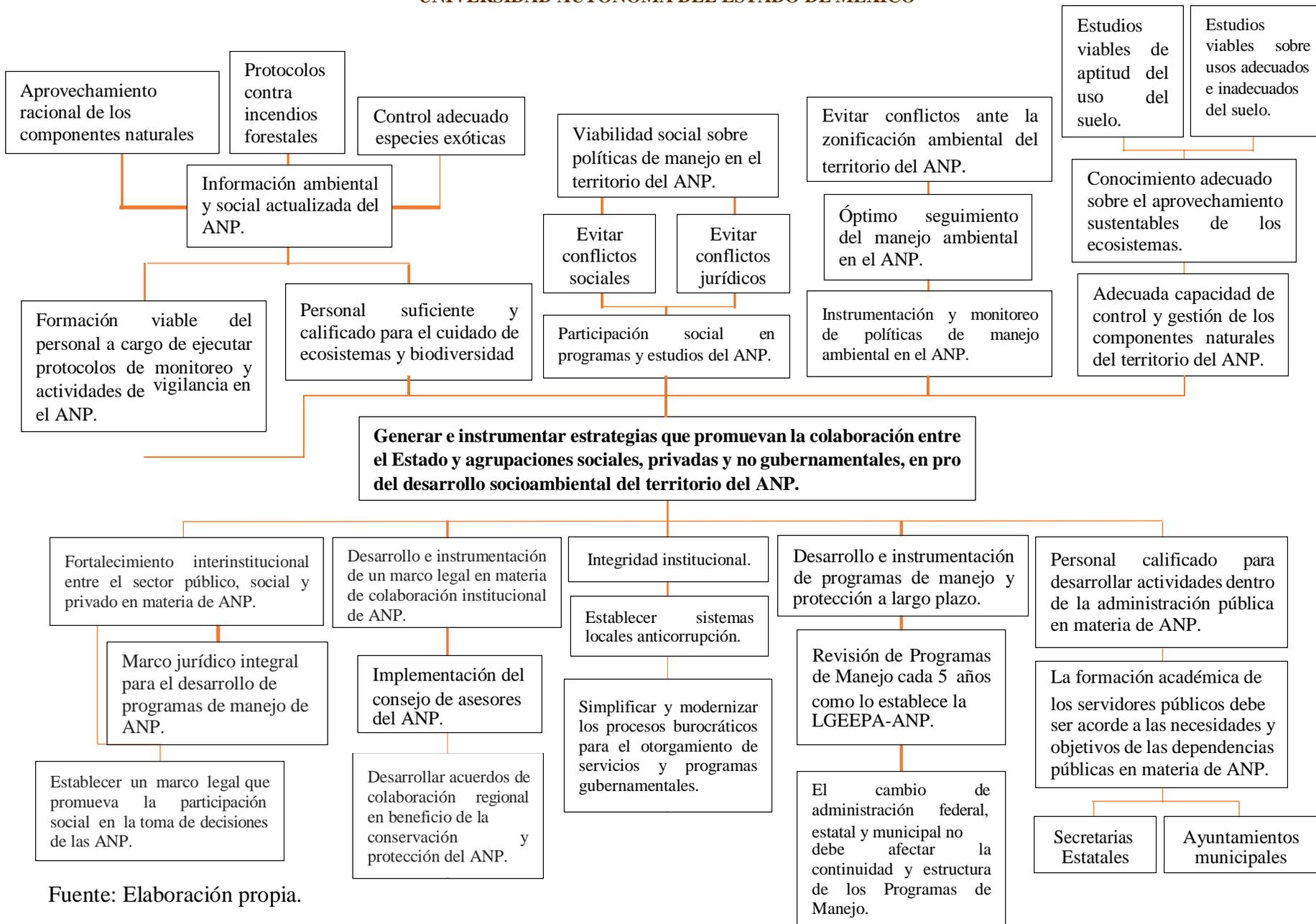
social entre los grupos que administran el espacio geográfico del ANP, principalmente aquellos vinculados con la espacialización de políticas de manejo ambiental. No obstante, para lograr este objetivo es necesario diseñar y difundir programas de concientización social, en los cuales se promueva la participación social en la revisión y mejoramiento de programas de manejo ambiental, ordenamiento territorial y ecológico. Para lograrlo, es necesario que el personal y representantes de estancias gubernamentales, grupos sociales, sector privado y ONG, tengan una formación académica adecuada en cuanto al manejo de áreas bajo protección ambiental, situación que puede traer consigo una adecuada capacidad de control y gestión de los componentes naturales y socioculturales del territorio.

Teniendo al personal adecuado dentro de cada sector administrativo se pueden alcanzar los objetivos establecidos en los documentos de decreto y programa de manejo, además de abordar de manera objetiva los criterios establecidos dentro del Reglamento de la LGEEPA en materia de ANP, y si fuera necesario reestructurar de manera crítica algunos artículos que abordan la temporalidad de los programas de manejo. Es importante que la revisión y actualización de estos documentos sea realizada por un grupo de especialistas en materia de áreas bajo protección ambiental, quienes establezcan que los objetivos de administración del territorio del parque, no tienen que ser afectados por los cambios de administración en los tres niveles de gobierno, pues en los programas de manejo se establecen estrategias a mediano y largo plazo para asegurar la continuidad de los procesos socioambientales del espacio geográfico del ANP.

Desde una perspectiva integral y después de analizar de forma sectorial los objetivos establecidos para cada subsistema, se determina que los cimientos para generar una propuesta integral de desarrollo sustentable dentro del territorio, ésta debe estructurarse a partir del análisis espacial sobre los cambios que han experimentado los ecosistemas socioambientales, a partir del uso potencial del suelo y de los usos adecuados e inadecuados que experimenta territorio del ANP en la actualidad. Con esta estructura metodológica se espera realizar una reestructuración adecuada de las políticas de manejo ambiental que actualmente rigen la administración del parque. A continuación, se contextualiza de manera detallada el análisis espacial de esta investigación.

Diagrama 6. Árbol de objetivos del subsistema administrativo del Parque Otomí Mexica del Estado de México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Generación de escenarios geográficos para el diseño de una propuesta de manejo ambiental sustentable, enfocada en la zonificación integral del territorio

La generación de escenarios geográficos, tuvo como objetivo identificar, ubicar y analizar de manera espacial las problemáticas y fortalezas del territorio caracterizadas durante el desarrollo del diagnóstico integral del territorio (Tabla 41).

Tabla 41. Principales problemáticas de los subsistemas del territorio

Subsistema	Problemáticas
Ambiental	Procesos de cambios de uso de suelo y vegetación, a consecuencia de fuertes presiones antrópicas, generadas por los más de 27 millones de habitantes que viven en zonas internas y aledañas al ANP.
Sociocultural	Procesos de cambios de uso de suelo y vegetación, generados por el crecimiento desordenado de las localidades ubicadas al interior del límite administrativo del ANP, las cuales realizan una explotación irracional de los ecosistemas y sus componentes.
Administrativo	Procesos de cambios de uso de suelo y vegetación, ante la falta de instrumentación de estrategias diseñadas en programas de conservación y manejo, por parte del Estado y agrupaciones sociales, privadas y no gubernamentales.

Fuente: Elaboración propia.

La ubicación geográfica de las principales problemáticas identificadas en el territorio administrativo del parque, se realizó mediante la aplicación de métodos teledetección y cartografía automatizada aplicados sobre herramientas geotecnológicas digitales como imágenes de satélite. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis FODA, la problemática que mayor incidencia tiene sobre el funcionamiento del territorio, está asociadas con la degradación ambiental de los ecosistemas locales, esto como resultado de los procesos de cambio de uso de suelo y vegetación provocados por la contante expansión de actividades socioeconómicas de las localidades y metrópolis que se encuentran ubicadas en el contexto geográfico del centro de México.

3.3.1 Análisis geoespacial de cambios de uso del suelo y vegetación (periodo de análisis 1993-2018)

De acuerdo a los datos obtenidos de la caracterización integral del territorio, la aplicación y análisis del método FODA, los recorridos de campo y el desarrollo y generación de información cartográfica, se determina que una de las principales causas que genera el deterioro ambiental son los procesos de cambio de uso de suelo y vegetación, a continuación de describe detalladamente estos procesos que se manifiestan al interior del territorio del ANP.

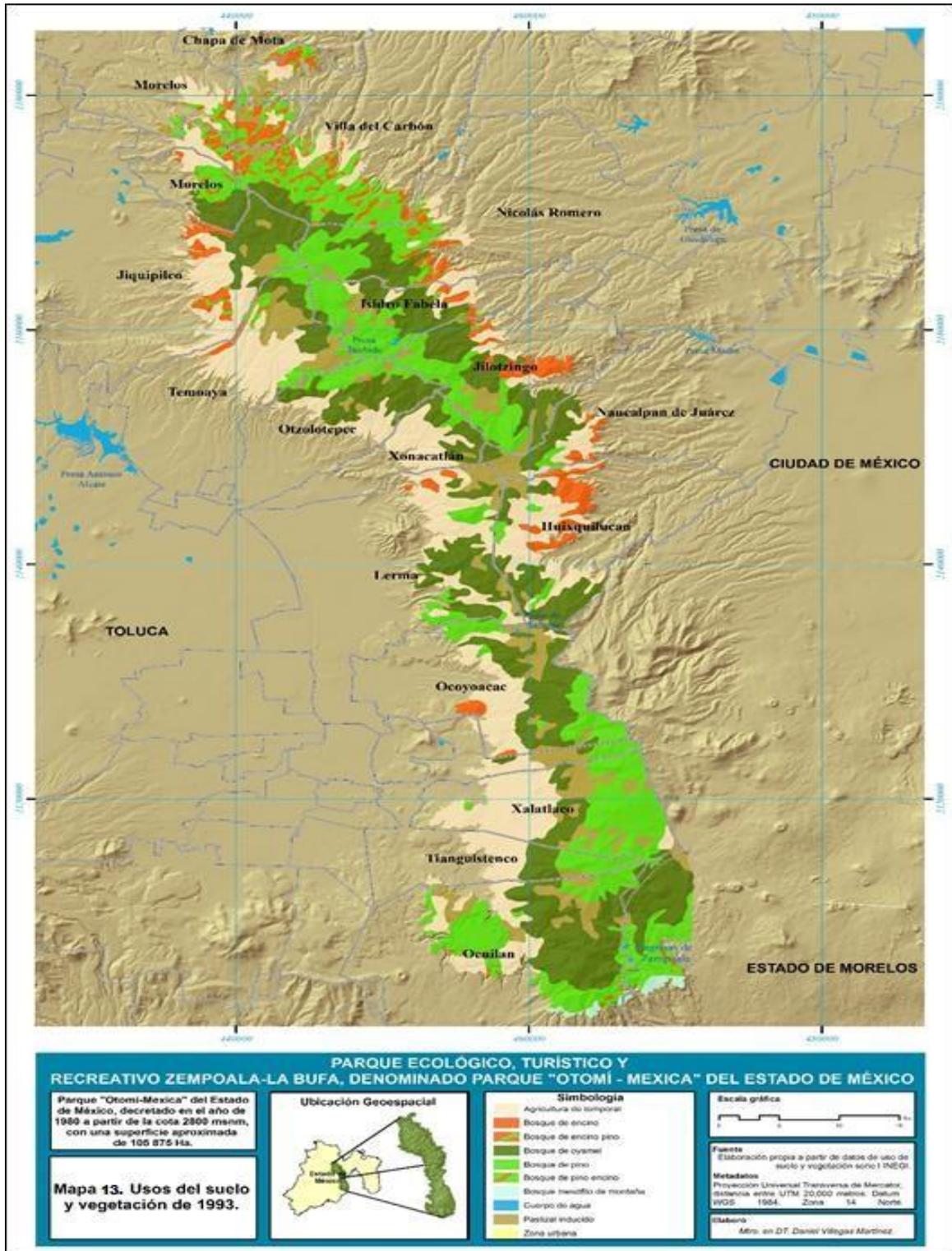
Derivado de la modelación y representación cartográfica del territorio del ANP, se obtuvieron los mapas de usos del suelo y vegetación de los años 1993 y 2018 (Mapa 13 y 14). En estos mapas se representan un total diez ecosistemas, uno de ellos de carácter antrópico (asentamiento humano) y un agroecosistema (agricultura). Se observa en la Tabla 42, que los bosques de coníferas (bosque de pino, oyamel, encino, pino-encino, encino-pino y mesófilo de montaña) son los ecosistemas naturales que cubren más del 60% de la superficie total del área del ANP para el año 2017, mientras que la cobertura agrícola para ese mismo año ocupaba un poco más del 30% del área.

Tabla 42. Superficie terrestre que ocupan las coberturas de uso de suelo y vegetación en el territorio administrativo Parque Otomí Mexica del Estado de México, durante los años 1993 y 2018

Nombre de la cobertura	Superficie en Has (2003)	Superficie en Has (2018)	Pérdidas	Ganancias
Agricultura de temporal	27,147	32,081	---	4,934
Bosque de encino	3,769	4,254	---	485
Bosque de encino-pino	2,894	3,418	---	524
Bosque de oyamel	31,741	30,975	766	---
Bosque de pino	22,942	20,806	2,136	---
Bosque de pino-encino	6,327	5,774	553	---
Bosque mesófilo de montaña	500	397	103	---
Cuerpo de agua	58	58	---	---
Pastizal inducido	10,488	8,098	2,390	---
Asentamientos humanos	8	15	---	7
Total	105,875	105,875	5,948	5,950

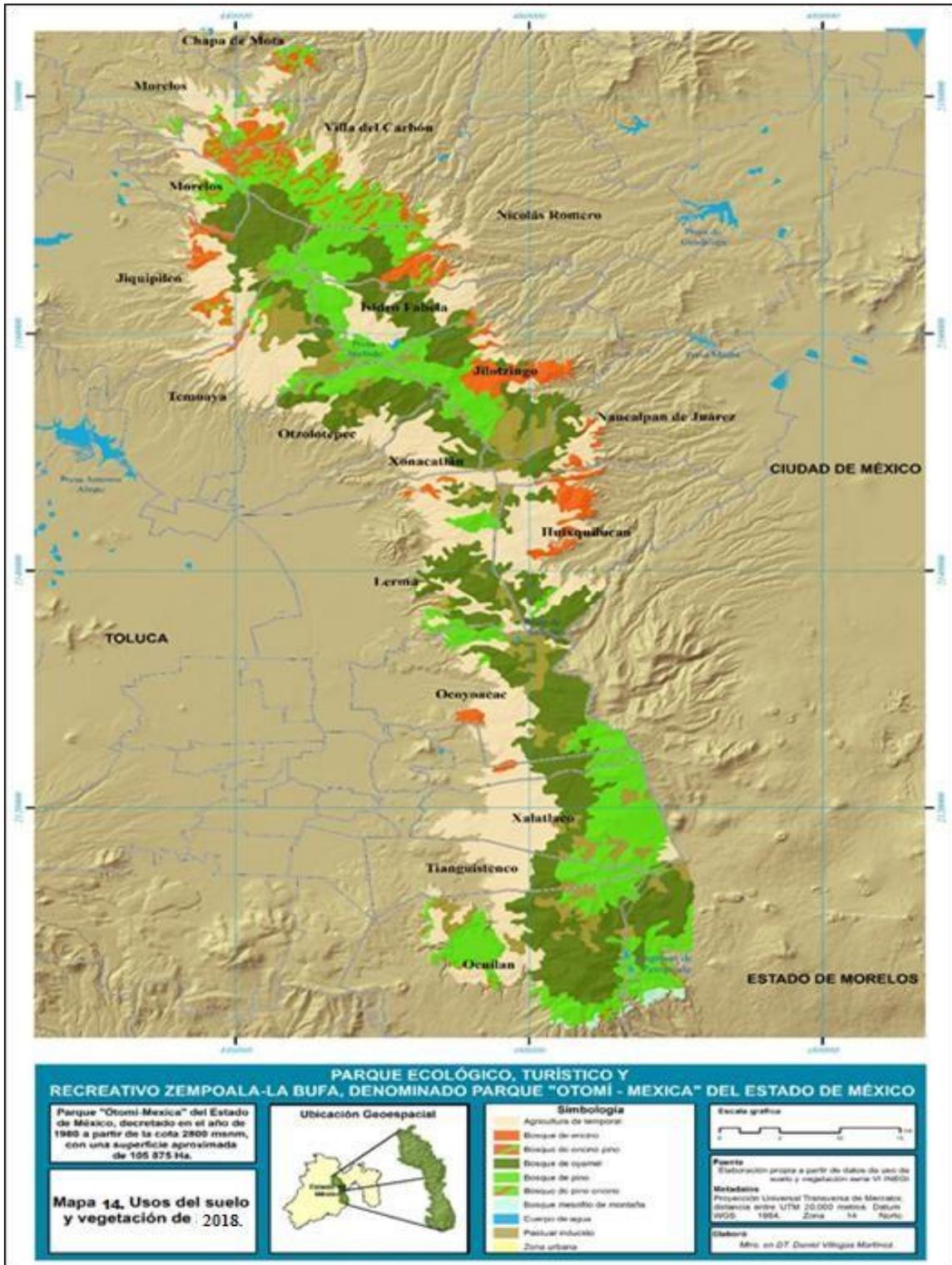
Fuente: Elaboración propia,

Mapa 13. Uso del suelo y vegetación en el territorio adminitrativo Parque Otomí Mexica del Estado de México año 1993



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 14. Uso del suelo y vegetación en el territorio administrativo Parque Otomí Mexica del Estado de México año 2018



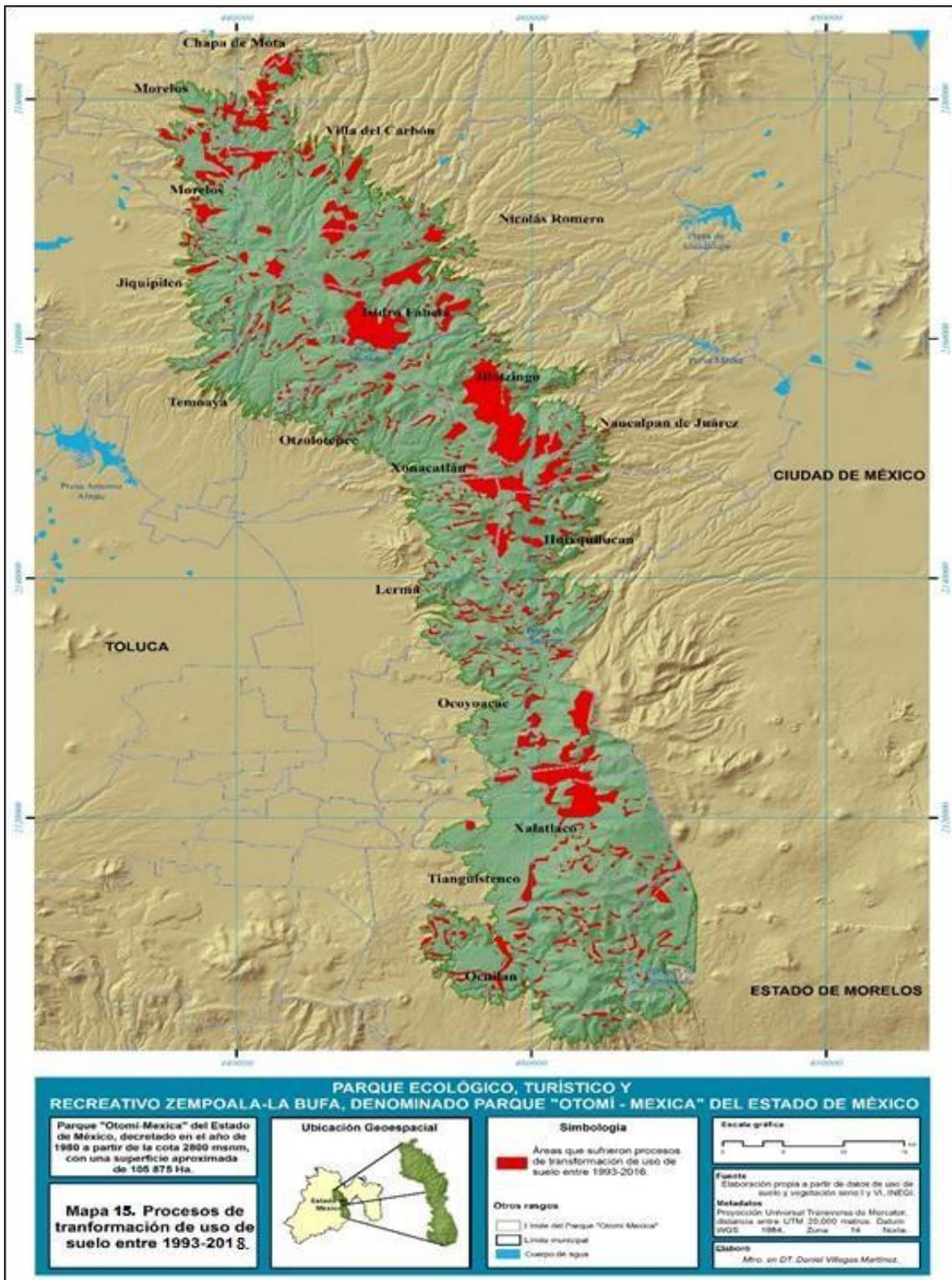
Fuente: Elaboración propia.

Por su parte los asentamientos humanos que se pudieron representar cartográficamente dentro del territorio ocupan menos del 1% del total de la superficie del parque, sin embargo, es importante señalar que los asentamientos humanos presentes en el ANP están constituidos principalmente por caseríos dispersos, motivo por el cual su representación cartográfica resulto más compleja y el área obtenida y representada cartográficamente corresponde a los asentamientos humanos de carácter urbano.

Como resultado de la aplicación del método de matriz de cambios y modelación cartográfica dentro del módulo *Land Change Modeler* del *software ISIDRI Selva*, se obtiene como resultado el Mapa 15, en el cual se representan cartográficamente en color rojo las áreas del ANP que han sufrido algún proceso de transformación durante el periodo análisis 1993-2018. Estas áreas cubren una superficie aproximada de 17,772.31 hectáreas, lo que representa el 17% del territorio del ANP. De acuerdo, con los datos cartográficos y estadísticos, son los municipios de Jilotzingo, Xalatlaco, Isidro Fabela, Ocoyoacac y Nicolás Romero las entidades municipales que han sufridos mayores cambios en su estructura de uso de suelo vegetación.

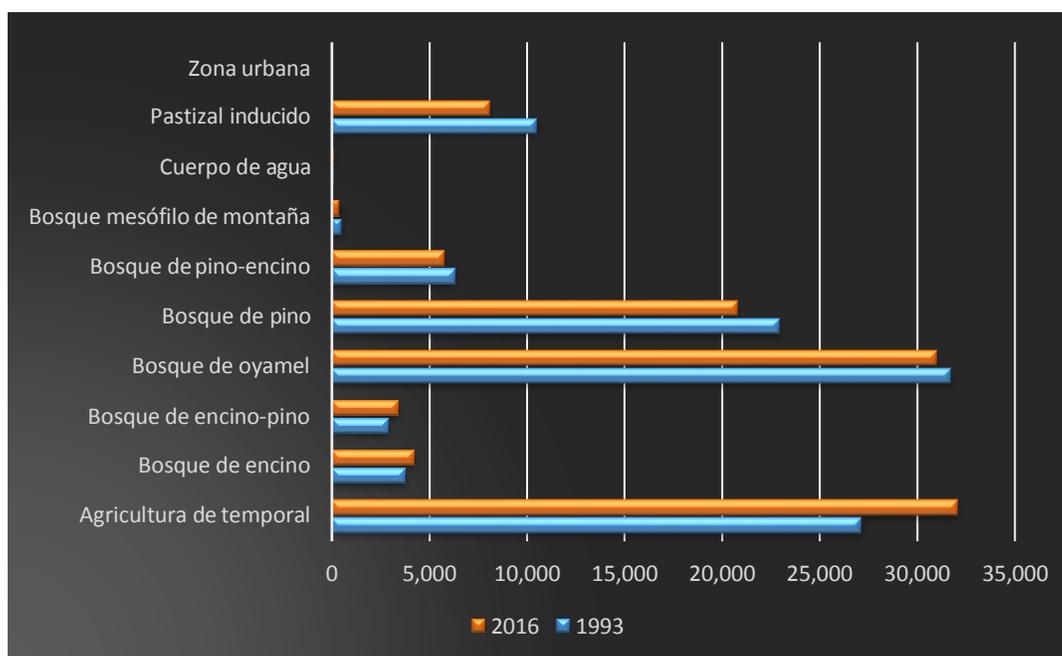
De manera específica se observa en la Gráfica 11, que los bosques de coníferas (pino, oyamel, encino, mesófilo de montaña y bosques mixtos) son los ecosistemas naturales que registran mayores pérdidas en cuanto a su cobertura terrestre para el año 1993. La causa principal de estos cambios se debe a la continua expansión de las áreas agrícolas (zonas de cultivo de temporal), este fenómeno que de acuerdo a los datos recabados durante los recorridos de campo y del procesamiento de imágenes de satélite suelen manifestarse en espacios adyacentes a las zonas agrícolas previamente establecidas, donde las características topográficas son uniformes y las pendientes del terreno son menores a 14°, además en estas áreas las vías de comunicación tienen mejores condiciones de conectividad y tránsito vehicular, entre las localidades del ANP y las zonas metropolitanas del centro de México (Ciudad de México, Toluca y Cuernavaca).

Mapa 15. Áreas con procesos de transformación en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 11. Comparativo espacial de las coberturas de uso del suelo y vegetación. Territorio administrativo Parque Otomí Mexica del Estado de México, años 1993 y 2018



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Mapa 15, son los espacios geográficos que durante el año 1993 eran ocupados por bosques de coníferas las áreas que presentan mayores cambios en cuanto a su estructura, estas modificaciones se deben principalmente a los procesos de intercambio entre coberturas del uso del suelo y vegetación. En la Tabla 43, se observa que los principales cambios e intercambios entre coberturas de uso de suelo y vegetación están asociados en mayor proporción a la cobertura de bosque de oyamel, la cual tuvo una pérdida de 4,528.81 has, de las cuales 1,33.98 has para el año 2018 eran ocupadas por agricultura de temporal y 969.41 has fueron ganadas por la cobertura de bosque de encino, este fenómeno se desarrolla como parte de regeneración natural de los ecosistemas de coníferas.

Los intercambios más significativos que están experimentando los bosques de oyamel es el proceso de transformación (bosque de oyamel-agricultura de temporada), fenómeno que se manifiesta a lo largo del territorio del ANP. Sin embargo, son los municipios de Morelos, Isidro Fabela, Temoaya, Lerma, Ocoyoacac, Xalatlaco y Ocuilán, los territorios municipales donde este proceso de transformación ocupa una mayor extensión territorial. En la siguiente

tabla se muestran los principales procesos de conversión entre coberturas del uso del suelo y vegetación del territorio del ANP.

Tabla 43. Intercambios entre coberturas de uso del suelo y vegetación, periodo de análisis 1993-2018

Cobertura en 1993	Cobertura en 2018	Superficie de cambio
Agricultura de temporal (perdió un total de 1,770.98 has).	Bosque de encino	321.42
	Bosque de encino-pino	257.11
	Bosque de oyamel	770.10
	Bosque de pino	183.44
	Bosque de pino-encino	82.37
	Pastizal inducido	156.54
Bosque de encino (perdió un total de 836.66 has).	Agricultura de temporal	642.51
	Bosque de encino-pino	194.15
Bosque de encino-pino (perdió un total de 465.03 has).	Agricultura de temporal	336.58
	Bosque de pino-encino	128.45
Bosque de oyamel (perdió un total de 4,528.81 has).	Agricultura de temporal	1,733.98
	Bosque de encino	969.41
	Bosque de pino	831.17
	Pastizal inducido	994.26
Bosque de pino (perdió un total de 4,178.52 has).	Agricultura de temporal	1,364.62
	Bosque de oyamel	1,303.44
	Bosque de pino-encino	228.15
	Pastizal inducido	1,282.31
Bosque de pino-encino (perdió un total de 1,133.34 has).	Agricultura de temporal	775.00
	Bosque de encino-pino	208.03
	Bosque de pino	150.30
Total		12,913.34

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte el bosque de pino registró una pérdida importante con un total aproximado de 4,178.52 has, de las cuales los ambientes que se beneficiaron con este proceso de pérdida, son el bosque de oyamel con 1,303.44 has y el bosque de pino-encino con 228.15 has. Sin embargo, es la agricultura de temporada la cobertura que mayores ganancias registra frente al bosque de pino con un total de 1,364.62 has, seguido de la cobertura de pastizal inducido la cual tuvo una ganancia neta de 1,282.31 has.

De acuerdo con los datos obtenidos del análisis e interpretación de las imágenes de satélite y de los datos obtenidos directamente en campo, estos procesos de intercambio están vinculados de la siguiente manera. En un primer momento el suelo está cubierto por bosques de pino, los cuales posteriormente son deforestados para ampliar las áreas de agricultura de temporal, cuando estas áreas comienzan a brindar rendimientos bajos de producción de maíz, papa o avena forrajera principalmente son abandonados por los agricultores y parte de estas áreas se transforman en pastizales inducidos y en menor porcentaje se regeneran de manera natural dando a paso a nuevas áreas de bosque (Fotografía 14).

Fotografía 14. Procesos de intercambio entre las coberturas de uso de suelo y vegetación



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Paraje Agua de Cadena, Municipio de Xalatlaco, Estado de México, 2018.

En la fotografía anterior que corresponde al paraje de Agua de Cadena ubicado en el municipio de Xalatlaco, se puede observar el proceso de intercambio entre coberturas del uso del suelo y vegetación descrito previamente. En un primer plano se observa la cobertura de agricultura de temporal que corresponde a un cultivo de maíz, al fondo de la imagen se observa una cobertura de pastizal inducido, seguido por la regeneración de la cobertura de bosque de pino. Este fenómeno se puede localizar a lo largo del territorio del parque, principalmente en zonas alejadas de asentamientos humanos y vías de comunicación.

3.3.2 Análisis geoespacial de los principales procesos de transformación que detonan los cambios de uso del suelo y vegetación

Durante el trabajo de campo realizado por los diferentes ambientes que conforman el espacio geográfico del ANP y de la aplicación de las técnicas de trabajo de campo observación directa y participativa, se logró identificar y clasificar una serie de procesos y actividades de transformación que detonan el cambio del uso del suelo (Tabla 44 y Mapa 16). El primer proceso de transformación identificado es la conversión, este fenómeno es el resultado del desarrollo de actividades vinculadas con el crecimiento de los asentamientos humanos, el desarrollo de actividades agrícolas, procesos de deforestación, pastoreo de ganado y actividades turísticas, e incluso por el impulso de actividades vinculadas con el manejo y aprovechamiento forestal sustentable, ya que estas actividades también modifican el estado original de los ecosistemas.

Tabla 44. Procesos de transformación en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

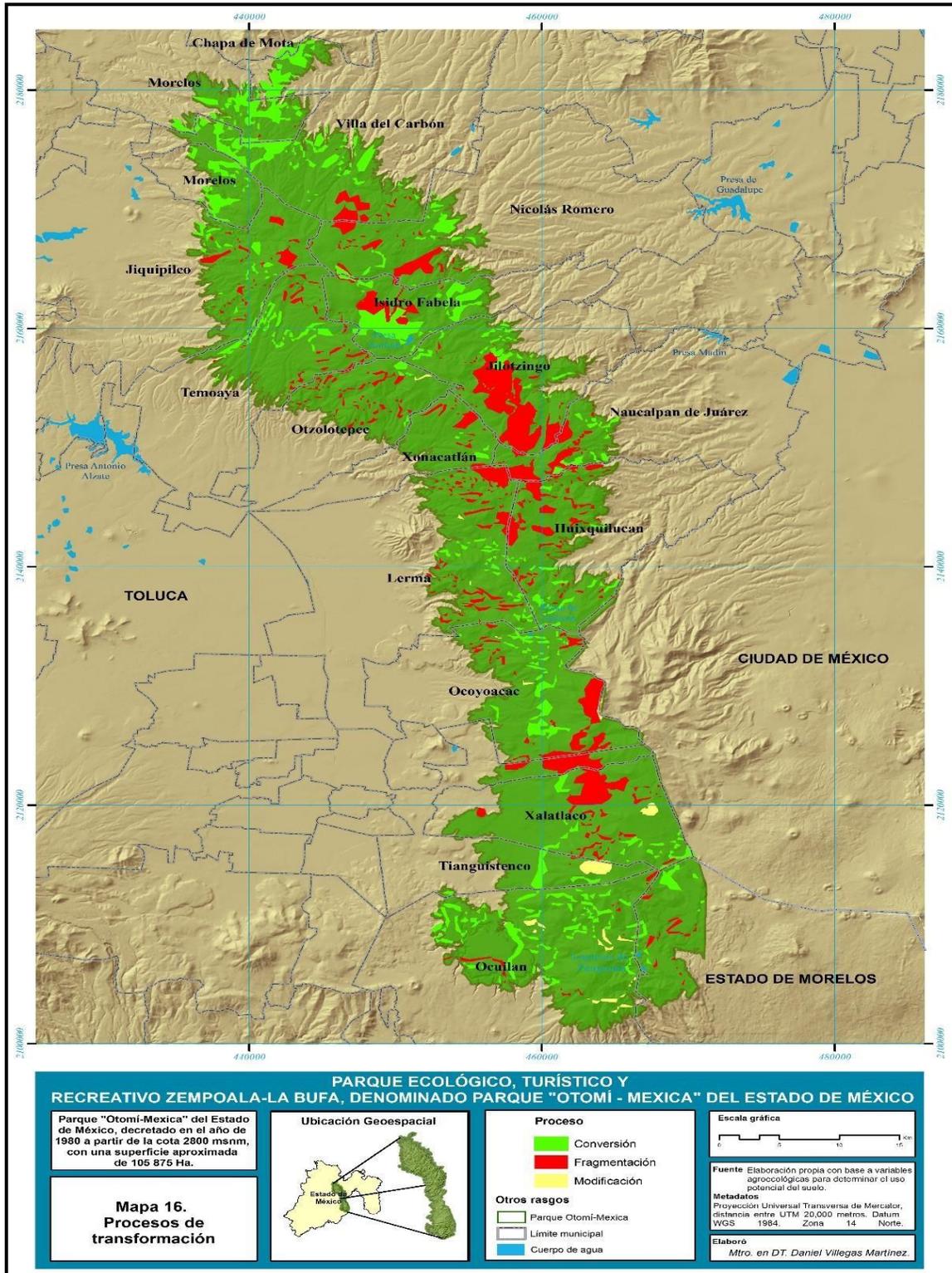
Proceso de transformación	Actividad	Afectación sobre el entorno natural del ANP
Conversión	Agricultura	Desmante de la cobertura original de vegetación.
	Deforestación (Tala)	Extinción local de especies y pérdida de ciclos naturales (biogeoquímico).
	Asentamiento humano	Pérdida de componentes naturales.
	Manejo y aprovechamiento forestal sustentable	Apertura de brechas y caminos para la extracción de especies forestales permitidas y no permitidas.
	Ganadería	Pérdida de los estratos vegetales arbustivo y herbáceo, por sobre pastoreo.
	Turismo	Desmante de la cobertura original de vegetación, para expandir las áreas de recreación.
Modificación	Reforestación	Reducción de especies vegetales y animales nativas.
	Extracción de recursos forestales y no forestales (comercio)	Disminución en cuanto a la disposición de recursos naturales.
	Extracción de recursos forestales y no forestales (autoconsumo)	Disminución en cuanto a la disposición de recursos naturales.
	Incendios	Cambios en la composición original de los ecosistemas.

Fragmentación	Deforestación	Apertura de brechas para la extracción de especies arbóreas.
	Apertura y mantenimiento de vías de comunicación.	Apertura de brechas y caminos que dividen los ecosistemas naturales.
	Apertura y mantenimiento de redes de servicios (luz y agua)	Apertura de brechas y caminos que dividen los ecosistemas naturales.
	Agricultura de montaña	Erradicación de los estratos arbustivos y herbáceos.
	Pastoreo de ganado	Pérdida de los estratos vegetales arbustivo y herbáceo, por sobre pastoreo.
	Senderismo	Permanencia y apertura de brechas que dividen los ecosistemas naturales.
	Brechas cortafuego	Permanencia y apertura de brechas que dividen los ecosistemas naturales.

Fuente: Elaboración propia.

Un ejemplo claro de este fenómeno (aprovechamiento forestal sustentable) se ubicó en el municipio de Isidro Fabela, donde a partir del año 2014 se ha venido realizando un aprovechamiento forestal sustentable de bosques de oyamel. No obstante, aunque el aprovechamiento esta supervisado y controlado por especialistas de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el derribo de árboles y la apertura de caminos para el arrastre de troncos y acceso de vehículos automotores de gran capacidad, han provocado procesos de conversión pues en algunos puntos del territorio es evidente apreciar con el uso de imágenes de satélite que las coberturas arbóreas del bosque de oyamel comienzan sufrir alteraciones vinculadas principalmente con la disminución de especies arbóreas.

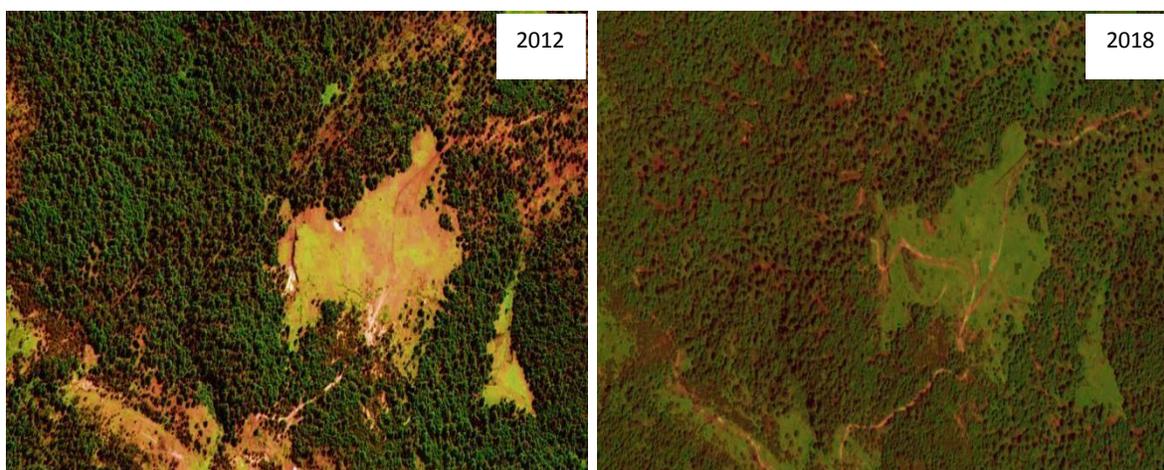
Mapa 16. Procesos de transformación en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 20, se presentan dos tomas de satélite que corresponden a los años 2012 y 2018 respectivamente, en ellas se puede visualizar el área conocida localmente como Corral de Piedra paraje ubicado en el municipio de Isidro Fabela, en este lugar actualmente se realiza un aprovechamiento forestal sustentable de bosque de oyamel. En la toma que corresponde al año 2012 se observa una cobertura arbórea densa, mientras que para el año 2018 en la misma zona se puede observar la apertura de caminos en la zona que corresponde al pastizal inducido y una cobertura de bosque abierta o rala, resultado del derribo y arrastre de especies arbóreas de oyamel.

Figura 20. Coberturas de bosque de oyamel en el Paraje Corral de Piedra, municipio de Isidro Fabela, Estado de México



Fuente: *Digital Globe* 2019.

El segundo proceso de transformación identificado directamente en trabajo de campo es la modificación, la cual está vinculada al desarrollo de actividades de reforestación. Esta actividad dentro del territorio del ANP se ha desarrollado con el uso de especies nativas de pinos y encinos, sin embargo, en algunos puntos del territorio y a lo largo de las principales vías de comunicación esta actividad se ha hecho con el uso de especies introducidas de Cedro Blanco (*Cupressus lusitanica*). Vinculado a este proceso de modificación, están las actividades de extracción de recursos forestales y no forestales con fines comerciales y de autoconsumo, y en algunas épocas del año (estiaje) los incendios forestales presentes en el territorio contribuyen a la erradicación y desarrollo de especies vegetales.

Durante el año 2005, en el territorio que ocupa el ANP se reportaron una serie de incendios forestales que devastaron miles de hectáreas de bosque, siendo los municipios de Ocuilán y Xalatlaco las entidades municipales que mayores pérdidas ecosistémicas reportaron a consecuencia de este fenómeno. Mediante la recopilación de información cartográfica e imágenes de satélite, se logró identificar la Figura 21, corresponde una zona modificada por un incendio forestal durante el año 2005. En esta imagen con fecha de toma 2007, se puede observar que la cobertura arbórea de bosque de oyamel fue erradicada por completo dejando cómo resultado una serie de troncos en pie totalmente quemados. De igual modo en la imagen se puede apreciar que los estratos herbáceos y arbustivos comienzan a regenerarse de manera natural, proceso que favorece al desarrollo de otras especies vegetales y animales (Dennis, 2001).

**Figura 21. Bosque de oyamel modificado por incendio forestal durante el año 2005.
Municipio de Ocuilán Estado de México**



Fuente: *Digital Globe* 2007.

El tercer proceso de transformación que experimentan las coberturas del suelo dentro del espacio geográfico del parque está vinculado con los procesos de fragmentación, este fenómeno se desarrolla como consecuencia de las siguientes actividades: deforestación de especies arbóreas, apertura y mantenimiento de vías de comunicación, apertura y mantenimiento de redes de servicios (luz y agua), agricultura de montaña, pastoreo de ganado, senderismo y apertura de brechas cortafuego. Actividades que de manera conjunta

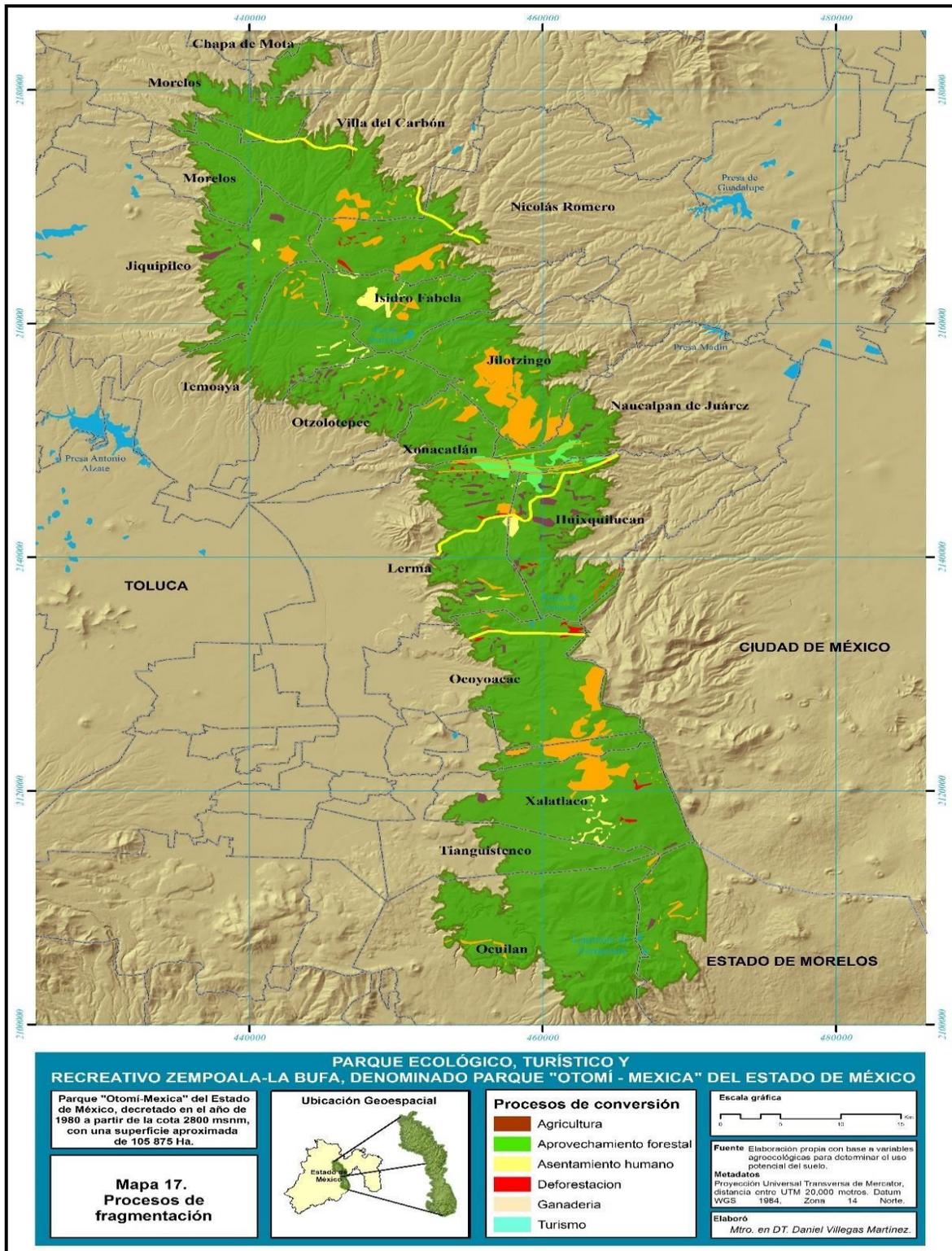
dividen a los ecosistemas locales e incluso en algunos puntos del ANP estas actividades han llegado a reducir los ambientes nativos en pequeños remanentes que posteriormente se transformarían en zonas agrícolas, áreas de pastizal y espacios de recreación turística. Con el uso de material cartográfico, imágenes de satélite, aplicación de técnicas de fotointerpretación y corroboración con trabajo de campo, se obtuvo el mapa 16 que proporciona la ubicación espacial de los procesos de transformación (conversión, modificación y fragmentación).

3.3.2.1 Procesos de fragmentación

De manera general se observa en el mapa que los procesos de fragmentación cubren la mayor parte de la superficie terrestre del ANP aproximadamente unas 9,982.21 hectáreas, seguido por los procesos de conversión que ocupan 7,626.07 hectáreas y los procesos de modificación representan una extensión territorial de 648.03 hectáreas. De manera específica se representa en el Mapa 17, las actividades que detonan los procesos de fragmentación las cuales se ubican a lo largo del territorio del ANP. Sin embargo, son las actividades de deforestación las que ocupan mayor extensión territorial (6,258.17 has) ubicadas principalmente dentro de los territorios municipales de Jilotzingo, Xalatlaco, Ocoyoacac y Tianguistenco.

Por su parte las actividades vinculadas con la apertura y mantenimiento de redes de servicios básicos como electricidad se concentran entre los territorios de Naucalpan, Lerma y Huixquilucan, en este punto del parque las redes de electricidad se encuentran aglomeradas y son conducidas a través de ecosistemas de pino y oyamel, esta infraestructura ha ocasionado el derribo justificado de especies arbóreas a lo largo de la red eléctrica para evitar daños o incendios forestales a consecuencia de cortos eléctricos. A continuación, se muestra la superficie ocupada de cada actividad relacionada con los procesos de fragmentación (Tabla 45).

Mapa 17. Procesos de fragmentación y las actividades que los detonan en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Superficie ocupada por las actividades relacionadas con los procesos de fragmentación

Actividad	Área en Ha.
Agricultura de montaña	1,532.71
Apertura y mantenimiento de redes de servicio	923.78
Apertura y mantenimiento de vías de comunicación	382.40
Deforestación	6,258.17
Pastoreo de ganado	885.11
Total	9,982.21

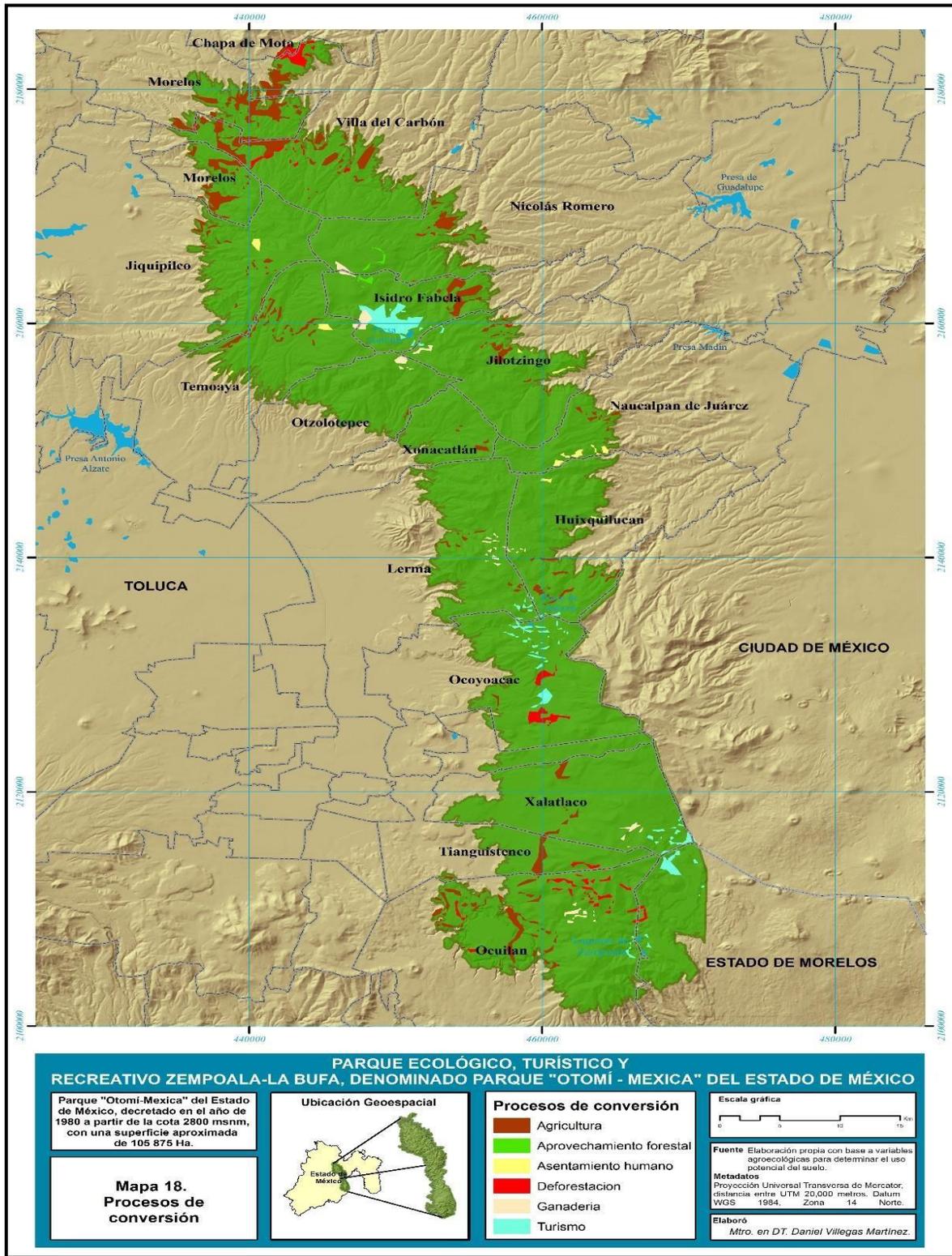
Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.2 Procesos de conversión

Como parte de las actividades que detonan los procesos de conversión se observa en la Tabla 46, que la agricultura es la principal actividad que produce un cambio total en la estructura natural del paisaje, erradicando por completo los estratos que componen los ecosistemas de bosque (herbáceo, arbustivo y arbóreo), ocasionando con ello una degradación irreversible de los componentes naturales del territorio y afectando severamente el ciclo biogeoquímico del parque.

El turismo y sus actividades están en constante crecimiento, dada la ubicación del ANP este territorio se ha convertido en uno de los principales proveedores de espacios naturales para desarrollar actividades de ocio por parte de los pobladores de la megalópolis de México. Algunos de los municipios emergentes de actividades turísticas son Isidro Fabela, Xalatlaco, Villas del Carbón y Ocoyoacac, este último no se considera emergente, sin embargo, este tipo de actividades están en constante crecimiento y expansión territorial principalmente en áreas del municipio conocidas localmente como La Marquesa, El Valle del Silencio, El Valle del Conejo y El Potrero (Mapa 18).

Mapa 18. Procesos de conversión y las actividades que los detonan en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46. Superficie que ocupan las actividades relacionadas con los procesos de conversión

Actividad	Área en Ha.
Agricultura	4,623.76
Aprovechamiento forestal	70.89
Asentamiento humano	270.58
Deforestación	995.69
Ganadería	457.14
Turismo	1,207.99
Total	7,626.07

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte las actividades como la deforestación y el crecimiento habitacional de las localidades urbanas y rurales ubicada al interior del límite administrativo del ANP, están afectado de manera negativa la estructura y funcionamiento de los ecosistemas. La reducción de las coberturas vegetales está ocasionando problemas vinculados directamente a las modificaciones del ciclo biogeoquímico, pues actualmente se reconoce que los problemas vinculados con el cambio del uso del suelo están asociados con los efectos negativos que experimentan algunos elementos atmosféricos del ciclo hidrológico, como la evapotranspiración, la precipitación y las temperaturas superficiales, además de alterar sutilmente los patrones de clima regional.

3.3.2.3 Procesos de modificación

Derivado del análisis cartográfico y del trabajo de campo realizado por el área de estudio, se determina que los procesos por modificación son ocasionados por actividades de reforestación, extracción de recursos forestales y no forestales para el autoconsumo y comercio local, así como los incendios forestales. Estas actividades de acuerdo a los datos cuantitativos obtenidos durante este análisis han modificado los ambientes locales del parque en un porcentaje relativamente bajo (0.6% del territorio administrativo del ANP). Los incendios forestales son la principal causa de los procesos modificación, ya que durante el periodo de análisis se logró cartografiar un área aproximada de 511 hectáreas modificadas

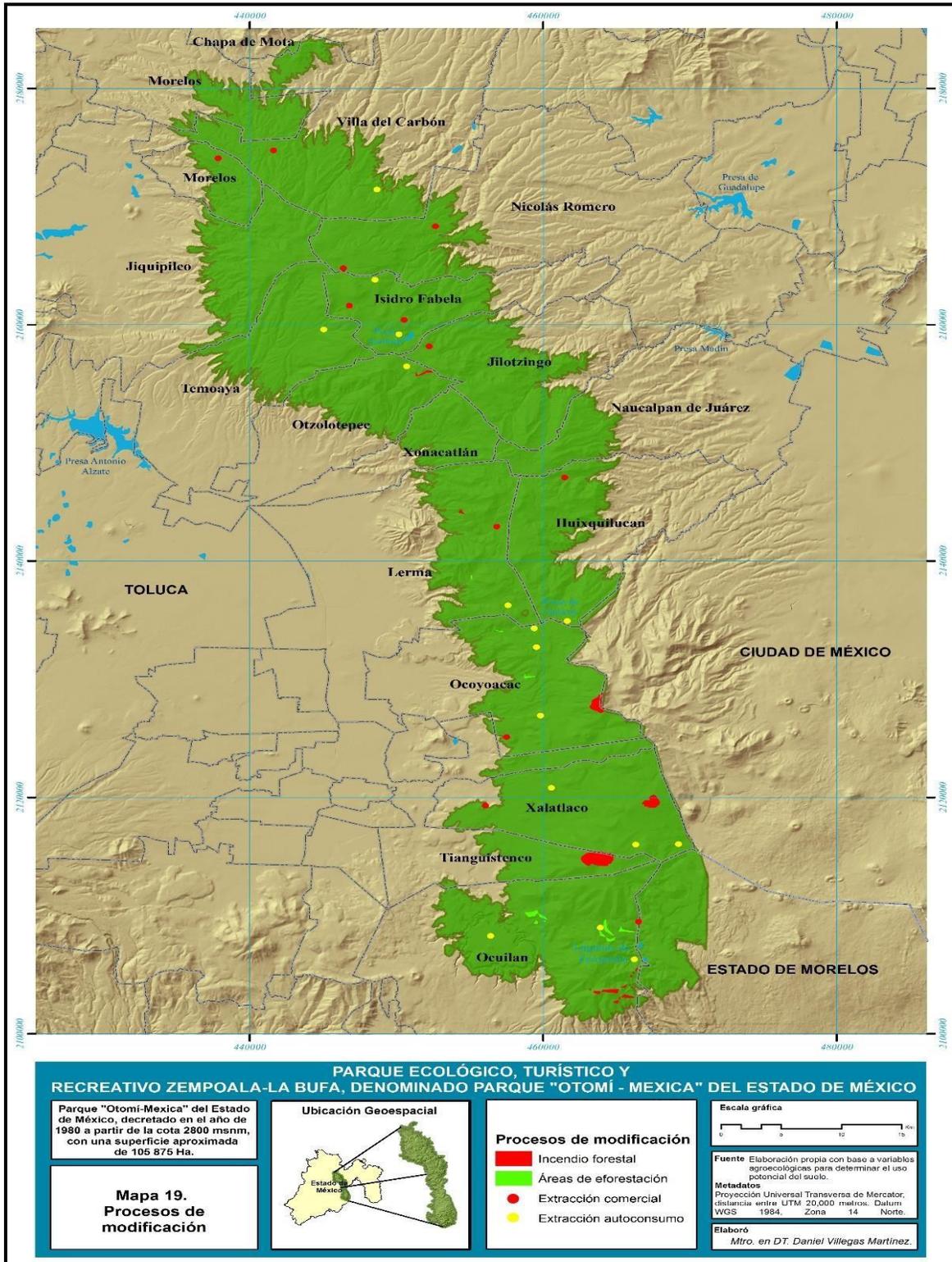
por incendios forestales, las cuales se encuentran ubicadas dentro de los territorios municipales de Tianguistenco, Xalatlaco, Ocoyoacac y Ocuilán (Mapa 19).

Por su parte las actividades extracción de recursos forestales y no forestales para el autoconsumo y comercio local existen dentro del territorio, estas acciones son de vital importancia para el desarrollo económico de las familias campesinas que habitan las localidades rurales del parque, además de ser las actividades que contribuyen en menor proporción territorial a los procesos de transformación que generan los cambios de uso de suelo y vegetación del Parque Otomí-Mexica del Estado de México.

En algunos puntos del territorio del parque los procesos que han experimentado las coberturas del suelo en las últimas décadas, han permitido el desarrollo de otros fenómenos que contribuyen de manera directa a la degradación ambiental de los ecosistemas. Uno de ellos son los procesos de erosión del suelo, este fenómeno se da de forma natural cuando las rocas y el suelo se desprende de la superficie terrestre y se trasladan por la acción del viento y del agua a otros sitios; otros factores naturales que detonan el desarrollo de este fenómeno son la meteorización química y el cambio de temperatura en el ambiente. Sin embargo, cuando este tipo de fenómeno se desarrolla de manera natural en los ambientes puede tardar miles de años para presentar cambios en el paisaje, no obstante, el desarrollo de actividades antrópicas como: deforestación, agricultura intensiva, pastoreo intensivo y riego artificial pueden acelerar su proceso de desarrollo y expansión territorial.

Para el caso del territorio del ANP, este fenómeno se ha venido desarrollando en las zonas altas de la región donde elementos geográficos como la geología, precipitación, pendiente, clima, edafología y coberturas del suelo, permiten el desarrollo de este fenómeno de manera natural. Sin embargo, con el desarrollo de actividades antrópicas como deforestación, agricultura, pastoreo, actividades turísticas y la extracción de materiales pétreos, especies arbustivas y herbáceas, y la comercialización de tierra de monte para la confección y acondicionamientos de jardines, son algunas de las actividades que han acelerado y expandido el desarrollo de este fenómeno dentro del territorio del parque.

Mapa 19. Procesos de modificación y las actividades que los detonan en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos de las imágenes de satélite SENTINEL 2 del año 2018, se calcula que las áreas del parque afectadas por procesos de erosión abarcan unas 785 hectáreas, desarrollándose principalmente en zonas de pastizales inducidos ubicados a más de 3,200 msnm dentro de los límites administrativos de los municipios de Otzolotepec, Isidro Fabela, Nicolás Romero y Villa del Carbón. De acuerdo con los datos obtenidos de la caracterización geográfica integral del territorio y de los recorridos de campo realizados por estas áreas, se determina que debido a las condiciones naturales y las interrelaciones que existen entre los componentes biofísicos del territorio como: topografía, geología, clima, hidrología y coberturas del suelo, estos espacios son susceptibles a proceso de erosión hídrica, eólica, química y erosión por temperatura (Fotografía 15).

**Fotografía 15. Procesos de erosión del suelo en el paraje Valle de las Navajas,
Temoaya Estado de México**



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Valle de las Navajas, Municipio de Temoaya, Estado de México, 2017.

Estos espacios geográficos están compuestos por pendientes que oscilan entre los 9 y 21°, su composición geológica esta provista de rocas volcánicas del cuaternario, por su ubicación a más de 3,200 msnm las temperaturas suelen descender hasta los -6°C en la fase más aguda del invierno (mes de enero), hidrológicamente se consideran zonas de recarga, ya que los niveles de precipitación media anual superan los 1,300 mm de lluvia, lo que da origen a un

número importante de ríos perennes e intermitentes responsables del arrastre y acarreo del suelo hacia las partes bajas del territorio.

Por otra parte, la zona ubicada entre los municipios de Huixquilucan, Naucalpan y Xonacatlán, es el área de mayor extensión territorial con problemas de erosión (565 hectáreas). Con base al análisis de fotointerpretación realizado sobre las imágenes de satélite y a los datos obtenidos directamente en campo, se identifica que algunas de las actividades antrópicas que han detonado este proceso de cambio (erosión del suelo) es el desmonte del terreno, que permite la conducción de cableado de las instalaciones eléctricas de alto voltaje (Figura 22). Además de la deforestación de ambientes de bosques mixtos (pino-encino) para dar paso al crecimiento de las comunidades Las Rajas, El Hielo y El Guarda.

Figura 22. Áreas del Parque Otomí-Mexica del Estado de México con problemas de erosión de suelos



Fuente: Imagen de satélite SENTINEL 2 del año 2018.

Sin embargo, es importante resaltar que además de estas zonas existen otras áreas de menor extensión territorial con problemas de erosión del suelo, ubicadas a lo largo y ancho del territorio del ANP. Algunos factores que han detonado su apertura están asociados a factores geográficos (lluvia, clima, viento, entre otros) y factores antrópicos (agricultura y pastoreo

intensivo, tala, apertura de caminos, extracción de materiales pétreos, turismo entre otras actividades), en algunos puntos del territorio la acción conjunta de estos factores acelera los procesos de erosión, provocando con ello pérdida de fertilidad y contaminación de suelos, sedimentación de ríos y cuerpos de agua, y reducción de la cobertura vegetal e incluso en algunos puntos hay evidencia sobre la desaparición de especies vegetales locales.

3.3.3 Análisis geoespacial sobre el uso potencial del territorio

De acuerdo con el INEGI, el uso potencial del suelo se calcula para determinar los tipos de utilización agrícola, pecuaria y forestal que muestran la posibilidad de ser establecidos en el terreno, así como el grado en que los requerimientos técnicos y biológicos de cada tipo de utilización pueden satisfacerse por el conjunto de condiciones ambientales del territorio (INEGI, 2019).

Mediante el desarrollo y análisis del uso potencial del suelo representado a partir de cartografía, se determina la aptitud de la tierra y dar soporte a uso adecuado. En un área espacial determinada implica el manejo adecuado de sus componentes naturales, de acuerdo con Díaz (2001), para determinar el uso potencial del suelo desde el punto de vista agrícola, es necesario determinar y obtener los requerimientos agroecológicos como: topografía, clima, edafología y ecosistemas que permitan el desarrollo viable de cultivos, y con ellos determinar zonas o regiones donde se cumplan con los requerimientos óptimos para el desarrollo de actividades agrícolas (Espeje *et al.*, 2015).

Durante la década de 1970, la Dirección General de Conservación del Suelo y del Agua, estimó que más del 80% de los suelos en México se encontraba bajo diferentes grados de degradación (erosión), situación que impacta de manera directa la capacidad del suelo de proveer bienes y servicios. El suelo de acuerdo a la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), determina que el suelo es un ambiente físico-geográfico, determinado por distintas clases producto de la interacción de los componentes geográficos de un territorio como: relieve, clima, hidrología y vegetación nativa (Colegio de Postgraduados, 1991).

Sin embargo, durante esta década se identificó un severo deterioro ambiental a consecuencia de la degradación del suelo, también se tenía una grave problemática institucional. El enfoque, los criterios y las metodológicas para contrarrestar y controlar la degradación del suelo, eran múltiples debido a que los programas y objetivos de cada institución eran totalmente diferentes. Esta situación tuvo como resultado una fuerte disyuntiva para presentar un frente común en contra de los procesos de degradación del suelo, que hasta ese momento avanzaban con mayor rapidez que la aplicación de tecnologías para prevenir y corregir los procesos generados por este fenómeno (Colegio de Postgraduados, 1991).

Ante el panorama anterior (degradación de los suelos en México), la Secretaria de Presidencia de México, propuso al Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma de Chapingo elaborar un manual que pudiera utilizarse como el eje rector de las dependencias gubernamentales responsables de llevar a cabo trabajos de conservación del suelo y del agua. Dicho manual tuvo la finalidad de unificar criterios y elegir los mejores métodos y estrategias de control ante los usos inadecuados del suelo, y el cual fue publicado con el nombre de Manual de Conservación del Suelo y del Agua (instructivo), bajo la autoría del Colegio de Postgraduados (Colegio de Postgraduados, 1991).

En este sentido el Manual de Conservación del Suelo y del Agua, contribuyó en su momento a unificar criterios y seleccionar métodos de control en pro de la conservación y manejo de los suelos en México. Uno de los métodos seleccionados en este manual fue la clasificación de tierras según su capacidad de uso, que consiste en aplicar un sistema de clasificación a partir de una serie de elementos sobre los diferentes terrenos para dedicarlos al uso adecuado según su aptitud y de este modo programar el uso potencial más conveniente sobre este recurso (suelo).

Como parte de los métodos propuesto dentro del Manual se encuentra el apartado de Manejo de Suelos, en el cual se propone el método de clasificación de tierras según su capacidad de uso, en el que se propone realizar una clasificación de tierras (suelo) a partir de una serie de factores (clima, erosión, topografía y suelo). El objetivo de este método es dedicar los diferentes suelos o terrenos para dedicarlos al uso adecuado según su aptitud, y de este modo, programar el uso potencial más conveniente de este recurso (suelo). Como resultado de la

aplicación de este método se obtienen un plano o mapa de clasificación de tierras según su capacidad de uso (Colegio de Postgraduados, 1991).

Derivado de la aplicación del Manual de Conservación del Suelo y del Agua, surgen a lo largo del territorio mexicano una serie de estudios que ponen práctica los métodos establecidos de dicho manual, algunos de ellos son: Protección, restauración y conservación de suelo forestales. Manual de obras y prácticas (2004), Degradación y Conservación de Suelos en la Cuenca Río Grijalva, Tabasco (2011) y Protejamos el suelo que nos da vida (2013) solo por mencionar algunos. En estos estudios la aplicación metodológica de métodos propuestos en el Manual dio como resultado mapas de clasificación de uso potencial del suelo. Mapas que han sido utilizados para determinar una serie de estrategias capaces de mejorar las condiciones actuales de los suelos con problemas de degradación ambiental.

A principios del siglo XXI¹⁶, el entonces Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), desarrollo un método holístico para determinar el uso potencial del suelo. Este método determina la aptitud de la tierra para dar soporte a su uso adecuado, a diferencia del método de clasificación de tierras según su capacidad de uso, este nuevo método incorporó un número mayor de factores ahora en formato digital; estableciendo que el uso potencial del suelo fuera determinado a partir de información de: climas, edafología, usos del suelo, modelos digitales de elevación, cuencas hidrográficas, áreas naturales protegidas e imágenes de satélite (INEGI, 2005).

A partir de la aplicación de este método el INEGI desarrollo una serie de cartas de uso potencial del suelo¹⁷ del territorio mexicano escala 1:250 000, con el fin de aprovechar de manera sustentable los suelos y los recursos naturales que este proporciona. Por su parte la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) durante la década de 1970, desarrolló un método capaz de analizar la distribución espacial de las propiedades del suelo y con ello determinar un manejo adecuado de la tierra, llamado Zonificación Agroecológica,

¹⁶De acuerdo al calendario gregoriano los comprende los años 2001-2100.

¹⁷Según INEGI, las Cartas de Uso Potencial es una representación de las condiciones ambientales que pueden presentarse en un determinado espacio geográfico. Describe el conjunto de condiciones ambientales a las que el hombre tiene que enfrentarse para aprovechar mejor el suelo y sus recursos en el desarrollo de la agricultura, ganadería, silvicultura y desarrollo urbano.

este método que en la actualidad es considerado como un instrumento metodológico rector y el más completo en su clase (Espejel *et al.*, 2015).

El método de Zonificación Agroecológica (FAO, 2003), a diferencia del método de clasificación de tierras según su capacidad de uso (COLPOS, 2011) y del método de uso potencial del suelo (INEGI, 2005). Incorpora a su análisis una serie de factores de tipo agroecológicos, a los cuales llama variables estas son: Periodo de crecimiento, Temperatura, Precipitación, Suelo, Textura, Altitud, Pendiente, Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Materia orgánica y concentración de iones hidronio en el suelo (Ph). Variables que, según la FAO, permiten identificar zonas o regiones donde se cumplen dichos requerimientos en forma muy apto, apto, moderadamente apto, poco apto, muy poco apto y no apto, para el desarrollo agrícola (cultivos básicos) y forestal de acuerdo a las propiedades geográficas de la región o territorio en estudio.

Para el caso del presente estudio las variables retomadas para determinar el uso potencial del suelo en el territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 47. Variables para determinar el uso potencial del suelo en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Categorías	Variabes	Unidad de medida
Climáticas	Temperatura	10 – 28 °C
	Precipitación	700 – 110 mm
Edafológicas	Suelos	Feozem Luvisol Vertisol
	Textura (suelos)	Arcillosa Limos
	Profundidad (suelos)	50 – 100 cm
Ecosistémicas	Usos de suelo y vegetación	Agricultura Pastizales
Fisiográficas	Altitud	0 - 2500 msnm
	Pendientes	<10 °

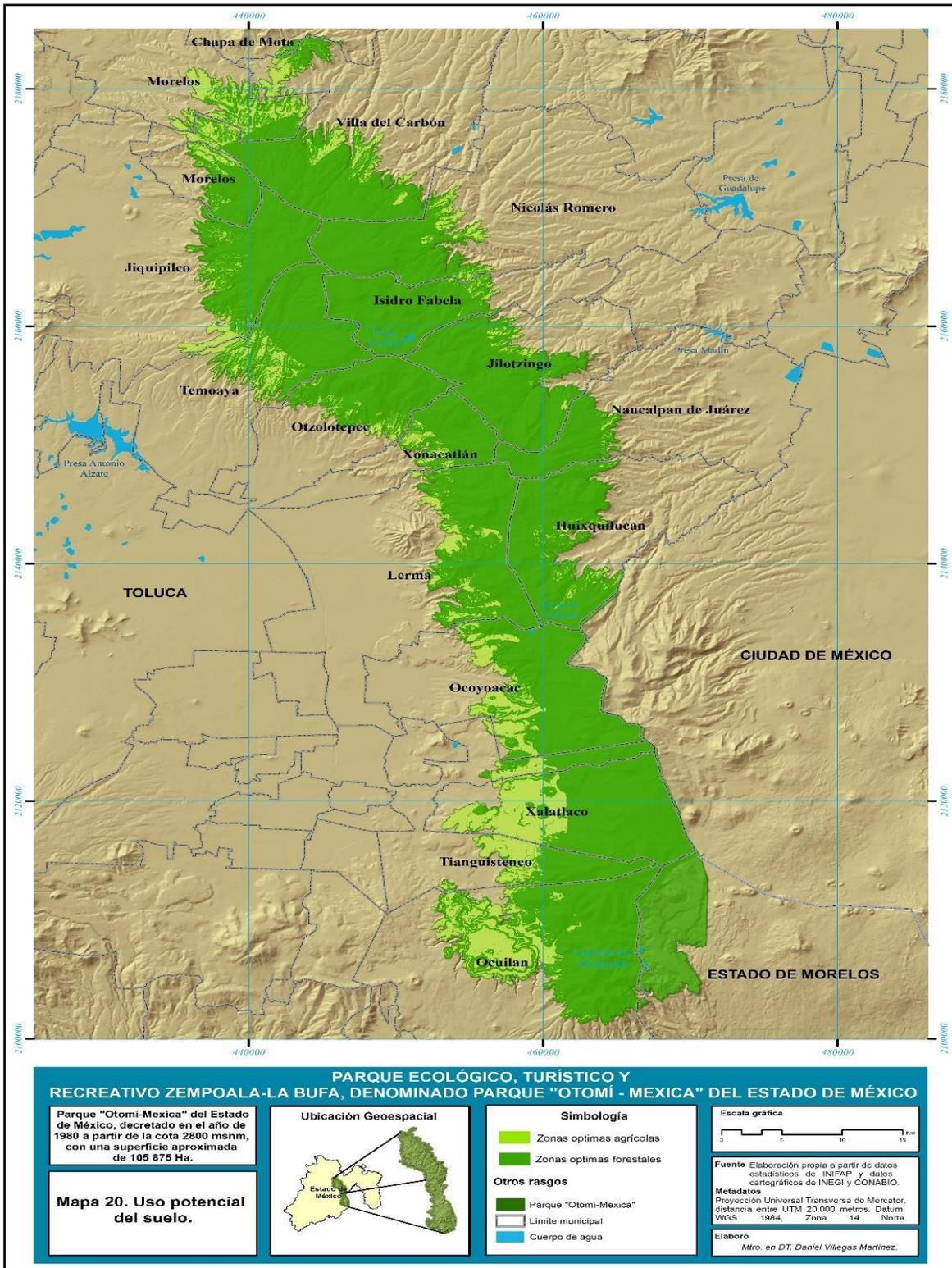
Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que las variables para determinar el uso potencial del suelo en el ANP, fueron seleccionadas en función del uso actual del suelo, principalmente de acuerdo a los requerimientos agroecológicos necesarios para el desarrollo de ecosistemas de bosques presentes en la región (bosques de coníferas y latifoliados) y de los agroecosistemas de maíz, papa y avena forrajera. La información cuantitativa de las variables se procesó a partir de la aplicación metodológica establecida por INEGI (s/f), El Colegio de Posgraduados de Chapingo (1991) y del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2013). La modelación y presentación espacial de las variables, se obtuvo por medio de la aplicación del método de clasificación supervisada, automatizado para la plataforma de *ArcGis 10.5TM* los resultados de representan el Mapa 20, en cual se representa de manera espacial los usos adecuados o potenciales de la tierra dentro del espacio geográfico del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, estos son los siguientes:

Uso potencial agrícola, debe estructurarse a partir de la capacidad de uso agrícola, por la aptitud para el desarrollo de cultivos, la aptitud para la labranza y la aptitud para la implantación de obras para riego. Para el caso de esta investigación la última variable mencionada no fue calculada, pues actualmente dentro del territorio no existen áreas representativas con este tipo de obras. De acuerdo con los datos obtenidos durante la modelación espacial, la superficie terrestre que debe ocupar actualmente el uso potencial agrícola dentro del espacio geográfico del parque es de unas 14,698.68 hectáreas.

De acuerdo con las características biofísicas del territorio utilizadas para determinar la categoría de uso potencial orientada hacia el uso agrícola, estas corresponden a terrenos con pendientes menores a 8° donde estructura topográfica es relativamente uniforme y con características geomorfológicas que corresponden a laderas convexas formadas por derrames y flujos piroclásticos, las características de la red hidrológica presentan una aparente homogeneidad y ésta se constituye principalmente de escurrimientos temporales (ríos intermitentes), que dan paso a suelos de tipo Andosol de los cuales su principal peculiaridad es su color obscuro (negro) que se le atribuye fundamentalmente a la acumulación de cenizas volcánicas.

Mapa 20. Uso potencial del suelo en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

Las características socioculturales que se presentan actualmente en estas porciones del territorio, se pueden resaltar que las áreas potencialmente agrícolas se encuentran situadas cerca de localidades y vías de comunicación primarias (recubiertas con algún tipo de material cemento o asfalto) y secundarias (sin recubrimiento alguno), aspectos que le confieren mayor disponibilidad de recursos técnicos para obtener mejores rendimientos agrícolas y un uso adecuado del territorio.

Uso potencial forestal, está estructurado por la clase de capacidad de uso forestal, la condición de la vegetación y la aptitud para la extracción de los productos forestales. Este uso potencial de la tierra cubre unas 91,167.32 hectáreas, lo que representa el 87% del territorio administrativo del ANP. Actualmente dentro de estos espacios geográficos se desarrollan de manera natural ecosistemas de bosques templados (pino, oyamel y mesófilo de montaña), bosques latifoliados compuestos principalmente por encinos y en algunos puntos del territorio hay ecosistemas compuestos por matorrales asociados y pastizales inducidos, originados por los impactos ocasionados a la vegetación original de los ecosistemas locales.

Otros ecosistemas y agroecosistemas que se ubican dentro de estos espacios corresponden a milpas, monocultivos de maíz, papa, avena forrajera y en menor extensión geográfica encontramos monocultivos de tubérculos como zanahoria, cebolla y rábanos. En las zonas periféricas del parque, principalmente aquellas que colindan con las metrópolis de la CDMx y Toluca existen asentamientos humanos de tipo urbano, y en la porción centro y norte del ANP en áreas situadas a mayor altitud se desarrollan asentamientos humanos de carácter rural. Sin embargo, de acuerdo a los requerimientos agroecológicos utilizados para determinar el uso potencial de la tierra dentro del parque, dentro de estos espacios se deberían desarrollar solamente ecosistemas de bosques templados y latifoliados.

Los componentes geográficos y biofísicos del territorio en estos espacios dificultarían el desarrollo de actividades no relacionadas con el aprovechamiento forestal sustentable. Ya que, las condiciones topográficas, climáticas, edafológicas e hidrológicas, no permiten el desarrollo de actividades agrícolas a largo plazo y de manera extensiva. Situación que fundamenta la necesidad y desarrollo a corto plazo programas locales ordenamiento territorial y ecológico, además de una pronta reestructuración espacial de las políticas de

manejo ambiental, mediante las cuales se administran en la actualidad el desarrollo de actividades en el territorio del parque.

Derivado del crecimiento poblacional en el centro de México, la demanda de alimentos, ampliación de infraestructura como: vías de comunicación, redes de transportes, servicios básicos (red de agua, drenaje y electricidad), industria, telecomunicaciones y servicios de recreación por mencionar algunas, son las principales causas que han generado la transformación de las coberturas vegetales dentro del territorio del ANP. El uso inadecuado del suelo dentro del área de estudio ha traído como consecuencia alteraciones a los ciclos bioquímicos (agua y carbono), pérdida de biodiversidad y sus servicios ambientales asociados, además de contribuir de manera conjunta con otros espacios geográficos al cambio climático global (Villegas *et al.*, 2018).

No obstante, aunque el territorio actual del parque fue decretado en la Gaceta Oficial de Gobierno del Estado de México como área natural protegida de carácter estatal el día 6 enero de 1980, y 28 años después fue publicado en la misma gaceta su Plan de Conservación y Manejo, en el cual se establecieron una serie de política de manejo ambiental que determinaban la superficie terrestre del ANP destinada para el aprovechamiento, conservación, protección y restauración. Además, en este plan se especifica las actividades permitidas, supervisadas y restringidas que pueden desarrollarse dentro del área que cada política de manejo ambiental, las cuales fueron diseñadas específicamente para el territorio Otomí-Mexica (CEPANAF, 2009).

Sin embargo, durante al análisis de Villegas et al. (2018) se puede observar que derivado del análisis entre las políticas de manejo ambiental establecidas durante el Programa de Conservación y Manejo de 2009 y Programa de Manejo de 2016, el crecimiento de la política de aprovechamiento y restauración han tenido un aumento territorial considerable, generado con ello degradación de ecosistemas locales, pérdida de biodiversidad y servicios ambientales asociados a estos ambientes.

3.3.4 Conflictos en el uso del territorio. Usos adecuados e inadecuados

De acuerdo con autores como Gutiérrez (2013), y de algunas instituciones como IGAC (2019), el Colegio de Posgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo (1991) y Gobiernos de América Latina como: Colombia (2002-2010) y México (2014), los conflictos del uso del suelo, se obtienen mediante sobre posición cartográfica del uso actual del suelo con el uso potencial.

A partir de este análisis se obtienen mapas que contienen información geoespacial sobre los usos adecuados e inadecuados del territorio. Como parte del diagnóstico integral del territorio es importante que se identifiquen de manera espacial los conflictos de uso suelo, para ello Gutiérrez (2013) determina que los principios que rigen este análisis son los siguientes:

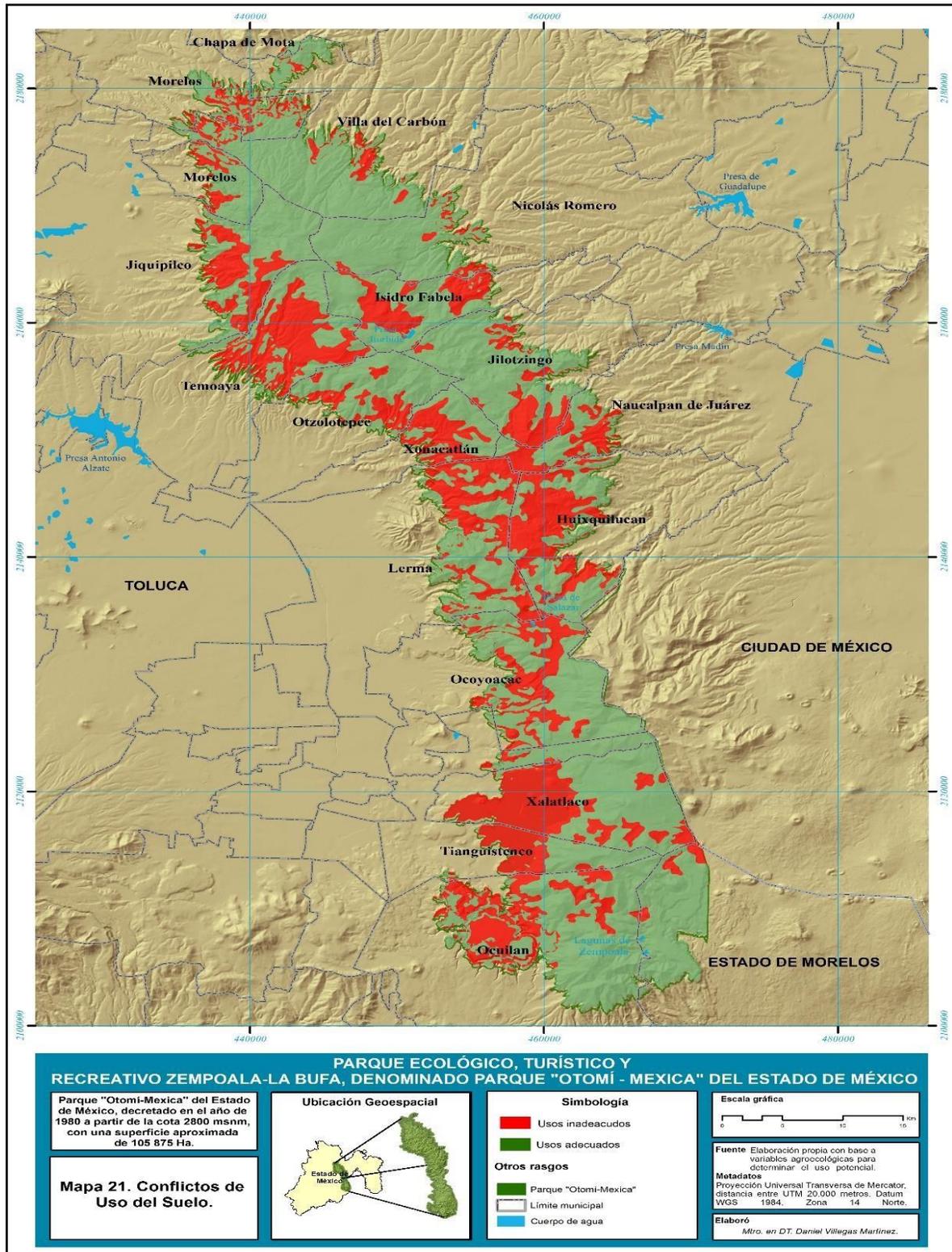
Tabla 48. Análisis sobre los conflictos de uso del suelo

USOS DEL SUELO	
Usos apropiados	Usos inapropiados
CONFLICTOS DE USO DEL SUELO	
Uso del suelo potencial o ideal (Aptitud) (UP).	Uso del suelo actual o real (UA).
Si $UA > UP$, existe riesgo, se requiere mayor calidad en cuanto a las estrategias que determinan el aprovechamiento del territorio.	Si $UP > UA$, existe un desperdicio en el uso del suelo.
<u>Si el $UA = UP$ (No existe conflicto dentro del territorio analizado).</u>	

Fuente: Elaboración propia con base a Gutiérrez, 2013.

De acuerdo con los datos obtenidos del proceso de sobre posición cartográfica entre la cobertura de uso potencial y la cobertura de uso actual del suelo, se determina que el 33% del territorio del parque actualmente está siendo explotado o utilizado de manera inadecuada. En el Mapa 21, las áreas en color rojo representan los usos inadecuados que actualmente los habitantes de las localidades ubicadas al interior de límite administrativo del parque le están dando al territorio. Durante trabajo de campo fue posible identificar que los usos inadecuados del suelo, son producto del desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas, turísticas, asentamientos humanos, desarrollo, ampliación y modernización de infraestructura principalmente de vías de comunicación y rutas de transporte.

Mapa 21. Conflictos en el uso del territorio, usos adecuados e inadecuados en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la información espacial representada en el mapa de uso potencial del suelo que se obtuvo a partir del cálculo de ocho variables, se tiene como resultado que el territorio apto para desarrollo forestal es de 91,176.32 hectáreas, áreas que representa el 87% del ANP. Mientras que las 14,698.68 hectáreas restantes, resultan ser óptimas para el desarrollo de actividades agrícolas (cultivos básicos de maíz, papa y avena forrajera).

Sin embargo, de acuerdo a los datos obtenidos del análisis de sobreposición entre el uso potencial y el uso actual del suelo. Los suelos con potencial forestal están siendo utilizados para el desarrollo y expansión de actividades agrícolas, áreas que posteriormente se transformarán en pastizales los cuales serán aprovechados para el pastoreo de ganado local. En algunas áreas del parque el desarrollo de actividades ganaderas está ocasionando procesos de erosión del suelo a causa del sobre pastoreo de ganado bovino, ovino y equino principalmente (Fotografía 16).

Fotografía 16. Pastoreo de ganado ovino en los ambientes locales del Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fotografía de Daniel Villegas Martínez. Tlazala de Fabela, Municipio de Isidro Fabela, Estado de México, 2018.

3.3.4.1 Usos adecuados e inadecuados en suelos con potencial forestal

En el mapa 22, se puede observar que el territorio representado en color verde corresponde a suelos óptimos para desarrollo forestal, sin embargo, también se observan que hay áreas representadas en color café que corresponden a zonas agrícolas y áreas en color amarillo que simbolizan los pastizales que actualmente se están desarrollando sobre suelos con potencial forestal. Estos usos inadecuados del territorio actualmente ocupan una superficie de 33,314.84 hectáreas (Tabla 49).

Siguiendo con Gutiérrez (2013) este fenómeno corresponde a un comportamiento donde: el uso potencial (UP) es mayor al uso actual (UA), situación que se puede definir como un desperdicio en cuanto al uso del suelo actual, ya que los espacios que ocupa la agricultura y los pastizales inducidos deberían ser utilizados para desarrollar actividades forestales de manera ordenada y sustentable. En la siguiente tabla se muestra la superficie terrestre que ocupan los usos inadecuados dentro de las áreas óptimas para el desarrollo forestal.

Tabla 49. Usos inadecuados del suelo con potencial forestal en los municipios que conforman el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México

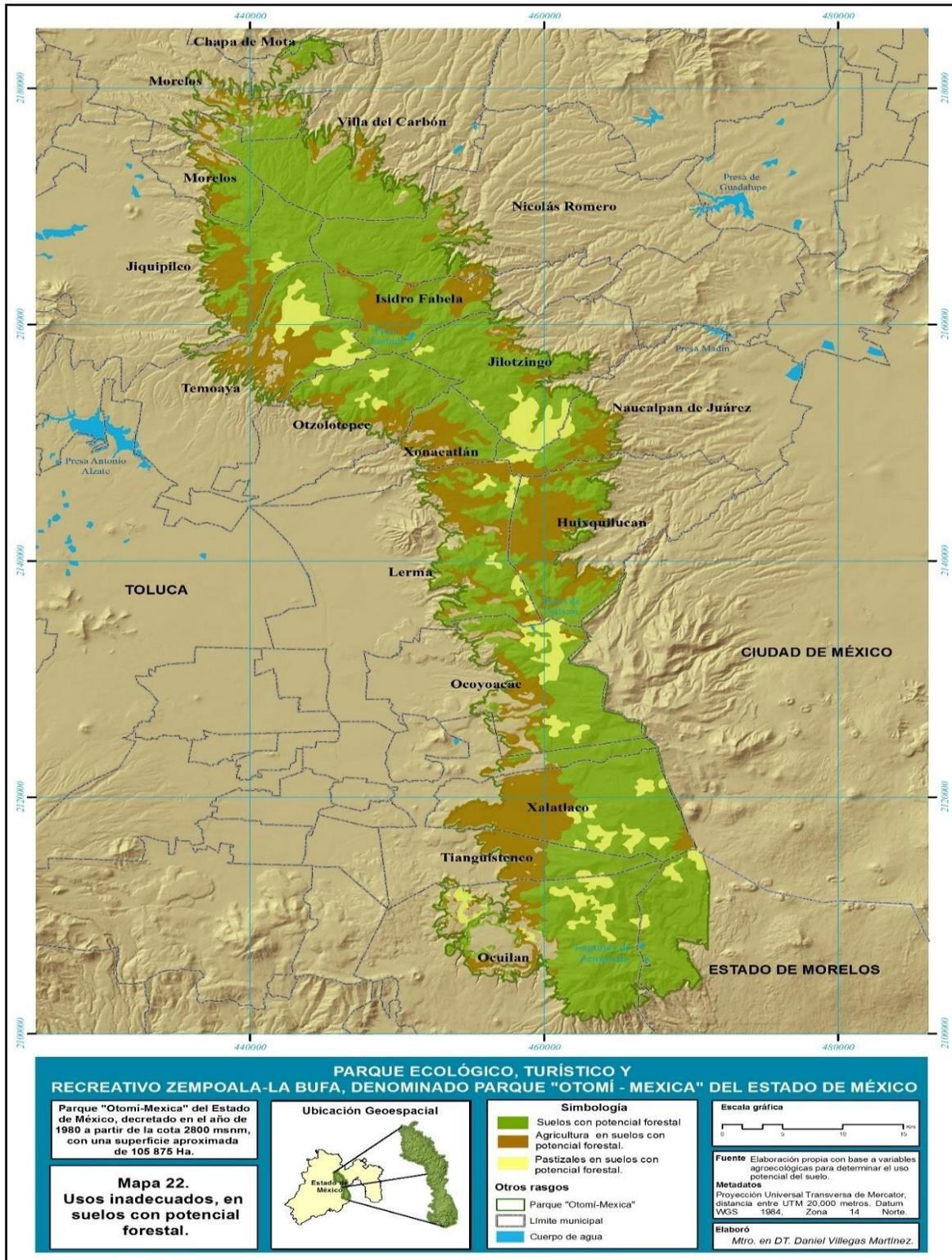
Municipio	Superficie (Ha)	Usos inadecuados	Superficie (Ha)	Uso adecuado
Chapa de Mota	80.56	Agricultura	2.38	Forestal
Huixquilucan	6932.08	Agricultura	3,302	Forestal
		Asentamiento humano	495.96	Forestal
		Pastizal inducido	92.42	Forestal
Isidro Fabela	5298.78	Agricultura	16.32	Forestal
		Asentamiento humano	66.71	Forestal
		Pastizal inducido	1786.96	Forestal
Jilotzingo	7324.82	Agricultura	265.75	Forestal
		Asentamiento humano	111.46	Forestal
		Pastizal inducido	1345.91	Forestal
Jiquipilco	6029.72	Agricultura	1913.48	Forestal
		Asentamiento humano	2.90	Forestal
		Pastizal inducido	154.92	Forestal
Lerma	7235.28	Agricultura	2537.23	Forestal
		Asentamiento humano	35.34	Forestal
		Pastizal inducido	553.16	Forestal
Morelos	4565.03	Agricultura	952.58	Forestal
		Asentamiento humano	227.33	Forestal
Naucalpan de Juárez	2703.14	Agricultura	945.03	Forestal
		Asentamiento humano	109.50	Forestal

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

		Pastizal inducido	330.90	Forestal
Nicolás Romero	5306.86	Agricultura	380.21	Forestal
		Asentamiento humano	143.04	Forestal
		Pastizal inducido	1124.85	Forestal
Ocoyoacac	8663.69	Agricultura	1286.52	Forestal
		Asentamiento humano	173.05	Forestal
		Pastizal inducido	1124.85	Forestal
Ocuilán	12276.96	Agricultura	985.35	Forestal
		Pastizal inducido	1163.68	Forestal
Otzolotepec	4645.04	Agricultura	831.01	Forestal
		Asentamiento humano	148.49	Forestal
		Pastizal inducido	283.92	Forestal
Temoaya	6565.95	Agricultura	2152.70	Forestal
		Asentamiento humano	229.78	Forestal
		Pastizal inducido	1350.48	Forestal
Tianguistenco	4401.15	Agricultura	1416.15	Forestal
		Asentamiento humano	38.19	Forestal
		Pastizal inducido	86.46	Forestal
Villa del Carbón	8056.01	Agricultura	648.16	Forestal
		Pastizal inducido	15.85	Forestal
Xalatlaco	9564.08	Agricultura	3235.29	Forestal
		Asentamiento humano	33.15	Forestal
		Pastizal inducido	952.83	Forestal
Xonacatlán	3014.47	Agricultura	1373.17	Forestal
		Pastizal inducido	14.27	Forestal
Total			33,314.84	

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 22. Usos inadecuados en suelos con potencial forestal en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.2 Usos adecuados e inadecuados en suelos con potencial agrícola

Los espacios geográficos óptimos para desarrollar actividades agrícolas de acuerdo a los criterios agroecológicos propuestos por el INIFAP, deberían ocupar el 13% de la superficie total del parque. Sin embargo, dada la ubicación geográfica del ANP las áreas que corresponden a uso óptimo agrícola, actualmente son utilizadas para desarrollar actividades vinculadas con la agricultura (zonas de cultivos básicos), ganadería y turismo (actividades desarrolladas sobre los pastizales inducidos), habitacional y desarrollo de infraestructura.

En el Mapa 23, las áreas representadas en color café corresponden a suelos con potencial agrícola; no obstante, se observa que en estas áreas el desarrollo de actividades forestales (espacios de color verde) y pastizales (espacios en color amarillo) ocupan en la actualidad una superficie aproximada de 1,905.27 hectáreas (Tabla 50).

Esta situación de acuerdo con Gutiérrez (2013) expresa que el UP>UA, por lo que existe un desperdicio en el uso del suelo ya que, las áreas donde se desarrollan actividades vinculadas con el aprovechamiento forestal, ganadería y turismo, deberían ser aprovechadas para el desarrollo agrícola de cultivos básicos de temporada. En la siguiente tabla se presentan la superficie que los usos inadecuados ocupan dentro de las áreas con potencial agrícola.

De acuerdo con Espejel et al. (2015) dentro de la Política Nacional de Desarrollo Sustentable (2005), el uso inadecuado de los suelos en México ha provocado una severa disminución del 80% de la fertilidad del territorio nacional, el aumento de las zonas agrícolas, industriales, habitacionales y de pastoreo están provocando la reducción óptima y productiva del suelo, y con ello el mal uso de los componentes naturales.

Tabla 50. Usos inadecuados en suelos con potencial agrícola en los municipios que conforman el territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Municipio	Superficie (Ha)	Usos inadecuados	Superficie (Ha)	Uso adecuado
Chapa de Mota	80.56	Forestal	1.50	Agrícola
Huixquilucan	6932.08	Forestal	0.12	Agrícola
Isidro Fabela	5298.78	Forestal	0.98	Agrícola
Jilotzingo	7324.82	Forestal	4.17	Agrícola
Lerma	7235.28	Forestal	42.48	Agrícola
		Pastizal	1.25	Agrícola
Morelos	4565.03	Forestal	226.98	Agrícola

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

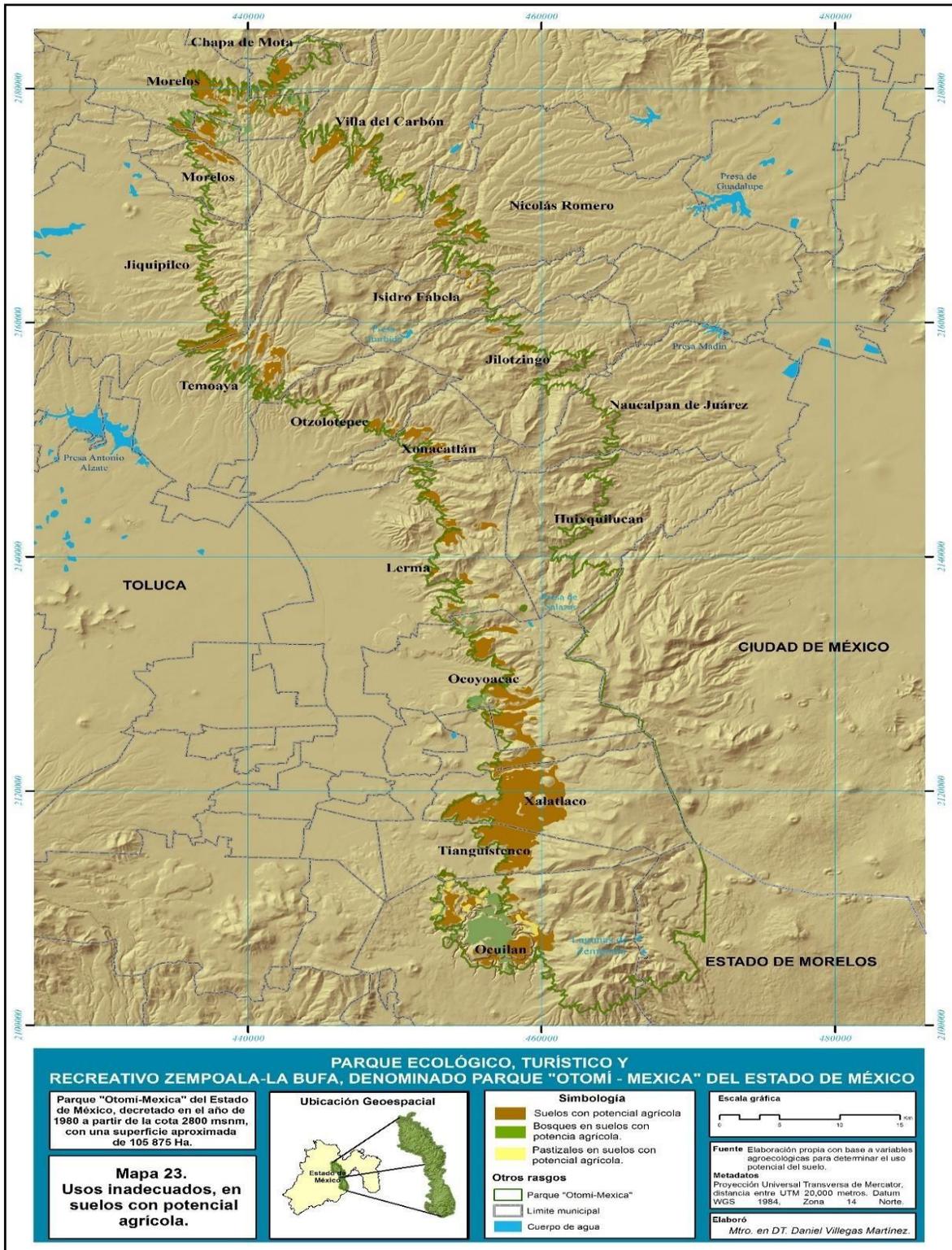
Naucalpan de Juárez	2703.14	Forestal	2.73	Agrícola
Nicolás Romero	5306.86	Forestal	9.75	Agrícola
Ocoyoacac	8663.69	Forestal	201.97	Agrícola
Ocuilán	12276.96	Forestal	983.62	Agrícola
		Pastizal	236.94	Agrícola
Temoaya	6565.95	Forestal	12.89	Agrícola
		Pastizal	0.56	Agrícola
Tianguistenco	4401.15	Asentamiento humano	6.17	Agrícola
		Forestal	2.36	Agrícola
		Pastizal	3.30	Agrícola
Villa del Carbón	8056.01	Forestal	116.59	Agrícola
		Pastizal	40.63	Agrícola
Xalatlaco	9564.08	Asentamiento humano	6.12	Agrícola
		Forestal	0.69	Agrícola
		Pastizal	3.47	Agrícola
Total			1,905.27	

Fuente: Elaboración propia.

Desde esta perspectiva algunas instituciones gubernamentales como en su momento lo fue el Instituto Nacional de Ecología (INE), el Colegio de México (COLMEX) e instancias académicas como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), consideran que una estrategia de carácter nacional que logre contener los procesos de deterioro ambiental es a través de establecer lineamientos que regulan el recurso suelo (Espejel *et al.*, 2015).

A partir de esta problemática, algunos estudios sobre calidad de suelos, buscan identificar y determinar una serie de indicadores de productividad y conservación por medio de la medición de propiedades biológicas, físicas y químicas de los diferentes suelos que existen dentro del territorio mexicano. De acuerdo con Zúñiga (2009), la identificación de propiedades agroecológicas para determinar el uso potencial del suelo pueden ser modelos sintéticos y analíticos que permiten sectorizar el territorio de acuerdo con su fertilidad potencial.

Mapa 23. Usos inadecuados en suelos con potencial agrícola en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México



Fuente: Elaboración propia.

La modelación geostatística orientada hacia la aptitud del uso potencial del suelo, puede ser un instrumento valioso para la planeación sustentable de los territorios decretados como áreas naturales protegidas. El uso de sistemas de información geográficas (SIG), facilita la modelación de información geoespacial de un determinado territorio de manera eficiente y aún menor costo. De acuerdo con Espejel et al. (2015), la modelación geoespacial para determinar el uso potencial del suelo constituye una etapa fundamental en la planeación y aprovechamiento sustentable de los componentes naturales dentro de las cuencas hidrológicas, en este sentido para el presente estudio el ajuste de variables para determinar el uso potencial del suelo dentro del ANP.

Esta propuesta de perspectiva integral busca mediante una metodológica compleja alcanzar un equilibrio entre los componentes territoriales (ambientales, económicos y sociales). Para ello el análisis de la distribución geoespacial de las propiedades agroecológicas del suelo es fundamental para un manejo adecuado del territorio. Una modelación de la aptitud para el uso de la tierra, debe ser el primer paso para una planeación sustentable sobre el aprovechamiento los componentes de las cuencas hidrológicas ya que, al utilizar el suelo de acuerdo con su aptitud potencial permite alcanzar el mayor equilibrio entre los factores ambientales, económicos y sociales (Young, 1995).

La clasificación de tierras, no determina por si sola los cambios que deberán adoptarse en el uso de la tierra, sin embargo, brinda los datos necesarios para la toma de decisiones y su eficiencia se muestra en los resultados de clasificación de la aptitud potencial del uso del suelo. Se ha comprobado que los mapas pueden proporcionar indicadores para las organizaciones no gubernamentales y gubernamentales, para grupos de agricultores e investigadores, sobre las prácticas adecuadas para la experimentación y modelación, y más aún, si se toman en cuenta los resultados que se obtiene con la técnica de análisis multicriterio en el ámbito de investigación cualitativa.

3.4 Estrategias sustentables. Propuesta de zonificación ambiental para la administración territorial del Parque Otomí-Mexica del Estado de México

Según Hinkelammert (2007), “la modernidad se construye de la visión del sujeto y de la subjetividad”. Ante esta situación la Revolución Capitalista y Científica, buscan la transformación del ser humano y su percepción de permanencia en el mundo, el cual quiere dominarlo y busca los métodos para someter la realidad a su dominio, propiciando que el universo se convierta en un objeto de su posesión (Columbie, 2012).

Ante esta reflexión estructurada desde el Pensamiento Complejo, se establece la estrategia de zonificación ambiental para el territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, la cual se ha diseñado desde las consideraciones jurídicas de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF, 1998), el Reglamentos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas (DOF, 2000), el Código para la Biodiversidad del Estado de México, Libro Segundo: Del Equilibrio Ecológico, la Protección al Ambiente y Fomento al desarrollo Sostenible (GEM, 2005), Decreto y Programa de Manejo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México (GEM, 1980 y CEPANAF, 2016). Además de considerar lo establecido en el Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal Otomí-Mexica (EcoCiencia, 2009).

En este último se establecen una serie de justificaciones para la conservación y aprovechamiento sustentable del ANP y sus componentes territoriales, estas justificaciones se desarrollaron desde una serie de perspectivas que contemplan al parque como un benefactor de servicios ambientales de provisión, regulación y culturales, entre las más importantes se consideraron: a) producción de oxígeno y absorción de dióxido de carbono; b) zona de infiltración hacia el acuífero; c) aumento de la humedad relativa; e) recurso agua; d) pureza del aire y e) control de la erosión (EcoCiencia, 2009).

Sin embargo, ante una reflexión crítica e integral sobre la importancia socioambiental del espacio geográfico del parque, se determina que las alteraciones de su territorio están dadas por el manejo inadecuado de sus componentes biofísicos y socioculturales. De acuerdo con el diseño de escenarios desarrollados y analizados en la presente investigación, son la pérdida de la cobertura forestal, el crecimiento desordenado de las actividades agrícolas y los asentamientos humanos, el desarrollo de actividades turísticas, la expansión y modernización

de las vías de comunicación y transporte, y la contaminación de cuerpos y corrientes de agua, los factores colectivos que inciden de manera directa en la degradación ambiental.

3.41 Zonificación ambiental del Parque Estatal Otomí-Mexica, establecida durante el desarrollo del Programa de Conservación y Manejo del año 2009

Ante estos acontecimientos que han persistido desde hace varias décadas atrás, durante el año 2009 la CEPANAF y la Consultoría EcoCiencia, desarrollaron el primer Programa de Conservación y Manejo¹⁸ del Parque Estatal Otomí-Mexica¹⁹, documento rector en el cual se establecen las actividades, acciones, lineamientos básicos, monitoreo y restricciones para el manejo y administración del parque. En dicho documento, se establece la zonificación ambiental del territorio a partir de una serie de políticas de manejo, en esta zonificación se considera al territorio del parque (105,875 has) como la zona núcleo que a su vez está dividida en: zonas de aprovechamiento, zonas de conservación, zonas de protección y zonas de restauración (EcoCiencia, 2009). Para determinar la zonificación ambiental del territorio, la metodología que se empleo fue a partir de técnicas de fotointerpretación sobre imágenes de satélite, considerandos los siguientes lineamientos (Tabla 51). Resultado de la aplicación de los criterios generales de zonificación ambiental mediante técnicas de fotointerpretación, se obtuvieron los resultados cartográficos y estadísticos (Tabla 52 y Mapa 24).

Tabla 51. Criterios de zonificación ambiental del año 2009

Criterios generales de zonificación ambiental			
Zonas			
Aprovechamiento	Conservación	Protección	Restauración
Uso de suelo agrícola. Zonas destinadas a actividades turísticas.	Rango forestal de media densidad (rodales de cobertura arbórea del 36 al 70 %). Calidad Escénica.	Rango forestal de alta densidad (rodales con cobertura arbórea del 71 al 100 %). Pendientes mayores a 45° o 100 %.	Rango forestal de baja densidad (rodales con cobertura arbórea del 1 al 35 %).

¹⁸ El Programa de Manejo, “Es el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del área natural protegida respectiva” (DOF, 2000).

¹⁹ Durante el desarrollo del Programa de Conservación y Manejo del año 2009, realizado por la consultoría EcoCiencia y la CEPANAF, el nombre del ANP fue establecido como Parque Estatal Otomí-Mexica, sin embargo, el decreto de 19080, estable que el nombre oficial del ANP es Parque Otomí-Mexica del Estado de México (GEM, 1980).

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

Zonas destinadas a actividades económicas productivas.	Zonas de recarga. Manantiales y su cuenca de captación.	Zonas con uno o varios recursos naturales muy deteriorados. Áreas de bosques con zonas clareadas. Recuperación ecológica de las áreas o sitios degradados. Restauración de sitios erosionados. Control de cárcavas. Restauración de áreas tributarias de manantiales.
--	--	--

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CEPANAF, 2009.

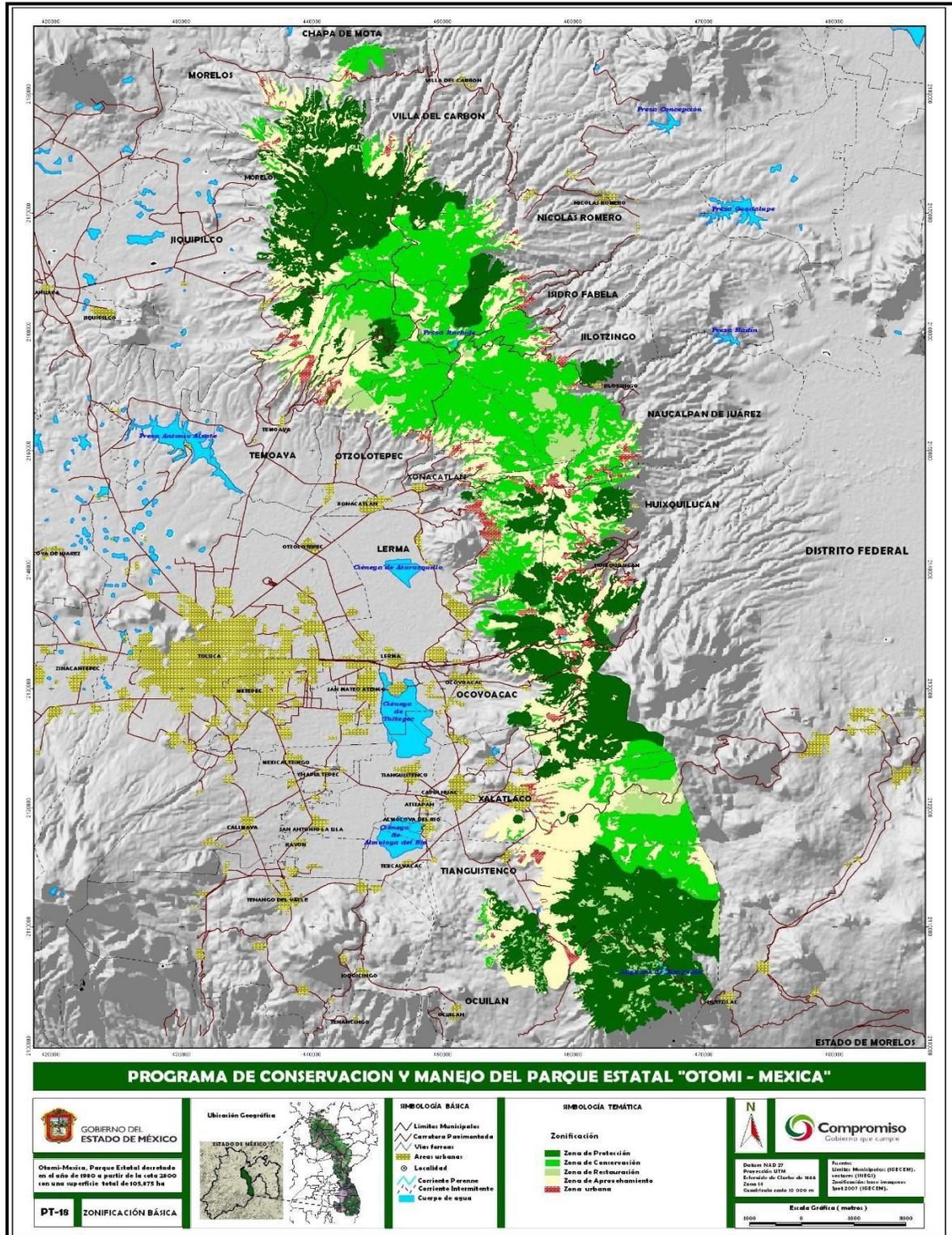
Tabla 52. Superficie terrestre de la zonificación ambiental durante el año 2009

Zona	Superficie (ha)
Aprovechamiento	21,641
Conservación	31,826
Protección	46,565
Restauración	5,842
Superficie total	105,875

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CEPANAF, 2009.

De acuerdo con el Programa de Conservación y Manejo de 2009, la zonificación ambiental del parque se realizó considerando también los criterios establecido en el decreto de creación del Parque Otomí-Mexica del Estado de México y empleando los lineamientos señalados en la LGEEPA y RLGEEPA-ANP. Destaca la superficie que ocupan las zonas destinadas al aprovechamiento, dentro de las cuales se pueden desarrollar actividades vinculadas con el uso sostenible e intensivo de los elementos naturales que lo integran con fines de producción económica, consolidación urbana y servicios turísticos (CEPANAF, 2009 y EcoCiencia, 2009).

Mapa 24. Zonificación ambiental en el territorio administrativo Parque Estatal Otomí-Mexica, año 2009



Fuente: CEPANAF, 2009.

Las zonas de restauración, ocupaban la menor extensión territorial del parque, estas se definieron como espacios degradadas, que mantienen solo una fracción de la diversidad biológica original y en las que la contribución a la provisión de recursos ambientales es muy limitada. Estas zonas se distribuyen de manera homogénea dentro del territorio del parque y suelen concentrarse en zonas montaña, fragmentado de manera considerable las zonas destinadas a la conservación y protección que ocupaban cerca del 75% de la superficie del ANP. Estas zonas fueron definidas como áreas donde aún se conserva la integridad ecológica de los ecosistemas y contribuyen de forma significativa a la provisión de servicios ambientales (EcoCiencia, 2009).

Derivado del estudio integral del territorio, realizado durante este proceso de investigación (2016-2019) y del análisis sobre los documentos generados durante el desarrollo del Programa de Conservación y Manejo 2009, se determina que la zonificación ambiental presenta algunas contradicciones. Las más significativa fue identificada en la zona norte del territorio dentro de los municipios de Nicolás Romero, Temoaya, Oztolotepec, Isidro Fabela, Jilotzingo y Xonacatlán, y una más en la zona sur dentro del territorio que comprende los municipios de Xalatlaco y Tianguistenco. En sus áreas de montaña fue asignada la política de conservación al determinar que estas áreas tenían una vegetación natural en buen estado de conservación.

Sin embargo, derivado del análisis de imágenes de satélite *Spot* 2009 y recorridos de campo realizados en 2016 por estas áreas, se identifica que los ecosistemas que ocupan estos espacios son bosques de pino en donde la especie que predomina es el *Pinus hartwegii*, este ecosistema natural se caracteriza por presentar una cobertura de bosque abierta. Conforme a lo observado en campo, se determina que son bosques que conservan en buen estado su estructura natural y puede mantener los procesos ecológicos de manera natural, de acuerdo a estas características la política de asignación tendría que estar orientada hacia la protección. Al realizar los procesos de fotointerpretación sobre estas áreas, se destaca que la cobertura forestal entra dentro del rango 30-70% establecido para zonas de conservación. Estas incongruencias entre lo que existe físicamente en el territorio y lo interpretado por los expertos, se concluye en una serie de errores plasmados en la zonificación ambiental del año 2009.

3.42 Zonificación ambiental del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, establecida durante el desarrollo del Programa de Manejo del año 2016

Durante el año 2016 la CEPANAF y el Colegio de Ciencias Geográficas del Estado de México (COCIGEM), llevaron a cabo la actualización del Programa de Conservación y Manejo del año 2009, quedando este documento con el nombre de Programa de Manejo 2016. Dentro de sus objetivos se establece que la zonificación del parque debe reorientarse, ya que múltiples espacios han sido fragmentados por los procesos de cambio de uso del suelo, principalmente para establecer cultivos agrícolas, pastoreo sin control, establecimiento de asentamientos humanos dispersos, áreas desprovistas de vegetación, disminución de la cubierta forestal, establecimientos industriales y de servicios, apertura y ampliación de vías de comunicación y contingencias ambientales provocadas por incendios (CEPANAF, 2016 y Juan *et al.*, 2017).

En el Programa de Manejo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México del año 2016, se establece que los lineamientos para realizar la zonificación ambiental deben realizarse conforme a lo establecido en los documentos de la política ambiental en materia de manejo de áreas naturales protegidas, en ellos se exponen que la zonificación debe generarse a partir de la evaluación del uso del territorio con tres subprocesos clave: a) evaluación de la aptitud del territorio; b) evaluación de los conflictos de uso y sus tendencias para la determinación de unidades prioritarias de acción (unidades de gestión), y c) evaluación del desarrollo socioeconómico a nivel municipal y regional (CEPANAF, 2016).

El sustento jurídico de la zonificación ambiental del año 2016, se sustenta en el decreto del parque como área natural protegida (GEM, 1980), en el Programa de Conservación y Manejo (EcoCiencia, 2009) y en el Código para la Biodiversidad del Estado de México (GEM, 2005), complementándose con lo expuesto en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas (DOF, 2000) y fundamentos teóricos y metodológicos de las ciencias sociales, como de las ciencias naturales y de los sistemas de información geográfica, siendo lo más importante las observaciones y registros directos en trabajo de campo (CEPANAF, 2016).

Para llevar a cabo estos criterios de zonificación ambiental se estableció la siguiente metodología propuesta por la CEPANAF-COCIGEM:

“La zonificación ambiental del parque, se sustenta metodológicamente en actividades de trabajo en gabinete (teledetección y análisis espacial en imágenes de satélite), sobreposición de la superficie del ANP ubicada en las imágenes de satélite en la plataforma de Google Earth, utilización del programa Arc Gis 10.2.2. La fase de trabajo de campo consistió en cinco recorridos por el territorio del parque, reuniones de trabajo y consenso con algunos actores sociales de las comunidades ubicadas en el ANP y en asociación con la técnica de juicio de expertos, se procedió a elaborar la zonificación ambiental” (CEPANAF, 2016).

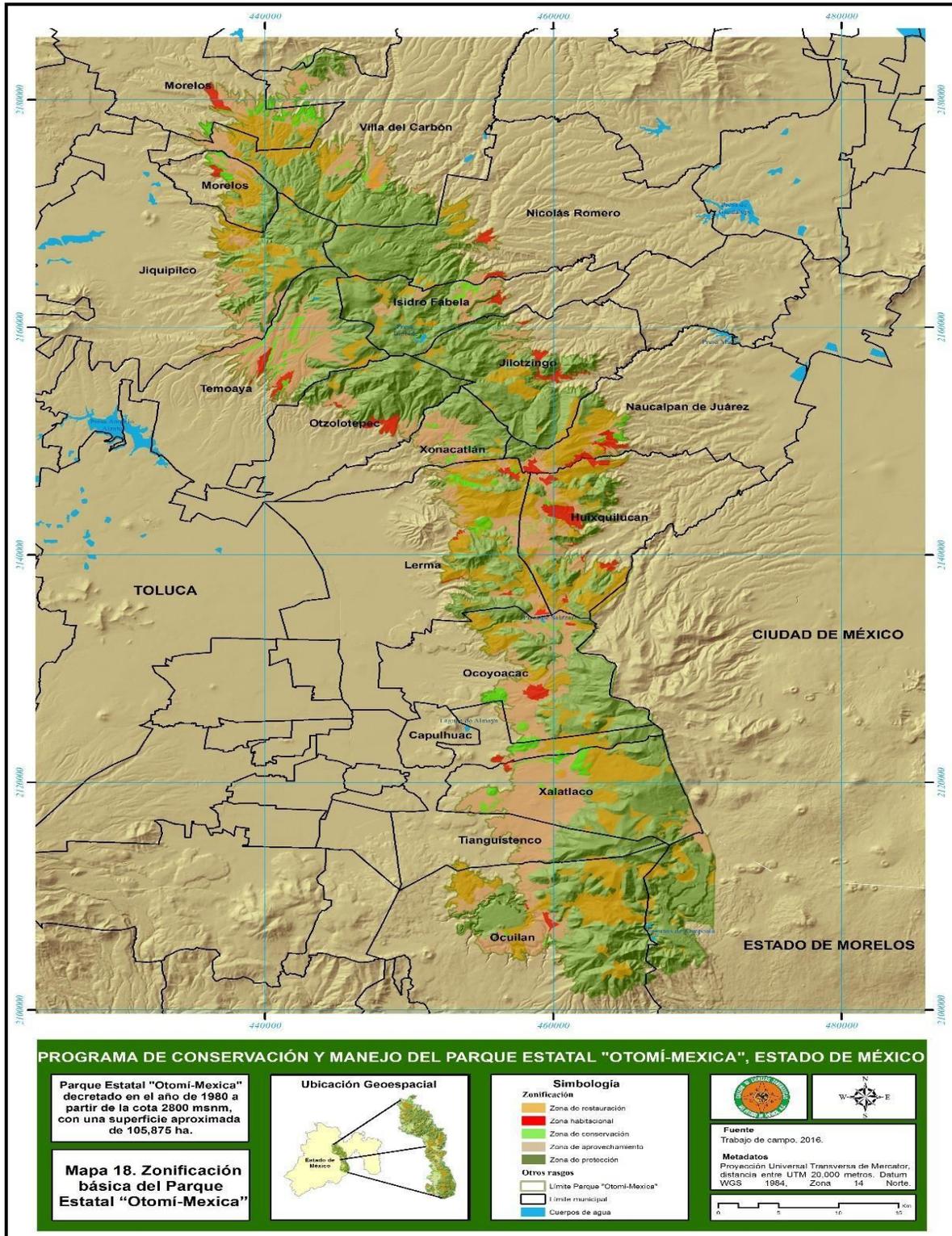
Resultado de aplicación metodológica se obtienen los resultados representados en la Tabla 53 y Mapa 25. Como se puede observar las zonas de aprovechamiento tuvieron un crecimiento superficial de poco más de 10,000 ha, lo que provocó que las zonas destinadas a la protección tuvieran una disminución del 8% respecto al año 2009. De acuerdo con el análisis que realizaron Villegas et al. (2018), este fenómeno está vinculado de manera directa con el crecimiento de actividades agrícolas y turísticas, las cuales se van desarrollando paulatinamente sobre terrenos forestales que anteriormente estaban considerados como zonas conservación y protección.

Tabla 53. Superficie terrestre de la zonificación ambiental durante el año 2016

Zona	Superficie (ha)
Aprovechamiento	31,693
Conservación	12,569
Protección	42,711
Restauración	18,902
Superficie total	105,875

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CEPANAF, 2016.

Mapa 25. Zonificación ambiental en el territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México, año 2016



Fuente: CEPANAF, 2009.

Otros de los cambios que resaltan en la zonificación ambiental del año 2016, es la disminución del 60% de las zonas destinadas a la conservación y el aumento de las áreas propuestas para la restauración, las cuales en el año 2009 cubrían un área geográfica de 5,842 hectáreas, mientras que para el año 2016 la superficie ocupada era de 18,902 hectáreas, lo que representa una tasa de crecimiento territorial del 223%. Esta tendencia de crecimiento abrupta de los últimos siete años (2009-2016), de acuerdo a los datos obtenidos de las imágenes de satélite y de los recorridos de campo por las áreas que presentan estos cambios, se debe principalmente a dos factores.

El primero, se origina en las partes altas del territorio donde los promedios altitudinales rebasan los 3,500 msnm, en estos espacios geográficos fue posible identificar una serie de áreas con problemas de degradación y procesos menores de fragmentación, derivados de la tala de especies arbóreas y la extracción de especies arbustivas y herbáceas. El segundo factor que ha propiciado el aumento de las zonas de restauración se da en las partes bajas del territorio, principalmente en aquellos espacios que estaban destinadas a la agricultura y el pastoreo, y por diversos factores fueron abandonadas. Estas áreas se regeneraron de manera natural hasta recuperar un porcentaje mínimo de su diversidad ecológica original, característica esencial para determinar estas áreas bajo la política de restauración (Villegas *et al.*, 2018).

Al realizar el análisis de la zonificación ambiental del año 2016, se determina que existen deficiencias, pues los métodos y técnicas que se utilizaron para trazar los polígonos de zonificación se realizó mediante técnicas de fotointerpretación y considerando algunos elementos de la imagen de satélite como: tamaño, tono, forma, color, textura y patrones de comportamiento. Las deficiencias identificadas corresponden principalmente a la percepción del fotointerprete quien determina desde su propia percepción las características del objetivo a identificar.

Al realizar un análisis de sobre posición entre las poligonales (zonificación) y una imagen de satélite SENTINEL 2 de alta resolución del año 2016, se puede identificar que las principales anomalías están relacionadas con los procesos de generalización, principalmente en áreas destinadas al aprovechamiento en donde remanentes de bosques de coníferas fueron destinados a ella. Para el caso de las zonas de restauración, estas fueron trazadas sobre

bosques de pino (*Pinus hartwegii*) que se caracteriza por presenta una cobertura arbórea abierta, la cual ha sido confundida durante los procesos de fotointerpretación como una cobertura con procesos de degradación, principalmente asociados al desmonte, tala y agricultura de montaña.

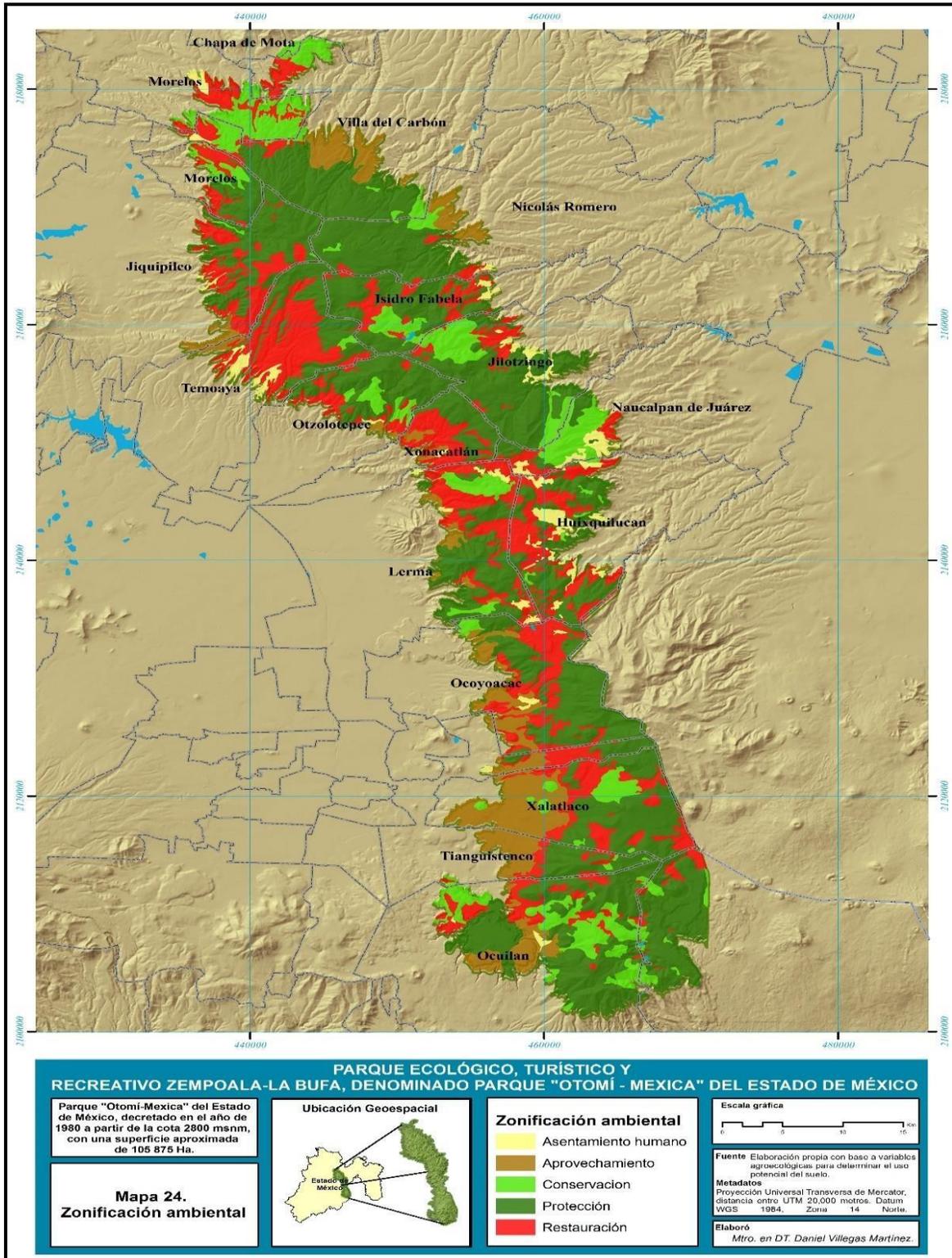
Al concluir el análisis de las zonificaciones realizadas en los años 2009 y 2016 para el Parque Otomí-Mexica del Estado de México, se identificó que en ambos documentos se estable que la zonificación ambiental se realizó a partir de la vocación natural del suelo, el uso actual y potencial, cuerpos de agua y cobertura forestal, sin embargo, al analizar los patrones de trazado de las poligonales es posible determinar que estas se realizaron considerando solo los métodos de fotointerpretación antes mencionados. Por esta razón existen anomalías en la asignación de políticas de manejo sobre las porciones territoriales del ANP, lo que genera que no existan indicadores confiables para determinar su viabilidad o deficiencia.

Es notorio observar como las políticas de aprovechamiento y conservación, aumentan paulatinamente su superficie terrestre, esto como resultado de las malas estrategias empleadas para el aprovechamiento de ecosistemas y recursos naturales del parque. Desde esta dimensión, es necesario plantear una metodología integral para el diseño espacial de la zonificación ambiental del territorio administrativo del ANP que realmente consideré las características del uso actual del suelo, uso potencial de la tierra y los usos adecuados e inadecuados del territorio.

3.4.3 Zonificación ambiental del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, establecida desde una metodología con enfoque sistémico-integral

Considerando las características antes mencionadas del territorio, se realizó el diseño de una metodología basada en el análisis multicriterio, la cual consiste en seleccionar una serie de indicadores (biofísicos y socioculturales) presentes en el espacio geográfico de estudio y representarlos cartográficamente. Derivado de esta selección de indicadores se realizaron una serie de modelaciones en ambiente SIG y con ello se obtuvo la zonificación ambiental del ANP, estos resultados se presentan en el Mapa 26 y Tabla 54.

Mapa 26. Propuesta de zonificación ambiental, establecida desde una metodología con enfoque sistémico-integral



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Superficie terrestre la zonificación ambiental, diseñada desde un enfoque sistémico -integral

Zonificación	Superficie (ha)
Asentamientos humanos	2,989
Política de aprovechamiento	10,075
Política de conservación	12,495
Política de protección	55,092
Política de restauración	25,225
Total	105,875

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre las zonificaciones ambientales propuestas en los años 2009 y 2016, son los resultados obtenidos en esta propuesta investigación y análisis de carácter integral que se derivan de una serie de etapas metodológicas (caracterización integral del territorio, diagnóstico integral del territorio y desarrollo y evaluación de escenarios).

El desarrollo y análisis de cada etapa metodológica proporcionaron las bases científicas para la selección de indicadores y con ellos realizar la modelación en ambiente SIG, de las cuales se obtuvo una zonificación ambiental viable capaz de medir los patrones de comportamiento espacial de las políticas de manejo (aprovechamiento, conservación, protección y restauración) a corto, mediano y largo plazo, y con ello desarrollar propuestas de instrumentación coherentes de acuerdo a las características biofísicas, socioculturales y administrativas del territorio del ANP.

Como se puede observar en la siguiente tabla, es notoria la estructura espacial de cada política de manejo. De acuerdo a las variables climáticas, edafológicas, ecosistémicas y fisiográficas se determinó la superficie que deberían de ocupar la política de aprovechamiento (10,075 has) y protección (55,092 has), esto con respecto al uso potencial de la tierra. De acuerdo con el INEGI (2019), el uso potencial de suelo o tierra, obedece a una serie de requerimientos biológicos y técnicos para desarrollar con mejores resultados el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

Derivado de la modelación espacial del uso potencial del suelo, se tiene como resultado que el 97% del territorio del parque presenta las condiciones biogeográficas necesarias para el desarrollo de especies forestales (coníferas y latifoliadas) principalmente.

Las zonas destinadas a protección, están ubicadas geográficamente en áreas de montaña, alejadas de las zonas propuestas para el aprovechamiento y de los asentamientos humanos. Estos factores de carácter antrópico asociados a una serie de elementos geográficos como la geomorfología, pendientes y clima del territorio, han permitido que los ambientes que se desarrollan en estas zonas aun conserven su estructura natural en buenas condiciones, dicho factor les permite la continuidad y evolución de los procesos ecológicos de manera natural.

Las zonas destinadas a la protección tienen el propósito fundamental de salvaguardar la integridad ecológica de los ambientes de bosque y cañadas, áreas fundamentales para la recarga de manantiales y mantos freáticos del Valle de México y Toluca, resguardar la biodiversidad de flora y fauna que se desarrollan de manera natural, pues de acuerdo a los datos obtenidos del Programa de Conservación y Manejo del año 2009, en estos espacios habitan alrededor de 246 especies de vertebrados de los cuales 42 son considerados endémicos. Esto nos habla de basta biodiversidad que resguarda el ANP.

Por otra parte, los resultados de modelación espacial relacionada con el uso potencial del suelo, determinan que solo el 9% del territorio del parque debería destinarse al aprovechamiento, principalmente con actividades vinculas a la agricultura de temporal. De acuerdo con los requerimientos agroecológicos propuestos por el INIFAP (2003), los cultivos que pueden tener mayores rendimientos son maíz y avena forrajera, la papa podría mostrar buenos rendimientos en los primeros cinco años, sin embargo, por la ubicación de las zonas propuestas como aprovechamiento y de la gran cantidad de agroquímicos que se necesitan para el cultivo de la papa, esto puede ocasionar focos de contaminación para los mantos freáticos referidos en párrafos anteriores, esto por el arrastre de contaminantes a consecuencias de los procesos naturales de precipitación, infiltración y disposición final.

Sin embargo, al contrastar el uso potencial del suelo con el uso actual del suelo, dentro de las áreas propuestas para aprovechamiento, se obtienen los usos inadecuados y adecuados del territorio; del cual se deriva el siguiente análisis. De acuerdo a los datos geoestadístico del uso del suelo y vegetación del año 2017, dentro del límite administrativo del parque la superficie que se utiliza para el aprovechamiento es de poco más 40,000 has, que respeta aproximadamente el 38% de la superficie total del ANP. Esta superficie supera en gran medida las 10,075 has, propuestas para aprovechamiento dentro de la zonificación ambiental.

Aunado a esto es importante mencionar que dentro de la 10,075 has, propuestas como aprovechamiento, existen alrededor de 1,905 has, en las que actualmente se desarrollan actividades forestales, de pastoreo y asentamientos humanos. En lo posible, sería oportuno considerar estas áreas como una fuente de aprovechamiento sustentable de sus componentes ambientales a corto plazo, y con ello evitar la degradación ambiental de otras áreas del parque destinadas la conservación, protección o restauración.

Dentro de las áreas del ANP, consideradas con potencial forestal además de establecer las zonas de protección, existen sitios que presentan rasgos de fragmentación ecológica moderada, estos espacios suelen conservar entre el 30 y 70% de su cobertura arbolada, lo que les confiere vegetación natural en buen estado de conservación que contribuye de forma significativa a la provisión de servicios ambientales. Estas áreas corresponden a zonas de conservación, de acuerdo con el Plan de Manejo de 2009, estas deben destinarse a actividades productivas sustentables que no excedan los límites de capacidad de carga o que provoquen la degradación del ecosistema o disminuyan la provisión de los servicios ambientales (CEPANAF, 2016).

3.5 Discusión general. Contribuciones teóricas-metodológicas para el estudio integral de las áreas naturales protegidas en México, desde el objeto de estudio de las Ciencias Ambientales

3.5.1 Crisis civilizatoria e irracionalidad. El entramado de vida, la naturaleza no humana y la sociedad humana

En el preámbulo de la crisis civilizatoria, encausada por la irracionalidad humana, se crea el debate intelectual, sobre cómo abordar la compleja relación sociedad-naturaleza, de acuerdo con Leff (2014), “ésta se cimienta en términos ontológicos en el par dialectico constituido por la tensión sujeto-objeto, presente en la génesis misma del debate de la modernidad, en sus diferentes expresiones científicas, sociológicas, tecnológicas y culturales”. Ante este irrefutable paradigma civilizatorio, el diseño e instrumentación de los modelos de desarrollo socioambiental, creados desde diferentes estructuras epistemológicas, inundan las vertientes del conocimientos filosófico, científico, empírico e incluso el religioso, no es un secreto que en los sermones dominicales del catolicismo se aborden temas relacionados con la degradación socioambiental de nuestro planeta.

Autores como Leff (2003, 2006, 2007^a, 2011 y 2014), Capra (1998) y Morales (2016^a, 2016^b y 2017) a lo largo de su labor científica y reflexiva, han planteado un vital y extenso trabajo en defensa del sentido de la vida y la existencia en el planeta, un sentido que se ha perdido bajo la imposición de modelos de desarrollo económico, que plantean un crecimiento sin límites. En propias palabras de Fritjof Capra, “el crecimiento es una característica fundamental de la vida, pero en la naturaleza el crecimiento nunca es lineal e ilimitado. Mientras ciertas partes de los organismos o de los ecosistemas se desarrollan, otras decaen, liberando sus componentes y reincorporándolos al sistema, proporcionando así recursos para un nuevo crecimiento. Cuando se estudia y se analiza críticamente a la naturaleza, se puede observar que un crecimiento cuantitativo e ilimitado, como lo promueven con tanto entusiasmo políticos y economistas es totalmente insostenible dentro de un mundo finito (Capra, 1998).

El acontecer de nuestro desarrollo tecnológico y nuestro ocaso irracional en el sentido de convivencialidad con nuestro entorno de vida, quedará enmarcado dentro los anales históricos de la decadencia civilizatoria. La globalización de la economía, así como la

deslocalización industrial, han cambiado trágicamente los hábitos de miles de millones de habitantes, acarreado y sembrando ideológicamente un auge económico sin precedentes.

Sin embargo, ante un pensamiento crítico y una perspectiva de complejidad, la mayor parte de estos moradores se encuentran dentro de una sesta de penurias, un tanto o más que antes; al sufrir una tiranía de la dictadura financiera de orden global, en la cual la repartición de bienes se contrasta en el vivir opulento de unos cuantos y los cinturones de pobreza de millones y millones de seres humanos, que además de enfrentarse a un presente decadente, tendrán que sobrellevar las condiciones insalubres, polucionando y envenenando su atmósfera, tierras y aguas, sin prácticamente control alguno, y que, decae en un futuro poco alentador.

Ibáñez (2019), menciona que la des-gobernanza mundial anida entre nosotros, desprendida del conocimiento de algunos y la ignorancia de millones, sería menester tratar de culpar a alguien en concreto de los males que acontecen a nuestra civilización, mediante una zafia retórica geopolítica y xenófoba. Sin embargo, tampoco podemos omitir que las prácticas depredadoras de los países desarrollados y algunos otros, han traspasado sus propias fronteras geográficas y políticas, al globalizarse, se encuentran infringiendo un grave daño a la biosfera, geosfera, y moradores de otras partes de este planeta ya de por sí, muy degradado. No es un secreto que la Unión Europea, presume orgullosamente la liberalización del comercio, de la circulación del capital, de mercancías y de servicios con Latinoamérica, sin destacar que esto solo vendría a potenciar el modelo extractivista, de saqueo de los bienes comunes y, como tal, afectar a las poblaciones que están asentadas en los territorios que son objeto del saqueo y la disputa global del capitalismo (Seoane, 2012).

Después de esta breve, pero crítica reflexión enmarcada en el discurso de la crisis civilizatoria y la trama de la vida, en contra posición con el desarrollo capitalista, es necesario centrar el pensamiento crítico y complejo en las estrategias que se han desarrollado para tratar de revertir, el holocausto ambiental de nuestro acontecer civilizatorio. A continuación, el discurso general de esta investigación de carácter sistémico, está centrada en la disertación del estudio integral de las áreas naturales protegidas en México, desde el objeto de estudio de las Ciencias Ambientales.

3.52 Las áreas naturales protegidas, una estrategia de vida ante la crisis civilizatoria y la irracionalidad ambiental

Se dice que, a nivel mundial, una de las principales preocupaciones de los Gobiernos, Organizaciones No Gubernamentales (ONG) e Instituciones de Educación e Investigación, están relacionadas estrechamente con la degradación y pérdida de biodiversidad (especies vegetales, animales o de microorganismos), que pueblan los ecosistemas que conforman la trama de vida en nuestro planeta tierra. Como lo planeta la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), uno de los principales factores que impacta y amenaza de forma directa la biodiversidad del territorio mexicano, son los procesos de transformación que experimentan los ecosistemas o coberturas de uso de suelo y vegetación, fenómeno llamado frecuentemente cambios de uso de suelo (CONABIO 2006 y 2012).

Ante esta problemática de carácter global, una de las estrategias que los Gobiernos han determinado para proteger la estructura natural de los ecosistemas, son las áreas naturales protegidas (ANP), espacios geográficos delimitados administrativamente para mantener la representatividad de los ecosistemas de México y su biodiversidad, asegurando la provisión de servicios ecosistémicos, mediante su conservación y manejo sustentable. Actualmente en México existen 182 ANP de carácter federal, que cubren unos noventa millones de hectáreas del territorio mexicano. En el Estado de México actualmente se tiene registradas 92 ANP de carácter estatal, que cubren aproximadamente unas 987,497.19 hectáreas (43.91 % del territorio mexiquense) (CONANP, 2018 y CEPANAF, 2018).

La declaratoria e instrumentación de ANP en México, se deriva de una serie de políticas ambientales enfocadas hacia la conservación de espacios naturales con gran relevancia socioambiental. Durante el año 2017, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) celebró los 100 años de la conservación de la naturaleza en México a través de ANP. Fue el 27 de noviembre de 1917 cuando el presidente Venustiano Carranza decretó la primer ANP en México: El Parque Nacional Desierto de los Leones, ubicado al suroeste de la Ciudad de México en las delegaciones Cuajimalpa y Álvaro Obregón, que abarca una superficie de mil 529 hectáreas de bosques (CONANP, 2018).

Algunas de las estrategias instrumentadas dentro de las ANP por el gobierno federal son mediante la CONANP, a partir de la implementación de proyectos técnicos en cooperación con socios internacionales que apoyan a productores dentro de las ANP, generando diversos productos bajo estrictas prácticas de sustentabilidad y que posteriormente son exportados a diversos países del mundo (CONANP, 2018). Sin embargo, ante este evidente desarrollo en la instrumentación de estrategias técnicas enfocadas hacia el desarrollo y administración sustentable de los territorios bajo protección ambiental. Existe un evidente rezago epistemológico, teórico y metodológico sobre el estudio de ANP en México, generado por la creciente y diversas formas de concebir y estudiar estos espacios de orden sociocultural.

Desde las diferentes perspectivas socioculturales y modelos de desarrollo, las ANP son coincidadas bajo diferentes pensamientos, por ejemplo, desde las perspectivas de los gobiernos y ONG, son porciones del territorio (terrestre o acuático) cuyo fin es conservar la biodiversidad y representativa de los ecosistemas para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos, y cuyas características no han sido esencialmente modificadas (SEMARNAT, 2019). Desde la mercantilización de la naturaleza Leff (2002), define este proceso como capitalización de la naturaleza, en cual el sistema capitalista y neoliberal asigna un valor económico en el mercado para los componentes de la biodiversidad.

De acuerdo con Cruz et al. (2018) el neoliberalismo supone el bienestar humano y el impulso a la capacidad emprendedora de los individuos en el mercado, desde esta perspectiva los asentamientos humanos que se desarrollan al interior de las ANP, han materializado de formar distintas los ambientes que constituyen estos espacios de protección, situando las perspectivas desde procesos de destrucción y degradación ambiental, hasta procesos de construcción y reconstrucción de nuevos discursos y nuevos mundos culturales, políticos y económicos. Sin embargo, son pocas las perspectivas socioculturales que reconocen la importancia socioambiental de las ANP, y las correlaciones que existe entre estos espacios y el resto del territorio nacional y mundial.

La influencia de las diferentes doctrinas del pensamiento filosófico, oscilan entre polos opuestos, estas variaciones se construyen en el discurso epistemológico de la dicotomía clásica entre hombre y naturaleza, pero también del antiguo debate filosófico entre monismo

y dualismo, entre holismo y reduccionismo (Morales, 2017). Desde el surgimiento de la complejidad y un poco más reciente desde la propuesta del pensamiento complejo, se ha replanteado el discurso sobre la representación y análisis de la realidad, sobre la manera de ver el mundo que construye sentidos de relaciones, entre sistemas y subsistemas, entre sus componentes internos y externos, y entre sus correlaciones que dan paso a la generación y desarrollo de nuevos sistemas y subsistemas, plenamente relacionados y jerarquizados (Morales, 2017 y Cruz *et al.*, 2018).

3.53 El enfoque sistémico, una alternativa para el estudio integral de las áreas naturales protegidas en México

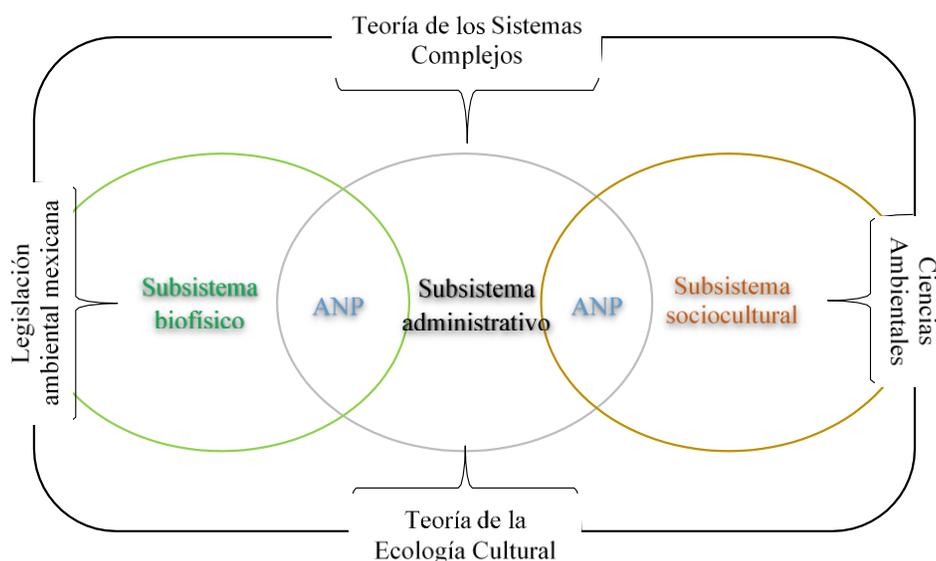
Desde el planteamiento filosófico de sistemas (Bertalanffy, 1968), la complejidad (García, 2006 y Morin, 2007), las relaciones entre ambiente y cultural (Steward, 1995) y el marco jurídico ambiental establecido para ANP (DOF, 2000). Se puede determinar que los territorios decretados bajo protección ambiental, son una serie de sistemas conformados por subsistemas organizados y jerarquizados, dentro de los cuales existen una serie de elementos biofísicos y socioculturales interrelacionados entre sí, y administrados bajo una serie de políticas de manejo (aprovechamiento, conservación, protección y restauración) propuestas desde el marco jurídico de la legislación ambiental mexicana (DOF, 2000).

Desde la construcción política de los territorios decretados como ANP, dentro de la administración pública de México, es evidente la relación que existe entre el entorno natural y social de los espacios geográficos antes de ser decretados. Este entramado de relaciones sociedad-naturaleza, en algunas ocasiones determina la importancia sociocultural y clasificación de las áreas que serán decretadas ANP. De acuerdo a lo establecido por el Gobierno Federal de México, algunas de las características que los territorios necesitan para su decreto, es una importante representatividad ecosistémica y un interés cultural, paisajístico y científico, determinados a partir de las interrelaciones políticas, administrativas, ambientales y sociales que se entrelazan en nuestro país (CONANP, 2018).

Ante esta compleja interrelación de componentes territoriales, es importante trabajar en una construcción epistemológica, teórica y metodológica, para el estudio integral de áreas naturales protegidas, la sistematización teórico-jurídico (Figura 23), propuesta en esta

investigación se establece bajo los estatus de las ciencias ambientales²⁰ y el pensamiento sistémico²¹, pues ambos aportes científicos determinan que el mundo está constituido de las invenciones y de la cultura humana, así como al humano mismo en interacción con la naturaleza, es decir, el mundo actual se compone de la articulación no dualista entre antroposociedad y naturaleza no antrópica (Leff, 2002; Leff, 2006; Noguera y Pineda 2009 y Giannuzzo, 2010).

Figura 23. Sistematización teórico-jurídico para el estudio y análisis integral de áreas naturales protegidas



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, es importante mencionar que la construcción epistémica para el análisis integral de las ANP aquí propuesta, es también un referente en la reconstrucción epistemológica de las Ciencias Ambientales. Desde la visión de Rohde (2005) y Morales (2017), “las Ciencias Ambientales no tienen estatuto propio, autonomía, un método de abordar la realidad y, mucho menos, presupuestos o límites claros, exactos”. De modo que “las disciplinas que se

²⁰ Las Ciencias Ambientales convergente con esta postura es la que las plantea como “el conjunto de conocimientos y metodologías, provenientes de múltiples disciplinas, integrados con el objeto de comprender, predecir y accionar sobre las interrelaciones de las poblaciones humanas en su devenir histórico, social, cultural y tecnológico con la naturaleza y su evolución dinámica intrínseca” (Giannuzzo, 2010).

²¹ El sistemismo se remonta a la cibernética de Norbert Wiener y William Ross Ashby, a Heinz von Foerster, a Ludwig von Bertalanffy, a Gregory Bateson y a Fritjof Capra; concibe el universo como complejo, no como formado por mecanismos, sino por sistemas formados de sistemas, que a su vez dan lugar a sistemas con propiedades emergentes (Morales, 2017).

preocupan por la contaminación, la degradación y la destrucción del ambiente y que simplemente yuxtaponen un adjetivo ambiental a su práctica no contribuyen para resolver el dilema” (Rohde, 2005).

Ante este referente, la definición sistémica es una alternativa que surge ante la crítica escéptica al dogmatismo de la complejidad, desde el pensamiento de Buzai (2014), la escala de estudio que va desde lo global a lo local, ha brindado las bases y la posibilidad de estudiar y analizar a nuestro planeta (realidad) como una totalidad y de allí como un sistema complejo, en el cual, el estudio y análisis de las interrelación entre sus componentes es más importante que los propios componentes del sistema.

Para el caso de los territorios decretados como ANP y más aún para el territorio de Otomí-Mexica objeto de estudio de esta investigación, las interrelaciones que existen en los tres grandes subsistemas identificados (ambiental, sociocultural y administrativo) deben ser estudiados bajo el pensamiento sistémico, para tratar de entender el desarrollo de los fenómenos que surgen al interior de su límite administrativo.

Debe quedar claro que las interrelaciones entre los componentes del territorio (biofísicos y socioculturales) hacen posible la integración de sistemas y subsistemas que dan origen a otros sistemas y subsistemas, y estos a su vez, se relacionan con otros macro y microsistemas, mediante la interrelación de sus propios componentes que se desarrollan de manera natural, antrópica y jurídica.

La perspectiva de carácter holística para el análisis integral de los fundamentos teóricos propuestos dentro del pensamiento sistémico y de la ecología cultural, de las propuestas metodológicas ambiguas establecidas dentro del marco de las Ciencias Ambientales y de las políticas de manejo decretadas por la legislación ambiental mexicana, deben superar el debate dualista de las ciencias clásicas, del enfoque reduccionista y simplificador, ya que, el análisis de los territorios no debe ser abordado desde la desarticulación de sus componentes.

Para el caso del espacio administrativo del parque, las correlaciones que existen entre sus componentes territoriales, han generado las condiciones necesarias para el establecimiento y desarrollo de asentamiento humanos, componente esencial que permite la conformación del

subsistema sociocultural del ANP. Las relaciones históricas entre los componentes del subsistema ambiental y sociocultural en el espacio geográfico de estudio, dieron inicio hace aproximadamente unos 30 mil años, con el asentamiento del pueblo otomí en los territorios que hoy conforman los municipios de Villa del Carbón, Isidro Fabela, Jilotzingo, Lerma y Ocoyoacac (Juan *et al.*, 2017).

De acuerdo con datos históricos e historias de vida, en aquellos días las relaciones entre subsistemas (ambiental y sociocultural) estaban enfocadas hacia una relación profunda (sagrada), con la naturaleza y el cosmos, relaciones que aún se pueden apreciar en algunos habitantes que conforman localidades en los municipios de Temoaya y Lerma (San Francisco Xochicuautla). Sin embargo, durante la década de 1940 se da inicio a un acelerado proceso de urbanización e industrialización en el Estado de México y resto del país; la construcción del corredor industrial Lerma-Toluca y la ampliación y modernización de la autopista México-Toluca, reconfiguran nuevamente las interrelaciones entre los componentes de los subsistemas del parque (Barrientos, 2004).

A inicio de la década de 1980, esta reconfiguración y complejas series de interrelaciones que emergen entre los subsistemas del parque, detonan las bases necesarias para la instrumentación de un subsistema de carácter jurídico, fundamentado principalmente en la conservación de los territorios con gran relevancia ecosistémica. Esta base jurídica se detona como parte de una estrategia de protección al ambiente, generada de las crecientes problemáticas de orden planetario, tales como el cambio climático global, la pérdida de biodiversidad, la reducción de la capa de ozono, la deforestación y desertificación de grandes áreas, y de problemáticas de orden local como: contaminación del aire, del agua y del suelo, la degradación de ecosistemas, la pérdida de componentes naturales, los desastres de origen no antrópico y, en general, el deterioro de las condiciones de vida de la población determinadas por su medio biofísico inmediato (GEM, 1980).

Bajo esta serie de problemáticas y estrategias de protección ambiental, durante el año 1980 se decreta como Área Natural Protegida Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa denominado Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Dando inicio a una serie de interrelaciones entre componentes ambientales, socioculturales y jurídicos, que a su vez detonan la creación de un sistema aún más complejo, en donde el creciente número

de interrelaciones entre los componentes territoriales aumentan y se reconfiguran paulatinamente, no solo por las interrelaciones internas, si no, también por el complejo número de interrelaciones externas que generan innumerables presiones ambientales, socioculturales y jurídicas sobre el territorio administrativo del ANP.

Del entramado ambiental-sociocultural-jurídico que presentan los territorios decretados como ANP, a los cuales, se puede considerar como una serie de sistemas complejos, capaces de relacionarse con otros territorios constituidos bajo diferentes contextos geográficos y administrativos, creando con ello un infinito número de interrelaciones entre sus componentes. Derivado de la complejidad estructural de los territorios bajo protección ambiental, se argumenta que los fundamentos teóricos para el estudio integral de las ANP, deben ser de carácter sistémico, holístico e integral, evitando favorecer la fragmentación del conocimiento entre las Ciencias Ambientales, sociales y jurídicas; pues estas deben tener la capacidad de comprender desde su propio objeto de estudio que estos espacios, son un conjunto de sistemas y subsistemas capaces de interrelacionar sus componentes naturales, sociales, económicos, culturales, administrativos y jurídicos.

3.54 Ciencias Ambientales, de su enfoque dualista a su construcción epistemológica interdisciplinaria. Una contribución al estudio sistémico e integral de las áreas naturales protegidas

Con base a estos fundamentos, se debe plantear la posibilidad de entender y aceptar que las ANP, además de ser un entramado de vida, son espacios geográficos que permiten interrelación de objetos reales (entidades) y teóricos (relaciones), que permiten la inclusión de conocimientos, prácticas y técnicas asociadas a científicos, tecnólogos, sociólogos y humanistas. Una relación identificada entre las ANP y las Ciencias Ambientales, es que ambos pensamientos surgen de las necesidades sociales por comprender y dar soluciones a la grave y compleja crisis ambiental y civilizatoria, causada por la compleja sociedad globalizada, carente de una racionalidad ambiental y de la vida misma (RCFA, 2007 y Boersema, 2009).

Sin embargo, es importante complementar esta idea, detallando que las Ciencias Ambientales no solo tienen el objetivo de estudiar, analizar y dar una serie de soluciones a los problemas generados por el desorden civilizatorio que nos acótese, deben tener la capacidad de acoger

en su campo de estudio los fenómenos naturales que afectan al hombre. Dentro del territorio del parque, hay fenómenos que se detonan por las interrelaciones de los componentes biofísicos, algunos de ellos están vinculados con los procesos de erosión eólica e hídrica, la sismicidad y la inestabilidad del territorio, que pone en riesgo la seguridad de los seres humanos y otras especies de vida que conforman las localidades y ecosistemas naturales del Parque Otomí-Mexica, ya que su desarrollo también podría generar desastres ambientales, y lo ambiental es objeto de estudio de las Ciencias Ambientales (Bocco y Urquijo 2013).

Ante esta perspectiva de análisis, situada desde el enfoque sistémico e integral mediante el cual se busca proponer a las Ciencias Ambientales como el principal medio de estudio del impacto humano sobre la naturaleza no humana y el impacto de la naturaleza no humana sobre el humano, mediante una serie de métodos, técnicas y estrategias, enfatizando en “las interdependencias y complementariedades de los esfuerzos científicos” (Boersema, 2009). Desde esta redefinición de las Ciencias Ambientales propuesta por Morales (2017), debe quedar claro que el enfoque sistémico juega un papel determinante, ya que los científicos ambientales deben tener presente que la teoría no debe aplicarse reduccionistamente desde el objeto de estudio de las disciplinas que componen a las Ciencias Ambientales.

Un buen ejemplo sobre el enfoque dualista de las Ciencias Ambientales, se puede abordar desde el objeto de estudio del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma del Estado de México. Programa que tiene por objetivo “formar maestros y doctores de alto nivel académico, enfocados a la investigación en el área de Ciencias Ambientales, con un sentido humanista, capaces de trabajar en equipos interdisciplinarios interesados en estudiar, bajo el enfoque holístico de la ciencia, los procesos ambientales para generar conocimiento y plantear alternativas de solución a los problemas asociados con el ambiente y de esta manera contribuir a mejorar la calidad ambiental a través del desarrollo sustentable” (UAEMex, 2016).

Como se puede apreciar en el objetivo anterior, la UAEMex sitúa a las Ciencias Ambientales bajo un enfoque interdisciplinario, y uno de los requisitos para poder ingresar al programa es tener grado de licenciatura o maestría en Ciencias Ambientales, física, biología, planeación, ingeniería, turismo y gastronomía, geografía o áreas afines. Sin embargo, al presenciar los seminarios de investigación, se puede observar una bifurcación del conocimiento holístico

propuesto desde su propio objetivo, al dividir Ciencias Ambientales en dos líneas de investigación sustentabilidad y calidad. En cada línea es posible apreciar que su conformación es de tipo subdisciplinaria, es decir, que las Ciencias Ambientales están integradas por investigaciones sobre el ambiente desde la estructura tradicional de cada disciplina que la integran, lo que limita la generación e innovación de investigaciones interdisciplinarias destacables.

Desde esta crítica constructiva, se desarrolló la metodología de esta investigación la cual fue diseñada para superar la dualidad subdisciplinaria y multidisciplinaria²² propuestas dentro el campo de estudio de las Ciencias Ambientales y a su vez, sustentar el campo de estudio sistémico e integral de las áreas naturales protegidas en México. Su desarrollo está enfocado hacia el objeto de estudio interdisciplinario²³; partiendo de la interdisciplinariedad como una filosofía del trabajo complejo que permite el desarrollo de matrices sistémicas, se puede entender la estrecha relación que existe entre las Ciencias Ambientales y la teoría de los sistemas complejos, las cuales se postulan como el núcleo base para el estudio integral de las ANP.

Concebir el análisis de los territorios bajo protección ambiental, desde un enfoque de estudio interdisciplinario propuesto dentro del marco epistemológico de las Ciencias Ambientales, ésta se aleja de las doctrinas del pensamiento dualistas, y da paso y cimiento a las Ciencias Ambientales sistémicas, que se integran de los conocimientos propios de la perspectiva subdisciplinaria con conocimientos afines a lo ambiental de otras disciplinas (Morales, 2017).

Desde esta perspectiva de análisis, finalmente se puede comprender que la investigación aquí planteada y desarrollada fue estructurada a lo largo de sus cinco fases metodológicas, como una investigación de carácter sistémica, que analizó y describió las interrelaciones que

²² El enfoque multidisciplinario se identifica por estar conformado por un grupo de representantes de diversas disciplinas, que hacen trabajo en conjunto, pero cada uno trabaja según sus propios fundamentos, métodos, metodologías y técnicas de investigación, lo que genera un dominio carente o nulo de métodos propuestos en otras disciplinas (Boersema, 1999 y Santos, 2009).

²³ La interdisciplinariedad, es complejidad de los saberes y su articulación. Es un proceso basado en la correlación entre diversas disciplinas que mantienen su independencia. Fiallo, concibe la interdisciplinariedad como un proceso y una filosofía de trabajo, una forma de pensar y proceder para conocer la complejidad de la realidad objetiva y resolver cualquiera de los complejos problemas que esta plantea (Llano *et al.*, 2016).

existen entre los componentes del territorio administrativo del Parque Otomí-Mexica, por medio de los planteamientos teóricos de los sistemas complejos. Su estructura epistemológica, permitió a lo largo de la investigación la inclusión de teorías desarrolladas en las ciencias sociales, como la Teoría de la Ecología Cultural, que permitió comprender la estrecha relación que existe entre el hombre y la naturaleza.

Además, permitió la integración de un marco jurídico ambiental diseñado desde las ciencias políticas, y la inclusión de las nuevas disciplinas del conocimiento “Ciencias Ambientales”. Sus fundamentos teóricos y metodológicos, proporcionaron las bases para la inclusión de las geotecnologías y por medio ellas el diseño sistémico e integral de una modelación espacial que permite visualizar una adecuada zonificación ambiental del territorio. Con esta propuesta metodológica y lo referentes teóricos orientados hacia a un análisis sistémico, se espera que el estudio de las ANP en México sea de carácter integral y con ello poder obtener referentes cualitativos y cuantitativos que permitan transitar hacia modelos sustentables dentro de los territorios bajo protección ambiental.

3.55 Propuesta del enfoque sistémico-integral, como la base en el diseño de la modelación geoespacial de políticas de manejo en territorios bajo protección ambiental

Al realizar los recorridos de campo por los diferentes ambientes naturales y socioculturales que componen el territorio administrativo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, es complejo identificar y más aún analizar las relaciones que existen entre los ambientes y sus componentes. Sin embargo, sería más complejo, tratar de observar o imaginar nuestra realidad desfragmentada como un rompecabezas, de esta perspectiva se puede retomar la idea, sobre la importancia que tienen las cosas cuando las podemos observar en su totalidad, y no en partes separadas.

Peter Senge (1990), en su libro “La quinta Disciplina” define al enfoque sistémico como una disciplina para observar y analizar totalidades, también lo propone como un marco integrador para analizar interrelaciones en vez de cosas, para observar patrones de cambio en vez de procesos estáticos aislados. Desde esta perspectiva, fue estructurado el proceso de investigación y análisis dentro del territorio administrativo del ANP, enfocado hacia el desarrollo y evaluación de una propuesta metodológica capaz de analizar las interrelaciones

entre componentes del territorio y con ello modelar de manera geoespacial políticas de manejo dentro de territorios decretados bajo protección ambiental en México.

Derivado del desarrollo y análisis de la caracterización y diagnóstico integral del territorio, etapas metodológicas que proporcionaron los elementos necesarios para conocer la estructura general de los ecosistemas naturales y socioculturales, y de sus principales componentes que de manera conjunta conforman el territorio administrativo del ANP. Se determina que las relaciones existentes entre los componentes naturales inciden de manera directa en el desarrollo de las características de los componentes socioculturales, y los procesos socioculturales permiten la adaptación en los sistemas ambientales (Steward, 1955).

La ubicación geográfica y las condiciones topográficas, geológicas, climáticas, edafológicas e hidrológicas del territorio, son elementos que define la composición de los ambientes naturales, los cuales inciden de manera directa en las condiciones socioculturales de los asentamientos humanos quienes, a su vez, determinan las condiciones administrativas bajo las cuales será normado el aprovechamiento y protección del territorio administrativo del ANP. Esta relación entre elementos del territorio (naturales, socioculturales y administrativos) se lograron identificar y analizar bajo las consideraciones de la Teoría General de Sistemas, Teoría de los Sistemas Complejos, la Teoría de la Ecología Cultural y las normas establecidas en la Legislación Ambiental Mexicana para áreas naturales protegidas. Proponiendo a la Teoría General de Sistemas, como el eje transversal de encadenamiento entre las posturas teóricas y jurídicas, retomadas en el presente estudio.

La propuesta de eje de encadenamiento entre posturas teóricas y jurídicas, se define como la identificación y análisis de las relaciones que existente entre los componentes del territorio, el cual se analizó desde un enfoque de estudio sistémico-integral, enfoque propuesto dentro de la estructura epistemológica del enfoque sistémico y recientemente retomado dentro del campo de estudio de las Ciencias Ambientales (Wiener, 1948; Bertalanffy, 1950; Wiener, 1958; Anokhin, 1964; García, 2006 y Morales, 2017). De acuerdo con Echeverría (2017), el enfoque sistémico posee los siguientes rasgos característicos: “a) el privilegio de las relaciones por sobre las entidades, b) la importancia de las dinámicas temporales, c) la perspectiva de totalidad y d) la interdependencia de los componentes de un sistema”. Estas

cuales del enfoque sistémico, permiten analizar el comportamiento de un territorio en relación a su entorno, y a las relaciones que existe entre sus componentes que lo conforman.

Por otra parte, la perspectiva de análisis integral se puede interpretar desde un enfoque filosófico como la comprensión del universo desde el mayor número posible de perspectivas humanas (cuerpo, mente, corazón y alma) (Wilber, 2001). Por su parte Duval (2018), define al enfoque integral desde el campo de estudio de la geografía como el análisis de las interrelaciones entre los elementos del medio natural y sociocultural que contribuyen a comprender un sistema y a dar una solución a las problemáticas que se desarrollan a su interior. Desde ambas perspectivas de análisis, se puede definir al enfoque integral como el análisis de la realidad desde el mayor número de perspectivas posible.

Bajo esta estructura de análisis se dio respuesta a la pregunta de investigación **¿Cuáles son los fundamentos teóricos y metodológicos apropiados para analizar el territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México desde un enfoque sistémico?** Determinar que las características del enfoque sistémico-integral, proporciona los elementos teóricos y metodológicos necesarios para el análisis territorial, se puede expresar de la siguiente manera.

De acuerdo con Echeverría (2017), la ciencia clásica propone desfragmentar la realidad en sus partes más simples y posteriormente unificar su caracterización para explicarla como un todo. Por lo tanto, la explicación de las partes no conducía a su explicación. A veces la suma del desempeño de las partes resultaba inferior o superior al desempeño de la unidad totalizante que ellas conformaban. Sin embargo, desde la Grecia antigua Aristóteles define que el todo es mayor que la suma de sus partes, pensamiento filosófico que siglos después es retomados por autores de diversas disciplinas para estructurar el enfoque sistémico (Smus, 1925; Troll 1947; Bertalanffy, 1950; Wiener, 1958; Anokhin, 1964; García, 2006 y Morales, 2017).

Este enfoque busca analizar las interrelaciones que existen entre los componentes, determinado con ello el privilegio de las relaciones por sobre las entidades. Para el caso del presente estudio la estructura epistemológica del enfoque sistémico y del enfoque integral, permitieron analizar las relaciones que existe entre los componentes del territorio desde la dimensión ambiental, sociocultural y jurídica, que actualmente componen la estructura del

territorio administrativo del ANP. Con el desarrollo de esta actividad se logró realizar la caracterización y diagnóstico integral del territorio, etapas metodológicas que permitieron identificar la problemática que acontece dentro del espacio geográfico del parque, estos aportes permitieron dar respuesta a la segunda pregunta de investigación **¿El diseño de una propuesta de manejo ambiental sustentable desde un enfoque sistémico-integral, puede coadyuvar al desarrollo de los componentes ambientales y socioculturales del territorio?**

Para dar respuesta a esta pregunta de investigación es necesario entender que el desarrollo de la caracterización y el diagnóstico sistémico-integral del territorio, juega un papel determinante en el desarrollo de propuestas de manejo integral territorial, su correcta aplicación y análisis, da respuesta a las siguientes preguntas: a) ¿Dónde está ubicado el territorio?; b) ¿Qué hay en ese territorio?; y c) ¿Cómo está estructurado ese territorio? Dando respuesta a esta serie de interrogantes, se determina que la ubicación y características biogeográficas del parque, le confieren una amplia diversidad de ecosistémicas naturales, característica que detona el establecimiento de asentamientos humanos y con ello el desarrollo de actividades socioculturales. Situación que está generando un complejo deterioro ambiental, propiciado por el uso inadecuado del suelo y la vegetación.

Sin embargo, ante esta problemática identificada durante la década de 1970, y a la importancia socioambiental del territorio, el Gobierno Federal y del Estado de México, decretan el territorio como área natural protegida a partir de una serie de objetivos y decretos, durante la década de 1980. Ante este panorama se identificaron tres dimensiones de análisis producto de la aplicación del enfoque integral, dimensión ambiental, sociocultural y administrativa (jurídica). La identificación de estas dimensiones representativas del espacio geográfico del parque, permitieron establecer, bajo qué criterios, realizar la selección de variables (componentes del territorio) para el diseño de una propuesta de manejo sustentable desde el enfoque sistémico-integral.

Como respuesta a la pregunta inicial, se estable que el territorio administrativo del parque cuenta con los elementos ambientales, socioculturales y jurídicos, necesarios para el diseño de una propuesta viable técnicamente, que permita la continuidad de los componentes ambientales y socioculturales que actualmente se desarrollan dentro del parque. La estructura

jurídica establecida en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas, el Decreto y Programa de Manejo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Determinan las condiciones administrativas bajo las cuales se debe diseñar y desarrollar una propuesta de manejo sustentable del territorio (CEPANAF, 2016).

Para el caso del territorio en estudio, la propuesta se orientó hacia la reestructuración geoespacial de las políticas de manejo (aprovechamiento, conservación, protección y restauración) que actualmente rigen la administración de los componentes territoriales del ANP. Estas políticas fueron establecidas durante el desarrollo del Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal Otomí-Mexica elaborado en el año 2009, y actualizadas mediante el Programa de Conservación del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, realizado en el año 2016 (CEPANAF, 2009 y CEPANAF, 2016).

Sin embargo, durante la revisión y análisis de ambos documentos, es notorio que el diseño espacial de las políticas de manejo fue realizado de manera arbitraria, es decir, no se realizó mediante la relación de componentes del territorio, como lo determina en otros términos la legislación ambiental mexicana (DOF, 2000). No obstante, derivado de los marcos teóricos del enfoque sistémico (Bertalanffy, 1976), del advenimiento del pensamiento complejo (Morin, 1990) y de la interconectividad interna de los componentes del territorio (Capra, 1998), el estudio de los sistemas naturales y sociales debe realizarse desde un enfoque sistémico-integral al fin de entender que nuestra realidad es un tejido en conjunto, que permite entender la compresión de nuevos niveles de la realidad (Arana, 2007).

Para el caso, de la propuesta de manejo ambiental citada en este trabajo de investigación, su diseño y estructura se realizó desde tres dimensiones ambiental, sociocultural y administrativa, siendo esta última el eje transversal de encadenamiento entre las dimensiones consideradas. Ya que, de acuerdo a las normas de la Legislación Ambiental Mexicana, los territorios bajo protección ambiental en México deben considerar en todo momento las medidas establecidas en su Plan de Manejo. Para el caso del Parque Estatal Otomí-Mexica del Estado de México, su Plan de Manejo determina que la administración, protección y aprovechamiento de su territorio debe realizar a partir de una zonificación ambiental basada

en cuatro políticas de manejo aprovechamiento, conservación, protección y restauración, considerando como zona núcleo las 105,7875 hectáreas que compren el área administrativa total del ANP.

Bajo los requerimientos y objetivos de cada política de manejo, se realizó la selección de variables o componentes del territorio, que posteriormente fueron representados y relacionados de manera geoespacial mediante el uso de sistemas de información geográfica. La selección y relación de las 32 variables del territorio, permitió la modelación geoespacial de las cuatro políticas de manejo, estableciendo que, de acuerdo a sus características, existe un intercambio y retroalimentación de energía constante, que le permite mantener un equilibrio y autorregulación constante entre sus componentes. Sin embargo, la intervención de procesos socioculturales genera un incremento de relaciones, definido teóricamente como un proceso de interconectividad y retroalimentación interna entre componentes, la cual va en todas direcciones, formando patrones de organización en red (Capra, 1998).

Esta interconectividad y retroalimentación constante entre los componentes del territorio, se relaciona estrechamente con las consideraciones teóricas del enfoque sistémico y el enfoque integral, ya que, en ambas perspectivas científicas la relación entre componentes tiene mayor importancia que el número de entidades. Bajo estas perspectivas teóricas, se respalda la estructura metodológica empleada para la modelación geoespacial de políticas de manejo, la cual apoya desde la experiencia empírica y teórica, el postulado de la importancia de las relaciones, sobre las entidades (Morin, 1990; Capra, 1998; García, 2006; Arana, 2007 y Buzai, 2014).

Lo anterior permite inferir que, el funcionamiento de los sistemas socioambientales funciona a partir de un entramado estrecho de relaciones entre sus dimensiones y componentes. Sin embargo, son muchas y variadas las formas de relación entre dimensiones y componentes, más conexiones añade mayor complejidad al sistema y cada elemento agregado incrementa el número de conexiones de forma exponencial (Arana, 2007). Para el caso del territorio en estudio, el análisis de dimensiones y componentes hace de él, un sistema complejo, motivo por el cual, su comprensión y análisis científico debe basarse en modelos teóricos orientados por objetivos ya que, sería demasiado complejo tratar de abordar su realidad desde uno solo.

En este estudio, la definición de preguntas de investigación, hipótesis y objetivos, permitió desarrollar un modelo teórico orientado hacia el diseño sistémico-integral de políticas de manejo, dentro de áreas naturales protegidas, a partir de una descripción gráfica sobre las dimensiones, componentes del territorio, métodos, herramientas y técnicas de investigación que deben considerarse. En la figura 24, se presenta la descripción gráfica del modelo teórico, resultado de este proceso de investigación en el territorio administrativo del parque Otomí-Mexica.

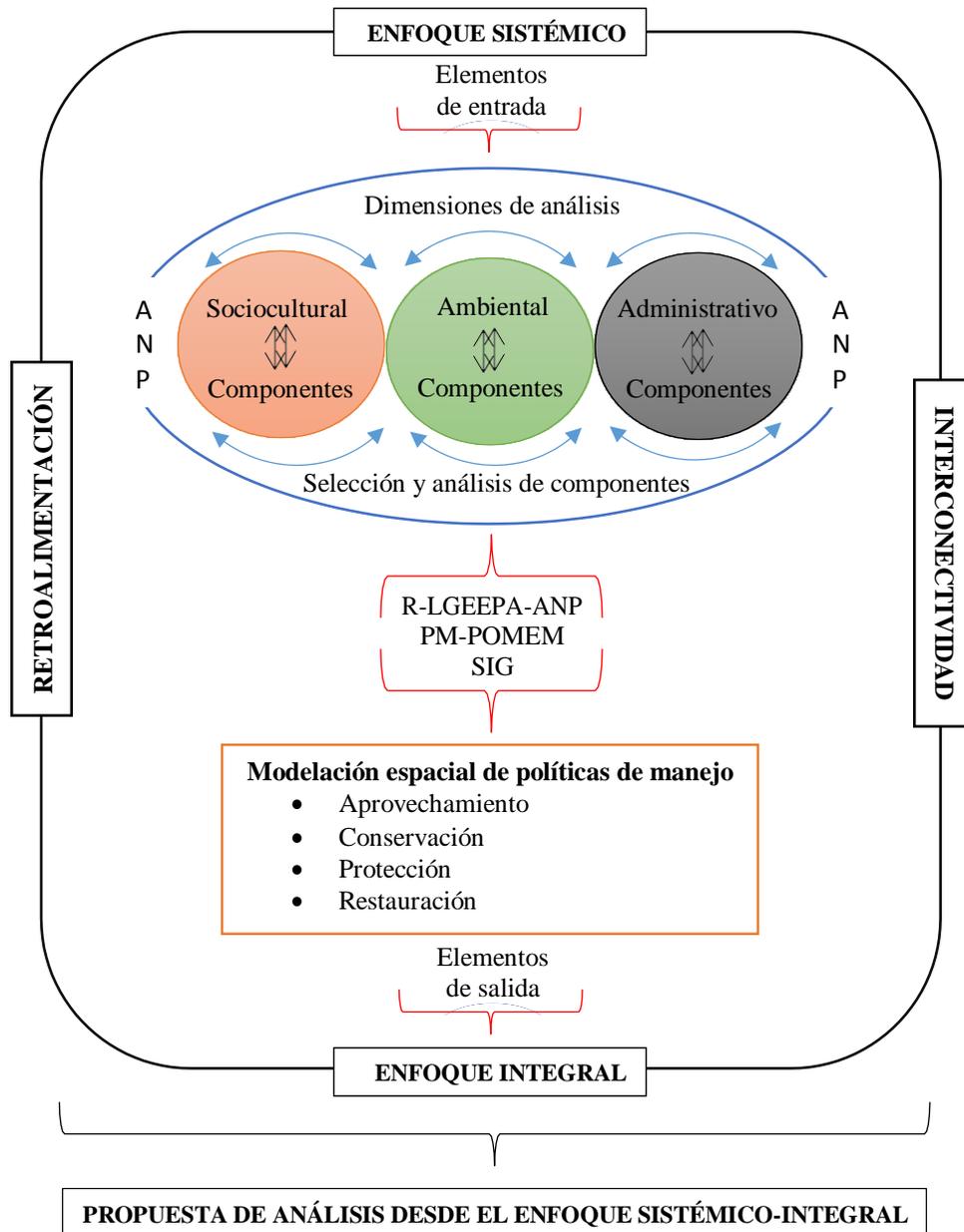
El desarrollo de este modelo tiene sus bases en el enfoque sistémico, desarrollado y retroalimentado a partir de las posturas teóricas de la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1950), Teoría de la Cibernética (Wiener, 1958), Teoría del Pensamiento Complejo (Morín, 1998), La trama de vida (Capra, 1998) y la Teoría de los Sistemas Complejos (García, 2006) por mencionar algunas de las propuestas teóricas más relevantes, y en el enfoque integral, el cual ha sido desarrollado mediante los postulados del Holismo y Evolución (Smus, 1926), Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1950) y la Teoría del Todo (Wilber, 2001).

Enfoques, que ayudaron a comprender las bases teóricas sobre la importancia de analizar la realidad desde el mayor número de dimensiones posible, y las relaciones que existen entre sus componentes. Como se puede observar en la figura 24, las dimensiones consideradas para la modelación de políticas de manejo son: ambiental, sociocultural y administrativa. Siendo la dimensión ambiental, el eje transversal de encadenamiento entre dimensiones de análisis, esto a partir de las relaciones que existen entre sus componentes. Sin embargo, es necesario entender que, en el territorio del parque, el número de componentes y las relaciones que existen entre ellos es infinita, situación que dificulta la construcción de un modelo capaz de realizar el análisis sobre las relaciones existentes entre sus componentes.

Ante esta situación exponencial de la realidad, los componentes del territorio que fueron considerados para la modelación geoespacial de las políticas de manejo, se acotaron mediante los criterios de la Legislación Ambiental Mexicana, decretados en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas y el Plan de Manejo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Considerando un total de 32 variables (componentes del territorio), las cuales fueron

relacionadas entre sí, mediante métodos de análisis y evaluación multicriterio en ambiente SIG.

Figura 24. Modelo teórico para la modelación geoespacial de políticas de manejo ambiental en territorios bajo protección ambiental



Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido, la modelación geoespacial de las políticas de manejo: aprovechamiento, conservación, protección y restauración. Cada una de ellas interconectadas

entre sí, mediante la relación entre dimensiones y componentes. Además, como el territorio de parque es considerado un sistema abierto, existe una constante retroalimentación o realimentación (*feed-back*), técnicamente este concepto indica que parte de las salidas de un sistema vuelven a él en forma de entrada (Echeverría, 2017).

Para el caso del análisis territorial, el concepto *feed-back*, debe enfocarse a la continua retroalimentación del modelo teórico sobre modelación geoespacial de políticas de manejo ya que, la realidad del territorio del parque está en constante evolución, la dinámica que existe en la dimensión ambiental y sociocultural determina la constante degradación o recuperación de los componentes territoriales y por consecuencia hay una constante reforma sobre la normatividad ambiental. Ante esta situación el modelo desarrollado en esta investigación permite la continua retroalimentación de variables, y esta puede ser tan robusta e infinita como sea necesaria.

Con el resultado planteado del análisis y descripción del modelo teórico, se da respuesta a la tercera pregunta de investigación **¿Qué fundamentos teóricos y metodológicos de las Ciencias Ambientales son esenciales para la instrumentación de una propuesta de manejo ambiental sustentable?** En el entendido que, el resultado del planteamiento teórico del modelo, establece que el análisis y diseño de estrategias orientadas hacia el manejo sustentable de los territorios bajo protección ambiental, debe realizarse desde el enfoque sistémico-integral, el cual se define como el análisis de las relaciones entre los componentes de un territorio desde el mayor número posible de dimensiones: natural/tecnológica y social/humanística (Morales, 2017).

El enfoque sistémico-integral, surge del cuestionamiento sobre la construcción epistemológica de las Ciencias Ambientales, que actualmente atraviesa por una compleja discusión axiológica sobre su identificación. Esta discusión considera tres supuestos a) las Ciencias Ambientales son subdisciplinarias, y están integradas por investigaciones sobre el ambiente desde el área de conocimiento propio de las disciplinas (Morales, 2017); b) las Ciencias Ambientales son multidisciplinarias, y son representadas por un grupo de profesionistas de distintas disciplinas que hacen un trabajo en conjunto, pero cada quien trabaja según sus propios fundamentos, de manera que existe un nulo dominio de los métodos de otras disciplinas (Santos, 2009 y Giannuzzo, 2010. Citado en Morales, 2017). Sin

embargo, ambas posibilidades tienen un resultado fragmentario o contextual ya que, no existe una relación entre los métodos de las disciplinas que las integran.

Y c) las Ciencias Ambientales dentro de la perspectiva interdisciplinaria, este supuesto las alejaría del contexto reduccionista ya que, esta perspectiva de análisis tiene por objetivo la integración de la perspectiva subdisciplinaria enfocada hacia el conocimiento ambiental, mediante la utilización de métodos originados en otras disciplinas, generando con ellos disciplinas híbridas con características irreductibles a las disciplinas de las cuales se nutren (Giannuzzo, 2010 y Morales, 2017).

En este contexto epistemológico, las Ciencias Ambientales tendrían que estar representadas por distintas disciplinas dispuestas a reconocer que los métodos originados desde su propio enfoque de estudio, son insuficientes para enfrentar las problemáticas ambientales que acontecen en nuestra realidad. Para el caso de la investigación realizada en el territorio administrativo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, su estructura metodológica está diseñada y cimentada bajo las consideraciones teóricas del enfoque sistémico y el enfoque integral, ambos enfoques dan paso a la construcción epistemológica del enfoque sistémico-integral, retomado por la Ciencias Ambientales para dar sustento a su construcción interdisciplinaria, mediante el diálogo de integración y transformación de métodos, modelos y marcos teóricos, porque la interdisciplina al igual que las teorías y enfoques antes mencionados, también consideran al todo más que la suma de sus partes.

Basado en la experiencia empírica y teórica de este trabajo de investigación, es evidente que la aplicación del enfoque sistémico-integral, sobre un territorio bajo protección ambiental, tiene la capacidad de proporcionar y relacionar las bases científicas y empíricas, para el diseño de estrategias orientadas hacia la promoción de territorios socioambientalmente equilibrados. Pues basado en esta experiencia, es demasiado aventurado pensar y proponer modelos sustentables basados en las tres esferas del desarrollo (ambiente, sociedad y economía), que mitiguen las problemáticas a las que actualmente se enfrentan las áreas naturales en México.

Es evidente que el deterioro socioambiental del territorio administrativo del ANP, está presente en cada uno de los elementos geográficos y territoriales que lo conforman, por ello, la generación de estrategias debe pensarse y diseñarse desde la complejidad del enfoque

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

sistémico-integral, que logra la relación de elementos y con ello la generación de modelos teóricos más acercados a la realidad, con menos deficiencias en cuanto a la integración y análisis de variables. Bajo este preámbulo, la realidad del territorio administrativo Parque Otomí-Mexica del Estado de México, está lejos de alcanzar la sustentabilidad de sus componentes, de acuerdo con los modelos tradicionales de desarrollo sustentable (esferas del crecimiento).

Sin embargo, al concluir esta investigación, se puede argumentar científicamente que el territorio del parque, cuenta con los elementos ambientales (condiciones geográficas), socioculturales (grupos sociales, gubernamentales y académicos) y administrativos (políticas de manejo), necesarios para el diseño e instrumentación de modelos complejos de desarrollo sustentable basados en el enfoque sistémico-integral y la legislación ambiental mexicana para áreas naturales protegidas de México.

3.6 Productos de investigación

En este apartado, se muestra la producción científica que corresponde a artículos científicos, artículos de divulgación y capítulos de libro, publicados en revistas y editoriales de carácter nacional e internacional, y generados durante el proceso de investigación y formación doctoral.

3.61 Artículos científicos

Nombre de la revista: PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural.

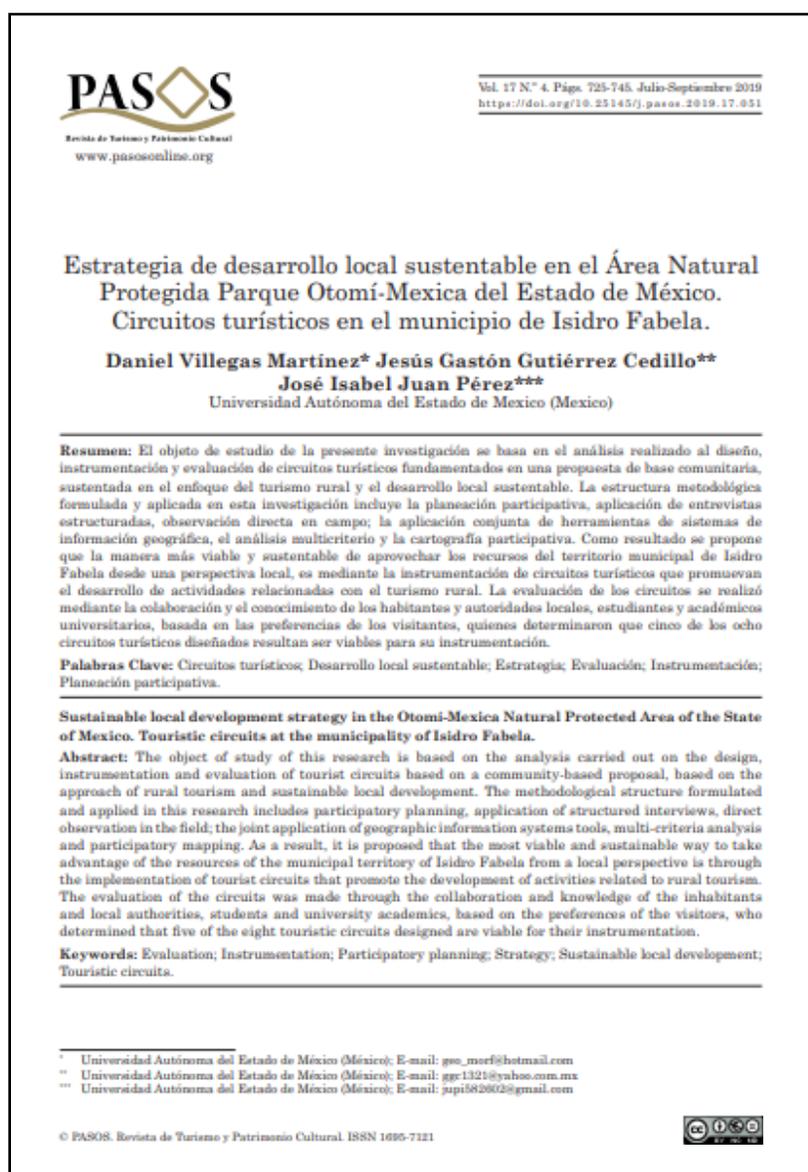
ISSN: 1695-7121.

Estado: Publicado.

DOI:

https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/15295/PS_17_4%20_%282019%29_06.pdf?squence=1&isAllowed=y

Figura 25. Portada de artículo científico, publicado en la revista PASOS



Fuente: Elaboración propia.

Nombre de la revista: Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias.

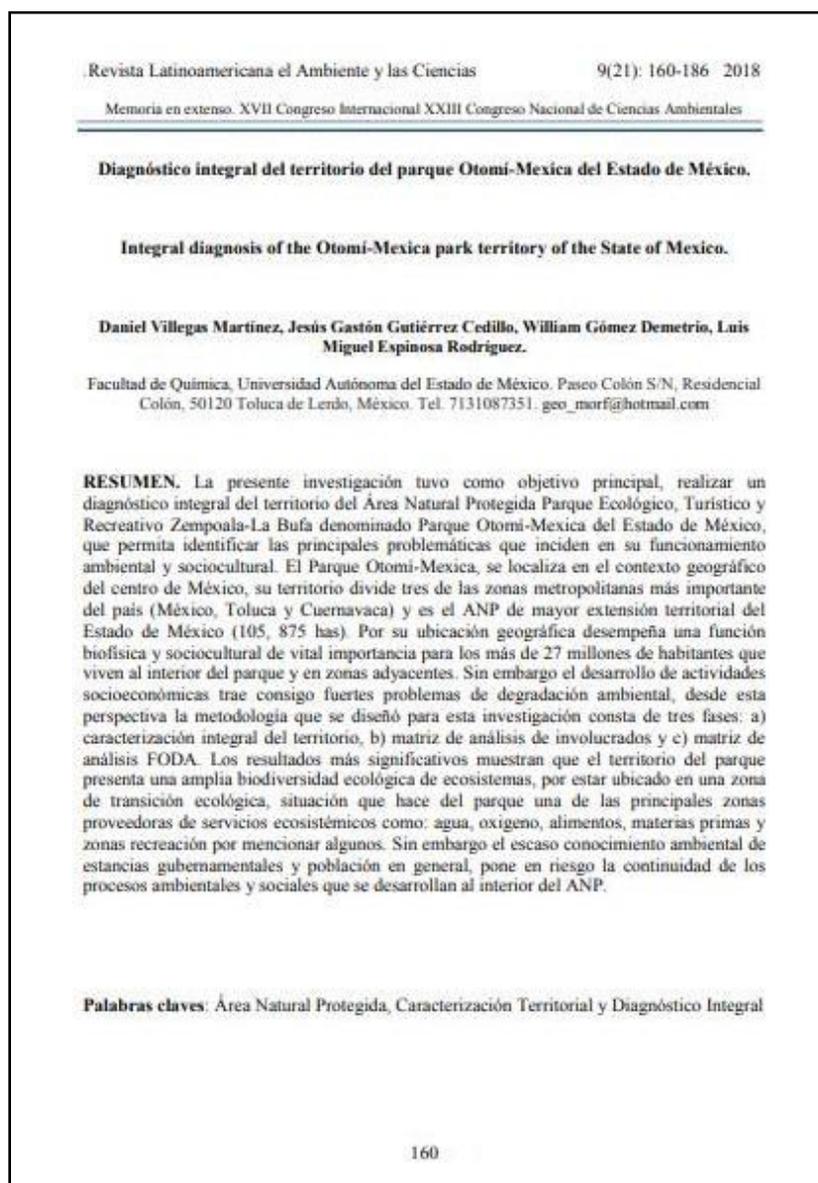
ISSN: 2007-512X.

Estado: Publicado.

Disponible en:

[http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/86/2/9\(21\)-15.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/86/2/9(21)-15.pdf)

Figura 26. Portada de artículo científico, publicado en la Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias



Fuente: Elaboración propia.

3.62 *Artículos de divulgación*

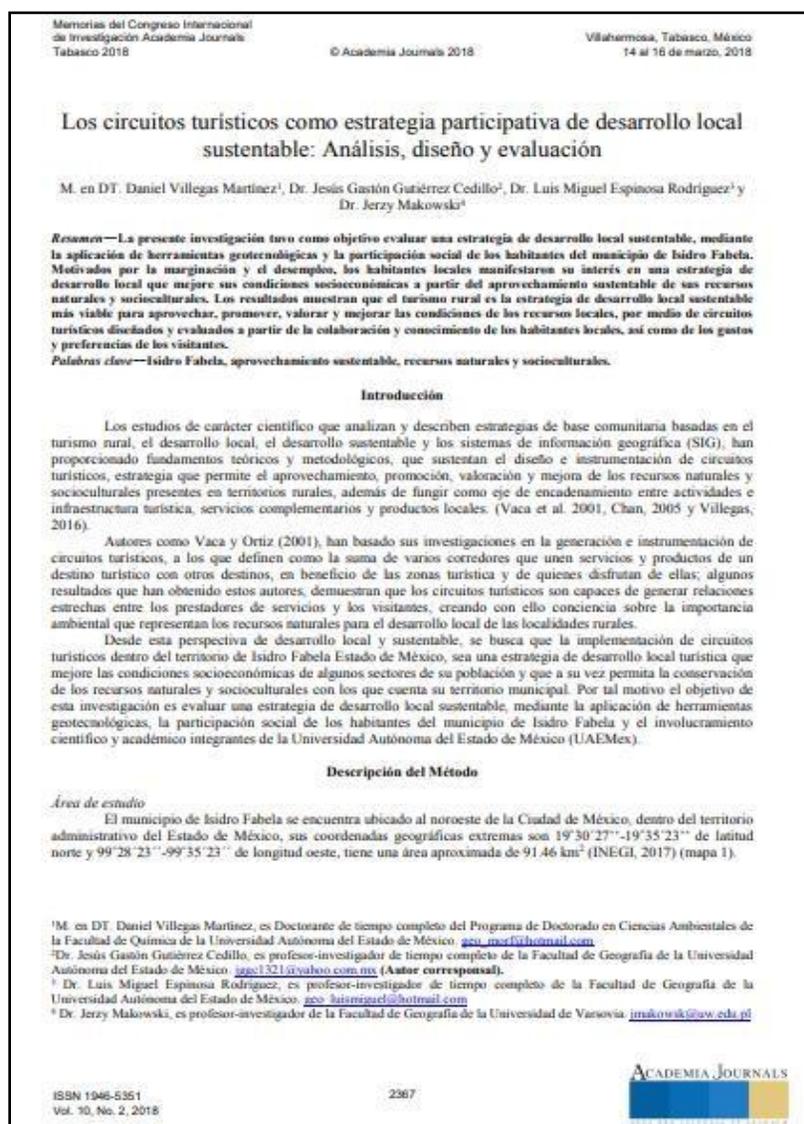
Nombre de la revista: Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2018.

ISSN: 1946-5351.

Estado: Publicado.

Disponible en: https://drive.google.com/drive/folders/1imK8_VkIR7a2DWev-LAuAJI1suU7c0CW

Figura 27. Portada de artículo de divulgación publicado, en Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2018



Fuente: Elaboración propia.

3.63 Capítulos de libro

Nombre del libro: Vulnerabilidad, Resiliencia y Ordenamiento Territorial.

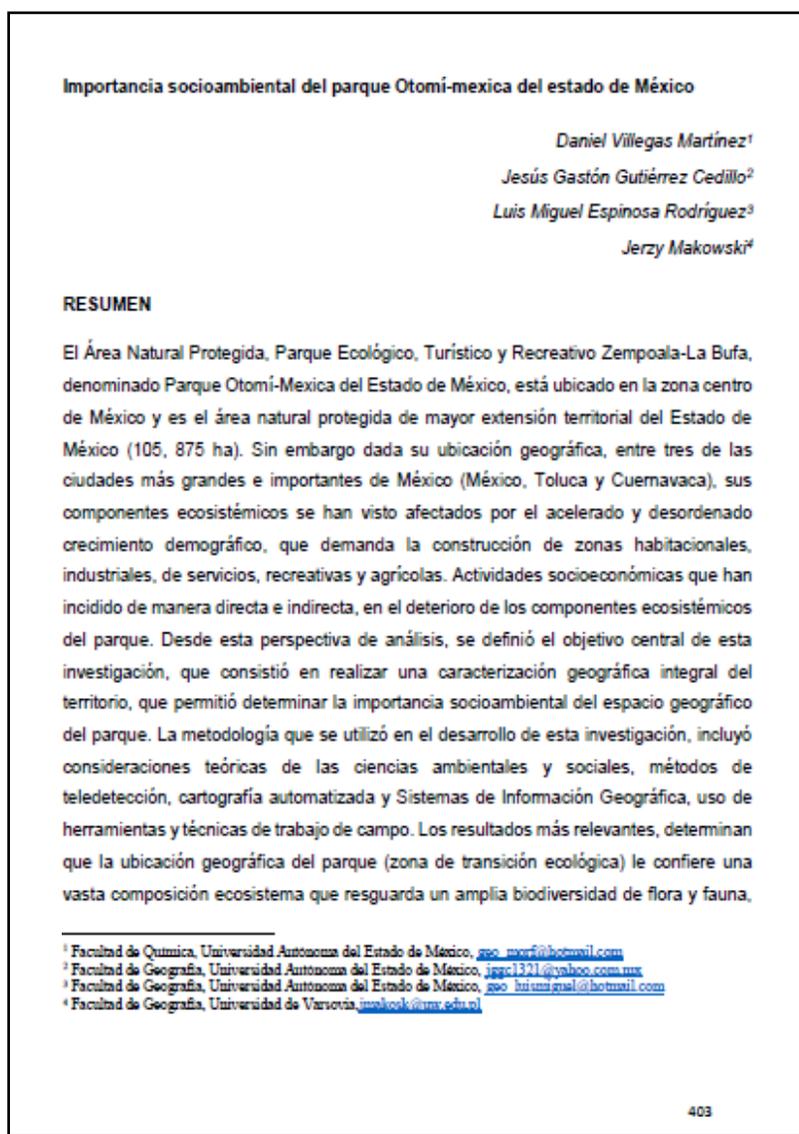
ISBN electrónico: 978-607-422-957-8.

Estado: Publicado.

Disponible en:

https://www.academia.edu/37241148/Importancia_socioambiental_del_Parque_Otom%C3%AD-Mexica_del_Estado_de_M%C3%A9xico

Figura 28. Portada de capítulo de libro, publicado en Vulnerabilidad, Resiliencia y Ordenamiento Territorial



Fuente: Elaboración propia.

Nombre del libro: Transformaciones territoriales en México y Polonia: Vulnerabilidad, resiliencia y ordenación territorial.

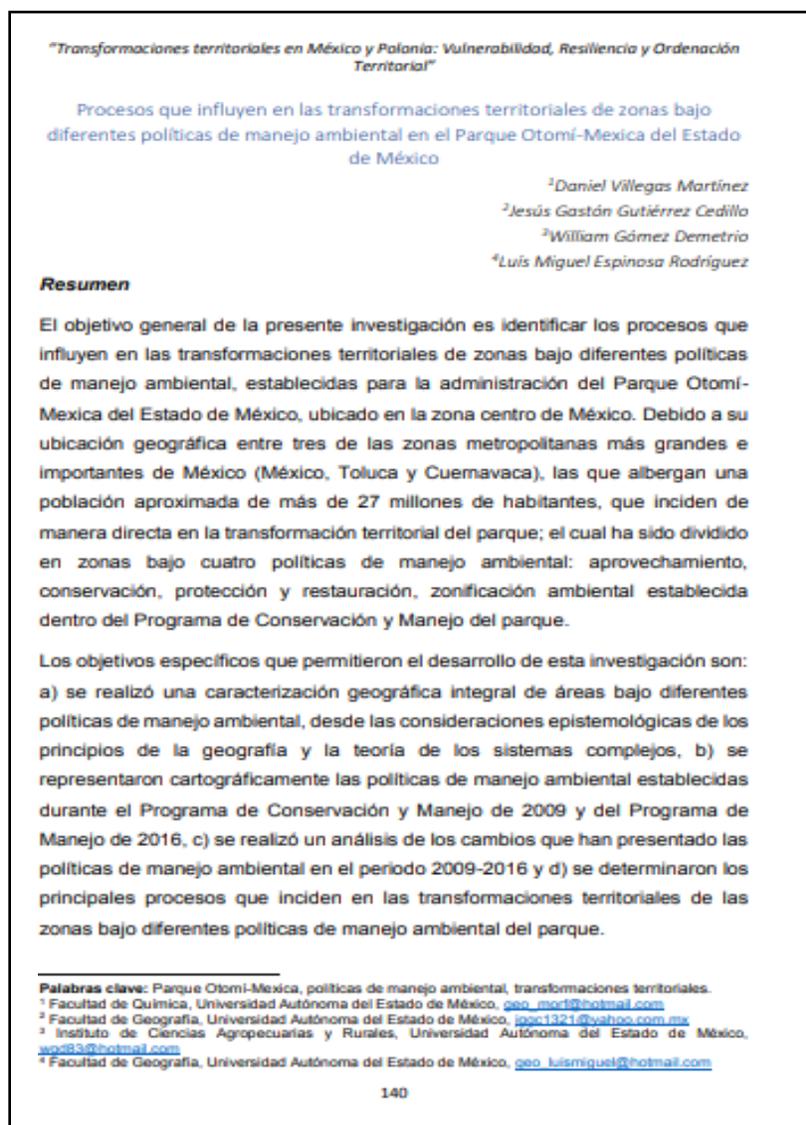
ISBN: 978-607-633-098-2.

Estado: Publicado.

Disponible en:

https://www.academia.edu/40881265/Procesos_que_influyen_en_las_transformaciones_territoriales_de_zonas_bajo_diferentes_pol%C3%ADticas_de_manejo_ambiental_en_el_Parque_Otom%C3%AD-Mexica_del_Estado_de_M%C3%A9xico

Figura 29. Portada de capítulo de libro, publicado en Transformaciones territoriales en México y Polonia: Vulnerabilidad, resiliencia y ordenación territorial



Fuente: Elaboración propia.

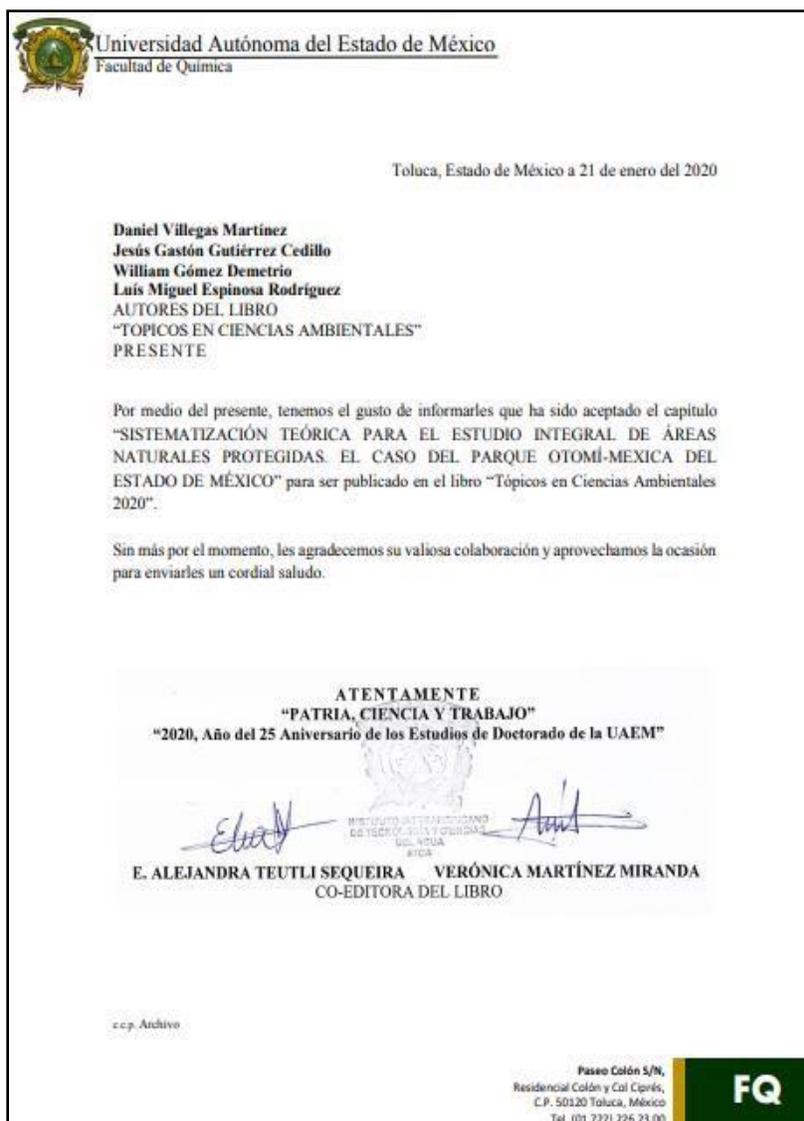
**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

Nombre del libro: Tópicos en Ciencias Ambientales 2020.

ISBN: Por definir.

Estado: Aceptado para su publicación.

Figura 30. Carta de aceptación para la publicación de capítulo de libro en Tópicos en Ciencias Ambientales 2020



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Lo expuesto a lo largo de este trabajo de investigación de carácter sistémica-integral, permite arribar a las siguientes conclusiones:

El enfoque sistémico retomado a lo largo de esta investigación, proporcionó las bases teóricas para analizar al territorio administrativo del Parque Otomí-Mexica del Estado de México, como un sistema complejo, acotado y estructurado bajo tres grandes subsistemas (ambiental, sociocultural y administrativo), para facilitar el análisis de tan complejo territorio y de incalculable valor ambiental, social y científico, por poseer una porción del entramado de vida de nuestro planeta no humano que alberga la vida humana.

Los aportes de Von Bertalanffy, Rolando García y Fritjof Capra, sobre el enfoque sistémico, constituyen un modelo teórico que permite explicar las relaciones, interdependencias y conectividad entre los componentes de sistemas y subsistemas territoriales autoorganizados, que operan como sistemas abiertos y alejados de un equilibrio, resultado de las interrelaciones entre los componentes ambientales y socioculturales, que dan paso a la generación de nuevos subsistemas de carácter antrópico. Para el caso de los territorios bajo protección ambiental (ANP), surgen los subsistemas administrativos o jurídicos, como parte de una serie de estrategias que buscan regular las interrelaciones entre los componentes del territorio, para dar paso a un desarrollo equilibrado entre la vida no humana y la vida humana.

Por lo tanto, al aplicar estos fundamentos teóricos de manera coordinada con el enfoque de análisis de la Ecología Cultural y los principios geográficos, se logró analizar las interrelaciones existentes entre los componentes territoriales del subsistema ambiental y sociocultural, que componen el espacio delimitado administrativamente del parque (caracterización sistémica del territorio). Determinado con ello que la complejidad del territorial del ANP, no se establece por el número de componentes, si no, por el constante flujo de materia y energía a través del mismo sistema que genera una constante interconectividad interna y externa entre sus componentes. Interconectividad que de acuerdo a los postulados de Capra (1998) fluyen de manera no lineal, van en todas direcciones formando una serie de tramas (patrones de organización en red), ya que, son muchas las maneras de interrelación entre los componentes. Entre mayor sea el número de interrelaciones, se añade mayor complejidad sistémica.

Durante el desarrollo, análisis y conclusión del diagnóstico sistémico e integral del territorio, el postulado de complejidad que establece, que al incluir un componente nuevo dentro del sistema se incrementan el número de interrelaciones de manera exponencial, haciendo cada vez más complejo al propio sistema, queda comprobado de manera teórica y empírica, ya que, al incluir el subsistema administrativo al análisis integral del territorio del parque, las interrelaciones entre sus componentes aumentó de manera considerable, ya que, el diagnóstico del territorio se realizó a partir del subsistema ambiental, sociocultural y administrativo. Determinando que la principal problemática que aqueja al funcionamiento del parque, son los procesos de cambios de usos del suelo y vegetación, generados por tres procesos de transformación de carácter antrópico: conversión, fragmentación y modificación (interrelaciones entre el subsistema ambiental y sociocultural), esto como resultado de la carente instrumentación de estrategias generadas desde el subsistema administrativo modificación (interrelaciones entre el subsistema ambiental, sociocultural y administrativo).

Con base a lo anterior, se puede determinar que las investigaciones bajo el estudio de las Ciencias Ambientales, deben estar dirigidas bajo el enfoque sistémico e integrador, para lo cual es necesario romper con el esquema de investigación dualista, reduccionista o multidisciplinario; para promover estudios que analicen de manera integral los problemas o fenómenos que aquejan a los territorios bajo protección ambiental. Y con ello generar la comprensión de nuevos niveles de análisis de la realidad, de modo que se puede realizar la interrelación entre fenómenos y con ello descubrir en qué momento emergen nuevos brotes en el *complexus* (lo que está tejido en conjunto) y tratar de explicarlos a través de los conocimientos que aportan las Ciencias Ambientales sistémicas (enfoque interdisciplinario).

Bajo este esquema de investigación sistémico-integrador, se diseñó y modeló la propuesta de manejo sustentable del ANP, utilizando métodos de diferentes disciplinas del conocimiento como: climatología, edafología, ecología, topografía, geología, meteorología, agroecología, geografía y cartografía, se estructuró el esquema epistemológico de las Ciencias Ambientales enfocadas al estudio integral de las áreas naturales protegidas. Mediante la aplicación de este esquema interdisciplinario de investigación se logró seleccionar un total de 38 variables (componentes del territorio), que se modelaron bajo el esquema del análisis multicriterio y se representaron cartográficamente. Con el desarrollo metodológico y teórico propuesto en

este modelo desarrollo orientado hacia la sustentabilidad del territorio, se cumplen los requerimientos establecidos en la legislación ambiental mexicana, para la zonificación del territorio.

Resultado de la zonificación ambiental del territorio, se obtiene un total de 146 unidades de manejo territorial, de las cuales 14 áreas están destinadas al aprovechamiento, 46 áreas establecidas para la conservación, 22 áreas determinadas bajo el esquema de protección y 64 áreas propuestas para su restauración ecológica. Bajo este esquema de administración territorial, se puede observar que el territorio del ANP está experimentando fuerte problemas de degradación ambiental, resultado de la crisis civilizatoria y la profunda irracionalidad de convivencia entre los componentes naturales y sociales que se desarrollan dentro del territorio administrativo del parque.

RECOMENDACIONES: AGENDA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a lo concluido en este trabajo de investigación, se recomienda que para futuras investigaciones dentro del territorio del ANP, se retomem como objeto de estudios las 146 unidades de manejo territorial y se realice una caracterización detallada de cada una de ellas, y con base en sus características se determine las actividades permitidas, supervisadas y restringidas, que se pueden desarrollar en cada unidad de manejo territorial.

BIBLIOGRAFÍA

- Anokhin, P. K. (1964). System genesis as a General Regulator of Brain Development. *Progress in Brain Research*, 9, 54-86.
- Arnold, M. y Osorio, F. (2008). La Teoría General del Sistemas y su aporte conceptual a las ciencias sociales. En F. Osorio, M. Arnold, S. González y E. Aguado (Eds.), *La Nueva Teoría Social en Hispanoamérica. Introducción a la Teoría de Sistemas Constructivista*, Toluca México. Editorial UAEMex.
- Aroche, F. (2013). La estructura económica del (sub)desarrollo y el equilibrio general o ¿qué ocurrió con la teoría del desarrollo y con las estructuras económicas? *Revista de Economía Política*, 33 (3), 538-550.
- Azcárate, P. (1987). Obras de Aristóteles. Recuperado de <http://www.filosofia.org/cla/ari/azc10051.htm>
- Barrientos, G. (2004). *Otomíes del Estado de México*. Distrito Federal México. Editorial CDI-PNUD.
- Bertalanffy, L. (1950). An Outline of General Systems Theory. *British Journal for the Philosophy of Science*, 1, 139.-164.
- Bertalanffy, L. (1968). *General Systems Theory. Foundations, Development, Applications*.
- Bocco, G. y Urquijo, P. (2013). Geografía ambiental: reflexiones teóricas y práctica institucional. *Región y sociedad*, 25 (56), 75-101.
- Boersema, J. J. (2009). Environmental Sciences, Sustainability, and Quality. In J. J. Boersema (Eds), *Principles of Environmental Sciences*, Editorial Springer.
- Bolio, H. J. (2013). El concepto de Desarrollo en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. *Hechos y Derechos*, 14, 1-5.
- Brunhes, J. (1910). Principios de geografía humana de Francia. Paris Francia.
- Buzai, G. D. (2014). Geografía, Complejidad e Investigación Aplicada. *Boletín de Estudios Geográficos*, 102, 46-66.
- Cappelletti, A. J. (1984). *La filosofía de Anaxágoras*, Caracas Venezuela. Editorial Sociedad Venezolana de Filosofía,
- Capra, F. (2006). *Trama de la vida*, Barcelona España. Editorial Anagrama edición. 1ª edición en español.
- Castañeda, J. (2006). Las Áreas Naturales Protegidas de México de su origen precoz a su consolidación tardía. *Scripta Nova*, 10, 218-248.

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CEDIPIEM. Consejo Estatal para el Desarrollo Integral de los Pueblos Indígenas del Estado de México. (2018). Pueblos indígenas en el Estado de México. Recuperado de https://edomex.gob.mx/indigenas_edomex

CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2005). *Metodología del Marco Lógico*, Santiago de Chile, Chile. Editorial CEPAL,

CEPANAF. Comisión Estatal de Parques Estatales y de la Fauna. (2009). *Programa de Conservación y Manejo Parque Estatal Otomí-Mexica*, Toluca Estado de México, México. Gobierno del Estado de México.

CEPANAF. Comisión Estatal de Parques Estatales y de la Fauna. (2016). *Programa de Manejo Parque Otomí-Mexica del Estado de México*, Toluca Estado de México, México. Gobierno del Estado de México.

CEPANAF. Comisión Estatal de Parques Estatales y de la Fauna. (2018). Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de http://cepanaf.edomex.gob.mx/areas_naturales_protegidas

CEPANAF. Comisión Estatal de Parques Estatales y de la Fauna. (2019). *Parque Estatal Centro Ceremonial Otomí*, Toluca Estado de México, México. Gobierno del Estado de México.

Chiras, D. (1991). *Environmental science: action for a sustainable future*, Burlington, New Jersey United States. Editorial Redwood.

CMAP. Comisión Mundial de Áreas Protegidas. (2000). Protected Areas. Recuperado de <https://www.iucn.org/es/node/251143>

Colegio de Posgraduados. (1991). *Manual de Conservación del Suelo y del Agua*. Montecillos, Estado de México, México. Editorial SARH.

COLPOS. Colegio de Postgraduados. (2011). *Degradación y Conservación de Suelos en la Cuenca del Río Grijalva, Tabasco*, Villahermosa Tabasco México. Editorial Secretaría de Recurso Naturales y Protección Ambiental.

Columbie, N. (2012). Consideraciones teóricas necesarias acerca de la problemática ambiental desde un enfoque complejo. *OIDLES*, 6 (12), 1-10.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2006). Regiones biogeográficas. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/regionesbio.html>

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2006). Áreas Protegidas en México. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/areasprot/enmexico.html>

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2012). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2018). Bosques templados de México. Recuperado de <https://www.conabio.gob.mx/bosqueTemplado>

CONACyT-CONAGUA. Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología – Comisión Nacional del Agua. (2012). *NFORME DE CAMPO. Humedales de Zempoala*, Ciudad de México. Editorial CONACyT-CONAGUA.

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. (2002). *Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México*, Distrito Federal México. Diario Oficial de la Federación.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2011). Historia. Recuperado de http://conanp.gob.mx/quienes_somos/historia.php

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2016). Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de <http://www.conanp.gob.mx/regionales/>

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2018). *Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2014-2018*, Ciudad de México, México. Editorial CONANP.

CONAPO. Consejo Nacional de Población. (2005). Índices de Marginación 2005. Disponible en http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_marginacion_2005_

Cruz, R., Cruz, A., Cuevas, V., y Ramírez, B. (2018). Impacto social de la mercantilización de la naturaleza en la Sierra de Huautla, Morelos. *Estudios Sociales*, 28 (51), 2-22.

Dennis, R., Meijaard, E., Applegate, G., Nasi, R. y Moore, P. (2001). *Impact of human-caused fires on biodiversity and ecosystem functioning, and their causes in tropical, temperate and boreal forest biomes*, Québec Canada. Editorial UNEP.

Díaz, G. (2001). *Estudio de las Potencialidades Productivas para el Uso del Suelo del Estado de Veracruz*, Xalapa Veracruz México. Editorial INIFAP – Fundación PRODUCE.

DOF. Diario Oficial de la Federación. (1917). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, Querétaro México. Diario Oficial de la Federación.

DOF. Diario Oficial de la Federación. (1988). *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal México. Diario Oficial de la Federación.

DOF. Diario Oficial de la Federación. (2000). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas*, Distrito Federal México. Diario Oficial de la Federación.

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

DOF. Diario Oficial de la Federación. (2016). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917*, Querétaro México. Diario Oficial de la Federación. Reforma del año 2016.

Durand, L. (2002) La relación ambiente-cultura en antropología: recuento y perspectivas. *Nueva Antropología*, 29 (61), 168-184.

Duval, V. S. (2018). Enfoque integral de las áreas protegidas desde la Geografía. El caso de La Pampa. *Boletín geográfico*. 40 (1), 52- 65.

Echeverría, R. (2017). El Enfoque Sistémico. Recuperado de <https://www.newfieldconsulting.com/el-enfoque-sistemico/>

EcoCiencia. (2009). *Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal Otomí-Mexica del Estado de México*, Toluca Estado de México, México. Gobierno del Estado de México.

Ellen, R. (1989). *Environment, subsistence and system. The ecology of small-scale social formations*, Cambridge University Press. Editorial Cambridge.

Espeje, A., Romero, J., Barrera, A., Torres, B. y Félix, J. (2015). Determinación del uso potencial agrícola mediante modelación geoespacial y análisis multicriterio para la cuenca Balsas Mezcala. *Ra Ximhai*, 11 (5), 77-95.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). *Evaluación de Tierras con metodologías de FAO*, Santiago de Chile, Chile. Editorial FAO.

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, Distrito Federal México. Editorial UNAM.

García, R. (1981). *Drought and Man. Nature Pleads Not Guilty*, Oxford United States. Editorial Pergamon Press.

García, R. (2000). *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de los sistemas complejos*, Barcelona España. Editorial Gedisa.

García, R. (2006). *Sistemas Complejos. Conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*, Barcelona España. Editorial Gedisa.

GEM. Gobierno del Estado de México. (1980). *Decreto del Área Natural Protegida Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala-La Bufa denominado Parque Otomí-Mexica del Estado de México*, Toluca Estado de México, México. Gobierno del Estado de México.

GEM. Gobierno del Estado de México. (2005). *Código para la Biodiversidad del Estado de México*, Toluca Estado de México, México. Gobierno del Estado de México.

Giannuzzo, A. N. (2010). Los estudios sobre el ambiente y la ciencia ambiental. *Scientia Studia*, 8 (1), 129-156.

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

- Gonzales, M. L., Plascencia, O. F. y Martínez, T. (2016). Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-Zacatlán. *Madera y bosques*, 22 (2), 41-52.
- Gowin, D. (1981). *Hacia una teoría de la educación*, Buenos Aires Argentina. Editorial Aragón.
- Gutiérrez, E. (2007). De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario. *Trayectorias*, 9 (25), 45-60.
- Gutiérrez, J. G. (2013). *La Investigación geográfica. Fundamentos, métodos e instrumentos*, Buenos Aires, Argentina. Editorial Dunke.
- Harris, M. (1996). *El desarrollo de la teoría antropológica*, Distrito Federal México. Editorial Siglo XXI.
- Herrera, E. (2012). La Uve de Gowin como instrumento de aprendizaje y evaluación de habilidades de indagación en la unidad de fuerza y movimiento. *Paradigma*, 33 (2), 101-125.
- Hinkelammert, F. (2006). *El sujeto y la Ley. El retorno del sujeto reprimido*, La Habana Cuba. Editorial Caminos.
- Hinkelammert, F. (2007). *Hacia una crítica de la razón mítica. El laberinto de la modernidad, materiales para la discusión*, San José Costa rica. Editorial ARLEKÍN.
- Humboldt, A. y Ritter, K. (1874). *Cosmos. Tomo 1. Madrid*, España. Editorial Gaspar y Roig.
- Ibáñez, J. J. (2019). La imparable degradación ambiental a nivel global que causan los dragones asiáticos. Recuperado de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2019/05/06/149456>
- IGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2018). Por el uso inadecuado en sus suelos, el 28 por ciento de Colombia sufrirá más los estragos de los fenómenos climáticos: IGAC. Recuperado de <https://igac.gov.co/es/noticias/por-el-uso-inadecuado-en-sus-suelos-el-28-por-ciento-de-colombia-sufriria-mas-los-estragos>
- INEGI. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010.
- INEGI. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2012). Continuo de Elevación Mexicano 3.0. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- INEGI. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2015). Encuesta Intercensal 2015.
- INEGI. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2016). División territorial de México. Disponible en <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/division/default.aspx?tema=T>

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

INEGI. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2016). *Guía para la interpretación cartográfica uso de suelo y vegetación escala 1:250, 000 serie VI*, Aguascalientes México: Editorial INEGI.

INEGI. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2017). *Marco Geoestadístico Nacional*, Aguascalientes México. Editorial INEGI.

INEGI. *Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2019). Uso potencial del suelo. INEGI*, Aguascalientes México. Editorial INEGI.

INEGI. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. (2000). XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

INEGI. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. (2001). *Guía para la interpretación de cartografía edafológica*, Aguascalientes México. Editorial INEGI.

INEGI. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. (2005). II Censo de Población y Vivienda 2005.

INEGI. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. (2008). *Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrológicas de México*, Aguascalientes México. Editorial INEGI.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2003). *Requerimientos Agroecológicos de Cultivos*, Jalisco México. Editorial SAGARPA.

Juan, J. I. (2006). *Manejo del ambiente y riesgos ambientales en la región fresera del Estado de México*, España. Editorial Eumed.

Juan, J. I., Camacho, J. M., Magallanes, M. d., Juárez, R., Pozas, J. G., Pérez, J. M., Villegas, D., García, I. E. y Vilchis, A. (2017). *Análisis socioespacial, geográfico, ambiental y ecológico del Parque Otomí-Mexica Estado de México. Serie de Conservación y Manejo de Áreas Naturales Protegidas del Altiplano Mexicano*, España. Editorial Eumed.

Koleff, P., Tambutti, M., March, I. J., Esquivel, R., Cantú, C. y Lira-Noriega, A. (2009). Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México. *Capital natural de México*, 2, 651-718.

La Blanche, P. (1922). Principios de Geografía Humana.

Leff, E. (2002). *Saber ambiental. sustentabilidad, racionalidad, complejidad y poder*, Distrito Federal México. Editorial siglo XXI.

Leff, E. (2003). LA ECOLOGÍA POLÍTICA EN AMÉRICA LATINA: un campo en construcción. *Sociedade e Estado*, 18 (1/2), 17-40.

Leff, E. (2006). *Aventuras de la epistemología ambiental: de la articulación de ciencias al diálogo de saberes*, Distrito Federal México. Editorial Siglo XXI.

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

Leff, E. (2007a). La complejidad ambiental: del logos científico al diálogo de saberes. En O. Sáenz (Ed), *Las Ciencias Ambientales: una nueva área del conocimiento*, Bogotá Colombia. Red Colombiana de Formación Ambiental.

Leff, E. (2011). Sustentabilidad y racionalidad ambiental: hacia "otro" programa de sociología ambiental. *Revista Mexicana de Sociología*, 71 (1), 5-46.

Leff, E. (2014). *La apuesta por la vida: imaginarios sociales e imaginación sociológica en los territorios del Sur*, Distrito Federal México. Editorial Siglo XXI.

Llano, L., Gutiérrez, M., Stable, A., Núñez, M. C., Masó, R. M. y Rojas B. (2016). La interdisciplinariedad: una necesidad contemporánea para favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje. *Medisur*, 14 (3), 320-327.

Mairal, D. (2015). El árbol de objetivos (*goal tree*) como método para establecer criterios. Disponible en <http://www.aragonvalley.com/arbol-de-objetivos-goal-tree-metodo-establecer-criterios/#.XjXREDIzbIU>

Massiris, A. (2006). *Políticas latinoamericanas de ordenamiento territorial: realidades y desafíos*, Tunja Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,

Micheli, J. (2002). Política ambiental en México y su dimensión regional. *Región y sociedad*, 14 (23), 130-170.

Miller, J. y Page, S. (2007). *Complex Adaptive Systems. An introduction to computational models of social life*, United State of America. Editorial Princeton University Press.

Morales, G. (2016a). La apropiación de la naturaleza como recurso. *Una mirada reflexiva*. 19 (1), 141-154.

Morales, G. (2016b). La categoría ambiente. Una reflexión epistemológica sobre su uso y su estandarización en las Ciencias Ambientales. *Nova Scientia*, 7 (17), 579-613.

Morales, G. (2017). Las Ciencias Ambientales. Una caracterización desde la epistemología sistémica. *Nova Scientia*, 9 (1), 646-697.

Morales, G. y Rojas, D. (2015) El toro como recurso estético. Apuntes teóricos para una historia ambiental animal. *Abordajes*, 3 (6), 69-99.

Morin, E. (1990). *El Método II. La vida de la vida*, Madrid España. Editorial Cátedra.

Morin, E. (1998). *Introducción al pensamiento complejo*, Barcelona España. Editorial Gedisa.

Nava, C. (2012). El pensamiento ambientalista. *Ciencia, ambiente y derecho*, 1995-239.

Noguera de Echeverri, A. P. y Pineda, J. A. (2009). Filosofía ambiental y fenomenología: el paso del sujeto-objeto a la trama de vida en clave de la pregunta por el habitar poético

contemporáneo. En R. Rizo-Patrón y A. Zirión (Eds.), *El Acta fenomenológica latinoamericana. Volumen III (Actas del IV Coloquio Latinoamericano de Fenomenología)*, Lima-Morelia Perú. Círculo Latinoamericano de Fenomenología, Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Núñez, J. J. (s/f). Sobre la noción de interdisciplinariedad y los sistemas complejos (inédito).

OIT. Organización Internacional del Trabajo (2016). *Informe Mundial sobre Salarios 2016/2017. La desigualdad salarial en el lugar de trabajo*. Oficina Internacional del Trabajo – Ginebra Suiza.

Pérez, R. (2002). *Antropología y complejidad*, Barcelona España. Editorial Gedisa.

Pineda, N. B., Bosque, J., Gómez, M. y Plata, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, 69, 33-52.

Poteete, A., Janssen, M. y Ostrom, E. (2011). *Trabajar Juntos. Acción colectiva, bienes comunes y múltiples métodos en la práctica*. Distrito Federal México. Editorial FCE-UNAM, 2ª edición en español.

PROCEDE. Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares. (2003). *PROCEDE “Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares”* Distrito Federal México. Secretaria de la Reforma Agraria.

Ratzel, F. (1909). *Anthropogeographie, Vol. 1*, Stuttgart Alemania.

RCFA. Red Colombiana de Formación Ambiental. (2007). Las Ciencias Ambientales como un área de conocimiento. En O. Sáenz (Eds), *Las Ciencias Ambientales: una nueva área del conocimiento*, Bogotá Colombia. Red Colombiana de Formación Ambiental.

Reale, G. y Antiseri, D. (2007). *Historia de la filosofía*, Buenos Aires Argentina. Editorial San Pablo.

Rodríguez, L. (2014). Epistemología y política de la metodología interdisciplinaria. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 4 (1), 1-8.

Rohde, G. M. (2005). *Epistemologia ambiental uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética da Terra e de sus arredores planetários*, Porto Alegre Brasil. Editorial Suliani Editografia.

Ruiz, M. y Castañeda, X. S. (2007). ¿Cómo abordar temas interdisciplinarios a partir de la Ecología Cultural? *Boletín del Instituto de Geografía*, 1 (66), 105-115.

Rzedowski, G. C. y Rzedowski, J. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México*, Pátzcuaro Michoacán México. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

- Santos, B. (2009). *Una epistemología del Sur: La reinención del conocimiento y la emancipación social*, Distrito Federal México. Editorial Siglo XXI.
- SCT. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2017). *Datos Viales 2017*, Ciudad de México. Dirección General de Servicios Técnicos.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_BIODIV04_06&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce
- Senge, P. (2009). *La quinta Disciplina*, Buenos Aires Argentina. Editorial GRANICA.
- Seoane, J. (2012). Neoliberalismo y ofensiva extractivista. Actualidad de la acumulación por despojo, desafíos de Nuestra América. *Theomai*, 26.
- Severiche, C., Gómez, E. y Jaimes, E. (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Telos*, 18 (2), 266-281.
- Silva, I. y Sandoval, C. (2012). *Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES).
- SMA. Secretaría del Medio Ambiente (2018). Inventario de Áreas Verdes. Disponible en <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/inventario>
- Steward, J. (1955). Theory of culture change. *The methodology of multilineal evolution*, United State. Editorial Urbana University of Illinois Press.
- Tetreault, D. (2004). Una taxonomía de modelos de desarrollo sustentable. *Estudios sociales*, 10 (9), 45-77.
- Treillet, S. (2005). *L'économie du développemen : de Bandoengá la mondialisation*, Paris Francia.
- UAEMex. Universidad Autónoma del Estado de México. (2016). *Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Ambientales*, Toluca México. Editorial UAEMex.
- UMAR. Universidad del Mar. (2019). *Maestría en Ciencias Ambientales*, Puerto Ángel, Distrito de San Pedro Pochutla Oaxaca. Editorial UMAR.
- UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México (2016). *Licenciatura en Ciencias Ambientales*, Ciudad de México. Editorial UNAM.
- Villatoro, F. (2017). El territorio como sistema complejo. *Estudios Centroamericano*, 72 (749), 164-176.

Villegas, D. (2016). Turismo rural como estrategia de desarrollo local en Isidro Fabela y la región de Monte Alto, Estado de México (tesis de maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca Estado de México, México.

Villegas, D., Gutiérrez, J. G., Gómez, W., y Espinosa, L. M. (2018). Diagnóstico integral del territorio del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 9 (21), 160-186.

Villegas, D., Gutiérrez, J. G., Espinosa, L. M., y Makowski, J. (2018). Importancia socioambiental del Parque Otomí-Mexica del Estado de México. En M. V. Santana, G. Hoyos, G. Santana, F. Zepeda, y J. R. Calderón (Eds.), *Vulnerabilidad, Resiliencia y Ordenamiento Territorial*, Toluca México. Editorial UAEMex.

Villegas, D., Gutiérrez, J. G., Gómez, W. y Espinosa, L. M. (2019). Procesos que influyen en las transformaciones territoriales de zonas bajo diferentes políticas de manejo ambiental en el Parque Otomí-Mexica del Estado de México. En M. V. Santana, R. M. Sánchez, F. Zepeda, J. R. Calderón, y G. Santana (Eds.), *Transformaciones territoriales en México y Polonia: Vulnerabilidad, resiliencia y ordenación territorial*, Toluca México. Editorial UAEMex.

Villegas, D., Gutiérrez, J. G. y Gómez, W. (2019). Estrategia de desarrollo local sustentable en el Área Natural Protegida Parque Otomí-Mexica del Estado de México. Circuitos turísticos en el municipio de Isidro Fabela. *PASOS*, 17 (04), 725-745.

WCED. World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*, United State. Oxford University Press.

Wiener, N. (1948). *Cybernetics: Control and Communication in the Animal and the Machine*, New York United State. Editorial Press paperback.

Wiener, N. (1958). *Cibernética y sociedad*, Buenos Aires Argentina. 1ª edición al español.

Wilber, K. (2001). *Una teoría de todo. Una visión integral de la ciencia, la política, la empresa y la espiritualidad*, Barcelona España. Editorial Kairós.

Wong, P. (2010). Ordenamiento ecológico y ordenamiento territorial: retos para la gestión del desarrollo regional sustentable en el siglo XXI. *Estudios Sociales*, 17 (especial), 11-39.

Young, A. y Dent, D. (1995). *Soil survey and land evaluation*, London England. Editorial FN SPON.

Zúñiga, O. (2009). Índice de potencial productivo del suelo aplicado a tres fincas ganaderas de ladera en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista UN*, 58 (2), 85-90.