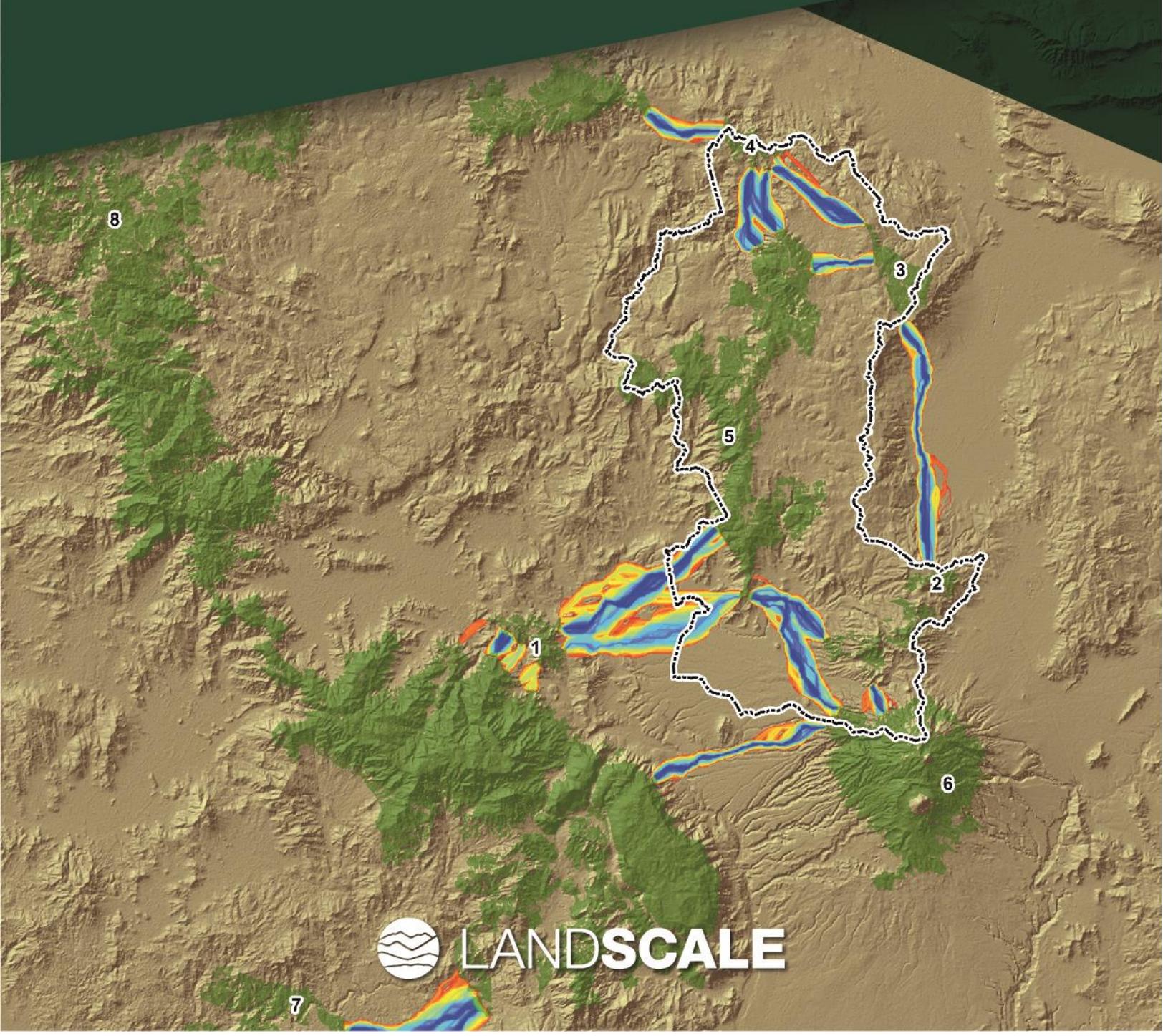


Análisis regional de la conectividad estructural y funcional del Paisaje Sierra de Tapalpa

MARZO 2022



LANDSCALE



Enlace Ambiental y Proyectos S.C

Fecha de elaboración

Marzo 2022

Este estudio fue posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos, a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). El contenido de este estudio es responsabilidad de Enlace Ambiental y Proyectos S.C. y no necesariamente refleja el punto de vista de USAID o del gobierno de los Estados Unidos.



Ing. Rigoberto Román López
Coordinador General - Enlace Ambiental y Proyectos S.C.

Ing. Martín Alejandro Villanueva García
Coordinador de Proyectos - Enlace Ambiental y Proyectos S.C.

Lic. Tanya Jacqueline Flores Mejía
Ing. Claudia Soto y Jiménez
Ing. María Montserrat Pocovi Garzón
Especialistas ambientales - Enlace Ambiental y Proyectos S.C.

Estudiante de ingeniería ambiental Mariana Monroy Nava
Estudiante de ingeniería ambiental Carlos Ignacio López Villanueva
Colaboradores

Dr. José Luis Ibarra Montoya
Biol. Karla Gutiérrez García
Mtro. Oscar Godínez Gómez
Estudiante de biología Ana Lilia Gómez Casillas
Estudiante de biología Pablo Zuno Allison
Especialistas en biodiversidad y conectividad - Colaboradores

Ing. José de Jesús Rosales
Asesores técnicos

Cynthia Corina Tapia Ramírez
Diseño editorial

Guadalajara, Jalisco, México.
Enero, 2022

**Análisis de conectividad estructural y funcional en el Paisaje Sierra de
Tapalpa, Jalisco, México**

Este estudio/reporte/sitio web/video fue posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos, a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). El contenido de este estudio/reporte/sitio web/video es responsabilidad de Enlace Ambiental y Proyectos S.C. y no necesariamente refleja el punto de vista de USAID o del gobierno de los Estados Unidos.

Contenido

INTRODUCCIÓN	22
1. DELIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	24
Mensajes clave	24
Introducción	26
1.1 Delimitación del área de estudio	28
1.2 Descripción de las zonas de interés del área de estudio	32
1.2.1 Sierra de Quila	32
1.2.2 Parque Nacional Volcán Nevado de Colima	34
1.2.3 Sierra de Manantlán	37
1.3 Identificación de los flujos y cuerpos de agua	38
1.3.1 Importancia de la protección de cuerpos de agua	39
2. MARCO TEÓRICO, DIAGNÓSTICO DE INSTRUMENTOS Y APROXIMACIÓN METODOLÓGICA	42
Mensajes clave	42
Introducción	44
2.1 Marco de referencia general	44
2.1.1 Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)	44
2.1.2 La Red Verde y Azul	48
2.2 Marco teórico	51
2.3 Revisión de los instrumentos de planeación y política pública	54
2.3.1 Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional (POET)	55
2.3.2 Estrategia Estatal sobre Biodiversidad del Estado de Jalisco (EEB)	68

2.3.3 Estrategia del Estado de Jalisco para la integración de la biodiversidad en los sectores Agropecuario, Pesquero-Acuícola y Forestal, visión 2020-2030 (IBP Jal)	69
---	----

2.4 Enfoque metodológico para la evaluación de la conectividad estructural y funcional	71
---	-----------

2.4.1 Conectividad estructural	73
2.4.2 Conectividad funcional	75

3. DETERMINACIÓN DE OBSTÁCULOS PARA LA CONECTIVIDAD	84
--	-----------

Mensajes clave	84
-----------------------	-----------

Introducción	86
---------------------	-----------

3.1 Identificación de barreras antropogénicas a la conectividad ecológica y sus efectos	87
--	-----------

3.1.1 Aguacateras	93
3.1.2 Invernaderos (<i>berries</i>)	96
3.1.3 Zonas pecuarias	99
3.1.4 Zonas urbanas y red de transporte	99
3.1.5 Cabañas	102
3.1.6 Bordos de agua	105
3.1.7 Incendios	107

3.2 Cambio en el uso de suelo	111
--------------------------------------	------------

4. DEFINICIÓN DE ÁREAS ECOLÓGICAS FUNCIONALES	115
--	------------

Mensajes clave	115
-----------------------	------------

Introducción	118
---------------------	------------

4.1 Determinación de sitios de alto valor biológico: conectividad estructural del área de estudio	119
--	------------

4.1.1 Recopilación de registros de flora y fauna del área de estudio	119
4.1.2 Generación de Modelos de Hábitat Idóneo	131

4.1.3 Selección de especies de flora y fauna para el análisis de conectividad estructural	139
4.1.4 Generación de Modelos de Calidad de Hábitat	140
4.1.5 Análisis de la conectividad estructural del paisaje	142
4.2 Determinación de corredores ecológicos	147
4.2.1 Selección de especies para modelación de conectividad funcional	147
4.2.2 Resumen de resultados	186
4.3 Red de conectividad ecológica	187
4.3.1 Red de conectividad para mamíferos	189
4.3.2 Red de conectividad para el ajolote	191
4.3.3 Red de conectividad para la nutria	193
4.3.4 Red de conectividad para la serpiente cascabel	195
4.4 Conectividad a través de flujos de agua	198
5. ANÁLISIS DE COMPLEMENTARIEDAD Y PROPUESTA DE MEDIDAS	202
Mensajes clave	202
Introducción	204
5.1 Identificación de zonas prioritarias para protección de la conectividad	205
5.2 Reducción de la fragmentación y vulnerabilidad de los hábitats	207
5.2.1 Medidas para disminuir la fragmentación de hábitats causadas por infraestructura de transporte	209
5.2.2 Medidas para disminuir la fragmentación de hábitats causadas por actividades económicas (pecuarias, agrícolas y turísticas) (Eje Estratégico 3 de la EEB-Jal)	209
5.2.3 Medidas para disminuir la fragmentación de hábitats causadas por incendios	210
5.3 Preservación y conexión de áreas prioritarias para la preservación de la biodiversidad	211
5.3.1 Manejo integrado del paisaje, restauración y repoblación (Eje Estratégico 2 de la EEB-Jal)	212

5.3.2 Manejo, uso y aprovechamiento sustentables de los recursos (Eje Estratégico 2 de la EEB-Jal)	213
5.3.3 Participación social y cultura para la conservación (Eje Estratégico 4 de la EEB-Jal)	213
5.3.4 Economía de la conservación (Eje Estratégico 3 de la EEB-Jal)	214
5.3.5 Conservación y manejo de especies en riesgo (Eje Estratégico 5 de la EEB-Jal)	214
5.3.6 Manejo y protección de poblaciones (Eje Estratégico 1 de la EEB-Jal)	215
5.3.7 Ordenamiento territorial	215
5.3.8 Gestión, cooperación y financiamiento para las actividades de conservación	215
5.4 Preservación del estado ecológico de aguas superficiales y ecosistemas acuáticos	216
5.4.1 El POET y el enfoque de cuenca	217
5.5 Preservación de la vida silvestre	219
5.6 Preservación de la calidad y diversidad paisajística	221
6. CONCLUSIONES	223
7. BIBLIOGRAFÍA	226
8. ANEXOS	235
Anexo 1. Ficha de reunión con SEMADET para fijar los alcances de la modelación de conectividad estructural y funcional	235
Anexo 2. Reseña de los lineamientos de la UICN	237
Anexo 3. Revisión de los instrumentos de planeación y política territorial	240
Estrategia Estatal sobre Biodiversidad de Jalisco 2030 (EEB-Jal)	240
Estrategia del Estado de Jalisco para la integración de la biodiversidad en los sectores Agropecuario, Pesquero- Acuícola y Forestal, visión 2020-2030 (IBP Jal).	243
Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional	248

Anexo 4. Fichas de las entrevistas llevadas a cabo entre el 3 y el 8 de noviembre con actores locales	272
Primera visita	272
Selección de los actores a entrevistar	272
Fichas de las reuniones	274
Anexo 5. Perfiles de políticas territoriales según el POET	280
Anexo 6. Evidencias fotográficas de entrevistas	284
Grupo Cien por Tapalpa	284
ANP Sierra de Quila	286
Anexo 7. Secuencia general de entrevistas realizadas	288
Anexo 8. Bases de datos digital de registros de especies para la consultoría (adjunto digital)	290
Anexo 9. Cartografía elaborada para el proyecto y sus archivos (adjunto digital)	291
Modelos de distribución potencial de las especies	291
Modelos de calidad del hábitat de las especies	296
Modelos de resistencia de las especies	301
Modelos de parches de hábitat de las especies	304
Anexo 10. Resumen de criterios ecológicos relacionados en zonificaciones de aprovechamiento	309
Anexo 11. Valores de resistencia y MCH para las modelaciones	323
Anexo 12. Teoría de circuitos	335

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas UTM de los vértices del cuadrante que sirve como primera aproximación del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.	31
Tabla 2. Descripción de las herramientas de Linkage Mapper para los modelos de conectividad.....	79
Tabla 3. Identificación de variables de resistencia para modelos de conectividad del paisaje en la bibliografía. Fuente: Elaboración propia.	88
Tabla 4. Variables seleccionadas para modelar la resistencia del PST. Fuente: Elaboración propia.....	91
Tabla 5. Superficie y número de huertas de aguacate por municipio. Fuente: SEMADET.	94
Tabla 6. Impactos negativos de las huertas de aguacate (Macías, 2009).	95
Tabla 7. Superficie y número de invernaderos por municipio. Fuente: SEMADET. ...	97
Tabla 8. Impactos negativos de los invernaderos (Macías, 2009).	98
Tabla 9. Número de especies y registros geográficos por grupo. Fuente: Elaboración propia.	122
Tabla 10. Registros de especies por grupo. Fuente: Elaboración propia.	123
Tabla 11. Información relevante obtenida en la primera ronda de entrevistas. Fuente: Elaboración propia.....	125
Tabla 12. Descripción de bioclimas. Fuente: Cuervo-Robayo et al. (2013).	130
Tabla 13. Especies seleccionadas para el análisis de conectividad estructural.	140
Tabla 14. Variables utilizadas para realizar los modelos de calidad de hábitat.	140
Tabla 15. Especies seleccionadas para los análisis de conectividad funcional.	147
Tabla 16. Área de los parches de hábitat del puma (km ²).	152
Tabla 17. Longitud de los corredores ecológicos del puma (km).....	153
Tabla 18. Área de los parches de hábitat del ocelote (km ²).	156
Tabla 19. Longitud de los corredores ecológicos del ocelote (km).....	157
Tabla 20. Área de los parches de hábitat del pecarí (km ²).	161
Tabla 21. Longitud de los corredores ecológicos del pecarí (km).....	162
Tabla 22. Área de los parches de hábitat del venado (km ²).	166
Tabla 23. Longitud de los corredores ecológicos del venado (km).....	167
Tabla 24. Área de los parches de hábitat de la nutria (km ²).	171
Tabla 25. Longitud de los corredores ecológicos de la nutria (km).....	172

Tabla 26. Área de los parches de hábitat del ajolote (km ²).	178
Tabla 27. Longitud de los corredores ecológicos del ajolote (km).	178
Tabla 28. Área de los parches de hábitat del género cascabel (km ²).	183
Tabla 29. Longitud de los corredores ecológicos del género cascabel (km).	184
Tabla 30. Resumen de resultados de conectividad ecológica para el área de estudio.	187
Tabla 31. Superficie de parches de hábitat por municipio de la Región Sierra de Tapalpa para la red ecológica de mamíferos	191
Tabla 32. Superficie de parches de hábitat por municipio de la Región Sierra de Tapalpa para la red ecológica del ajolote.....	193
Tabla 33. Superficie de parches de hábitat por municipio de la Región Sierra de Tapalpa para la red ecológica de la nutria	195
Tabla 34. Superficie de parches de hábitat por municipio de la Región Sierra de Tapalpa para la red ecológica de la serpiente cascabel.....	197
Tabla 35. Impactos a cuerpos de agua y escorrentías según la actividad productiva. Fuente: Elaboración propia.....	219
Tabla 36. Impactos a la vida silvestre según la actividad productiva. Fuente: Elaboración propia.....	221
Tabla 37. Impactos a la calidad y diversidad paisajística según la actividad productiva. Fuente: Elaboración propia.....	222
Tabla 38. Ficha de la reunión con SEMADET para fijar alcances de la modelación. Fuente: Elaboración propia.....	235
Tabla 39. Estructura de la EEB-Jal, Fuente: Elaboración propia con base en la información de EEB-Jal.	241
Tabla 40. Principales presiones que amenazan a la biodiversidad de los sectores forestal, agropecuario y pesquero–acuícola Fuente: Tomado y modificado de (SEMADET, Estrategia Estatal sobre Biodiversidad de Jalisco 2030, 2020).....	244
Tabla 41. Orientación y acciones del POET 2020 para la Región de Tapalpa. Fuente: (SEMADET, 2021).	249
Tabla 42. Elementos de comparación y su descripción. Fuente: Elaboración propia.	258
Tabla 43. Temáticas de las estrategias del POET regional. Fuente: Elaboración propia con datos de SEMADET (2021).	260
Tabla 44. Usos de suelo del POET regional. Fuente: Elaboración propia con datos de SEMADET (2021).	261

Tabla 45. Clasificación de las acciones y criterios del POET. Fuente: Elaboración propia.	261
Tabla 46. Estrategias ecológicas, territoriales y urbanas y su relación con el concepto de conectividad. Fuente: Elaboración propia.	263
Tabla 47. Identificación de criterios propuestos en el POET que abonan a la conectividad. Fuente: Elaboración propia.	266
Tabla 48. Criterios ecológicos del POET y su tipo de relación con la conectividad. Fuente: Elaboración propia con datos de SEMADET (2021).	267
Tabla 49. Actores seleccionados para las entrevistas sobre temas de biodiversidad y conectividad. Fuente: Elaboración propia.	273
Tabla 50. Ficha de la entrevista que se realizó a representantes de la ANP Sierra de Quila. Fuente: Elaboración propia.	274
Tabla 51. Ficha de la entrevista que se realizó a representantes de la A.C. 'Cien por Tapalpa'. Fuente: Elaboración propia.	275
Tabla 52. Ficha de la entrevista que se realizó a representantes de la ANP Volcán Nevado de Colima y el departamento de medio ambiente de Driscoll's. Fuente: Elaboración propia.	276
Tabla 53. Ficha de la entrevista que se realizó a representantes de la Junta Intermunicipal de Medio Ambiente del Ayuquila Alto (JIDELAA). Fuente: Elaboración propia.	278
Tabla 54. Ficha de la entrevista que se realizó a representantes de Rancho Mazati. Fuente: Elaboración propia.	278
Tabla 55. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de conservación. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).	309
Tabla 56. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación forestal. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).	311
Tabla 57. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación hídrica. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).	314
Tabla 58. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de actividades acuícolas. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).	314

Tabla 59. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de actividades agrícolas. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).	315
Tabla 60. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de industria. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).	316
Tabla 61. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de infraestructura. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).	317
Tabla 62. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de actividades pecuarias. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).	318
Tabla 63. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de riesgos. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).	320
Tabla 64. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de turismo. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).	320
Tabla 65. Valores de Resistencia y MCH para el ajolote.....	323
Tabla 66. Valores de resistencia y MCH para la crotalus.	324
Tabla 67. Valores de resistencia y MCH para el puma.	326
Tabla 69. Valores de resistencia y MCH para el ocelote.	327
Tabla 70. Valores de resistencia y MCH para el venado cola blanca.	329
Tabla 71. Valores de resistencia y MCH para el pecarí.	331
Tabla 72. Valores de resistencia y MCH para la nutria.	333

Índice de figuras

Figura 1. Sistemas de intervención en el territorio en el Estado de Jalisco. Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional de Tapalpa (SEMADET, 2021).	26
Figura 2. Municipios que conforman el Paisaje Sierra de Tapalpa. Fuente: Elaboración propia.....	27
Figura 3. Paisaje Sierra de Tapalpa y las áreas naturales protegidas y sitios Ramsar. Fuente: Elaboración propia.....	29
Figura 4. Áreas de interés para la conservación de aves y regiones terrestres e hidrológicas prioritarias. Fuente: Elaboración propia.....	30
Figura 5. Área de estudio definida como un cuadrante que abarca al Paisaje Sierra de Tapalpa y las zonas de interés para la biodiversidad que la rodean. Fuente: Elaboración propia.....	31
Figura 6. Cuerpos de agua y escorrentías del Paisaje Sierra de Tapalpa. Fuente: Elaboración propia.....	40
Figura 7. Objetivos, estrategias y principios de la UICN para la conectividad. Fuente: Elaboración propia con base en la información de Hilty, et al., (2021).	46
Figura 8. Elementos clave para la conectividad de la UICN. Fuente: Elaboración propia con información de Hilty <i>et al.</i> (2021).	47
Figura 9. Ejemplo de una Red Verde y Azul (RVA). Fuente: Adaptado de (Amsallem, Deshayes, & Bonevialle, 2010).	49
Figura 10. Primera hipótesis de conectividad. Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 11. Zona de actividades productivas agrícolas alrededor de la presa El Nogal y que abarca territorio de los municipios de Tapalpa y San Gabriel. Fuente: Elaboración propia.....	58
Figura 12. Zonas agrícolas en la región Sur y Suroeste del municipio de San Gabriel. Fuente: Elaboración propia.....	59
Figura 13. Zonas de actividades agrícolas en el Norte del Paisaje Sierra de Tapalpa. Fuente: Elaboración propia.....	60
Figura 14. Distancia entre los polígonos aislados con el resto de las políticas de protección, restauración y preservación.....	62
Figura 15. Distancia entre los polígonos aislados con el resto de las políticas de protección, restauración y preservación.....	63

Figura 16. Ubicación de las líneas para el análisis de las políticas en áreas con mayor aprovechamiento urbano y agrícola de la Sierra de Tapalpa.	64
Figura 17. Distribución de huertas de aguacate en la Sierra de Tapalpa. Fuente: SEMADET.	94
Figura 18. Distribución de huertas de aguacate en el área de estudio. Elaborado con información de SEMADET.	95
Figura 19. Distribución de invernaderos (berries) en la Sierra de Tapalpa. (SEMADET).	97
Figura 20. Distribución de invernaderos (berries) en el área de estudio.	98
Figura 21. Zonas urbanas, caminos y carreteras en la región Sierra de Tapalpa. ...	100
Figura 22. Zonas urbanas, caminos y carreteras en el área de estudio.	101
Figura 23. Ubicación de cabañas en la región Sierra de Tapalpa.	103
Figura 24. Identificación de bordos de agua con y sin geomembrana en los municipios de la Región de la Sierra de Tapalpa. Fuente: Elaboración propia.	106
Figura 25. Diseño de bordo que sirve de abrevadero y evita el ahogamiento de fauna. Fuente: Juan Luis Sube Ramírez.	107
Figura 26. Puntos de calor 2017-2021 en la Sierra de Tapalpa. (CONABIO).	109
Figura 27. Puntos de calor 2019-2021 en la zona de estudio (CONABIO).	110
Figura 28. a) Uso de suelo con información de la Serie VII del año 2018, b) Uso de suelo con información de la serie V del año 2015, ambas capas se obtuvieron de INEGI.	112
Figura 29. a) Modelo de resistencia obtenido con el uso de suelo de la Serie VII del año 2018, b) Modelo de resistencia obtenido con el uso de suelo de la serie V del año 2015.	114
Figura 30. Conceptualización del SNIB en capas de información. Fuente: Adaptado del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México en snib.mx. ...	120
Figura 31. Representación del porcentaje de cada grupo de especies usadas para la modelación. Fuente: Elaboración propia.	122
Figura 32. Representación de los porcentajes por grupo de especies de los registros obtenidos de las bases de datos CONABIO y Naturalista. Fuente: Elaboración propia.	123
Figura 33. Mapa generado con la información recabada en entrevistas. Fuente: Elaboración propia.	129
Figura 34. Mapa de áreas con alto valor biológico para mamíferos.	132
Figura 35. Mapa de áreas de alto valor biológico para anfibios.	133

Figura 36. Mapa de áreas de alto valor biológico para reptiles.	134
Figura 37. Mapa de áreas de alto valor biológico para aves.	135
Figura 38. Mapa de áreas de alto valor biológico para polinizadores de aguacate.	137
Figura 39. Corredores bioclimáticos. Fuente: CONABIO.	139
Figura 40. Proceso realizado para obtener los parches de hábitat a partir del Modelo de calidad del hábitat. Fuente: Elaboración propia.....	143
Figura 41. Parches de hábitat de las especies analizadas (parte 1).	144
Figura 42. Parches de hábitat de las especies analizadas (parte 2).	145
Figura 43. Corredores de menor costo (<i>Linkage Pathways</i>) para el puma (<i>Puma concolor</i>).....	149
Figura 44. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (<i>Pinch Point Mapper</i>), para estimar la conectividad del hábitat del <i>Puma concolor</i>	151
Figura 45. Análisis de centralidad (<i>Centrality mapper</i>) aplicado a los parches de hábitat del Puma concolor, los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.....	152
Figura 46. Corredores de menor costo (<i>Linkage Pathways</i>) para el ocelote (<i>Leopardus pardalis</i>).....	154
Figura 47. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (<i>Pinch Point Mapper</i>), para estimar la conectividad del hábitat del ocelote (<i>Leopardus pardalis</i>).....	155
Figura 48. Análisis de centralidad (<i>Centrality mapper</i>) aplicado a los parches de hábitat del ocelote (<i>Leopardus pardalis</i>), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.	156
Figura 49. Corredores de menor costo (<i>Linkage Pathways</i>) para el pecarí (<i>Pecari tajacu</i>).....	159
Figura 50. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (<i>Pinch Point Mapper</i>), para estimar la conectividad del hábitat del pecarí.....	160
Figura 51. Análisis de centralidad (<i>Centrality mapper</i>) aplicado a los parches de hábitat del pecarí (<i>Pecari tajacu</i>), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.	161
Figura 52. Corredores de menor costo (<i>Linkage Pathways</i>) para el venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>).....	164

Figura 53. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (<i>Pinch Point Mapper</i>), para estimar la conectividad del hábitat del venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>).....	165
Figura 54. Análisis de centralidad (<i>Centrality mapper</i>) aplicado a los parches de hábitat del venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.....	166
Figura 55. Corredores de menor costo (<i>Linkage Pathways</i>) para la nutria (<i>Lontra longicaudis</i>).	169
Figura 56. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (<i>Pinch Point Mapper</i>), para estimar la conectividad del hábitat de la nutria (<i>Lontra longicaudis</i>).....	170
Figura 57. Análisis de centralidad (<i>Centrality mapper</i>) aplicado a los parches de hábitat de la nutria (<i>Lontra longicaudis</i>), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.	171
Figura 58. Corredores de menor costo (<i>Linkage Pathways</i>) para el ajolote (<i>Ambystoma s.p.</i>).....	175
Figura 59. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (<i>Pinch Point Mapper</i>), para estimar la conectividad del hábitat del ajolote (<i>Ambystoma s.p.</i>).	176
Figura 60. Análisis de centralidad (<i>Centrality mapper</i>) aplicado a los parches de hábitat del ajolote (<i>Ambystoma s.p.</i>), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.	177
Figura 61. Corredores de menor costo (<i>Linkage Pathways</i>) para del género cascabel (<i>Crotalus s.p.</i>).....	181
Figura 62. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (<i>Pinch Point Mapper</i>), para estimar la conectividad del hábitat del género cascabel (<i>Crotalus s.p.</i>).	182
Figura 63. Análisis de centralidad (<i>Centrality mapper</i>) aplicado a los parches de hábitat del género cascabel (<i>Crotalus s.p.</i>), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.	183
Figura 64. Ejemplo del proceso de selección para los parches de hábitat principales para mamíferos del sistema del Pasaje Sierra de Tapalpa.	189
Figura 65. Ejemplo del proceso de selección de los corredores para la red de conectividad de mamíferos para el PST.	190

Figura 66. Red ecológica de mamíferos para el área de estudio seleccionada.....	190
Figura 67. Red ecológica del ajolote para el área de estudio seleccionada	192
Figura 68. Red ecológica de la nutria para el área de estudio seleccionada	194
Figura 69. Red ecológica de la serpiente cascabel para el área de estudio seleccionada.....	196
Figura 70. Distribución de los ríos y cuerpos de agua dentro del área de estudio..	200
Figura 71. Discriminación de zonas para enfocar esfuerzos de restauración y conservación de la conectividad de la especie <i>Centrocercus urophasianus</i> . La Zona 1 tiene una calidad de hábitat homogénea, un flujo de corriente difuso y es probable que haya pocos beneficios potenciales derivados de acciones de protección. La Zona 2, marca un punto de pellizco, las dos elipses azules son áreas de cambios en la topografía y en la cobertura de suelo, lo que causa fuerte resistencia al movimiento y canaliza el flujo en un área pequeña. Si se pierde área en este cuello de botella probablemente limite la conectividad hacia las tres zonas al Oeste de este punto. Por lo tanto, la conectividad de la red se puede beneficiar mucho conservando esta zona. La Zona 3 representa un flujo a través de muchos estrechos pequeños y trezados. La protección del hábitat que favorece la conectividad en esta zona es más difícil de implementar que en la Zona 2. Fuente: Jones (2015).	206
Figura 72. Líneas estratégicas. Fuente: Elaboración propia con base en la información de SEMADET & SADER (2020).	246
Figura 73. Políticas del territorio según el Modelo de Ordenamiento Ecológico del Estado de Jalisco (MOET) del 2006. Fuente: Elaboración propia.	252
Figura 74. Políticas del territorio según el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional (POET). Fuente: Elaboración propia.	254
Figura 75. Grupo A: aprovechamientos urbano y agropecuario de la Región Tapalpa. Fuente: Elaboración propia con datos del Ordenamiento Territorial de la Región. .	256
Figura 76. Grupo B: zonas de aprovechamiento forestal, preservación, protección y restauración de la Región Tapalpa. Fuente: Elaboración propia con información del Ordenamiento Territorial de la Región.	257
Figura 77. Modelo de distribución potencial del ajolote	291
Figura 78. Modelo de distribución potencial del cascabel	292
Figura 79. Modelo de distribución potencial de la nutria	292
Figura 80. Modelo de distribución potencial del ocelote	293
Figura 81. Modelo de distribución potencial del puma	293
Figura 82. Modelo de distribución potencial del venado.....	294

Figura 83. Modelo de distribución potencial del pecarí	294
Figura 84. Modelo de distribución potencial del encino (<i>Quercus castanea</i>).....	295
Figura 85. Modelo de distribución potencial del encino (<i>Quercus candicans</i>)	295
Figura 86. Modelo de calidad del hábitat del ajolote	296
Figura 87. Modelo de calidad del hábitat del cascabel.....	297
Figura 88. Modelo de calidad del hábitat de la nutria	297
Figura 89. Modelo de calidad del hábitat del ocelote	297
Figura 90. Modelo de calidad del hábitat del puma	298
Figura 91. Modelo de calidad del hábitat del venado	298
Figura 92. Modelo de calidad del hábitat del pecarí	299
Figura 93. Modelo de calidad del hábitat del encino (<i>Quercus castanea</i>)	299
Figura 94. Modelo de calidad del hábitat del encino (<i>Quercus candicans</i>).....	300
Figura 95. Modelo de resistencia del ajolote	301
Figura 96. Modelo de resistencia del cascabel	301
Figura 97. Modelo de resistencia de la nutria.....	302
Figura 98. Modelo de resistencia del ocelote	302
Figura 99. Modelo de resistencia del puma.....	303
Figura 100. Modelo de resistencia del venado.....	303
Figura 101. Modelo de resistencia del pecarí.....	304
Figura 102. Parche de hábitat del ajolote.....	305
Figura 103. Parche de hábitat del cascabel	305
Figura 104. Parche de hábitat de la nutria	305
Figura 105. Parche de hábitat del ocelote.....	306
Figura 106. Parche de hábitat del puma	306
Figura 107. Parche de hábitat del venado	307
Figura 108. Parche de hábitat del pecarí	307
Figura 109. Parche de hábitat del encino (<i>Quercus candicans</i>).....	308
Figura 110. Parche de hábitat del encino (<i>Quercus castanea</i>).....	308
Figura 111. Ejemplo de un grafo que representa la teoría de circuitos: conectividad dentro de parches de hábitat y entre parches de hábitat basada en las distancias recorridas. Fuente: Modificado de Bunn, Urban, & Keitt, (2000).	336
Figura 112. Paisaje hipotético que representa una red de reservas naturales usando teoría de grafos. En la figura, cada polígono representa un parche de hábitat ('nodo' en teoría de grafos) en una red ecológica. Las aristas que conectan los nodos	

pueden tener ponderaciones de acuerdo a una medida de conectividad. Fuente:
Adaptado de Fagan & Calabrese (2006).....337

Índice de gráficos

Gráfico 1. Perfil de políticas, línea 3. Fuente: Elaboración propia.	65
Gráfico 2. Perfil de políticas, línea 5. Fuente: Elaboración propia.	66
Gráfico 3. Perfil de políticas línea, 10. Fuente: Elaboración propia.	66
Gráfico 4. Estrategias ecológicas, territoriales y urbanas y su relación con la conectividad. Fuente elaboración propia con datos de (SEMADET, 2021).	262
Gráfico 5. Estrategias ecológicas, territoriales y urbanas y su relación con la conectividad. Fuente elaboración propia con datos de (SEMADET, 2021).	264
Gráfico 6. Criterios ecológicos y la relación con los parámetros de referencia en materia de conectividad. Fuente elaboración propia con datos de (SEMADET, 2021).	266
Gráfico 7. Criterios de regulación ecológica y su relación con la conectividad. Fuente elaboración propia con datos de SEMADET (2021).	269
Gráfico 8. Perfil de políticas, línea 1. Fuente: Elaboración propia.	280
Gráfico 9. Perfil de políticas, línea 2. Fuente: Elaboración propia.	281
Gráfico 10. Perfil de políticas, línea 4. Fuente: Elaboración propia.	281
Gráfico 11. Perfil de políticas, línea 6. Fuente: Elaboración propia.	282
Gráfico 12. Perfil de políticas línea 7. Fuente: Elaboración propia.	282
Gráfico 13. Perfil de políticas, línea 8. Fuente: Elaboración propia.	283
Gráfico 14. Perfil de políticas, línea 9. Fuente: Elaboración propia.	283

Índice de fotografías

Foto 1. Cascada en Sierra de Quila. Fuente: Maite Castañeda Tenorio.	33
Foto 2. Volcán de fuego. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.	35
Foto 3. Vista al Nevado de Colima desde la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán. Fuente: Cruz Gómez visto en https://elsuspicaz.com/buscan-fortalecer-corredor-biologico-nevado-de-colima-manantlan/	38
Foto 4. Ejercicio de localización de zonas importantes para la biodiversidad y de amenazas. Tomada durante la entrevista con el grupo Cien por Tapalpa, el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.	128
Foto 5. Reunión con integrantes del grupo Cien por Tapalpa, el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.	284
Foto 6. Dinámica de reconocimiento de amenazas y puntos de biodiversidad y conectividad con integrantes del grupo Cien por Tapalpa. Tomada el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.	285
Foto 7. Dinámica de reconocimiento de elementos de conectividad, amenazas y puntos importantes de biodiversidad. Tomada el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.	285
Foto 8. Conversación y dinámica sobre amenazas y zonas de importancia para la biodiversidad. Tomada el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.	286
Foto 9. Reunión con directivos de la ANP Sierra de Quila. Foto tomada el 3 de noviembre de 2021. Fuente: Carolina Rubio.	287
Foto 10. Se exponen los resultados de las acciones ejecutadas en la ANP Sierra de Quila. Tomada el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Carolina Rubio.	287

Introducción

Actualmente, se reconoce a la conectividad como una característica indispensable para la conservación de la biodiversidad (Foden & Young, 2020, y Gross, Woodley, Welling, & y Watson, 2016, en Hilty, y otros, 2021), además de las estrategias que se implementan para el mantenimiento de ecosistemas intactos, como lo son las Áreas Naturales Protegidas, cuyos esfuerzos de conservación, aunque son importantes y necesarios, no son suficientes (Hilty, y otros, Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos. Serie Directrices para buenas prácticas en áreas protegidas, 2021).

Un paisaje se define como un “mosaico de kilómetros de ancho sobre el cual ocurren ecosistemas locales particulares y usos de suelo” (Dramstad, Olson, & Forman, 1996). Hacer evaluaciones a esta escala permite observar las interrelaciones entre el objeto estudiado y las diferentes actividades que se desarrollan en el territorio; da una visión más amplia no solo en una escala espacial, sino de cómo interactúan las actividades humanas con las condiciones ambientales del paisaje.

El Paisaje Sierra de Tapalpa (PST), fue definido en el Análisis de Adyacencia realizado para el Análisis Situacional de la Sierra de Tapalpa, usando el Marco Metodológico de Evaluación de Directrices LandScale (MMEDL), con el objetivo de ayudar a definir el territorio donde se realiza el pilotaje de LandScale en la región. Esta delimitación se realizó usando tres tipos de criterios: 1) jurisdicciones, 2) cuenca o subcuenca y 3) áreas definidas por usuarios (LandScale, 2021).

El PST, se conforma por los municipios Atemajac de Brizuela, Chiquilistlán, Tapalpa y San Gabriel, y se sitúa en medio de áreas de importancia para la biodiversidad: al Noroeste se encuentra Sierra de Quila y parte del Parque Nacional Volcán Nevado de Colima y el Bosque Mesófilo de Montaña se encuentran dentro del territorio del municipio de San Gabriel; así mismo, la Sierra de Manantlán se localiza al Suroeste de la región. Cerca de este territorio se encuentran las Lagunas de Sayula, Zapotlán y Atotonilco, todas ellas designadas como sitios RAMSAR.

Es importante señalar esto, ya que el Paisaje no se trata de un área de conservación, sino de un territorio que comparte características ambientales y donde las actividades productivas que se llevan a cabo dentro de él dependen directamente de la explotación de los recursos naturales regionales. Por esta razón, el análisis de conectividad en la región de Tapalpa cobra relevancia.

El análisis a esta escala permite visualizar las repercusiones que tienen las decisiones que se toman en un territorio sobre sus condiciones ambientales. Considerando que la biodiversidad depende en gran medida de las condiciones de conectividad entre dos zonas biodiversas (Hilty, *et al.*, 2021), tener una imagen sobre las características actuales del Paisaje Sierra de Tapalpa puede ayudar a detectar la influencia de los instrumentos de planeación no sólo en las condiciones que permiten la conectividad en la región, sino también la influencia de esas políticas de planeación en las condiciones de biodiversidad de las áreas naturales protegidas que rodean la Región Tapalpa.

El análisis de la conectividad estructural y funcional en el Paisaje Sierra de Tapalpa (PST), Jalisco, pretende abonar a los objetivos de LandScale: generar información que permita el diálogo entre sus habitantes, actores de distintas actividades productivas, investigadores, gobierno, entre otros, para llegar a acuerdos sobre la visión de desarrollo de la Región. Se espera entonces que el análisis ayude a visualizar de manera clara cómo está la conectividad y cómo es que los procesos que la conforman ayudan a la conservación de la biodiversidad, no sólo en el PST, sino en las áreas de importancia natural que rodean a la zona, como lo son Sierra de Quila, el Parque Nacional Volcán Nevado de Colima, el Bosque Mesófilo de Montaña y Sierra de Manantlán.

1. Delimitación y descripción del área de estudio

Mensajes clave

1. El Paisaje Sierra de Tapalpa (PST) se conforma por cuatro municipios: Atemajac de Brizuela, Chiquilistlán, Tapalpa y San Gabriel. Se encuentra rodeado por áreas naturales protegidas y sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad por lo que tiene el potencial de ser un paisaje clave de conexión y servicios ambientales importantes para la zona.
2. Para entender mejor la importancia de la conectividad funcional y estructural que guarda el PST, el área de estudio se definió como un cuadrante que incluye las Áreas Naturales Protegidas Sierra de Quila, Volcán Nevado de Colima, Sierra de Manantlán, El Jabalí, Las Huertas, y Bosque Mesófilo de Montaña; y los sitios RAMSAR Laguna de Zapotlán, Laguna de Sayula y Laguna de Atotonilco, y Lago de Chapala. Al mismo tiempo de los polígonos anteriores, el área de estudio incluye, parcialmente, las ANPs Cerro Viejo y Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 y el sitio RAMSAR Lago de Chapala.
3. Al ampliar el área de estudio más allá del PST, se tiene como objetivo tener más número de registros de especies de flora y fauna para alimentar los modelos de conectividad funcional y estructural. Esto ayuda a entender la importancia que juega el PST en un contexto más amplio. Para dimensionar el tamaño: el PST representa menos del 40% de la totalidad de la superficie del área de estudio.
4. Una de las principales problemáticas del paisaje es la disponibilidad del agua. De acuerdo con las últimas cifras de CONAGUA, de los siete (7) acuíferos presentes en la región, cuatro (4) de ellos —Ameca, Ciudad Guzmán, Autlán y Jiquilpan— presentan un déficit en la disponibilidad de agua subterránea. Los tres (3) acuíferos restantes —Tecolotlán, Lagunas y Tapalpa— presentan un superávit.

El acuífero de Tapalpa presenta un superávit mínimo que casi llega a balance cero (CONAGUA, 2015).

5. El Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Región Sierra de Tapalpa (POET), como un esfuerzo para hacer frente al problema, utiliza el enfoque de cuenca como una estrategia para evidenciar la relación entre los territorios y las poblaciones a lo largo de la cuenca. Este enfoque prioriza los servicios ecosistémicos de la cuenca y propone medidas para evitar que se vean afectados por las actividades productivas.

6. El POET establece políticas y criterios de conservación a todos los cuerpos y escorrentías de agua naturales, lo que representa un avance importante en la protección de los principales suministros de agua para la fauna de la región.

Introducción

El Paisaje Sierra de Tapalpa (PST) se encuentra dentro del 'Sistema montaña, cuencas y ciudades de litoral', uno de los tres sistemas estratégicos de intervención en el territorio en el Estado de Jalisco (SEMADET, 2021). La Figura 1 muestra los sistemas de intervención del Estado de Jalisco y la ubicación del PST dentro de este esquema de gestión.

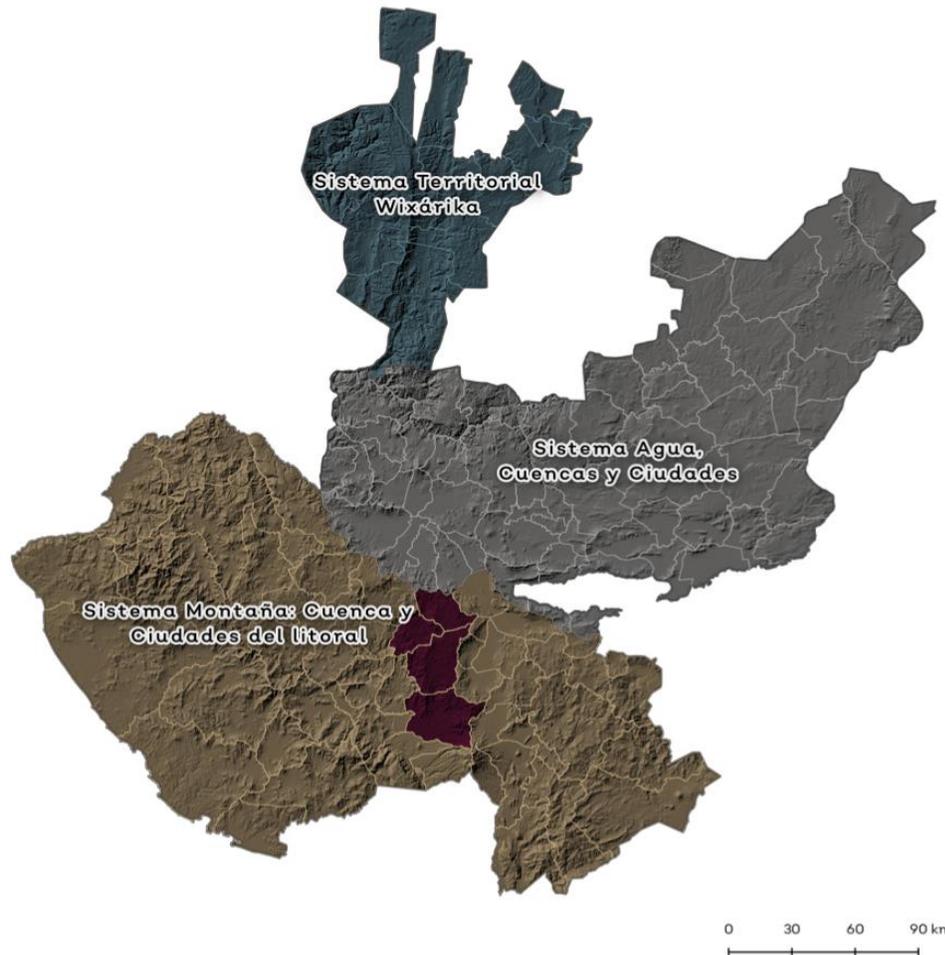


Figura 1. Sistemas de intervención en el territorio en el Estado de Jalisco. Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional de Tapalpa (SEMADET, 2021).

El sistema de montaña, cuencas y ciudades del cual el PST forma parte, tiene la característica de albergar un alto valor ecosistémico y de diversidad para el Estado, además de ser un territorio vulnerable a las consecuencias del cambio climático (SEMADET, 2021).

El PST está conformado por cuatro municipios: Atemajac de Brizuela, Chiquilistlán, Tapalpa y San Gabriel. Recordando que un paisaje se trata de un 'sistema socioecológico que consiste en ecosistemas naturales, modificados o no por el ser humano y que son influenciados por diversas actividades y procesos ecológicos, históricos, económicos y socioculturales' (Denier L. *et al.*, 2015). El análisis de conectividad que se realiza en este trabajo, tiene en su centro el territorio del Paisaje Sierra de Tapalpa, presentado en la Figura 2, para evaluar el papel que juega en relación con los sitios considerados importantes para la biodiversidad que lo rodean.

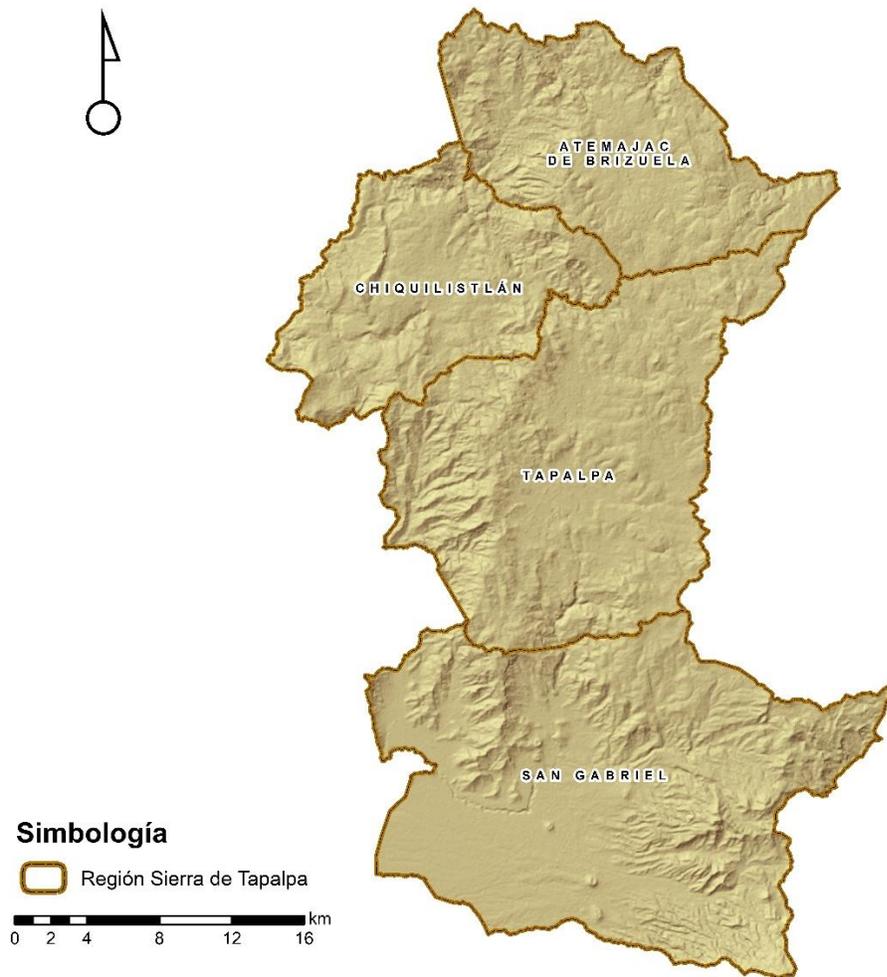


Figura 2. Municipios que conforman el Paisaje Sierra de Tapalpa. Fuente: Elaboración propia.

Una de las características relevantes del área es que en ella se conjugan diferentes geomorfologías y tipos de suelo que proveen al paisaje una variedad de grupos de vegetación, destacando sobre todo el bosque de pino hacia el Oeste, dentro del

municipio de Tapalpa y Chiquilistlán principalmente. En la Figura 3, se puede apreciar que al Sur del PST se encuentra un fragmento de las faldas del Nevado de Colima, tratándose de una zona de características particulares para la vegetación.

1.1 Delimitación del área de estudio

Con el objetivo de llevar a cabo la evaluación de la conectividad del paisaje, fue necesario delimitar un área de estudio a escala regional, la cual permitiera, como primera aproximación, identificar la conectividad, tanto estructural como funcional, a través de la metodología propuesta, entre la Sierra de Tapalpa y las Áreas Naturales Protegidas Sierra de Quila, Nevado de Colima y Sierra de Manantlán.

El Paisaje Sierra de Tapalpa se encuentra rodeado por áreas naturales protegidas (ANPs), áreas importantes para la conservación de aves (AICAs), regiones terrestres e hidrológicas prioritarias (RTP y RHP) y sitios Ramsar, como puede apreciarse en la Figura 3 y Figura 4. Las áreas naturales protegidas federales son El Jabalí, Las Huertas, Sierra de Manantlán, Sierra de Quila, C.A.D.N.R., y el Nevado de Colima. Las áreas naturales protegidas estatales son Cerro Viejo y el Bosque Mesófilo de Montaña.

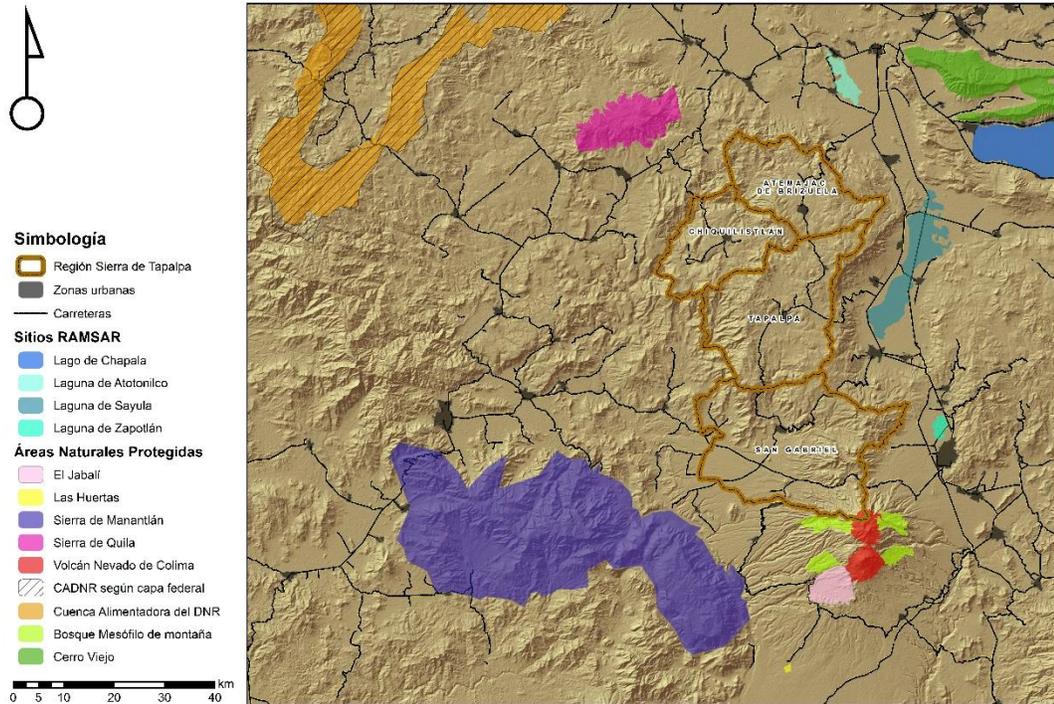


Figura 3. Paisaje Sierra de Tapalpa y las áreas naturales protegidas y sitios Ramsar. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se revisaron criterios, como la delimitación de las cuencas hidrológicas y las regiones biogeográficas, buscando englobar aspectos físicos y geográficos, naturales e históricos del territorio, que permitan explicar e integrar los resultados obtenidos.

El análisis de conectividad que se realiza tiene en su centro el Paisaje Sierra de Tapalpa, presentado en la Figura 2, y evalúa el papel que juega en relación con los sitios considerados importantes para la biodiversidad que lo rodean.

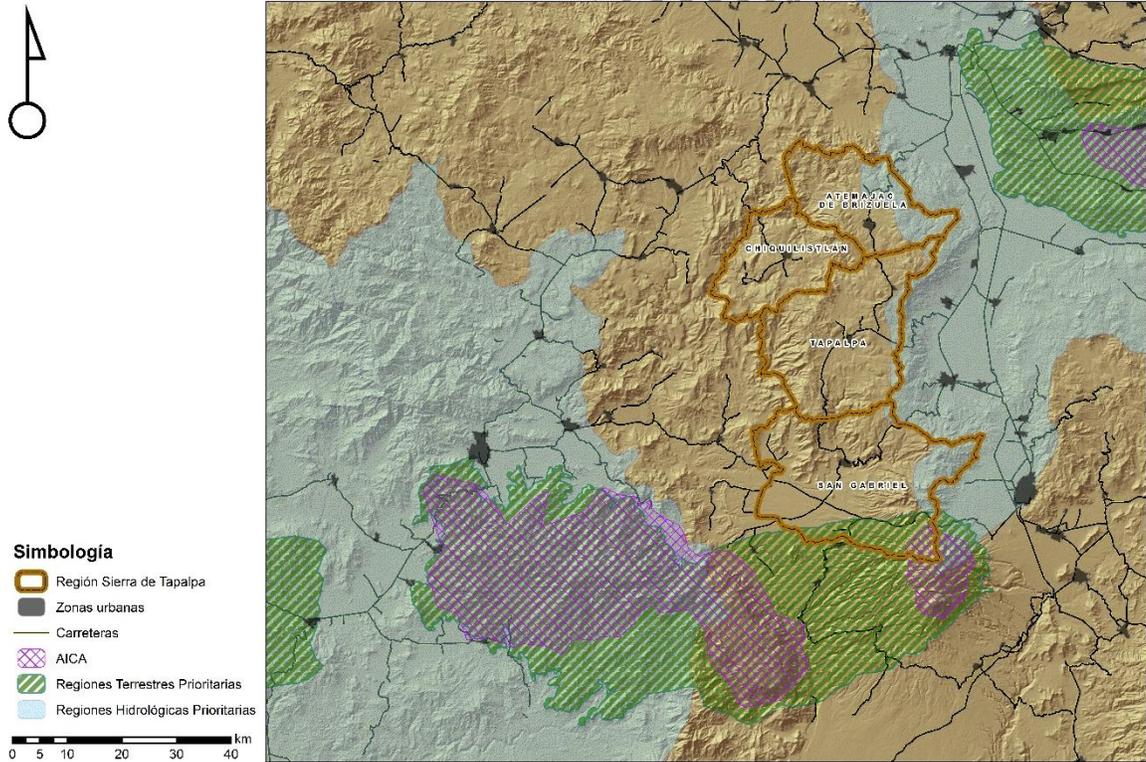


Figura 4. Áreas de interés para la conservación de aves y regiones terrestres e hidrológicas prioritarias. Fuente: Elaboración propia.

Reconociendo las zonas que son importantes para la biodiversidad y forman parte o rodean el PST y de acuerdo con los lineamientos de la UICN, en donde se reconoce la conectividad como un elemento importante para la conservación de la biodiversidad (Foden & Young, 2020, y Gross, Woodley, Welling, & y Watson, 2016, en Hilty, *et al.*, 2021), es que se propone el área de estudio como un territorio conformado por un cuadrante que se extiende más allá del PST y que incluye estas zonas de interés para la conservación de la biodiversidad. Esta dimensión espacial del área de estudio ayuda a tener una perspectiva más completa de las dinámicas que existen entre las diferentes especies y las zonas que habitan —ya que se recopilan registros de flora y fauna en un área más amplia— y ayuda a analizar el papel del PST en la conectividad de estas zonas biodiversas. El área de estudio definida se muestra en la Figura 5 y las coordenadas UTM de sus vértices se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas UTM de los vértices del cuadrante que sirve como primera aproximación del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Vértice	E	N
1	529,458.96	2,267,400.77
2	680,524.08	2,268,329.95
3	681,948.27	2,129,676.71
4	529,690.63	2,128,795.20

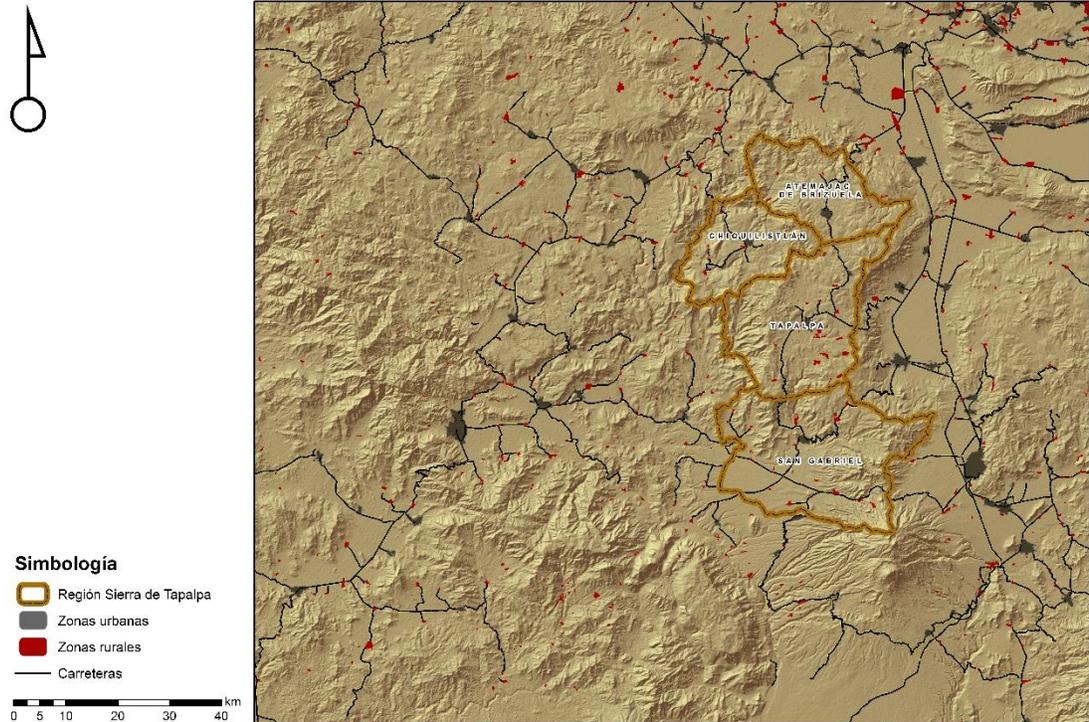


Figura 5. Área de estudio definida como un cuadrante que abarca al Paisaje Sierra de Tapalpa y las zonas de interés para la biodiversidad que la rodean. Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que, si bien el área del PST no representa ni el 40% de la totalidad del cuadrante seleccionado, se engloba geográficamente con los polígonos de áreas naturales protegidas más cercanos donde existen la mayor cantidad de registros de las especies que serán modeladas. Del mismo modo, ampliar la superficie alrededor de la región permitirá entender la biogeografía y los resultados del modelado de especies.

1.2 Descripción de las zonas de interés del área de estudio

Aunque el área de estudio comprende una variedad de sitios importantes para la biodiversidad, como se muestra en la Figura 3 y Figura 4, de las cuales se extraerán registros de especies que ayudarán a la caracterización de los hábitats o nichos que serán de utilidad para la visualización de la conectividad estructural, el análisis de conectividad prestará atención especial a tres áreas naturales protegidas, Sierra de Quila, Nevado de Colima y Sierra de Manantlán, y su relación con el PST.

Con el objetivo de dar a entender el papel que juegan estas tres ANPs, a continuación, se presenta una breve reseña sobre cada una de estas áreas.

1.2.1 Sierra de Quila

Decretada como Área de Protección de Flora y Fauna el 4 de agosto de 1982. Cubre una extensión de 14,168 hectáreas en cuatro municipios: Tecolotlán, Tenamaxtlán, San Martín Hidalgo y Cocula. Se considera que la biodiversidad de esta zona representa la diversidad biológica del occidente mexicano.

El Área Natural Protegida denominada Sierra de Quila se ubica en la parte central del Estado de Jalisco. Esta área natural se caracteriza por tener una muestra representativa de la diversidad biológica del Occidente de México, con la presencia de bosques templados y secos, una gran riqueza de especies y una diversidad genética de flora y fauna. Sus servicios ambientales favorecen principalmente con la aportación de agua, aire limpio, mantenimiento y fertilidad de suelos, polinizadores y controladores de plagas. Así también, proporciona alimentos, combustibles, medicinas naturales, madera, recreación, belleza escénica e identidad a las comunidades aledañas y el disfrute creciente de cada vez un mayor número de turistas que visitan la zona. (Villavicencio *et al.*, 2011).

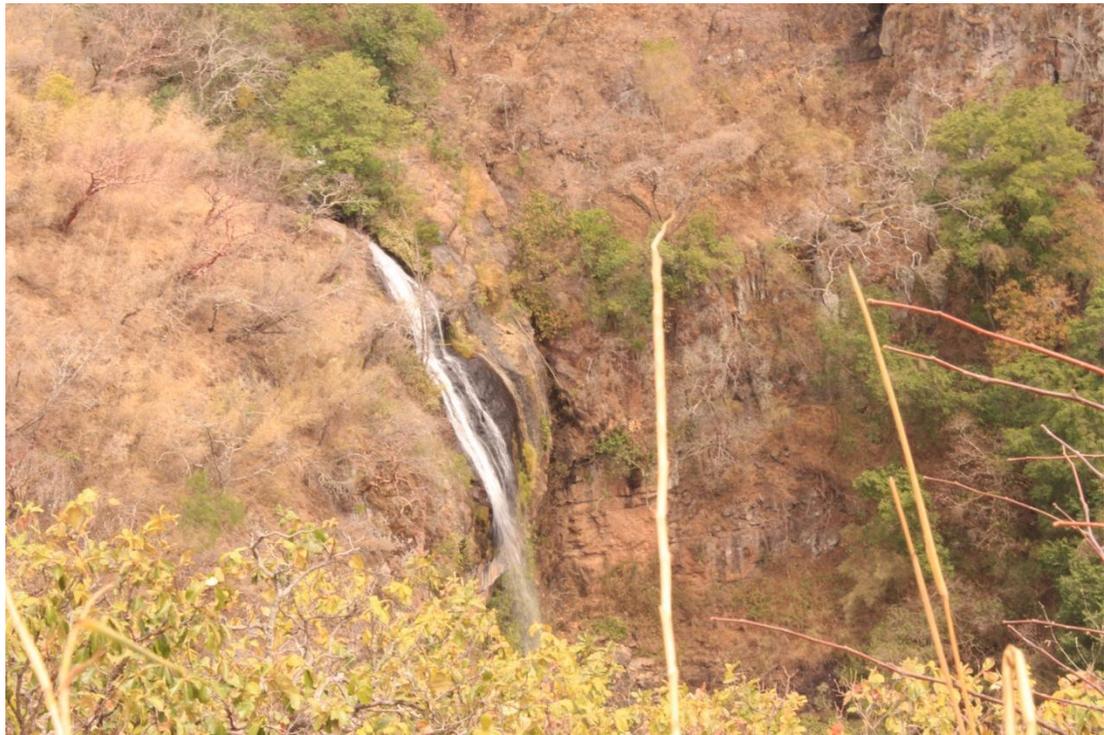


Foto 1. Cascada en Sierra de Quila. Fuente: Maite Castañeda Tenorio.

Esta región de protección es muy importante para la recarga de acuíferos en la región centro del Estado de Jalisco, ya que, al contar con una extensión de 14,168 hectáreas, esta se compone por 19 microcuencas que captan agua para dos cuencas hidrológicas de Jalisco. A lo largo de los bordos de ríos y arroyos permanentes o algunos temporales de la Sierra de Quila, se distingue un tipo de vegetación conocida como bosque de galería o también llamada vegetación riparia. Estas son áreas de vegetación forestal natural que se caracterizan por contener mayor densidad de especies de árboles, arbustos y hierbas de muchas variedades.

La presencia de agua constante provee condiciones ambientales de alta humedad y suelos fértiles, que a lo largo del año mantienen a los árboles siempre verdes, los cuales alcanzan hasta 25 m de altura. En el área protegida esta vegetación se distribuye desde los 1,300 hasta los 2,200 metros de altitud, esta diferencia en altitud y temperatura influyen en el cambio de las especies de flora, desde las que están adaptadas a zonas altas y templadas hasta las que se presentan en las zonas bajas y cálidas. Estas formaciones forestales se desarrollan en un espacio que comprende una franja a ambos lados de los arroyos, de entre 10 a 20 m de distancia

a partir del cauce de agua. Conforme se aleja del arroyo, las especies de plantas del bosque de galería cambian y se combinan con otros tipos de vegetación circundante. Una franja de vegetación de tipo ribereña de 16 m de largo reduce la erosión del suelo y retiene 50% de nitrógeno y 95% de fósforo.

Estos ambientes proporcionan corredores vegetales tanto para conectar bosques aislados, como por ser hábitats primordiales para una gran diversidad de fauna silvestre, que incluyen animales acuáticos como ranas, sapos, ajolotes o las salamandras en el medio terrestre. También se albergan reptiles como tortugas y serpientes de agua, así como aves; mirlo, pinto, aguililla negra, clarín jilguero. Por otro lado, mamíferos como mapaches, roedores, ardillas, venados, jabalíes y pumas.

Dentro de las principales características que benefician a la fauna se encuentran la disponibilidad del agua, sombra, protección o áreas de refugio, mayor densidad y forraje de calidad. Algunos animales como el coyote, el lince, la zorra, las comadreas y gran variedad de aves y felinos con frecuencia se desplazan por los corredores de vegetación.

1.2.2 Parque Nacional Volcán Nevado de Colima

El Parque Nacional Nevado de Colima está localizado en los límites de los Estados de Jalisco y Colima, en la parte más elevada del sistema montañoso conocido como Sierra de los Volcanes, en el extremo occidental del Eje Neovolcánico. Su principal atractivo lo representa el contraste entre las dos cumbres: el Picacho, que se cubre de nieve esporádicamente y el Volcán de Fuego, uno de los dos volcanes activos del país en la actualidad.

Por su ubicación geográfica con vertientes hacia los cuatro puntos cardinales y por la cubierta vegetal que sustenta, juega un papel de gran importancia en la infiltración del agua de lluvia y deshielo, factor clave para la recarga de acuíferos que posibilitan las actividades agrícolas, pecuarias, industriales y urbanas de los valles de ambos estados, en las partes bajas del sistema orográfico.

La estructura volcánica más destacada de la región centro occidente es sin duda el Complejo Volcánico de Colima (CVC), en el cual está ubicado el Parque, cubriendo aproximadamente un 8.0% de su superficie; el Complejo Volcánico de Colima está integrado de norte a sur, por los estratos volcanes de: El Cántaro, Nevado de Colima (4,270 msnm) y Volcán de Fuego (3,840 msnm). En la misma dirección se ubican los volcanes más jóvenes, el último de los cuales, el Volcán de Fuego es considerado actualmente el más activo y peligroso de México. Además, sobresalen dentro del Parque dos elevaciones más: el Pico del Águila y el cerro La Calle, con altitudes de 3,880 y 3,960 msnm, respectivamente.

Esta ANP es una de las pocas del país que incluye el ambiente alpino de alta montaña con una connotación particular en el contexto nacional dada su diversidad biológica y endemismos que alberga. La flora del Parque es típica de zonas de montaña. Comprende cinturones de vegetación que cambian a través de un gradiente de altitud desde los 2,200 msnm hasta poco más de los 4,000 m de altitud. En ambos picos del Nevado y Volcán de Fuego se encuentra el zacatonal y el bosque de *Pinus hartwegii*, ecosistemas sobresalientes del Eje Volcánico Transversal.



Foto 2. Volcán de fuego. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.

La lista de flora potencial para la región que abarca el Parque comprende 172 especies de plantas vasculares, repartidas en 98 géneros y 44 familias, siendo la familia *Compositae* la mejor representada, con 15 géneros y 36 especies. Esto representa el 2.47 % de la flora reportada para el Estado de Jalisco y el 3.40% del Estado de Colima, y tan solo el 0.78 % de las reportadas a nivel nacional. Para este inventario se colectaron alrededor de 223 muestras de plantas: 146 de ellas han sido identificadas, algunas no se pudieron identificar por insuficiencia de material y el resto está en proceso de identificación o existen dudas por tratarse de especies nuevas o de subespecies (Cházaro, E. Lomelí, R. Acevedo, & S. Ellerbracke, 1995).

La fauna silvestre del Parque Nacional Volcán Nevado de Colima es vasta y diversa debido a su favorable ubicación geográfica en donde convergen dos reinos biogeográficos: el neártico y el neotropical. La fisiografía de la zona es accidentada, lo que propicia una variedad de ambientes y micro-hábitats en donde se desarrolla una amplia diversidad de especies. La fauna del Parque se caracteriza por especies de alta montaña, comprende en su mayoría especies de afinidad neártica, aunque se diversifica gracias al componente tropical de su biogeografía.

Las características descritas anteriormente permiten el desarrollo de una biodiversidad alta de especies dentro y fuera del Parque Nacional Nevado de Colima. La condición de humedad de la montaña alta y las corrientes cálidas provenientes de la orientación Sur-Oeste, desde Colima, confieren condiciones especiales a los hábitats que favorecen a una gran cantidad de especies animales.

Se conocen 124 especies de mamíferos en el Parque y su área de influencia. Las aves son el grupo más diverso representado por 117 especies reportadas dentro del Parque y 237 para el CVC. Esta fauna de vertebrados representa el 16% de los reportados para el Estado de Jalisco y el 19% para el caso de Colima.

Otro factor que contribuye en la riqueza de especies de fauna en este Parque es su ubicación geográfica en el extremo oeste del Cinturón Mexicano Volcánico Transversal (CMVT), el cual se reconoce por la diversidad más alta de pequeños mamíferos endémicos del mundo (Fa & Morales, 1991). En las montañas del Nevado de Colima y Volcán de Fuego, las últimas al extremo oeste del CMVT, el Parque Nacional se ubica al centro de un complejo de valles y montañas que sirven

como corredores biológicos para especies de ámbito hogareño amplio, así como de tránsito para especies migratorias. En estas montañas la mayor parte de las especies son residentes. Las barrancas profundas y sitios de difícil acceso, que reservan fragmentos de bosque húmedo mixto de abies-mesófilo y del bosque seco que albergan especies de vertebrados mayores como puma, jabalí, venado; inclusive de especies amenazadas o raras, en el ámbito local, como la chachalaca.

1.2.3 Sierra de Manantlán

La Sierra de Manantlán se encuentra en una parte de la Sierra Madre del Sur, cerca de su confluencia con el Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre Occidental. Tiene una superficie de 139,577 hectáreas y se extiende por los municipios de Autlán, Casimiro Castillo, Cuautitlán, Tolimán, y Tuxcacuesco, del Estado de Jalisco; y Comala y Minatitlán del estado de Colima (INE,2000). Se trata de un territorio accidentado de relieve complejo. Está dividido en dos unidades fisiográficas, Occidental y Oriental, la primera de mayor extensión e incluye los puntos más altos; la Unidad Oriental la conforman el Cerro de En medio y el Cerro Grande. Se encuentra en las regiones hidrológicas 15 y 16, en las cuencas de los ríos Ayuquila-Armería, Marabasco y Purificación. El territorio de la Sierra se divide en 15 subcuencas, con aproximadamente 2,440 corrientes, de las cuales 34 son caudales permanentes.

La flora vascular de Manantlán está compuesta por más de 2,900 especies, de 981 géneros y 181 familias, que representan aproximadamente el 10% de la flora vascular de México y entre el 35 y 40% de la del Estado de Jalisco (Vázquez, et al., 1995 en INE, 2000). Se calcula que el 50% de las especies de la Reserva pueden considerarse endémicas en el territorio nacional.

La fauna silvestre representa uno de los componentes más importantes de la biodiversidad biológica de la Sierra de Manantlán. Los registros de mamíferos representan el 64% de las especies del Estado, y el 25% del país. El 21% de los mamíferos identificados en la Sierra son endémicos de México. Se reportan 336 especies de aves, el 70% de las especies terrestres de Jalisco; 85 especies de reptiles y anfibios; y 16 especies de peces (INE, 2000); por nombrar algunos datos.

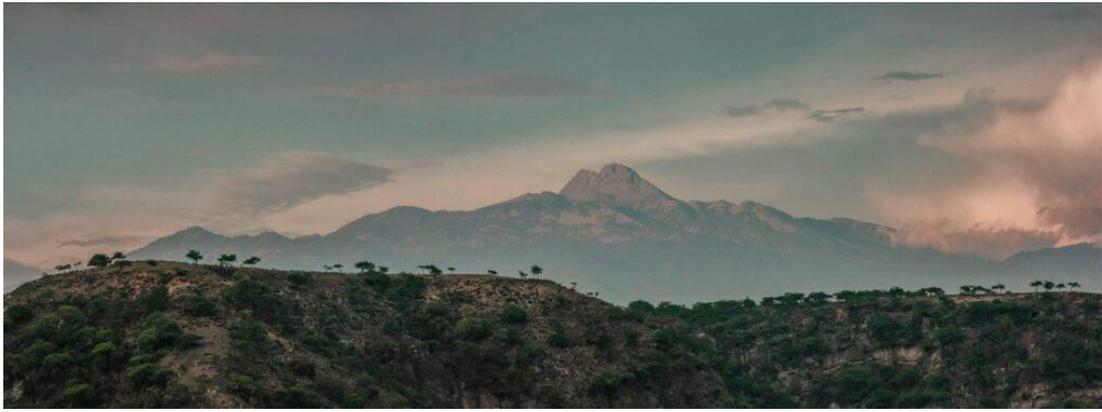


Foto 3. Vista al Nevado de Colima desde la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán. Fuente: Cruz Gómez visto en <https://elsuspicaz.com/buscan-fortalecer-corredor-biologico-nevado-de-colima-manantlan/>

1.3 Identificación de los flujos y cuerpos de agua

El Paisaje Sierra de Tapalpa se encuentra ubicado en cuatro subcuencas: el Río Tuxcacuesco, el Río Armería, la Laguna de San Marcos y la Laguna de Zapotlán. Las dos primeras son subcuencas de tipo exorreicas y las dos últimas son de tipo endorreicas.

Al estar situado en la parte alta de la cuenca es una zona productora de agua, pero con baja capacidad de retención y/o almacenamiento, es decir, es una zona donde el agua se produce y se encauza, pero se almacena en partes bajas de la cuenca (SEMADET, 2021).

El PST comprende los acuíferos de Ameca, Autlán, Jiquilpan, Tapalpa, Tecolotlán, Lagunas y Ciudad Guzmán. Cuenta con 116 acueductos operando y 42 canales para el transporte de agua, así como 406 bordos y 4 presas para la captación y el almacenamiento. La presa del Nogal, ubicada en Tapalpa, es la que mayor capacidad tiene, con una superficie de 214 km², mientras que los usos del agua concesionada son para el sector agrícola, público urbano, generación de energía eléctrica, doméstico, servicios, pecuario, entre otros (SEMADET, 2021).

1.3.1 Importancia de la protección de cuerpos de agua

Los cuerpos de agua son hábitats críticos para la conservación y preservación de la biodiversidad. Por lo tanto, salvaguardar el flujo natural de caudales, sus sedimentos y nutrientes en los ecosistemas fluviales es un proceso fundamental. Muchas especies acuáticas y terrestres dependen de la conectividad periódica entre secciones de los ríos o entre el río y las llanuras de inundación. La interrupción a este acceso compromete su ciclo de vida, sus rutas de migración o el acceso a hábitats críticos para su supervivencia (Cobo, 2020).

Hoy en día, los cuerpos de agua se ven amenazados por la contaminación y sobreexplotación del recurso hídrico, debido a que se extrae más agua de lo que el ciclo hidrológico es capaz de proveer de manera sustentable.

En el Paisaje Sierra de Tapalpa se presenta un problema de sobreexplotación del recurso hídrico por la actividad agrícola, en particular el cultivo de aguacates y bayas (*berries*). Ambos cultivos requieren cantidades relevantes de agua para producirse, y su fuente principal es el agua subterránea, situación que incide directamente sobre la cantidad, la calidad y la temporalidad del agua, afectando de manera diferenciada a poblaciones distribuidas en la cuenca (SEMADET, 2021). La sobreexplotación del agua en la región puede llevar a procesos acelerados de degradación de los cuerpos de agua, lo que implica la pérdida de los ecosistemas y los servicios que estos proporcionan.

De acuerdo con las últimas cifras de CONAGUA, de los 7 acuíferos presentes en la región, Ameca, Ciudad Guzmán, Autlán y Jiquilpan presentan un déficit en la disponibilidad de agua subterránea mientras que Tecolotlán, Lagunas y Tapalpa presentan un superávit. Este último presenta un superávit mínimo que casi llega a balance cero (CONAGUA, 2015).

Ante esta situación, el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional de la Región Tapalpa (POET) como un esfuerzo por hacer frente al problema, utiliza el enfoque de cuenca como una estrategia que hace explícita la relación entre los territorios y las poblaciones a lo largo de la cuenca (enfaticando en cuenca alta-media y baja), considerando todos los impactos (positivos y negativos) que se

generan por las actividades productivas, los cuales se irán acumulando a lo largo del recorrido de los ríos y que se reflejan en la calidad, cantidad y variabilidad de los afluentes (Cotler, 2015). La Figura 6 presenta los cuerpos y escorrentías de agua del PST e ilustra, de manera general, el panorama de la hidrología superficial de la región.

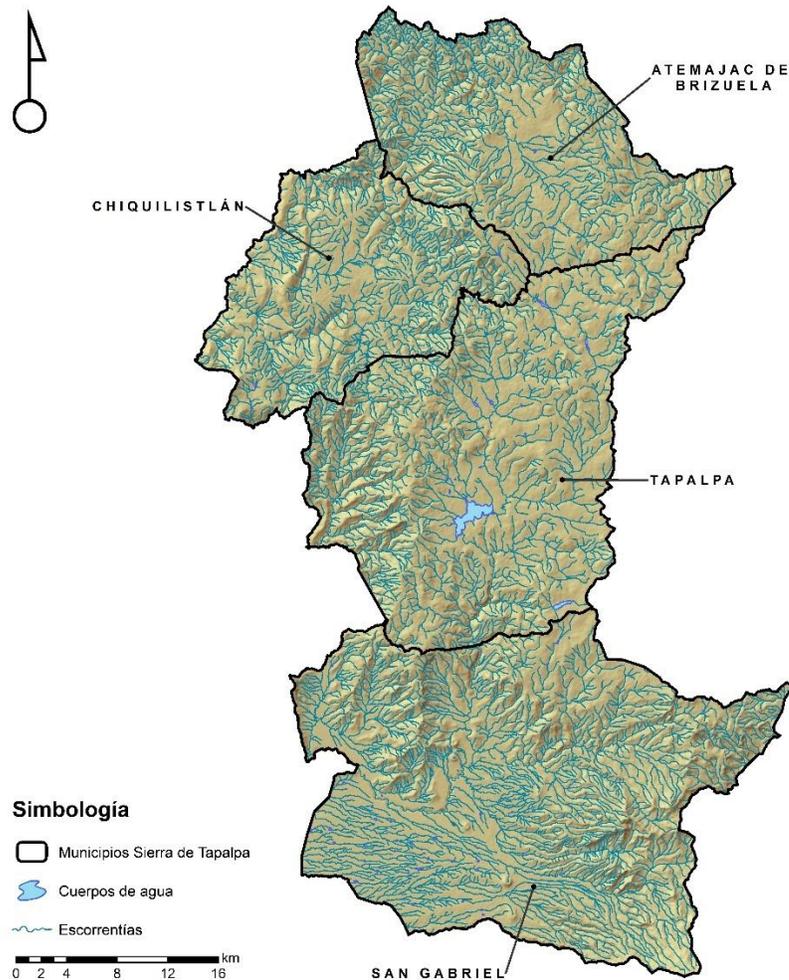


Figura 6. Cuerpos de agua y escorrentías del Paisaje Sierra de Tapalpa. Fuente: Elaboración propia.

La visión de cuenca dio como resultado la incorporación de una política ambiental de protección a todos los cuerpos de agua del PST. La implementación de esta política busca un cambio en las prácticas de manejo del agua y el territorio a través de:

- Regular el uso de agua y mitigar el impacto de las actividades económicas sobre el recurso.
- Conservar y restaurar áreas degradadas
- Implementar sistemas de captación de agua pluvial
- Evitar el trasvase de agua

Al cambiar las prácticas de manejo del agua, se espera que las actividades productivas hagan un uso sostenible del recurso, previniendo y controlando las especies exóticas y protegiendo y restaurando la conectividad fluvial del ecosistema (Cobo, 2020).

2. Marco teórico, diagnóstico de instrumentos y aproximación metodológica

Mensajes clave

1. El Paisaje Sierra de Tapalpa posee superficies con vegetación boscosa conservada y topografías que no son aptas para llevar a cabo actividades productivas. Con el paso de los años, estas zonas se han establecido como áreas importantes para la biodiversidad, a pesar de no ser ANPs o contar con algún otro esquema de protección o conservación.
2. El presente estudio se realiza entendiendo ‘conectividad’ como el libre movimiento de especies y el flujo de los procesos naturales que sostienen la vida en la Tierra, como lo establece la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
3. El estudio también integra los conceptos de la Red Verde y Azul (RVA) que se basa en los principios de la ecología del paisaje y tiene como objetivo constituir una red ecológica viable para las especies.
4. Este análisis entiende a una red de conectividad ecológica como un sistema de parches de hábitat —áreas naturales protegidas y otras áreas naturales intactas—, conectados a través de corredores ecológicos.
5. Dentro de la revisión del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Región Sierra de Tapalpa (POET) se encontraron políticas y criterios de conservación que se alinean a los lineamientos de restauración de conectividad de la Red Verde y Azul. Del mismo modo, el 57.9% de las estrategias ecológicas, territoriales y urbanas del POET tienen una relación

directa con los criterios o parámetros establecidos por la UICN para la conservación de la conectividad.

6. Uno de los objetivos del presente estudio es determinar la forma en la que el Paisaje Sierra de Tapalpa funge como sitio de comunicación de especies entre las zonas con diferentes formas de protección que la rodean —como Sierra de Quila, Nevado de Colima y Sierra de Manantlán— con el objetivo de tomar decisiones que ayuden al mantenimiento y reforzamiento de esa conectividad.
7. Para identificar los corredores biológicos se utilizan ‘especies sombrilla’, que se caracterizan por abarcar una gran extensión del territorio para satisfacer sus necesidades biológicas y que por lo tanto contemplan la conservación indirecta de otras especies asociadas a su hábitat.
8. Para este análisis se evalúan dos tipos de conectividad: 1) la conectividad estructural, que analiza las características físicas del paisaje y sus perturbaciones; mientras que 2) la conectividad funcional analiza la conducta de los individuos y especies ante la estructura física del paisaje.
9. Los corredores de menor costo son el primer resultado del análisis de conectividad funcional, de este se obtienen las rutas que representan ‘el menor costo energético’ por donde las especies pueden desplazarse más fácil entre un área conservada a otra.
10. El flujo de corriente máxima es el segundo resultado del análisis de conectividad funcional, en éste se analiza la fragmentación del territorio y se identifican las zonas con mayor flujo de individuos, lo que puede ayudar a identificar las áreas donde se concentran las barreras que pudieran impedir el paso de las especies por los corredores.
11. El análisis de centralidad es parte del tercer resultado del análisis de conectividad funcional, con éste se jerarquizan los parches de hábitat según su importancia para mantener la conectividad dentro de la red ecológica.

Introducción

En este capítulo se definen los conceptos que servirán de marco teórico para la evaluación del Paisaje Sierra de Tapalpa y de los instrumentos de planeación y de política pública de la región. Se divide en cuatro partes:

1. Una reseña de los conceptos de conectividad establecidos en los “Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)” (Hilty, y otros, 2021) y la Red Verde y Azul.
2. El marco teórico con base en el cual se lleva a cabo todo el análisis de conectividad y que conjuga los conceptos del punto anterior y los de la literatura citada.
3. Una revisión de los instrumentos de planeación y política pública, en específico, del Programa de Ordenamiento Territorial y Ecológico Regional y dos estrategias: 1) la Estrategia Estatal sobre Biodiversidad de Jalisco 2030 (EEB) y 2) la Estrategia del Estado de Jalisco para la integración de la biodiversidad en los sectores Agropecuario, Pesquero- Acuícola y Forestal, visión 2020-2030 (IBP Jal), usando como lente de revisión, el marco teórico definido en el punto anterior.
4. La descripción de la metodología para el análisis de la conectividad estructural y funcional.

2.1 Marco de referencia general

2.1.1 Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

La elaboración de este documento surge a partir del reconocimiento de la comunidad internacional de conservación por empezar a promover la conectividad ecológica, esto a raíz de dos grandes problemas a nivel global: la pérdida de biodiversidad y la extinción de especies, así como el cambio climático. Los

esfuerzos de colaboración entre diversos expertos dieron como resultado los 'Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza', cuyo principal objetivo es consolidar el conocimiento a través de la contribución para la construcción de capacidades institucionales e individuales, además de buenas prácticas que existen para apoyar los esfuerzos de lucha contra la fragmentación, y así gestionar los sistemas de áreas protegidas de manera eficaz, equitativa y sostenible, promoviendo la conservación de la biodiversidad.

Este instrumento es un marco de referencia importante para el proyecto, pues contiene una serie de estrategias, objetivos y principios que deben ser considerados para lograr la conectividad funcional y estructural de los corredores y redes ecológicas de conservación como Áreas Naturales Protegidas (ANP), Otras Medidas Efectivas de Conservación (OMEC) y otras áreas intactas. En la Figura 7 se muestra una síntesis de los objetivos y conceptos que presenta el instrumento.

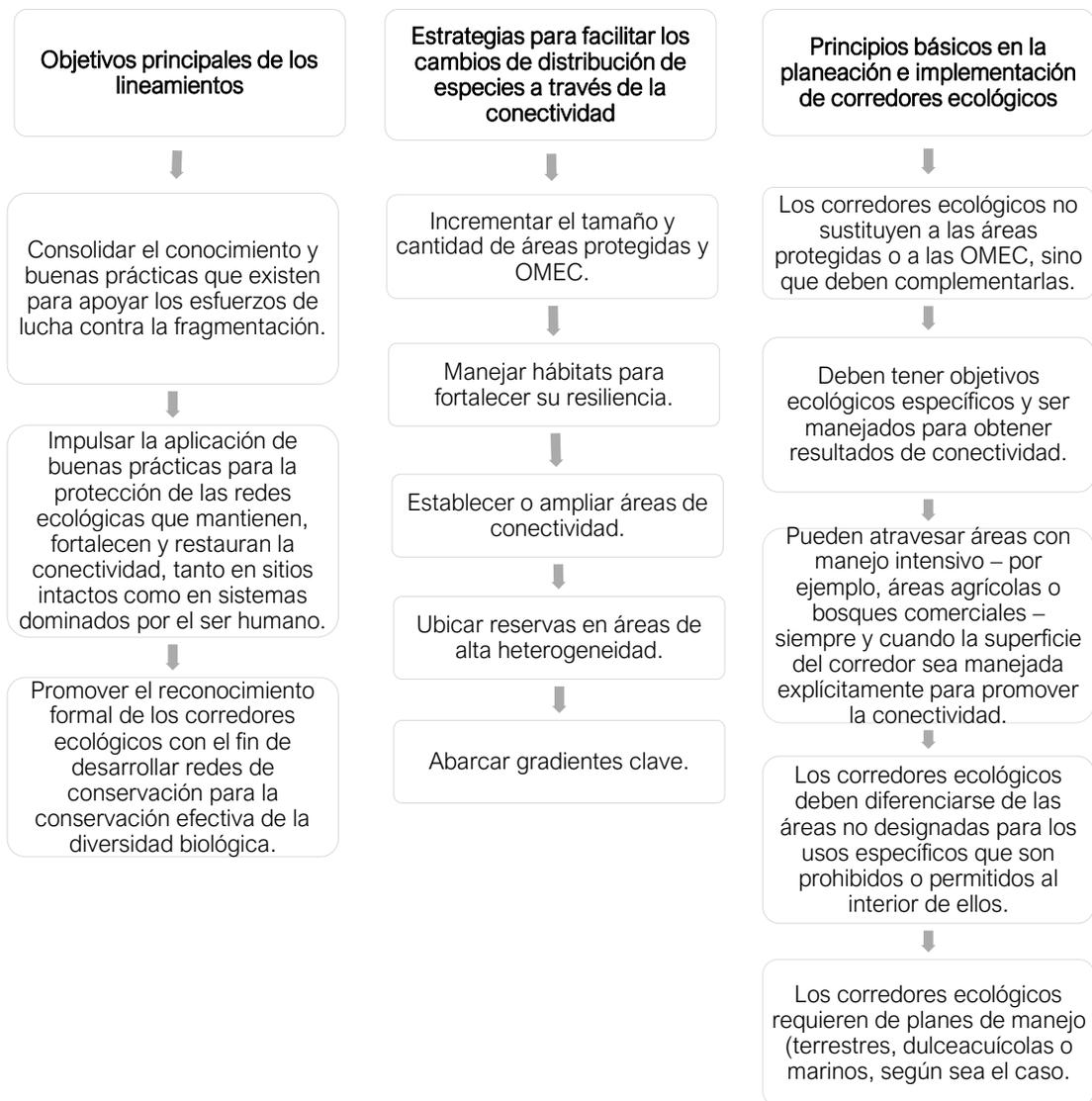


Figura 7. Objetivos, estrategias y principios de la UICN para la conectividad. Fuente: Elaboración propia con base en la información de Hilty, et al., (2021).

Este análisis se realiza entendiendo ‘conectividad’ como el libre movimiento de especies y el flujo de los procesos naturales que sostienen la vida en la Tierra (Hilty, et al., 2021). La conectividad puede manejarse desde escalas pequeñas, por ejemplo, arroyos, arrecifes coralinos y pastos marinos, hasta escalas regionales e incluso continentales, como, cadenas de islas, montañas, grandes sistemas fluviales o respiraderos hidrotermales de los fondos marinos. Uno de los objetivos principales de la conectividad, es promover, permitir y facilitar la adaptación al cambio climático para algunas especies. La Figura 8 muestra los elementos que conforman el

concepto de conectividad según los lineamientos de la UICN. En los siguientes párrafos se describen estos elementos.

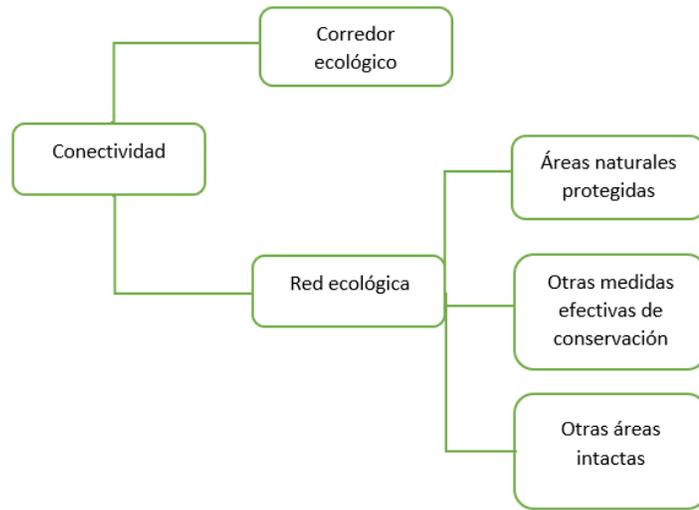


Figura 8. Elementos clave para la conectividad de la UICN. Fuente: Elaboración propia con información de Hilty *et al.* (2021).

La conectividad provee dos funciones fundamentales, por un lado, permite regular los movimientos de los organismos, asegurando que las subdivisiones de una población puedan mantener el equilibrio genético, y segundo, facilita la dispersión entre el rango hogareño de las especies y sus áreas de migración (Chassot, Finegan, & Arias, 2011).

Otro elemento de la conectividad es el ‘corredor ecológico’, el cual se entenderá como un espacio geográfico claramente definido que es administrado y manejado en el largo plazo con el fin de mantener, fortalecer y restaurar la conectividad de forma efectiva, en otras palabras, es una ruta de viaje de la flora y fauna, que conecta redes de biodiversidad. Este vínculo funcional entre ecosistemas o hábitats de una especie permite su dispersión y migración (Hilty, *et al.*, 2021) (Locquet & Clauzel, 2018).

Por último, es necesario entender a una ‘red ecológica para la conservación’ como un sistema de hábitats núcleo —áreas protegidas, OMEC y otras áreas naturales intactas—, conectadas a través de corredores ecológicos y que son establecidos,

restaurados según sea necesario y preservados para conservar la diversidad biológica de los sistemas que han sido fragmentados.

El Anexo 2 contiene una reseña más a detalle del documento ‘Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos’, donde se resumen los puntos más importantes del documento.

2.1.2 La Red Verde y Azul

“La Trame Verte et Bleue” o Red Verde y Azul (RVA por sus siglas en español), se basa de varias metodologías que presuponen la realización de un diagnóstico territorial, sin seguir un método único de análisis. Esta se fundamenta en los principios de la ecología del paisaje y tiene como objetivo constituir una red ecológica viable para las especies, compuesta por redes de biodiversidad y corredores terrestres o acuáticos y así combatir la erosión de la biodiversidad provocada por la fragmentación y destrucción de hábitats resultante de las actividades humanas (Locquet & Clauzel, 2018). Amsallem, Deshayes & Bonnevalle (2010) ejemplifican el concepto de la Red Verde y Azul mediante el esquema presentado en la Figura 9.

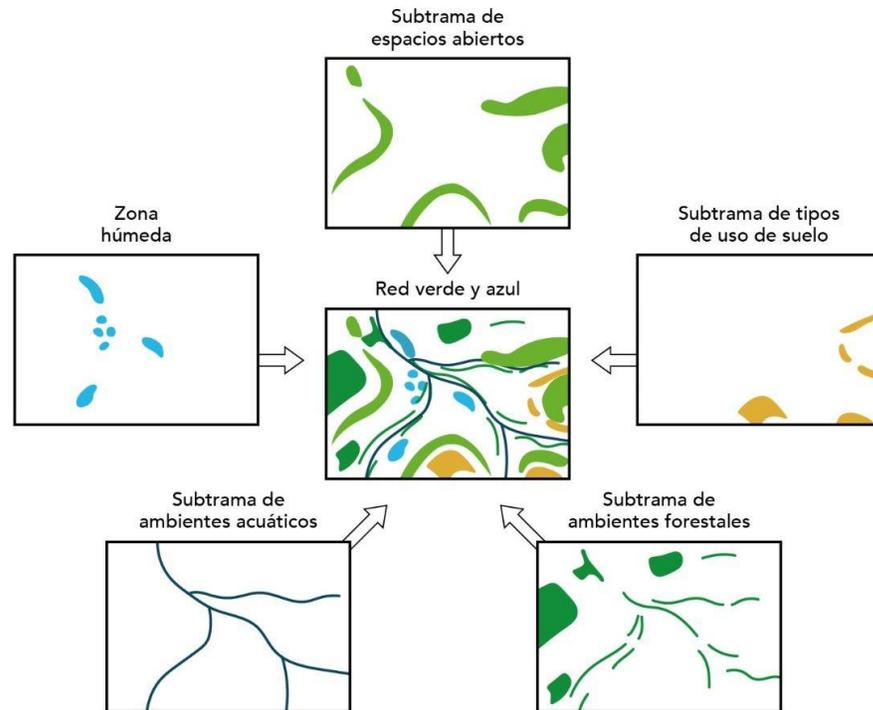


Figura 9. Ejemplo de una Red Verde y Azul (RVA). Fuente: Adaptado de (Amsallem, Deshayes, & Bonevialle, 2010).

De acuerdo con la Figura 9, una RVA puede estar conformada por diferentes subestructuras como son bosque, humedal, acuáticas (agua corriente), ambiente agrícola extensivo, entre otros usos de suelo; que al unirlos permiten tener una diversidad de ambientes en forma de red. La elección de cada estructura de la red es determinada por tres factores:

- Zonificación de inventario, normativa, gestión o conservación.
- La presencia de determinadas especies (inventarios).
- La calidad de los medios (permeabilidad).

Los reservorios de biodiversidad son las áreas en las que la biodiversidad está mejor representada y donde las especies pueden realizar todo o parte de su ciclo de vida, es decir alimentarse, reproducirse y descansar. Estas áreas están unidas entre sí por corredores que constituyen ‘vínculos funcionales’ permitiendo la circulación de especies o grupos de especies entre diferentes hábitats (Locquet & Clauzel, 2018).

Para que una RVA pueda establecerse, es necesario que se realice un diagnóstico que consista en identificar las zonas de áreas naturales sujetas a protección especial, así como también localizar las especies más representativas de mamíferos, pájaros, reptiles, anfibios, insectos y plantas vasculares, mediante inventarios y observaciones de campo. Así mismo, es importante considerar realizar un mapeo general del territorio a partir de las bases de datos sobre los usos del suelo, lo que permitiría identificar áreas de hábitat y corredores.

Por otro lado, este tipo de redes tienen distintos enfoques como lo es el enfoque estructural de hábitats, el cual presupone una interpretación de las redes ecológicas de un territorio a partir de la identificación de reservorios de biodiversidad, zonas de amortiguamiento y corredores. Esta perspectiva se ocupa principalmente del entorno más que de las especies (Berges, Roche, & Avon, 2010). Así mismo en esta red se encuentra el enfoque de especies, que permite simular los movimientos potenciales de especies indicadoras desde los reservorios de biodiversidad. Este enfoque se considera más funcional, puesto que se basa en los requerimientos ecológicos de las especies estudiadas y sus capacidades de movimiento asociadas a la calidad ecológica de los ambientes.

La RVA es una herramienta clave para la conservación de la biodiversidad y la conectividad de los ecosistemas, ya que simboliza la correcta planificación de la infraestructura con relación a la no perturbación de los hábitats de las áreas en donde se establezcan. Además, es un mecanismo completo al poder interconectar distintos ecosistemas para que exista un equilibrio ecológico. Por otra parte, brinda las bases para evitar que el paisaje se fragmente y llegue a impedir el movimiento de especies animales y vegetales. La RVA refiere a la creación de corredores ecológicos, los cuales son necesarios para que las rutas de viaje de la flora y la fauna se conecten mediante reservorios de biodiversidad.

Sin embargo, es indispensable la colaboración de los actores regionales y locales como un elemento significativo para el éxito de la Red Verde y Azul. Esto con el fin de facilitar el desarrollo e implementación de los planes regionales de coherencia ecológica, y con un proceso de enfoque participativo, el cual debe permitir una construcción concertada del plan regional de coherencia ecológica con el fin de

recopilar y tener en cuenta las opiniones de todos los interesados relacionados con el uso de la tierra y la planificación regional.

Por lo tanto, la Red Verde y Azul necesita basarse en un conocimiento compartido del patrimonio natural, lo más detallado posible, por un lado, con el diagnóstico de las zonas mediante los inventarios ecológicos y, por otro lado, resaltando las interacciones entre la biodiversidad y las actividades humanas.

2.2 Marco teórico

Se le conoce como fragmentación del ecosistema a la ruptura de hábitats naturales generados en su mayoría por las actividades humanas (Santos & Tellería, 2006), lo que genera que estos no se extiendan de manera fluida si no que existan parches o manchones del ecosistema distribuidos por el territorio y, generalmente, separados por secciones de terreno que han cambiado de uso.

La fragmentación de hábitats es un fenómeno que ocurre a nivel mundial y su efecto en las poblaciones de especies se ha analizado en gran cantidad de estudios. Analizar los movimientos de las especies es muy importante para observar los procesos que son necesarios para el mantenimiento de las poblaciones, como la búsqueda de alimento, refugio y reproducción (Hilty *et al.*, 2021).

Este flujo de procesos naturales y el libre movimiento de especies que se trasladan entre parches de ecosistemas en busca de recursos, se les denomina ‘conectividad’. Al hablar de la conectividad del paisaje, históricamente, se refiere “al grado al cual el paisaje facilita o impide el movimiento entre parches de recursos” (Taylor, Fahrig, Henein, Merriam, 1993).

La conectividad del paisaje representa actualmente entonces, la relación que guarda el paisaje con la facilidad que tienen estas especies de desplazarse entre fragmentos del ecosistema original. De acuerdo con Taylor, *et al.*, (2006), la conectividad del paisaje combina así una descripción de la estructura física del paisaje con la respuesta de un organismo a esa estructura, es decir, el concepto de conectividad tiene dos aspectos: 1) los elementos físicos que facilitan o impiden el

paso de especies y el arreglo espacial que tienen estos elementos en el territorio, o conectividad estructural, y 2) el comportamiento de los organismos que interactúan en el medio, lo que se denomina conectividad funcional.

La conectividad estructural se determina por la conexión espacial de diferentes tipos de hábitat en el paisaje; y la conectividad funcional se refiere a la respuesta en la conducta de los individuos y especies ante la estructura física del paisaje, en este último influyen los requisitos de hábitat de la especie, la tolerancia a hábitats alterados y la fase de vida (Alonso-F., Finegan, Brenes, Günter, & Palomeque, 2017b).

Actualmente, rastrear la conectividad de poblaciones de especies puede realizarse por distintas metodologías gracias al crecimiento de áreas complementarias de la biología, como la genética, es posible realizar estudios en los que compara la recombinación genética entre poblaciones de la misma especie, encontrados en parches de terreno distintos, para determinar si existe flujo de especies entre estas zonas. Por ejemplo, el equipo de Pérez et al. (2020), determinó altos niveles de conectividad en poblaciones de la especie de ave *Thalasseus elegans*, perteneciente al orden de los Charadriiformes, mediante la comparación de muestras genéticas de ejemplares de distintos puntos de su área de reproducción en el Golfo de México.

Este tipo de análisis nos pueden ayudar a determinar también, cuando existen limitaciones en la distribución de organismos entre parches, así como dar pistas sobre qué especies son las que presentan índices menores de movilidad o menor influencia entre poblaciones distintas. Por ejemplo, el estudio llevado a cabo en el estado de Oaxaca en México por el equipo de (Oyama, et al., 2018), en el que se analizaron muestras de distintas especies del género *Quercus*: *Q. candicans*, *Q. cassifolia* y *Q. castanea*. Los resultados mostraron que las diferentes especies, aunque pertenecen al mismo género y tienen características similares, no presentaron los mismos patrones de distribución y recombinación, lo que significa que las especies que se encuentran más encapsuladas en cierta zona presentan niveles de recombinación menores. Esto puede poner en riesgo la supervivencia de la población a futuro.

La evaluación de la conectividad estructural, ayudará a establecer rutas que permitan el flujo de organismos, así como demarcar las áreas de presencia permanente de especies de interés, y las zonas que son utilizadas únicamente como corredores.

El estudio realizado en la Sierra Madre Occidental en México por Dueñas López *et al.* (2015), sirve como ejemplo. El estudio se realizó con el objetivo de conocer los patrones de movimiento de una especie muy representativa: el jaguar (*Panthera onca*). Este estudio se llevó a cabo mediante observaciones de ejemplares, una metodología diferente a la de Oyama, *et al.*, (2018). A partir de estas observaciones se generaron mapas de distribución —considerando los factores estructurales de las zonas—, y se designaron los caminos que representan un gasto energético mayor y desplazamiento más difícil, además de los manchones de terreno que presentan condiciones óptimas para ser considerados como habitables de manera permanente. Con esta información es posible no solo conocer distribución y situación actual de conectividad, sino que también puede ayudar a establecer estrategias que permitan diseñar planes de conservación de especies.

En el Estado de Jalisco, en la zona occidente de México, también se han llevado a cabo estudios con la finalidad de conocer el estado de conectividad ecológica de algunos grupos biológicos, y de identificar zonas sometidas a mayor “presión” o niveles de deforestación y por lo tanto de cambios de uso de suelo.

De acuerdo con un estudio realizado en el año 2009 por Villavicencio-G, *et al.*, (2003), zonas con vegetación selvática o de matorral, así como mezquitales, son las que presentan mayores índices de deforestación para realizar otro tipo de actividades como ganaderas o inmobiliarias. Estas zonas presentan una riqueza natural poco percibida por el público en general por no ser consideradas tan estéticas como lo serían, por ejemplo, bosques de pino-encino. Determinar y visibilizar la biodiversidad de estas zonas menos apreciadas públicamente ayuda también al diseño de política pública de protección y conservación que incluya estas zonas.

La generación de políticas de conservación basadas en información verídica es de suma importancia para que los territorios que actualmente albergan altos índices de

biodiversidad, y las rutas que facilitan su flujo, mantengan sus condiciones de equilibrio dinámico y sus funciones ecológicas. Para ello se ha visto la necesidad de proteger ciertos sitios estratégicos con medidas legales, como lo es el establecimiento de áreas protegidas, así como de corredores biológicos que los comuniquen.

El Estado de Jalisco cuenta con un total de 17 áreas naturales protegidas y 12 sitios que figuran en el listado de RAMSAR. Reconociendo a la conectividad como un elemento importante para el mantenimiento y la prosperidad de la biodiversidad (Hilty, *et al.*, 2021), se presentan los retos, primero, de evaluarla, y segundo, de definir las estrategias para asegurarla. Esas estrategias no necesariamente significan políticas de protección o conservación, dado que esas rutas de conectividad pueden encontrarse sobre un paisaje donde conviven diferentes usos de suelo y ecosistemas locales como es el caso del Paisaje Sierra de Tapalpa.

Tapalpa y sus cercanías fungen como un sitio turístico, debido la presencia tan cercana de paisaje boscoso con el pueblo, y son estas mismas características de paisaje las que hacen a este sitio uno con una gran diversidad de vida. El presente análisis pretende determinar la forma en la que el Paisaje Sierra de Tapalpa funge como sitio de comunicación de especies entre las zonas con diferentes formas de protección que la rodean, como Sierra de Quila, Nevado de Colima y Sierra de Manantlán, con el objetivo de tomar decisiones que ayuden al mantenimiento y reforzamiento de esa conectividad.

2.3 Revisión de los instrumentos de planeación y política pública

En este apartado se hace la revisión de tres instrumentos de planeación y política territorial: el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Región Sierra de Tapalpa (POET), la Estrategia Estatal sobre Biodiversidad del Estado de Jalisco (EEB), y la Estrategia del Estado de Jalisco para la integración de la biodiversidad en los sectores Agropecuario, Pesquero-Acuícola y Forestal, visión 2020-2030 (IBP Jal):

Se escogieron estos tres instrumentos por las siguientes razones:

- El Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional se trata de un instrumento reciente (2021). Se basa en una política de gestión de los recursos naturales, en especial, del agua, y el reconocimiento de los servicios ambientales. Además, la zona de aplicación de este ordenamiento coincide con el Paisaje Sierra de Tapalpa definido para la iniciativa LandScale.
- Los objetivos de la Estrategia Estatal sobre Biodiversidad del Estado de Jalisco (EEB) se alinea, en términos amplios, con los lineamientos de la UICN —ambos buscan conservar y salvaguardar la biodiversidad—, la EEB lo hace al plantear acciones y estrategias concretas para el Estado; y los lineamientos de la UICN al proveer un marco conceptual con bases técnicas y científicas.
- La IBP Jal, es aún más precisa en su aplicación al estar dirigida específicamente a tres sectores productivos del Estado: agropecuario, pesquero-acuícola y forestal. El análisis de esta estrategia se lleva a cabo para entender la aplicación de política pública dirigida al desarrollo de sectores productivos con un objetivo de conservación de la biodiversidad. Este enfoque se considera valioso para la otra mitad del estudio, que trata de la formulación de manuales de buenas prácticas para algunos de los sectores productivos del PST.

La revisión de estos instrumentos de planeación se realiza con la finalidad de identificar los objetivos, estrategias y acciones propuestas de cada uno y analizar su postura sobre la conectividad. Esto a su vez, permitirá determinar mecanismos que influyen en la biodiversidad y conectividad de la región, utilizando como marco de referencia el marco teórico definido en el apartado anterior.

En este apartado se hace un resumen del análisis minucioso llevado a cabo, el cual se presenta en el Anexo 3. Revisión de los instrumentos de planeación y política territorial.

2.3.1 Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional (POET)

Para la revisión del POET, se escogieron cinco parámetros que se derivan de los lineamientos de la UICN:

1. Objetivos principales de los lineamientos
2. Conectividad ecológica
3. Culturales y espirituales
4. Principios básicos para el establecimiento de corredores
5. Valores sociales y económicos

De esta forma, las estrategias y los criterios ambientales descritos en el POET se compararon con estos parámetros para determinar si influyen directa o indirectamente en la conectividad del PST. Esta comparación arrojó que el 57.9% de las estrategias ecológicas, territoriales y urbanas propuestas se relacionan de manera directa con los parámetros de conectividad de la UICN.

Como se mencionó con anterioridad, lo que se presenta aquí es un resumen del análisis a fondo que se llevó a cabo, el cual se encuentra en el Anexo 3. Revisión de los instrumentos de planeación y política territorial.

2.3.1.1 Análisis espacial de las políticas del POET

Usando los principios de la Red Verde y Azul (RVA) se hizo un análisis de las políticas territoriales del POET usando sistemas de información geográfica. Para esto, después de observar el territorio se diseñaron cuatro evaluaciones que se considera pueden arrojar resultados valiosos:

1. Una primera hipótesis sobre la conectividad a través del Paisaje Sierra de Tapalpa observando los patrones de vegetación.
2. Análisis de zonas de aprovechamiento agrícola.
3. Un análisis de la fragmentación de las zonas de conservación en el territorio con política de aprovechamiento agrícola.
4. Evaluar las distancias que existen entre parches de territorio de políticas de conservación fragmentadas.

2.3.1.1.1 Una primera hipótesis de conectividad

Observando el territorio del PST, de manera general y en una aproximación a priori, se percibe una línea o franja de vegetación que atraviesa los cuatro municipios del PST y los comunica con las áreas naturales protegidas Sierra de Manantlán, Volcán Nevado de Colima y Sierra de Quila. La ruta trazada se ubica en territorio con políticas y zonificación de conservación del POET. Esta primera hipótesis de conectividad se representó en la Figura 10 y coincide, a grandes rasgos, con el análisis de conectividad presentado en el POET.

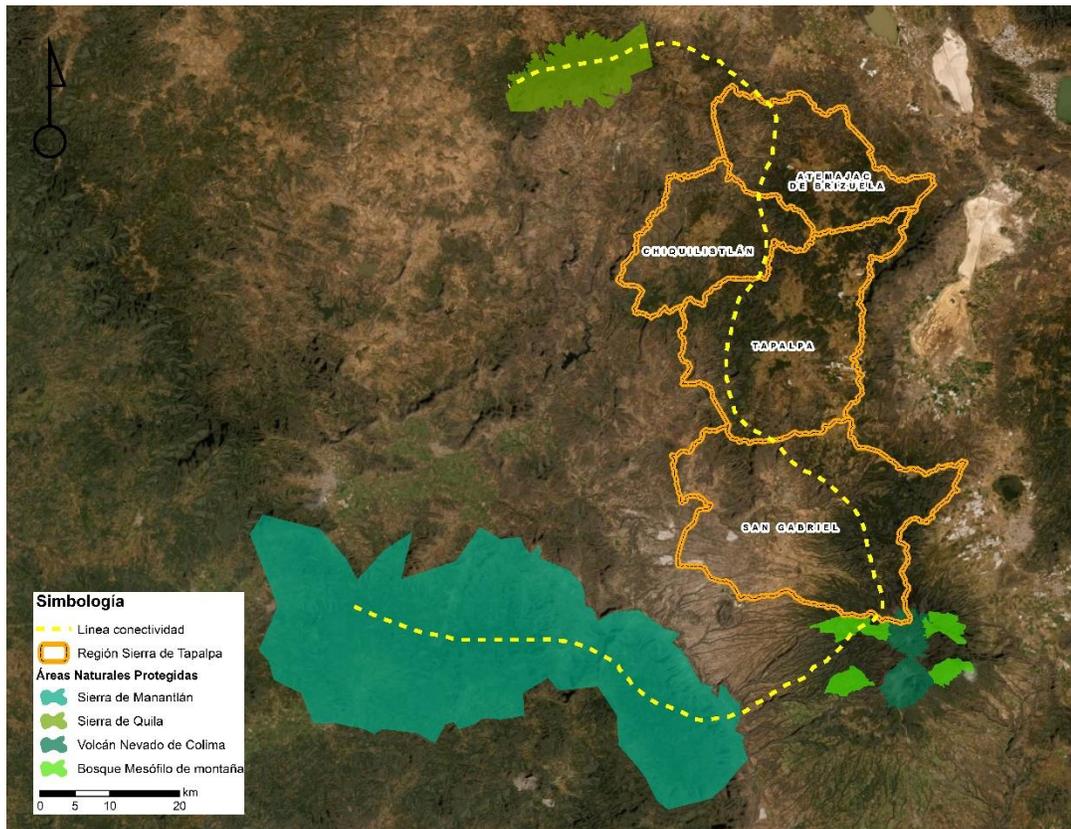


Figura 10. Primera hipótesis de conectividad. Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.1.2 Análisis de zonas de aprovechamiento agrícola

Otro elemento que surge de las primeras observaciones son dos zonas de tamaño similar en donde se perciben actividades productivas agrícolas, las cuales pueden representar un obstáculo para la conectividad. La primera de estas zonas rodea la

presa El Nogal, en el municipio de Tapalpa, y se extiende hasta el municipio de San Gabriel, como se puede ver en la Figura 11.

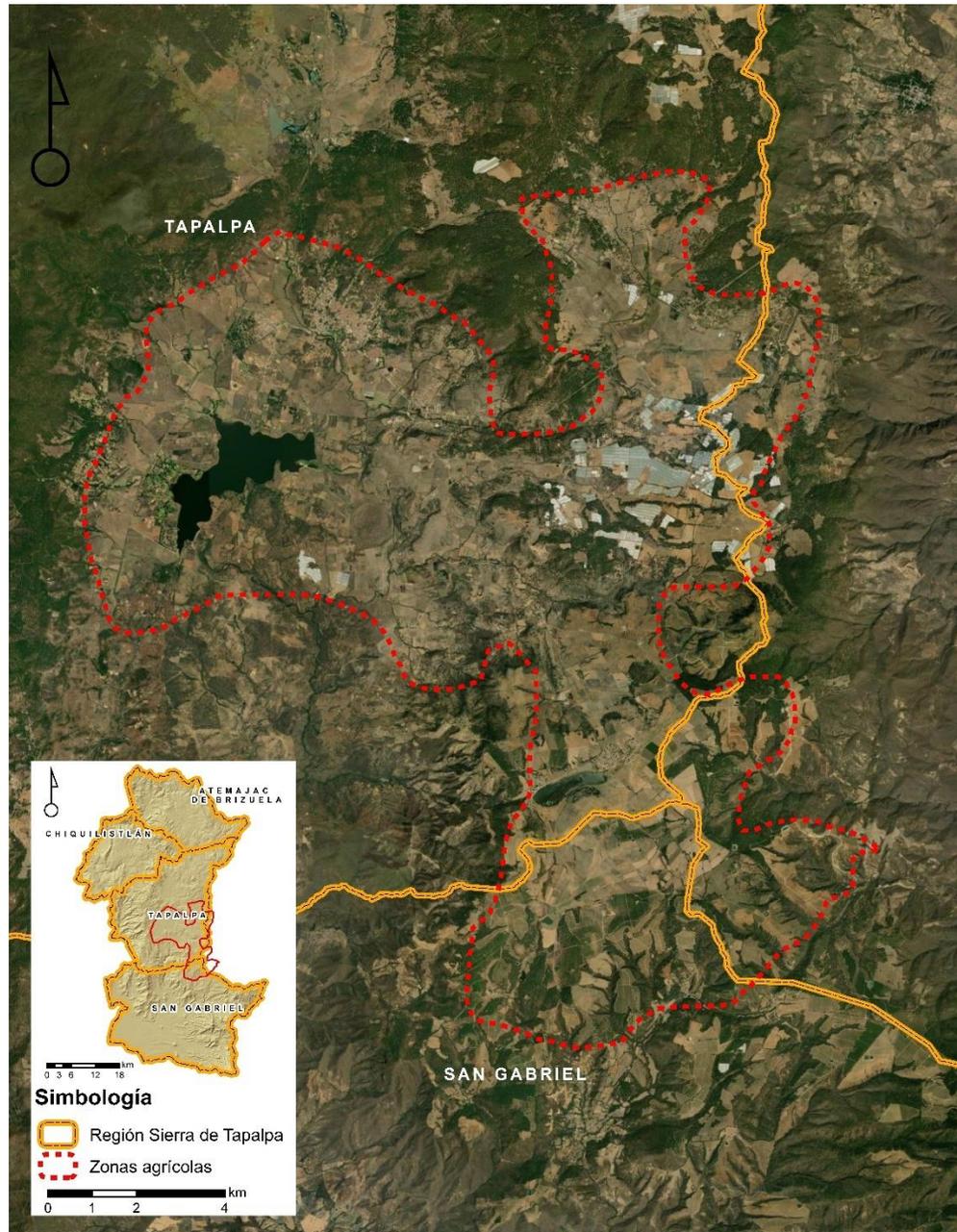


Figura 11. Zona de actividades productivas agrícolas alrededor de la presa El Nogal y que abarca territorio de los municipios de Tapalpa y San Gabriel. Fuente: Elaboración propia.

La otra zona, que se presenta en la Figura 12, está ubicada en la sección Sur y Suroeste del municipio de San Gabriel. En ella convergen actividades agrícolas de

gran extensión con una gran concentración de escorrentías intermitentes, y se acerca a las faldas del volcán de Colima y al bosque mesófilo de montaña.

Estas áreas son las superficies más amplias del PST sin continuidad de vegetación natural y con presencia de actividades humanas que podrían significar elementos de resistencia para la conectividad.

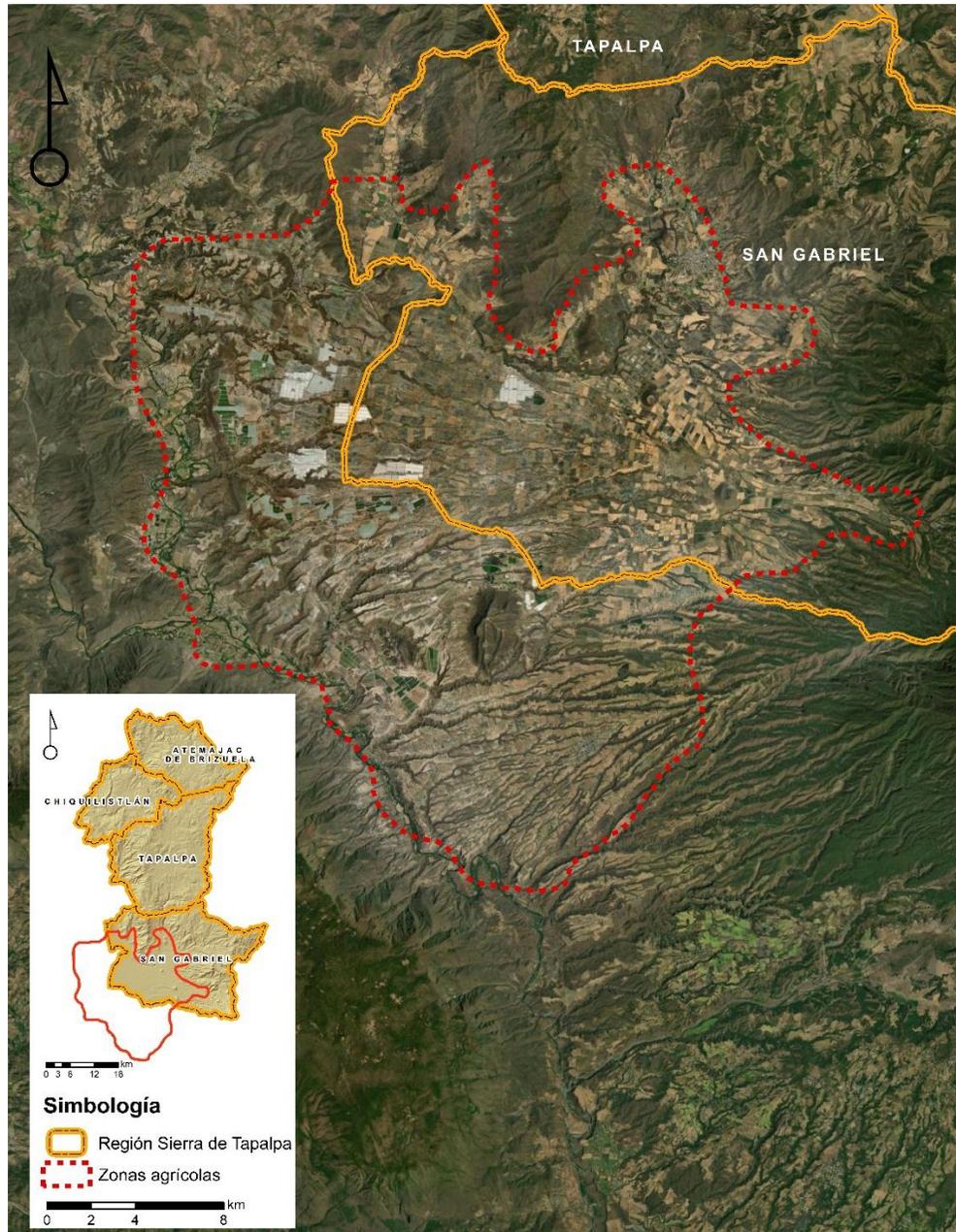


Figura 12. Zonas agrícolas en la región Sur y Suroeste del municipio de San Gabriel. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, y como se muestra en la Figura 13, en la sección norte del municipio de Tapalpa se observan dos áreas donde se realizan actividades productivas agrícolas, pero de menor tamaño que la zona alrededor de la presa El Nogal. Otras dos zonas se encuentran rodeando las cabeceras municipales de Atemajac de Brizuela y Chiquilistlán.

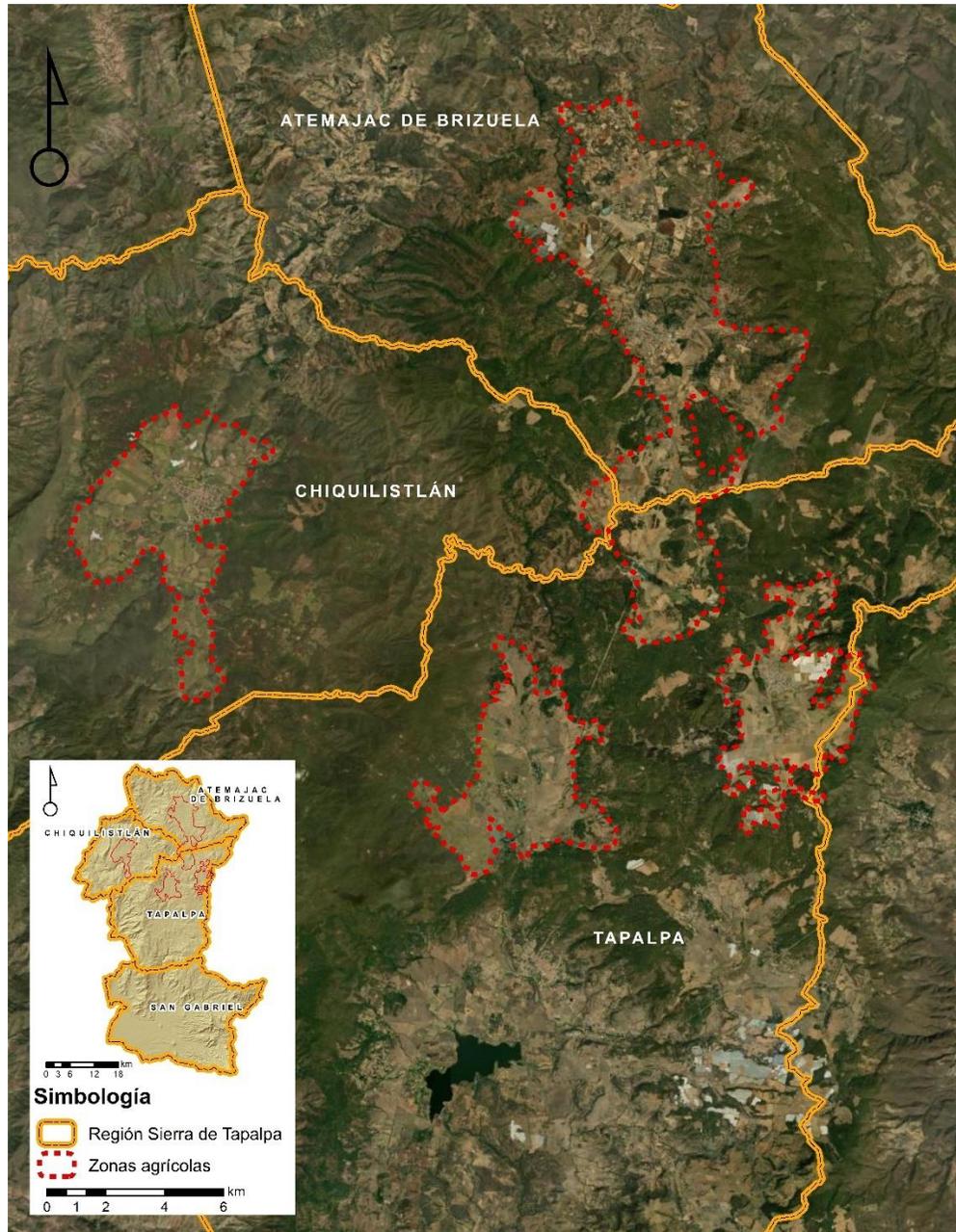


Figura 13. Zonas de actividades agrícolas en el Norte del Paisaje Sierra de Tapalpa. Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.1.3 Distancia entre parches de conservación fragmentados

Las metodologías propuestas bajo el marco de la RVA se basan en un conocimiento compartido del patrimonio natural, con un enfoque que resalta las interacciones entre biodiversidad y actividades humanas. Esto invita a realizar un análisis de la fragmentación del territorio, es decir, de los fenómenos de peri-urbanización y los principales obstáculos naturales o artificiales, tomando en consideración las políticas relativas a la protección de la biodiversidad propuestas en el POET. Para esto se realizaron dos análisis con la ayuda de los sistemas de información geográfica, que permiten observar y estudiar el estado de las continuidades ecológicas marcadas por las políticas ambientales.

El primer análisis, es una representación espacial de la distancia entre los polígonos con política de protección, restauración y preservación. Se analizó la fragmentación de estas políticas ambientales porque se considera que concentran estrategias y criterios que son conducentes para la conectividad, según el análisis recopilado en el 'Anexo 3 Revisión de los instrumentos de planeación y política pública'.

Estas tres políticas se encuentran conectadas y forman un corredor que conecta el área natural protegida Sierra de Quila con el Nevado de Colima y Sierra de Manantlán. Sin embargo, quedan pequeños polígonos que se encuentran aislados y forman pequeños parches ubicados entre las políticas de aprovechamiento. Con la herramienta ArcMap se pudo medir la distancia que hay entre estos parches y las demás políticas de protección, restauración y preservación. En la Figura 14 y Figura 15 se puede observar que los polígonos en color rojo son los que se encuentran más aislados y los de color verde son los que están más cerca a otras zonas que se considera, promueven la conectividad.

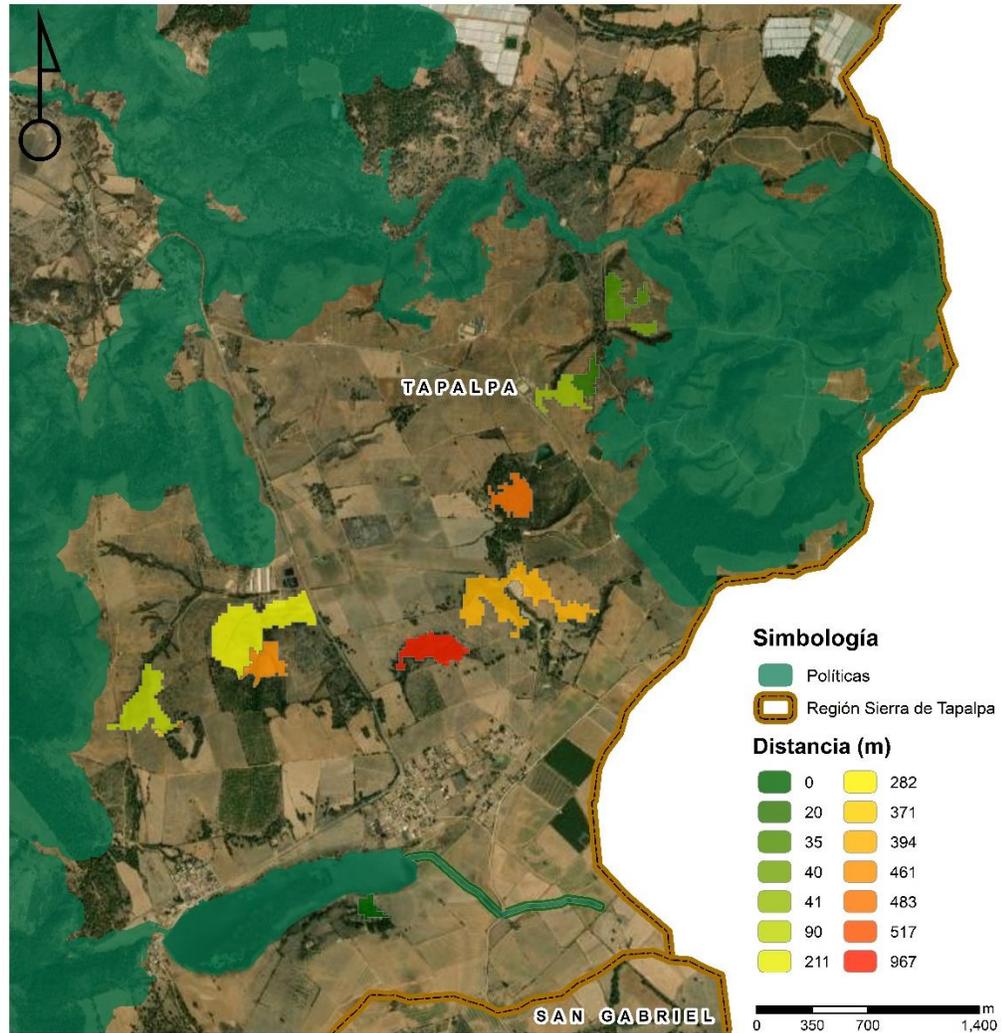


Figura 14. Distancia entre los polígonos aislados con el resto de las políticas de protección, restauración y preservación.

En la Figura 14 se puede observar que estos polígonos se encuentran aislados por campos de aprovechamiento agrícola, lo que puede dificultar la conectividad para algunas especies en esta área.

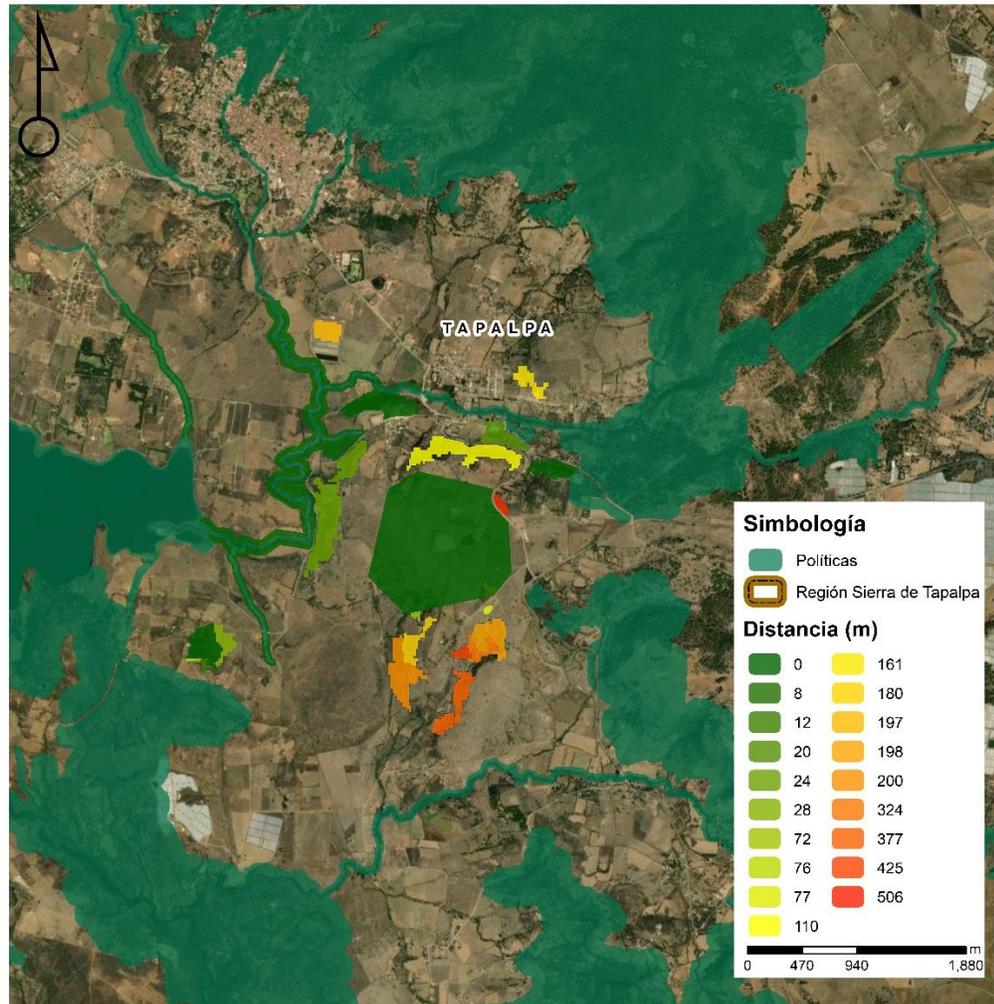


Figura 15. Distancia entre los polígonos aislados con el resto de las políticas de protección, restauración y preservación.

Este primer análisis permite seleccionar de manera preliminar, a través de una interpretación visual, las áreas con mayor potencial para facilitar la conectividad, es decir, aquellas donde hay menor distancia entre una política de conservación y otra (restauración, protección, preservación), y determinar cuáles son las áreas en donde la conectividad se dificulta más.

2.3.1.1.4 Distancia lineal de parches de conservación en zonas de aprovechamiento agrícola y urbano

Para este análisis se realizaron 10 gráficas a partir de 10 líneas trazadas en zonas donde hay un mayor aprovechamiento urbano y agrícola el PST. En la Figura 16 se

observa la ubicación respectiva de estas líneas. Estas gráficas representan el perfil de las trayectorias de las líneas trazadas en el territorio. Esto permite visualizar la distancia lineal entre las políticas ambientales del POET que atraviesan. Además, este perfil también describe la topografía de la zona por la que atraviesan las líneas trazadas, en metros sobre el nivel del mar, que le da un sentido de tridimensionalidad al análisis.

De esta manera se observa la distancia entre las zonas de conservación, separadas por aquellas áreas donde hay una interrupción de la conectividad del territorio, asociado a actividades humanas.

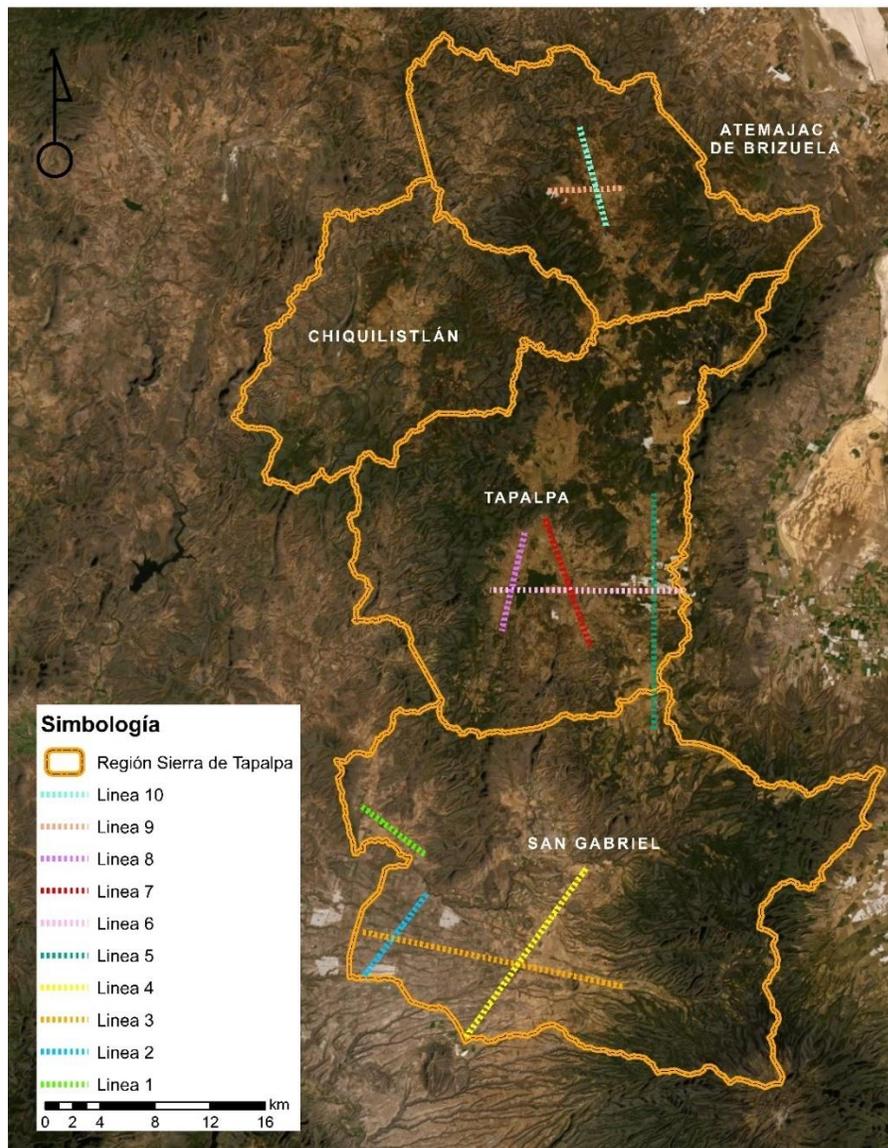


Figura 16. Ubicación de las líneas para el análisis de las políticas en áreas con mayor aprovechamiento urbano y agrícola de la Sierra de Tapalpa.

Dentro de la RVA, la identificación de corredores se puede realizar mediante la interpretación visual y el análisis de las distancias entre las zonas de conservación o también llamados reservorios de biodiversidad. Al igual que el primer análisis, este permite visualizar la distancia entre las políticas de restauración, preservación y protección, para determinar las zonas que ayudan o dificultan la conectividad.

En los siguientes 3 gráficos se observa que el aprovechamiento agropecuario predomina sobre las demás políticas. El aprovechamiento agropecuario abarca otras políticas como restauración, preservación, aprovechamiento urbano, protección y aprovechamiento forestal. La Línea 3 abarca una zona con muchas escorrentías que pertenecen a la política de protección.

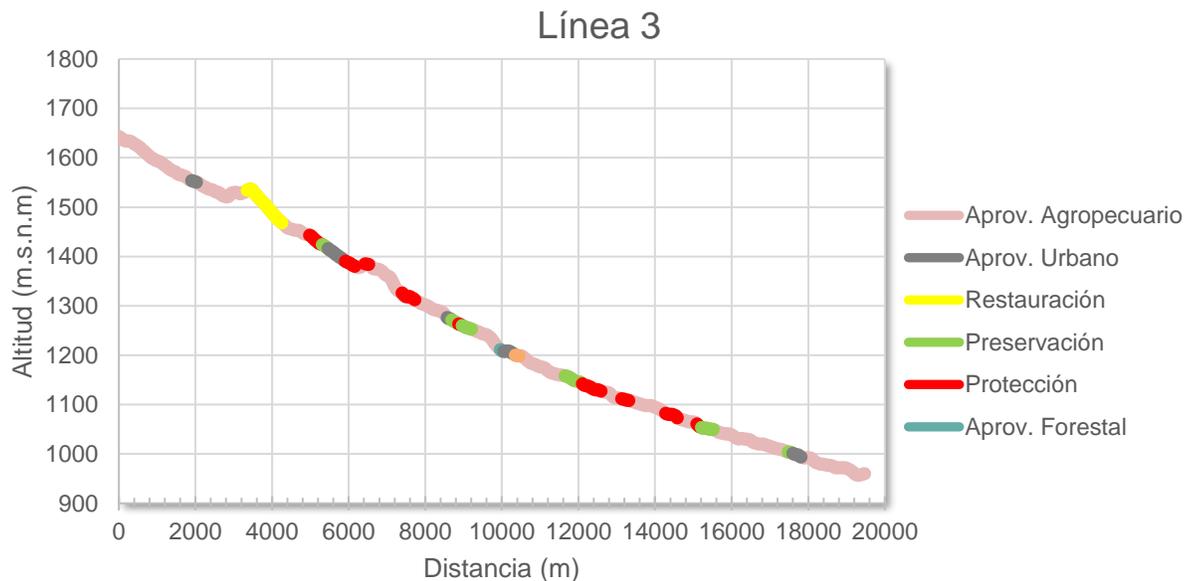


Gráfico 1. Perfil de políticas, línea 3. Fuente: Elaboración propia.

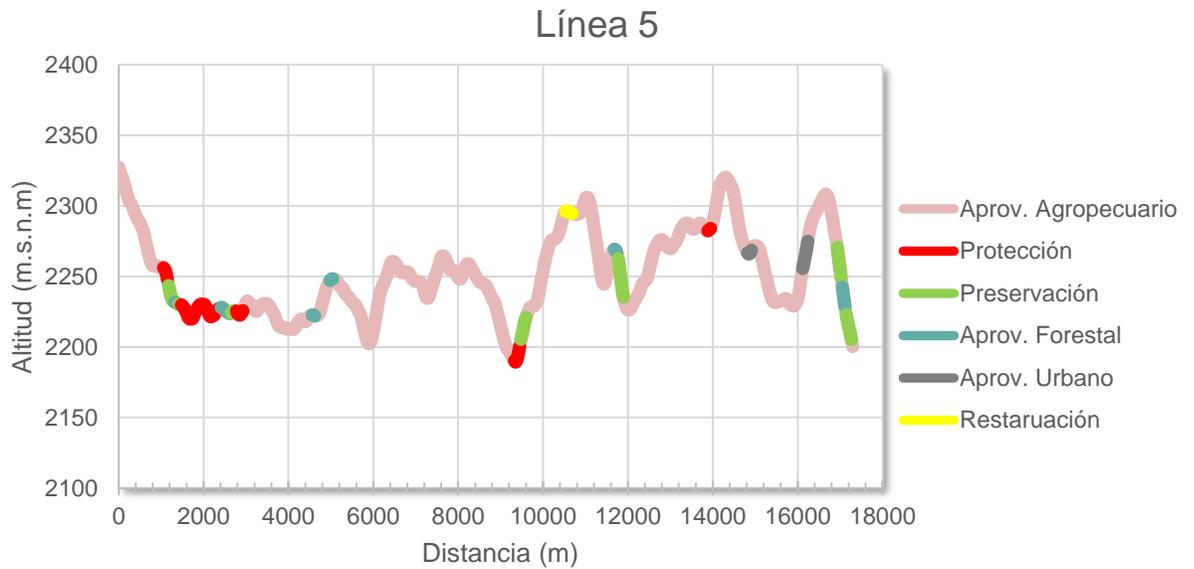


Gráfico 2. Perfil de políticas, línea 5. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los 4,000 metros de distancia las políticas de preservación y protección se encuentran más agrupadas en la línea 10, habiendo algunas zonas con aprovechamiento urbano.

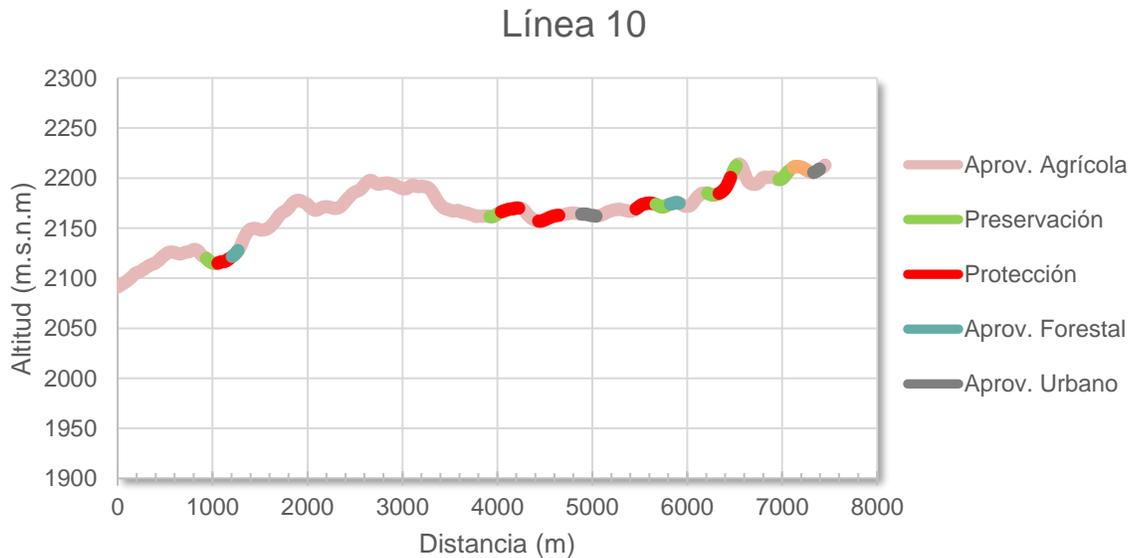


Gráfico 3. Perfil de políticas línea, 10. Fuente: Elaboración propia.

Los perfiles que corresponden al resto de las líneas se presentan en el Anexo 5.

Perfiles de políticas territoriales según el POET.

Este análisis puede ayudar a definir los alcances y objetivos de un plan de restauración de la conectividad, ya que, permite distinguir los sitios potenciales para obras de restauración dentro de las zonas más fragmentadas al tomar en cuenta la distancia lineal entre los parches de hábitat conservados. Lo anterior, junto con los resultados de conectividad estructural y funcional y tomando a los actores involucrados en el territorio puede ayudar a fundamentar la selección de sitios para obras de conservación y restauración que tengan a la conectividad como objetivo central.

2.3.1.2 Conclusión sobre el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Paisaje Sierra de Tapalpa

Tras el análisis del instrumento, queda entendida la importancia de la Región de Tapalpa para el Estado de Jalisco en términos de biodiversidad, debido al vínculo territorial que desempeña entre las distintas áreas naturales con algún tipo de política de protección. Esto significa un reto para las acciones de conservación ya que el territorio alberga actividades y prácticas productivas que sirven de sustento para los habitantes de la región. Por estas razones, el POET de la Región de Tapalpa representa un modelo estratégico regional para ayudar en la integración del desarrollo económico y la gestión del territorio, mediante el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

La comparación de las políticas plasmadas en el POET con los lineamientos para la promoción de la conectividad de la UICN, permite entender las posibles repercusiones del instrumento de planeación del territorio en las condiciones de biodiversidad del Paisaje Sierra de Tapalpa y de las zonas de interés para la biodiversidad que la rodean. Se entiende que las líneas de acción planteadas en el POET influyen de manera directa o indirecta en el concepto de conectividad, lo que significa que, entender el instrumento desde una visión de conectividad puede ayudar a priorizar aquellas estrategias que tienen mayor injerencia en las condiciones que promueven la biodiversidad regional, ayudando en la toma de decisiones de desarrollo que se tomarán en un futuro.

Por otro lado, este programa sirve como un complemento a las estrategias de biodiversidad estatales en la gestión e implementación de la conectividad ecológica.

Lo anterior se plasma en las distintas propuestas sugeridas en sus criterios de regulación ecológica, que enmarcan el interés que se tiene por un desarrollo económico sustentable y de conservación de la biodiversidad. Así también, este mecanismo pretende que, en conjunto con el desarrollo del conocimiento, los nuevos requerimientos educativos, la formación y capacitación para el trabajo y la reconversión de los patrones de convivencia y participación ciudadana, se desempeñe la creación de redes de gobernanza que involucren a la ciudadanía y al mismo tiempo promuevan la planeación participativa.

Luego de haber analizado los lineamientos propuestos por la UICN y compararlos con los criterios ecológicos del Programa de Ordenamiento de la Región, se observa que el mayor número de estrategias que se relacionan directamente son las referentes a los temas de agua, al sector forestal, y a los aprovechamientos agrícola y pecuario. Lo anterior significa que este instrumento aborda el tema de biodiversidad, sustentabilidad y servicios ecosistémicos desde diferentes enfoques: desde la conservación de áreas y recursos hasta la formulación de buenas prácticas que permitan el desarrollo de las actividades productivas haciendo un uso adecuado de los recursos naturales que las sostienen.

Por otro lado, en los ámbitos referentes a las estrategias indirectas que plantea el POET se encuentran los temas de turismo, conservación, infraestructura y aprovechamiento urbano. En ese mismo sentido, los lineamientos sugieren un turismo sustentable, la conservación de la biodiversidad, corredores ecológicos y conectividad. Además de llevar un control de la infraestructura y los asentamientos humanos, todo esto para llegar al mismo fin, la preservación de las redes ecológicas y los procesos naturales de los ecosistemas.

2.3.2 Estrategia Estatal sobre Biodiversidad del Estado de Jalisco (EEB)

Se puede determinar que este mecanismo engloba de manera completa los ejes que conllevan a buscar y permitir la conectividad. Lo anterior debido a que involucra el desarrollo de conocimientos en el ámbito de la biodiversidad, que además sean compartidos por medio de redes de científicos, académicos y habitantes de la región, creando con ello valores y saberes que fomenten la conservación de los

recursos naturales y culturales, que ayuden a definir áreas bioculturales prioritarias y sus paisajes naturales.

Lo anterior conlleva la implementación de acciones encaminadas a gestionar efectivamente el territorio, restaurando los hábitats y ecosistemas, instalando corredores biológicos, así como también protegiendo especies endémicas y amenazadas para mantener las redes ecológicas. Así mismo, la estrategia propone acciones para la realización de prácticas sustentables, regulando las actividades productivas, y promoviendo el turismo sustentable.

Sin embargo, nada de lo anteriormente mencionado podrá ser posible sin la intervención de los sistemas legales que regulen las acciones que dentro de la estrategia se proponen como lo son instrumentos de ordenamiento ecológico territorial actualizados, así como también de la necesidad de trabajar en conjunto con los sectores de la sociedad para que las líneas de acción puedan llevarse a cabo como fueron planeadas, garantizando de esta forma que las acciones se conviertan en un apoyo y no una amenaza a la conectividad.

Del mismo modo dentro de la estrategia ya se plantea el paisaje como un elemento importante para estudiar, conservar y trabajar en materia de conservación de la biodiversidad, lo que viene a fortalecer no solo el estudio de conectividad específicos del presente trabajo si no a generar información que abonen al cumplimiento de las líneas acción planteadas en la EEB-Jal.

2.3.3 Estrategia del Estado de Jalisco para la integración de la biodiversidad en los sectores Agropecuario, Pesquero-Acuícola y Forestal, visión 2020-2030 (IBP Jal)

La EEIBS involucra ámbitos que están relacionados directamente con el concepto de conectividad y de esta manera influye de manera relevante en la forma en la que el sector productivo abona al mantenimiento de la biodiversidad. Lo anterior toma relevancia al considerar que la Sierra de Tapalpa es sin duda una de las regiones donde el sector productivo agrícola y turístico demanda del paisaje y de los servicios ambientales elementos importantes para subsistir. Además de que en la última década se han dado crecimientos exponenciales en agricultura protegida y la

instalación de huertos de aguacate que han generado cambios rápidos y sinérgicos en el paisaje nunca antes vistos.

Por un lado, esta estrategia prioriza la conjunción de tres sectores productivos importantes, agropecuario, pesquero-acuícola y forestal, al establecer distintos ejes y proponiendo líneas de acción necesarias que facilitan el ejercicio de desempeñar las actividades productivas permitidas bajo el régimen de sustentabilidad, en conjunto con las bases para enfrentar las principales amenazas de la conectividad, mientras aborda también el tema de integración de la conservación de la biodiversidad.

Así mismo, incorporando acciones encaminadas a la atención del principal objetivo de la conectividad, la adaptación de las especies al cambio climático, lo cual es necesario para restablecer la conectividad dentro de las distintas redes ecológicas que existen en los ecosistemas. No obstante, es necesario que el principal objetivo que persiga este mecanismo sea el de poder integrar eficientemente tanto los sectores productivos como el ámbito del desarrollo sustentable, lo que incluirá el aprovechamiento de los recursos naturales y la ejecución de prácticas que tendrán que ir por la línea de la sustentabilidad considerando la biodiversidad dentro de estas acciones para su conservación.

Por último, como áreas de oportunidad y que deben ser consideradas en la reducción de las amenazas a la biodiversidad en Jalisco, Curiel y Garibay Chávez (2017) proponen:

- Detener la dinámica de crecimiento poblacional que se ha dado en los últimos 40 años donde cada vez hay más municipios donde la población se duplica y triplica sin ninguna planificación, ni ordenamiento bajo criterios de bienestar y desarrollo, con lo que presiona y desplaza la biodiversidad existente.
- Comunicar y educar en el valor de la biodiversidad, en la toma de decisiones con visión a largo plazo y en un consumo con menor costo de los servicios ecosistémicos.
- Cambiar las tecnologías de producción, que son hostiles a la biodiversidad, por otras que favorezcan su conservación y restauración.

2.4 Enfoque metodológico para la evaluación de la conectividad estructural y funcional

En la actualidad hablar de la priorización espacial de la conectividad de paisaje es contar con una herramienta clave para conservar la biodiversidad. Existen estudios limitados que proporcionan datos, sobre todo empíricos de los beneficios de esta herramienta para la conservación de los ecosistemas (Lieja y Mendoza, 2021). La conectividad del paisaje incluye dos conceptos esenciales, denominados: conectividad estructural y funcional. La primera se refiere a las características espaciales entre los elementos del paisaje y la segunda se define a la facilidad de movimiento de especies entre fragmentos de hábitat (Tischendorf y Fahrig, 2000; Taylor *et al.*, 2006).

El análisis de la conectividad de paisaje representa un gran desafío, debido a los constantes cambios en el comportamiento humano, impulsados por el crecimiento poblacional, el cambio en la cobertura y uso de suelo y el desarrollo económico, entre otros, que en su conjunto generan procesos de pérdida y fragmentación de los hábitats de las especies aumentando la pérdida de biodiversidad (Correa-Ayram *et al.*, 2016).

La transformación y fragmentación del paisaje por actividades económicas, derivadas por múltiples factores y a distintas escalas espacio-temporales, se han convertido en la actualidad en temas de gran interés, debido a que sus impactos generan dos principales consecuencias. La primera consiste en la homogeneización del paisaje, es decir la simplificación de los componentes de este. La segunda está relacionada con la disminución de la superficie de los hábitats naturales generando fragmentos aislados y de menor superficie, lo cual favorece la pérdida de la conectividad entre parches, que afectan su composición, estructura y biodiversidad (Morera *et al.*, 2007).

La pérdida de hábitats y la fragmentación alteran la dinámica de las comunidades, por ejemplo, la abundancia de las especies, la funcionalidad, reducción de la

dispersión e intercambio de individuos causando su extinción. Este impacto afecta negativamente a todos los grupos de animales y vegetales como las aves, mamíferos, reptiles, anfibios, invertebrados y plantas. El impacto depende de los patrones de fragmentación de los hábitats, es decir la abundancia de ciertas especies se relaciona con el tamaño y el grado de aislamiento de los parches de vegetación.

La conectividad del paisaje tiene un valor importante en la conservación, especialmente en paisajes fragmentados. Se requiere de acciones a corto y mediano plazo para frenar la pérdida y fragmentación de hábitats con base en la identificación y protección de corredores biológicos, ya que estos permiten conectar ecosistemas tanto naturales como modificados y mantienen los procesos ecológicos, siendo considerados un elemento clave para la conservación de la biodiversidad y el intercambio de especies (Crooks y Sanjayan, 2006).

En este contexto, la conectividad del paisaje constituye una herramienta importante para conceptualizar y representar los elementos esenciales en un mapa categórico que se conoce como modelo parche-corredor-matriz (Forman, 1995):

“Los parches son áreas de hábitat original que pueden tener diferentes tamaños y formas, son dinámicos y ocurren en una variedad de escalas espaciales y temporales que varían en función de cada especie. Los corredores son elementos lineales de hábitat que conectan parches y pueden variar en longitud y anchura. Los parches y corredores están conectados en una matriz que puede tener distinta extensión, y por lo tanto juega el papel dominante en el funcionamiento de la conectividad del paisaje.”

Los estudios enfocados a la conectividad del paisaje son actualmente clave para la planificación de acciones de conservación y restauración de los ecosistemas. Sin embargo, cuando se habla de restaurar o conservar la conectividad del hábitat en un paisaje fragmentado, se supone que dicha medida facilitará y salvaguardará la dispersión y el flujo de genes, y a largo plazo la estabilidad de los ecosistemas. Pero, si la conectividad funcional es un atributo que varía de especie en especie, se tendría que plantear la creación de corredores biológicos que conecten dos o más regiones, de preferencia áreas naturales protegidas, a través de áreas adyacentes de vegetación secundaria, o productiva bajo uso humano no intensivo.

Enfoque 1

Para identificar los corredores biológicos, generalmente se utilizan ‘especies sombrilla’ que se caracterizan por abarcar una gran extensión de territorio para satisfacer sus necesidades biológicas y que por lo tanto contemplan la conservación indirecta de otras especies asociadas a su hábitat.

Enfoque 2

Estudiar especies representativas de distintos grupos taxonómicos (aves, mamíferos, anfibios, etc.) con el propósito de comparar la conectividad funcional de cada una de ellas para encontrar patrones en común de conectividad en el paisaje que funcionen para una gran cantidad de especies similares. Dado que los cambios naturales y humanos sobre el paisaje son constantes, entender los procesos de conectividad en las especies es complejo. El estudio de la conectividad del paisaje requiere de múltiples enfoques disciplinarios y es uno de los temas de creciente interés para la conservación de la biodiversidad.

2.4.1 Conectividad estructural

Para evaluar el componente estructural, entendida como “una medida de la permeabilidad de los hábitats con base en las características físicas y acomodo de los fragmentos de hábitats, perturbaciones y otros elementos de los paisajes [...] que se consideran importantes para permitir el movimiento de los organismos en su ambiente” (Hilty *et al.*, 2021), se plantea la siguiente metodología:

1. Recopilación de registros de flora y fauna del área de estudio en bibliografía y de fuentes locales.
2. Generación de Modelos de Hábitat Idóneo (MHI) para las especies de flora y fauna para las cuales se encontraron registros.
3. Con base en los MHI y las entrevistas con actores locales, seleccionar las especies representativas y ‘sombriilla’ para la evaluación de conectividad estructural.
4. Generar Modelos de Calidad de Hábitat.
5. Delimitar los parches de hábitat para cada especie.

Esta metodología ayuda a obtener los parches de hábitat los cuales se consideran el componente estructural de la conectividad de las especies evaluadas. Además, se obtuvieron las áreas donde estas especies convergen, lo que denota las zonas de alto valor biológico.

El primer paso para la evaluación de la conectividad estructural del área de estudio consistió en la recopilación necesaria para alimentar los Modelos de Hábitat Idóneo (MHI). Los modelos requieren de dos tipos de información:

1. Registros de especies de flora y fauna.
2. Información bioclimática del área.

El Modelo de Hábitat Idóneo (MHI) es un instrumento que permite analizar los factores ecológicos asociados a distintas poblaciones de determinada especie y que la influyen en distintos grados y modos. Esta información es analizada por distintos tipos de algoritmos que posibilitan proyectar a nivel geográfico el área que ocupa la especie. Para Soberón y Nakamura (Soberón, 2009) el propósito del modelado del nicho ecológico o del modelo de hábitat idóneo es el mismo: identificar los sitios adecuados para la supervivencia de las poblaciones de una especie por medio de la identificación de sus requerimientos ambientales.

Una vez determinados los MHI, se hará una selección de las especies que hayan surgido durante las entrevistas con los actores locales y las que cumplen con la definición de 'especies sombrilla', descrita en el Enfoque 1. Se espera que las entrevistas con los actores locales señalen las especies representativas de la región, mientras que seleccionar las especies sombrilla ayuda a que los resultados abarquen indirectamente a las especies relacionadas con éstas.

Los Modelos de Calidad del Hábitat (MCH) son el resultado de sumar y ponderar los MHI y dos tipos de variables: 1) características del paisaje y 2) amenazas potenciales a los hábitats. Las primeras se refieren a variables de topografía, uso de suelo y vegetación, hidrología superficial y ANPs; las segundas se tratan de actividades e infraestructura de origen antrópico como caminos y carreteras, actividades agrícolas, zonas urbanas e incendios. Según la especie evaluada, se

ponderarán las variables que influyen en su calidad de hábitat de acuerdo a su historia de vida.

El último proceso de la metodología es para obtener los parches de hábitat. Estos parches representan las condiciones más viables para la prosperidad de cada una de las especies. Para esto, se toman los MCH, que se tratan de capas *ráster*, se dividen sus escalas de valores de calidad de hábitat en cuatro rangos, cuartiles, y se escoge el cuartil de valores más altos para identificar espacialmente las áreas que reúnen las mejores características para que prosperen las poblaciones de las especies.

Con base en lo anterior, el análisis de hábitat del presente trabajo permitirá obtener mapas de los parches de hábitat adecuado para cada una de las especies, como un acercamiento a la conectividad estructural del área de estudio. Así mismo, permite construir diversas hipótesis de conectividad estructural para contar con elementos de abordaje de la conectividad funcional.

2.4.2 Conectividad funcional

La conectividad funcional se refiere a la respuesta en la conducta de los individuos y especies ante la estructura física del paisaje, en este último influyen los requisitos de hábitat de la especie, la tolerancia a hábitats alterados y la historia de vida. En este sentido, aunque las especies vivan en el mismo hábitat tienen respuestas conductuales diferentes y por lo tanto experimentan niveles distintos de conectividad.

La determinación de la conectividad funcional en un paisaje resulta primordial para comprobar su efectividad. Es importante tener en cuenta que para evaluar esta conectividad se debe establecer para cuál organismo o grupo de organismos resulta prioritario determinarla y cómo la misma va a depender de las características de cada especie. La utilización de 'especies focales' se puede implementar para la creación de redes de conectividad, modelamiento de hábitat y selección de áreas de conservación, de manera que sirvan como especie o especies sombrilla, cuyo

estudio pueda abarcar los requerimientos ecológicos de una gran variedad de organismos.

El proceso para determinar la conectividad funcional, toma como insumos los parches de hábitat obtenidos en el análisis de conectividad estructural y las variables que se consideran importantes para determinar la resistencia del paisaje al movimiento de las especies.

La metodología que se utilizó para el análisis consta de los siguientes pasos:

1. Selección de especies para evaluación de la conectividad funcional.
2. Obtener capas de resistencia.
 - a. Identificación de las variables para formar las capas de resistencia para cada especie.
 - b. Investigación bibliográfica para determinar los valores para la reclasificación de variables de resistencia.
 - c. Asignación de valores de resistencia para cada especie.
 - d. *Geodatabase*.
 - e. Obtención de capas de resistencia por especie.
3. Obtener corredores de menor costo y puntos de pellizco (*Linkage Mapper Pinch Point Mapper*).
4. Análisis de centralidad (*Centrality Mapper*).
5. Obtener la red de conectividad ecológica del Paisaje Sierra de Tapalpa.

Selección de especies para evaluación de la conectividad funcional

La conectividad funcional del paisaje se representa mayormente por el movimiento constante y periódico de individuos. Para evaluar la conectividad funcional del PST se eligieron las mismas especies para las que se evalúa la conectividad estructural excepto las especies de flora. Si bien la flora tiene un desplazamiento a lo largo del tiempo vital para el mantenimiento de las especies, sus mecanismos de dispersión son más complejos y requieren de más tiempo para su análisis. Debido a lo anterior, y de acuerdo a la escala y objetivos del estudio, se trabajó sólo la conectividad de la fauna, incluyendo a las especies sombrilla y a las que también fueron identificadas por gente de la región.

Obtener capas de resistencia

La determinación de las variables para obtener las capas de resistencia se basa en la bibliografía de conectividad funcional de las especies que se seleccionan. Estas investigaciones sirven como sustento para determinar los valores de resistencia que se le asignan a las diferentes variables seleccionadas. Otra fuente de información para determinar las variables, serán las entrevistas y visitas en campo con los actores locales que permitan validar y agregar información no prevista.

Para realizar las capas de resistencia, a las variables se les asignan valores en una escala de 1 a 100, dependiendo de la resistencia que representan para cada una de las especies modeladas, y de acuerdo a lo consultado en la bibliografía y en las historias de vida. Estos valores pueden consultarse en el Anexo 11. Valores de resistencia y MCH para las modelaciones. Posteriormente se reclasificaron estas capas y se almacenaron en una *geodatabase*¹. Una vez creada la *geodatabase*, se genera un archivo .xls —o archivo Excel—, en donde se registran las variables con sus respectivas clasificaciones y valores de resistencia. Por último, la capa de resistencia se obtiene usando la *geodatabase* y el archivo Excel como insumos, y pasándolos por el algoritmo de la herramienta *Gnarly Landscape Utilities > Resistance and Habitat Calculator*.

Obtener corredores de menor costo y flujo de corriente

Para cada especie se usaron los parches de hábitat, obtenidos en la evaluación de conectividad estructural, y la capa de resistencia para modelar su conectividad funcional. Estas capas sirven como insumos para las herramientas de *Linkage Mapper*, que se describen más a detalle en la sección 2.4.3.2. *Linkage Mapper*. Los corredores de menor costo y el flujo de corriente, —aquellos por los cuales se concentra un flujo de movimientos de los individuos de las especies— ayudan a obtener los corredores ecológicos para cada una de las especies y modelar las zonas con mayor resistencia.

¹ Colección de datos geográficos de varios tipos contenida en una carpeta del sistema que tienen archivos en común.

Análisis de centralidad

Los resultados del análisis de centralidad evalúan la importancia que tiene cada uno de los parches de hábitat en la red de conectividad de cada especie y jerarquiza los parches según esta evaluación, determinando aquellos parches que juegan un papel primordial en el mantenimiento de la red. Este análisis utiliza como insumos los mapas de corredores de menor costo, mapas de flujo de corriente máxima y los parches de hábitat de cada especie.

Obtener la red de conectividad ecológica del Paisaje Sierra de Tapalpa

La parte estructural de la red de conectividad ecológica del PST se obtiene realizando una sumatoria de los parches de hábitat de las especies modeladas. La sumatoria de los parches de hábitat resulta en un archivo *ráster*, el cual se reclasifica, se dividen los valores en cuatro partes iguales y se selecciona el cuartil de valores más altos. Los parches obtenidos coinciden con el resultado del análisis de centralidad. Para definir los corredores de la red se seleccionan los resultados de resistencia efectiva² generados por *Linkage Pathways*. El conjunto de parches de hábitat y los corredores de resistencia efectiva construyen la red de conectividad ecológica del PST.

2.4.2.1 *Linkage Mapper*

*Linkage Mapper*³ (LM) es una caja de herramientas de ArcMap diseñada para realizar análisis sobre la conectividad de hábitats de especies, dando como productos corredores de menor costo para el paso de fauna. El 'costo' es un valor que representa la energía, el costo energético, que los individuos 'pagan' por moverse de un área a otra, según la resistencia que opone el medio por el que se mueven. La resistencia es un valor atribuido al paisaje, según sus características

² La cantidad de resistencia acumulada por cada metro a lo largo del corredor.

³ Linkage mapper: McRae, B., y Kavanagh, D. M. (2011). Linkage Mapper connectivity analysis software. The Nature Conservancy, Fort Collins.

naturales y antropogénicas y se ahonda más en el concepto en la Sección 3 de este documento.

Es una aplicación cartográfica que permite llevar a cabo análisis territoriales basados en la conectividad de espacios naturales mediante ‘corredores biológicos’ con el fin de combinar parches de hábitat susceptibles de ser empleados por las especies. Para poder llevar a cabo este tipo de análisis es necesario que la herramienta *Linkage Mapper* disponga de datos espaciales a analizar, la delimitación de parches de hábitat a conectar y/o la distancia existente entre estas zonas.

En este tipo de análisis se realizan conexiones masivas entre múltiples parches con el fin de desarrollar trazados lineales que describen las rutas potenciales a tomar por parte de las especies. Con estos trazados es posible además determinar puntos críticos que generan fenómenos de fragmentación de hábitat.

Esta caja de herramientas ha sido utilizada en gran cantidad de estudios para observar el movimiento de fauna y facilitar la integración de criterios de conectividad ecológica en los instrumentos de ordenamiento y planeación territorial, priorizando las áreas más importantes para el mantenimiento de la conectividad (Martínez *et al.*, 2016). Con los resultados de esta herramienta se pueden identificar las rutas por donde puede pasar una especie y su resistencia a partir de la cantidad de obstáculos o barreras que hay alrededor. A diferencia de otros programas de análisis de conectividad mediante corredores, el análisis de *Linkage Mapper*, realiza una conexión masiva entre múltiples parches con la finalidad de identificar zonas prioritarias en el paisaje que favorezcan el movimiento de las especies.

Linkage Mapper cuenta con un total de cinco (5) herramientas, tres (3) de las cuales se utilizaron para realizar los modelos de conectividad funcional. En la Tabla 2 se presenta una descripción de las herramientas utilizadas, así como de los insumos necesarios para llevar a cabo el modelo.

Tabla 2. Descripción de las herramientas de Linkage Mapper para los modelos de conectividad.

Linkage Pathways – Corredores de menor costo	Descripción general:
---	-----------------------------

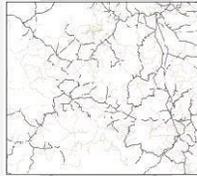
	<p>Esta herramienta utiliza mapas de resistencias y parches de hábitats para identificar y mapear la conectividad entre estas áreas. A cada una de las celdas de la capa de resistencias se le atribuye un valor, reflejando el costo de movimiento de una especie para pasar por esa celda o espacio (Gallo, s.f.).</p> <p>El mapa de resistencia se realiza a partir de la combinación de variables asociadas a la caracterización del paisaje y las amenazas potenciales de la especie (pudiendo cambiar estas variables según la especie modelada) Por otro lado, los parches de hábitat se realizan a partir de los modelos de calidad de hábitat, eligiendo el cuartil más alto de este modelo.</p> <p>Esta herramienta da como resultado mapas de corredores de menor costo que se conectan entre los parches de hábitat. Muestra la resistencia acumulada de un animal al desplazarse y alejarse de su hábitat, por lo que se pueden determinar las rutas con menor cantidad de barreras al desplazamiento de las especies. Estas barreras pueden ser condiciones naturales poco favorables, redes de carreteras y transporte, asentamientos humanos, u otro tipo de factores que hagan que estas zonas sean importantes para su priorización en el mantenimiento de la conectividad (Godínez, 2017).</p> <p><u>VARIABLES PARA CORRER EL MODELO:</u></p> <p>Mapa de resistencia y parches de hábitat</p> <p><u>Resultados:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mapas de corredores de menor costo ● Valores de resistencia acumulada en función de la distancia
<p><i>Pinch Point Mapper - Flujo de corriente máxima o corriente máxima entre parches vecinos</i></p>	<p><u>Descripción general:</u></p> <p>La teoría de circuitos se basa en analizar la conexión entre un nodo y otro por medio de un flujo de corriente (Ver anexo 12). Esta herramienta utiliza la teoría de circuitos e identifica las bandas apropiadas para conectar espacios y permitir el paso de especies, aproximándose a una dispersión territorial apropiada (McRae <i>et al.</i>, 2019).</p> <p>Los mapas de corriente se realizan a partir de los corredores de menor costo obtenidos con <i>Linkage Pathways</i>, y permiten identificar barreras o cuellos de botella a lo largo de los corredores. Estos cuellos de botella, llamados <i>pinch points</i>, representan zonas del paisaje que en caso de perderse disminuirían drásticamente la conectividad.</p> <p>En otras palabras, <i>Pinch Point Mapper</i> analiza la fragmentación del territorio y predice la conectividad entre espacios de alto valor ecológico. Las áreas con mayor flujo de corriente o <i>pinch points</i> son las más importantes para la conectividad, por lo que estas deben de ser priorizadas (Linkage Mapper Tools, s.f.).</p> <p>Una de las ventajas de esta herramienta es que proporciona la mejor información sobre el movimiento y propagación de las especies en un territorio determinado.</p>

	<p><u>VARIABLES PARA CORRER EL MODELO:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mapas de corredores de menor costo ● Parches de hábitat ● Resistencia <p><u>RESULTADOS:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mapa de flujo de corriente máxima
<p>Centrality Mapper - Centralidad de la red de conectividad</p>	<p><u>DESCRIPCIÓN GENERAL:</u></p> <p>Con esta herramienta se realiza un análisis de centralidad a partir del mapa de flujo de corriente máxima, el mapa de corredores menor costo y los parches de hábitat. Este análisis permite medir la importancia de un parche de hábitat para mantener la red conectada al aplicar la teoría de circuitos.</p> <p><u>VARIABLES PARA CORRER EL MODELO:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mapas de corredores de menor costo ● Mapas de flujo de corriente máxima ● Parches de hábitat <p><u>RESULTADOS:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mapa de centralidad

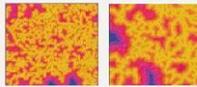
Las siguientes páginas muestran un esquema del proceso para obtener modelos de conectividad estructural y funcional.

VARIABLES

Caminos y carreteras



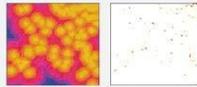
D.E. Caminos D.E. Carreteras



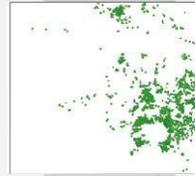
Zonas urbanas



D.E. Zonas urbanas Densidad Zonas Urbanas



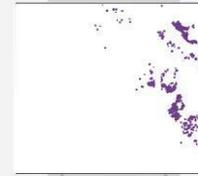
Aguacateras



D.E. Aguacateras Superficie Aguacateras



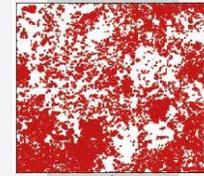
Invernaderos



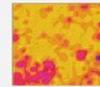
D.E. Invernaderos Superficie Invernaderos



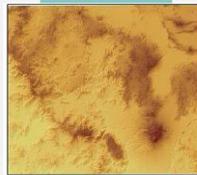
Incendios



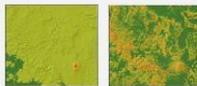
Densidad Incendios



Topografía



R. Altitud R. Pendiente



Hidrología superficial



D.E. Ríos D.E. Cuerpos de agua D.E. Escorrentías



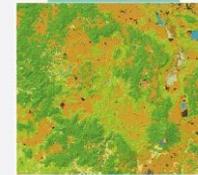
ANP



D.E. ANP



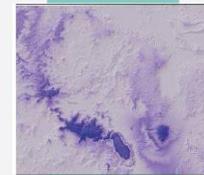
Uso de suelo



R. USV



Modelo de distribución potencial

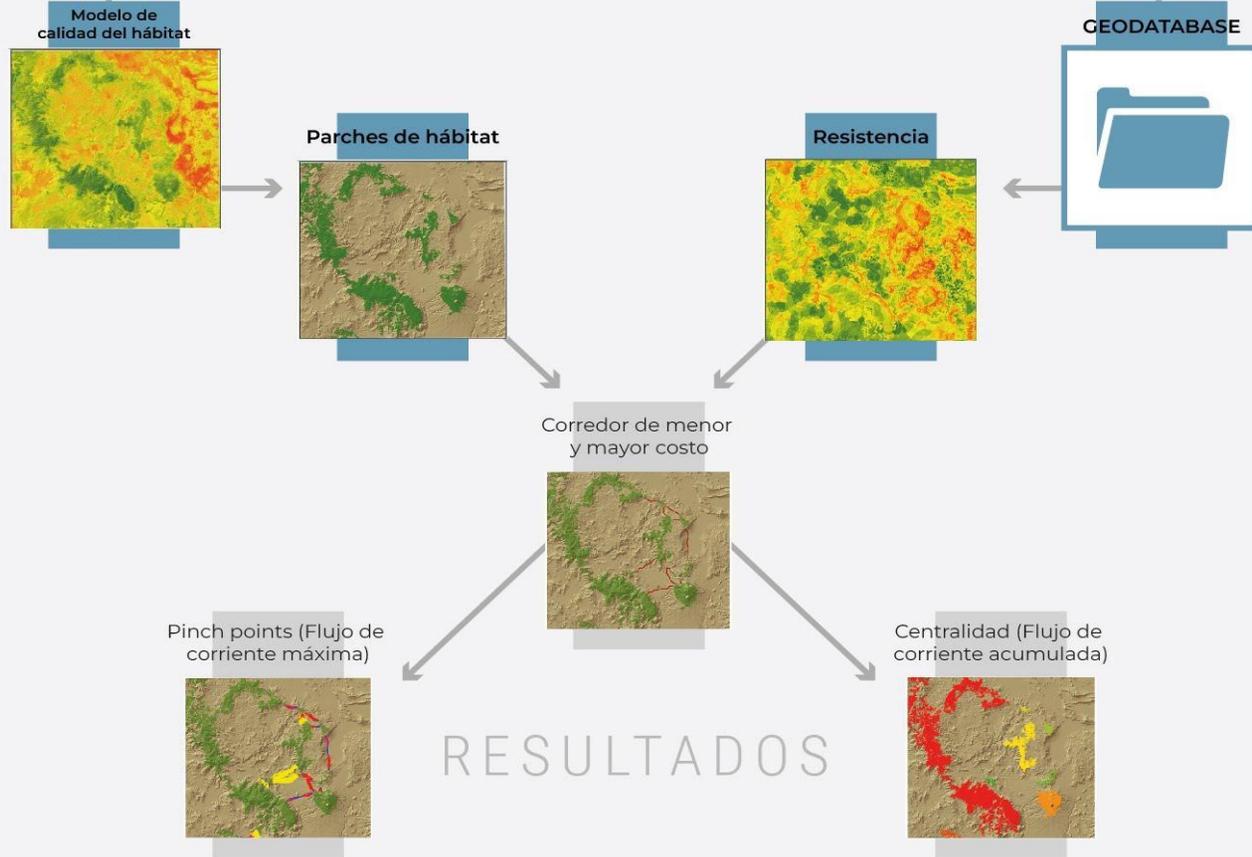


R. MDP



Esquema para obtener

modelos de conectividad



RESULTADOS

Simbología

D.E.	Densidad Euclidiana
R.	Reclasificación

3. Determinación de obstáculos para la conectividad

Mensajes clave

1. Se conocen como obstáculos (barreras) para la conectividad a los elementos físicos del paisaje que impiden el movimiento de las especies, estos pueden ser de origen natural (altas pendientes, paisajes áridos, ríos, montañas, barrancas, etc.) y antrópico (zonas urbanas, cambio de uso de suelo, carreteras, etc.).
2. Para los modelos de resistencia se tomaron en cuenta 16 variables, las cuales fueron calibradas para cada una de las especies modeladas, según sus características ecológicas. Por ejemplo, si se consideran los valores de resistencia para el cascabel y el puma con respecto a la variable de altitud, el cascabel tendrá una mayor resistencia a los 2500 msnm en comparación con el puma, ya que por sus características es poco probable encontrar ejemplares de cascabel a esa altitud.
3. Para determinar los obstáculos/barreras antropogénicas para la conectividad dentro del PST se utilizaron coberturas de uso de suelo (año 2016 obtenido de SEMADET), invernaderos (obtenido de SEMADET), aguacateras (obtenido de SEMADET), redes de transporte (obtenido de INEGI), cabañas e incendios potenciales (obtenido del sistema de alerta de incendios de la CONABIO).
4. Las huertas de aguacate representan un obstáculo para la conectividad por los impactos negativos al medio ambiente. Entre los efectos negativos se encuentran la proliferación de plagas, la contaminación de suelo y acuíferos por el uso de agroquímicos, el cambio de uso de suelo sin autorización, tala ilegal y erosión.

5. Entre el 2016 y 2018 se perdieron en la Sierra de Tapalpa 1,024.3 ha de áreas forestales, de las cuales 979.6 ha se convirtieron en áreas agrícolas. El incremento de la superficie agrícola en la Sierra de Tapalpa afecta negativamente a la calidad y disponibilidad del agua subterránea, al suelo que se deteriora por el uso de agroquímicos y a la calidad del paisaje por la introducción de barreras físicas, como el caso de los invernaderos.
6. Las zonas urbanas y redes de transporte en la Sierra de Tapalpa impactan negativamente a la conectividad de las especies porque involucran procesos como la fragmentación de hábitats, disminución de especies de flora y fauna, generación de ruido, atropellamiento, alteración del ciclo hidrológico y contaminación de agua y suelo.
7. La construcción y operación de cabañas en la Sierra de Tapalpa tiene impactos negativos por los procesos de iluminación y ruido que afectan a los procesos biológicos de ciertas especies.
8. En el PST ha aumentado la construcción de bordos de agua artificiales con geomembrana. Este aumento está directamente relacionado con el incremento de huertas de aguacate en la región, siendo una de las actividades que más demanda este tipo de infraestructuras. De un total de 1,193 bordos de agua, el 37% tiene geomembrana y el 63% no. Los bordos contruidos con geomembrana representan un riesgo de ahogamiento para la fauna silvestre.
9. Dentro del área de estudio, el PST representa una de las mayores zonas de resistencias para el paso de la fauna. A pesar de ello, el PST conserva parches de hábitat y condiciones de conservación que son de vital importancia para la conectividad, razón por la cual la conservación de la conectividad y la restauración de la misma juegan un papel relevante en la conservación de la biodiversidad.

Introducción

Los elementos físicos que impiden el movimiento de especies a través del paisaje se denominan barreras. Estas pueden ser de origen natural como altas pendientes, paisajes áridos, ríos, montañas, barrancas, etc.; o de origen antrópico como zonas urbanas, cambio de uso de suelo, carreteras, etc.

Los procesos de fragmentación en ambientes naturales ocasionados por actividades humanas (barreras) reducen la conectividad al disminuir la calidad de sus hábitats e impedir el paso de las especies en el territorio. Esto constituye una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad, que perjudica el desempeño de los procesos ecológicos, y en consecuencia la provisión de los servicios ecosistémicos (Martínez *et al.*, 2016).

Algunas de las actividades de origen antrópico que causan la alteración del medio natural son el cambio en el uso de suelo, la construcción de vías de transporte, la expansión urbana y la incidencia de incendios. Este conjunto de actividades incrementa la resistencia al movimiento de especies en el territorio. Se le denomina resistencia a la dificultad, en términos de costo fisiológico, que una especie experimenta al desplazarse de un parche de hábitat a otro. En los sistemas de información geográfica, la resistencia comúnmente se representa como un ráster, con rango de valores de 1 a 100, y cuya magnitud está relacionada al grado de dificultad para el desplazamiento de especies en un determinado territorio o paisaje (Sastre *et al.*, 2002).

Los valores de resistencia pueden cambiar por especie, y dependen en gran medida de la historia de vida de las especies, condiciones de hábitat que la especie necesita para sobrevivir y de sus factores de amenaza. Por ejemplo, para una especie cuyo hábitat natural es el bosque, las zonas forestales tendrán nula o poca resistencia y los espacios abiertos desprovistos de vegetación forestal tendrán alta resistencia (Sastre *et al.*, 2002). Asimismo, podemos asumir la existencia de una relación negativa entre los valores de resistencia de la calidad del hábitat. Es decir, si en una determinada zona tiene una resistencia de 0, la calidad del hábitat será igual a 100 y viceversa.

La disminución de los hábitats naturales en el Paisaje Sierra de Tapalpa ha tenido un gran impacto sobre los grupos faunísticos, especialmente los mamíferos de gran tamaño, ya que, para sobrevivir, estos se tendrían que desplazar por grandes extensiones de terreno. El ocelote, venado cola blanca y puma, son algunas de las especies que posiblemente se han visto afectadas por los procesos de fragmentación, alterando su distribución y densidad de población actual. El ocelote es una especie cuyo tamaño de población ha disminuido progresivamente, al punto de estar en riesgo su viabilidad biológica en su hábitat natural. Por otro lado, la pérdida del hábitat y caza del venado cola blanca ha afectado tanto a la distribución natural de la especie, como a la disminución de las poblaciones silvestres en México y Centroamérica (Ávila *et al.*, 2019).

Para determinar las barreras antropogénicas dentro de la Sierra de Tapalpa se utilizaron las siguientes variables: coberturas de uso de suelo (año 2016 obtenido de SEMADET), invernaderos (obtenido de SEMADET), aguacateras (obtenido de SEMADET), redes de transporte (obtenido de INEGI), ubicación de cabañas (obtenido de SEMADET), puntos de calor (obtenido del sistema de alerta de incendios de la CONABIO) y zonas urbanas (obtenido de SEMADET).

3.1 Identificación de barreras antropogénicas a la conectividad ecológica y sus efectos

El término resistencia es usado por algunos autores como antónimo de la conectividad del paisaje que muestra el grado en el cual el paisaje facilita o impide el movimiento de los individuos que pueden moverse al azar entre dos sitios o nodos (Taylor, Fahrig, Henein, & Merriam, 1993 citado de Serrano *et al.*, 2017).

En este sentido, los modelos de resistencia expresan la facilidad o dificultad, el costo energético o el riesgo de mortalidad asociado al movimiento de los organismos entre parches de hábitat que conforman un paisaje (Godínez, 2017) (Isaacs, Trujillo, & Jaimes, 2017). Esta técnica busca especializar las zonas hostiles

para el movimiento de las especies construida a partir de la unión de diferentes variables espaciales como por ejemplo cobertura, pendiente, altura, presencia de infraestructura humana, distancia a fuentes de agua, entre otros aspectos del habitar que son importantes para las especies, con valores que se asignan a dichas variables según faciliten o impidan la dispersión de los individuos (Isaacs, Trujillo, & Jaimes, 2017).

A través del modelo de resistencia, es posible representar diferentes formas de conectividad, ya sea para garantizar la conservación, promover la restauración y/o proponer mejoras de estrategias de uso, por mencionar algunas.

Por lo anterior, se realizó una búsqueda y consulta en artículos y trabajos de grado utilizando palabras clave como: estado de conservación, conectividad, modelado y variables de resistencia, con la finalidad de identificar e integrar las principales variables necesarias como insumos para el modelado de la conectividad del PST. Los resultados de la investigación bibliográfica de variables de resistencia se muestran a continuación, en la Tabla 3.

Tabla 3. Identificación de variables de resistencia para modelos de conectividad del paisaje en la bibliografía. Fuente: Elaboración propia.

Autor	Título	Año	Revisión	Variables
Alonso-F, A. M., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S., & Palomeque, X.	Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador	2017	Artículo	Usos de suelo <ul style="list-style-type: none"> ● Agroforestería ● Cuerpos de agua ● Cultivos ● Infraestructura ● Matorral alto ● Matorral bajo ● Páramo ● Pastos degradados ● Pastos y cultivos ● Vegetación herbácea ● Bosque
Cabezas Mesías, M. Y.	Análisis de Fragmentación y Conectividad	2020	Tesis	Unidad de cobertura de la tierra <ul style="list-style-type: none"> ● Pastos limpios

	Estructural del Paisaje en la Cuenca Hidrográfica del Río Calenturitas,			<ul style="list-style-type: none"> ● Pastos enmalezados ● Zonas pantanosas ● Red vial, ferroviaria y terrenos asociados ● Zonas industriales o comerciales ● Aeropuertos ● Vegetación secundaria o en transición ● Zonas de extracción minera ● Bosque de galería y/o ripario ● Lagunas, lagos y ciénagas naturales ● Tierras desnudas y degradadas ● Ríos ● Pastos arbolados ● Mosaico de pastos con espacios naturales ● Bosque denso ● Cultivos permanentes arbóreos ● Tejido urbano continuo ● Bosque fragmentado ● Tejido urbano discontinuo ● Canales ● Cultivos permanentes arbustivos
Correa Ayram, C. A., Mendoza, M. E., & López Granados, E.	Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México	2014	Artículo	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipos de cobertura y uso del suelo: bosques cerrados, abiertos y semiabiertos. Asociaciones arbóreas de coníferas (pino, oyamel, cedro blanco), bosques de encino y bosques mixtos. ● Matorrales ● Pastos halófilos ● Vegetación acuática ● Plantaciones forestales ● Pastizales inducidos y cultivos ● Cuerpos de agua: Masas de agua de origen natural y artificiales como presas y reservorios. ● Asentamientos humanos: Áreas residenciales agregadas, comerciales, servicios y carreteras
Oscar Godínez Gómez	Evaluación del Estado de	2017	Tesis	<ul style="list-style-type: none"> ● Altitud (ALT) ● Pendiente en grados (P)

	Conservación del hábitat de tapir en el Sureste de México			<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de cobertura forestal (PCF) • Distancia a ríos (DR) • Distancia a poblados (DP) y Densidad de población km² (DEP) • Distancia a carreteras (DC) • Densidad de puntos de calor por km² (DPC)
Paola Isaacs-Cubides, Ledy Trujillo & Vilma Jaimes	Zonificación de alternativas de conectividad ecológica, restauración y conservación en las microcuencas Curubital, Mugroso, Chisacá y Regadera, cuenca del río Tunjuelo (Distrito Capital de Bogotá), Colombia	2017	Artículo	<p>Criterio biótico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Patrones florísticos y de biodiversidad de las comunidades vegetales caracterizadas en microcuencas • Reportes del zorro, especie considerada clave para la conectividad en el área <p>Criterio socioeconómico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas abastecedoras del recurso hídrico • Tipo de suelo potencial (suelo, relieve, vulnerabilidad y amenaza), en esta capa se distinguen dos tipos de uso de suelo, el uso urbano y agrícola (mayor resistencia) y el uso no permitido y áreas de conservación (menor resistencia). • Tamaño del predio <p>Criterio físico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capas de distancia hacia los ríos • Amplitud y tráfico en vías • Cobertura de la tierra, donde el valor máximo son coberturas naturales y un menor valor las áreas intervenidas. • Áreas abastecedoras de acueductos • Áreas protegidas (parques, reservas, santuarios) • Capas de la Estructura Ecológica Distrital y tamaño de los predios.
Serrano-Rodríguez, A., Escalona-Segura, G., Plasencia	Distribución potencial y conectividad del paisaje: criterios para reevaluar el	2017	Artículo	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura media anual • Intervalo diurno de temperatura • Desviación estándar de la temperatura • Máxima temperatura del mes más cálido

Vázquez, A., IñigoElias, E., & Ruiz-Montoya, L.	grado de amenaza de Campylorhynchus yucatanicus (Aves: Troglodytidae)			<ul style="list-style-type: none"> • Mínima temperatura del mes más frío • Precipitación media anual • Precipitación del mes más seco • Precipitación del mes más húmedo • Coeficiente de variación de la precipitación • Índice topográfico • Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (abril y octubre)
---	---	--	--	--

De acuerdo con la tabla, de los seis trabajos analizados, los insumos clave que alimentan el modelo de resistencia son tipos de cobertura y usos de suelo. Cabezas Mesías (2014) señala que debe considerarse las coberturas terrestres, atribuyendo un valor que refleja el costo energético, la dificultad o el riesgo de mortalidad de moverse a través de dichas coberturas.

A partir de esta revisión se escogieron los insumos para alimentar el modelo de resistencia del PST. Se muestran en la Tabla 4 las variables seleccionadas y una breve justificación sobre por qué se eligieron, así como la relación de la variable con la bibliografía.

Tabla 4. Variables seleccionadas para modelar la resistencia del PST. Fuente: Elaboración propia.

No	Cobertura de resistencia	Justificación
1	Zonas urbanas y zonas rurales	La clasificación resaltará las diferencias entre la resistencia de que oponen zonas urbanas y zonas rurales. La resistencia de ambas zonas será mayor a zonas de conservación o de vegetación. (Cabezas Mesias, 2020) (Correa, Mendoza, & López Granados, 2014) (Isaacs, Trujillo, & Jaimes, 2017)
2	Uso de suelo y vegetación	Se busca resaltar la facilidad o dificultad de las especies a través de los diferentes usos de suelo y vegetación. Zonas de mayor conservación y donde existan menos actividades productivas tendrán un valor menor de resistencia.

No	Cobertura de resistencia	Justificación
		(Alonso, Finegan, Brenes, Günter, & Palomeque, 2017) (Isaacs, Trujillo, & Jaimes, 2017)
3	Carreteras o vías de comunicación	<p>La clasificación se hará de acuerdo con el tipo de vía de comunicación, aquellas de mayor tránsito y velocidad permitida serán más resistentes al movimiento de las especies.</p> <p>(Isaacs, Trujillo, & Jaimes, 2017) (Godínez, 2017) (Alonso, Finegan, Brenes, Günter, & Palomeque, 2017)</p>
4	Relieve o topografía	<p>Se pretende señalar que las diferentes alturas permiten o disminuyen la conectividad dependiendo de la especie analizada.</p> <p>(Godínez, 2017)</p>
5	Presencia de desarrollos inmobiliarios turísticos	<p>Clasificándolos como de menor resistencia que las zonas urbanas y rurales para observar su influencia en los patrones de conectividad funcional.</p> <p>(Cabezas Mesias, 2020)</p>
6	Actividades productivas: cultivos protegidos y huertas	<p>Diferentes tipos de cultivos representan diferentes resistencias. Con información de parcelas de aguacate y de cultivos protegidos, esto se tratará con una resistencia diferente al territorio con política de aprovechamiento agrícola.</p> <p>(Isaacs, Trujillo, & Jaimes, 2017)</p>
7	Cuerpos de agua y ríos que limitan el paso	<p>Al igual que las vías de comunicación, según las características de ancho de las corrientes de agua pueden significar mayor resistencia según la especie evaluada.</p> <p>(Godínez, 2017) (Isaacs, Trujillo, & Jaimes, 2017)</p>
8	Incendios	<p>Las zonas perturbadas por incendios forestales son parches de territorio que ya no presentan las mismas condiciones para la conectividad que las áreas forestadas.</p> <p>(Godínez, 2017)</p>

Un factor que también se consideró derivado de esta revisión son las técnicas metodológicas para la obtención de la información sobre variables de resistencia, como son las salidas de verificación en campo, reuniones con expertos y revisión de repositorios de información sobre biodiversidad de gobierno. Esto permite, por un lado, identificar criterios importantes en la selección y delimitación del área de estudio, y por otro, se actualiza y valida la información mientras se crean alianzas con actores clave en el territorio que permitan tener un panorama más amplio en la toma de decisiones.

Otro aspecto a señalar es la importancia de mejorar la conectividad estructural en las zonas fragmentadas e integrar la conectividad funcional como herramienta clave para la conservación y conectividad (Alonso, Finegan, Brenes, Günter, & Palomeque, 2017). El análisis de conectividad es un insumo que complementa los diseños propuestos de áreas protegidas con base en la configuración y composición del paisaje en donde es posible identificar diferentes escenarios de conectividad modelados (Isaacs, Trujillo, Jaimes, 2017).

3.1.1 Aguacateras

El aguacate es el cultivo con mayor dinamismo registrado en el sur del estado de Jalisco, donde las plantaciones empezaron a crecer a partir del año 2000. La superficie cultivada ha incrementado durante las últimas décadas debido a su creciente popularidad y apertura en mercados internacionales. Las condiciones agroecológicas de la Sierra de Tapalpa son propicias para el cultivo eficiente de aguacate, esto debido a los suelos de naturaleza volcánica que surgen a partir de las cenizas y que son ricos en materia orgánica y nutrientes, y presentan condiciones favorables para la infiltración de agua. Sin embargo, la ausencia de reglamentos municipales que obliguen registrar nuevas huertas de aguacate y la dificultad del gobierno para vigilar el área forestal, hace que sea difícil controlar el crecimiento de las huertas de aguacate, además de que no sean gestionadas correctamente para no afectar los servicios ecosistémicos de la zona (Macías, 2009).

En la siguiente figura y tabla, se observa la distribución de las huertas de aguacate a lo largo de la Sierra de Tapalpa. De los cuatro municipios, San Gabriel cuenta con el mayor número de hectáreas de huertas de aguacate.



Figura 17. Distribución de huertas de aguacate en la Sierra de Tapalpa. Fuente: SEMADET.

Tabla 5. Superficie y número de huertas de aguacate por municipio. Fuente: SEMADET.

Municipios	Superficie de huertas de aguacate (ha)	Número de huertas
San Gabriel	4,020.2	410
Tapalpa	459.4	56
Chiquilistlán	359.3	74
Atemajac de Brizuela	48.7	7

En el área de estudio, se puede observar que las huertas de aguacate se encuentran mayormente distribuidas alrededor del Nevado y Volcán de Colima.

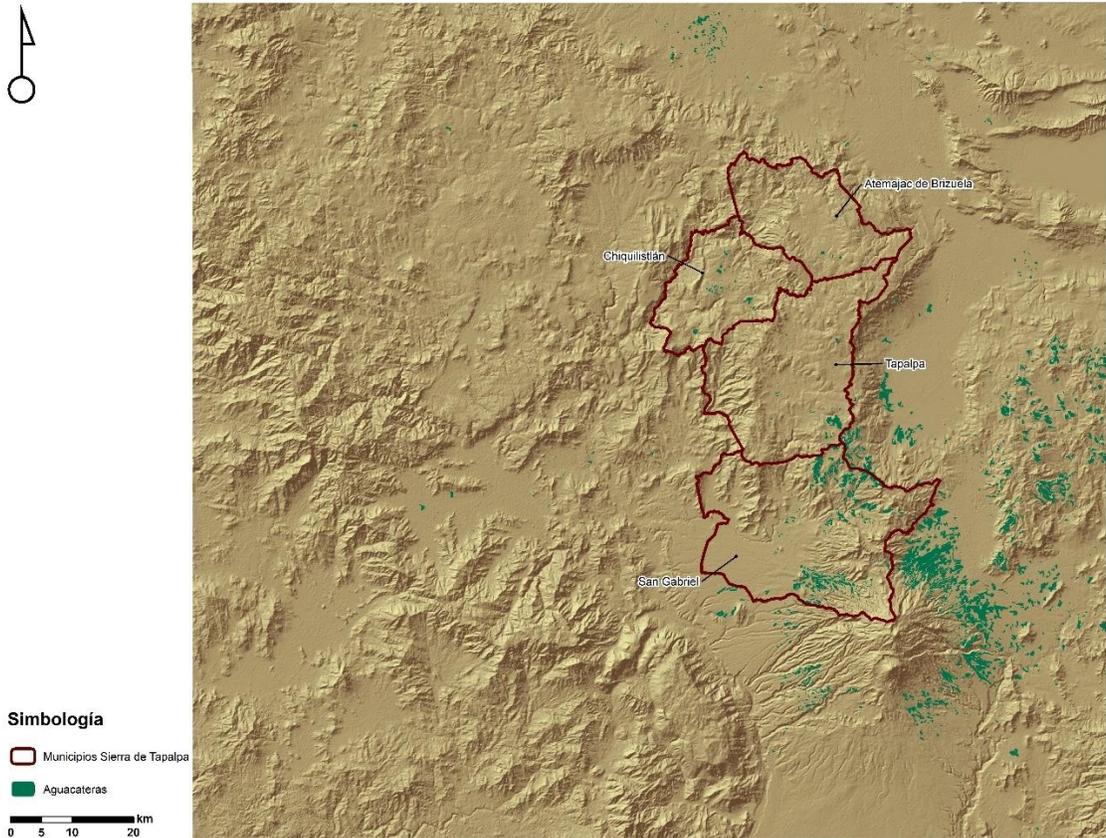


Figura 18. Distribución de huertas de aguacate en el área de estudio. Elaborado con información de SEMADET.

De entre los impactos negativos de las aguacateras con respecto a la conectividad ecológica, se encuentran los siguientes:

Tabla 6. Impactos negativos de las huertas de aguacate (Macías, 2009).

<p>Propagación de plagas</p>	<p>Proliferación de plagas por el cambio de uso de suelo. El pino ayuda a mantener el balance biológico del suelo y sin este se potencia la expansión de hongos, como el caso del hongo <i>Armillaria mellea</i>, el cual pudre el sistema radicular de las plantas.</p>
<p>Uso de agroquímicos</p>	<p>Uso de agroquímicos que generan desequilibrios en los ecosistemas, algunos de estos incluso altamente peligrosos. Estos pueden inhibir la protección que ciertos organismos le proveen a los pinos, haciéndolos más vulnerables a ataques de plaga que los debilita y los deja susceptibles a artrópodos depredadores.</p>

	El uso de agroquímicos puede ocasionar contaminación del suelo y acuíferos. Además, su uso afecta a las poblaciones de flora y fauna benéfica, como los polinizadores.
Cambio de uso de suelo	La falta de vigilancia en las áreas forestales ocasiona un crecimiento desmedido de aguacateras ilegales y, por ende, un cambio de uso de suelo sin autorización. El cambio desordenado del uso de suelo y la tala ilegal puede generar procesos de erosión y menor infiltración de agua.
Atracción de especies de fauna	Las huertas de aguacate pueden atraer fauna, sin embargo, esta puede verse susceptible a ataques por agricultores o población cercana.

3.1.2 Invernaderos (*berries*)

En México, la naturaleza se ha visto amenazada por la agricultura de frutas y hortalizas en diversas regiones y épocas, provocando escasez de recursos, contaminación, incremento de enfermedades y proliferación de plagas. A partir del 2011, algunos de los productores de papa de la Sierra de Tapalpa pusieron huertas de fresa y de frambuesa, con el motivo de rotar cultivos y de experimentar nuevas oportunidades de mercado. Así mismo, los agricultores de maíz empezaron a cambiar sus cultivos por aguacate o *berries* y, por otro lado, varias agroempresas transnacionales y nacionales comenzaron a establecer contratos con agricultores locales para la producción de frutas en invernaderos (Macías *et al.*, 2020).

En los últimos 10 años, en el Sur de Jalisco, las parcelas destinadas a la producción de *berries* han aumentado en tamaño, alcanzando un total de 5,337 hectáreas en el 2019. A lo largo del 2018, la producción de aguacate y *berries* significó el 31.8% de la producción agrícola regional (Macías *et al.*, 2020). Según la matriz de cambio del paisaje Sierra de Tapalpa (SEMADET, 2018), donde se hizo una comparación de uso de suelo entre 2016-2018, se perdieron 1,024.3 hectáreas de áreas forestales, de las cuales 44.7 ha se convirtieron en pastizal y 979.6 ha en tierras agrícolas.

En la siguiente figura, se muestra un mapa sobre la distribución de invernaderos de *berries* a lo largo de la Sierra de Tapalpa. En este caso, el municipio de Tapalpa es el único con registros oficiales de cultivos de *berries*, teniendo un monto de 65 invernaderos, los cuales suman un total de 577 hectáreas.



Figura 19. Distribución de invernaderos (berries) en la Sierra de Tapalpa. (SEMADET).
 Tabla 7. Superficie y número de invernaderos por municipio. Fuente: SEMADET.

Municipios	Superficie de invernaderos (ha)	Número de invernaderos
Tapalpa	577	65

En el área de estudio, los cultivos de *berries* se distribuyen al este del Paisaje Sierra de Tapalpa.

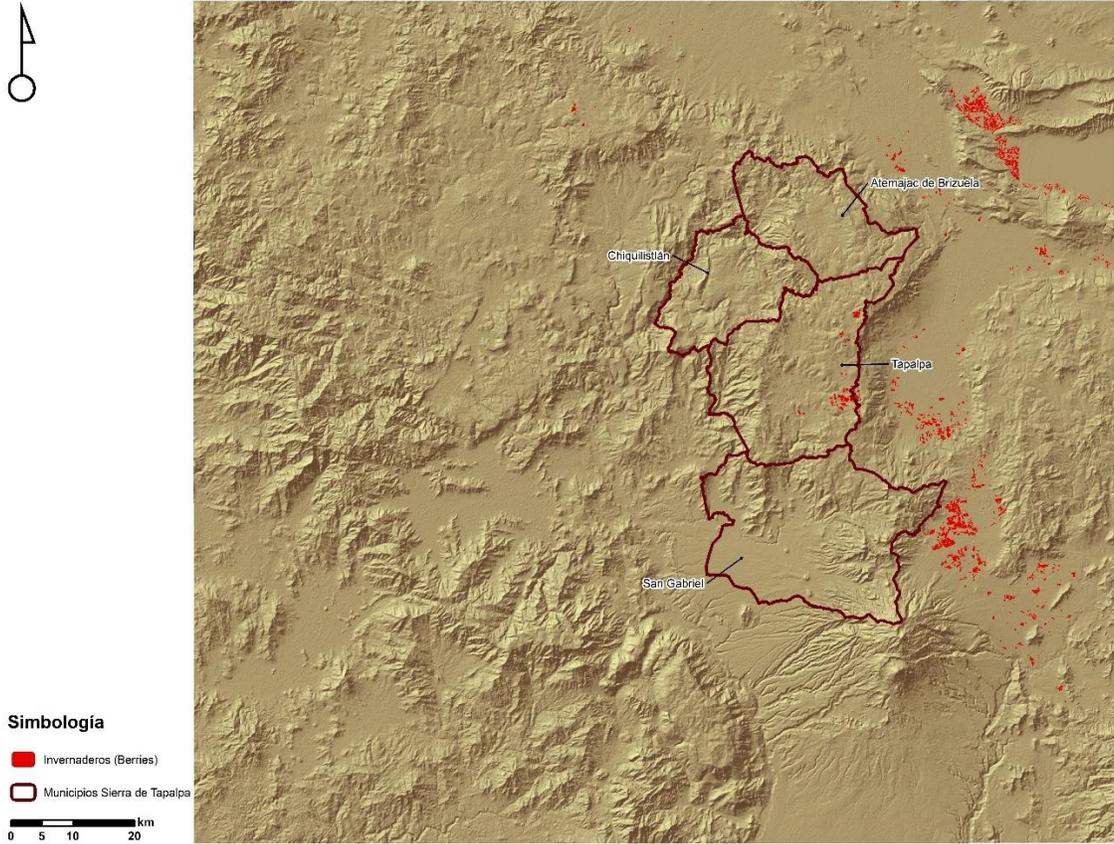


Figura 20. Distribución de invernaderos (berries) en el área de estudio.

El aumento en la producción de *berries* y el uso extensivo de terrenos agrícolas para esta actividad, han ocasionado daños medioambientales que afectan a la conectividad ecológica, de entre los cuales se encuentran los siguientes (Macías *et al.*, 2020):

Tabla 8. Impactos negativos de los invernaderos (Macías, 2009).

<p>Contaminación del agua por infiltración y sedimentación de pesticidas</p>	<p>Disminución de la calidad del agua subterránea y sobreexplotación de acuíferos.</p>
<p>Uso de agroquímicos y sobreexplotación de la tierra</p>	<p>Uso de agroquímicos que generan desequilibrios en los ecosistemas, algunos de estos incluso altamente peligrosos. Estos pueden inhibir la protección que ciertos organismos le proveen a los pinos, haciéndolos más vulnerables a ataques de plaga que los debilita y los deja susceptibles a artrópodos depredadores.</p> <p>El uso de agroquímicos puede ocasionar contaminación del suelo y acuíferos. Además, su uso afecta a las poblaciones de flora y fauna benéfica, como los polinizadores.</p>

	El uso de agroquímicos y desecho inadecuado de los envases de pesticidas también afecta la calidad y productividad de los suelos.
Impacto a la calidad del paisaje	Impacto a la calidad del paisaje por la introducción de barreras físicas.
Proliferación de plagas	Proliferación de plagas y enfermedades ya que los tiempos de siembra son continuos y no hay periodos para el descanso de la tierra.
Cambio en el uso de suelo	Pérdida de la superficie forestal por el cambio de uso de suelo.

3.1.3 Zonas pecuarias

La ganadería en Jalisco, como en otras regiones de México, es una actividad económica importante en las comunidades rurales. Sin embargo, es también por sus prácticas de manejo (quemadas, sobrepastoreo, introducción de pastos), un factor de presión sobre los recursos naturales (Biopasos, 2020).

En el estado de Jalisco la ganadería es la actividad económica más importante del sector agropecuario de acuerdo con el aporte al Producto Interno Bruto (PIB), ya que los resultados de producción reflejan que la entidad es autosuficiente en alimentos de origen animal, además de aportar dichos productos al resto del país (Biopasos, 2020).

La extensión de esta práctica lleva consigo varios impactos a los diferentes ecosistemas dentro de la Sierra de Tapalpa, por ejemplo, la reducción de zonas forestales para la producción de forraje y pastoreo, la contaminación de cuerpos de agua, emisiones de gases de efecto invernadero, presencia de enfermedades, erosión de suelos, y pérdida de biodiversidad (FAO, 2006). Es importante señalar que en diferentes entrevistas en campo los residentes de la Sierra de Tapalpa han manifestado una disminución considerable en la actividad pecuaria y que parte de los motivos es la migración a otras actividades productivas más rentables.

3.1.4 Zonas urbanas y red de transporte

La expansión urbana y la construcción de nuevas vías de transporte constituyen un impacto negativo para la conectividad de las especies. Entre sus efectos está la

fragmentación de hábitats, disminución de especies de flora y fauna nativa, generación de ruido, atropellamiento, alteración del ciclo hidrológico y contaminación de agua y suelo. En las siguientes figuras se puede observar la ubicación de carreteras, caminos y zonas urbanas, dentro de la región Sierra de Tapalpa y zona de estudio.

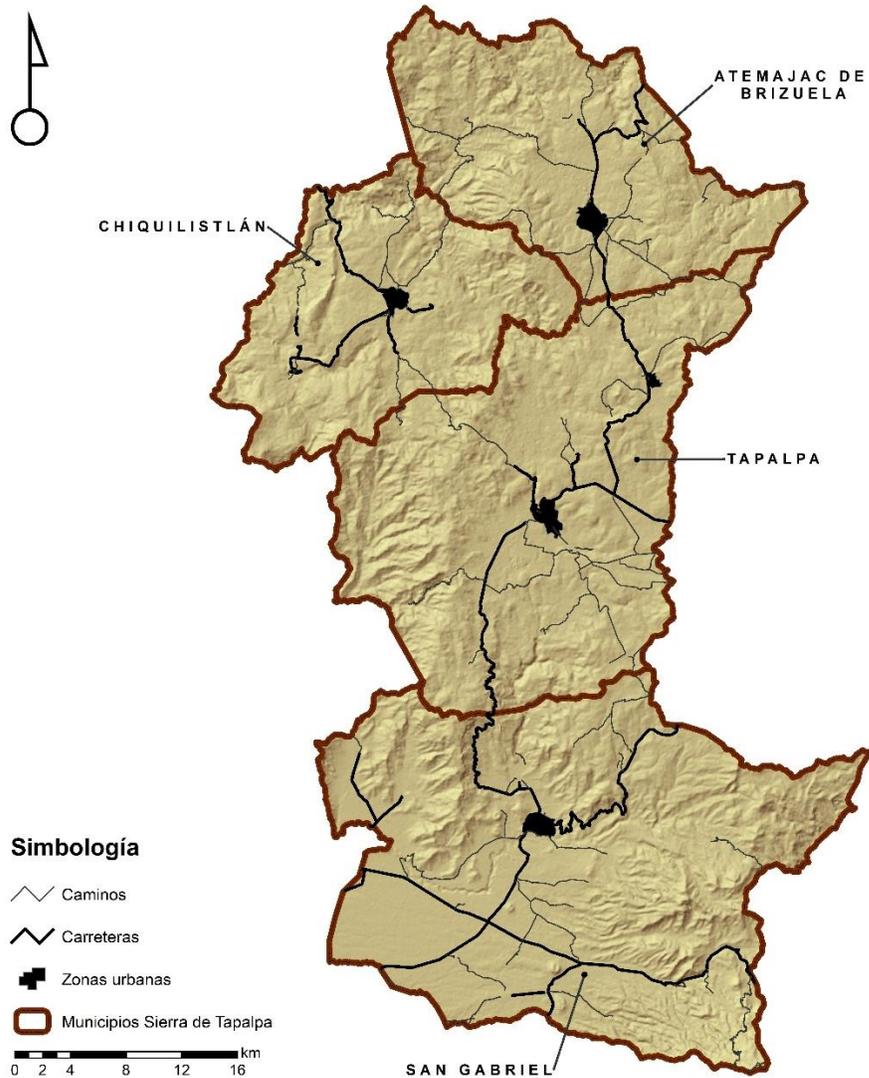


Figura 21. Zonas urbanas, caminos y carreteras en la región Sierra de Tapalpa.

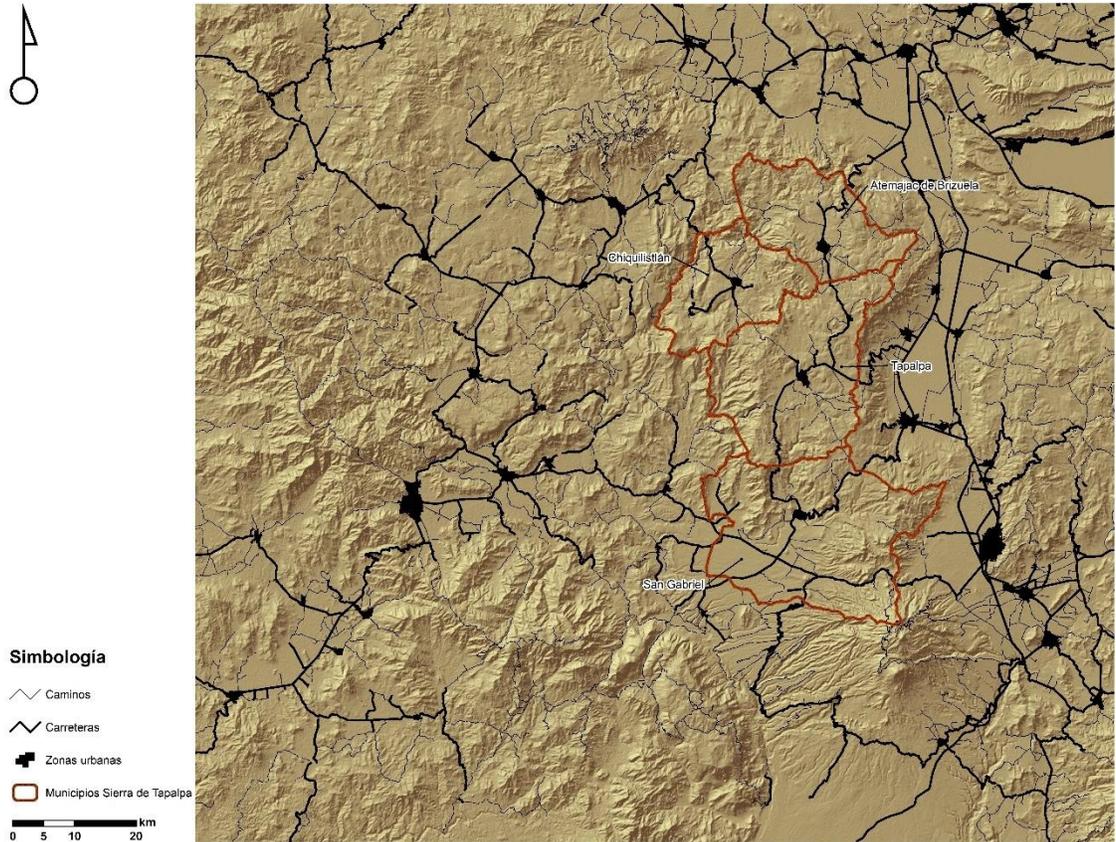


Figura 22. Zonas urbanas, caminos y carreteras en el área de estudio.

La fragmentación del hábitat se subdivide en dos efectos principales que amenazan la conectividad y supervivencia de especies, los cuales son denominados efecto barrera y efecto borde. El efecto barrera se produce cuando se impide la movilidad de las especies. Al estar limitado el movimiento de los animales, también se limitan las zonas para la obtención de alimento y agua, comprometiendo la subsistencia de las especies. El efecto barrera también tiende a generar meta poblaciones, siendo estas grandes poblaciones de grupos de especies divididas en subpoblaciones más pequeñas y parcialmente aisladas. Algunos de los tamaños de estas poblaciones llegan a ser tan pequeños que no se llevan a cabo los procesos reproductivos, pudiendo generar extinciones locales de especies (Arroyave *et al.*, 2006).

Por otro lado, el efecto borde sucede cuando un ecosistema es fragmentado y cambian las condiciones bióticas y abióticas. Muy cerca de las carreteras estas condiciones se producen, ya que hay mayor temperatura, mayor radiación, y mayor susceptibilidad al viento. Algunas de las consecuencias del efecto borde son la

modificación de la distribución y abundancia de especies, el cambio en la estructura de la vegetación y en la disponibilidad del alimento de la fauna. En algunos estudios sobre el efecto borde de las carreteras se ha observado que la densidad de las poblaciones disminuye cuando estas viven cerca de los bordes de las carreteras que lejos de ellas (Arroyave *et al.*, 2006).

Por último, el ruido, la contaminación ambiental y visual generados por el tráfico vehicular producen cambios en los patrones reproductivos de las especies. Siendo el ruido el impacto de mayor índole ya que también produce efectos en el desplazamiento y reducción de áreas de actividad de los animales (Arroyave *et al.*, 2006).

3.1.5 Cabañas

En la Sierra de Tapalpa el turismo es una de las principales actividades económicas. Este sector genera una fuerte derrama, pero a su vez conlleva implicaciones sociales, culturales y ambientales. Al igual que todas las actividades humanas, la actividad turística genera impactos territoriales en los destinos. Algunos de estos impactos pueden ser constatados a simple vista: incremento en la oferta de servicios, aumento del número de visitantes, mejoramiento de la imagen urbana, entre otras.

Al ser el territorio el principal recurso que detona la actividad turística, es éste en donde se reflejan las transformaciones y reconfiguraciones originadas a partir de su incursión en el mercado turístico. La transformación del paisaje es el principal indicador de los cambios que ha impuesto en la Sierra de Tapalpa la actividad turística, seguida de la agricultura. Las áreas boscosas han sido interrumpidas por desarrollos inmobiliarios de casas y cabañas destinadas al llamado turismo de segunda residencia. En la siguiente figura se muestra un mapa donde se encuentran espacialmente ubicadas las cabañas dentro del Paisaje Sierra de Tapalpa, donde el municipio de Tapalpa tiene la mayor cantidad de cabañas.

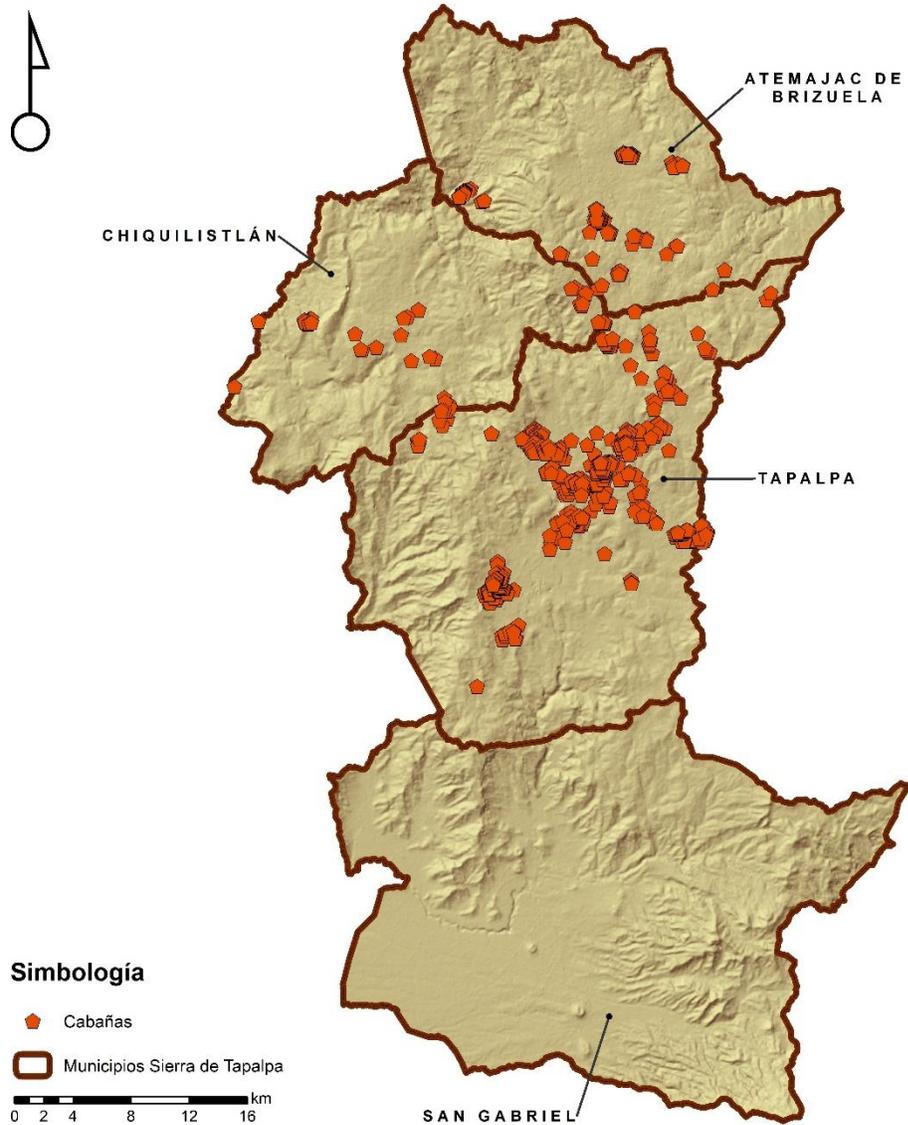


Figura 23. Ubicación de cabañas en la región Sierra de Tapalpa.

De entre los efectos negativos de las cabañas con respecto a la conectividad ecológica se encuentran el desplazamiento de fauna y cambios en su sistema reproductivo por la iluminación y ruido generado en estos complejos, contaminación por el mal manejo de residuos, generación de incendios, erosión del suelo por el uso de caminos y terracerías, entre otros.

Los efectos de la iluminación y ruido afectan a la fauna de la zona. La luz nocturna llega a reducir los niveles de melatonina en algunos animales, los más afectados son los animales nocturnos: la mitad de los mamíferos y gran cantidad de aves. La iluminación puede afectar el comportamiento de poblaciones y comunidades de

animales en la búsqueda de comida, hábitos reproductivos, de orientación, migración –algunas especies de aves se guían por la luz de estrellas–, comunicación, competencia y depredación. Asimismo, se repercute el ciclo de vida de la flora (Ponce, 2014).

En algunos insectos la luz artificial puede afectar su ciclo reproductivo, como es el caso de la luciérnaga, pues la iluminación imposibilita su comunicación ya que estas emiten señales luminosas de muy baja intensidad y por ende se dificulta su reproducción (Ponce, 2014).

En caso de usar lámparas de radiación ultravioleta, los insectos se vuelven más sensibles a esta luz, lo que ocasiona una concentración alrededor de ellas, provocando que las especies depredadoras sean incapaces de cazarlos en esas condiciones. Al disminuir la población de insectos, los vertebrados e invertebrados se quedan sin su fuente principal de proteínas y alimento, por lo que se provoca un desequilibrio en la base de la cadena trófica. La disminución de insectos puede provocar una menor polinización de las flores que se abren durante la noche. Por otro lado, la contaminación lumínica puede alterar el proceso de fotosíntesis, provocando el envejecimiento prematuro o el adelanto de la floración de las especies. El cambio en la vegetación también modifica el hábitat de los animales (Ponce, 2014).

Otro de los efectos que tiene un gran impacto es la contaminación acústica o sonora, esta se refiere al exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. La elección de un hábitat por parte de los animales depende, en buena medida, de los ruidos que se producen en él. La alteración del campo acústico en los hábitats, como consecuencia de las acciones del hombre, puede producir el enmascaramiento de nichos espectrales, afectando a la comunicación de los animales.

El ruido puede afectar el equilibrio de las comunidades animales, en especial a las aves, además de disminuir la calidad del hábitat para las especies sensibles a elevadas intensidades sonoras, pues en estos lugares la fauna evita realizar algunas de sus funciones biológicas como la reproducción, disminuyendo la cantidad de

hábitat disponible y posibilitando su fragmentación. (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Natural y Marino, 2010).

3.1.6 Bordos de agua

Los bordos de retención de agua pluvial son infraestructuras recurrentes en las actividades productivas agrícolas y pecuarias. Uno de los problemas relacionados con este tipo de obras es el ahogamiento de fauna silvestre, particularmente, en las ollas que se recubren con geomembrana. Esta problemática se mencionó durante las entrevistas con productores de aguacate y *berries*, dos de las actividades que más dependen de los bordos de agua.

La construcción de infraestructura para la retención de agua interrumpe la conectividad longitudinal de los cuerpos de agua y representa una amenaza para la supervivencia de las especies. En actividades productivas, los bordos, con y sin geomembrana, se construyen especialmente para retener y compensar la escasez de agua en la zona y asegurar la producción agrícola y pecuaria. Los bordos con geomembrana funcionan como barreras sintéticas que además de retener agua pueden evitar la migración de los contaminantes al suelo (GEOASI, 2016). Sin embargo, ambos tipos de bordo tienen un impacto en la fauna y representan un riesgo para la conectividad.

Al ser espacios donde se almacena el agua, la fauna puede ingresar para beber agua; si el bordo es construido con geomembrana, le será difícil salir, dado que, al ser de plástico, se vuelve resbaladizo, provocando que el individuo se ahogue. Por otro lado, también existe un riesgo por intoxicación, ya que el agua almacenada puede estar contaminada por plaguicidas. Esto mismo ocurre con los bordos sin geomembrana debido a la infiltración de contaminantes por el suelo. Por lo anterior, se realizó una búsqueda de bordos con y sin geomembrana en el PST para visualizar este riesgo para la conectividad.

Se digitalizaron los bordos de agua identificados mediante Google Earth. La digitalización de los bordos se muestra en la Figura 24. En el Paisaje Sierra de Tapalpa se identificaron un total de 1,193 bordos distribuidos en 148 hectáreas, de los cuales 37% tienen geomembrana y 63% no. El municipio con menor

construcción de ambos tipos de bordos es Atemajac de Brizuela, en cambio, San Gabriel, fue el municipio con mayor porcentaje de bordos con geomembrana. Es importante señalar que la localización de los bordos está relacionada con las actividades productivas de cada municipio, en particular en el cultivo de aguacate.

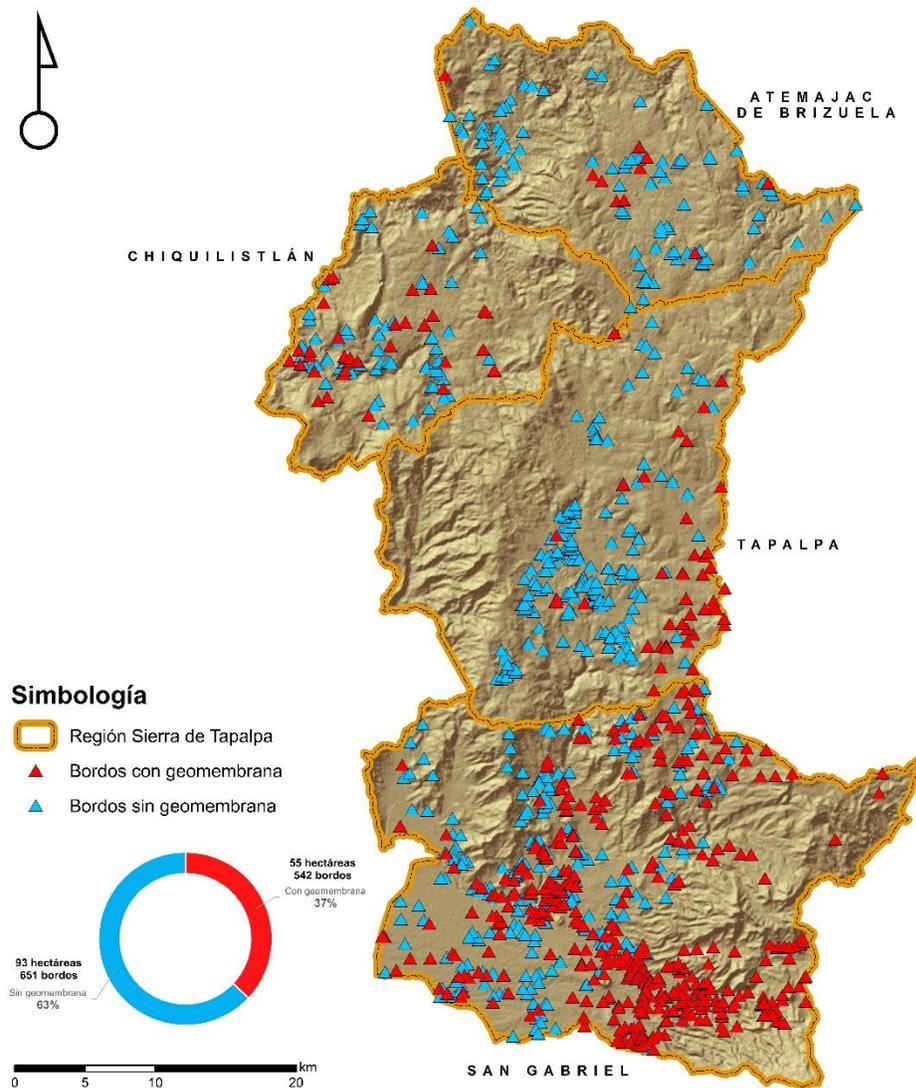


Figura 24. Identificación de bordos de agua con y sin geomembrana en los municipios de la Región de la Sierra de Tapalpa. Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, los bordos atraen a la fauna y les sirven de abrevaderos. Es importante tomar en cuenta esto antes de la construcción de este tipo de infraestructura ya que su diseño puede convertirlos en trampas o en elementos del sistema que sirvan como abrevaderos para la fauna silvestre. El

diseño de los bordos debe considerar lo mencionado anteriormente por lo que se presentan dos opciones:

1. Evitar el ahogamiento de fauna al cercar con malla ciclónica y plástica los bordos con geomembrana o con paredes muy pronunciadas.
2. Servir de abrevaderos para la fauna al considerar un diseño a manera de terrazas, usando material geológico para la retención de agua, evitando el uso de geomembranas.

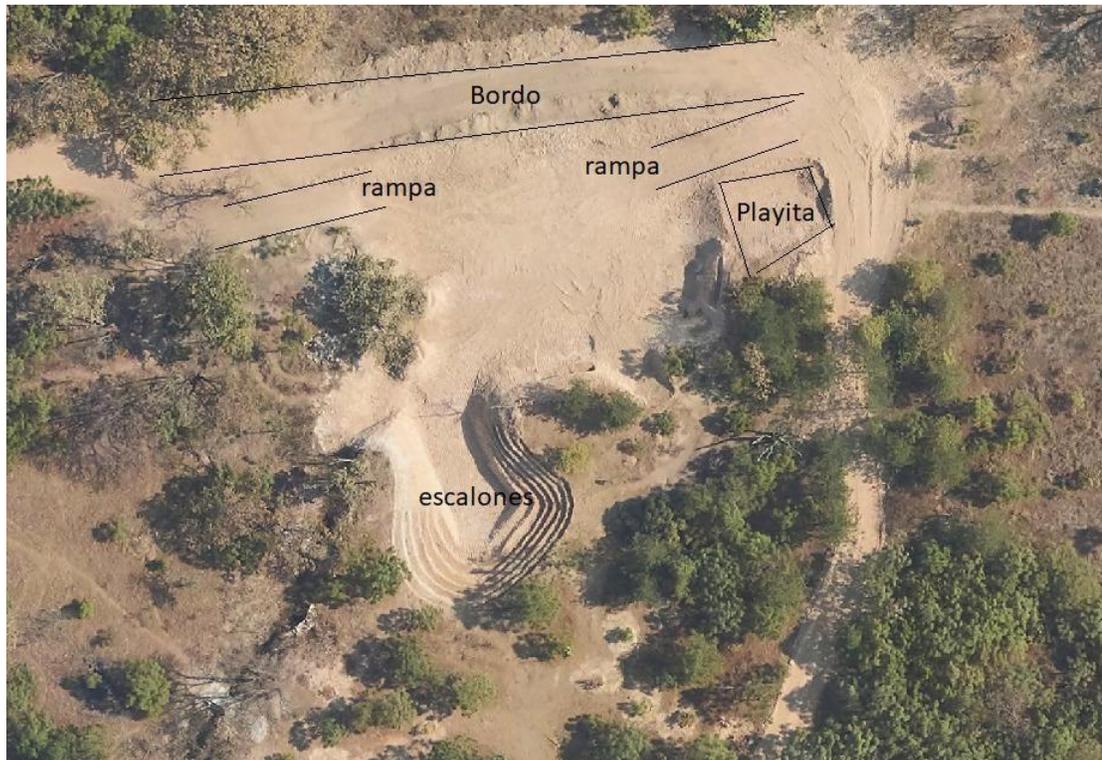


Figura 25. Diseño de bordo que sirve de abrevadero y evita el ahogamiento de fauna. Fuente: Juan Luis Sube Ramírez.

3.1.7 Incendios

Los incendios son una perturbación común en los ecosistemas forestales de México. El conocimiento y entendimiento de los regímenes de incendios es necesario para diseñar prácticas de manejo del fuego bien fundamentadas. Históricamente y a escala global, los incendios han sido un importante factor en la dinámica de los ecosistemas terrestres, en la estructuración del paisaje y en la evolución de la biota (Pelaez Jardel E. J. *et al.*, 2011)

Originados por causas naturales o antropogénicas, los incendios han estado presentes no solo en los bosques de coníferas o de encinos, en los chaparrales y en las sábanas y pastizales, también en las selvas tropicales húmedas, que durante mucho tiempo se consideraron como ambientes libres del fuego, se han encontrado evidencias de la incidencia de incendios en pasado. La idea de esta afirmación es que tampoco se puede ignorar el papel del fuego en el manejo de recursos forestales y en la conservación de la naturaleza. (Pelaez Jardel E. J. *et al.*, 2011)

Por medio del sistema de alerta temprana de incendios de CONABIO se obtuvieron los puntos de calor dentro de la Sierra de Tapalpa, se presenta en la Figura 26, la detección de estos puntos de calor se llevó a cabo a partir de imágenes satelitales y caracterización de los sitios, esto para conocer las características del lugar en donde se ubica el incendio y sea más fácil ubicarlo y gestionar recursos para su atención y restauración. Asimismo, se muestran los puntos de calor del área de estudio para los años 2019-2021 (Figura 27). Esta información se utilizó para alimentar el modelo de resistencias, siguientes figuras.

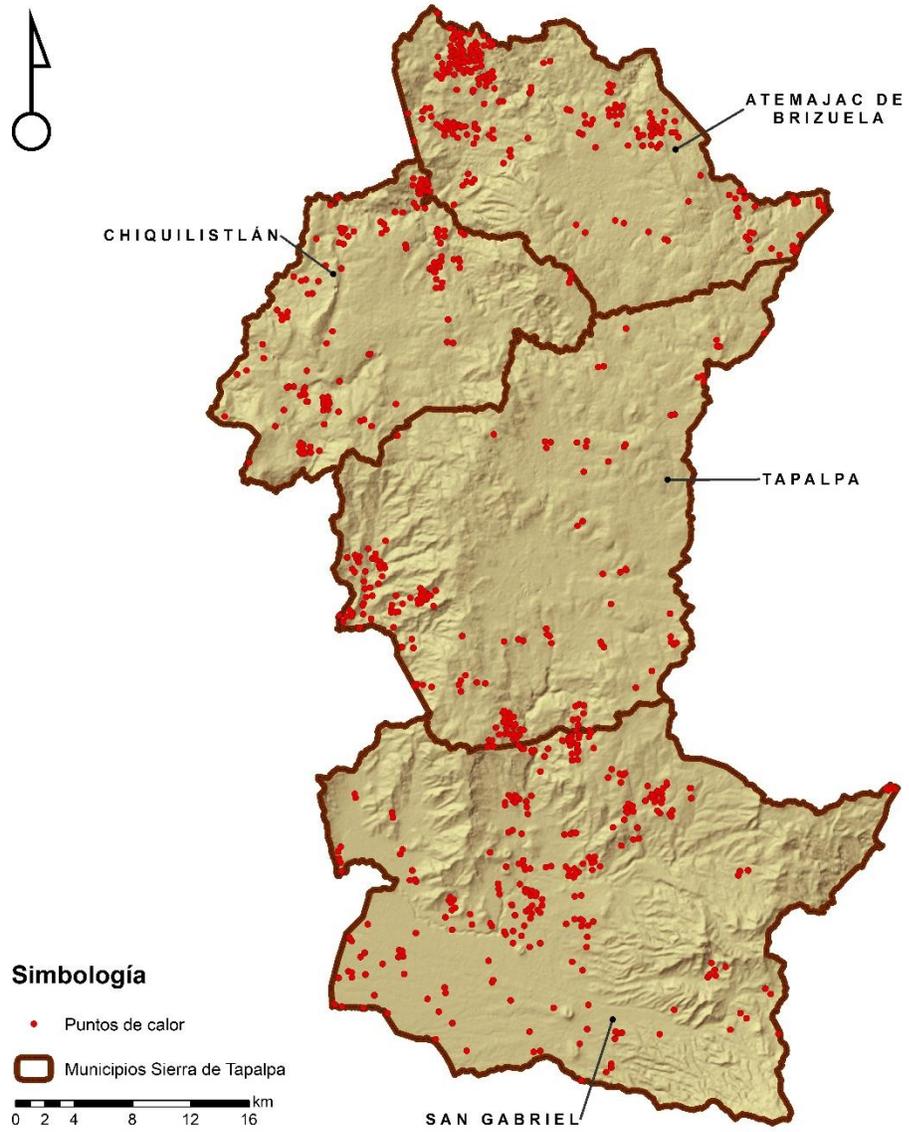


Figura 26. Puntos de calor 2017-2021 en la Sierra de Tapalpa. (CONABIO).

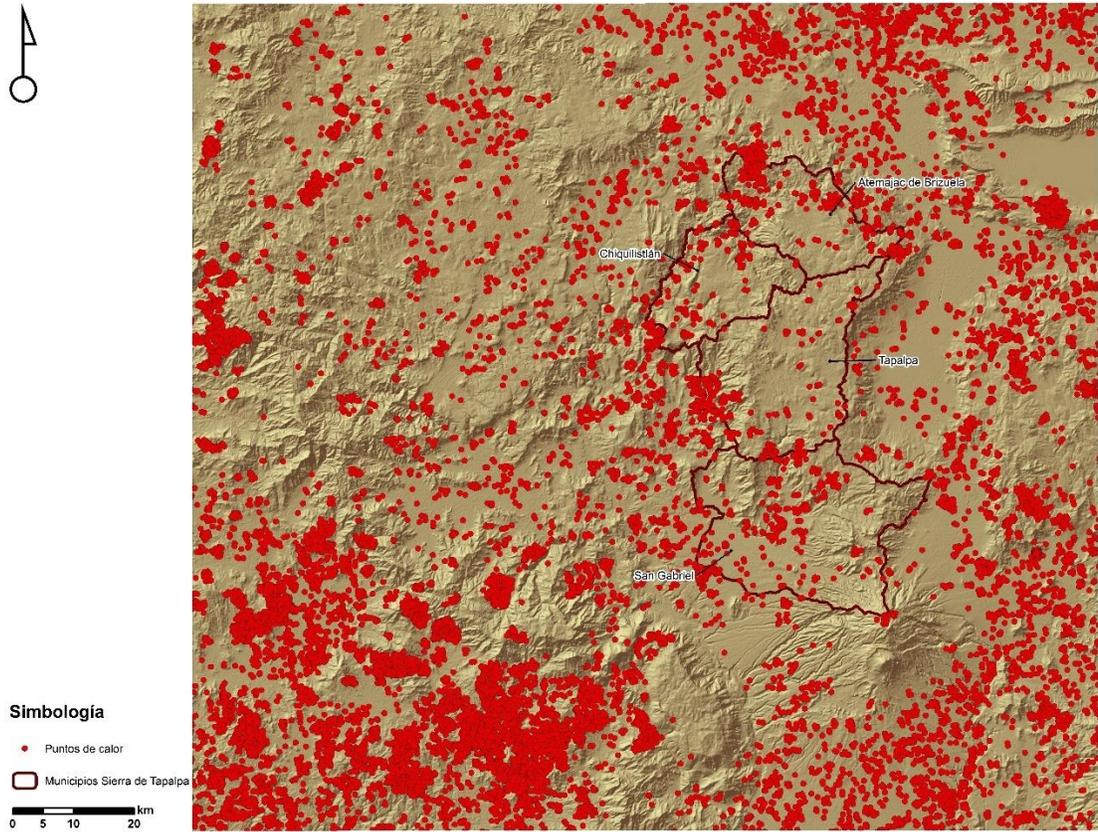


Figura 27. Puntos de calor 2019-2021 en la zona de estudio (CONABIO).

De acuerdo al Plan Estatal de Manejo del Fuego en el Estado de Jalisco (2018), los incendios reportados por cultivos ilícitos, fogatas y quema de basura, se registraron mayormente en el área del Volcán de Tequila y en la Sierra de Tapalpa. Para los años 2005 al 2014 la Sierra de Tapalpa registró alrededor de 200 incendios. Dentro del plan se menciona que los incendios forestales pueden llegar a tener efectos positivos y negativos dependiendo de las características del incendio, como la intensidad, época del año, superficie quemada, características y adaptación de fauna.

Los incendios forestales tienen profundos efectos sobre todos los componentes del hábitat de la fauna, ya que se modifica su estructura, por lo tanto, esto puede tener efectos positivos y negativos que afectan a varias especies. Uno de los efectos que resultan tras un incendio es que los terrenos quedan desprovistos de vegetación, por lo tanto, el área queda sujeta a altas temperaturas, vientos más veloces y condiciones más secas. Esto provoca la reducción de los lugares de anidamiento

para las aves y algunos mamíferos, así como la escasa disponibilidad del alimento. (Plan Estatal de Manejo del Fuego en el Estado de Jalisco, 2018)

3.2 Cambio en el uso de suelo

Analizar el cambio de uso de suelo a lo largo del tiempo resulta imprescindible para evaluar el impacto de esta variable en la conectividad ecológica y el grado de resistencia de un territorio. Es por ello que se presenta una comparación con fines cualitativos. El objetivo de esto es presentar una metodología para evaluar cómo afecta el cambio de uso de suelo en la resistencia del paisaje a la conectividad.

La información usada para llevar a cabo esta comparación, en este caso las capas de uso de suelo y vegetación, debe reunir algunas características para que el análisis tenga relevancia:

1. Las capas deben cubrir un rango de tiempo que sea relevante para el análisis de acuerdo a los objetivos de la evaluación.
2. Las capas deben ser de escalas espaciales comparables.
3. La calidad de la información que contienen las capas debe permitir su comparación, en otras palabras, los métodos por los cuales se obtuvieron los datos de las capas deben permitir que éstos puedan compararse.

Para este ejercicio demostrativo, se descargaron del INEGI dos capas de uso de suelo y vegetación de años distintos: Serie V, del año 2015, y Serie VII, del año 2018. Estas capas cumplen únicamente con los requerimientos 2 y 3 señalados anteriormente, lo que hace que los resultados sirvan únicamente para demostrar la metodología que se espera ayude en análisis de conectividad futuros.

Como se aprecia en la siguiente figura, la cobertura de la Serie V, cuenta con un porcentaje de 56% forestal, 2% cuerpo de agua, 41.6% antrópico y 0.04% sin vegetación, por otro lado, la cobertura Serie VII, tiene un porcentaje de 58% forestal, 2% cuerpos de agua, 40% antrópico y 0.2% sin vegetación. La disminución de algunos porcentajes como el antrópico, se puede deber a la mejora de la

metodología utilizada por INEGI para obtener las coberturas de usos de suelo actuales.

Para el área de estudio, Paisaje Sierra de Tapalpa, se obtuvo que la masa forestal para la serie V fue de 63% y para la serie VII de 64%, la cantidad de cuerpos de agua coinciden en ambas series con 0.2%, las zonas antrópicas para la serie V abarcan el 37% de la Región Sierra de Tapalpa y para la serie VII 35.7%, la serie V no presenta zonas sin vegetación dentro de esta área, a diferencia de la serie VII que presenta 0.1%.

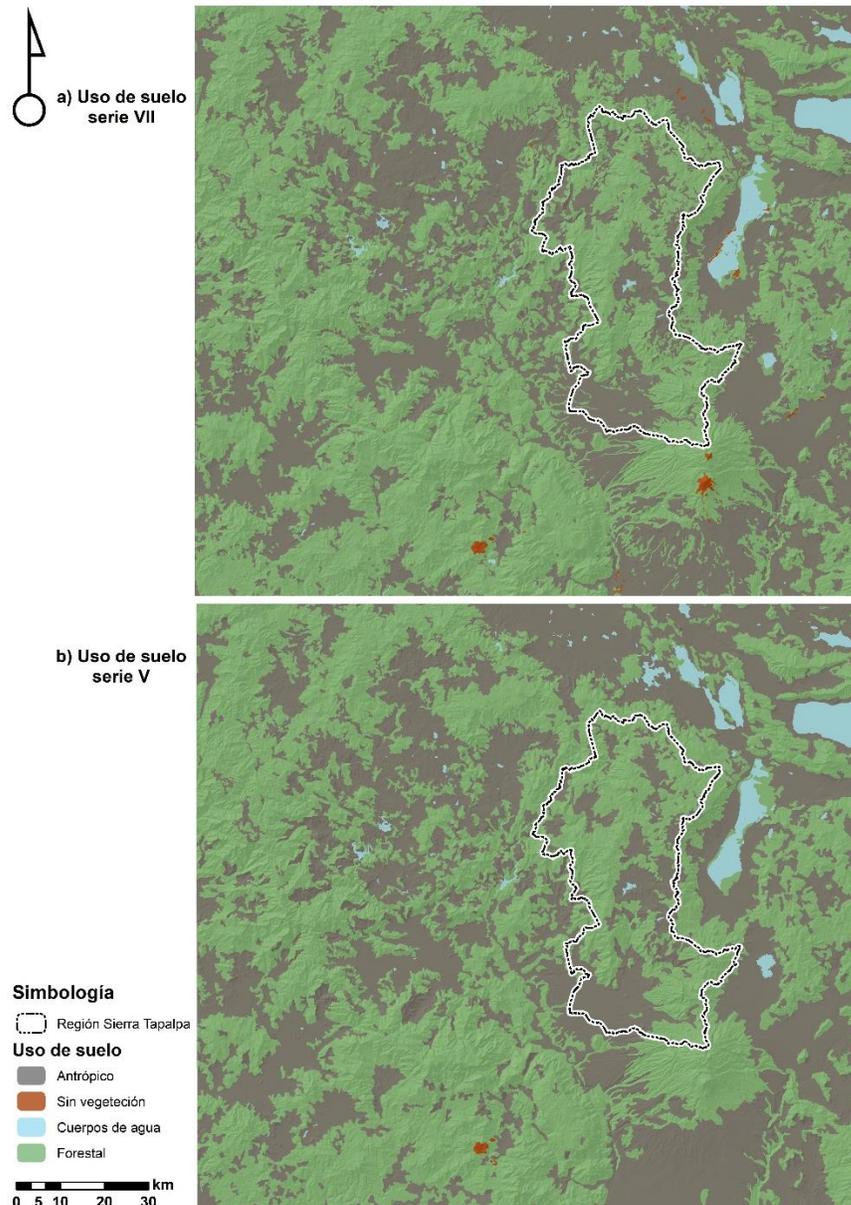


Figura 28. a) Uso de suelo con información de la Serie VII del año 2018, b) Uso de suelo con información de la serie V del año 2015, ambas capas se obtuvieron de INEGI.

Los cambios de uso del suelo pueden afectar en gran medida a la capacidad de dispersión de las especies, dando lugar a procesos de fragmentación de las poblaciones y, por consiguiente, problemas para su conservación. Los modelos de conectividad tienen aplicaciones directas para la designación de corredores y redes de conservación, además de la identificación de áreas particularmente relevantes para el mantenimiento de la funcionalidad territorial. En este sentido, la consideración del importante papel de los corredores lineales puede contribuir a la valoración y conservación de estos elementos. (Sastre *et al.*, 2002)

Con la información de diferentes usos de suelo se obtuvieron dos modelos de resistencias (ver Figura 29). Como se observa, al cambiar la variable de uso de suelo existe un aumento de resistencia en la zona Este del cuadrante.

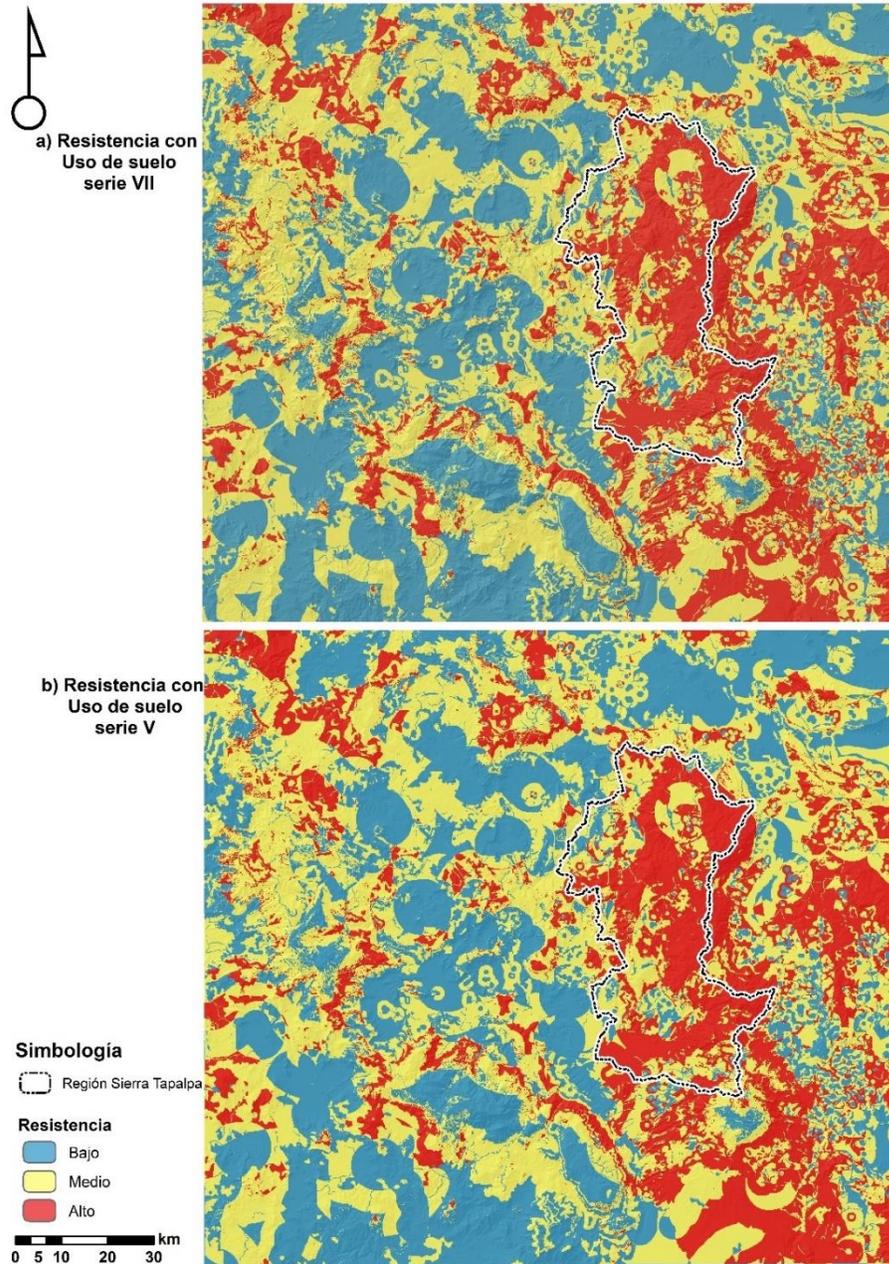


Figura 29. a) Modelo de resistencia obtenido con el uso de suelo de la Serie VII del año 2018, b) Modelo de resistencia obtenido con el uso de suelo de la serie V del año 2015.

Al generar la información de resistencia con los usos de suelo de 2015 y 2018, se observó que para el 2018 aumentaron un poco el número de barreras dentro área de estudio (zonas en color rojo), y se redujeron algunos lugares con poca resistencia para el paso de las especies (zonas en azul). Para realizar una comparativa cuantitativa se necesita desarrollar información de uso de suelo a una escala cartográfica menor.

4. Definición de áreas ecológicas funcionales

Mensajes clave

1. Se recabaron un total de 54,751 registros geográficos para los grupos biológicos consultados (aves, reptiles, anfibios, mamíferos y plantas). Los registros geográficos de las especies analizadas se obtuvieron de tres fuentes principales: 1) SNIB (CONABIO), 2) el sitio web de Naturalista; y 3) a partir de la información recabada en campo con actores locales.
2. Para realizar modelos de hábitat idóneo se utilizaron 19 capas bioclimáticas con una resolución espacial de 90 metros, derivadas de valores mensuales de precipitación y temperatura, resultando en un total de 860 modelos de hábitat idóneo: 420 de fauna (mamíferos, anfibios, reptiles, aves) y 440 de flora.
3. Con base en los modelos de hábitat idóneo, se generaron las áreas de alto valor biológico. A escala de paisaje, las áreas de alto valor biológico, se encuentran fuertemente asociadas a las ANPs federales y estatales, AICAS y sitios RAMSAR.
4. Fue posible identificar áreas de alto valor biológico, en sitios con características particulares de hábitat, según el grupo biológico analizado. Paisaje Sierra de Tapalpa —principalmente mamíferos—; la Sierra de Quila y las faldas del Volcán y el Nevado de Colima —anfibios—; la vegetación de Bosque de Pino-Encino del Complejo Volcánico de Colima —aves—; y las áreas con vegetación natural colindantes con las zonas agrícolas, ya que ofrecen recursos que permiten satisfacer requerimientos alimenticios y de sitios de anidación —para el caso de los polinizadores nativos.

5. La mayor superficie de parches de hábitat dentro del PST se encuentra en el municipio de Tapalpa con 30,548 ha (53% del territorio municipal y 15% considerando el territorio del PST), seguido de Atemajac de Brizuela con 21,757 ha (64% del territorio municipal y 11% considerando el territorio del PST), luego Chiquilistlán con 12,556 ha (40% del territorio municipal y 6% considerando el territorio del PST) y por último San Gabriel, con 6,608 ha (9% del territorio municipal y 3.4% considerando el territorio del PST).
6. Para la modelación de conectividad funcional se seleccionaron 7 especies: puma, ocelote, pecarí, venado cola blanca, nutria, ajolote y víboras de cascabel. Para cada una de las 7 especies se obtuvo un modelo de conectividad donde se evaluaron los corredores de menor costo, el flujo de corriente o pinch points y análisis de centralidad de los parches de hábitat.
7. Para realizar los modelos de conectividad de las especies, se investigaron sus dinámicas de desplazamiento. El desplazamiento del ocelote es de 2 a 3 km por día, el del venado es de 1.1 km/día y el del puma de 5 a 40 km/día. Por otro lado, el área de distribución del pecarí a lo largo de su vida es de 388 ha.
8. Los parches de hábitat identificados en el análisis de la conectividad funcional dentro de la Sierra de Tapalpa son consistentes con los corredores bioclimáticos determinados por CONABIO. En ambos casos se determinan áreas que son óptimas para la conectividad.
9. El 36% de la superficie del PST está conformado por parches de hábitat, siendo estos importantes para la conectividad y el mantenimiento de la biodiversidad. Los modelos indican que dentro del Paisaje Sierra de Tapalpa hay espacios que ofrecen un lugar de paso para las especies debido a zonas que aún tienen vegetación conservada que forman parte fundamental de la conectividad ecológica del área de estudio, hacer notar aún más que PST interviene como pieza clave en la conservación de la biodiversidad.
10. En los análisis de flujo de corriente se muestran en color rojo las zonas donde existe un alto valor de resistencia en los corredores. Un alto valor de

resistencia puede obstaculizar o impedir el paso de las especies, ocasionando una pérdida de conectividad. En caso de perderse la conectividad se aislarían los parches de hábitat, provocando una desconexión del sistema, por lo que es necesario desarrollar actividades de restauración-conservación en estas áreas.

11. De acuerdo al análisis de centralidad, el ajolote no tiene sus parches de mayor importancia dentro del territorio del PST. Las seis especies restantes tienen por lo menos uno de sus parches de mayor importancia dentro o parcialmente dentro del PST. Este resultado resalta la importancia que tiene el PST para la conectividad de las ANPs y otros sitios de conservación que la rodean.
12. Se obtuvieron un total de 216 corredores de menor costo para las 7 especies modeladas dentro del área de estudio, de los cuales 67 pasan por el Paisaje Sierra de Tapalpa. Sin embargo, con la delimitación de los parches de hábitat más importantes para el área de estudio, estos se redujeron a 201 corredores.
13. Para la red de conectividad de mamíferos, dentro del PST, hay 10 corredores ecológicos que conectan los parches de hábitat de mayor importancia; para la red de conectividad de la nutria son 6, para el ajolote 4 y para la serpiente de cascabel 4.
14. Se obtuvo como resultado que el Paisaje Sierra de Tapalpa juega un papel importante para el mantenimiento de la estabilidad climática ante escenarios de cambio climático, y para promover la conectividad entre Sierra de Quila y el Nevado y Volcán de Colima.

Introducción

La biodiversidad de la región analizada está influenciada por el traslape de dos divisiones florísticas: la Costa Pacífica y las Serranías Meridionales (Rzedowski, J y Reyna-Trujillo 1990) que, a su vez, se localizan entre las regiones biogeográficas Neotropical y Neártica (Marshall y Liebher 2000). Esta variabilidad, da lugar a la presencia de una gran cantidad de comunidades vegetales entre las que destacan el Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino, Selva Baja Caducifolia y Subcaducifolia, Bosque de Encino, Bosque Mesófilo de Montaña y Bosque de Galerías. Las distintas comunidades vegetales existentes favorecen la presencia de una gran cantidad de especies vegetales y animales que hacen de esta región una de las más diversas del estado.

Los mapas de las áreas de alto valor biológico resultan útiles para entender los patrones que explican la biodiversidad de la zona, determinada con base en los bioclimas utilizados, que, aunado al análisis de conectividad del presente trabajo, permitirán determinar los corredores para el libre movimiento de la biodiversidad o para abordar diferentes problemáticas ambientales.

Asimismo, dichas áreas de alto valor biológico son el punto de partida para identificar corredores bioclimáticos, es decir, rutas con menor transformación humana que evitan cambios bruscos en el clima y que permiten mantener la conectividad entre fragmentos de vegetación nativa en buen estado de conservación (CONABIO, 2021).

Se espera que la identificación de las áreas de alto valor biológico y de los corredores que las conectan a través del área de estudio y, en particular, del Paisaje Sierra de Tapalpa, eviten el aislamiento de las especies al promover su conservación ya que son clave para mantener la resiliencia y conectividad de los ecosistemas y contribuir a la conservación de la biodiversidad (CONABIO, 2021).

4.1 Determinación de sitios de alto valor biológico: conectividad estructural del área de estudio

De acuerdo a lo definido en 2.4 Enfoque metodológico para la evaluación de la conectividad estructural y funcional, la metodología para la evaluación de la conectividad estructural sigue los siguientes pasos:

1. Recopilación de registros de flora y fauna del área de estudio en bibliografía y de fuentes locales.
2. Generación de Modelos de Hábitat Idóneo para las especies de flora y fauna seleccionadas.
3. Selección de especies sombrilla de flora y fauna para el análisis de conectividad estructural y funcional de acuerdo al Enfoque 1, definido en la sección 2.4 Enfoque metodológico para la evaluación de la conectividad estructural y funcional.
4. Generación de Modelos de Calidad de Hábitat.
5. Delimitación de parches de hábitat para cada especie.

En las siguientes secciones se describen a detalle los pasos a seguir y los resultados obtenidos.

4.1.1 Recopilación de registros de flora y fauna del área de estudio

Con el fin de obtener, información sobre biodiversidad y registros de las especies presentes en el área de estudio delimitada, se consultaron durante el mes de octubre de 2021, principalmente dos fuentes:

1. El Sistema Nacional de Información para la Biodiversidad de CONABIO (SNIB), a través de proyectos financiados por dicha institución.
2. Naturalista.

El SNIB es un sistema que compila, organiza y distribuye información sobre la diversidad biológica nacional, mediante una estructura basada en datos primarios donde los ejemplares se encuentran resguardados en una colección científica biológica, integrando principalmente la unidad ‘individuo - nombre científico – georreferencia - fecha’. El sistema cuenta con cientos de miles de estos datos que posibilitan el movimiento de la información en diferentes escalas a través de la georreferencia (latitud, longitud) y mediante la referencia taxonómica (ubicación y nombre científico), la cual, actúa como índice para tener acceso a la información de una especie. En este sistema existe la participación de especialistas en la generación de datos e información, a través de una amplia red de expertos que participan en el estudio de la biodiversidad. En la siguiente figura se puede apreciar cómo se configura la información del SNIB por parte de todos los actores que se involucran.

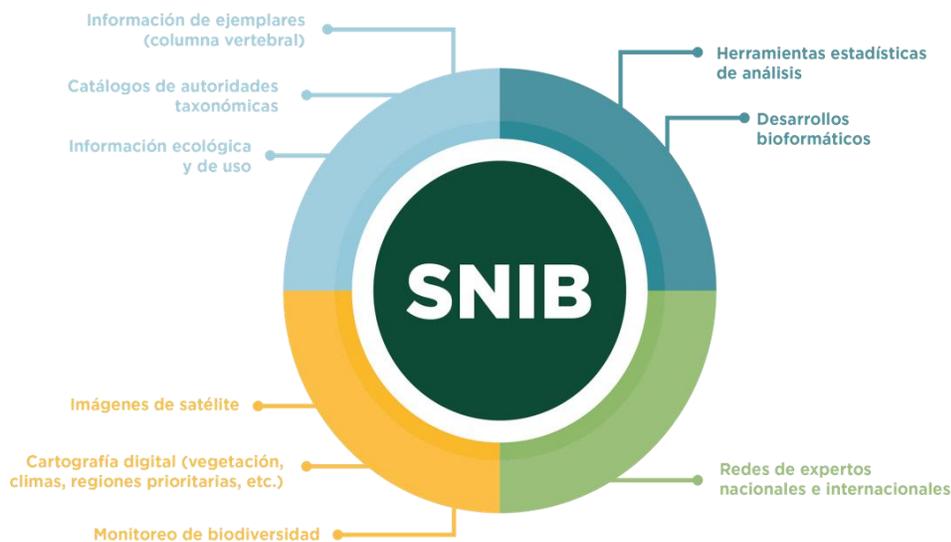


Figura 30. Conceptualización del SNIB en capas de información. Fuente: Adaptado del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México en snib.mx.

Por su parte, Naturalista es una plataforma de información en la que colabora la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) con iNaturalist.org junto con California Academy of Sciences y National Geographic Society. Naturalista permite utilizar varias funciones que se agrupan principalmente en observaciones, especies, proyectos y lugares.

Adicionalmente, se consultaron trabajos académicos llevados a cabo en el área de estudio, en los cuales se reportaron especies para algún grupo biológico (Escobar-Ibáñez, y otros, 2015), (Rosas-Espinoza, Rodríguez-Canseco, Santiago-Pérez, Ayón-Escobedo, & Domínguez-Laso, 2013) con la finalidad de robustecer las bases de datos. Las bases de datos sistematizadas se proporcionan de manera digital.

La forma de consulta dentro del SNIB se realizó mediante la opción de descarga de ejemplares, a través de una búsqueda taxonómica avanzada por grupo biológico (anfibios, reptiles, aves, mamíferos, plantas), utilizando los campos taxonómico, curatorial y geográfico, así como, la versión de datos más reciente disponible (2021-05-38) (CONABIO, 2021).

La descarga de datos se realizó para Jalisco y posteriormente, mediante el empleo de sistemas de información geográfica (SIG), fueron extraídos únicamente los datos para el área de estudio delimitada en los apartados anteriores.

La consulta o descarga de datos de la plataforma Naturalista se realizó buscando observaciones o registros geográficos de especies para cada uno de los siguientes grupos biológicos: aves, mamíferos, reptiles, anfibios y plantas. Entre los filtros utilizados, se usaron los filtros de 'Silvestre' y 'Verificable', y se introdujeron las coordenadas geográficas de los puntos Suroeste y Noreste del cuadrante que compone el área de estudio delimitada para que la consulta arroje únicamente información para esta zona.

Los registros geográficos se depuraron para detectar errores e inconsistencias, con la finalidad de contar con datos de calidad, la depuración consistirá en seleccionar aquellas especies que reúnan las siguientes condiciones:

1. Que reúnan un mínimo de cinco registros diferentes.
2. Especies que cuenten con determinación taxonómica adecuada.
3. Eliminación de registros de especies domésticas.

De la totalidad de los registros encontrados para el área de estudio de las diferentes fuentes de información, aquellos que cumplieron con los anteriores criterios se muestra en la Tabla 9, donde destacan las plantas con la mayor cantidad, seguida

aves, reptiles, mamíferos y anfibios. El total de registros geográficos una vez depuradas las bases de datos es 13,312.

Tabla 9. Número de especies y registros geográficos por grupo. Fuente: Elaboración propia.

Grupo	Número de especies	Número de registros geográficos
Aves	275	6,192
Reptiles	76	1,538
Anfibios	27	641
Mamíferos	42	607
Plantas	440	4,364

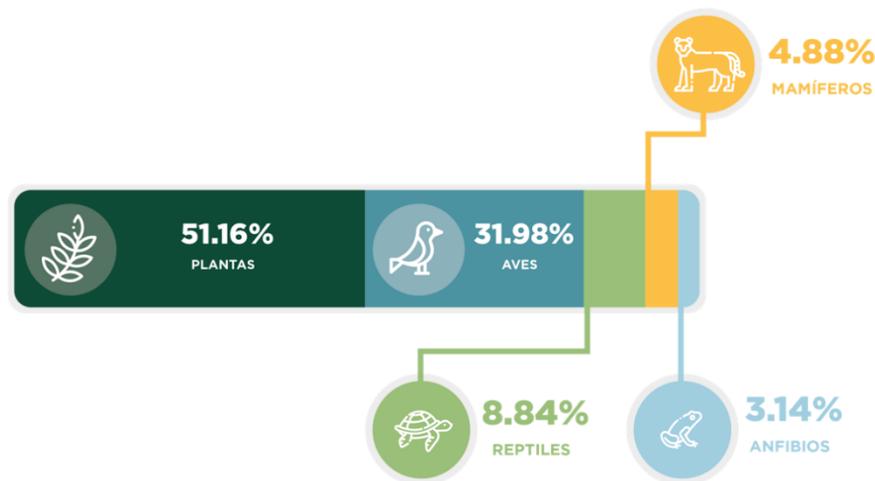


Figura 31. Representación del porcentaje de cada grupo de especies usadas para la modelación. Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.1 Información oficial y de plataformas

De acuerdo con la búsqueda realizada en ambas fuentes de información se lograron recabar un total de 54,751 registros geográficos para los cinco grupos biológicos consultados; como se muestra en la Tabla 10. En Naturalista se recabaron 23,651 registros; en el SNIB se recabaron 31,130. Las bases de datos obtenidas se anexan al presente documento.

Tabla 10. Registros de especies por grupo. Fuente: Elaboración propia.

Grupo	Registros Naturalista	Registros SNIB	Registros totales
Aves	8,530	465	8,995
Mamíferos	935	1,065	2,000
Anfibios	706	238	944
Reptiles	1,647	487	2,134
Plantas	11,833	28,875	40,708
TOTAL	23,651	31,130	54,781

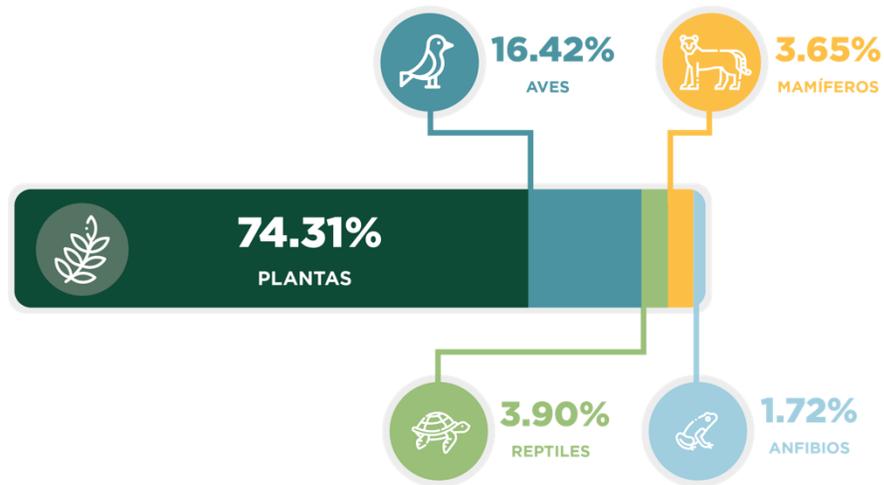


Figura 32. Representación de los porcentajes por grupo de especies de los registros obtenidos de las bases de datos CONABIO y Naturalista. Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.2 Información de fuentes locales

Como parte de los trabajos para el análisis de la conectividad estructural y funcional de la región, se contó con el apoyo de actores locales, quienes proporcionaron información valiosa sobre la biodiversidad de la región, lo que enriqueció los modelos y el análisis de biodiversidad, además de orientar los esfuerzos para la elaboración de los manuales de buenas prácticas.

Para ello, se llevaron a cabo entrevistas a actores sociales locales los cuales fueron seleccionados con base en el mapeo de actores contenido en documento ‘Análisis Situacional Sierra de Tapalpa’ realizado para el proyecto LandScale en el año 2021.

La primera ronda de entrevistas se llevó a cabo durante los días 3 y 4 de noviembre y se presentaron más detalles sobre los actores y los resultados en las secciones Selección de los actores a entrevistar y Anexo 4. Fichas de las entrevistas llevadas a cabo entre el 3 y el 8 de noviembre con actores locales.

Es importante mencionar que, si bien existen una gran cantidad de actores en la Sierra de Tapalpa que de alguna u otra manera participan en las diferentes actividades productivas, sociales y de gobierno, no todos ellos tienen en su haber información específica sobre registros de especies que pudieran ampliar los registros ya obtenidos.

Derivado de lo anterior la selección de las primeras entrevistas se trató de focalizar en aquellos actores que bajo la experiencia del equipo consultor y el equipo de trabajo de Rainforest Alliance pudieran tener la mejor información para esta parte del proyecto.

Un actor que colaboró con su experiencia en la recuperación de sitios degradados y la ejecución de proyectos donde se vinculan los servicios inmobiliarios, recreativos y ecoturísticos con la conservación de la vida silvestre fue la empresa 'Rancho Mazati, S.A. de C.V.', responsable del Proyecto Sierra Mazati.

El guion utilizado para las entrevistas de tipo abiertas se presenta en el Anexo 7. Secuencia general de entrevistas realizadas. Las entrevistas se enfocaron en temas de biodiversidad, conectividad y monitoreo ecológico, mapeo de valores sociales del paisaje y problemáticas y soluciones respecto a biodiversidad y conectividad.

Para poder entender la información obtenida en dichas entrevistas de manera resumida a continuación se muestra en la Tabla 11, donde se describen los elementos más importantes identificados en los ejercicios realizados.

Tabla 11. Información relevante obtenida en la primera ronda de entrevistas. Fuente: Elaboración propia.

Taxomas con más avistamientos	Zonas con posible conectividad	Especies más significativas para los entrevistados	Problemas asociados con el hábitat de las especies (resistencia)
Mamíferos, reptiles y anfibios	Chiquilistlán, Tenamaxtlán-Juanacatlán (ver imagen flechas en color amarillo), Nevado de Colima-Sierra de Quila	Jaguar	Problemáticas detectadas en Sierra de Quila: <ul style="list-style-type: none"> ● Cacería ● Desinformación ● Desconexión ● Tala clandestina ● Degradación de suelos ● Incendios

<p>Laelia, heloderma, crotalus, salamandra, ajolotes, mapache, zorrillo, puma y jaguar</p>	<p>Sierra de Tapalpa- Sierra de Quila, Mazati, La Ceja, Carretera a San Gabriel, Zona de alta biodiversidad en Tapalpa, Ecopark Tapalpa y El Tacamo (ver imagen {áreas en color naranja)</p>	<p>Jaguar, ajolote, crotalus, laelia, orquídeas</p>	<p>Agroindustria de la región como una actividad productiva de alto impacto. Entre otras cosas, se reconocen las siguientes afectaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Uso de fertilizantes que no están permitidos en la normatividad (malathion) ● Uso en exceso de agua subterránea y su impacto en los acuíferos locales. Se dice que en 5 años los niveles del acuífero han descendido de un 80% a un 35% de su capacidad. ● Se detecta una problemática social en sus primeras etapas. Esto debido a los impactos tan evidentes por esta actividad productiva y la percepción de los locales sobre dichos impactos. Además, se detecta un choque cultural entre los locales y la fuerza laboral importada por la industria: los locales detectan una falta de pertenencia en los trabajadores que vienen de otros estados, que resulta en una falta de apreciación del territorio que se refleja en descuido del lugar. ● Se detectan problemas serios de salud. ● Cambio de clima por efecto radiador. ● Las aguacateras también se identifican como un problema, pero las <i>berries</i> dominaron la conversación. ● Mala implementación de medidas de mitigación o
--	--	---	---

Taxomas con más avistamientos	Zonas con posible conectividad	Especies más significativas para los entrevistados	Problemas asociados con el hábitat de las especies (resistencia)
			restauración, como reforestaciones falladas <ul style="list-style-type: none"> ● Mallas de niebla que afectan a fauna local ● Saqueo de flora endémica
Aves endémicas y aves migratorias, jaguar, árboles muertos Oyameles (descortezador)	Laguna de Zapotlán, Nevado de Colima: conexiones internas por árboles muertos Oyameles (descortezador) ver imagen (áreas en color rosa)	Aves endémicas y aves migratorias, jaguar, árboles muertos Oyameles (descortezador)	El Nevado de Colima reconoce como amenazas: <ul style="list-style-type: none"> ● Tala clandestina ● Incendios forestales ● Producción de aguacates que sucede en sus faldas ● Residuos
Venado, puma, pecarí, tejón, zorrillo, jaguar, ajolote, guajolote silvestre, nutria.	Sierra Mazati (área en color azul)	Jaguar, ajolote	<ul style="list-style-type: none"> ● Sierra Mazati reconoce la práctica de fosas sépticas como un gran problema de la actividad de construcción de cabañas. ● Manejo de residuos, el cual no está normado ni regulado en la región. ● Desarrollos habitacionales ● Pérdida de humedales y sistemas riparios ● Cultivo de papa ● Cacería

Si bien es cierto que no todos los actores entrevistados pueden contar con información a detalle de las especies y su avistamiento para ser utilizados de forma precisa en un sistema de información geográfica, también es cierto que la experiencia y conocimiento de campo de cada uno de ellos en sus regiones puede brindar información geográfica general que permita ayudar a interpretar o dar veracidad a los modelos de distribución potencial de las especies en los sitios donde carezcan de una gran cantidad de registros.

Para ello durante las entrevistas realizadas se acompañó de un mapa impreso donde se solicitó a los participantes identificar manualmente las zonas donde por experiencia propia y de sus equipos, habían tenido avistamientos de especies indicadoras o paraguas o la señalización de zonas donde se suelen encontrar avistamientos. Esta información general espacial permitirá hacer el cruce al momento de obtener los resultados de conectividad para darle mayor validez. En las siguientes fotografías se puede apreciar el ejercicio donde se solicitó a los participantes colocar papeles de colores en las zonas donde habían visto especies o las zonas por donde ellos consideraban existían el mayor movimiento de fauna posible.



Foto 4. Ejercicio de localización de zonas importantes para la biodiversidad y de amenazas. Tomada durante la entrevista con el grupo Cien por Tapalpa, el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.

Se generó un mapa de la información recabada en las entrevistas los cuales se presentan en la Figura 33. La información de este mapa será uno de los elementos que permitan ampliar el análisis de conectividad del presente trabajo y comparar los resultados obtenidos en las modelaciones con el testimonio de los actores locales.

El Anexo 4. Fichas de las entrevistas llevadas a cabo entre el 3 y el 8 de noviembre con actores locales, presenta los resultados obtenidos durante las entrevistas y se señalan los puntos de interés y los registros que fueron usados para alimentar los

modelos. En el Anexo 6. Evidencias fotográficas de entrevistas, se muestran imágenes del proceso de entrevista con los actores locales como parte de la evidencia recabada para la presente consultoría.

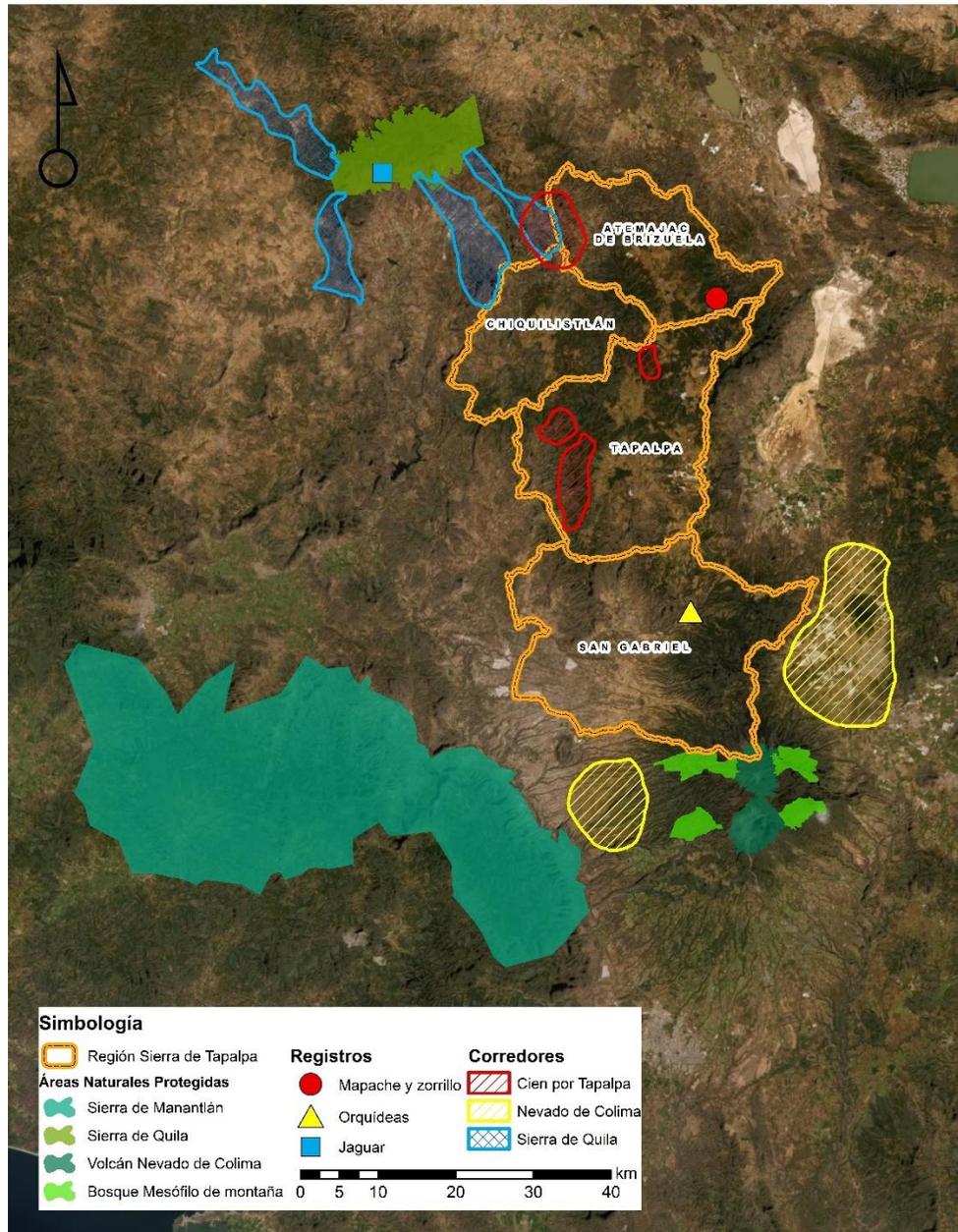


Figura 33. Mapa generado con la información recabada en entrevistas. Fuente: Elaboración propia.

Aunque el jaguar fue una especie altamente mencionada durante las entrevistas, no se pudo realizar un modelo de conectividad, pues solo cuenta con 3 registros dentro de la región, siendo muy pocos para llevar a cabo un análisis de conectividad.

4.1.1.3 Bioclimas

Así mismo, se emplearon 19 capas bioclimáticas con una resolución espacial de 90 metros, derivadas de valores mensuales de precipitación y temperatura (Cuervo-Robayo *et al.*, 2014). Es importante hacer notar que las variables climáticas asocian de manera indirecta muchas de las condiciones del territorio que permiten la distribución de las especies y que son ampliamente usadas por muchos autores para realizar estos ejercicios. Las coberturas de los bioclimas utilizados se muestran a continuación, en la Tabla 12.

Tabla 12. Descripción de bioclimas. Fuente: Cuervo-Robayo et al. (2013).

Bio #	Descripción de Bioclimas
Bio1	Temperatura Media Anual
Bio2	Rango Medio Diurno (Media mensual) (Temperatura máxima – Temperatura mínima)
Bio3	Isotermalidad (Bio2/Bio7) (* 100)
Bio4	Estacionalidad de la Temperatura (coeficiente de variación)
Bio5	Temperatura Máxima del Mes más Cálido
Bio6	Temperatura Mínima del Mes más Frío
Bio7	Rango de Temperatura Anual (BIO5 - Bi06)
Bio8	Temperatura Media del Trimestre más Húmedo
Bio9	Temperatura Media del Trimestre más Seco
Bio10	Temperatura Media del Trimestre más Caliente
Bio11	Temperatura Media del Trimestre más Frío
Bio12	Precipitación Anual
Bio13	Precipitación del Mes más Lluvioso
Bio14	Precipitación del Mes más Seco
Bio15	Estacionalidad Precipitación (Coeficiente de Variación)
Bio16	Precipitación del Trimestre más Húmedo
Bio17	Precipitación del Trimestre más Seco
Bio18	Precipitación del Trimestre más Caliente
Bio19	Precipitación del Trimestre más Frío

Las superficies climáticas son representaciones digitales de variables climáticas de una región del planeta estimadas mediante técnicas de interpolación geográfica. Las superficies climáticas tienen múltiples aplicaciones en la planificación de la investigación, el diseño experimental y la transferencia de tecnología. Aunque se han desarrollado climatologías de alta resolución en todo el mundo, México es uno

de los pocos países que ha desarrollado varias superficies climáticas (Cuervo-Robayo *et al.*, 2014). Las superficies empleadas para el presente análisis corresponden a la climatología de alta resolución más actualizada del país.

Se utilizó la versión de escritorio 3.4.1 *Maxent Software for modeling species niches and distributions* (Phillips, Anderson, & Schapire, 2006) para llevar a cabo el trabajo de modelación de hábitat idóneo o nicho ecológico, que es la primera parte del proceso.

Maxent identifica asociaciones no aleatorias entre presencias conocidas de cada una de las especies y características ambientales, en una determinada área de estudio, para generar un modelo de nicho ecológico, es decir, un conjunto de condiciones ecológicas habitables por la especie, para después identificar el conjunto de tales condiciones en el área de estudio y producir un mapa de presencia-ausencia. Una explicación detallada de los aspectos técnicos de *Maxent* se puede revisar en Phillips *et al.* (2006).

4.1.2 Generación de Modelos de Hábitat Idóneo

Para generar los modelos, se consiguieron los registros geográficos de las especies de flora y fauna presentes en el área de estudio, por medio de fuentes bibliográficas y fuentes locales según se especifica en los apartados 2.4.1 Conectividad estructural y 2.4.2 Conectividad funcional.

Se obtuvieron 860 modelos de hábitat idóneo: 420 de fauna (mamíferos, anfibios, reptiles, aves) y 440 de flora.

Finalmente, para conocer los sitios de alto valor biológico, se realizaron sumatorias por cada grupo de especies —usando una calculadora *ráster*— y se obtuvieron mapas donde es posible reconocer los patrones espaciales del hábitat de tales grupos de especies y de la flora y fauna en conjunto. Los mapas de estas sumatorias por grupos de especies se presentan en las siguientes secciones.

4.1.2.1 Mamíferos

Para el grupo de los mamíferos, a escala del área de estudio, es posible observar áreas con alto valor biológico en la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán y en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila. Así mismo, el Paisaje Sierra de Tapalpa resulta importante para este grupo zoológico, al igual que otras zonas fuera de los límites de las ANPs, las cuales juegan un rol determinante en el contexto de la biodiversidad del paisaje.

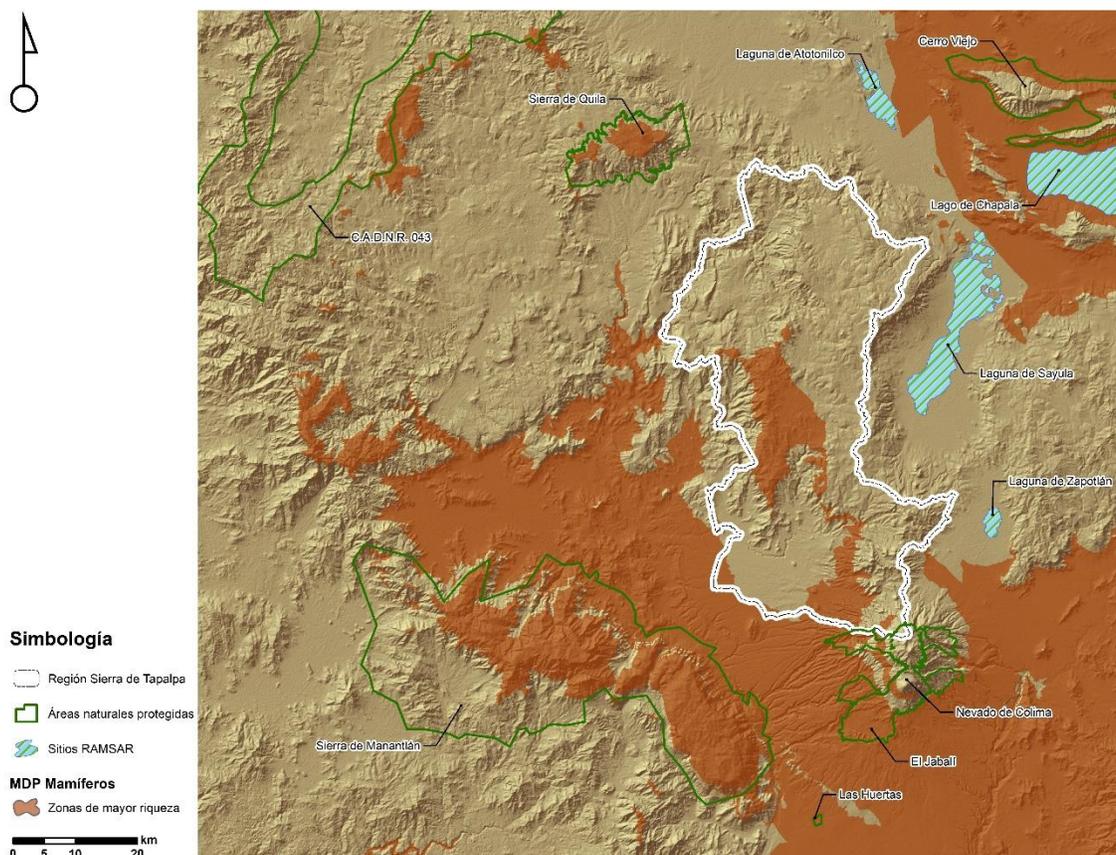


Figura 34. Mapa de áreas con alto valor biológico para mamíferos.

4.1.2.2 Anfibios

Las áreas con alto valor biológico para anfibios abarcan una gran extensión dentro del territorio analizado. Estas áreas están determinadas por los bioclimas que,

combinados con la topografía del territorio, delimitan la presencia de cuerpos de agua y redes hidrográficas por donde pueden distribirse estas especies.

Por ejemplo, en el caso de las faldas del Volcán y el Nevado de Colima se localiza un sitio de alto valor biológico para este grupo resultado de las condiciones hidrológicas e hidrográficas particulares. Otro ejemplo es Sierra de Quila, en donde se sabe que la presencia de especies de anfibios está delimitada por las condiciones particulares de altitud.

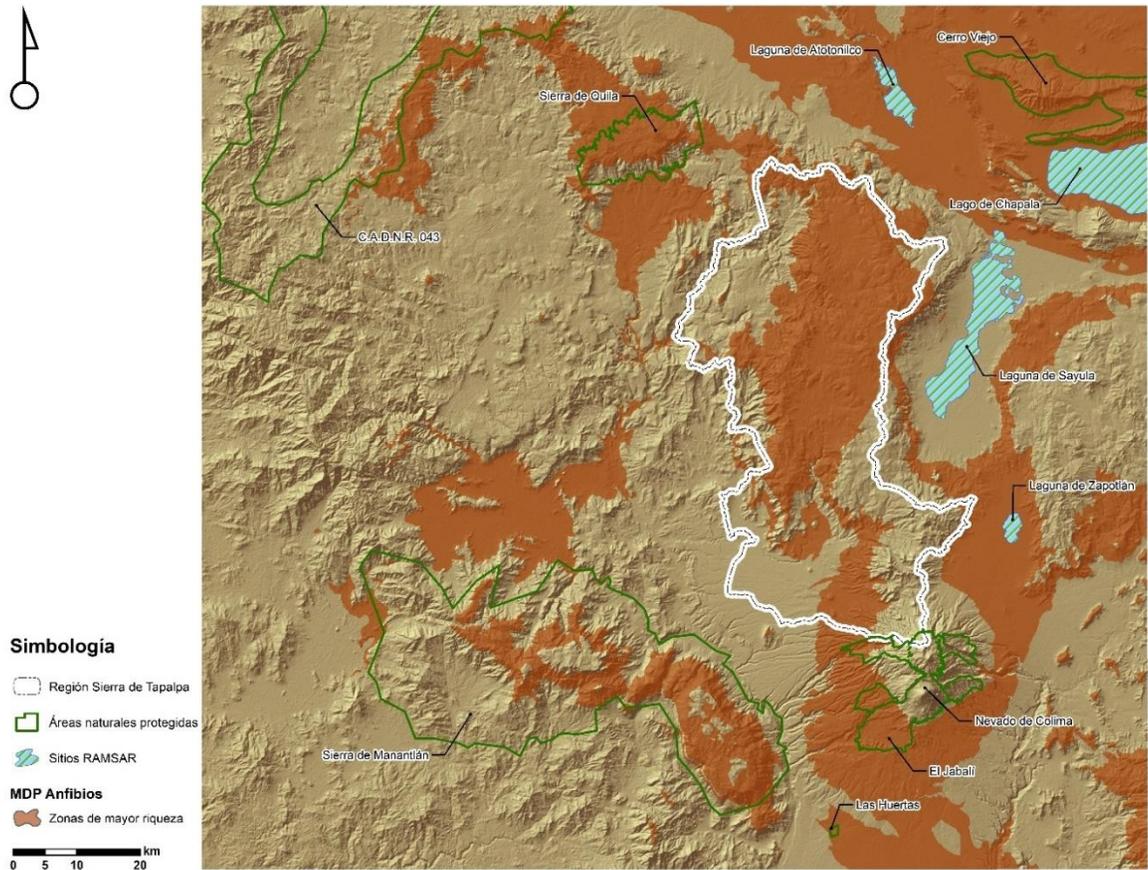


Figura 35. Mapa de áreas de alto valor biológico para anfibios.

4.1.2.3 Reptiles

Las áreas de alto valor biológico para los reptiles abarcan una superficie importante dentro del área estudiada. Tal como se presenta en el resto de los grupos faunísticos analizados, las áreas coinciden con las diferentes ANPs, así como para

el Paisaje Sierra de Tapalpa. Estas grandes áreas son el resultado de la gran flexibilidad bioclimática de los reptiles, dado que pueden estar presentes en diversos ecosistemas, conservados o con algún grado de alteración.

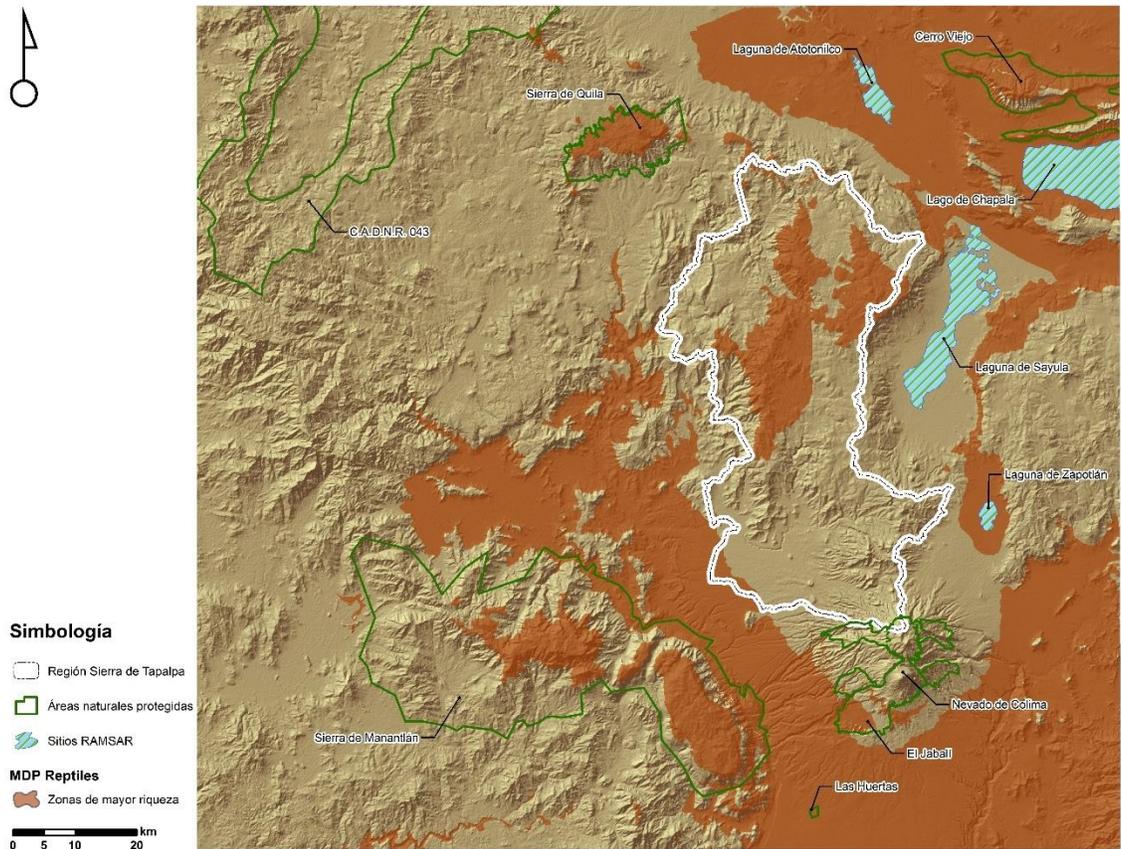


Figura 36. Mapa de áreas de alto valor biológico para reptiles.

4.1.2.4 Aves

Respecto a las aves, la principal área con alto valor biológico se encuentra asociada a los sitios RAMSAR Laguna de Atotonilco, Laguna de San Marcos y Laguna de Zapotlán, así mismo, con el Lago de Chapala. Otras áreas de menor tamaño se encuentran en la zona denominada como Complejo Volcánico de Colima, formado principalmente por el Nevado y el Volcán de Colima. Ambas áreas coinciden con lo reportado por Sánchez-Ramos *et al.* (2021), una de ellas reportada con la máxima diversidad alfa dentro de un polígono con vegetación de Bosque de Pino-Encino.

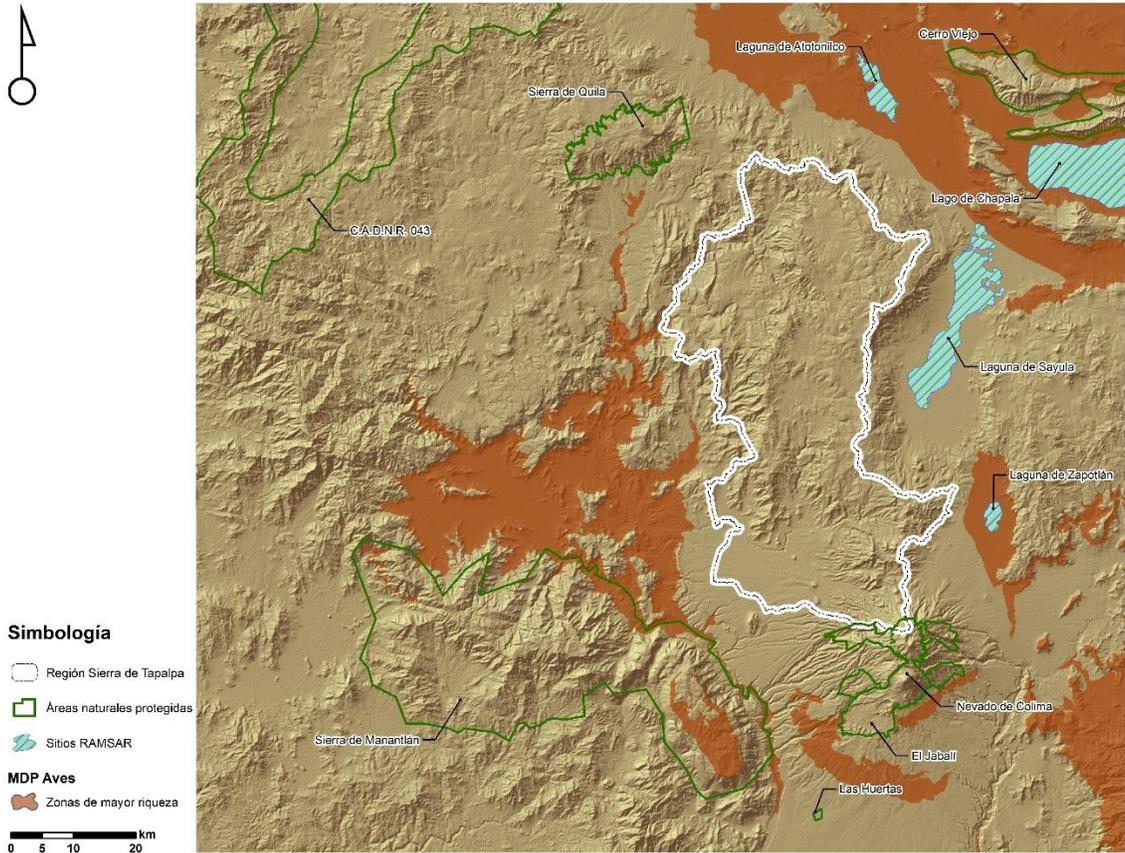


Figura 37. Mapa de áreas de alto valor biológico para aves.

4.1.2.5 Polinizadores

Se generaron modelos para tres especies de polinizadores, para los cuales fue posible recabar suficientes registros geográficos y que se asocian al cultivo de aguacate (*Persea americana*) (Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999). Las especies para las cuales se generaron los modelos y para las cuales podemos hacer una aproximación sobre sitios con alto valor biológico son: *Polistes major* (avispa de caballo) y *Frieseomelitta nigra* (abeja zopilote sin aguijón) y *Apis mellifera* (abeja europea).

Las especies *Polistes major* (avispa de caballo) y *Frieseomelitta nigra* (abeja zopilote sin aguijón) son especies nativas, mientras que *Apis mellifera* (abeja europea) es una especie introducida. Ésta última es de fácil manejo, puede adaptarse a cualquier tipo de flora, y por su cuerpo piloso, puede albergar miles de

granos de polen. La abeja europea, es el principal polinizador del cultivo de aguacate (Castañeda-Vildózola et al,1999).

En comparación con la abeja europea, las especies nativas juegan un papel fundamental en el mantenimiento y equilibrio de los ecosistemas, por su servicio de polinización. De manera más específica, *Polistes major* (avispa de caballo) es una especie perteneciente a la familia *Vispeidae* que, junto con otras familias, forman el grupo de las avispas depredadoras. Las avispas depredadoras son un grupo importante con una función doble en los ecosistemas que habitan: por un lado, son importantes depredadores que contribuyen a regular poblaciones de otros insectos en condiciones naturales e insectos plaga en cultivo, y, por otra parte, participan en la polinización de muchas plantas con flores. De esta forma aportan un servicio ambiental de doble impacto económico: como controladores de plagas y como polinizadores de plantas cultivadas (Vanoye-Eligio, 2015).

Por su parte, la especie *Frieseomelitta nigra* (abeja zopilote sin aguijón) igualmente, es una especie nativa que se encuentra dentro del grupo de las abejas sin aguijón, también llamadas meliponinos, pertenecientes a la tribu Meliponini, de la familia Apidae (sensu Roig-Alsina y Michener, 1993). Las abejas sin aguijón aportan beneficios dado que pueden ser manejadas para la polinización de algunos cultivos. Sin embargo, para que la meliponicultura juegue un papel importante en la conservación de las abejas sin aguijón y en su manejo en la polinización agrícola, se requiere un mejor conocimiento de las especies, su distribución y biología (Arnold, et al., 2018).

En el mapa resultante, las áreas en donde se concentran sitios importantes para las tres especies (Figura 38) coinciden con zonas agrícolas y con áreas de vegetación natural. Esto puede deberse a que algunas de estas especies están asociadas sólo a los bosques o las selvas y/o únicamente dentro de ciertas altitudes. Así mismo, las áreas con vegetación nativa ofrecen recursos que permiten satisfacer sus requerimientos alimenticios y de sitios de anidación —como es el caso de los meliponinos que habitan en nidos aéreos, es decir, viven en las cavidades de los árboles vivos y muertos de diferentes especies, entre ellas los encinos (*Quercus*)— (Vásquez-García, 2021).

Entre otras cosas, las poblaciones de polinizadores se encuentran bajo presión por prácticas como la aplicación de agroquímicos en la agricultura tradicional, fenómenos gran escala como el cambio climático, debido a la falta de información sobre poblaciones de polinizadores nativos (Vásquez-García, *et al.*, 2021) y la introducción de especies exóticas, y debido a la escasez de floración y la cacería de miel. Un paso importante para la conservación de estas poblaciones es conocer a las especies de polinizadores nativos y las áreas de vegetación nativa colindantes con zonas agrícolas.

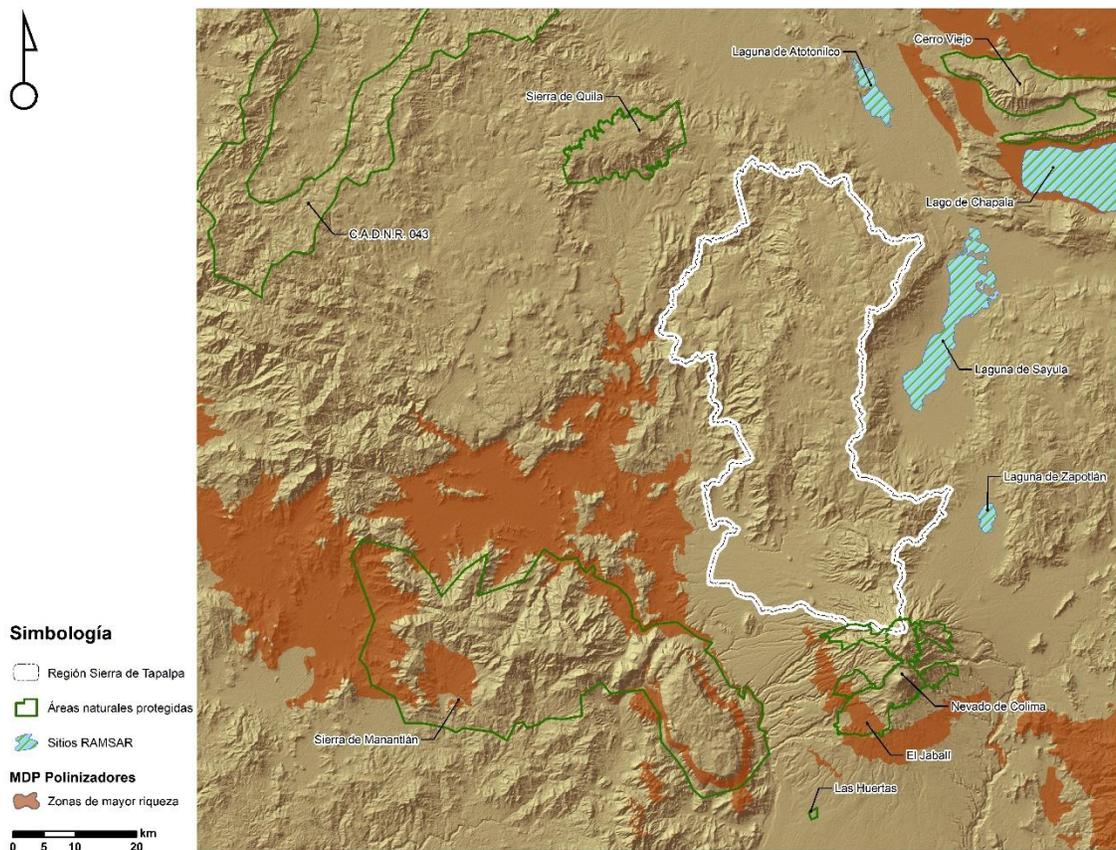


Figura 38. Mapa de áreas de alto valor biológico para polinizadores de aguacate.

4.1.2.6 Análisis sobre las áreas de alto valor biológico

En general, las áreas con alto valor biológico antes descritas, se encuentran asociadas a las ANPs federales y estatales, AICAS y sitios RAMSAR; y a sitios con características de paisaje particulares como barrancas, lomeríos —para el caso de

mamíferos pequeños y medianos—, cuerpos de agua, ríos y escurrimientos —para anfibios y reptiles—; además, la franja transvolcánica, importante para las especies de aves.

El PST juega un papel muy importante en el mantenimiento de la biodiversidad tanto regional como local, como lo demuestran la mayoría de los Modelos de Hábitat Idóneo. Lo anterior se puede sumar a los servicios ecosistémicos señalados en el POET para la región de Tapalpa en donde se identifican, entre otros servicios de provisión de alimento, madera, fibras, medicinas, regulación de procesos biogeoquímicos, conservación de suelo y agua, prevención de la erosión, captura de carbono, recreación, oportunidades de investigación, valores culturales y espirituales. Al mismo tiempo, la Sierra de Tapalpa es considerada un núcleo importante de bosque, con una superficie aproximada de 108,272 hectáreas, así como un área con fragilidad media-alta y biodiversidad media.

Por otro lado, y dado que las áreas de alto valor biológico se determinaron utilizando bioclimas, es posible inferir sobre ellas algunas hipótesis de conectividad bioclimática, o bien corredores climáticos, por donde es posible que se desplacen las poblaciones de fauna y flora. Lo anterior, puede ser un primer acercamiento a la visualización de una conectividad estructural en un territorio determinado.

En la Figura 39 se muestran los corredores bioclimáticos para la región de estudio a escala nacional, 1:250,000 (CONABIO, 2021). Estas áreas coinciden con los parches de hábitat identificados en la sección 4.1.5.1 Identificación de parches de hábitat, obtenidos también a partir de bioclimas con una resolución de 90 metros. Los resultados muestran que el Paisaje Sierra de Tapalpa juega un papel importante para el mantenimiento de la estabilidad climática ante escenarios de cambio climático, y para promover la conectividad entre Sierra de Quila y el Nevado y Volcán de Colima.

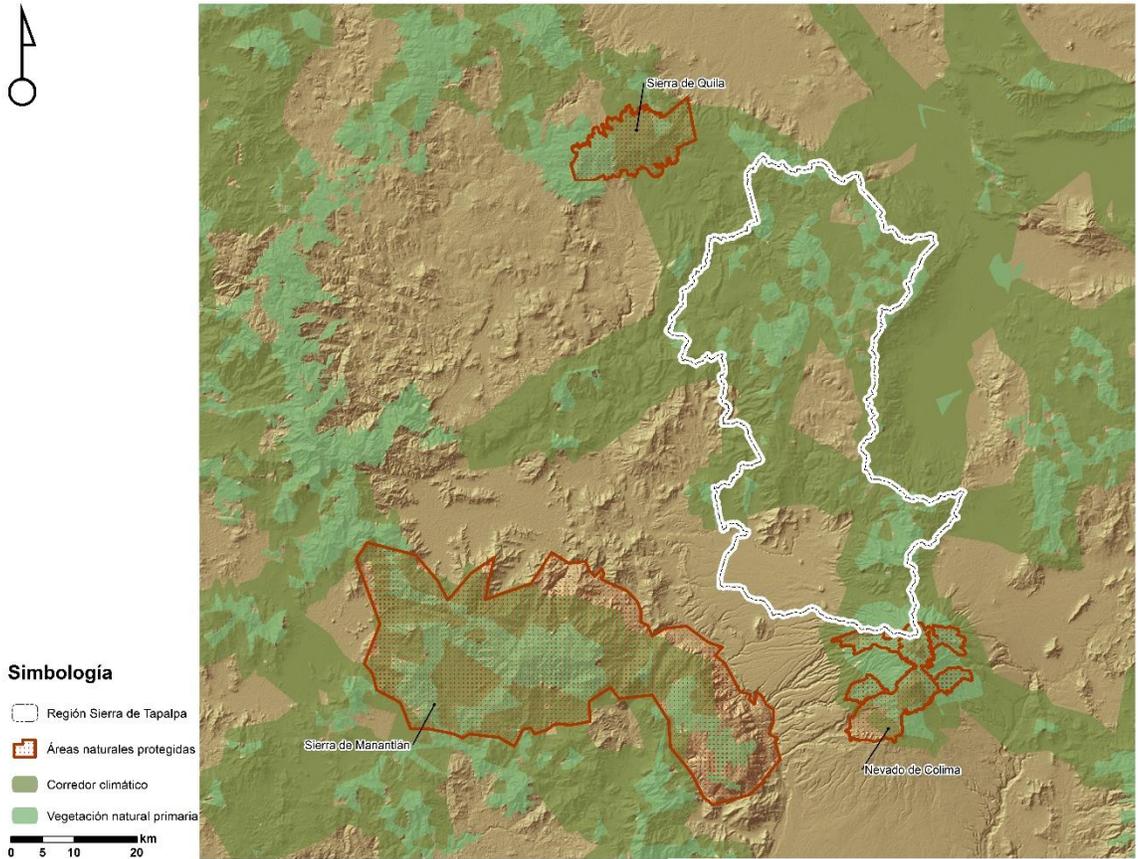


Figura 39. Corredores bioclimáticos. Fuente: CONABIO.

4.1.3 Selección de especies de flora y fauna para el análisis de conectividad estructural

La selección de especies para el análisis de conectividad estructural consistió en:

1. Especies que fueron mencionadas en las entrevistas realizadas a los diferentes actores del territorio.
2. 'Especies sombrilla': aquellas que, en caso de protegerse, también se ayuda a la conservación de manera indirecta otras especies que se encuentran en su hábitat.
3. En el caso de la flora se seleccionaron dos especies que poseen una distribución amplia lo que permite la conservación indirecta de otras especies asociadas a su hábitat, en este caso el ecosistema de bosque templado.

Tabla 13. Especies seleccionadas para el análisis de conectividad estructural.

Grupo	Especie o género	Nombre común
Mamíferos	<i>Puma concolor</i>	Puma
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote
	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria
Anfibios	<i>Ambystoma</i>	Ajolotes
Reptiles	<i>Crotalus</i>	Serpientes de cascabel
Flora	<i>Quercus candicans</i>	Encino blanco
	<i>Quercus castanea</i>	Encino capulincillo

4.1.4 Generación de Modelos de Calidad de Hábitat

La calidad de hábitat se refiere a la aptitud del medio ambiente para proveer las condiciones necesarias para la persistencia de las especies. Por ejemplo, una baja densidad poblacional, alta cobertura forestal y poca pendiente, significa una mayor calidad del hábitat para la especie (Godínez, 2017). Los Modelos de Calidad de Hábitat se obtuvieron utilizando tres insumos:

1. Los Modelos de Hábitat Idóneo.
2. Siete variables de características del paisaje.
3. Nueve variables identificadas como amenazas potenciales del hábitat.

Tabla 14. Variables utilizadas para realizar los modelos de calidad de hábitat.

Tipo de variable	Categoría	Nombre variable	Clave
Amenazas potenciales del hábitat	Camino	Distancia a caminos	CAM
	Carreteras	Distancia a carreteras	CAR
	Zonas urbanas	Distancia a zonas urbanas	DZU
		Densidad zonas urbanas	DEZU
	Aguacateras	Distancia a aguacatera	DAG
		Superficie aguacatera hectáreas	SAG
	Invernaderos	Distancia a invernadero	DIN
		Superficie invernadero hectáreas	SIN
	Incendios	Densidad incendios	DEI
Características del paisaje	Topografía	Altitud	ALT
		Pendiente	PEN

Tipo de variable	Categoría	Nombre variable	Clave
	Uso de suelo y vegetación	Clasificación uso de suelo (antrópico, forestal, no forestal, agua)	USV
	Hidrología superficial	Distancia a cuerpos de agua	DCA
		Distancia a ríos	DR
		Distancia a escorrentía (se aplicó únicamente para la especie <i>Ambystoma sp.</i>)	DES
	Áreas naturales protegidas (ANP)	Distancia a ANP	DANP
Modelo de hábitat idóneo			MHI

Las variables fueron reclasificadas con el software ArcMap y se les asignó un valor entre 1 a 100, donde 100 significa una mayor calidad de hábitat.

A cada una de las especies seleccionadas de la Tabla 10 se le asignaron diferentes valores de calidad del hábitat según sus necesidades e historias de vida. Lo anterior significa que, debido a que las especies tienen requerimientos específicos de calidad del hábitat, se modificaron los valores de las clases de algunas de las variables del paisaje para que reflejen sus necesidades. Las modificaciones de estas variables se hicieron con base en trabajos de investigación de conectividad estructural y funcional previas. Con el mismo objetivo, y tomando como base la ecuación presentada a continuación, algunas de las variables fueron ponderadas de manera diferente para algunas especies.

Por ejemplo, la distancia a escorrentías fue una variable que únicamente se usó para las especies pertenecientes al género *Ambystoma*, las cuales son estrictamente acuáticas y se encuentran típicamente en arroyos de aguas frías, claras y limpias, con alto contenido de oxígeno por el movimiento constante del agua, así como en lagos o presas en donde se sabe, pueden soportar menores cantidades de oxígeno disuelto en agua, aunque esto no quiere decir que puedan vivir óptimamente si la calidad de su ambiente no es la adecuada (Ávila-Akerberg, *et al.*, 2021).

En el Anexo 11. Valores de resistencia y MCH para las modelaciones, se muestran las tablas con los valores de calidad del hábitat y resistencia para cada especie.

Todas las capas fueron procesadas por medio de la siguiente ecuación:

$$MCH = 2 \cdot (MHI + USV) + CAM + CAR + DZU + DEZU + DAG + SAG + DIN + SIN + DEI + ALT + PEN + DCA + DR + DANP$$

La cobertura de uso de suelo y vegetación y el Modelo de Hábitat Idóneo fueron sumados y ponderados debido a que se consideran determinantes para determinar la calidad del hábitat de las especies (Godínez, 2017). El resultado obtenido es una cobertura en formato ráster.

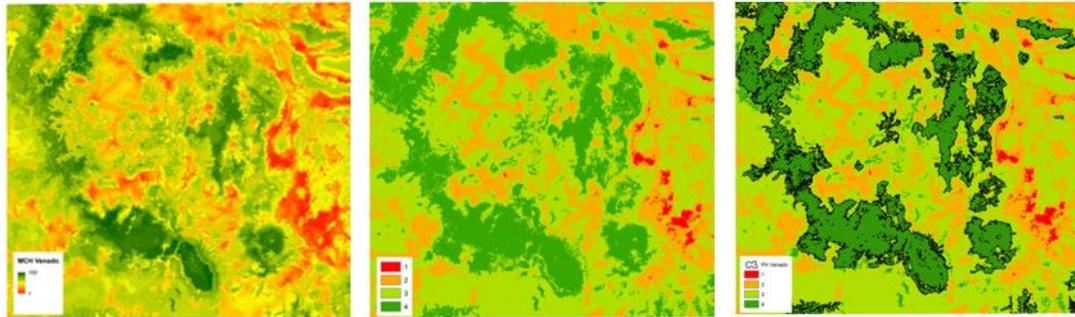
4.1.5 Análisis de la conectividad estructural del paisaje

Como se recordará, se entiende como conectividad estructural a los elementos físicos que facilitan o impiden el paso de especies y el arreglo espacial que tienen estos elementos en el territorio (Taylor *et al.*, 2006). La identificación de los parches de hábitat se hace con la intención de localizar las zonas de alto valor por reunir las características en las que cada una de las especies analizadas puede prosperar.

Una vez obtenidos los resultados y, haciendo alusión al concepto de parches de hábitat —que se tratan de áreas de hábitat natural que pueden tener diferentes tamaños y formas, son dinámicos y ocurren en una variedad de escalas espaciales y temporales que varían en función de cada especie—, resulta evidente que las ANPs tanto federales como estatales para el cuadrante de estudio, juegan un papel fundamental en el mantenimiento y preservación de hábitats de alto valor para todas las especies analizadas (ver Tabla 13) al englobar grandes extensiones de paisajes naturales y con mayor homogeneidad.

4.1.5.1 Identificación de parches de hábitat

Los parches de hábitat se obtuvieron a partir de las áreas con mayor calidad del hábitat para cada especie. Esto se realizó al dividir el rango de valores de los ráster de los Modelos de Calidad del Hábitat en cuatro clases (cuartiles), y escogiendo la clase de valores más altos para definir los parches de hábitat.



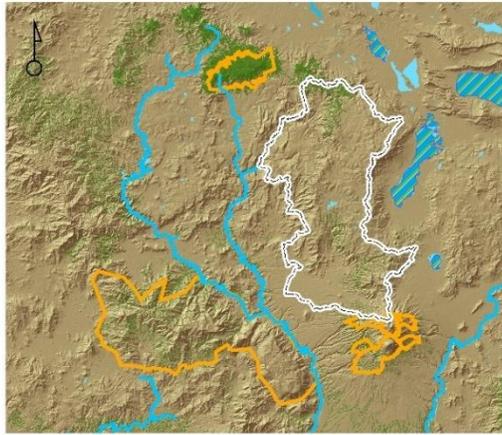
1) Modelo de Calidad del Hábitat (MCH) del venado, los valores son de 1 a 100 donde 100 es mayor calidad del hábitat.

2) El MCH se divide en cuartiles (es decir, los valores del ráster se dividen en 4 partes) y se escoge el cuartil superior, es decir los valores de MCH de 75 a 100.

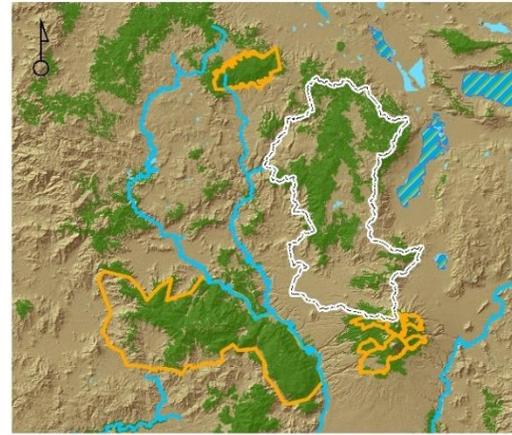
3) Se obtienen los parches de hábitat al seleccionar el área con los valores del cuartil más alto (estos se señalan con un contorno negro)

Figura 40. Proceso realizado para obtener los parches de hábitat a partir del Modelo de calidad del hábitat. Fuente: Elaboración propia.

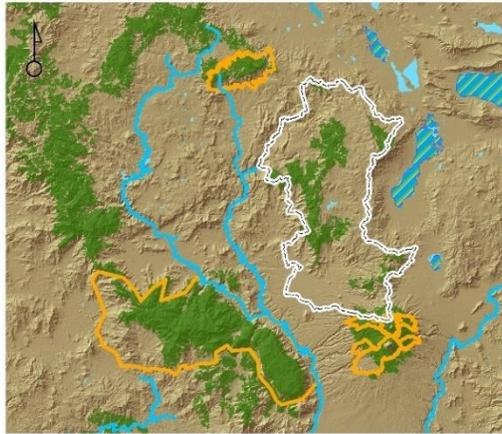
En los mapas mostrados a continuación es posible identificar de manera consistente —para las especies de mamíferos analizadas, y para los géneros *Crotalus* y *Ambystoma*, y las especies de *Quercus*— parches de hábitat de mayor tamaño y relativamente homogéneos al interior de las ANPs Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila (APFFSQ), el Parque Estatal Bosque Mesófilo Nevado de Colima y el Parque Nacional Nevado de Colima; y dentro del Paisaje Sierra de Tapalpa, principalmente en la zona conocida como Sierra de Tapalpa, entre los municipios de Chiquilistlán y Tapalpa.



Ajolote (*Ambystoma* sp.)



Cascabel (*Crotalus* sp.)



Puma (*Puma concolor*)



Venado (*Odocoileus virginianus*)



Ocelote (*Leopardus pardalis*)



Pecarí (*Pecari tajacu*)

Simbología

- RST
- ANP
- ~ Ríos
- Sitios RAMSAR
- Cuerpos de agua
- Parches de hábitat

Figura 41. Parches de hábitat de las especies analizadas (parte 1).

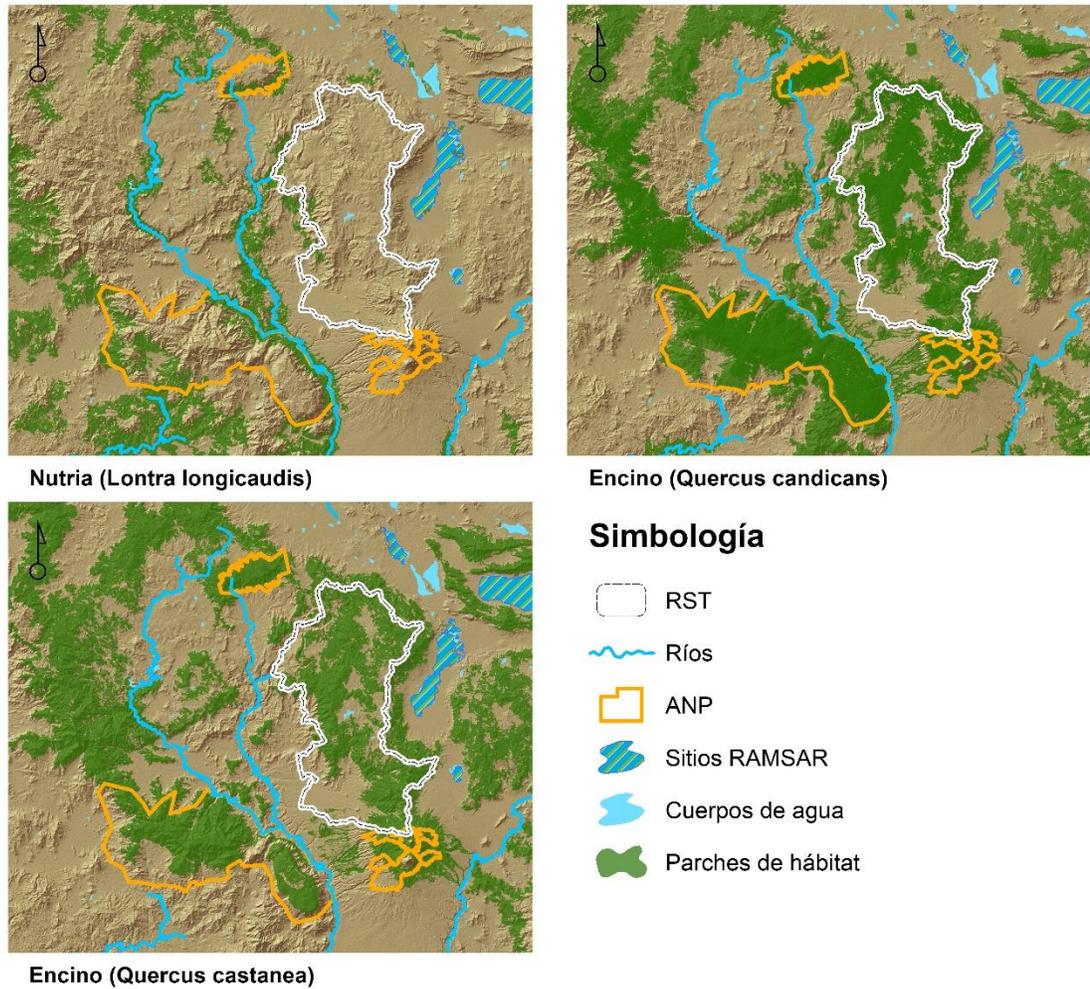


Figura 42. Parches de hábitat de las especies analizadas (parte 2).

El tamaño y configuración espacial de los parches varía entre cada especie, condición que es determinante para el análisis de la conectividad funcional, como se muestra más adelante. Esto puede deberse a las características del paisaje evaluado, que se representan en este análisis como variables de calidad del paisaje, y que adquieren su valor y ponderación en función de los requerimientos de hábitat particulares para cada especie dada su biología.

El género *Ambystoma* fue el único grupo de especies para el cual se empleó la variable de 'distancia a escorrentía', lo que permitió afinar el análisis a su historia de vida y resultó en una gran cantidad de pequeños parches de hábitat a lo largo de buena parte del área de estudio. Los parches de mayor tamaño, más agregados y

más homogéneos, se localizaron principalmente en el APFF Sierra de Quila y áreas cercanas, condición que puede indicar una mayor calidad de hábitat en esta zona.

Fuera de las ANPs, también es posible visualizar parches de hábitat homogéneos de mayor tamaño y más agregados para algunas de las especies, como es el caso del puma (*Puma concolor*) y el ocelote (*Leopardus pardalis*). Estos parches están principalmente distribuidos al oeste del área de estudio, abarcando parte de la Sierra de Cacoma que se trata de un área conocida por contar con gran heterogeneidad ambiental por su variada topografía, amplios gradientes altitudinales y altas precipitaciones, así como la existencia de varias comunidades vegetales, todas estas características que favorecen la presencia de estas especies.

De igual manera, se pueden reconocer parches de hábitat, aunque de menor tamaño y menos agregados para especies como el venado (*Odocoileus virginianus*), la nutria (*Lontra longicaudis*) y los géneros *Ambystoma* (ajolotes) y *Crotalus* (serpientes de cascabel), en áreas donde el paisaje está definido por zonas con presencia de vegetación natural y cierta heterogeneidad ambiental como Sierra de Amula, Sierra de Tonaya, Amacuatitlanejo, Parque Las Piedras, Bosque Las Juntas y Mesa de San Nicolás. Estos parches también se localizan en zonas con presencia de variedad de actividades humanas como agricultura (cultivo de aguacate, papa y *berries*), ganadería, zonas urbanas y carreteras, derivando en un paisaje en donde los procesos de pérdida de hábitat y fragmentación determinan o amenazan la calidad del hábitat de las especies analizadas a distintas escalas espacio-temporales.

Dentro del Paisaje Sierra de Tapalpa, entre los municipios de Tapalpa y San Gabriel, es posible reconocer parches de hábitats de tamaño considerable y homogéneos para varias de las especies, entre ellas: serpientes de cascabel, ocelote, pecarí, puma y venado, y las especies de *Quercus* (encinos) analizadas. Esta área adquiere gran relevancia en cuanto al mantenimiento de la conectividad estructural, no solo para estas especies, sino también para especies asociadas al hábitat de las mismas.

4.2 Determinación de corredores ecológicos

Existen varios *softwares* y métodos para la identificación y definición de corredores y áreas de interés para el mantenimiento de la biodiversidad. La elección de un método, o la combinación de varios de estos, depende de los objetivos de conservación planteados para el proyecto. Es necesario utilizar técnicas de modelación apropiadas para la identificación de rutas potenciales de conectividad, las cuales, puedan abordar todos los elementos y variables tanto antrópicos como naturales involucrados en el área de estudio (Martínez *et al.*, 2016).

4.2.1 Selección de especies para modelación de conectividad funcional

Las especies que se seleccionaron para llevar a cabo la modelación de la conectividad funcional son las mismas que aquellas seleccionadas para la conectividad estructural, excepto por las especies de flora, pues los mecanismos de dispersión de estas son más complejos y requieren de un mayor tiempo de análisis.

Tabla 15. Especies seleccionadas para los análisis de conectividad funcional.

Grupo	Especie	Nombre común
Mamíferos	<i>Puma concolor</i>	Puma
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote
	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria
Anfibios	<i>Ambystoma sp.</i>	Ajolote
Reptiles	<i>Crotalus sp.</i>	Cascabel

Se obtuvieron diferentes corredores con los parches de hábitat para las siete especies seleccionadas (Tabla 15). A continuación, se exponen los resultados obtenidos para cada una de ellas:

1. Corredores de menor costo obtenidos con la herramienta *Linkage Pathways*.

2. Flujo de corriente entre parches vecinos o *Pinch Point*, que utiliza la teoría de circuitos para determinar los lugares donde existe mayor flujo de individuos de cada especie.
3. Análisis de centralidad, el cual mide la importancia que posee un parche de hábitat para el mantenimiento de una red de conectividad, es decir, los parches que presenten un alto valor de centralidad son prioritarios para conservar el movimiento dentro de la red y su pérdida provocaría la desconexión del sistema. (Martínez *et al.*, 2016).

4.2.1.1 Mamíferos

4.2.1.1.1 Puma (*Puma concolor*)

El puma es un felino de hábitos solitarios. Se refugia mayormente en áreas abruptas, dentro de cuevas y lugares donde pueda permanecer escondido. Esta especie puede tolerar más la presencia humana y puede pasar por espacios muy transitados, mientras tenga buenos escondites. El puma se esconde durante el día, y tiene mayor actividad durante la noche, cuando sale a cazar roedores, venados y conejos, entre otras especies. Su distancia de dispersión es grande ya que puede desplazarse entre 5 y 40 km en un día. Su área de actividad varía entre 66-685 km² para las hembras y 152-826 km² para los machos. Al ser un depredador tope en la cadena trófica, su relación con otros organismos es sustancial, ya que tiene efecto sobre las poblaciones de presas y su presencia indica el buen estado de conservación del ecosistema (Minjarez, 2013).

Las variables más importantes para tomar en cuenta en la distribución del puma son: la actividad humana, la cobertura vegetal, pendientes, altitud y presencia de caminos y cuerpos de agua. Estas condiciones propician la presencia de presas y otorgan camuflaje, refugio y eficacia para cazar a sus presas (Tiefenbacher *et al.*; s.f.).

Se identificaron doce corredores de menor costo entre ocho parches de hábitat óptimos para el puma (ver siguiente figura) en el área de estudio seleccionada. El corredor con menor distancia es el que conecta el parche 1 con el 8 (2.4 km), el otro

corredor es el que conecta el parche 2 y 6 (3.8 km). Estos corredores se encuentran cerca del área natural protegida del Volcán Nevado de Colima y Sierra de Manantlán. Por otro lado, los corredores con una distancia mayor son los que conectan los parches 2 y 3 (32 km), y los parches 5 y 1 (25 km), estas zonas se encuentran dentro del área de la Región Sierra de Tapalpa y del área natural protegida Volcán Nevado de Colima.

Como se observa dentro de la Sierra de Tapalpa existen 4 parches de hábitat (2, 3, 4 y 5) que se conectan entre sí, por medio de 5 corredores. Asimismo, un porcentaje del parche 6 se encuentra dentro del PST y conecta con el parche 2 y 5 por medio de dos corredores.

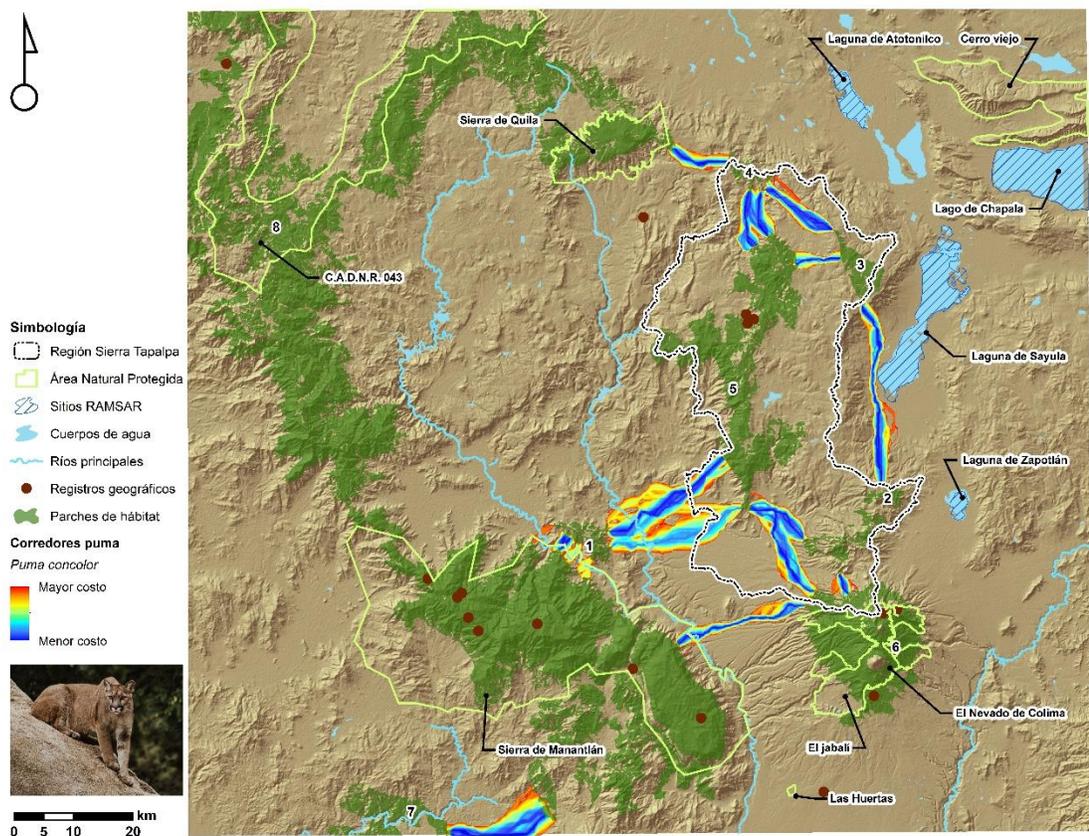


Figura 43. Corredores de menor costo (*Linkage Pathways*) para el puma (*Puma concolor*).

El resultado de la modelación del flujo de corriente entre parches, fue hecho a través de los elementos que conforman la red de conectividad anterior.

En gran parte del Paisaje Sierra de Tapalpa y en sus alrededores existen actividades y asentamientos urbanos que pueden interferir con la conectividad y

conservación de los ecosistemas. Los modelos de resistencia (ver Anexo 11. Valores de resistencia y MCH para las modelaciones) indican que, en gran parte de la zona del Volcán del Nevado de Colima, Tapalpa y la zona Este del área de estudio, se encuentran muchas barreras por la alta presencia de zonas agrícolas como invernaderos y aguacateras, carreteras y caminos, además de algunos desarrollos urbanos como cabañas o fraccionamientos. Estos obstáculos pueden afectar la movilidad de ciertas especies, tal es el caso de los mamíferos grandes como el puma, ocelote y venado cola blanca.

Los modelos indican que **dentro del Paisaje Sierra de Tapalpa hay espacios que ofrecen un lugar de paso para las especies debido a zonas que aún tienen vegetación conservada.**

Aunque **el modelo de conectividad muestre corredores dentro del Paisaje Sierra de Tapalpa, no significa que estas áreas sean lugares conservados o con alta calidad del hábitat. Dentro del área de estudio existen barreras que provocan una resistencia para la especie, y éstas pueden interferir su paso.** Es importante recordar que los corredores potenciales funcionan como guías para la priorización de la conservación en estas zonas, esto aplica para las siete especies modeladas.

En la siguiente figura se observa que el flujo de corriente máxima entre los parches de hábitat del puma fue mayor en la zona Noreste y Sur de la Región Sierra de Tapalpa, del parche 6 al 8 y 2, del parche 3 al 4, 5, y 2.

El flujo de corriente que se encuentra en rojo, indica que **existe una alta resistencia dentro de los corredores. Un alto valor de resistencia puede obstaculizar o impedir el paso de las especies, ocasionando una pérdida de conectividad. En caso de perderse la conectividad se aislarían los parches de hábitat, provocando una desconexión del sistema, por lo que es necesario desarrollar actividades de restauración-conservación en estas áreas hay una dificultad de movimiento para la especie, es decir, existen cuellos de botella que podrían ayudar a focalizar los esfuerzos de conservación y restauración.**

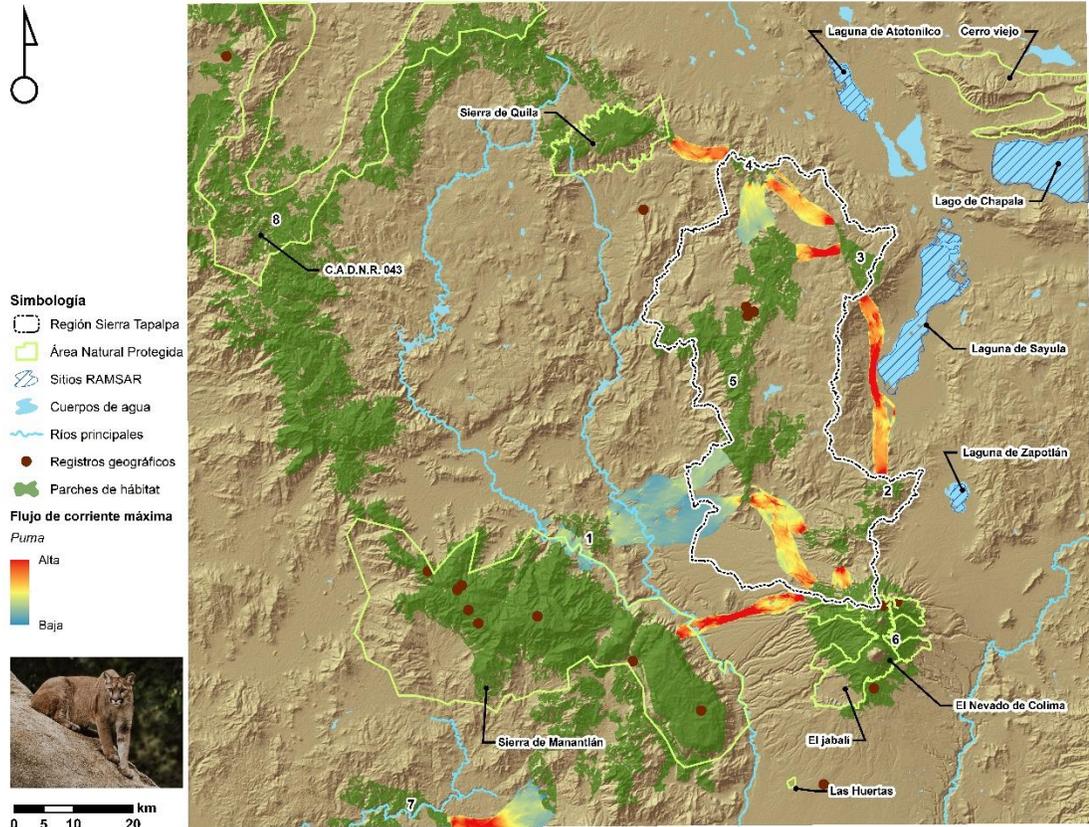


Figura 44. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (*Pinch Point Mapper*), para estimar la conectividad del hábitat del *Puma concolor*.

El análisis de centralidad mide la importancia que posee un parche de hábitat para el mantenimiento de una red de conectividad. En el caso del análisis de centralidad para el puma (ver figura siguiente), se muestra que los parches más importantes para mantener la red conectada son el 5 y 8. Los parches que también son relevantes son el 4 y 6, los cuales están dentro del Paisaje Sierra de Tapalpa.

El parche 8 abarca las áreas naturales protegidas de Sierra de Manantlán, Sierra de Cacoma, una pequeña parte de la C.A.D.N.R. 043 y Sierra de Quila.

Dentro de la Región Sierra de Tapalpa se encuentran siete corredores que sirven como conexión a los parches 5 y 8, el cual es el más importante para el sistema. Si se fragmentara o tuviera una alteración, habría una pérdida en la conservación del sistema y de la especie, por lo que el desarrollo de esfuerzos para conservar y restaurar estas zonas sería de suma importancia para su preservación.

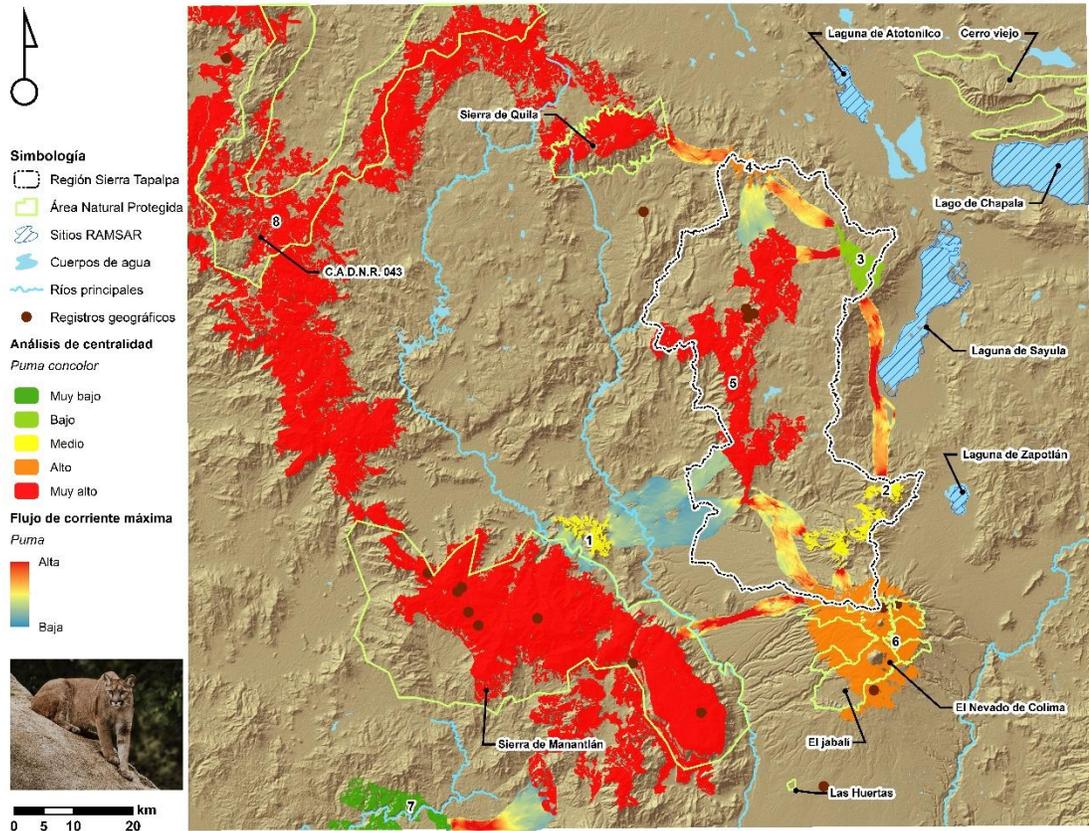


Figura 45. Análisis de centralidad (Centrality mapper) aplicado a los parches de hábitat del Puma concolor, los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.

A continuación, se presentan tablas resumen de la cantidad de parches de hábitat del puma y corredores, además de su área en km² y la distancia en km.

Tabla 16. Área de los parches de hábitat del puma (km²).

Parches de hábitat puma	Área (km ²)
1	23
2	43
3	36
4	17
5	325
6	275
7	67
8	2,549
Total	3,335

Tabla 17. Longitud de los corredores ecológicos del puma (km).

Corredores puma	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 1 a 5	24.9	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 8	2.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 3	32.3	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 5	11.6	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 6	3.7	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 4	13.9	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 5	7.8	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 5	7.9	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 8	10.4	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 6	21.4	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 8	24.3	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 8	17.6	No conecta con el PST

4.2.1.1.2 Ocelote (*Leopardus pardalis*)

Los ocelotes se desplazan entre dos y tres kilómetros en promedio por día, buscando alimento, pareja y hogar. Su hábitat incluye el matorral xerófilo, el bosque mesófilo de montaña, las selvas húmedas y secas, el bosque de encino y la vegetación riparia. Esta especie es indicadora para determinar la calidad del hábitat (Ávila *et al.*, 2019).

Se identificaron catorce corredores de menor costo entre nueve parches de hábitat óptimos (ver siguiente figura) para el área de estudio seleccionada. El corredor con menor distancia es el que conecta el parche 3 con el 4 (2.4 km), el otro corredor es el que conecta el parche 7 y 8 (4.5 km), este último corredor se encuentra dentro de la Región de Sierra de Tapalpa. Por otro lado, los corredores con una distancia mayor son los que conectan los parches 4 y 9 (73 km), y los parches 3 y 9 (61 km) estas zonas se encuentran cerca del área natural protegida Volcán Nevado de Colima, Cerro Viejo y Sierra de Manantlán. Como se observa dentro de la Sierra de

Tapalpa existen tres parches de hábitat, de los cuales dos, 7 y 8, tienen conexión con parches fuera de la región. El único parche que no tiene conexión es el 2 y 1.

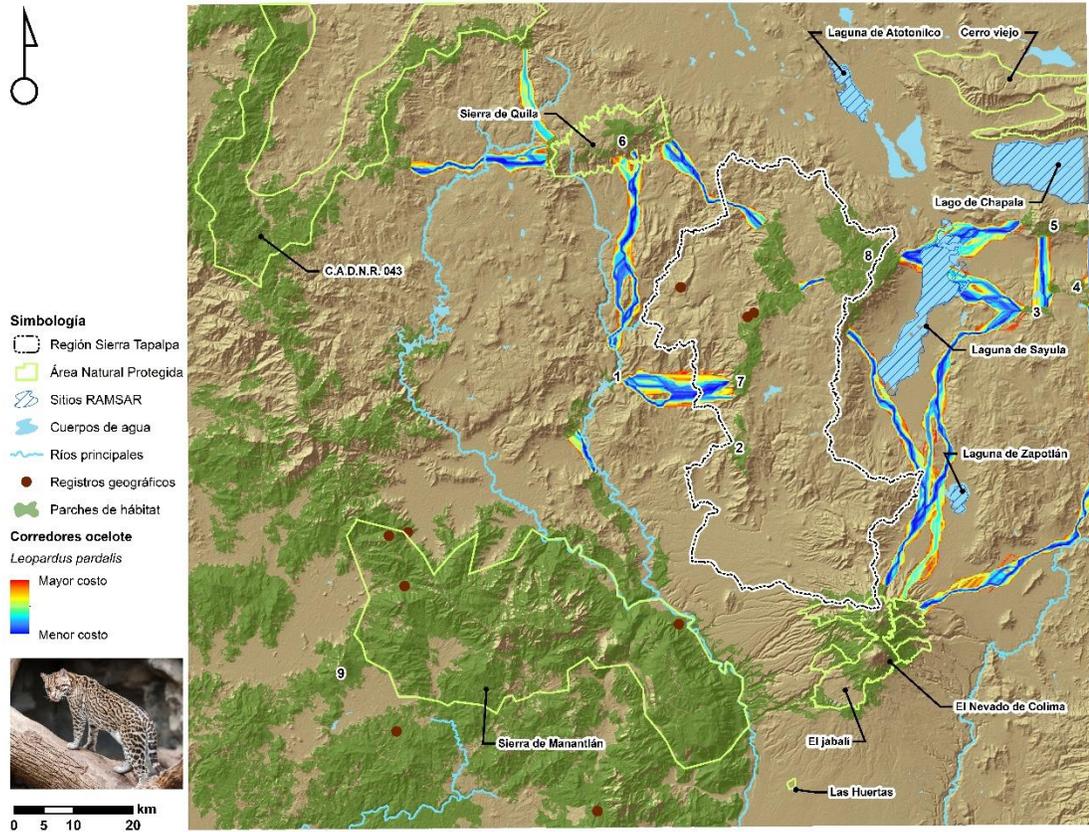


Figura 46. Corredores de menor costo (*Linkage Pathways*) para el ocelote (*Leopardus pardalis*).

Como se observa en la siguiente figura, el flujo de corriente máxima entre los parches de hábitat del puma fue mayor en la zona Este de la Región Sierra de Tapalpa, desde el parche 7 al parche 8; del parche 8 al 5 y 9; del parche 3 al 4 y 9; del parche 4 al 5 y 9. En este caso, el flujo de corriente que se encuentra en rojo, indica que hay una dificultad de movimiento para la especie, es decir, existe una alta resistencia dentro del área de los corredores que obstaculizan el paso de esta.

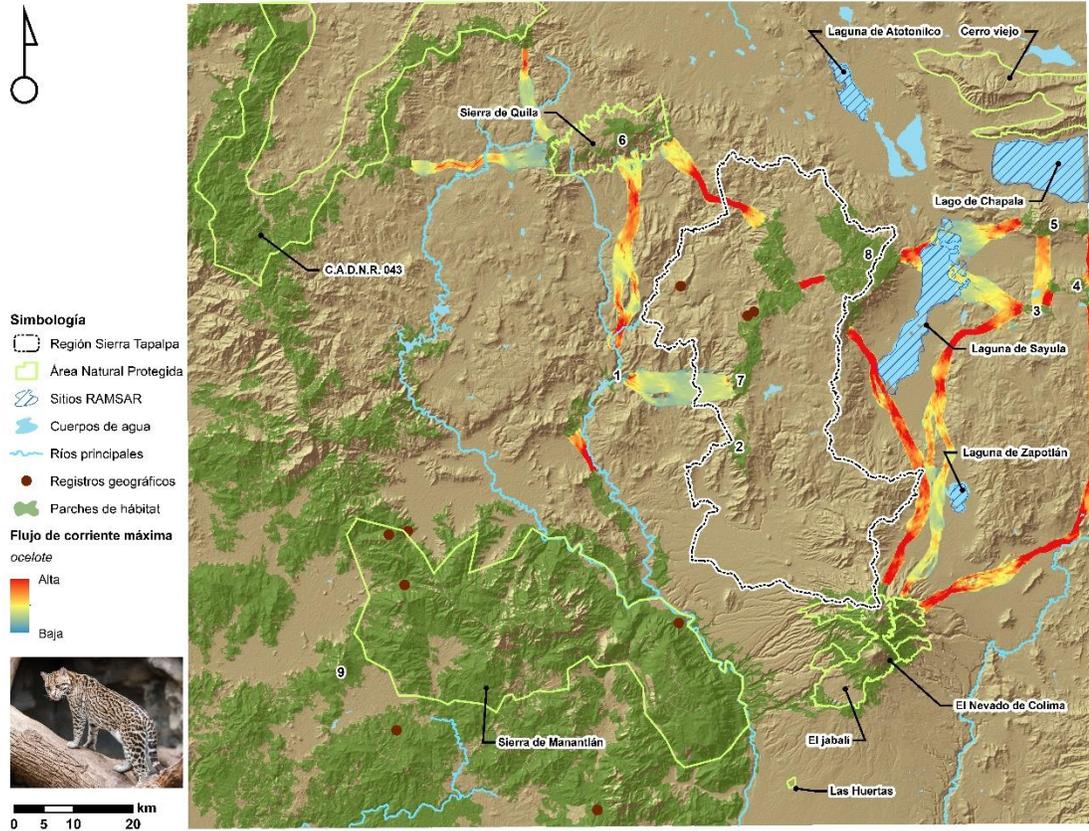


Figura 47. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (*Pinch Point Mapper*), para estimar la conectividad del hábitat del ocelote (*Leopardus pardalis*).

Los resultados obtenidos del análisis de centralidad para los parches de hábitat del ocelote (ver figura siguiente) indican que los parches más importantes para mantener la red conectada son el 7 y 8, seguido del parche 9, que es el de mayor extensión. Este último, abarca las áreas naturales protegidas de Sierra de Manantlán, Volcán Nevado de Colima, Sierra de Cacoma y una pequeña parte de la C.A.D.N.R. 043.

Dentro de la Región Sierra de Tapalpa se encuentran los dos parches más importantes para la conectividad de la especie, además de tres corredores que sirven como conexión entre ellos y que a su vez se conectan a los parches vecinos. Si se fragmentara alguno de estos parches, habría una pérdida en la conectividad del sistema y de la especie.

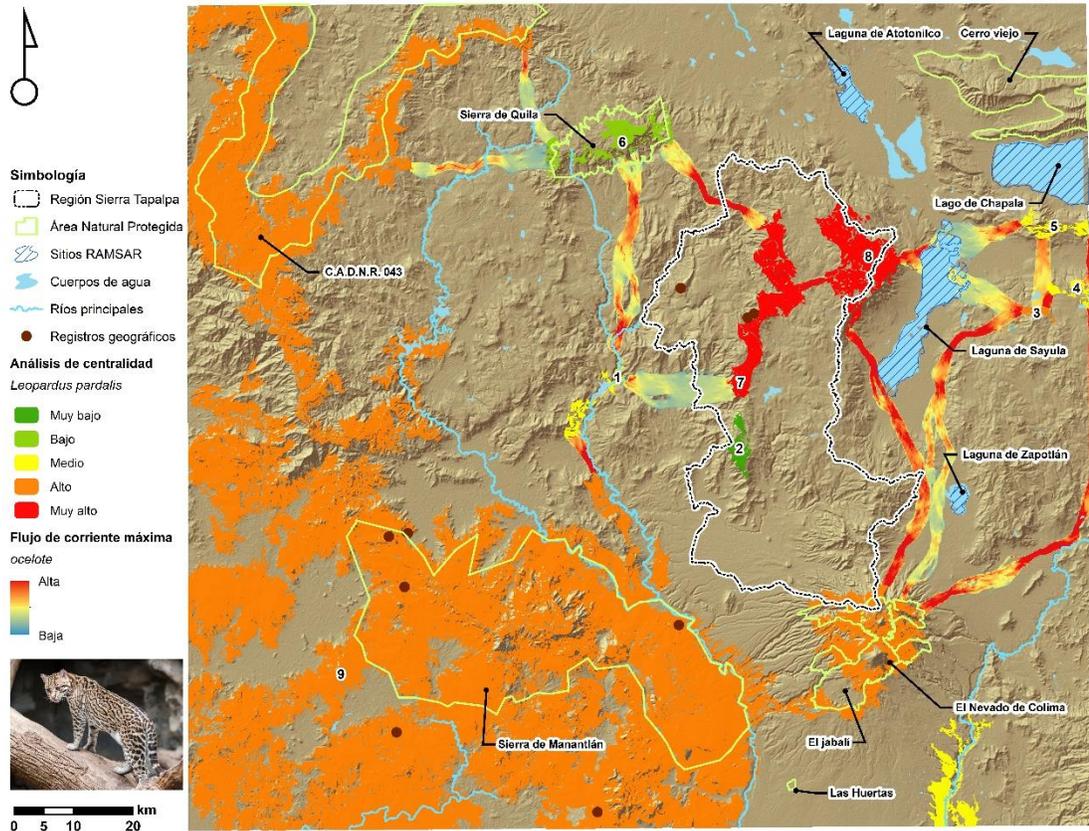


Figura 48. Análisis de centralidad (*Centrality mapper*) aplicado a los parches de hábitat del ocelote (*Leopardus pardalis*), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.

A continuación, se presentan tablas resumen de la cantidad de parches de hábitat del ocelote y corredores, además de su área en km² y la distancia en km.

Tabla 18. Área de los parches de hábitat del ocelote (km²).

Parches de hábitat ocelote	Área (km ²)
1	79
2	18
3	18
4	6
5	10
6	18
7	49
8	111

Parches de hábitat ocelote	Área (km ²)
9	117
10	4,838
Total	5,263

Tabla 19. Longitud de los corredores ecológicos del ocelote (km).

Corredor	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 1 a 6	38.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 7	21.1	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 9	7.8	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 4	2.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 5	11.8	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 8	24.6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 9	61.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 5	8.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 9	72.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 8	22.4	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 7	24.0	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 9	25.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 8	4.5	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 8 a 9	51.6	Conecta con el PST

4.2.1.1.3 Pecarí (*Pecari tajacu*)

El pecarí se encuentra en gran parte del país, habitando en ecosistemas de sabana, montes xerófilos y desérticos, pastizales tropicales y subtropicales, montes bajos, pastizales inundados y bosques de hojas anchas tropicales y subtropicales, hasta los 3000 m.s.n.m. Esta especie se adapta muy bien a los humanos. Su actividad es

durante el día, aunque también presenta hábitos nocturnos y vive en grupos de 1 a 20 miembros. Se refugian en madrigueras o debajo de las raíces de los árboles (Acosta *et al.*, 2020). El tamaño de la piara depende de las condiciones del hábitat, la disponibilidad de alimentos, las condiciones climáticas y los factores externos como la cacería. Es una especie que se adapta muy bien a distintos ecosistemas, siempre y cuando existan las condiciones necesarias para su supervivencia. El área por el que se llegan a distribuir durante casi toda su vida es de aproximadamente 388 ha en zonas donde no hay cacería y entre 73 y 255 ha en zonas con cacería (Luna, 2017).

Se identificaron veinticinco corredores de menor costo entre catorce parches de hábitat óptimos (ver siguiente figura) para el área de estudio seleccionada. Los corredores de menor distancia son el que conecta el parche 10 con el 12 (700 metros), y el que conecta los parches 4 y 5 (740 metros). Por otro lado, los corredores con una distancia mayor son los que conectan los parches 8 y 7 (41 km), y los parches 5 y 6 (42 km), estas zonas se encuentran cerca de las áreas naturales protegidas Sierra de Quila y una pequeña parte de la C.A.D.N.R. 043.

Como se observa dentro de la Sierra de Tapalpa existen cuatro parches de hábitat que se conectan entre sí y con parches externos, por medio de ocho corredores.

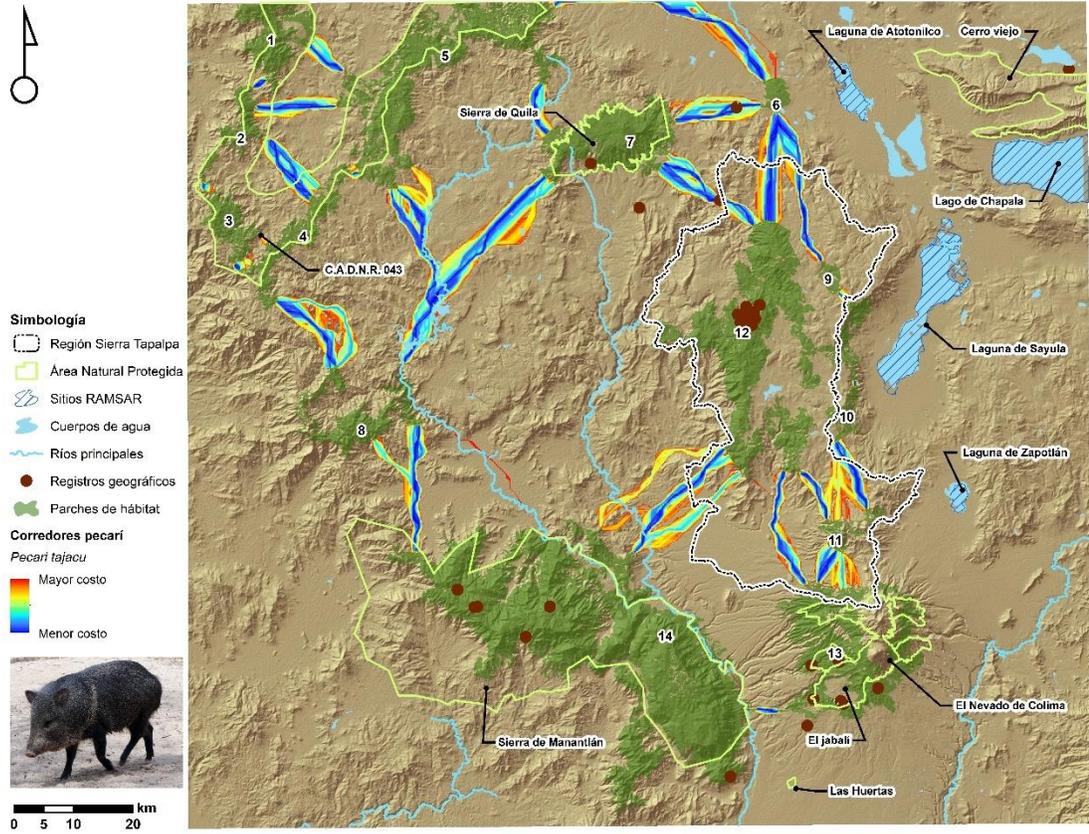


Figura 49. Corredores de menor costo (*Linkage Pathways*) para el pecarí (*Pecari tajacu*).

Como se observa en la siguiente figura, el flujo de corriente máxima entre los parches de hábitat del pecarí, fue mayor en la zona Sur y Norte de la Región Sierra de Tapalpa, del parche 13 al 12 y 14, del parche 9 al 6, 10 y 12. El flujo de corriente que se encuentra en rojo, en este caso, indica que hay una dificultad de movimiento para la especie.

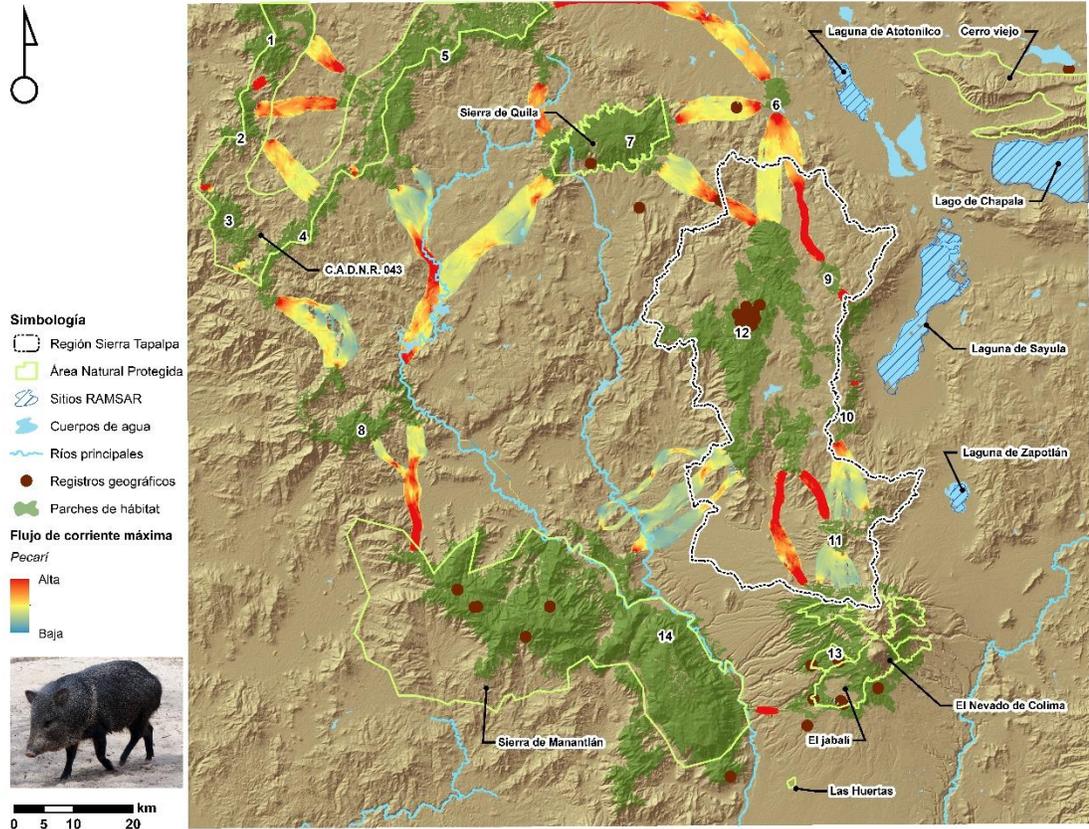


Figura 50. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (*Pinch Point Mapper*), para estimar la conectividad del hábitat del pecarí.

Los resultados obtenidos del análisis de centralidad para los parches de hábitat del pecarí (ver figura siguiente), muestra que el parche más importante para mantener la red conectada son el 5 y 12, los cuales abarcan una pequeña parte de del área natural protegida la C.A.D.N.R. 043 y parte de la Región Sierra de Tapalpa, los otros dos parches importantes son el 4 y 7, el cual abarca Sierra de Quila y parte de la C.A.D.N.R. 043.

Dentro de la Región Sierra de Tapalpa se encuentran uno de los parches más importantes para la conectividad de la especie, además de cinco corredores que sirven como conexión entre ellos y que a su vez se conectan a los parches vecinos, si se fragmentara alguno de estos parches, habría una pérdida en la conectividad del sistema.

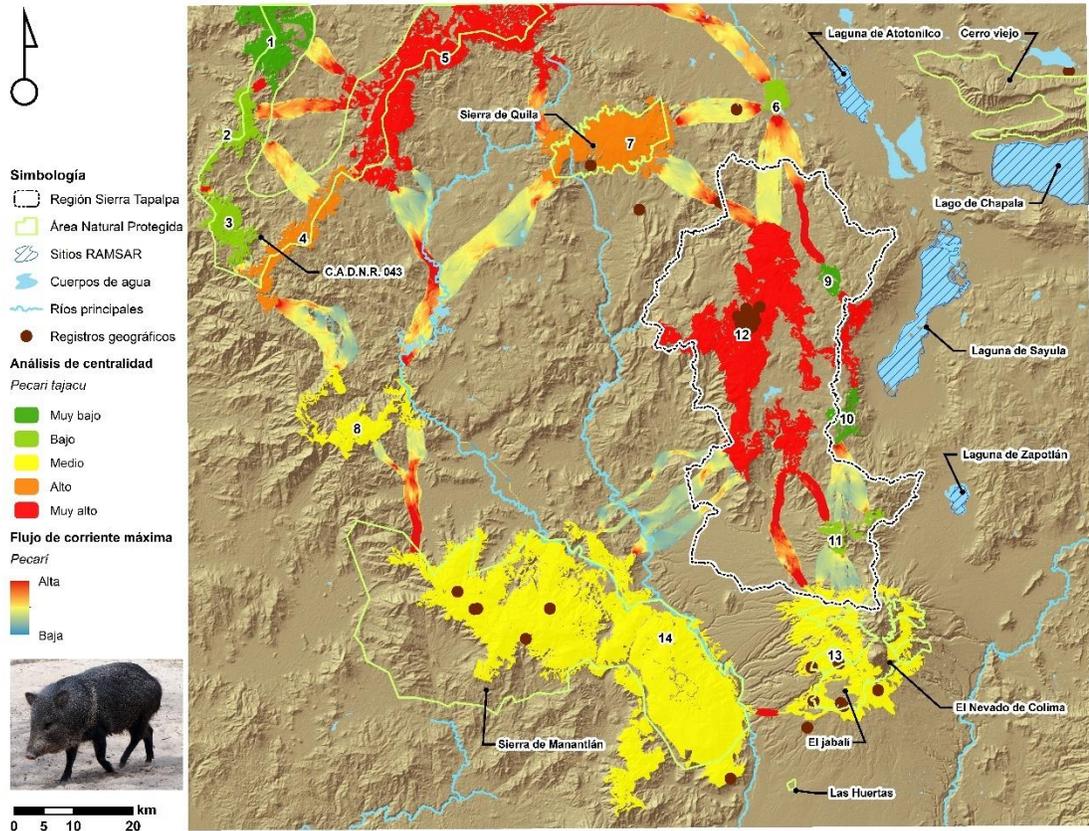


Figura 51. Análisis de centralidad (*Centrality mapper*) aplicado a los parches de hábitat del pecarí (*Pecari tajacu*), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.

A continuación, se presentan tablas resumen de la cantidad de parches de hábitat del pecarí y corredores, además de su área en km² y la distancia en km.

Tabla 20. Área de los parches de hábitat del pecarí (km²).

Parches de hábitat pecarí	Área (km ²)
1	87
2	42
3	52
4	77
5	312
6	19
7	171
8	92

Parches de hábitat pecarí	Área (km ²)
9	13
10	20
11	24
12	440
13	276
14	1,009
Total	2,633

Tabla 21. Longitud de los corredores ecológicos del pecarí (km).

Corredores pecarí	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 1 a 2	2.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 5	7.7	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 3	0.8	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 4	12.2	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 5	13.3	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 4	0.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 5	0.7	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 8	16.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 6	42.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 7	9.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 8	34.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 7	15.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 9	27.6	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 12	18.5	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 8	41.7	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 12	20.6	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 8 a 14	22.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 9 a 12	2.2	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 11	12.9	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 12	0.7	No conecta con el PST

Corredores pecarí	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 11 a 12	9.6	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 13	6.4	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 12 a 13	21.8	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 12 a 14	24.3	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 13 a 14	3.5	No conecta con el PST

4.2.1.1.4 Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*)

El venado se encuentra ampliamente en ecosistemas que van desde las regiones secas del norte, chaparrales, desiertos, matorrales, bosques templados, pastizales templados, hasta las regiones tropicales del sur. Su densidad poblacional reportada es de entre 25 a 50 individuos/km². El venado es una especie muy importante debido a su papel de herbívoro y presa, sus características lo han convertido en una especie muy importante para el medio cinegético en México. Su distancia mediana de desplazamiento es de 1.1 km por día (Ávila *et al.*, 2019)

Se identificaron treinta y cinco corredores de menor costo entre diecisiete parches de hábitat óptimos (ver siguiente figura) para el área de estudio seleccionada. El corredor con menor distancia es el que conecta el parche 14 con el 15 (2 km), seguido del corredor que conecta los parches 4 y 16 (2.2 km). Estos corredores se encuentran cerca del área natural protegida del Volcán Nevado de Colima y Sierra de Quila. Por otro lado, los corredores con una distancia mayor son los que conectan los parches 6 y 13 (72 km), cerca del área natural protegida Volcán Nevado de Colima; y los parches 6 y 15 (50 km) que se encuentran dentro del área de la Región Sierra de Tapalpa. Como se observa dentro de la Sierra de Tapalpa existen dos parches de hábitat que se conectan entre sí, por medio de dos corredores, pero que abarcan una gran parte de la Región de Sierra de Tapalpa.

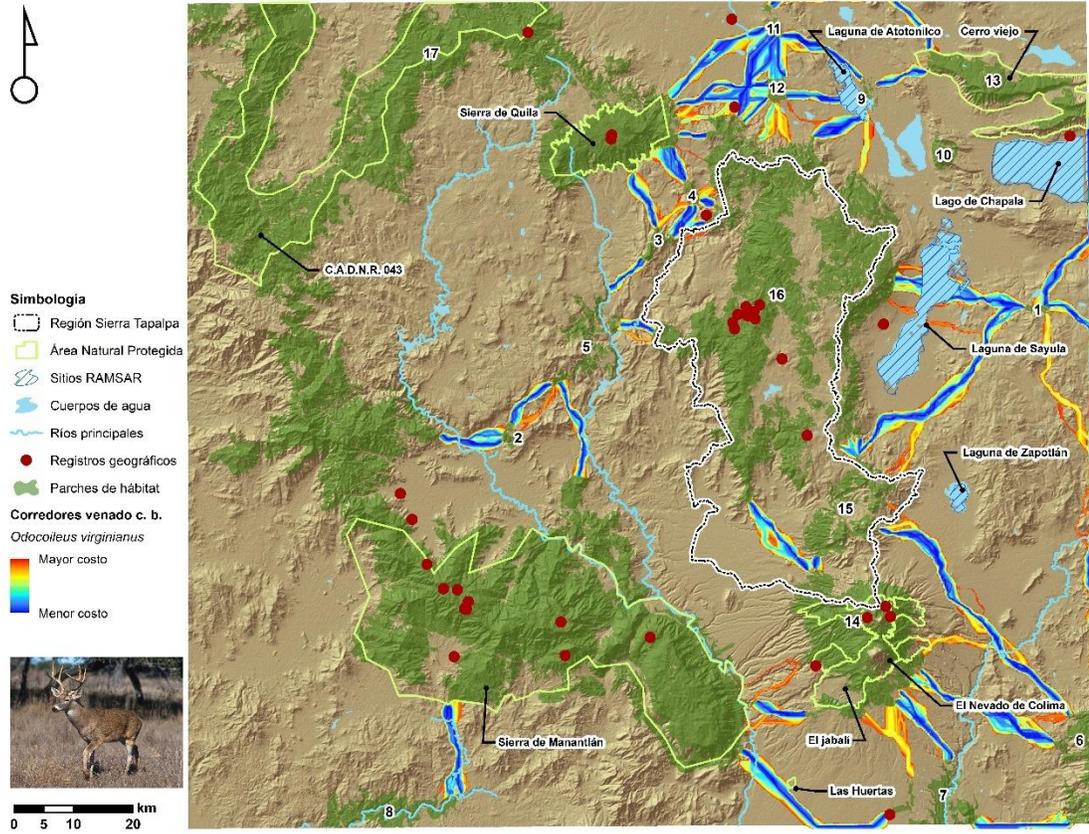


Figura 52. Corredores de menor costo (*Linkage Pathways*) para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).

Como se observa en la siguiente figura, el flujo de corriente máxima entre los parches de hábitat del venado cola blanca, fue mayor en la zona centro y norte de la Región Sierra de Tapalpa. El flujo de corriente que se encuentra en rojo, en este caso, indica que hay una dificultad de movimiento para la especie.

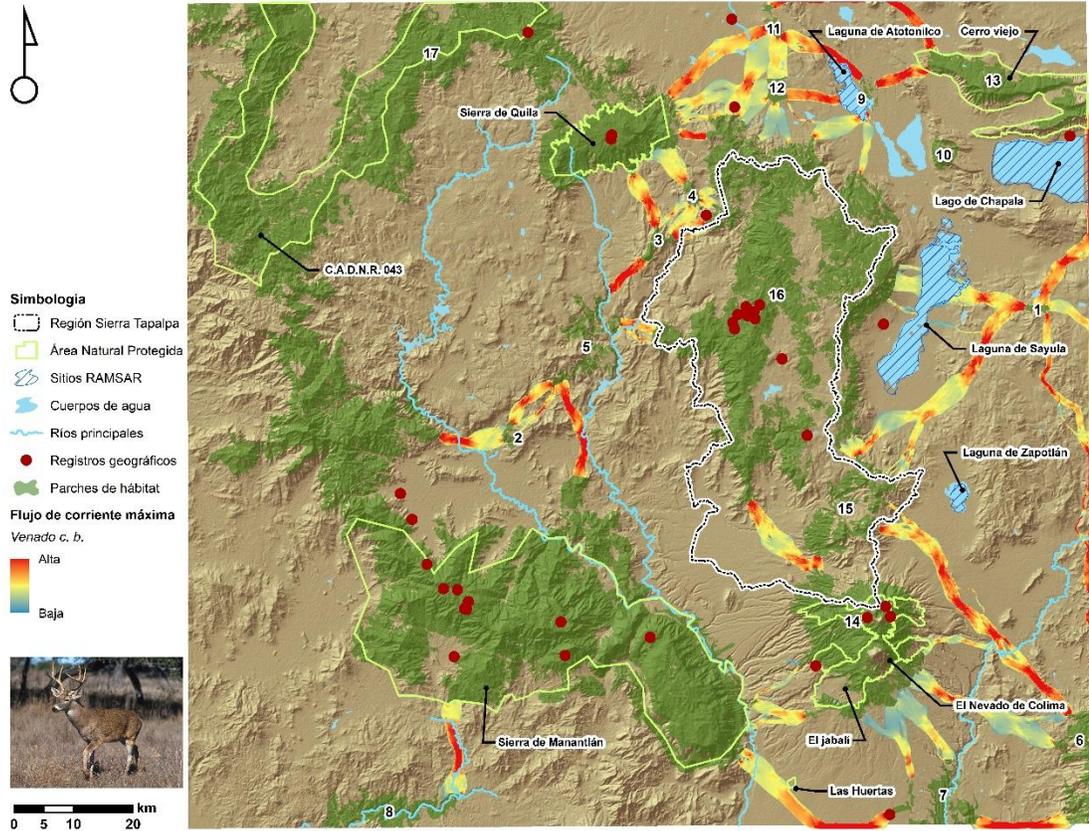


Figura 53. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (*Pinch Point Mapper*), para estimar la conectividad del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).

Los resultados obtenidos del análisis de centralidad para los parches de hábitat del venado cola blanca (ver figura siguiente), muestran que los parches más importantes para mantener la red conectada son el 16 y 17, los cuales abarcan una pequeña parte de del área natural protegida la C.A.D.N.R. 043, Sierra de Quila, Sierra de Cacoma, Sierra de Manantlán y parte de la Región Sierra de Tapalpa.

Dentro de la Región Sierra de Tapalpa se encuentran uno de los parches más importantes para la conectividad de la especie, además de un corredor que sirve como conexión entre este y los parches vecinos. Si se fragmentara alguno de estos parches, habría una pérdida en la conectividad del sistema y de la especie.

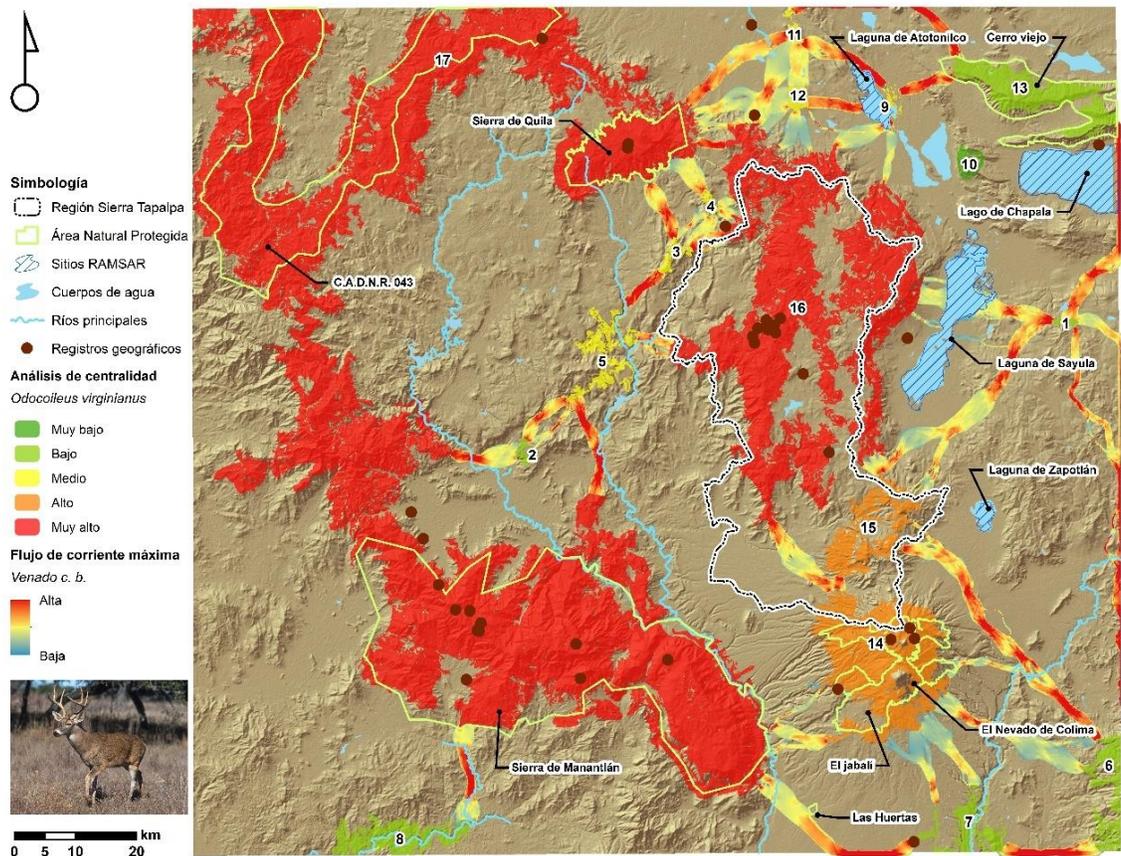


Figura 54. Análisis de centralidad (*Centrality mapper*) aplicado a los parches de hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.

A continuación, se presentan tablas resumen de la cantidad de parches de hábitat del venado cola blanca y corredores, además de su área en km² y la distancia en km.

Tabla 22. Área de los parches de hábitat del venado (km²).

Parches de hábitat venado	Área (km ²)
1	4
2	8
3	11
4	6
5	47
6	59
7	48

Parches de hábitat venado	Área (km ²)
8	77
9	7
10	15
11	7
12	11
13	119
14	321
15	95
16	960
17	3,339
Total	5,136

Tabla 23. Longitud de los corredores ecológicos del venado (km).

Corredores venado	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 1 a 6	72.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 13	35.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 15	43.1	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 16	24.1	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 5	10.2	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 17	11.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 4	6.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 5	8.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 16	6.1	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 17	10.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 16	2.2	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 17	6.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 16	5.8	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 17	17.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 7	16.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 14	28.0	No conecta con el PST

Corredores venado	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 6 a 15	50.4	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 14	15.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 17	30.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 8 a 17	16.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 9 a 11	16.3	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 9 a 12	12.6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 9 a 13	9.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 9 a 16	10.4	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 12	7.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 13	32.2	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 16	16.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 17	21.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 12 a 16	5.6	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 12 a 17	17.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 14 a 15	2.0	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 14 a 16	15.5	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 14 a 17	8.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 15 a 16	2.5	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 16 a 17	4.5	No conecta con el PST

4.2.1.1.5 Nutria (*Lontra longicaudis*)

La nutria es una especie clave por las funciones ecológicas que cumple dentro de los ecosistemas (Miller *et al.*, 1999). Se halla en diversos tipos de hábitats: zonas áridas con presencia de bosque espinoso y matorral, bosques tropicales perennifolios y subcaducifolios, zonas pantanosas, etc. Sus poblaciones han disminuido debido a las actividades antropogénicas, por el derrame de desechos urbanos, la extracción intensiva de agua y la alta concentración de contaminantes en los cuerpos de agua (Arellano *et al.*, 2010). “Las nutrias son animales huidizos que ocupan aquellas áreas donde la vegetación ríparia está mejor conservada, con

poca presencia humana, abundancia de alimento y sitios de refugio” (Alvar *et al.*, 2013).

Se identificaron treinta y siete corredores de menor costo entre diecinueve parches de hábitat óptimos (ver siguiente figura) para el área de estudio seleccionada. Los corredores de menor longitud son el que conecta el parche 10 con el 11 (1.6 km), y el que conecta los parches 16 y 19 (3.4 km); este corredor se encuentra cerca del área natural protegida de la Sierra de Manantlán. Por otro lado, los corredores con una distancia mayor son los que conectan los parches 5 y 8 (70 km), y los parches 8 y 13 (51 km); estas zonas se encuentran cerca del área natural protegida Sierra de Manantlán y del área natural protegida Volcán Nevado de Colima. Como se observa dentro de la Sierra de Tapalpa se encuentran cinco corredores que conectan con siete parches de hábitat.

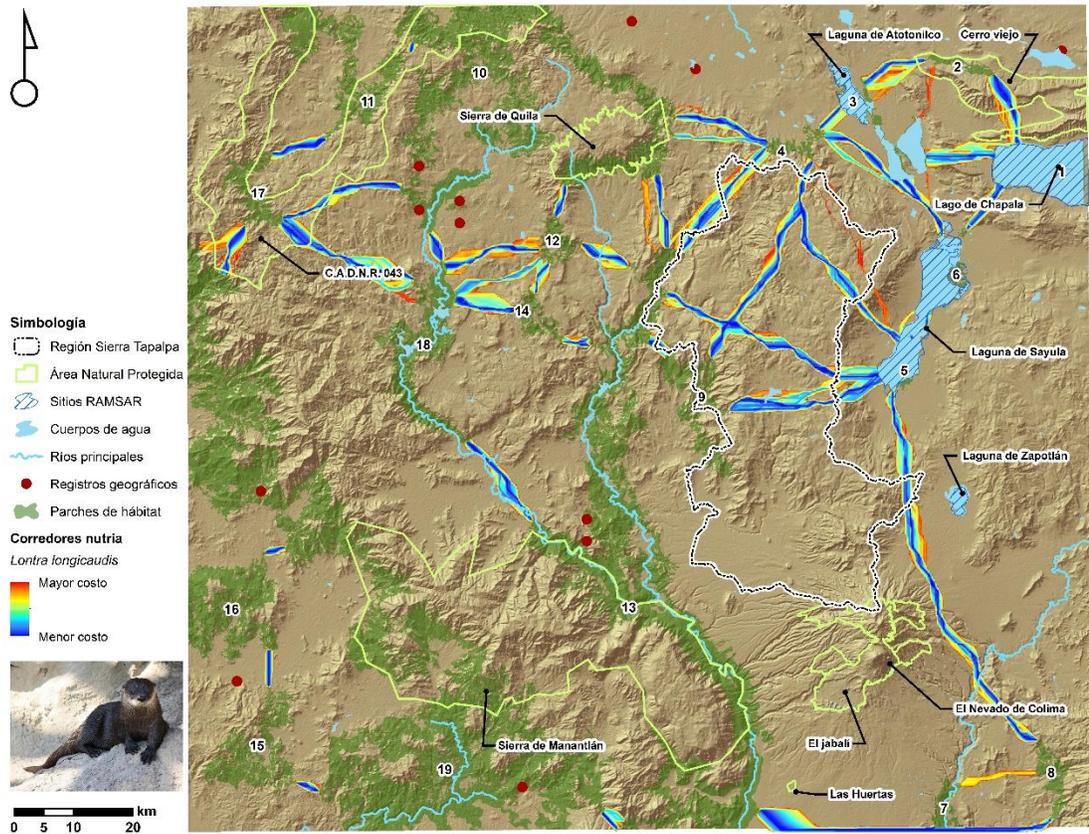


Figura 55. Corredores de menor costo (*Linkage Pathways*) para la nutria (*Lontra longicaudis*).

El resultado de la modelación del flujo de corriente entre parches fue hecho a través de los elementos que conforman la red de conectividad anterior, para el caso de la nutria los elementos importantes dentro del área de estudio fueron los cuerpos de

agua y ríos, en los cuales existen cerca de estos diferentes barreras o cuellos de botella que representan una resistencia para el movimiento de la nutria (Anexo 11. Valores de resistencia y MCH para las modelaciones).

Como se observa en la siguiente figura, el flujo de corriente máxima entre los parches de hábitat de la nutria, fue mayor en la zona Norte y este del Paisaje Sierra de Tapalpa, la mayoría de los corredores tienen un flujo alto. El flujo de corriente que se encuentra en rojo, en este caso, indica que hay una dificultad de movimiento para la especie.

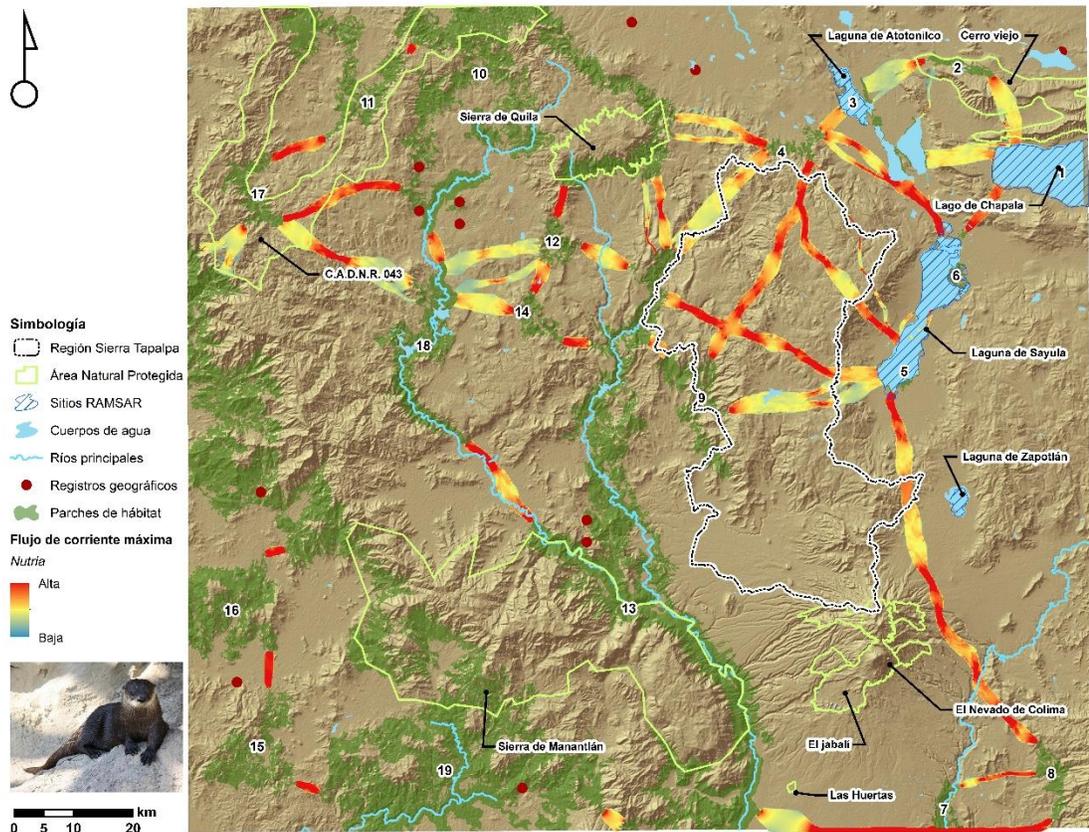


Figura 56. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (*Pinch Point Mapper*), para estimar la conectividad del hábitat de la nutria (*Lontra longicaudis*).

Los resultados obtenidos del análisis de centralidad para los parches del hábitat de la nutria (ver figura siguiente), muestran que el parche más importante para mantener la red conectada es el 13, el cual coincide con parte del Río Tuxcacuesco.

Dentro de la Región Sierra de Tapalpa se encuentran cuatro corredores que sirven como conexión entre el parche más importante y otros parches vecinos Si se

fragmentara alguno de estos parches habría una pérdida en la conectividad en el sistema de la especie.

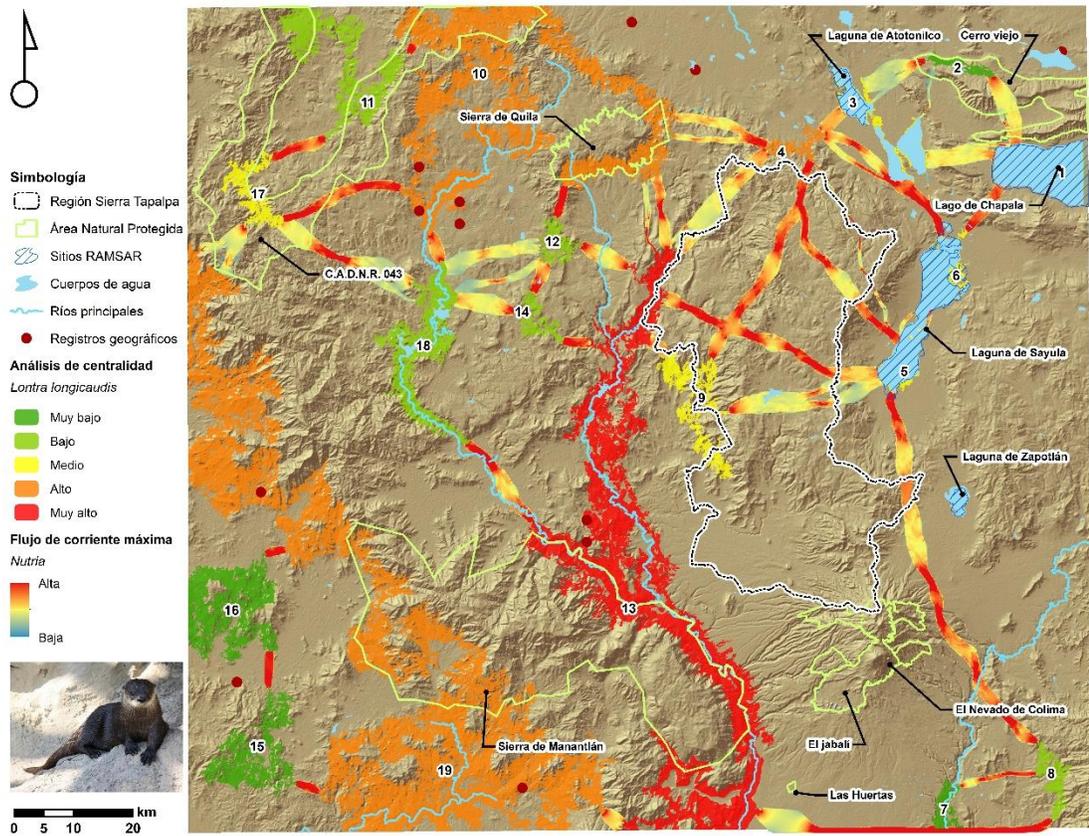


Figura 57. Análisis de centralidad (*Centrality mapper*) aplicado a los parches de hábitat de la nutria (*Lontra longicaudis*), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.

A continuación, se presentan tablas resumen de la cantidad de parches de hábitat de la nutria y corredores, además de su área en km² y la distancia en km.

Tabla 24. Área de los parches de hábitat de la nutria (km²).

Parches de hábitat nutria	Área (km ²)
1	77
2	15
3	76
4	19
5	30

Parches de hábitat nutria	Área (km ²)
6	38
7	22
8	29
9	68
10	483
11	122
12	24
13	707
14	22
15	95
16	145
17	42
18	140
19	1,189
Total	3,343

Tabla 25. Longitud de los corredores ecológicos de la nutria (km).

Corredores nutria	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 1 a 2	13	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 3	13	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 6	12	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 3	12	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 4	5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 6	12	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 5	39	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 6	28	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 9	40	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 10	17	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 13	24	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 6	8	No conecta con el PST

Corredores nutria	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 5 a 8	70	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 9	29	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 13	42	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 8	15	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 13	31	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 8 a 13	51	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 9 a 13	4	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 11	2	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 12	6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 13	13	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 17	22	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 18	5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 17	10	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 12 a 13	9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 12 a 14	6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 12 a 18	17	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 13 a 14	5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 13 a 18	18	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 13 a 19	4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 14 a 18	11	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 15 a 16	6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 15 a 19	4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 16 a 19	3	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 17 a 18	26	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 17 a 19	9	No conecta con el PST

4.2.1.2 Anfibios

4.2.1.2.1 Ajolote (*Ambystoma s.p.*)

El ciclo de vida típico de los ajolotes es en parte acuático y terrestre, por lo que es doblemente vulnerable a las perturbaciones tanto del agua como de tierra. Su hábitat consiste mayormente de lagos y arroyos que corren en bosques de pino, oyamel y pastizales de montaña. Han sufrido una notable disminución de su población debido a factores vinculados a la modificación de su hábitat, como la contaminación de ríos, lagos e introducción de especies exóticas invasoras (CONANP, 2018).

Se identificaron cuarenta y cuatro corredores de menor costo entre veintidós parches de hábitat óptimos (ver siguiente figura) para el área de estudio seleccionada. El corredor con menor distancia es el que conecta el parche 21 con el 22 (100 metros), seguido del que conecta los parches 12 y 16 (400 metros). Por otro lado, los corredores con una distancia mayor son los que conectan los parches 14 y 11 (52 km), se encuentra cerca del área natural protegida Sierra de Manantlán y los parches 7 y 20 (42 km) estas zonas se encuentran cerca del área natural protegida Cerro Viejo. Como se observa dentro de la Sierra de Tapalpa existen tres parches de hábitat que se conectan entre sí y con los parches externos, por medio de siete corredores.

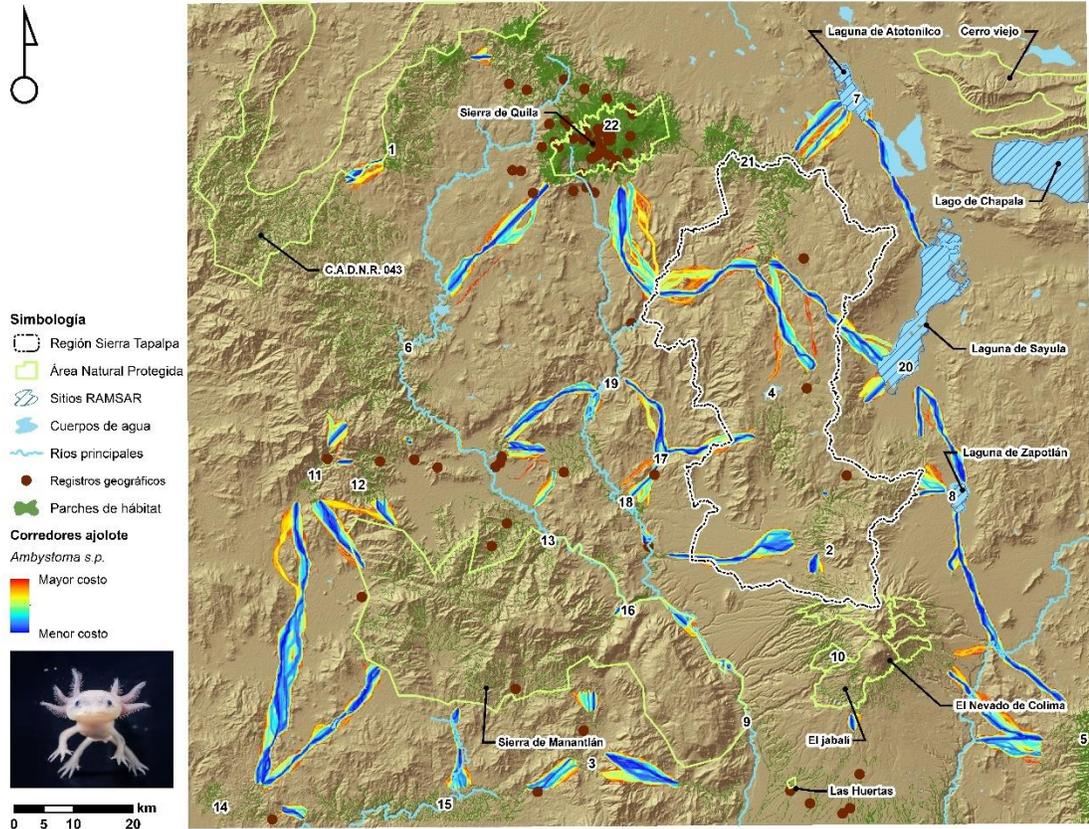


Figura 58. Corredores de menor costo (*Linkage Pathways*) para el ajolote (*Ambystoma s.p.*).

El resultado de la modelación del flujo de corriente entre parches fue hecho a través de los elementos que conforman la red de conectividad anterior. Estas permiten identificar fragmentos dentro de la red en donde los movimientos de la especie se pueden ver afectados por la existencia de barreras o cuellos de botella. El ajolote habita en arroyos de poca profundidad y poca corriente con abundante materia orgánica, o en cercanías y madrigueras de mamíferos pequeños (CONANP, 2018). La presencia de barreras como descargas de aguas negras, presas, desarrollos turísticos, entre otras cosas, cerca de estas zonas que son importantes para el desarrollo de la especie crean una zona de resistencias afectando su supervivencia.

Los modelos obtenidos indican que existe un alto valor de resistencia (ver Anexo 11. Valores de resistencia y MCH para las modelaciones) en gran parte de la zona de los Ríos Tuxcacuesco y Ayuquila. Aunque el modelo de conectividad muestre corredores dentro del área de estudio, no significa que estas áreas sean lugares conservados o con alta calidad del hábitat. Los corredores mostrados en el modelo funcionan como guías para la priorización de la conservación en estas zonas.

Como se observa en la siguiente figura, el flujo de corriente máxima entre los parches de hábitat del ajolote fue mayor en la zona Este y Sur de toda el área de estudio. La mayoría de los corredores presentan un flujo alto –el cual se presenta en color rojo– que en este caso indica una mayor dificultad de movimiento para la especie, es decir, existe una alta resistencia dentro del área de los corredores que podrían obstaculizar el paso de los individuos, por lo que es necesario desarrollar actividades de restauración-conservación en estas áreas.

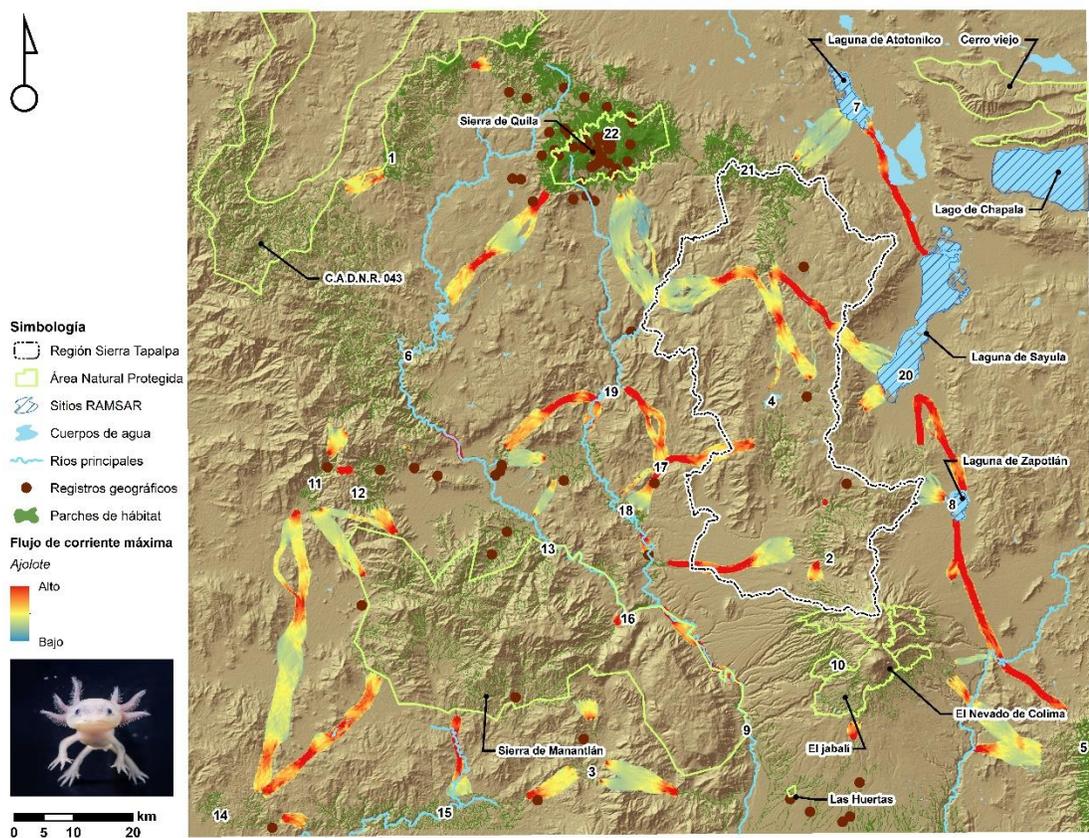


Figura 59. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (*Pinch Point Mapper*), para estimar la conectividad del hábitat del ajolote (*Ambystoma s.p.*).

En el caso del análisis de centralidad para el ajolote (ver figura siguiente), se muestra que el parche más importante para mantener la red conectada es el 13, seguido de los parches 4, 6, 9, 10, 16, 21 y 22. Estos abarcan las áreas naturales protegidas de Sierra de Manantlán, Volcán Nevado de Colima, Sierra de Cacoma,

Sierra de Quila y parte de la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 (C.A.D.N.R. 043).

Dentro de la Región Sierra de Tapalpa se encuentran tres parches importantes con siete corredores que sirven como conexión entre los parches 6, 13 y 22. Si se fragmentaran o tuviera una alteración, habría una pérdida en la conservación del sistema y de la especie, por lo que el desarrollo de esfuerzos para conservar y restaurar estas zonas sería de suma importancia para su preservación.

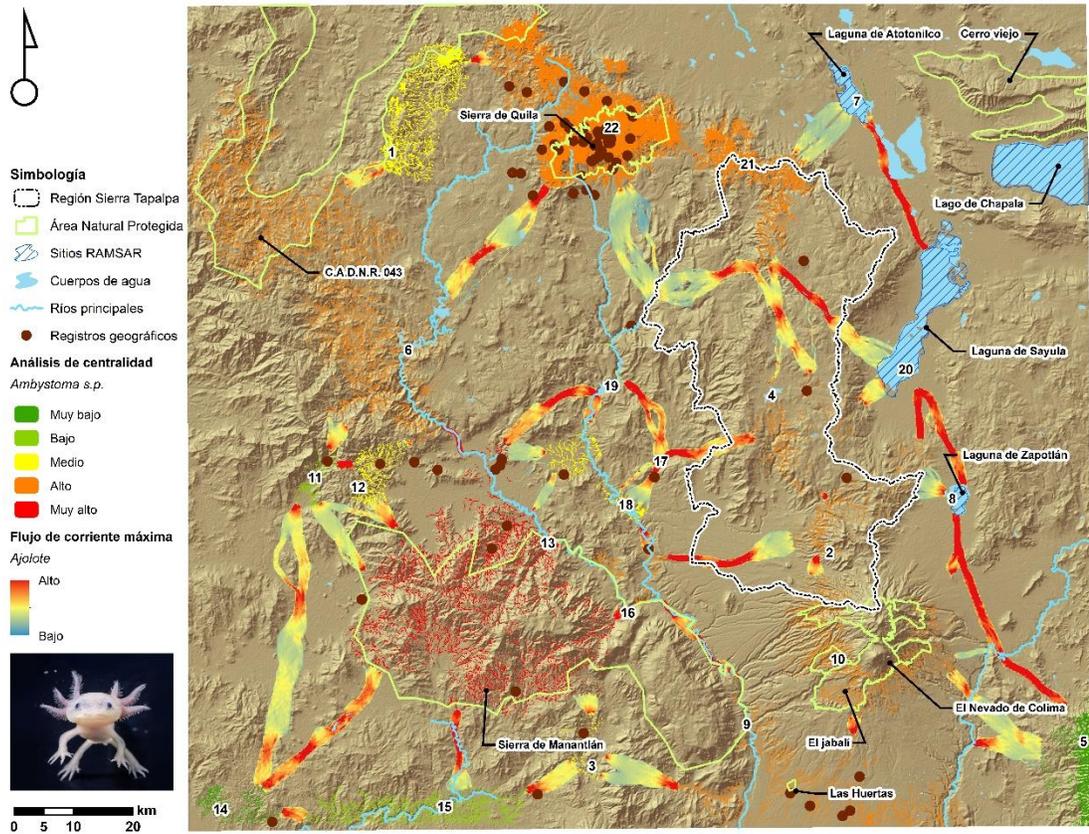


Figura 60. Análisis de centralidad (*Centrality mapper*) aplicado a los parches de hábitat del ajolote (*Ambystoma s.p.*), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.

A continuación, se presentan tablas resumen de la cantidad de parches de hábitat del ajolote y corredores, además de su área en km² y la distancia en km.

Tabla 26. Área de los parches de hábitat del ajolote (km²).

Parches de hábitat ajolote	Área (km ²)
1	71
2	20
3	5
4	22
5	43
6	234
7	14
8	5
9	69
10	62
11	8
12	18
13	165
14	13
15	50
16	15
17	1
18	23
19	8
20	23
21	91
22	329
Total	1,288

Tabla 27. Longitud de los corredores ecológicos del ajolote (km).

Corredores ajolote	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 1 a 6	7.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 22	3.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 4	0.7	Conecta con el PST

Del parche de hábitat 2 a 8	5.1	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 10	3.5	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 16	23.0	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 20	8.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 9	14.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 13	3.2	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 15	9.2	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 17	16.6	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 20	4.9	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 21	22.1	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 8	41.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 9	11.7	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 10	21.6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 11	4.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 12	0.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 13	6.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 22	25.8	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 20	42.3	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 21	11.4	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 8 a 10	10.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 8 a 20	19.2	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 9 a 10	2.8	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 9 a 16	20.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 12	2.6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 13	14.6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 14	51.8	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 12 a 13	5.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 13 a 14	29.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 13 a 15	15.3	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 13 a 16	1.7	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 13 a 18	6.6	No conecta con el PST

Del parche de hábitat 13 a 19	19.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 14 a 15	4.3	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 16 a 18	3.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 17 a 18	7.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 17 a 19	16.2	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 18 a 19	5.6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 19 a 21	18.8	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 19 a 22	20.8	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 20 a 21	26.5	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 21 a 22	0.1	No conecta con el PST

4.2.1.3 Reptiles

4.2.1.3.1 Cascabel (*Crotalus s.p.*)

El hábitat del género cascabel consiste de formaciones abiertas, en biomas cerrados, regiones áridas, campos rupestres, pastizales y bosques de pino y encino; prefiriendo los lugares pedregosos con termiteros y poca vegetación. Sus hábitos son mayormente nocturnos, sin embargo, se la puede encontrar cazando durante el día (Native, s.f.). Se adaptan muy bien a las zonas perturbadas y cerca de campos agrícolas. A pesar de que las especies de cascabel se distribuyen ampliamente por México, desde hace poco más de diez años las poblaciones han disminuido debido a la pérdida de hábitat y a su matanza intencional o accidental por humanos (Santiago *et al.*, 2017).

Se identificaron 49 corredores de menor costo entre 23 parches de hábitat óptimos (ver siguiente figura) para el área de estudio seleccionada. El corredor con menor distancia es el que conecta el parche 1 con el 6 (1.5 km), el otro corredor es el que conecta el parche 14 y 15 (2 km), este corredor se encuentra se conecta al área natural Sierra de Manantlán. Por otro lado, los corredores con una distancia mayor son los que conectan los parches 9 y 10 (46 km), y los parches 13 y 11 (43 km) estas zonas se encuentran dentro del área natural protegida Volcán Nevado de

Colima y Sierra de Manantlán. Como se observa dentro de la Sierra de Tapalpa existen 2 parches de hábitat que se conectan entre sí, por medio de 3 corredores.

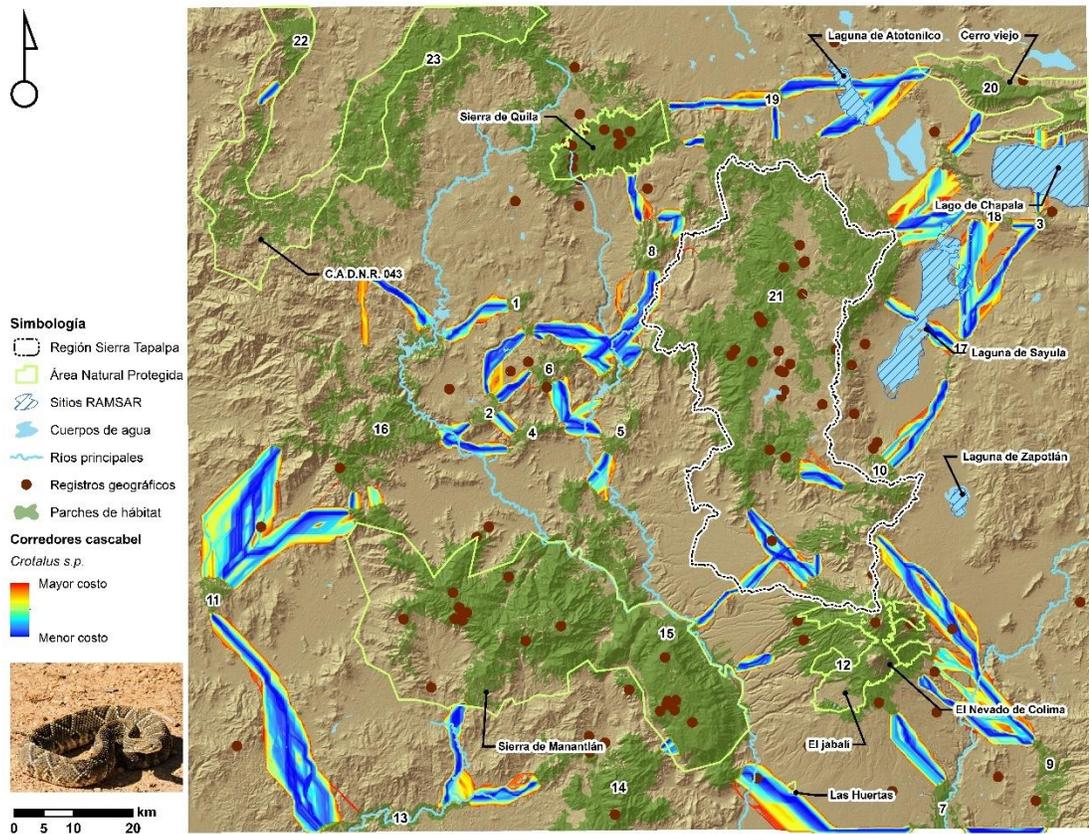


Figura 61. Corredores de menor costo (*Linkage Pathways*) para del género cascabel (*Crotalus s.p.*).

Como se observa en la siguiente figura, el flujo de corriente máxima entre los parches de hábitat del género cascabel fue mayor casi todos los corredores del área de estudio. Presentan un flujo alto, el cual se presenta en color rojo, en este caso indica que hay una dificultad de movimiento para la especie, es decir, existe una alta resistencia dentro del área de los corredores que podrían obstaculizar el paso de esta, por lo que, es necesario desarrollar actividades de restauración-conservación en estas áreas.

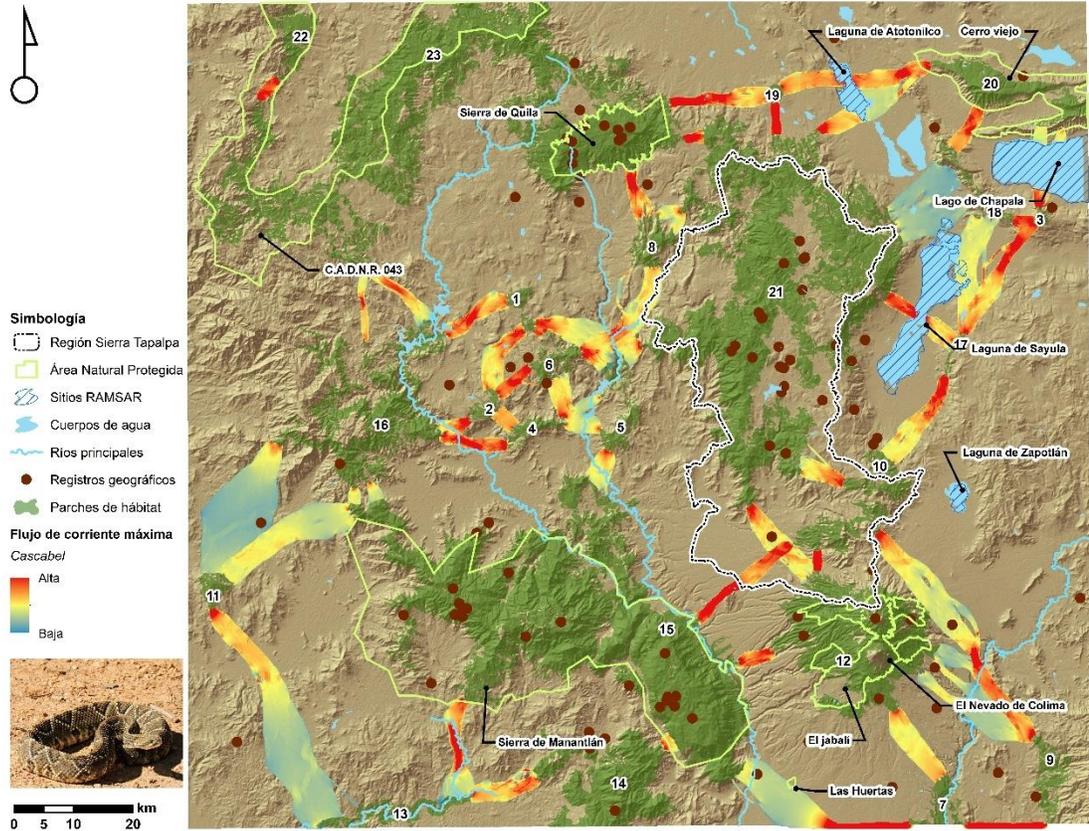


Figura 62. Flujo de corriente máxima entre parches vecinos (*Pinch Point Mapper*), para estimar la conectividad del hábitat del género cascabel (*Crotalus s.p.*).

En el caso del análisis de centralidad para el género cascabel (ver figura siguiente), se muestra que los parches más importantes para mantener la red conectada son el 15 y 21, los cuales son los parches de mayor área. Estos abarcan del área natural protegida Sierra de Manantlán y parte de la Región de Sierra de Tapalpa.

Dentro de la Región Sierra de Tapalpa se encuentra uno de los parches más importantes con cuatro corredores que sirven como conexión entre este y los demás. Si se fragmentara o tuviera una alteración, habría una pérdida en la conservación del sistema y de la especie, por lo que el desarrollo de esfuerzos para conservar y restaurar estas zonas sería de suma importancia para su preservación.

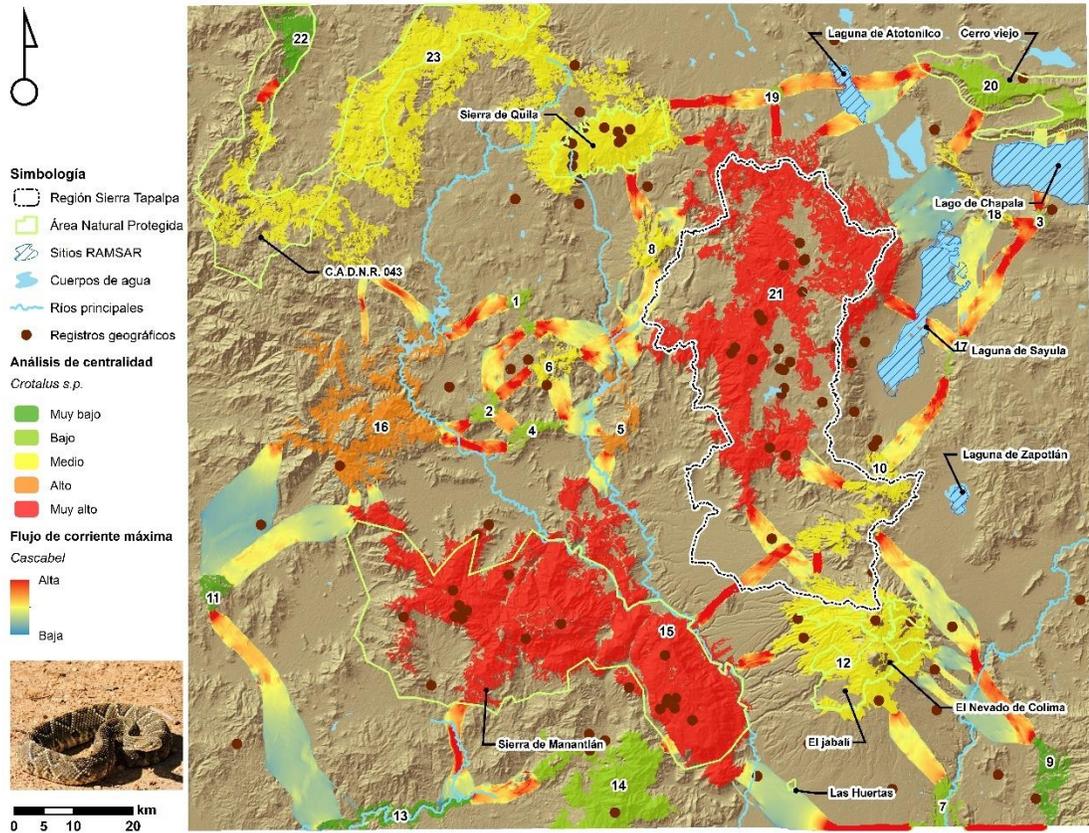


Figura 63. Análisis de centralidad (*Centrality mapper*) aplicado a los parches de hábitat del género cascabel (*Crotalus s.p.*), los cuales se encuentran enumerados. El que presente un valor alto de centralidad es el parche con mayor valor para el sistema.

A continuación, se presentan tablas resumen de la cantidad de parches de hábitat del género cascabel y corredores, además de su área en km² y la distancia en km.

Tabla 28. Área de los parches de hábitat del género cascabel (km²).

Parches de hábitat cascabel	Área (km ²)
1	13.1
2	13.4
3	3.8
4	16.7
5	34.7
6	23.6
7	26.3
8	30.9

Parches de hábitat cascabel	Área (km ²)
9	38.8
10	85.2
11	17.6
12	350.3
13	40.9
14	214.7
15	1,126.8
16	231.7
17	6.2
18	20.4
19	6.1
20	89.2
21	979.8
22	42.7
23	972.2
Total	3,413

Tabla 29. Longitud de los corredores ecológicos del género cascabel (km).

Corredores cascabel	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 1 a 2	14.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 5	15.3	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 6	1.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 1 a 16	12.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 4	3.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 6	7.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 2 a 16	5.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 17	23.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 18	3.3	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 3 a 20	14.8	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 5	5.9	No conecta con el PST

Corredores cascabel	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 4 a 6	7.6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 4 a 16	11.3	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 6	4.8	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 8	17.3	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 15	5.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 5 a 21	3.6	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 6 a 8	21.5	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 9	13.2	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 12	13.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 7 a 15	32.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 8 a 21	4.0	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 8 a 23	8.6	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 9 a 10	45.8	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 9 a 12	23.2	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 12	3.2	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 15	20.9	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 17	18.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 10 a 21	7.8	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 13	43.0	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 15	25.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 11 a 16	25.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 12 a 15	5.7	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 12 a 21	17.1	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 13 a 14	12.6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 13 a 15	18.6	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 14 a 15	1.9	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 15 a 16	2.5	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 16 a 23	14.1	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 17 a 18	20.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 17 a 21	13.9	Conecta con el PST

Corredores cascabel	Longitud (km)	Conexión con Paisaje Sierra de Tapalpa (PST)
Del parche de hábitat 18 a 20	8.7	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 18 a 21	12.7	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 19 a 20	26.4	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 19 a 21	5.3	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 19 a 23	16.7	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 20 a 21	22.8	Conecta con el PST
Del parche de hábitat 21 a 23	3.3	No conecta con el PST
Del parche de hábitat 22 a 23	4.4	No conecta con el PST

4.2.2 Resumen de resultados

Para las especies de mayor tamaño y que tienen un rango de distribución amplio, como es el caso de los mamíferos modelados, las áreas protegidas en general no tienen el tamaño suficiente para mantener poblaciones viables. Actualmente en muchas regiones, la creación de reservas de gran tamaño no es viable debido a que únicamente permanecen pequeños fragmentos de hábitat (Hilty *et al.*, 2021).

“La conectividad ecológica es el libre movimiento de especies y el flujo de los procesos naturales que sostienen la vida en la Tierra. Esta afirmación no es una exageración. Sin la conectividad, los ecosistemas no pueden funcionar de forma adecuada y sin ecosistemas funcionales, la biodiversidad y otros elementos fundamentales de la vida corren peligro. La perturbación o ausencia de la conectividad ecológica ocurre como consecuencia de la fragmentación, es decir la división de hábitats, ecosistemas o tipos de uso de suelo en parcelas cada vez más pequeñas.” – Hilty *et al.*, 2021

Mantener la conectividad ecológica a través de corredores es importante para permitir que las especies puedan moverse entre fragmentos y poblaciones o barreras, y para facilitar migraciones estacionales, periódicas y generacionales. Estos también ayudan a ampliar los servicios ecosistémicos para el uso de los humanos, además de cubrir su objetivo principal de permitir el movimiento de la especie (Hilty *et al.*, 2021).

Se identificó en el área de estudio una alta cantidad de barreras o cuellos de botella que generan una resistencia para el movimiento de las especies, como las zonas agrícolas (invernaderos, aguacateras, etc.), desarrollos inmobiliarios para zonas turísticas, zonas pecuarias, carreteras y caminos, entre otras.

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de la cantidad de parches, su área y la cantidad de corredores para los siete grupos de especies modeladas, además de la cantidad de corredores que pasan por el Paisaje Sierra de Tapalpa (PST).

Tabla 30. Resumen de resultados de conectividad ecológica para el área de estudio.

Grupo	Especie	Nombre común	Parches de hábitat		Cantidad de corredores de menor costo	Cantidad de corredores que pasan por el PST
			Cantidad de parches	Área (km ²)		
Mamíferos	<i>Puma concolor</i>	Puma	8	3,335	12	10
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	10	5,263	14	5
	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí	14	2,633	25	9
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	17	5,136	35	11
	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria	19	3,343	37	7
Anfibios	<i>Ambystoma sp.</i>	Ajolote	22	1,288	44	11
Reptiles	<i>Crotalus sp.</i>	Cascabel	23	3,413	49	14

4.3 Red de conectividad ecológica

Como se mencionó en el capítulo 2, “Una red ecológica para la conservación es un sistema de hábitats núcleo (áreas protegidas, OMEC⁴ y otras áreas naturales intactas), conectados a través de corredores ecológicos y que son establecidos, restaurados según sea necesario y preservados para conservar la diversidad biológica de los sistemas que han sido fragmentados” (Hilty *et al.* 2021).

Las redes ecológicas para la conservación pueden ser más efectivas en la conservación de la biodiversidad que un conjunto de áreas protegidas desconectadas, porque las redes conectan a las poblaciones y sostienen el funcionamiento de los ecosistemas, siendo más resilientes ante el cambio climático. Las reservas más pequeñas, aún en las regiones con alto grado de

⁴ OMEC: Otras medidas efectivas de conservación basadas en área

fragmentación, pueden ejercer un papel muy importante para el impulso de los objetivos de conservación local y la participación de la comunidad en la conservación (Hilty *et al.*, 2021).

Estas redes se componen por dos elementos: 1) áreas que protegen la biodiversidad, como el caso de las áreas protegidas y OMEC y, 2) corredores ecológicos reconocidos por su contribución a la conectividad. Para el diseño de una red, se debe ejecutar un proceso de planeación sistemática para la conservación e identificar los sitios prioritarios para la protección de la mayor cantidad de biodiversidad en una región (Hilty *et al.*, 2021).

Las redes de conectividad ecológica son reconocidas como un medio para ayudar a las especies a actuar frente al cambio climático. Estas redes ecológicas pueden facilitar cambios de distribución de especies, colonización de nuevos hábitats y adaptación de las nuevas condiciones climáticas. Conservar una red adecuada de hábitats debe ser una prioridad, más que aumentar el área de las áreas protegidas y OMEC aisladas.

Es importante mencionar nuevamente los principios básicos de los corredores, que reconocen que **un corredor no se considera un elemento que sustituye a las áreas naturales protegidas, si no que su función es complementarlas al mantener la conectividad en las regiones donde no se pueden decretar áreas protegidas.**

Para el caso del Paisaje Sierra de Tapalpa, tomando en cuenta los resultados obtenidos en los modelos, se determinó la red ecológica del paisaje constituida por un parche de mayor importancia dentro de un área donde convergen varios parches de hábitat.

Se delimitaron 4 redes de conectividad para el Paisaje Sierra de Tapalpa, debido a que las 7 especies seleccionadas presentan características diferentes. La primera red de conectividad es para mamíferos de gran tamaño, que toma en cuenta los resultados obtenidos para venado cola blanca, pecarí, puma y ocelote, la segunda es para la nutria (*Lontra longicaudis*), tercera para la cascabel y cuarta para el ajolote (*Ambystoma sp.*)

4.3.1 Red de conectividad para mamíferos

Se utilizaron los parches de hábitat de las 4 especies de mamíferos, para delimitar el parche principal del sistema. En la siguiente figura se ejemplifica el proceso de selección de los parches de hábitat, en donde se incorporaron los parches de las especies modeladas y se seleccionaron los cuartiles más altos.

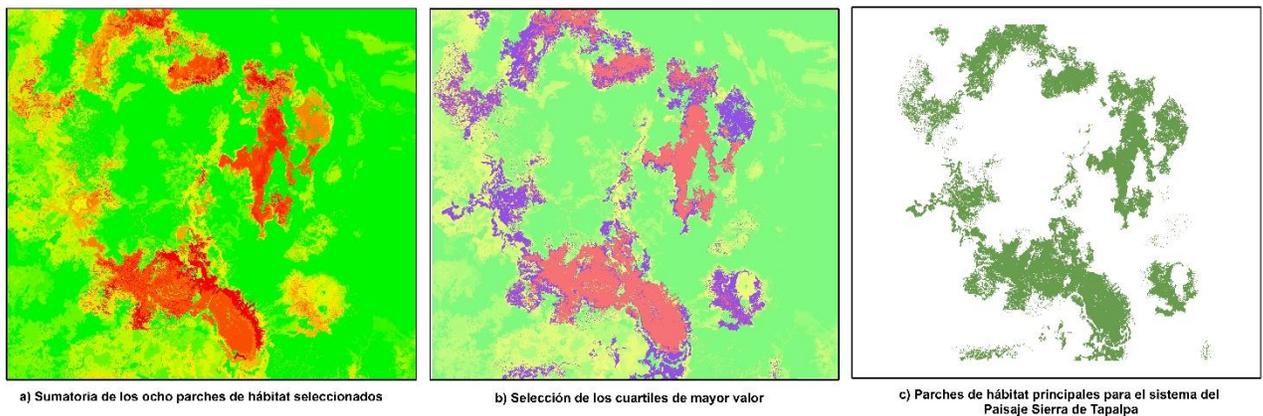


Figura 64. Ejemplo del proceso de selección para los parches de hábitat principales para mamíferos del sistema del Pasaje Sierra de Tapalpa.

De los corredores de menor costo para las cuatro especies de mamíferos modelados, se hizo una sumatoria de los LCP (*Least-Cost Paths*), obteniendo 86 corredores para el área de estudio. Como se observa en la siguiente figura, se descartaron los corredores que no tuvieran conexión con los parches de hábitat principales. Para obtener la red de conectividad ecológica (Figura 65, inciso c) se tomó en consideración el ancho original de los corredores que conectan con los parches de hábitat principales.

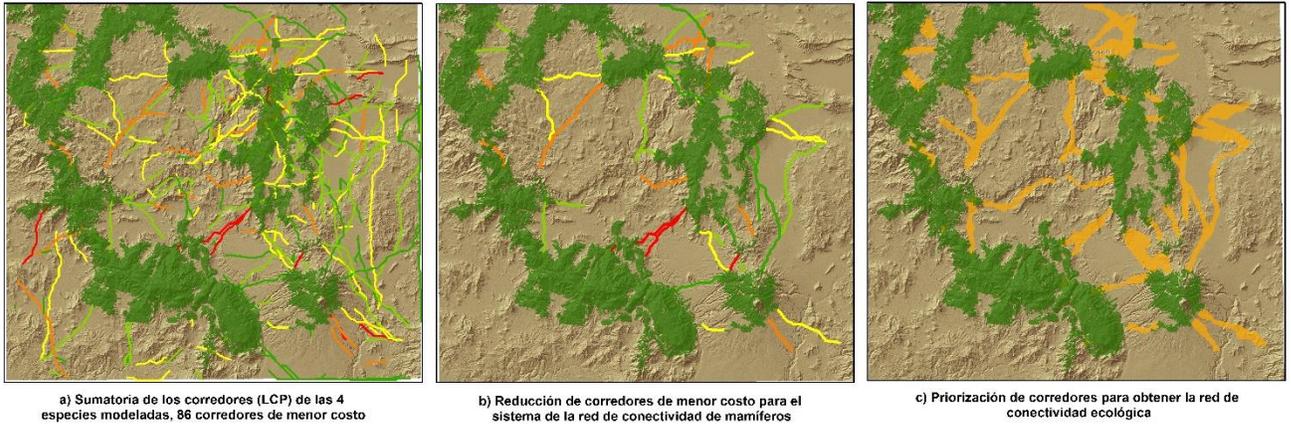


Figura 65. Ejemplo del proceso de selección de los corredores para la red de conectividad de mamíferos para el PST.

En la siguiente figura se presenta la red de conectividad ecológica modelada para el área de estudio. Los parches de hábitat se conectan por un total de 47 corredores.

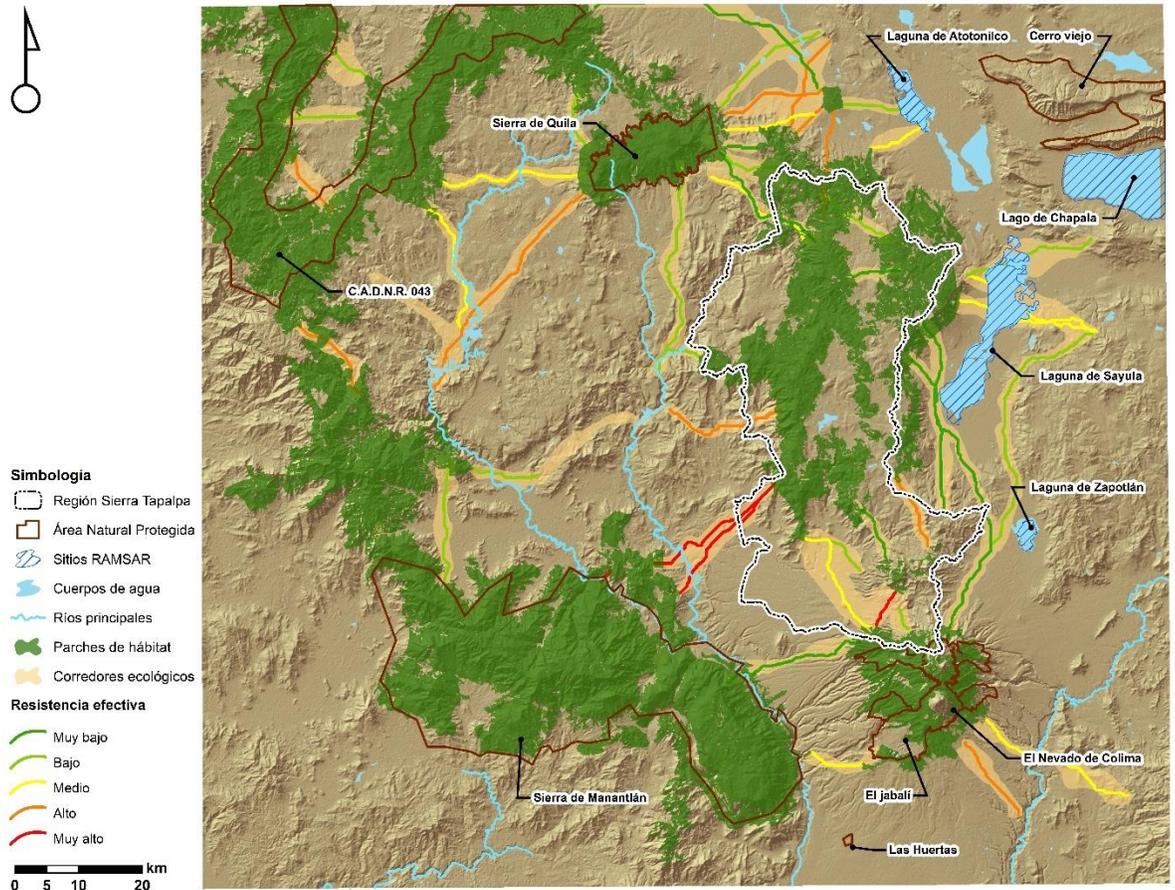


Figura 66. Red ecológica de mamíferos para el área de estudio seleccionada

La mayor superficie de parches de hábitat de mamíferos dentro del PST se encuentra en el municipio de Tapalpa con 34,201 ha (59% del territorio municipal y 17% considerando el territorio del PST), seguido de Atemajac de Brizuela con 23,572 ha (69% del territorio municipal y 12% considerando el territorio del PST), luego Chiquilistlán con 12,894 ha (41% del territorio municipal y 7% considerando el territorio del PST) y por último San Gabriel, con 9,301 ha (13% del territorio municipal y 5% considerando el territorio del PST).

El 41% de la superficie del PST está conformado por parches de hábitat, siendo estos importantes para la conectividad y el mantenimiento de la biodiversidad. Así mismo, dentro del PST hay 10 corredores que conectan los parches de hábitat de mayor importancia.

Tabla 31. Superficie de parches de hábitat por municipio de la Región Sierra de Tapalpa para la red ecológica de mamíferos

Municipios	Superficie total municipio (ha)	Superficie de parches de hábitat por municipio (ha)	Superficie de parches de hábitat por municipio (%)	Superficie de parches de hábitat considerando el PST (%)
Atemajac de Brizuela	34,246	23,572	69%	12%
Chiquilistlán	31,552	12,894	41%	7%
Tapalpa	58,176	34,201	59%	17%
San Gabriel	72,347	9,301	13%	5%
Total	196,321	79,967	N/A	41%

4.3.2 Red de conectividad para el ajolote

Se utilizaron los parches de hábitat obtenidos en las modelaciones, al igual que los corredores de menor costo, descartando los que presentaban una resistencia alta o no coincidieran con las características del hábitat, en la siguiente figura se presenta la red de conectividad ecológica modelada para el área de estudio. Los parches de hábitat se conectan por un total de 38 corredores.

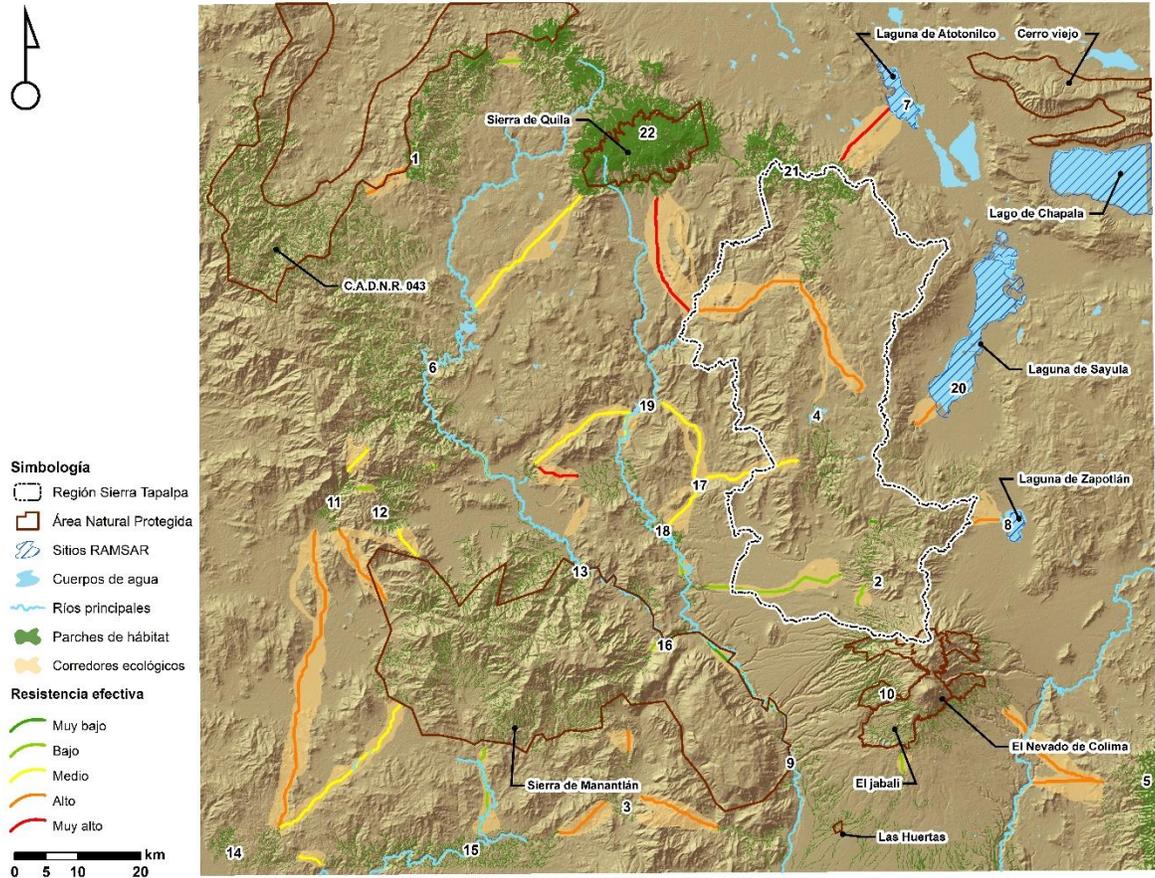


Figura 67. Red ecológica del ajolote para el área de estudio seleccionada

La mayor superficie de parches de hábitat del ajolote dentro del PST se encuentra en el municipio de Atemajac de Brizuela con 4,656 ha (14% del territorio municipal y 2.4% considerando el territorio del PST), seguido de San Gabriel con 2,555 ha (4% del territorio municipal y 1.3% considerando el territorio del PST), luego Tapalpa con 1,458 ha (3% del territorio municipal y 0.7% considerando el territorio del PST) y por último Chiquilistlán, con 307 ha (1% del territorio municipal y 0.2% considerando el territorio del PST).

El 4.6% de la superficie del PST está conformado por parches de hábitat, siendo estos importantes para la conectividad y el mantenimiento de la biodiversidad del ajolote. Así mismo, dentro del PST hay 4 corredores que conectan los parches de hábitat de mayor importancia.

Tabla 32. Superficie de parches de hábitat por municipio de la Región Sierra de Tapalpa para la red ecológica del ajolote

Municipios	Superficie total municipio (ha)	Superficie de parches de hábitat por municipio (ha)	Superficie de parches de hábitat por municipio (%)	Superficie de parches de hábitat considerando el PST (%)
Atemajac de Brizuela	34,246	4,656	14%	2.4%
Chiquilistlán	31,552	307	1%	0.2%
Tapalpa	58,176	1,458	3%	0.7%
San Gabriel	72,347	2,555	4%	1.3%
Total	196,321	8,976	N/A	4.6%

4.3.3 Red de conectividad para la nutria

Se utilizaron los parches de hábitat obtenidos en las modelaciones, al igual que los corredores de menor costo, descartando los que presentaban una resistencia alta o no coincidieran con las características del hábitat, en la siguiente figura se presenta la red de conectividad ecológica modelada para el área de estudio. Los parches de hábitat se conectan por un total de 28 corredores.

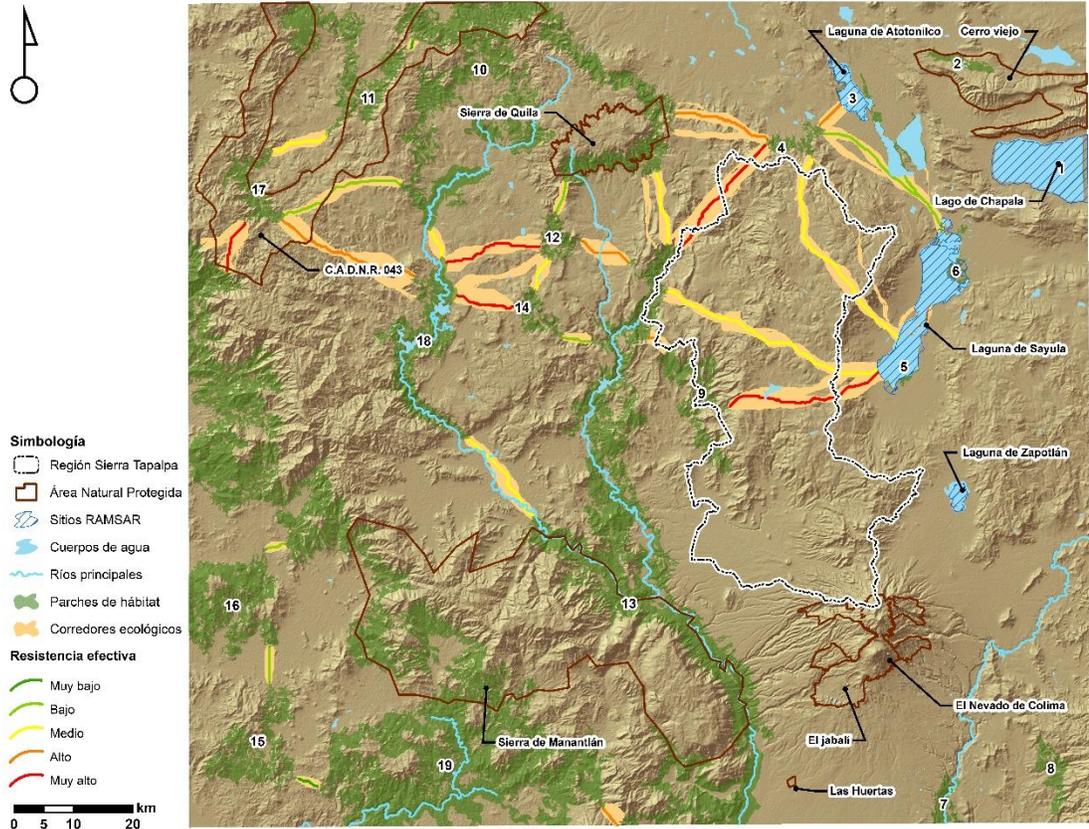


Figura 68. Red ecológica de la nutria para el área de estudio seleccionada

La mayor superficie de parches de hábitat de la nutria dentro del PST se encuentra en el municipio de Tapalpa con 1,624 ha (3% del territorio municipal y 0.8% considerando el territorio del PST), seguido de Chiquilistlán con 1,350 ha (4% del territorio municipal y 0.7% considerando el territorio del PST) y por último San Gabriel con 1,045 ha (1% del territorio municipal y 0.5% considerando el territorio del PST). En Atemajac de Brizuela no se encontró algún parche de hábitat importante para la especie.

El 2% de la superficie del PST está conformado por parches de hábitat, siendo estos importantes para la conectividad y el mantenimiento de la nutria. Así mismo, dentro del PST hay 6 corredores que conectan los parches de hábitat de mayor importancia.

Tabla 33. Superficie de parches de hábitat por municipio de la Región Sierra de Tapalpa para la red ecológica de la nutria

Municipios	Superficie total municipio (ha)	Superficie de parches de hábitat por municipio (ha)	Superficie de parches de hábitat por municipio (%)	Superficie de parches de hábitat considerando el PST (%)
Atemajac de Brizuela	34,246	-	0%	0.0%
Chiquilistlán	31,552	1,350	4%	0.7%
Tapalpa	58,176	1,624	3%	0.8%
San Gabriel	72,347	1,045	1%	0.5%
Total	196,321	4,019	N/A	2.0%

4.3.4 Red de conectividad para la serpiente cascabel

Se utilizaron los parches de hábitat obtenidos en las modelaciones, al igual que los corredores de menor costo, descartando los que presentaban una resistencia alta o no coincidieran con las características del hábitat, en la siguiente figura se presenta la red de conectividad ecológica modelada para el área de estudio. Los parches de hábitat se conectan por un total de 49 corredores.

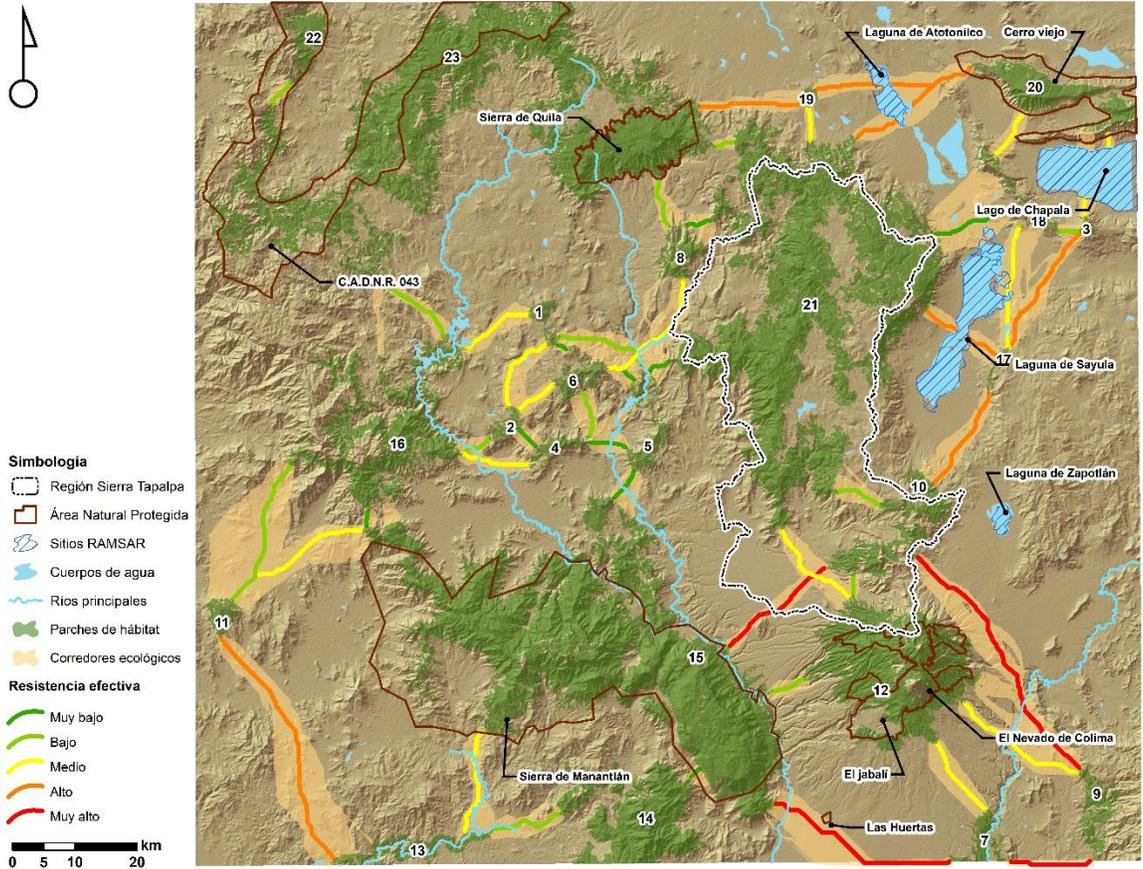


Figura 69. Red ecológica de la serpiente cascabel para el área de estudio seleccionada

La mayor superficie de parches de hábitat de la serpiente de cascabel dentro del PST se encuentra en el municipio de Tapalpa con 31,837 ha (55% del territorio municipal y 16% considerando el territorio del PST), seguido de Atemajac de Brizuela con 24,163 ha (71% del territorio municipal y 12% considerando el territorio del PST), luego San Gabriel con 15,395 ha (21% del territorio municipal y 8% considerando el territorio del PST) y por último Chiquilistlán, con 14,375 ha (46% del territorio municipal y 7% considerando el territorio del PST).

El 44% de la superficie del PST está conformado por parches de hábitat, siendo estos importantes para la conectividad y el mantenimiento de la biodiversidad. Así mismo, dentro del PST hay 4 corredores que conectan los parches de hábitat de mayor importancia.

Tabla 34. Superficie de parches de hábitat por municipio de la Región Sierra de Tapalpa para la red ecológica de la serpiente cascabel

Municipios	Superficie total municipio (ha)	Superficie de parches de hábitat por municipio (ha)	Superficie de parches de hábitat por municipio (%)	Superficie de parches de hábitat considerando el PST (%)
Atemajac de Brizuela	34,246	24,163	71%	12%
Chiquilistlán	31,552	14,375	46%	7%
Tapalpa	58,176	31,837	55%	16%
San Gabriel	72,347	15,395	21%	8%
Total	196,321	85,770	N/A	44%

Los resultados mostrados anteriormente se presentan como resistencia efectiva; esta es una medida generada por el análisis de flujo de corriente, el cual toma en cuenta el número de rutas alternativas utilizando el costo de la distancia ponderada entre dos parches de hábitat y la anchura de un corredor. Esto permite comparar por igual las rutas de menor costo y nos dice la vulnerabilidad de hábitat a lo largo de un corredor, si un corredor es estrecho y la resistencia efectiva es alta, eliminar o alterar el hábitat dentro de este corredor podría ocasionar un impacto alto en el movimiento, a diferencia de un corredor ancho con múltiples opciones de movimiento. (Salo J. et. al, 2018)

Los corredores ecológicos seleccionados para construir las redes de conectividad ecológicas mostradas anteriormente, fueron obtenidos de manera preliminar utilizando los resultados de los modelos generados (corredores de menor costo, flujo de corriente y análisis de centralidad). Sin embargo, **para priorizar un corredor ecológico, es necesario gestionar un taller o mesa de trabajo con diferentes actores para conseguir un equilibrio en la interpretación de los resultados, además se debe tener en cuenta la interacción de los ordenamientos territoriales que se encuentran vigentes para entender cómo alcanzar el desarrollo del territorio con la conservación de los corredores.**

Además de la gestión de talleres, es importante desarrollar un estudio más exhaustivo sobre las áreas que conectan los parches de hábitat, en el cual se realice un trabajo de campo para monitorear las especies y sus movimientos, y que permita

a un conjunto de expertos escoger los corredores que más necesiten trabajos de restauración o conservación.

En general, se recomienda seleccionar los corredores de corta distancia, ya que las obras de restauración significarán una menor inversión de recursos. No obstante, la restauración de corredores largos se puede llevar a cabo rehabilitando pequeños fragmentos de hábitat a lo largo del corredor. Todos los esfuerzos de restauración y conservación de corredores deben establecerse en planes de manejo con objetivos claros.

4.4 Conectividad a través de flujos de agua

Entre los distintos tipos de corredores ecológicos que pueden reconocerse, los ríos son los que de forma más efectiva favorecen el refugio, movimiento y dispersión de un gran número de especies silvestres, pertenecientes a distintos grupos taxonómicos y a distintos tipos de ambientes —terrestres, semiterrestres, acuáticos—, sirviendo además de conexión efectiva entre los corredores montañosos y las zonas con alta biodiversidad. Es decir, funcionan de manera natural, como conectores ecológicos y como reguladores hidrológicos.

Respecto al valor ecológico, albergan ecosistemas asociados al río, tanto acuáticos como terrestres y de interfaz entre ambos, configurando un espacio de elevada biodiversidad que funciona como refugio para muchas especies vinculadas al ámbito fluvial (Live fluvial, consulta en línea).

No obstante, las principales presiones a los cuerpos de agua son: fuentes de contaminación puntuales y difusas, extracciones de agua, regulación del cauce con modificaciones morfológicas (presas, canalización, hidroeléctricas, dragados), introducción de especies exóticas y cambio de uso de suelo de las llanuras de inundación (agricultura, pastoreo y urbanización).

De manera más específica, las principales presiones antropogénicas en la cuenca del río Ayuquila-Armería son las fuentes de contaminación puntual por descargas de agua residual de las localidades urbanas y semiurbanas. Entre las descargas de

agua no puntuales están principalmente la actividad hidroagrícola, generalmente por agroquímicos y las pecuarias de las que no existe información precisa para este tipo de contaminación (Rodríguez, 2020).

Para realizar los modelos de conectividad anteriormente presentados, se utilizaron las capas de cuerpos de agua, escorrentías y ríos, ya que estos son muy importantes para la supervivencia de las especies modeladas, en especial el ajolote y la nutria ya que estos son doblemente vulnerables a la degradación del sistema acuático.

Dentro de la zona de estudio, las Juntas Intermunicipales de Medio Ambiente (JIRA y JIDELAA) juegan un papel crucial en el mantenimiento de la dinámica hidrológica, así como, en la promoción de la conectividad natural, y, por lo tanto, de la conservación de la biodiversidad asociada al Río Ayuquila, ya que, desde la visión de cuenca se busca un manejo integral del territorio, activando y coordinando los esfuerzos intermunicipales, estatales y federales.

La cuenca hidrológica Tapalpa, es un ejemplo de los problemas de calidad de agua superficial que hay en la zona. Este deterioro puede ser debido al aumento poblacional en la región y a un cambio de uso de suelo distinto al forestal, propiciando más áreas desprovistas de vegetación. Además, las características propias de la región han permitido un desarrollo en la actividad turística donde empiezan a vislumbrarse problemas en la población de Tapalpa, principalmente relacionados con la provisión de servicios básicos, entre ellos el recurso hídrico, en el cual se exhibe una falta de planeación del manejo del agua (Benavides-Solorio, 2008).

El nuevo ordenamiento ecológico incluye un manejo del territorio bajo el enfoque de cuenca, lo cual permitirá que los ríos principales de la zona continúen como conectores naturales.

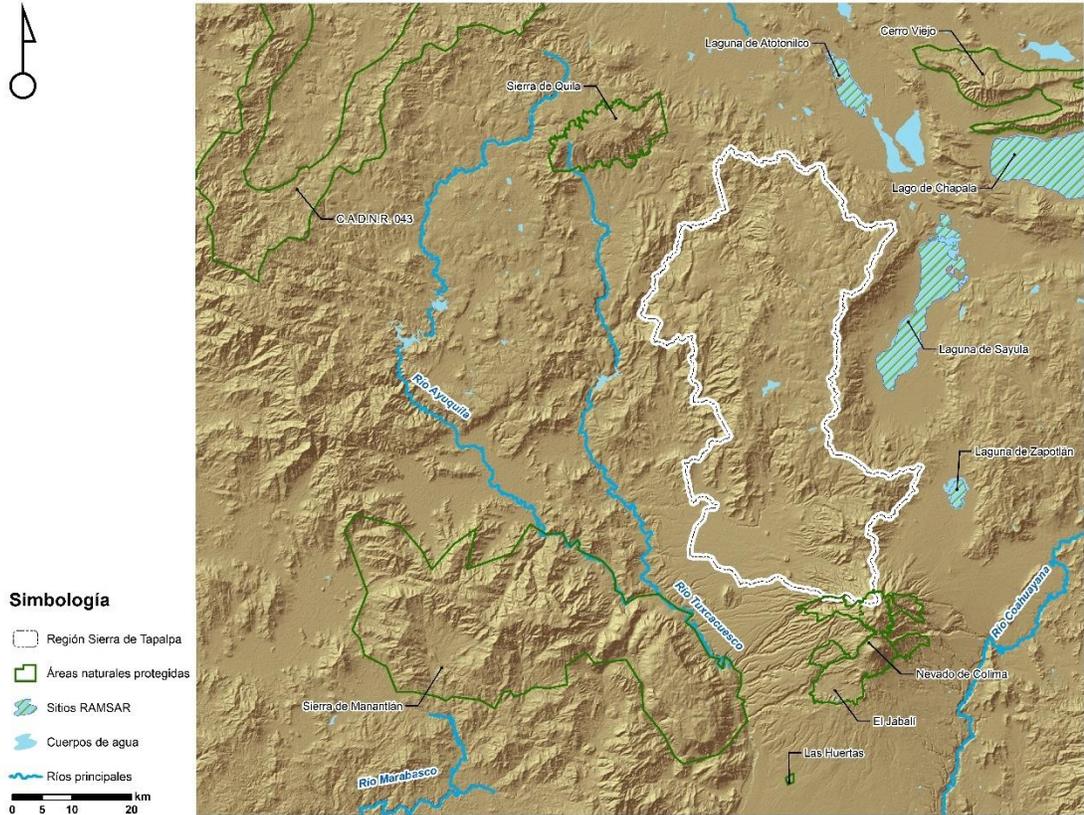


Figura 70. Distribución de los ríos y cuerpos de agua dentro del área de estudio.

Aunque el río Ayuquila representa uno de los cuerpos de agua más importantes de toda el área de estudio, este no se encuentra dentro del Paisaje Sierra de Tapalpa. Sin embargo, no solo los ríos de caudal continuo representan una fuente de hidratación y hábitat importante para la fauna, también los cuerpos de agua intermitente y los cuerpos de agua o reservorios construidos para actividades agrícolas y pecuarias pueden representar pequeños espacios importantes para la conectividad.

Para la caracterización del Paisaje Sierra de Tapalpa, se identificaron con imágenes satelitales, los bordos de agua con geomembrana y material geológico para entender la cantidad de espacios que hay y que representan una asistencia o barrera para la fauna (ver Figura 7).

Específicamente, los bordos construidos con geomembrana representan un riesgo para las especies cuando estos buscan beber agua y no pueden salir por el material

resbaloso con el que se construyeron, o por la contaminación del agua, ya que esta puede tener rastros de pesticidas o agroquímicos al encontrarse tan cerca de los cultivos agrícolas.

Si bien los reservorios de agua son un elemento indispensable para algunos cultivos, estos pudieran tener un diseño o características específicas, que permitieran aumentar las posibilidades de conexión en la zona. La construcción de bordos con una estructura que pudiera ser útil para el cultivo y la fauna, permitiría aumentar la conectividad ecológica al ser un espacio más seguro para las especies.

Desde la visión de la Red Verde y Azul la protección de los cuerpos de agua es fundamental, ya que uno de los principios esenciales en la construcción de la red es el reconocimiento de los cuerpos de agua (ríos, cauces, lagos etc.) como vínculos funcionales que permiten la circulación de especies o grupos de especies entre diferentes hábitats tanto acuáticos como terrestres.

5. Análisis de complementariedad y propuesta de medidas

Mensajes clave

1. Una red ecológica para la conservación es un esquema de gestión del territorio, basado en los resultados de conectividad, que tiene como objetivo conservar y restaurar la diversidad de sistemas fragmentados. Este concepto se alinea con los objetivos del Eje Estratégico 2 de la Estrategia Estatal sobre Biodiversidad del Estado de Jalisco 2030 (EEB-Jal).
2. Este reporte y sus resultados se alinean a los objetivos del Eje Estratégico 1 de la EEB-Jal. Concentra los conceptos, la metodología y los resultados para la evaluación de la conectividad del Paisaje Sierra de Tapalpa y sirve como base para la planeación y gestión de una red ecológica para la conservación.
3. Uno de los principales retos que se derivan de este trabajo es visibilizar las áreas de alta calidad de hábitat que se encuentran fuera de algún esquema de conservación o protección y que representan zonas clave para el mantenimiento de la conectividad —zonas que no forman parte del sistema de Áreas Naturales Protegidas, sitios RAMSAR u otro tipo de protección. Estos esfuerzos se alinean también con el Eje Estratégico 1 de la EEB-Jal.
4. Se considera importante promover la conservación de las zonas de alta calidad de hábitat detectadas, con el objetivo de preservar las condiciones que permiten la conectividad de la región. Uno de los esquemas de gestión que puede ayudar a la conservación de estas zonas son las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación.
5. Para focalizar los esfuerzos de conservación se propone una revisión a detalle de los resultados obtenidos durante esta evaluación. Se sugiere que

los resultados sean evaluados por un panel de expertos que, junto con tomadores de decisiones, definan los alcances de un plan de manejo de una red ecológica para la conservación.

6. Se hacen propuestas de acciones que pueden implementarse dentro de un plan de manejo de una red ecológica para la conservación. Estas medidas se proponen de acuerdo a las barreras para la conectividad detectadas en el análisis y algunas de ellas se alinean a los objetivos de ejes estratégicos de la EEB-Jal.
7. Se considera importante contar con elementos informativos y de comunicación que ayuden a entender los impactos asociados a las actividades productivas de la región; además de guías de buenas prácticas con visión de conectividad que abonen a la conservación del paisaje y encaminen la restauración de la conectividad en la zona. Esto se alinea con el objetivo del Eje Estratégico 3 de la EEB-Jal.
8. Debido a que el área de estudio abarcó territorios fuera del PST, los resultados obtenidos pueden ser contemplados durante la formulación de los programas de ordenamiento de las regiones que rodean la Región Tapalpa, para que las zonas de alta calidad y los corredores que las conectan sean considerados como áreas para la conservación de la conectividad.
9. El POET, en concordancia con el enfoque de cuenca con el que se formuló, ya contempla la protección de cuerpos de agua y escorrentías. Esto se percibe como una apuesta a largo plazo al mantenimiento del servicio ecosistémico de conectividad que proveen.
10. Se hace la vinculación entre las diferentes medidas para la conservación de las condiciones de cuerpos de agua, de la vida silvestre y de la calidad paisajística con los manuales de buenas prácticas que se derivan del presente estudio.

Introducción

El estudio de los procesos de fragmentación y la conectividad de hábitats son necesarios para la identificación de áreas prioritarias para el mantenimiento de la biodiversidad (Blanco *et al.*, 2020) y la adecuada gestión de estas zonas. Los corredores y territorios que permiten el movimiento de las especies son elementos clave para mantener la conectividad, especialmente en paisajes con distintos niveles de fragmentación. Los efectos negativos de la fragmentación pueden, en ciertos casos, ser revertidos o mitigados a través de medidas de gestión que fomenten la restauración de la conectividad en el paisaje formando redes ecológicas para la conservación⁵.

Por lo anterior, uno de los principales retos del presente trabajo consiste en identificar dos tipos de áreas: 1) zonas de alta calidad de hábitat y que no cuentan con medidas de protección o conservación pero que representan elementos importantes para mantener el aspecto estructural de la red de conectividad ecológica; y 2) los corredores biológicos que conectan estas zonas y que resulten importantes para el mantenimiento de esta red.

La anterior se lleva a cabo como un primer paso para la formulación de medidas de protección, conservación y/o restauración de la conectividad en un esquema de una red ecológica para la conservación. Se espera que los resultados obtenidos sean complementados por datos recolectados en campo que ayuden a validarlos y a acotar las zonas para la implementación de las acciones para la disminución de la fragmentación.

⁵ Una red ecológica para la conservación es un sistema de hábitats núcleo (áreas protegidas, OMEC y otras áreas naturales intactas), conectados a través de corredores ecológicos y que son establecidos, restaurados según sea necesario y preservados para conservar la diversidad biológica de los sistemas que han sido fragmentados (Hilty *et al.*, 2021).

5.1 Identificación de zonas prioritarias para protección de la conectividad

Este reporte concentra los conceptos, la metodología y los resultados para la evaluación de la conectividad del Paisaje Sierra de Tapalpa y sirve como base para la planeación de una red ecológica para la conservación. Esta red es un esquema de gestión basado en los resultados de conectividad y tiene como objetivo conservar y restaurar la diversidad de sistemas fragmentados.

Para la formulación de este esquema los resultados presentados en este reporte deben ser evaluados por las instancias tomadoras de decisiones junto con un panel de expertos. La revisión de la información servirá para delimitar las zonas y las acciones que más se alineen con los objetivos de conservación acordados. Esto se considera primordial para guiar los recursos humanos y financieros de los esfuerzos de conservación.

De acuerdo a lo anterior, se espera que los mapas presentados a lo largo de este reporte sirvan para ilustrar los conceptos, la metodología y los resultados obtenidos durante el análisis de conectividad más que para informar tomas de decisiones. Para efectos de toma de decisión se puede sacar mucho provecho de mapas de gran formato que representen con mejor detalle las zonas de interés (Jones. 2015). Para la elaboración de estos mapas se puede aprovechar el contenido de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que acompañan este reporte, y las recomendaciones de un panel de expertos en biodiversidad y conectividad.

Un ejemplo de estos ejercicios es reportado en el trabajo de Jones (2015). En éste, después de realizar la evaluación de la conectividad del urogallo de las artemisas (*Centrocercus urophasianus*), se propone una identificación de zonas prioritarias para el mantenimiento de la red ecológica de la especie. En este ejercicio, los resultados obtenidos por SIG son evaluados más a detalle, lo que permite tomar las decisiones de conservación según las características particulares de la zona. Se puede apreciar en la figura siguiente, y en su descripción, el ejemplo que propone Jones (2015) para ayudar a la toma de decisiones.

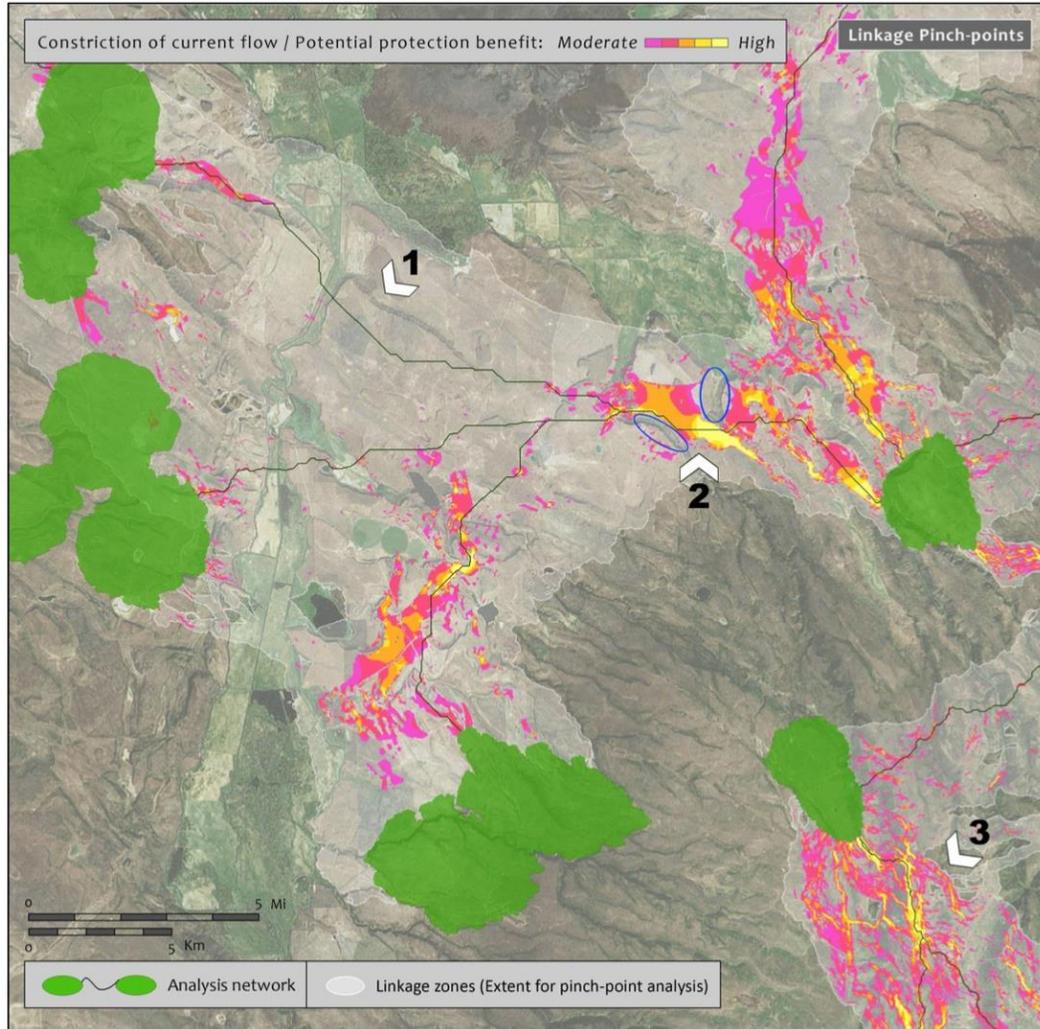


Figura 71. Discriminación de zonas para enfocar esfuerzos de restauración y conservación de la conectividad de la especie *Centrocercus urophasianus*. La Zona 1 tiene una calidad de hábitat homogénea, un flujo de corriente difuso y es probable que haya pocos beneficios potenciales derivados de acciones de protección. La Zona 2, marca un punto de pellizco, las dos elipses azules son áreas de cambios en la topografía y en la cobertura de suelo, lo que causa fuerte resistencia al movimiento y canaliza el flujo en un área pequeña. Si se pierde área en este cuello de botella probablemente limite la conectividad hacia las tres zonas al Oeste de este punto. Por lo tanto, la conectividad de la red se puede beneficiar mucho conservando esta zona. La Zona 3 representa un flujo a través de muchos estrechos pequeños y trenzados. La protección del hábitat que favorece la conectividad en esta zona es más difícil de implementar que en la Zona 2. Fuente: Jones (2015).

La identificación de las zonas que serán sujetas a acciones de conservación deben ser definidas por un grupo de expertos y tomadores de decisiones, alineando sus objetivos con los recursos humanos y económicos disponibles.

5.2 Reducción de la fragmentación y vulnerabilidad de los hábitats

El análisis de conectividad es el primer paso en el proceso de conservación de la biodiversidad de la región. Como se menciona en la sección anterior, los resultados de este estudio deben ser revisados por expertos y tomadores de decisiones para identificar las zonas de interés para la conservación y la formulación de una estrategia de conectividad ecológica. Para esto, se considera importante formular un esquema de gestión claro. Para elaborar este esquema se sugiere considerar los siguientes pasos lógicos:

1. Fijar objetivos claros para la red ecológica para la conservación, que permitan medir su cumplimiento por medio de indicadores de conectividad.
2. Llevar a cabo un monitoreo, de mínimo un (1) año, de las especies seleccionadas para el análisis de conectividad estructural y funcional. El objetivo es obtener registros de las especies que sean compartidos en plataformas oficiales como el Sistema Nacional de Información para la Biodiversidad de CONABIO (SNIB) o Naturalista y además permitan volver a correr los modelos para entender mejor los patrones de movimiento.
3. Compartir la información obtenida en este análisis con los actores relacionados con el territorio por donde se encuentran los parches de hábitat y los corredores de la red de conectividad ecológica.
4. Identificar por medio de trabajo de campo las barreras que se encuentren en las diferentes zonas de interés de la red. Esto es para identificar las barreras que, por su escala, no se consideraron en el análisis de conectividad. Estas barreras deben clasificarse por tipo —carreteras, cañadas, cercos, zonas urbanas, etc.—, georreferenciarse y representarse en mapas.
5. Seleccionar o clasificar las barreras en dos tipos: 1) aquellas zonas que por sus características son aptas para acciones de conservación o protección y 2) aquellas que no permitan acciones de conservación o protección de la conectividad o donde los beneficios de los esfuerzos serían pocos. Se recomienda que este ejercicio se haga de acuerdo a las recomendaciones de la sección 5.1.

6. Realizar un plan de conservación de las zonas de alta calidad de hábitat y de corredores que permiten la conectividad. Estas zonas pueden beneficiarse del esquema de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADCV) según lo plantea la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEEPA) (artículo 46) y el Reglamento de la LEEEPA en Materia de Áreas Naturales Protegidas y de Instrumentos para la Conservación (Título IV).
7. Integrar en un plan de restauración las propuestas diseñadas para la eliminación de las barreras identificadas y las acciones que puedan mejorar las condiciones para la conectividad en otras zonas de interés de la red ecológica.
8. Dar a conocer las propuestas a los actores locales y autoridades para ver cuáles pueden ser adoptadas considerando sus capacidades y recursos.
9. Presupuestar el costo de intervención de las acciones que no puedan ser adoptadas inmediatamente con los recursos y capacidades existentes.
10. Ejecutar el plan de conservación y restauración de la red ecológica.
11. Monitorear y dar seguimiento a los indicadores de conectividad.

A continuación, se muestran ejemplos de medidas para reducir la fragmentación de hábitats de acuerdo a las barreras identificadas en el Paisaje Sierra de Tapalpa durante el análisis. Las barreras identificadas se tratan de caminos y carreteras, incendios y actividades productivas —pecuarias, agrícolas y turísticas. Además, se hacen algunas propuestas para preservación y conexión de las áreas identificadas como prioritarias que incluyen recomendaciones para el manejo integral del paisaje, uso sostenible de recursos naturales, participación ciudadana y difusión de cultura para la conservación, pago por servicios ambientales, y monitoreo y protección de especies en riesgo.

Se recalca que las acciones propuestas deberán enmarcarse en el esquema de una red ecológica para la conservación formulada por un panel de expertos junto con tomadores de decisiones usando como base técnica los resultados obtenidos durante este análisis de conectividad.

5.2.1 Medidas para disminuir la fragmentación de hábitats causadas por infraestructura de transporte

5.2.1.1 Creación de infraestructura que permita el paso de fauna silvestre

Construir estructuras transversales a la vía que sean exclusivas para el paso de la fauna. Para esto será necesario identificar los puntos de la infraestructura que necesiten construcción de pasos de fauna, así como las áreas del territorio donde sea necesario mantener la conectividad ecológica para evitar que queden aislados los fragmentos de hábitat de las especies prioritarias. Así mismo, se puede evaluar la posibilidad de construir pasos de fauna donde haya alta concentración de accidentes causados por colisiones con la fauna.

5.2.1.2 Aumentar la seguridad vial y reducir la mortalidad causada por el tráfico o por otros elementos relacionados con la infraestructura

Instalar cerramientos perimetrales que conduzcan a los animales hacia puntos de cruce seguros. Todos los cerramientos o cercados que se instalen para funcionar como pasos de fauna, tienen que contar con un diseño de reja que permita conectar un área con otra, además de ser construidos con materiales que perduren en el tiempo. A estos cerramientos se podrá añadir una señalización y diseño necesario para que las vialidades disminuyan su impacto.

5.2.1.3 Desarrollar un programa de vigilancia ambiental para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera

Un programa permanente de muestreo de poblaciones enfocado en las especies sombrilla y las más afectadas por el tránsito de las vialidades, donde se determine la efectividad de las medidas y los lugares por donde la fauna se puede ir adaptando a la infraestructura instalada.

5.2.2 Medidas para disminuir la fragmentación de hábitats causadas por actividades económicas (pecuarias, agrícolas y turísticas) (Eje Estratégico 3 de la EEB-Jal)

La suma de las acciones individuales de los actores económicos puede representar cambios importantes para que la fragmentación del paisaje y la vulnerabilidad de los

hábitats disminuyan. Para ello, será de mucha utilidad **contar con elementos informativos y de comunicación que permita entender en primera instancia, los impactos asociados a su operación y por otro lado, brinde una guía de buenas prácticas para mejorar sus espacios y actividades pensando en una restauración del paisaje que ayude a encaminar la conservación de la biodiversidad en la zona.**

Las medidas para la reducción de la fragmentación y vulnerabilidad de los hábitats se plantean de manera detallada en los manuales de buenas prácticas que se realizaron para las actividades pecuarias, agrícolas y turísticas, las cuales tienen mayor impacto dentro del Paisaje Sierra de Tapalpa. Estos manuales deberán tener, entre muchas, cosas la explicación de los impactos que generan algunas de las actividades y ejemplos de medidas para disminuir el impacto, acompañadas con elementos gráficos y explicaciones sencillas que permitan la replicación.

5.2.3 Medidas para disminuir la fragmentación de hábitats causadas por incendios

Una de las estrategias que se puede tomar en consideración para disminuir la fragmentación por incendios, involucra la realización e implementación de un plan de manejo del fuego dirigido a fortalecer los objetivos de conservación de biodiversidad, ecosistemas y áreas con alto valor biológico, así como de protección civil. Dentro de los objetivos del plan de manejo de fuego entraría la restauración de áreas degradadas por incendios, la protección de incendios forestales a través de la prevención y combate del fuego, la cooperación y colaboración entre las actividades productivas donde se desarrollen alternativas al uso de fuego en zonas agrícolas y pecuarias, la investigación y monitoreo para la generación de conocimiento que fundamente el manejo del fuego con un enfoque adaptativo de experimentación y aprendizaje; y, por último, la consolidación de mecanismos de financiamiento y de administración eficiente para mantener a largo plazo la aplicación de la estrategia de manejo de fuego.

La investigación, el monitoreo, la comunicación con el público y la educación para el manejo del fuego, son elementos indispensables que se tienen que llevar a cabo para cumplir con los objetivos del plan. Estas medidas tendrán que aplicarse con la ayuda de los diferentes sectores de la población, para que el plan sea conocido y

entendido por los actores involucrados, como pobladores, turistas, poseedores de tierras y personas del gobierno.

5.3 Preservación y conexión de áreas prioritarias para la preservación de la biodiversidad

Como se mencionó anteriormente, las redes de conectividad ecológica sirven para promover el paso de especies entre los parches de hábitat. El fomento de la preservación de estas áreas es muy importante para el mantenimiento de la conectividad, por lo que definir acciones para la restauración y preservación de estos corredores es de suma importancia.

Los corredores ecológicos deben tener objetivos claros y medibles. Para preservar las áreas de conexión dentro de la Sierra de Tapalpa se necesitan valorar aquellos elementos estructurales que deben fortalecerse para asegurar que el corredor funcione de acuerdo con los objetivos planteados de conectividad. Es también importante llevar a cabo planes de manejo de las actividades humanas para evitar las presiones que perjudican los esfuerzos de restauración. Los documentos de manejo de los corredores ecológicos deben enlistar las actividades prohibidas y permitidas y describir las actividades de restauración necesarias para el mantenimiento de la conectividad.

Asimismo, el monitoreo es una actividad clave para identificar las tendencias y cambios en el estado ecológico de los corredores y la efectividad de su manejo. El monitoreo evalúa el alcance de los objetivos y su cumplimiento, de esta manera se puede determinar si las acciones llevadas a cabo son las adecuadas. Para esto, se deben realizar planes de monitoreo, con indicadores de progreso específicos, alcanzables, relevantes, medibles y de plazos claros.

Para llevar a cabo la preservación de las áreas prioritarias, será necesario realizar de forma participativa, planes y programas técnicos dirigidos a la prevención,

mejoramiento, restauración, monitoreo, mantenimiento y procuración de recursos en estas zonas. Estos planes se tendrán que llevar a cabo con la ayuda y participación de los distintos sectores de la población como científicos, gobierno, turistas, agricultores y población local.

5.3.1 Manejo integrado del paisaje, restauración y repoblación (Eje Estratégico 2 de la EEB-Jal)

La restauración es una parte muy importante para establecer las condiciones adecuadas, que ayuden a conservar los recursos naturales, como fauna, flora, recursos abióticos (agua, suelo) y elementos del paisaje. Por medio de las actividades de conservación a nivel de paisaje, se reduce el número y la intensidad de los impactos negativos acumulativos, optimizando la estabilidad del sistema natural y mejorando la calidad del hábitat. Para esto se pueden elaborar planes para la recuperación de especies prioritarias, la conservación del suelo y agua, y la reforestación y restauración de las áreas prioritarias. Algunas de las actividades propuestas son:

- Promover la restauración de cuerpos de agua y bosques donde más se distribuyen las especies y establecer un programa de monitoreo de los proyectos de restauración.
- Llevar a cabo prácticas de restauración en los corredores que conectan los parches de mayor importancia para la conectividad en el Paisaje Sierra de Tapalpa.
- Aumentar la permeabilidad del paisaje con buenas prácticas de manejo en actividades antropogénicas.
- Elaborar y operar un programa de conservación de suelo y agua.
- Elaborar y operar un programa de reforestación y restauración de ecosistemas.

De manera complementaria, se pueden escoger los corredores más importantes y diseñar un programa para su restauración con ayuda de los conceptos de la Red Verde y Azul, en el que los actores, desde sus capacidades y conocimiento, lleven a cabo actividades que tengan como objetivos mejorar la conectividad de la red

ecológica. Estos proyectos podrían incidir dentro de las políticas ejercidas por gobiernos locales para que los recursos se focalicen con fines puntuales.

5.3.2 Manejo, uso y aprovechamiento sustentables de los recursos (Eje Estratégico 2 de la EEB-Jal)

Es necesario definir una estrategia para el manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales, de manera que estas actividades se realicen de forma sustentable y se apeguen a los objetivos de conservación de los corredores, áreas prioritarias y criterios del POET. Para esto se puede identificar y promover el uso y aplicación de nuevos esquemas de uso y aprovechamiento alternativo y sustentable de los recursos naturales.

La construcción de manuales para las actividades turísticas, agropecuarias y agrícolas en la sierra serán una herramienta adicional para lograr difundir las prácticas que se pueden adoptar para que la fauna mejore las condiciones de paso no solo por las zonas conservadas si no por el conjunto de actividades que se extienden en todo el territorio.

5.3.3 Participación social y cultura para la conservación (Eje Estratégico 4 de la EEB-Jal)

- Contar con una estrategia de difusión integral sólida, así como un esquema para que la sociedad civil tenga acceso a información adecuada sobre la importancia de la conservación de las especies y sus hábitats.
- Favorecer el valor social y sentido de pertenencia por las especies mediante educación ambiental y campañas mediáticas responsables, y promoción de la tolerancia y coexistencia con la vida silvestre.
- Desarrollar mecanismos de participación entre los diferentes sectores que tienen relación con el uso y protección de los componentes del área.
- Elaborar guías de identificación de las especies prioritarias.
- Fomentar estrategias de difusión mediante medios de comunicación locales, informando a los habitantes y visitantes de los sitios donde se distribuyen las especies.
- Involucrar a los actores locales en el monitoreo de las poblaciones y en el seguimiento de los impactos a las especies.

- El proceso para establecimiento de corredores debe incluir mecanismos de gobernanza claros: cómo y quién toma las decisiones y quién debe rendir cuentas sobre ellas.
- Promover y desarrollar estudios sobre el impacto de las actividades productivas y turísticas desarrolladas en el área.
- Realizar talleres con investigadores, instituciones y sector productivo, para establecer las líneas de investigación prioritarias.

5.3.4 Economía de la conservación (Eje Estratégico 3 de la EEB-Jal)

- Apoyar esquemas locales de pago por servicios ambientales (PSA) hidrológicos, conservación de biodiversidad y captura de carbono, en los bosques y cuerpos de agua prioritarios para la conservación de las especies.
- Dentro de los programas de PSA se debe asegurar que el apoyo económico del esquema se dirija a los dueños de predios que conservan las áreas forestales. Asimismo, se debería fomentar el uso del PSA para el desarrollo de prácticas de manejo sostenible del bosque y los cuerpos de agua a través de actividades sustentables.
- Incorporar y apoyar las iniciativas locales de grupos organizados y las ONG involucradas en el manejo del hábitat de las especies.

5.3.5 Conservación y manejo de especies en riesgo (Eje Estratégico 5 de la EEB-Jal)

- Fortalecer mecanismos de inspección y vigilancia para evitar la contaminación en cuerpos de agua en las distintas actividades antropogénicas.
- Promover la denuncia ciudadana ante malas prácticas y realizar talleres con la población para que conozca la importancia de la conservación de los hábitats.
- Promover la implementación de programas que disminuyan el impacto de las actividades forestales, agrícolas, ganaderas y turísticas.
- Elaborar y operar un programa de recuperación de especies prioritarias.

5.3.6 Manejo y protección de poblaciones (Eje Estratégico 1 de la EEB-Jal)

- Desarrollar estrategias de monitoreo e investigación sobre el estado actual del hábitat de las especies dentro de la región y sus principales amenazas, con el fin de tomar mejores decisiones para el cuidado de las especies.
- Desarrollar estrategias de monitoreo de las especies, focalizando esfuerzos en las zonas prioritarias para mantener la conectividad ecológica previamente identificadas.
- Generar más información técnica y científica para sustentar la toma de decisiones y estrategias específicas para la conservación de las especies más importantes dentro de la región.
- Contar con un acervo informativo ordenado y accesible, sobre los distintos aspectos relativos a los corredores biológicos.

5.3.7 Ordenamiento territorial

Debido a que el análisis de conectividad abarca un área mayor al Paisaje Sierra de Tapalpa, muestra el movimiento modelado de las especies en un área mayor. Se espera que esto sirva de ayuda en dos sentidos: 1) a que las zonas identificadas como importantes para la conectividad fuera del PST, sean consideradas en el momento en el que se elaboren los planes de ordenamiento de las regiones en las que se encuentran; y 2) a entender la escala a la que se desarrollan los procesos de conectividad ecológica que, dependiendo de la especie, no se limitan a divisiones políticas, pero sí son influenciados por las decisiones que se toman sobre el territorio.

5.3.8 Gestión, cooperación y financiamiento para las actividades de conservación

El funcionamiento eficiente y eficaz de la administración y manejo del proyecto depende de la coordinación de acciones entre los distintos actores y sectores involucrados, a través de instrumentos operativos y acuerdos. Para esto es necesario estructurar un plan de operación a corto, mediano y largo plazo, donde se planteen los objetivos de conservación y manejo de las áreas prioritarias. Así mismo, se puede buscar el financiamiento, por parte de organismos públicos y

privados interesados, para llevar a cabo las actividades de protección y conservación de los corredores biológicos.

Con la información y resultados obtenidos en el presente trabajo será posible sumar un elemento más a las estrategias de conservación específicas en la zona, lo anterior gracias a que, de manera espacial, se podrá visualizar el papel que juega el Paisaje Sierra de Tapalpa en la conectividad de las diferentes áreas naturales que la rodean.

5.4 Preservación del estado ecológico de aguas superficiales y ecosistemas acuáticos

Si bien el Paisaje Sierra de Tapalpa tiene una cantidad importante de escorrentías de temporal y algunos cuerpos de agua como presas y bordos de agua de tamaño considerable (Figura 6 y Figura 24), lo cierto es que no cuenta con un río de gran envergadura o un lago que por sus dimensiones representa un ecosistema acuático que sea el elemento central de la conectividad de la fauna en la sierra.

A pesar de lo anterior, las actividades productivas de la región se encuentran ubicadas cerca de las escorrentías y cuerpos de agua naturales o artificiales, lo que hace que sean vulnerables a diferentes impactos ambientales. Algunos de ellos se enlistan a continuación:

- Eutroficación por exceso de nutrientes provenientes del arrastre de fertilizantes y residuos del sector pecuario.
- Azolve de cuerpos de agua por el arrastre de material vegetal, madera y suelo de las partes altas de la cuenca.
- Pérdida de vegetación riparia por actividades pecuarias y la presión de huertas y agricultura protegida a los márgenes de las escorrentías.
- Contaminación de pesticidas y plaguicidas que pueden comprometer los indicadores ambientales de especies susceptibles.

Dentro del presente trabajo se modelaron las especies de nutria y ajolote, que están estrechamente relacionados con los cuerpos de agua, y que evidenció que la cantidad de parches de hábitat y las redes de conexión son importantes para la sierra, esto a pesar de no contar con cuerpos de agua o ecosistemas acuáticos de gran tamaño.

Lo anterior evidencia que, a pesar de los impactos ambientales o presiones de las actividades económicas hacia estos ecosistemas, se siguen conservando los servicios de conectividad funcional en la sierra, los cuales deberán ser atendidos en políticas y medidas de restauración y conservación. A continuación, se plasman algunas de las medidas o acciones que podrían ayudar a conservar la conectividad que se encuentra relacionada con los cuerpos de agua de la región:

- Diseñar un programa para disminuir o, de ser posible, eliminar el uso de plaguicidas y pesticidas en los diferentes cultivos de la región que después son arrastrados y contaminan corrientes de agua y bordos de agua.
- Incluir dentro de los manuales para la conservación de la biodiversidad acciones encaminadas a la preservación de la vegetación riparia o de galería.
- Implementar un programa de monitoreo de calidad de agua para los cuerpos de agua de la sierra que permitan obtener indicadores ambientales para medir el grado de afectación por contaminantes químicos persistentes y nutrientes.
- Establecer un programa de monitoreo permanente de poblaciones de especies de anfibios para mejorar la cantidad de registros en la sierra y medir sus poblaciones.

Estas son algunas de las medidas propuestas para mejorar la preservación de la ecología de los servicios ambientales que ofrecen los cuerpos de agua para la región. Sin duda alguna, la suma de esfuerzo de productores, pobladores, autoridades y academia, han marcado la pauta sobre las acciones que se tienen que atender en la sierra para mejorar las condiciones de los cuerpos de agua.

5.4.1 El POET y el enfoque de cuenca

El enfoque de cuenca cambia la forma en la cual se ha llevado la planeación del territorio porque no obedece necesariamente a límites políticos, sino a las fronteras de la cuenca. El reto de este enfoque implica el involucramiento activo de diversas instituciones para el manejo participativo de los recursos naturales de un ecosistema; la coordinación de diversidad de actores, no sólo gubernamentales (SEMADET, 2021).

El enfoque de cuenca es un elemento importante en el POET. Permite la incorporación del marco conceptual del sistema socio-ecológico (SES), un concepto que, como indica su nombre, integra el sistema social al sistema ecológico y considera ambas partes como elementos de un sistema que comparte relaciones y evolucionan como resultado de ellas (SEMADET, 2021).

Derivado de lo anterior, las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) que contiene el POET están delimitadas por las microcuencas. Esto vincula las actividades reguladas al territorio de la microcuenca y resulta en un territorio heterogéneo en usos de suelo, lo cual se alinea al concepto del SES, que considera importantes las interrelaciones que suceden entre los elementos que conforman el sistema. Por esta razón, las UGAs no se tratan de territorios sobre los que se aplica una sola política, sino que, al tratarse de territorios heterogéneos, las unidades se zonifican de acuerdo a seis tipos de políticas (SEMADET, 2021).

Además del enfoque de cuenca sobre el cual se elabora el POET, los cuerpos de agua, escurrimientos y sus zonas federales se encuentran bajo la política ambiental de 'Protección'. Además, se considera una zona de política de 'Preservación' de 200 metros alrededor de los escurrimientos y cuerpos de agua, como un *buffer* que separa a los cuerpos y corrientes de agua de la zonificación que los rodea. El territorio donde se aplican estas políticas deja claro la importancia que el instrumento le da a la gestión del agua, viéndola como fundamental para las actividades humanas y el mantenimiento de los servicios ambientales.

La Tabla 35 es una lista de los impactos detectados hacia cuerpos de agua y escorrentías según el tipo de actividad productiva de la región. Estos impactos serán atendidos en manuales de buenas prácticas.

Tabla 35. Impactos a cuerpos de agua y escorrentías según la actividad productiva. Fuente: Elaboración propia.

Manual	Impacto relacionado que atiende
Turismo	Demanda de agua
	Generación de aguas residuales
Agricultura (papa, <i>berries</i> y aguacate)	Arrastre de químicos por erosión
	Alta demanda de agua (superficial y subterránea)
	Construcción de bordos de agua (consumo de agua, trampas para fauna)
	Disminución de las escorrentías de la cuenca (por alto consumo de agua)
	Contaminación de corrientes de agua
Pecuario	Contaminación de agua y suelo por fertilizantes sintéticos, plaguicidas, hormonas y antibióticos
	Afectación a ecosistemas ribereños

5.5 Preservación de la vida silvestre

La vida silvestre puede verse como la representación del estado de conservación ecológica de una región. Un equilibrio entre las diferentes poblaciones de especies y sus interacciones reflejan un medio ambiente sano, mientras que, un lugar donde existen alteraciones en los ciclos ecológicos de las especies y distribuciones de familias representa la inclusión o impacto de las actividades en la zona.

El Paisaje Sierra de Tapalpa representa un espacio de conexión y hábitat para la vida silvestre muy importante para región que fue evidenciado en el presente trabajo, algo que viene a reforzar la importancia de la preservación y conservación de los parches de hábitat identificados para las diferentes especies y de las rutas de conexión entre ellos.

Las acciones encaminadas a la preservación de la vida silvestre pueden integrarse a las de los ecosistemas acuáticos, áreas prioritarias para la conservación y las medidas para la reducción de la fragmentación que en su conjunto abordan desde diferentes ángulos acciones que favorecen la vida silvestre en el área.

Algo destacable mencionado en las diferentes entrevistas a actores locales es la cacería ilegal y representa una afectación a algunas de las actividades productivas

de la región, como la ganadería y el turismo, además de percibirse como uno de los impactos más directos a la biodiversidad en la región.

Como medidas para la preservación de la vida silvestre se propone la creación de un programa de monitoreo de vida silvestre y otro de comunicación de vida silvestre.

El monitoreo es importante para generar información real y en sitio de las especies que se habitan y se desplazan por la región. Debe recordarse que los registros de fuentes oficiales y aquellos recabados durante las entrevistas con actores locales, fueron uno de los insumos importantes para realizar los modelos que permitieron la evaluación de la conectividad. La actualización constante de estos registros ayuda para seguir con los trabajos de evaluación de conectividad que puedan ayudar a visualizar el cambio de la misma a lo largo del tiempo. El programa de comunicación deberá tener como principal objetivo la divulgación de información sobre la biodiversidad y conectividad de la región directamente a los actores locales.

Por último, evidenciar la conectividad del paisaje como pieza clave para conservar la biodiversidad. Esto con el objetivo de poner en marcha acciones para atacar directamente las amenazas a las rutas de conectividad del PST. Se espera que el presente trabajo sirva para definir las escalas espacial y temporal a la cual puede abordarse el tema en la región, sirviendo como justificación técnica.

Por ejemplo, si el objetivo es llevar a cabo intervenciones de manejo mediante prácticas de conservación ecológica, será necesario definir qué es lo que se quiere conservar —¿La composición de las especies? ¿Los servicios ambientales? ¿La estructura y función de un ecosistema?—. Es la intención de esta evaluación ayudar a dar sustento técnico a las respuestas a estas preguntas.

Una vez definido y justificado lo anterior, se tendrán que elaborar las estrategias, metas, objetivos, metodología, indicadores de éxito y monitoreo, considerando un manejo adaptativo que permita adecuar los objetivos a las condiciones cambiantes del proyecto (objetivos originales-objetivos nuevos); la comunicación a los diferentes actores del territorio involucrados; y los recursos financieros.

La Tabla 36 es una lista de los impactos detectados hacia la vida silvestre según el tipo de actividad productiva de la región. Estos impactos serán atendidos en manuales de buenas prácticas.

Tabla 36. Impactos a la vida silvestre según la actividad productiva. Fuente: Elaboración propia.

Manual	Impacto relacionado que atiende
Turismo y cabañas	Incendios (ligado a brechas cortafuego y mantenimiento de caminos)
	Atropellamiento de fauna
	Generación de ruido
	Iluminación
	Caza furtiva
	Extracción de flora y fauna
	Generación ruido
	Iluminación
	Eliminación de fauna local (animales venenosos)
Agricultura (papa, <i>berries</i> y aguacate)	Afectación a polinizadores
	Construcción de bordos de agua (consumo de agua, trampas para fauna)
	Generación de resistencia a plaguicidas
Pecuario	Uniformidad genética al privilegiarse el monocultivo de gramíneas
	Eliminación de la sucesión vegetal por medios químicos y físicos
	Mayor demanda de madera para cercos y corrales de manejo
	Ataque de felinos ha ganado

5.6 Preservación de la calidad y diversidad paisajística

El paisaje es un “espacio heterogéneo que consta de un conjunto de ecosistemas, características geográficas y procesos ecológicos que interactúan entre sí, con frecuencia incluyendo la influencia del ser humano” (Forman & Godron, 1986; Wu, 2008; en Hilty *et al.*, 2021). Lo anterior recalca la importancia de considerar la diversidad —heterogeneidad— como un componente importante para asegurar la resiliencia de los hábitats y ecosistemas.

El POET aborda el tema de diversidad paisajística al momento de definir las UGAs bajo el enfoque de cuenca. De esta forma las UGAs delimitadas son territorios

heterogéneos y las estrategias, acciones y criterios ecológicos que las regulan toman en cuenta diferentes tipos de zonificación y actividades productivas y las relaciones entre ellas. Es una aproximación muy diferente a los adoptados en ordenamientos anteriores, en los que las unidades de gestión se trataban de partes de territorio donde la zonificación era más homogénea. Esta heterogeneidad de las unidades de gestión del POET (2021) en contraste con la homogeneidad del Modelo de Ordenamiento Ecológico (2006) puede verse claramente en la Figura 73 y Figura 74.

La diversidad paisajística, además de referirse a la zonificación y los usos de suelo, regulados por instrumentos de planeación, hace referencia a gradientes, por ejemplo, de altura y temperatura. Esto también incluye considerar diferentes tipos de ecosistemas y hábitats al momento de planear el aumento de las zonas de conservación y protección (Hilty *et al.*, 2021).

La Tabla 37 es una lista de los impactos detectados hacia la diversidad y calidad paisajística según el tipo de actividad productiva de la región. Estos impactos serán atendidos en manuales de buenas prácticas.

Tabla 37. Impactos a la calidad y diversidad paisajística según la actividad productiva. Fuente: Elaboración propia.

Manual	Impacto relacionado que atiende
Turismo y cabañas	Incendios
	Mal manejo de residuos
	Superación de la capacidad de carga del sistema
	No apegarse al ordenamiento ecológico y territorial
	Pérdida de masa forestal
Agricultura (papa, <i>berries</i> y aguacate)	Erosión de parcelas
	Contaminación del suelo por agroquímicos
	Presión a zonas forestales
	Mala disposición de residuos agrícolas
	Modificación del paisaje
Pecuario	Uniformidad genética al privilegiarse el monocultivo de gramíneas
	Incendios ocasionados por quemas estacionales
	Eliminación de la sucesión vegetal por medios químicos y físicos
	Mayor demanda de madera para cercos y corrales de manejo
	Presión a zonas forestales

6. Conclusiones

A pesar de que los cuatro municipios que integran el Paisaje Sierra de Tapalpa no cuenta con un área natural protegida –de índole federal, estatal o municipal– u otras zonas de conservación, que permitan reservar espacios donde la flora y la fauna tenga un grado de protección ante las presiones de las actividades económicas en la sierra, sí cuenta con el reciente instrumento de ordenamiento ecológico del territorio donde se destacan, entre muchas otras cosas, políticas de conservación sobre todas las escorrentías de la sierra, la definición de capacidad del sistema para la construcción de proyectos de cabañas y restricciones sobre actividades agropecuarias de uso intensivo. Esta información y estrategias que contiene el POET tienen el potencial de convertirse en herramientas para ayudar a conservar los servicios ambientales que ofrece el territorio para la conectividad.

Algo importante de destacar en el presente análisis es que, gracias al cuadrante determinado para realizar la modelación, se logró apreciar la función de conexión que brinda el Paisaje Sierra de Tapalpa dentro de un conjunto de áreas protegidas. Aunque es cierto que el territorio ha sufrido cambios importantes en las últimas tres décadas, tanto por actividades turísticas como productivas, sigue siendo un elemento muy relevante para la conectividad en la región.

La mayoría de los parches de hábitat identificados coinciden en un espacio de alto grado de conservación en la parte oeste del Paisaje Sierra de Tapalpa que, por su topografía y distribución, se ha mantenido con vegetación en un excelente estado de conservación. Esta zona del PST tiene el potencial para convertirse en un área natural protegida debido a sus características de conservación y a que, según lo observado en el POET, la zona se encuentra, en su mayoría, bajo políticas de ‘Preservación’ y ‘Restauración’.

Los resultados del presente trabajo pueden servir para ayudar a la sensibilización de actores locales sobre el papel que juega el Paisaje Sierra de Tapalpa en materia de conexión ecológica. De hecho, esta sensibilización se percibe como una tarea vital para sumar a diferentes tipos de actores de la región en la adopción de medidas

para la conservación y mejoramiento de las características que facilitan la conexión ecológica. Además de los actores involucrados en las actividades productivas, esta información debe llegar a los habitantes y academia. Transmitir esta información es también una tarea que se espera lleven a cabo en conjunto diversos actores.

El monitoreo constante de las especies sombrilla, que utilizan la PST como parte de sus parches de hábitat para desplazarse, ayudará en futuros trabajos para entender mejor su comportamiento y mejorar la cantidad de registros que permitan seguir analizando las líneas de conexión que existen en la zona. Las presentes modelaciones fueron realizadas con registros de fuentes oficiales y locales que permitieron, entre otras cosas, evidenciar que es una zona de importante presencia de fauna.

Si bien las modelaciones utilizaron fuentes de información climática con una resolución alta, se recomienda llevar a cabo modelaciones con información climática futura y pasada. Esto ayudará a analizar los cambios en la conectividad de la región a lo largo de los años y los probables escenarios ante el cambio climático. Estas modelaciones permitirían diseñar acciones para ayudar a la resiliencia y adaptación para combatir efectos del cambio climático.

Los resultados del análisis de centralidad demuestran que los parches de hábitat, de algunas de las especies evaluadas, que se encuentran en la PST, son igual o más importantes para el mantenimiento de la red ecológica que los parches que se encuentran sobre el territorio de áreas naturales protegidas.

Los esfuerzos en acciones de conservación, restauración y manejo de la biodiversidad para promover la conectividad dentro y fuera de las ANPs, son medidas importantes para evitar la pérdida de biodiversidad, que deben acompañarse de acciones de mitigación y adaptación ante futuros escenarios de cambio climático, cuyos efectos sobre la conectividad de las ANPs, ya han sido evaluados a escala nacional por instancias como CONANP y CONABIO (CONANP, 2015).

La conectividad del Paisaje Sierra de Tapalpa, de acuerdo a los resultados de este análisis es, sin lugar a dudas, un elemento valioso en materia de conservación para

la biodiversidad del Estado de Jalisco. El reto de un trabajo de restauración del paisaje consiste en la concertación de acuerdos entre los actores locales con el objetivo de mantener y mejorar los servicios ambientales de la región, mientras se llevan a cabo las actividades productivas que sustentan la economía local.

7. Bibliografía

- Ávila, R. V. (2019). Conectividad del paisaje y corredores de hábitat para el ocelote *Leopardus pardalis* y el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* en el occidente de México. *Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable*.
- Alonso, A. M., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S., & Palomeque, X. (2017). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador/Evaluation of structural and functional connectivity in the Podocarpus-Yacuambi conservation corridor, Ecuador. *Caldasia*, 140-156.
- Alonso-F., A. M., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S., & Palomeque, X. (2017b). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia*, 140-156.
- Acosta, L. E., Garbino, G. S., Gasparini, G. M., & Dutra, R. P. (2020). Unraveling the nomenclatural puzzle of the collared and white-lipped peccaries (Mammalia, Cetartiodactyla, Tayassuidae). *Zootaxa* 4851 (1).
- Alvar, C. D. (2013). Distribución y abundancia de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens* Major, 1897), en el Lago de Catemaco Veracruz, México. *Therya*. Vol.4(2).
- Amsallem, J., Deshayes, M., & Bonevialle, M. (2010). ANALYSE COMPARATIVE DE MÉTHODES D'ÉLABORATION DE TRAMES. *Sciences Eaux & Territoires*, 40-45.
- Arellano, E. S. (2010). *Distribución y abundancia de la nutria neotropical (Lontra longicaudis annectens) en Tlacotalpan, Veracruz, México*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372012000200002#:~:text=La%20nutria%20neotropical%20Lontra%20longicaudis,la%20zona%20central%20de%20Argentina
- Arnold, N. R. (2018). Registros nuevos de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) para los estados de Chiapas y Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. .
- Arroyave, M. G. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 5*, 45-57.

- Ávila, V., González, T., González, A., & Vázquez, M. (2021). El género *Ambystoma* en México: ¿Qué son los ajolotes? *Ciencia ergo-sum* 28(2).
- Blanco, R. S. (2020). *Análisis de la conectividad y fragmentación en el Parque Nacional de Cabañeros*. Obtenido de <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2020/CT%2020/5304.pdf>
- Benavides-Solorio, J. d.-G.-P.-L. (2008). Oferta hídrica de la cuenca forestal Tapalpa, Jalisco, orientada hacia los servicios ambientales. *Madera bosques vol. 14 no.2*.
- Berges, L., Roche, P., & Avon, C. (2010). Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la Trame verte et bleue. *Sciences Eaux & Territoires*, No.3 34-39.
- Biopasos (Biodiversidad y paisajes ganderos agrosilvopastoriles sostenibles). (2020). *Caracterización de la ganadería bovina en el estado de Jalisco, México*. Obtenido de <https://www.biopasos.com/situacion/Carac-Gan-Jalisco2020.pdf>
- Bunn, A. G., Urban, D., & Keitt, T. H. (2000). Landscape connectivity: a conservation application of graph theory. *Environmental Management*, 265-278.
- Cabezas Mesias, M. Y. (2020). Tesis. *Análisis de Fragmentación y Conectividad Estructural del Paisaje en la Cuenca Hidrográfica del Río Calenturitas*. Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Castañeda-Vildózola, A. A. E.-M.-C.-P.-A. (1999). Insectos polinizadores del aguacate en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 129-136.
- Chassot, Finegan, & Arias. (2011). Red de conectividad ecológica en el Caribe Norte de Costa Rica. *Latinoamericana de Conservación Latin American Journal of Conservation*.
- Cházaro, B., E. Lomelí, M., R. Acevedo, R., & S. Ellerbracke, R. (1995). *Antología Botánica del Estado de Jalisco*. Guadalajara: Departamento de Geografía, U de G.
- Cobo, E. (2020 de Marzo de 2020). *Un nuevo plan para recuperar la biodiversidad de agua dulce*. Obtenido de UICN-SUR: <https://www.iucn.org/es/news/americadel-sur/202003/un-nuevo-plan-para-recuperar-la-biodiversidad-de-agua>

dulce#:~:text=En%20respuesta%20a%20esta%20crisis,p%C3%A9rdida%20de%20estas%20especies%20y

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s.f.). *Explorador de cambio climático y biodiversidad, versión 1.0*. Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/cambio-climatico>

CONABIO. (Octubre de 2021). *Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad*. Obtenido de Registros de ejemplares. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.:

<https://www.snib.mx/ejemplares/descarga/>

CONAGUA. (2015). *Disponibilidad por acuífero al final del 2015*. Obtenido de <https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/jalisco/jalisco.html>

CONAGUA. (2022). *Buscador de Acuíferos*. Obtenido de Comisión Nacional del Agua: <https://sigaims.conagua.gob.mx/dma/acuiferos.html>

CONANP. (2018). *Ambystoma spp. Gobierno de México*. En https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/444128/PACE_Ambystoma_2.pdf (consultado febrero 2022)

Correa, C. A., Mendoza, E. M., & López Granados, E. (2014). Análisis del cambio en la conectividad. *Revista de Geografía Norte Grande*, 7-23.

Correa-Ayram, C. (2016). Habitat connectivity in biodiversity conservation: a review of recent studies and applications. *Progress in Physical Geography* 40.1, 7-37.

Corvalan, C. F., Kjellstrom, T., & Smith., K. R. (1999). Health, Environment and Sustainable Development. Identifying Links and Indicators to Promote Action. *Epidemiology*.

Cotler, H. (2015). Incidencia del enfoque de cuencas en las políticas. En A. L. Burgos, G. Bocco, & J. Sosa Ramírez, *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas* (págs. 31-44). México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Crooks, K. R. (2006). *Connectivity Conservation: maintaining connections for nature*. Obtenido de http://assets.cambridge.org/97805218/57062/excerpt/9780521857062_excerpt.pdf

Cuervo-Robayo, A. P., Téllez-Valdés, O., Gómez, M. C., Venegas-Barrera, J. C., Manjarrez, J., & Martínez-Meyer, E. (2014). Una actualización de las

- superficies climáticas mensuales de alta resolución para México. *Revista internacional de climatología* 34:7, 2427-2437.
- Curiel, A., & Garibay, M. (2017). Amenazas a la Biodiversidad. En: La biodiversidad en Jalisco. Estudio de Estado. Vol. I. 251-262.
- DPI Territorial. (2021). *Análisis Situacional de la Sierra de Tapalpa*. Rainforest Alliance.
- Dramstad, W. E., Olson, J. D., & Forman, R. T. (1996). *Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning*. Washington, DC: Island Press.
- Dudley, N. (2008). *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*. Obtenido de <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-019-Es.pdf>.
- Dueñas, G., Rosas, O., Chapa, L., Bender, L., Tarango, L., Martínez, J., & Alcántara, J. (2015). Connectivity among jaguar populations in the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Connectivity among jaguar populations in the Sierra Madre Oriental, Mexico* 6(2), 449-468.
- EEIBS. (2020). Estrategia del Estado de Jalisco para la Integración de la Biodiversidad en los sectores Agropecuario, Pesquero-Acuícola, y Forestal, Jalisco, 2020.
- Escobar-Ibáñez, J. F., Rosas-Espinoza, V. C., Santiago-Pérez, A. L., Barragán-Farías, K. A., Villareal-Méndez, J., & Domínguez-Laso, M. (2015). Seis registros nuevos de aves endémicas en Sierra de Quila, Jalisco. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*.
- Fa, J., & Morales, L. (1991). Mammals and protected areas in the Trans-Mexican Neovolcanic Belt. *Latin American mammalogy; history, diversity and conservation*, 199-226.
- Fagan, W. F., & Calabrese, J. M. (2006). Quantifying connectivity: balancing metric performance with data requirements. *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press.
- FAO. (2006). *Las repercusiones del ganado en el medio ambiente. Departamento de agricultura y protección del consumidor*. Obtenido de <https://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.htm>
- Foden, W., & Young, B. (2020). *Directrices de la CSE de UICN para evaluar la vulnerabilidad de las especies al cambio climático*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN.

- Forman, T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Forman, R. T. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology* 10, 133-142.
- Gallo, J. (. (s.f.). *Linkage Mapper Software*. Obtenido de <https://consbio.org/products/tools/linkage-mapper-software-v20>
- GEOASI. (18 de Febrero de 2016). ¿QUÉ SON LAS GEOMEMBRANAS? Obtenido de Geoasi-Soluciones Ambientales : <https://www.geosai.com/que-son-las-geomembranas/>
- Godínez, O. (2017). Evaluación del estado de conservación del hábitat del tapir en el sureste de México. Tesis. Morelia, Michoacán, México: Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.
- Gross, J., Woodley, S., Welling, L., & y Watson, J. (2016). *Adapting to Climate Change: Guidance for Protected Area Managers and Planners. Best Practice Protected Area Guidelines Series, no. 24*. Gland, Suiza: UICN.
- Hilty, J., Worboys, G., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., . . . Tabor, G. (2021). *Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos*. Gland, Suiza: UICN.
- Hilty, J., Worboys, G., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., . . . Tabor, G. (2021). *Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos. Serie Directrices para buenas prácticas en áreas protegidas*. Gland, Suiza: UICN.
- INE. (2000). *Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán*. Ciudad de México: INE.
- INOGO (Iniciativa Osa y Golfito). (s.f.). *El Jaguar (Panthera Onca): un factor clave de los ecosistemas de la región*. Obtenido de https://inogo.stanford.edu/sites/default/files/Jaguar_reporte_breve_INOGO_050913.pdf
- Isaacs, P., Trujillo, L., & Jaimes, V. (2017). Zonificación de alternativas de conectividad ecológica, restauración y conservación en las microcuencas Curubital, Mugroso, Chisacá y Regadera, cuenca del río Tunjuelo (Distrito Capital de Bogotá), Colombia. *Biota Colombiana*, 70-88.
- Isaacs, P., Trujillo, L., & Jaimes., V. (2017). Zonificación de alternativas de conectividad ecológica, restauración y conservación en las microcuencas

- Curubital, Mugroso, Chisacá y Regadera, cuenca del río Tunjuelo (Distrito Capital de Bogotá), Colombia. *Biota Colombiana*, 70-88.
- Jones, A. (2015). Mapping habitat connectivity for greater sage-grouse in Oregon's Sage-Grouse Conservation Partnership (SageCon) assessment area. Produced by the Nature Conservancy (Portland OR) in partial fulfillment of BLM Cooperative Agreement.
- LandScale. (2021). *Análisis Situacional de la Sierra de Tapalpa*.
- Leija, E. G. (2021). Estudios de conectividad del paisaje en América Latina: retos de investigación. *Madera y Bosques*.
- Life fluvial. (s.f.). *Corredores fluviales*. Obtenido de <https://www.lifefluvial>
- Linkage Mapper. (s.f.). *Linkage Mapper*. Obtenido de <https://linkagemapper.org/linkage-mapper-tools/>
- Locquet, A., & Clauzel, C. (2018). Identification et caractérisation de la trame verte et bleue du PNR des Ardennes: comparaison des approches par habitat et par perméabilité des milieux. *Cybergeo : European Journal of Geography*.
- Luna, F. (2017). *Hábitat y distribución del Jabalí de collar (Pecari tajacu)*. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42555/K%2064988%20Luna%20Baeza%20C%20Francisco%20Harim.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- McRae, B. &. (s.f.). *Circuitscape user guide*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/265494222_Circuitscape_User_Guide
- Macías, A. (2009). *Zonas hortofrutícolas emergentes en México ¿Viabilidad de largo plazo o coyuntura de corto plazo? La producción de aguacate en el sur de Jalisco*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/417/41715777009.pdf>
- Macías, A. S. (2020). Naturaleza vulnerada. Cuatro décadas de agricultura industrializada de frutas y hortalizas en el sur de Jalisco, México (1980-2020). *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 8, núm. 1, 64-91.
- Marshall C.J., L. J. (2000). Cladistic biogeography of the Mexican transition zone. *Journal of Biogeography* 27, 203–216.
- Martínez, J. L., & Sáinz, J. (2016). *Evaluación de la conectividad ecológica en el área metropolitana de la Bahía de Santander*. Obtenido de <https://anilloverde.files.wordpress.com/2018/06/study-of-the-ecological-connectivity.pdf>.

- Miller, B. R. (1999). Using Focal Species in the Design of Nature Reserve Networks. *Wild Earth*, 1998/1999, 81-92.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Natural y Marino. (2010). *Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras lineales de transporte*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/4_indicadores_fragmentac_habitat_tcm30-195795.pdf
- Minjarez, I. (2013). *Análisis de la distribución del puma (Puma concolor) en Sierra La Giganta, Baja California Sur*. Obtenido de https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/156/1/minjarez_i.pdf
- Morera, J. P. (2007). Paisaje, procesos de fragmentación y redes ecológicas: aproximación conceptual. *Corredores Biológicos: Acercamiento conceptual y experiencia en América*, 11-47.
- Native. (s.f.). *Cascabel tropical austral*. Obtenido de <https://www.nativealimentos.com.br/es/sostenibilidad/biodiversidad/animales/reptiles/cascabel-tropical-austral/718>
- Oyama, K., Ramírez-Toro, W., Peñaloza-Ramírez, J. M., Pérez Pedraza, A. E., Torres-Miranda, C. A., Ruiz-Sánchez, E., & González-Rodríguez, A. (2018). High Genetic Diversity and Connectivity Among Populations of *Quercus candicans*, *Quercus crassifolia*, and *Quercus castanea* in a Heterogeneous Landscape in Mexico. *Tropical Conservation Science*.
- Plan estatal de manejo del fuego en el estado de Jalisco*. (2018). Obtenido de <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/2018.%20PrimeraE tapaPlanManejoFuegoT3.pdf>
- Pérez, G., Goodenough, K., Horn, M., Patton, R., Ruiz, E., Velarde, E., & Aguilar, A. (2020). High connectivity among breeding populations of the elegant tern (*Thalasseus elegans*) Mexico and Southern California Revealed Through Population Genomic Analysis. *Waterbirds* 43(1), 17-27.
- Peláez J. E., R. M. (s.f.). *Regímenes de incendios en ecosistemas forestales del occidente de México*. Obtenido de <https://iefectividad.conanp.gob.mx/iefectividad/iefectividad%20atendido/RB%20SM/Contexto%20Planeaci%C3%B3n/Recursos%20Naturales/Art%C3%ADculos/A1%20Reg%C3%ADmenes%20incendios%20occidente%20de%20M%C3%A9xico%20V3.pdf>

- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 231-259.
- Ponce, P. (2014). *Proyecto fin de máster: Estudio de la contaminación lumínica y eficiencia energética en el alumbrado exterior*. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4539/tfm382.pdf>
- Reyes, G. A. (2011). Conocimiento local y prácticas de manejo de las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en el municipio de Nocupétaro, Michoacán: Aportes desde la etnoecología para su conservación y manejo sustentable. Morelia, Michoacán: CIGA UNAM.
- Rodríguez-Contreras, F. E.-A. (2020). Nivel de alteración eco hidrológica en ríos perennes de la cuenca del río Ayuquila-Armería. *Biotechnia vol.22 no.2*.
- Roig-Alsina A, M. C. (1993). Studies of the phylogeny and classification of long-tongued bees. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 55, 124-162.
- Rosas-Espinoza, V. C., Rodríguez-Canseco, J. M., Santiago-Pérez, A. L., Ayón-Escobedo, A., & Domínguez-Laso, M. (2013). Distribution of some amphibians from central western Mexico, Jalisco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 690-696.
- Rzedowski, J. y.-T. (1990). Tópicos biogeográficos. Mapa IV.8.3. *In Atlas Nacional de México, vol. III*. México, D.F.: Instituto de Geografía, UNAM.
- Salo, J. Gage, E. Katz, G. Stoker, J. (2018). Assessment Of The Three-Dimensional Structure Of Riparian Habitat Along Foothills And Plains Streams. En <https://assets.bouldercounty.org/wp-content/uploads/2018/12/riparian-assessment-streams.pdf> (Consultado: 31 de marzo del 2022)
- Sánchez-Ramos, L., Navarro-Pérez, S., Trejo-Vázquez, R., Lira-Noriega, A., Guevara-Lazcano, E., & Navarro-Sigüenza, A. (2021). Diversidad, ecología y vulcanismo: Los ensamblajes de aves del Complejo Volcánico de Colima, México.
- Santiago, A. R. (2017). Primer registro de *Crotalus polystictus* (Squamata: Viperidae) en el Área Natural Protegida Sierra de Quila, Jalisco, México. *Acta Zool. Mex Vol. 33 no. 1*.
- Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 2, 3–12.
- Sastre, P. D. (2002). Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas. Ejemplos de aplicación en la Comunidad de Madrid. *Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. Año XI, No. 2*.

- SEMADES. (2006). *Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco*. Guadalajara: SEMADES.
- SEMADET. (2020). *Estrategia Estatal sobre Biodiversidad de Jalisco 2030*.
- SEMADET. (2021). *Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional de Tapalpa*. Guadalajara: SEMADET.
- SEMADET, & SADER. (2020).
- Serrano, A., Escalona, G., Plasecncia, A., Iñigo, E., & Ruiz, L. (2017). Distribución potencial y conectividad del paisaje: criterios para reevaluar el grado de amenaza de *Campylorhynchus yacatanicus*. *Revista de Biología Tropical*.
- Soberón, J., & Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 19644-19650.
- Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos*, 68(3) 571-573.
- Taylor, P. F. (2006). Conectividad del paisaje: un regreso a lo básico. *Connectivity Conservation*.
- Tiefenbacher, J. y. (s.f.). Teinert Attitudes toward jaguars and pumas in Cielo Biosphere Reserve, México. 1-25.
- Tischendorf, L. y. (2000). On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos*, 90, 7-19.
- Vásquez-García, A. D.-J. (2021). Caracterización de especies de abejas nativas y su relación biocultural en la mixteca oaxaqueña. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Vol. 12 número 1*.
- Vanoye-Eligio, M. V.-R.-A.-G. (2015). Avispas depredadoras de áreas naturales protegidas del estado de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- Villavicencio, R., & al., e. (2011). Memorias I Foro de conocimientos, uso y gestión del Área Natural Protegida Sierra de Quila. En R. A. Villavicencio, *Memorias I Foro de conocimientos, uso y gestión del Área Natural Protegida Sierra de Quila* (págs. 9-17). Orgánica Editores.
- Wu, J. (2008). Landscape ecology. *Encyclopedia of Ecology*, 2103-2108.

8. Anexos

Anexo 1. Ficha de reunión con SEMADET para fijar los alcances de la modelación de conectividad estructural y funcional

Como parte inicial de la consultoría se planteó un primer acercamiento con la SEMADET para recopilar información e impresiones de las estrategias para abordar las primeras actividades planteadas en la consultoría, esto con el fin de dirigir y focalizar esfuerzos para obtener mejores resultados. La primera reunión se llevó a cabo en las instalaciones de SEMADET el día 7 de octubre de 2021. Un resumen de la reunión se expone en la Tabla 38. Ficha de la reunión con SEMADET para fijar alcances de la modelación. Fuente: Elaboración propia..

Tabla 38. Ficha de la reunión con SEMADET para fijar alcances de la modelación. Fuente: Elaboración propia.

	Detalles
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentar la metodología para la modelación de la conectividad y definir los alcances del análisis 2. Resolver dudas sobre los análisis realizados para el Ordenamiento Territorial de la Región Tapalpa
Participantes	<p>Por parte de SEMADET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ing. Carmen Gómez Lozano • Mtro. Josué Díaz Vázquez <p>Por parte de Enlace Ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ing. Rigoberto Román López • Dr. José Luis Ibarra Montoya • Biol. Karla Gutiérrez García • Lic. Tanya Jacqueline Flores Mejía • Ing. Martín Alejandro Villanueva García

	Detalles
Temas tratados	<p>En la Dirección de Corredores Biológicos y Cuencas se tocaron los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conectividad estructural y funcional del paisaje y los métodos que serán usados para el análisis de estos aspectos • Explicación de la metodología que se seguirá: 1) Modelos de distribución de especie o de nicho ecológico; 2) Caracterización del hábitat de las especies; 3) Modelos de resistencia; 4) Modelos de conectividad funcional. • Explicación de la huella espacial humana <p>Las dudas sobre los aspectos técnicos del ordenamiento fueron resueltas con el equipo de la Dirección General de Ordenamiento Territorial de SEMADET.</p>
Acuerdos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las primeras modelaciones que serán sobre nicho ecológico se realizarán sobre todas las especies de las cuales se consiguieron registros. Estas primeras modelaciones van a determinar los alcances de los siguientes ejercicios de modelado. 2. Se compartió el documento técnico completo del Ordenamiento Territorial de la Región Tapalpa. Las dudas específicas que surjan a lo largo de la revisión del documento serán consultadas con el equipo técnico de la dirección de Ordenamiento Territorial. 3. Se consultó la posibilidad de hacer uso de la información sobre aguacateras e invernaderos generada en el área de geomática de la dirección de Ordenamiento Territorial. La información todavía no está lista y por esa razón no puede compartirse. 4. Los manuales de buenas prácticas tendrán medidas pensadas para aplicarse a tres escalas espaciales diferentes: paisaje, rodal y sitio. 5. Se hizo del conocimiento del equipo consultor la existencia de otros trabajos realizados en la Región como parte de la iniciativa LandScale, en específico, sobre el Análisis Situacional, el cual contiene un mapeo de actores. Se acordó contactar con la persona que realizó los trabajos relacionados con el mapa de actores, Jorge Domínguez.

Anexo 2. Reseña de los lineamientos de la UICN

Como parte del contexto de la elaboración de la presente consultoría a continuación se resaltan los aspectos más importantes de algunos de los apartados que comprenden los “Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza” (Hilty, y otros, Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos. Serie Directrices para buenas prácticas en áreas protegidas, 2021).

El capítulo 3 de este documento sirvió para delimitar el marco teórico mediante el cual se realizó el análisis de conectividad y no se presenta reseña de este capítulo en este anexo. Se espera que esta reseña sirva como una primera aproximación al documento y sirva como una guía general para el lector.

El primer apartado que integra el documento es una introducción a la importancia de la conectividad, en él se muestra evidencia sobre como las áreas naturales protegidas o cualquier área de conservación cuando se encuentran conectadas con otros sitios son mucho más efectivas y permiten lograr objetivos como la conservación de la biodiversidad a diferencia de si estas estuvieran aisladas. Así, se estaría migrando del enfoque de áreas naturales protegidas aisladas a áreas conectadas en el territorio.

El segundo capítulo trata de fundamentos científicos de la conectividad, este apartado presenta todos los conceptos claves entorno a la conectividad, herramientas para el diseño de los corredores ecológico que permiten definir antes de implementar en campo sitios donde pudiera diseñarse un corredor ecológico para que una o varias especies puedan moverse con libertad. También, permite identificar sitios menos fragmentados por la actividad humana.

Ahora bien, el cuarto capítulo hace referencia a las redes ecológicas para la conservación y muestra ejemplos de cómo tanto áreas naturales protegidas, como

OMEC u otras áreas pueden lograr la conectividad y no solo unir dos áreas terrestres, sino que también ambientes diferentes (acuícolas- marinos).

En el capítulo cinco se describe la planeación e implementación de los corredores ecológicos, aquí los autores hacen hincapié en la importancia de la definición de objetivos y estrategias específicas, ya que, si bien el objetivo principal puede ser la conservación de la biodiversidad, estas deben aportar algo en específico, por ejemplo, el diseño de un corredor que permita el flujo e intercambio genético de dos especies que han sido separadas.

Por lo que respecta al capítulo seis de los lineamientos, este habla principalmente de la relevancia de la conectividad, las aplicaciones y la utilidad de los corredores ecológicos en diferentes ambientes. Se puntualiza sobre los corredores ecológicos en espacios continuos y discontinuos y de los beneficios de estos en distintas áreas acuícolas, terrestres, marinas, costeras, entre otras. Así también se menciona la existencia de corredores ecológicos mixtos, los cuales hacen referencia a aquellos que cuentan con dos o tres tipos de ambientes.

En lo que concierne al capítulo siete, este abarca el tema de las leyes y políticas emergentes para la conservación de la conectividad. Se expresa como es que a nivel internacional ha surgido el reconocimiento de la conservación ecológica en las leyes y políticas. Así como de la importancia de mantener la conectividad como parte de las Metas de Aichi⁶ de la CDB (Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica). También se describe como el Llamado a la acción para la conectividad del paisaje Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sustentable, el Estándar global para la identificación de Áreas Clave para la Biodiversidad (Hilty, y otros, Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos. Serie Directrices para buenas prácticas en áreas protegidas, 2021) y los Lineamientos para la aplicación de categorías de manejo de áreas protegidas (Dudley, 2008).

⁶ Las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica conforman un conjunto de 20 metas agrupadas en torno a cinco Objetivos Estratégicos, que deberían alcanzarse de aquí a 2020. Forman parte del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, aprobado en 2010 por la 10ª reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

Adicionalmente expresa que los corredores ecológicos ofrecen un mecanismo importante para ayudar a los países a avanzar en sus obligaciones legales y compromisos de política, incluyendo la Convención de Humedales de Importancia Internacional, Convención sobre Conservación de Especies Migratorias de Animales Silvestres y sus instrumentos auxiliares. Sin embargo, a pesar de que tanto la conectividad como los corredores ecológicos ayudan a cumplir con los objetivos de diversas políticas, autoridades administrativas, regulaciones y planes, aún falta mucho que atender en esa materia, pues la mayoría de los países están retrasados en la implementación de esos elementos.

Finalmente, en el capítulo ocho, se plantean las conclusiones, por lo que los autores hacen énfasis en que los ecosistemas terrestres, dulceacuícolas y marinos, así como los corredores ecológicos son una designación de conservación necesaria para asegurar la salud de los ecosistemas. Así mismo recalcan que la conservación de la conectividad requiere de métodos innovadores para la conservación de las tierras y aguas. En suma, hablan de que, conservando el componente de la conectividad, instalando redes entre áreas naturales protegidas, otras medidas efectivas de conservación basadas en áreas y corredores ecológicos, se ofrece una solución escalable a los retos ambientales, sociales y ecológicos.

Anexo 3. Revisión de los instrumentos de planeación y política territorial

Derivado de la necesidad de plantear el concepto de conectividad para la elaboración y ejecución de las políticas públicas que ayuden al mantenimiento de la biodiversidad, es que se realiza el siguiente análisis. Se trata de una evaluación minuciosa del Programa de Ordenamiento Territorial de la Región Tapalpa (POET) y de las dos estrategias de biodiversidad de carácter estatal, la Estrategia Estatal sobre Biodiversidad de Jalisco 2030 (EEB-Jal) y la Estrategia del Estado de Jalisco para la integración de la biodiversidad en los sectores Agropecuario, Pesquero-Acuícola y Forestal, visión 2020-2030 (IBP Jal)

Se espera que este análisis ayude a detectar los puntos de concordancia entre el POET y las dos estrategias de biodiversidad y los lineamientos de la UICN y la matriz verde y azul. El objetivo es señalar estos puntos de convergencia que deberán ser atendidos específicamente para propiciar las condiciones de conectividad de la región y su influencia en las zonas de importancia para la biodiversidad que rodean a el PST.

Reiterando, los instrumentos de política pública se contrastan con los conceptos de conectividad que conforman el marco teórico con base en el cual se lleva a cabo este análisis. El objetivo es señalar las estrategias, criterios, acciones y propuestas de los instrumentos que se relacionan directamente con los conceptos de conectividad y que puedan ayudar a mejorar las condiciones para la biodiversidad en las áreas y corredores prioritarios detectados mediante las modelaciones.

Estrategia Estatal sobre Biodiversidad de Jalisco 2030 (EEB-Jal)

El objetivo de este instrumento es conservar y proteger la biodiversidad, así como la integridad de los ecosistemas, paisajes y de los servicios que proporcionan, previniendo su pérdida y restaurando su degradación. Esto permite salvaguardar el derecho humano a un ambiente sano con inclusión de los grupos más vulnerables

(SEMADET, 2020). En este aspecto, la EEB-Jal establece cinco ejes estratégicos de acción los cuales se muestran en la Tabla 39:

Tabla 39. Estructura de la EEB-Jal, Fuente: Elaboración propia con base en la información de EEB-Jal.

Estrategia	Objetivo	Línea de acción
Generación y aplicación del conocimiento	Generar y aplicar el conocimiento que permita establecer la situación de la biodiversidad en el estado y definir áreas prioritarias de atención	1.1. Desarrollo de investigación y monitoreo de la biodiversidad. 1.2. Integración y formación de redes de investigación, cuadros profesionales, científicos y técnicos. 1.3. Valoración e incorporación de las prácticas y conocimientos tradicionales al desarrollo del estado.
Conservación, restauración y gestión del territorio	Implementar acciones enfocadas en la conservación, restauración y gestión efectiva del territorio estatal mediante el desarrollo de actividades que garanticen el mantenimiento de los ecosistemas y sus especies	2.1. Conservación en áreas protegidas y sitios voluntarios. 2.2. Identificación y establecimiento de regiones bioculturales prioritarias. 2.3. Conservación de especies endémicas y amenazadas. 2.4. Restauración del hábitat y los ecosistemas prioritarios. 2.5. Gestión del territorio.
Integración de la biodiversidad en los sectores productivos	Promover actividades de manejo y producción sustentable que garanticen la permanencia de los recursos naturales y permitan la adopción de prácticas compatibles con la conservación	3.1. Integración de la biodiversidad en el sector agropecuario. 3.2. Integración de la biodiversidad en el sector pesquero–acuícola. 3.3. Integración de la biodiversidad en el sector forestal. 3.4. Temas transversales de los sectores agropecuario, pesquero-acuícola y forestal. 3.5. Otros sectores.
Educación y cultura ambiental	Impulsar conocimientos, valores, saberes y habilidades que fomenten la conservación de los recursos naturales y culturales.	4.1. Promoción de la identidad jalisciense vinculada con la diversidad biológica. 4.2. Educación y cultura para la sustentabilidad en el Sistema Educativo Estatal. 4.3. Educación y cultura para la sustentabilidad en la sociedad. 4.4. Comunicación y difusión de la biodiversidad. 4.5. Consumo informado y responsable.

Estrategia	Objetivo	Línea de acción
Gobernanza, marco legal e impartición de justicia	Ejercer las responsabilidades de los tres ámbitos de gobierno respecto a la conservación, restauración y uso sustentable de la biodiversidad, en coordinación con los diversos sectores de la sociedad	5.1. Formación y mejora de la gobernanza para la implementación de la EEB-Jal 5.2. Instrumentos legales 5.3. Cultura de la legalidad 5.4. Gestión y legislación municipal e intermunicipal

Cada una de las estrategias y líneas de acción a su vez están alineadas con los Objetivos del Desarrollo Sostenible y las Metas de Aichi para la biodiversidad biológica elaboradas por el Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO).

En el tema de conectividad, específicamente el Eje Estratégico 2 ‘Conservación, restauración y gestión del territorio’, dentro de la línea de acción 2.1 ‘Conservación en áreas protegidas y sitios voluntarios’, se identifican dos líneas de acción encaminadas a promover la conectividad:

2.1.6 Identificar y establecer corredores que aseguren la conectividad ecológica (corredores biológicos, cinturones verdes, red de parque urbanos, etcétera).

2.1.7. Promover la conectividad de ecosistemas para asegurar la continuidad de los procesos ecológicos.

2.1.11 Impulsar el reconocimiento de los cuerpos de agua como áreas de conectividad

Del mismo modo en el eje estratégico 4 ‘Atención a los factores de presión’, existen líneas acción que enmarcan la importancia de la conectividad como lo son las siguientes:

4.1.3. Desarrollar e implementar estrategias para evitar y disminuir los procesos de degradación y pérdida de ecosistemas, hábitat y conectividad.

Dentro de los mismos lineamientos de la EEB-Jal, ya se prioriza y establece como línea de trabajo el paisaje, como elemento de conservación para lograr los objetivos

planteados, lo que le da robustez a este análisis. Los apartados más importantes donde se menciona el paisaje como elemento importante en la estrategia se son los siguientes:

1.1.5 Fortalecer el conocimiento sobre especies, ecosistemas y paisajes prioritarios, integrando inventarios biológicos, estudios de vulnerabilidad y resiliencia, indicadores de salud, agrobiodiversidad, bioculturalidad y valor tradicional.

2.1.5 Hacer una evaluación estatal de las especies, paisajes y ecosistemas más importantes, con el fin de analizar vacíos de conservación, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático u otros factores de cambio global, e identificar sitios estratégicos.

2.2.4 Impulsar esquemas de conservación de regiones bioculturales como los Paisajes Bioculturales.

La revisión de este instrumento estratégico es fundamental, ya que muestra la situación actual de la biodiversidad en el estado y plantea el plan de acción en materia de conectividad para el año 2030.

Estrategia del Estado de Jalisco para la integración de la biodiversidad en los sectores Agropecuario, Pesquero- Acuícola y Forestal, visión 2020-2030 (IBP Jal).

Este instrumento es resultado de la cooperación entre el Gobierno de Jalisco y diversas organizaciones,⁷ cuyo fin es lograr el desarrollo sustentable de los sectores Agropecuario, Pesquero- Acuícola y Forestal, aunado a la conservación de la biodiversidad de sus ecosistemas, razón por la que se vincula con la EEB-Jal. A través de la articulación de este y otros instrumentos de política,⁸ se busca consolidar y orientar el trabajo interinstitucional de la SADER Jalisco y SEMADET, así como la colaboración con otros actores relevantes del Estado para la integración de la biodiversidad en los tres sectores.

⁷ La Agencia Alemana de Cooperación para el Desarrollo Sustentable (GIZ), la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI), del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania, junto con la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD).

⁸ Ley para la Acción ante el Cambio Climático del Estado de Jalisco (LACCEJ) y la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030.

De acuerdo con Curiel y Garibay (2017), en Jalisco, las fuerzas generadoras de amenazas a la biodiversidad son la densidad poblacional, el nivel de consumo (prosperidad medida como consumo per cápita), las tecnologías que sirven al consumo (incluye las estructuras sociales, políticas y económicas) así como la toma de decisiones sin visión al desarrollo sustentable y la desvalorización de la biodiversidad.

Como se muestra en la Tabla 40 cada una de estas fuerzas genera presiones en la biodiversidad las cuales pueden representar una amenaza para su funcionamiento o conservación.

Tabla 40. Principales presiones que amenazan a la biodiversidad de los sectores forestal, agropecuario y pesquero–acuícola Fuente: Tomado y modificado de (SEMADET, Estrategia Estatal sobre Biodiversidad de Jalisco 2030, 2020).

Fuerzas	Presiones	Manifestación de la amenaza	Magnitud
Densidad Poblacional	Cambio de uso de suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de hábitats, alteración de ciclos geohidrológicos. • Mayor incidencia de incendios. • Fragmentación y pérdida de conectividad. • Desplazamiento de especies silvestres. • Pérdida de especies endémicas. • Presencia de especies invasoras. • Pérdida de vigor genético. • Erosión, degradación física, biológica y química del suelo. 	Muy alta
	Especies invasoras	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de cadenas tróficas. • Disminución de la diversidad de especies. • Pérdida de renuevos y crías de especies locales. • Presencia de plagas y enfermedades. • Pérdida de la salud del ecosistema. • Hibridación 	Muy alta
	Ganadería extensiva en bosques	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de especies invasoras. • Desplazamiento de especies silvestres. • Compactación de suelos. • Disminución en la producción de biomasa. • Contaminación de agua y aire 	Alta
	Extracción excesiva de especies alimenticias	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de poblaciones. • Desaparición de especies. • Presencia de especies invasoras. 	Media
Tecnología	Uso del fuego	<ul style="list-style-type: none"> • Incendios forestales. • Bosques quemados. • Debilitamiento de especies. • Desplazamiento de la vida silvestre. • Introducción de especies invasoras. • Erosión de suelos. 	Alta

Fuerzas	Presiones	Manifestación de la amenaza	Magnitud
		<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones. • Deslizamiento de laderas. • Pérdida de resiliencia del ecosistema. 	
	Cultivos industriales	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de uso del suelo. • Pérdida de biodiversidad. • Degradación del suelo por erosión, degradación biológica, acidez. 	Alta
	Uso de pesticidas y fertilizantes	<ul style="list-style-type: none"> • Intoxicación de especies. • Eutrofización de cuerpos de agua. • Contaminación de agua y suelo. • Acidificación de suelos. • Alteración de cadenas tróficas. • Resistencia de plagas 	Alta
Práctica cultural y/o política	Preferencia de especies exóticas	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de especies nativas. • Presencia de especies invasoras. • Pérdida de cadenas tróficas. • Presencia de animales ferales. • Pérdida de identidad 	Muy Alta
	Desvalorización del patrimonio natural de la diversidad biológica	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de protección efectiva para la conservación de la biodiversidad. • Tala clandestina. • Tráfico de especies. • Cambio de uso de suelo. • Pérdida de patrimonio natural y cultural. 	Alta
	Reforestación sin planeación y evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción de especies invasoras. • Pérdida de cadenas tróficas. • Pérdida de renuevos 	Alta
	Cacería y pesca irresponsable	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de cadenas tróficas. • Alteración de poblaciones. • Pérdida de conectividad 	Alta
	Explotación excesiva de recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Deforestación. • Desertificación. • Cambio de poblaciones silvestres. • Alteración de cadenas tróficas 	Alta

La construcción de esta tabla se hace desde el enfoque del modelo teórico fuerzas motrices, un modelo recomendado por la Organización Mundial de la Salud y desarrollado por Corvalan, Kjellstrom, & Smith. (1999), el cual permite conceptualizar de manera apropiada elementos vinculados a las fuerzas motrices y presiones (amenazas) en el tema de biodiversidad. Para este modelo, la categoría de fuerzas motrices se entiende como las condiciones y los riesgos ambientales, económicos, tecnológicos, políticos, históricos o sociales que pueden desarrollarse o evitarse.

Desde una perspectiva de determinación social, las fuerzas motrices se derivan de los procesos de producción, distribución y consumo que se definen en una determinada sociedad. Al desarrollarse la fuerza motriz se generan diferentes

presiones sobre el ambiente y sus habitantes. Por otro lado, las presiones serán las fuerzas económicas y sociales que de manera explícita se aplican en un territorio concreto; generando dos tipos de presiones: antrópicas y naturales. Por lo tanto, de evitarse las fuerzas se reduce la amenaza a la biodiversidad.

Por lo anterior, se espera que para el año 2030, los tres sectores puedan integrar de forma efectiva y creciente el uso sustentable y la conservación de la biodiversidad en sus planes, programas y acciones, con el fin de garantizar las aportaciones de cada uno de estos tres sectores al desarrollo sustentable, la productividad y la seguridad alimentaria del Estado, contribuyendo, a su vez, al bienestar de la sociedad y a la conservación de los servicios ecosistémicos (SEMADET & SADER, 2020).

En este sentido, el instrumento propone las siguientes líneas estratégicas de acción, descritas en la Figura 72:

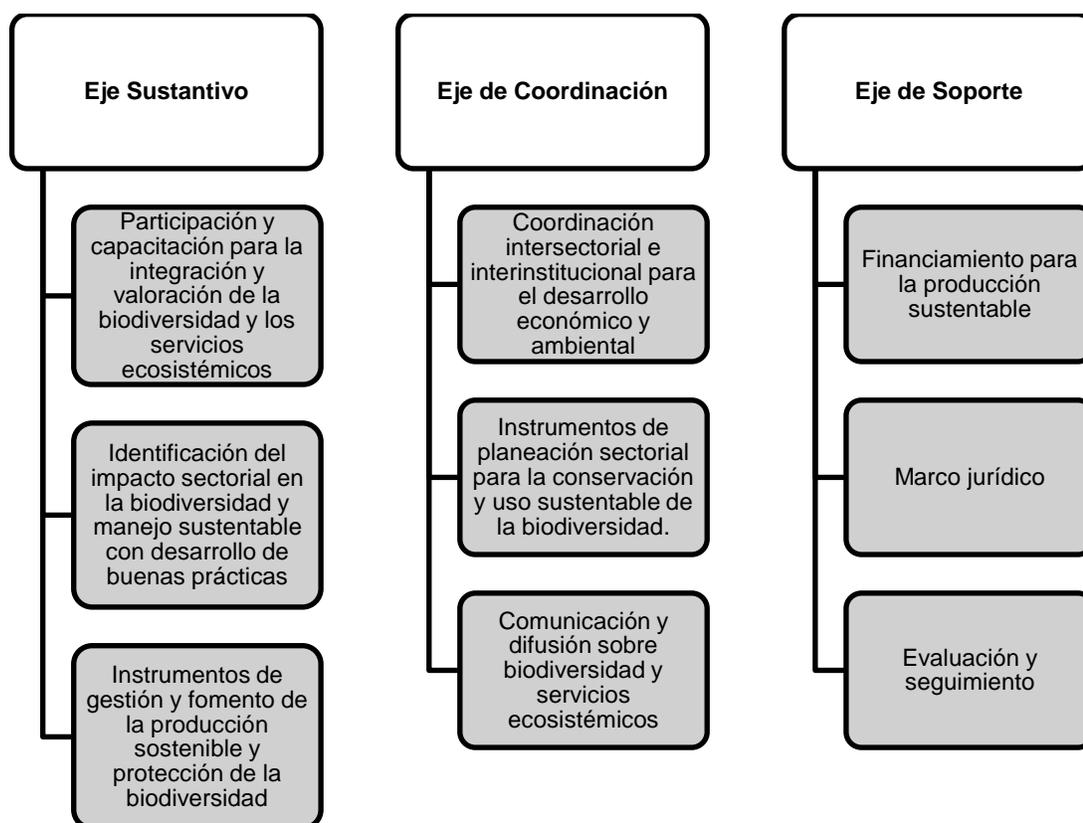


Figura 72. Líneas estratégicas. Fuente: Elaboración propia con base en la información de SEMADET & SADER (2020).

De acuerdo con la Figura 72, el primer eje de acción se refiere a las tareas centrales para lograr integrar la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad en cada uno de los tres sectores; el segundo eje de acción promueve la vinculación e interrelación de las diferentes instancias e instrumentos institucionales para facilitar la integración de la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad dentro y fuera de cada sector; finalmente, el tercer eje incluye las acciones y elementos requeridos para lograr el suministro de los insumos y la habilitación de atribuciones necesarias a nivel institucional para integrar la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad de manera efectiva (SEMADET & SADER, 2020).

En materia de conectividad, dentro del primer eje línea de acción 2 'Impacto sectorial en la biodiversidad y manejo sustentable' se establece como objetivo:

“Identificar el impacto sectorial en la biodiversidad y el manejo sustentable con el desarrollo y aplicación de buenas prácticas en las actividades productivas de cada uno de los sectores, a fin de contribuir en la disminución de tales impactos considerando el desarrollo tecnológico y las capacidades técnicas para cada uno de los sectores”.

La premisa de esta acción es que el desarrollo del sector agropecuario, pesquero-acuícola y forestal es fundamental para el desarrollo económico y bienestar de la población, sin embargo, dado los impactos y amenazas que cada uno representa para la conservación de la biodiversidad, se requiere de alternativas como el uso de tecnologías y capacidades técnicas disponibles para lograr un manejo sustentable y reducir su impacto.

Esta acción a su vez se vincula con la Ley para la Acción ante el Cambio Climático del Estado de Jalisco (LACCEJ) cuyo objetivo es asegurar que las acciones de adaptación y mitigación coadyuven al equilibrio de la biodiversidad, los ecosistemas y sus servicios a:

1. Proteger y mejorar la calidad de vida de la población
2. Orientar a las instituciones, el sector productivo y la sociedad civil hacia un desarrollo sustentable; así como contribuir a frenar los procesos de deterioro

ambiental en las áreas más vulnerables del Estado mediante la conservación de la biodiversidad, la protección y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, la conservación de suelos y la gestión integral de los recursos hidrológicos (EEIBS, 2020).

Las acciones de adaptación que prevé la LACCEJ en materia no solo conectividad sino de integración con los tres sectores está el establecimiento y conservación de áreas productoras de alimentos protegidas, con atención a la vocación natural del suelo, el mantenimiento de la conectividad biológica y la mejora en su conservación y aprovechamiento; el control de especies invasoras; el manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas y geosistemas, y sus servicios de aprovisionamiento y regulación; la adopción de prácticas sustentables de manejo y aseguramiento agrícola y pecuario, forestal y silvícola, por mencionar algunas (SEMADET & SADER, 2020).

Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional

Es un instrumento de referencia obligada para la elaboración de los instrumentos de planeación municipal y para cualquier proyecto o acción urbanística, agropecuaria, industrial, entre otros que se desarrollen en la región.

Para establecer los criterios integrales de ordenamiento territorial, ecológico y urbano, que permitan la armonización de actividades productivas, provisión de servicios ambientales, conservación de ecosistemas y dinámicas urbanas, a partir de la comprensión del impacto y la interconectividad de las actividades que ocurren en el territorio, este programa sigue un enfoque de cuenca. Este enfoque busca demostrar que la restauración y el manejo sustentable del ciclo hidrológico es responsabilidad de todos, zonas altas, medias y bajas; además se enfoca en las comunidades y habitantes de la cuenca, mediante el entendimiento de las realidades locales, para a través de ello, generar una gestión participativa e integrada (SEMADET, 2021).

La Región de Tapalpa presenta conflictos generados, principalmente, por la expansión urbana en forma de turismo campestre, así como la expansión de la agricultura intensiva, derivando en una grave pérdida de capital natural. La falta de

instrumentos legales que regulen de manera puntual el uso del suelo y el crecimiento urbano genera problemas que ponen en riesgo los elementos naturales que impulsan el desarrollo integral de la región. Además de los problemas de contaminación de agua por descargas a cielo abierto y por arrastre de agroquímicos, erosión del suelo por agricultura extensiva e invasión paisajística por la instalación de invernaderos de berries, cambios de uso de suelo y deforestación provocada por la expansión de cultivos como aguacate y, en menor medida para ganado, entre otras (SEMADET, 2021).

En este sentido, el programa define cuatro estrategias cuyas líneas de acción están encaminadas a lograr armonizar el ordenamiento territorial y ecológico, que permita normar, regular y fomentar el uso del suelo, así como las actividades productivas y el desarrollo urbano de la región. Estas estrategias se muestran en la Tabla 41.

Tabla 41. Orientación y acciones del POET 2020 para la Región de Tapalpa. Fuente: (SEMADET, 2021).

Orientación	Objetivo	Acción
Desarrollo económico sustentable	Su objetivo es lograr un desarrollo armónico de la productividad rural y agroindustrial que no ponga en riesgo los recursos naturales, priorizando el recurso hídrico, considerado elemento central en este instrumento.	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar un desarrollo sustentable del sector agropecuario • Mejorar la producción rural y agroindustrial • Promover el impulso de sistemas silvopastoriles en actividades agropecuarias, con el objetivo de reducir la pérdida de bosques y selvas • Promover el turismo ecológico y de bajo impacto.
Desarrollo urbano	Su objetivo es consolidar los centros de población, ordenando su expansión, integrar las localidades rurales dispersas y fragmentadas a un esquema incluyente de ordenamiento territorial, mejorando la calidad de vida de los habitantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Regular el crecimiento urbano disperso y desordenado, especialmente por la demanda de suelo para alojamiento temporal. • Dar mayor atención y dotar de infraestructura básica a las localidades dispersas. • Procurar un desarrollo municipal integral que armonice los procesos urbanos y agrarios. • Mejorar y actualizar la infraestructura vial.

Orientación	Objetivo	Acción
Desarrollo ambiental	Su objetivo es contribuir a un mejor manejo y administración de los recursos naturales, sin ejercer presión en bosques y selvas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Reforestar las partes altas de las cuencas y microcuencas, incrementando la infiltración y recarga de acuíferos ● Restaurar la cobertura de bosques y selvas que presentan degradación ● Promover la gestión y manejo adecuado de los recursos naturales, manteniendo e incrementando los servicios ambientales ● Promover un turismo ecológico, en el cual se prioriza el aprovechamiento sustentable.
Gobernanza	Su objetivo es mejorar la coordinación y competencias de los tres niveles de gobierno, priorizando el buen diagnóstico y actualización de los instrumentos de política pública en materia ambiental y urbana, fortaleciendo la capacidad del personal en los gobiernos locales.	<ul style="list-style-type: none"> ● Mejorar las capacidades del personal técnico en las distintas instituciones de los ayuntamientos ● Lograr una transversalidad y corresponsabilidad en la actuación pública-privada-social para armonizar los instrumentos de política ambiental-urbana y turística ● Formalizar acuerdos interinstitucionales gobierno municipal-participación ciudadana.

Unidades de Gestión Ambiental

Se trata de unidades de áreas mínimas a las cuales se les asigna una serie de lineamientos y estrategias ecológicas que ayuden a minimizar conflictos ambientales mientras se integra el consenso de los diferentes sectores productivos sobre la utilización del territorio (SEMADET, 2021).

Una de las primeras comparaciones sobre el manejo del territorio se hace entre las políticas de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) del Modelo de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Jalisco (MOET) (SEMADES, 2006), reformado por última vez en 2006, y el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional de Tapalpa (POET) (SEMADET, 2021), publicado en 2021. Esta primera comparación se hace con el objetivo de resaltar las diferencias entre dos políticas diseñadas a diferentes escalas, y la forma en que la conectividad es abordada en el instrumento más reciente.

El MOET analiza la región a dos escalas, intra-regional y extra-regional, entendiendo como intra-regional los procesos y estructuras que toman lugar dentro del territorio de la región y que la caracterizan; lo extra-regional, son agentes externos al territorio que tienen influencia sobre él. Específicamente, este ordenamiento considera como

fuerzas extra-territoriales a la globalización de los mercados y a la descentralización del Estado. Los elementos intra-regionales se dividen en: naturales, sociales y productivos, y el proceso histórico de la región (SEMADES, 2006).

Dentro del MOET, los municipios que comprenden el PST se dividen en dos regiones administrativas: Atemajac de Brizuela, Tapalpa y San Gabriel pertenecen a la Región Sur, y Chiquilistlán se encuentra dentro de la Región Sierra de Amula. Bajo este ordenamiento, en el PST conviven tres tipos de políticas:

- A. Aprovechamiento
- B. Conservación
- C. Protección.

Este ordenamiento está diseñado para el Estado de Jalisco y bajo esa escala se plantearon las estrategias de gestión del territorio.

El Paisaje Sierra de Tapalpa, definido en el POET, agrupa los cuatro municipios como territorios que comparten actividades productivas y problemáticas, y diseña sus estrategias para darles respuesta. Se divide el territorio en seis políticas distintas: tres de aprovechamiento, 1) forestal, 2) urbano y 3) agropecuario; y tres de conservación, 1) protección, 2) preservación y 3) restauración. El POET está diseñado a una escala espacial adaptada al territorio de la región y centra sus esfuerzos para atender las problemáticas detectadas a esta escala espacial.

Como se puede apreciar en la Figura 73, la que se muestra en la parte de abajo, el Ordenamiento Ecológico Estatal, de escala 1:250,000, que fue el rector de la política territorial durante casi dos décadas, quedó rebasado con el desarrollo y crecimiento de las actividades económicas en la región de los últimos 20 años, principalmente de agricultura protegida, la cual en el año 2006 no figuraba como una posible actividad que pudiera comprometer los servicios ambientales de la región.

Del mismo modo las Unidades de Gestión Ambiental planteadas para ese ordenamiento coinciden con el uso de suelo y vegetación del INEGI, más actualizado en esa fecha, dejando de lado elementos importantes como las

escorrentías y cuerpos de agua, que resultan de vital importancia para la conectividad.

A pesar de lo anterior, en el MOET ya se plasmaba, al menos territorialmente, un 80.9% del territorio con una política de conservación y protección, sin que ello garantizara que los criterios que propone fueran acatados por todos los actores de la región.

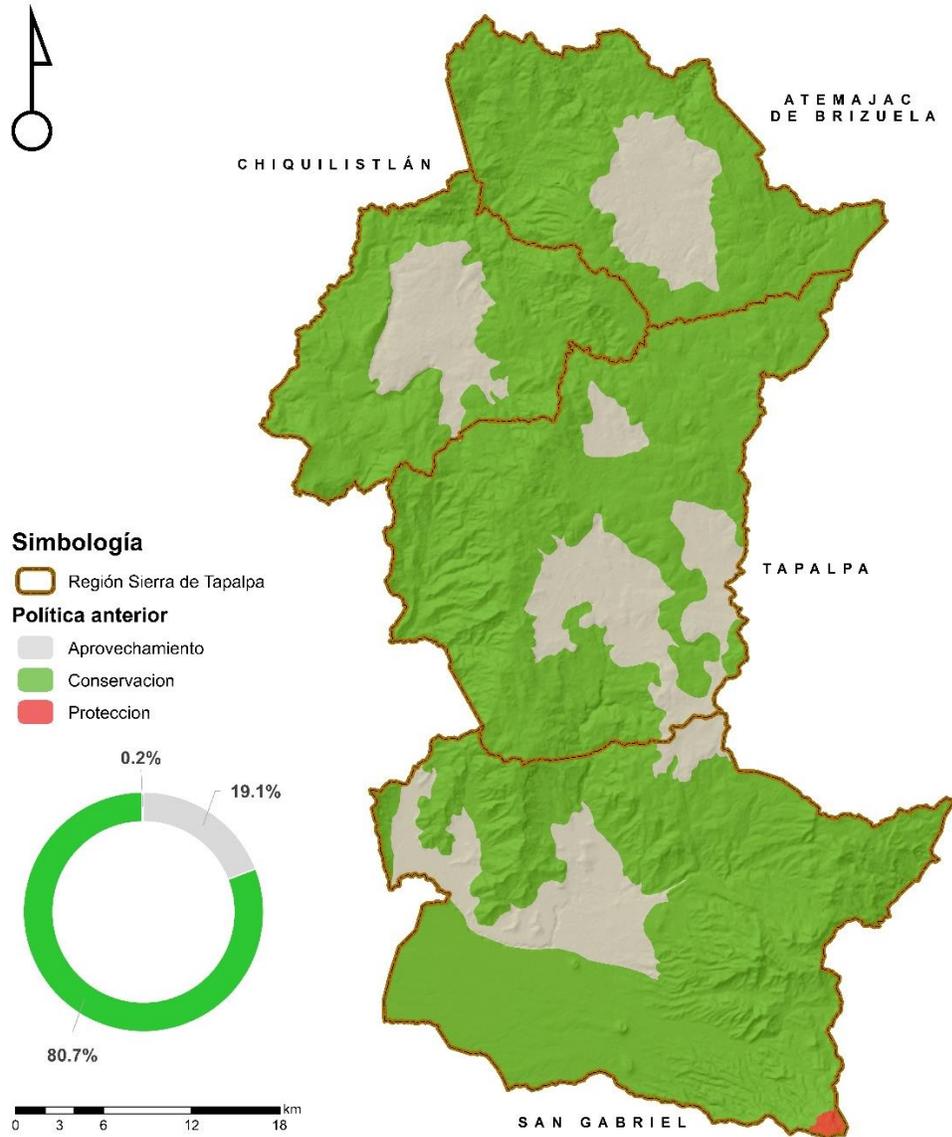


Figura 73. Políticas del territorio según el Modelo de Ordenamiento Ecológico del Estado de Jalisco (MOET) del 2006. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en el POET 2021, el Paisaje Sierra de Tapalpa cuenta con 40 UGAs distribuidas en los cuatro municipios. Las políticas que rigen el manejo del territorio se dividen en cuatro rubros: Protección, Preservación, Restauración y Aprovechamiento Sustentable⁹, esta última está vinculada a los usos de suelo que tienen más predominancia en el territorio. Estas políticas territoriales surgen como resultado del análisis comparativo y complementario entre Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y la Ley General de Asentamientos Humanos y Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU). En la Figura 74 se puede apreciar gráficamente las diferencias con el ordenamiento ecológico, en específico, se puede apreciar la diferente escala con la cual fueron diseñadas las UGAs.

⁹ La LEGEEPA en el artículo 3 fracción III señala como aprovechamiento sustentable la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

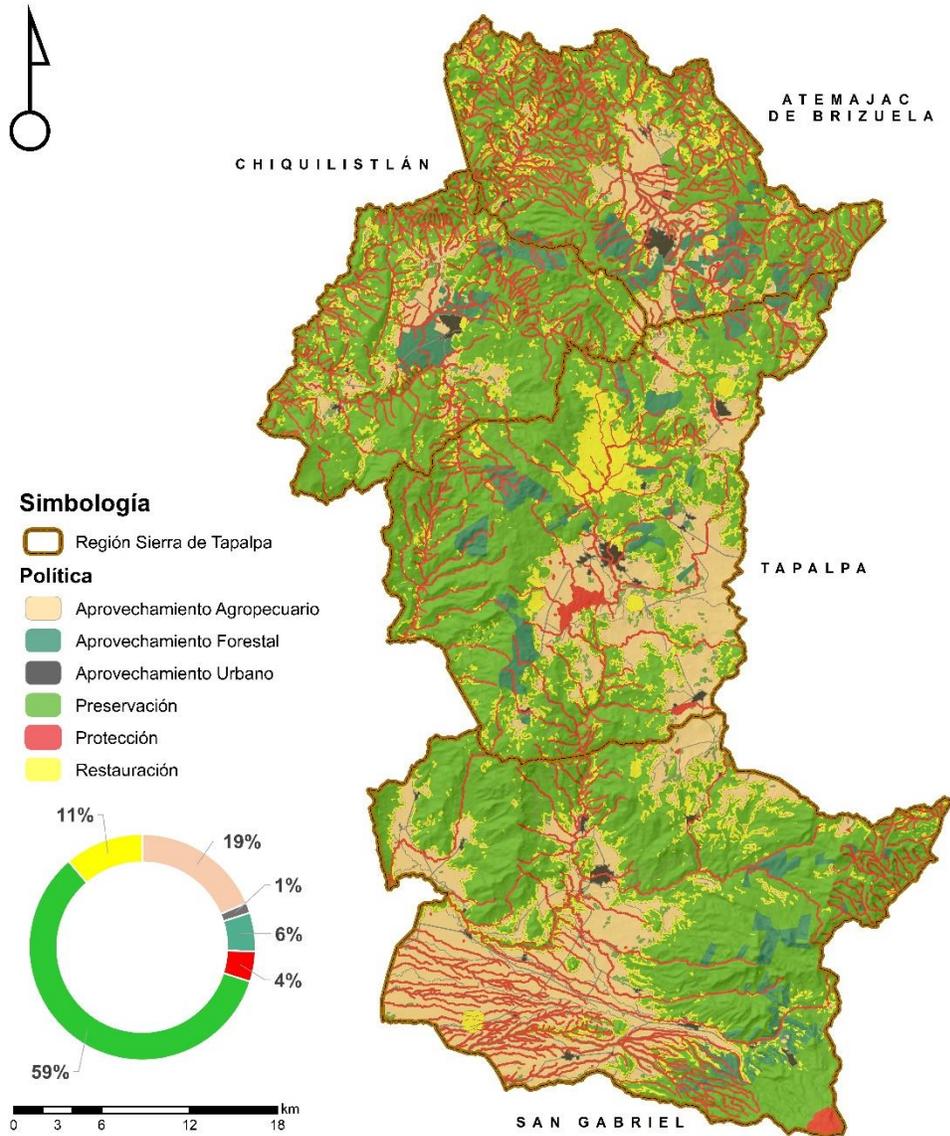


Figura 74. Políticas del territorio según el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Regional (POET). Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las políticas que más predominan en la región son las de Preservación, representando el 59% y la política de Aprovechamiento Sustentable con el 26%, seguidas de las políticas de Restauración (11%) y Protección (4%). Esta última es la política que menos territorio abarca.

Para efectos del análisis del POET y la integración del concepto de conectividad, se agruparon las seis políticas en dos grandes grupos para hacer visible territorialmente a las políticas que se consideran son conducentes para la

conectividad de la biodiversidad de las que no lo son. El primer grupo corresponde a las políticas de aprovechamientos Urbano y Agropecuario (Grupo A), mientras que el segundo agrupa las políticas de Preservación, Protección, Restauración y Aprovechamiento Forestal (Grupo B).

Una vez definidos estos grupos se hicieron dos mapas, el primero representa las políticas del Grupo A, las cuales se considera suponen una resistencia mayor a la conectividad; y el segundo expone al Grupo B, territorio que, según su política, promueve condiciones ambientales que pueden ayudar a la conectividad.

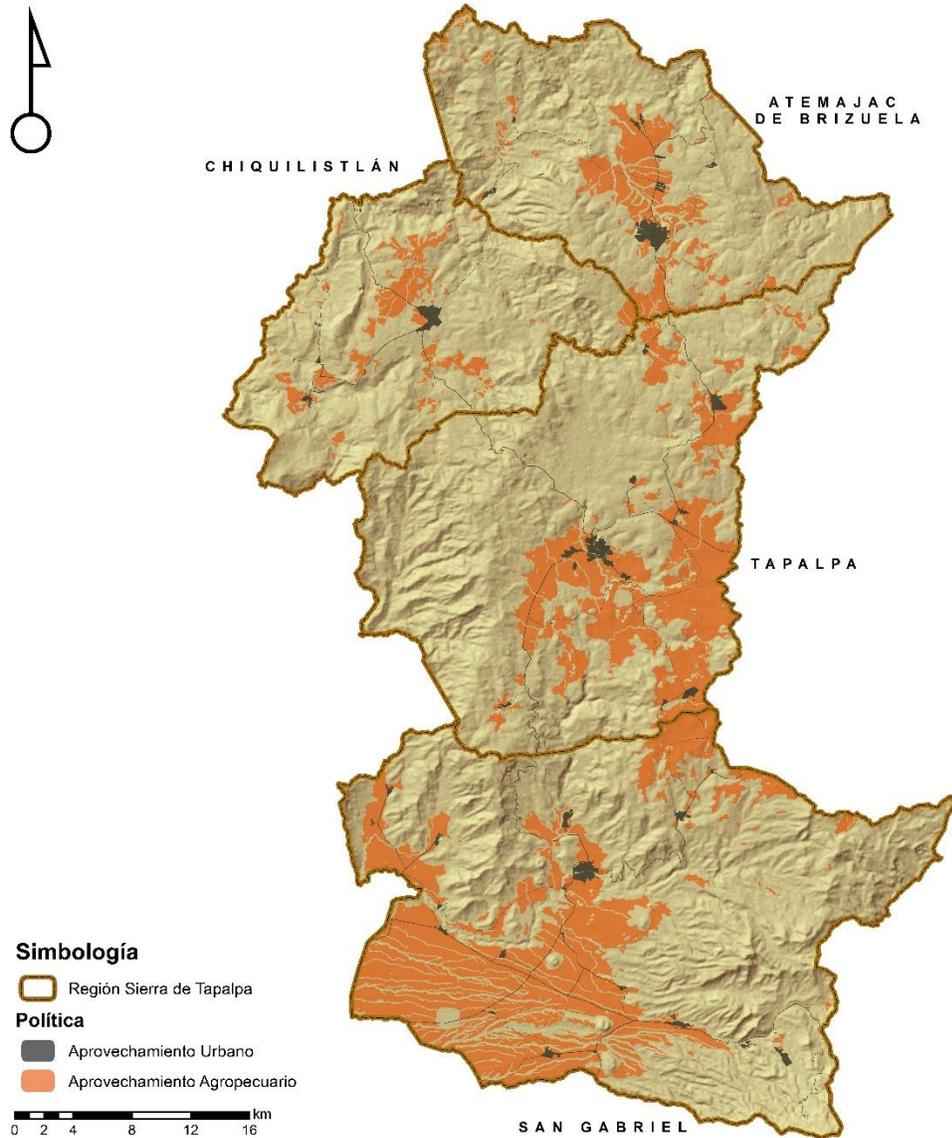


Figura 75. Grupo A: aprovechamientos urbano y agropecuario de la Región Tapalpa. Fuente: Elaboración propia con datos del Ordenamiento Territorial de la Región.

De acuerdo con la Figura 68, el 20% del territorio está relacionado a políticas de aprovechamientos Urbano y Agropecuario. San Gabriel es el municipio donde mayor extensión de superficie está bajo una política Aprovechamiento Agropecuario, con un 16.3% de su territorio abarcado.

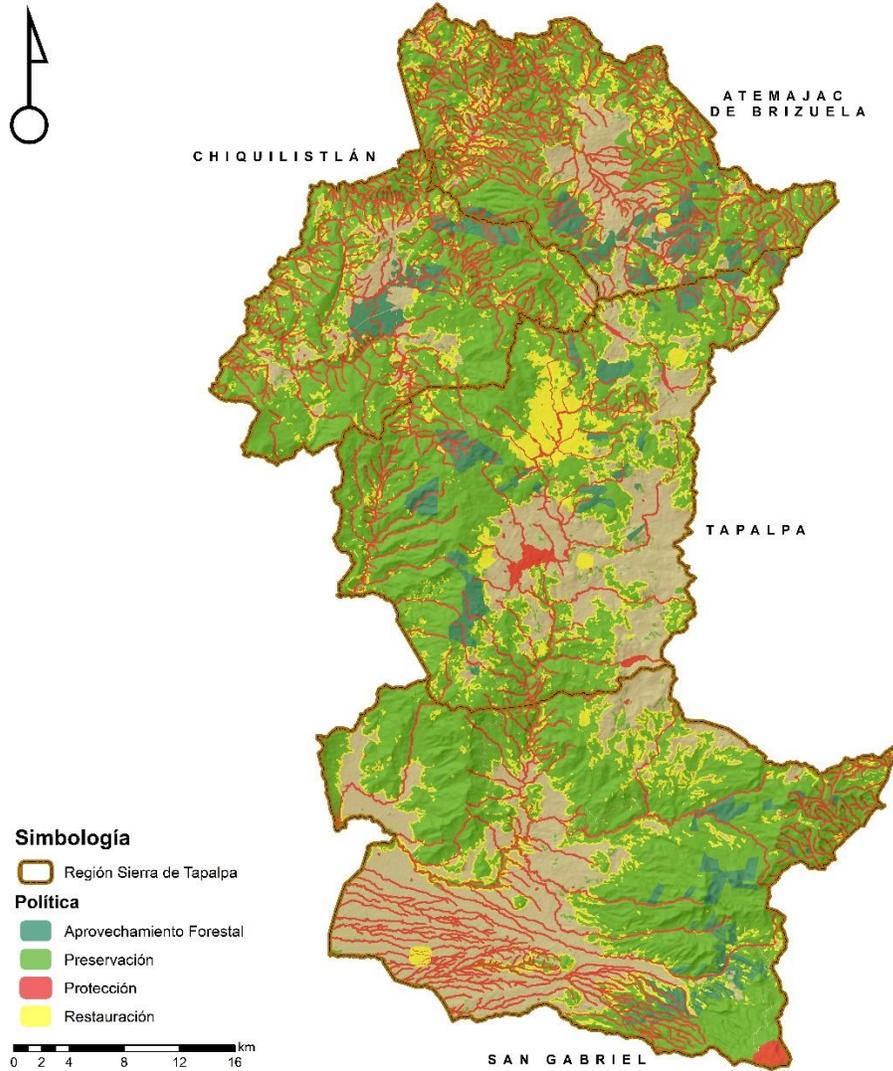


Figura 76. Grupo B: zonas de aprovechamiento forestal, preservación, protección y restauración de la Región Tapalpa. Fuente: Elaboración propia con información del Ordenamiento Territorial de la Región.

La comparación permite visualizar uno de los aspectos más obvios del POET: las superficies totales de las zonas de alta influencia de actividades humanas en contraste con el territorio que puede sostener condiciones que permitan el desarrollo de la biodiversidad y conectividad. La superficie que abarcan las zonas de aprovechamiento urbano y agropecuario representa un 20% del territorio. Las políticas de Aprovechamiento Forestal, Preservación, Protección y Restauración ocupan el 80% de la superficie total de la región.

Análisis comparativo

La sección anterior tuvo como principal propósito mostrar una revisión de los documentos regulatorios y marco de referencia de la política de planeación en el PST. En cada documento se identificaron objetivos, estrategias y líneas de acción diseñadas en materia de biodiversidad, actividades productivas y ordenamiento territorial. Este último permite comprender el plan de desarrollo en los próximos años en el PST e identificar áreas de oportunidad en materia de conservación.

Por lo anterior, en este apartado se analiza a detalle las estrategias ecológicas, territoriales y urbanas, así como los criterios ecológicos contenidos en el POET regional, con el objetivo de identificar la relación directa o indirecta que tienen con el tema de conectividad, dando como resultado un análisis comparativo.

Criterios de comparación con los lineamientos de la UICN

En este ejercicio los parámetros de referencia en la comparación de las estrategias y criterios ecológicos son los siguientes:

1. Objetivos principales de los lineamientos
2. Conectividad ecológica
3. Culturales y espirituales
4. Principios básicos para el establecimiento de corredores
5. Valores sociales y económicos

Estos parámetros se derivan de los lineamientos de la UICN (Hilty, y otros, Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos. Serie Directrices para buenas prácticas en áreas protegidas, 2021), que como ya se comentó son el marco de referencia para este proyecto y se presentan en la Tabla 42.

Tabla 42. Elementos de comparación y su descripción. Fuente: Elaboración propia.

Elemento de comparación	Descripción
Objetivos principales de los lineamientos	Consolidar el conocimiento y buenas prácticas que existen para apoyar los esfuerzos de lucha contra la fragmentación.
	Impulsar la aplicación de buenas prácticas para la protección de las redes ecológicas que mantienen, fortalecen y restauran la conectividad, tanto en sitios intactos como en sistemas dominados por el ser humano.

Elemento de comparación	Descripción
	Promover el reconocimiento formal de los corredores ecológicos con el fin de desarrollar redes de conservación para la conservación efectiva de la diversidad biológica.
Objetivo de conectividad ecológica	Intercambio genético.
	Movimiento de individuos para satisfacer las necesidades asociadas a los ciclos de vida, incluyendo migraciones.
	Provisión de hábitat para movimientos diarios a multigeneracionales.
	Mantenimiento de procesos ecológicos.
	Movimiento y respuestas de adaptación al cambio global, incluyendo al cambio climático.
	Recuperación y recolonización tras disturbios.
	Prevención de procesos no deseados, por ejemplo, la dispersión de incendios.
Objetivos culturales y espirituales	Contribución a las redes ecológicas para la conservación.
	Dependiendo de los objetivos de conservación de la red se pueden incluir diversos indicadores (genéticos, demográficos, comunitarios y ecosistémicos).
	Documentar los movimientos exitosos entre áreas protegidas (monitoreo).
	Evaluación de la contribución de los corredores ecológicos y la conectividad al desempeño de la red en comparación con áreas no conectadas.
Principios básicos de corredores ecológicos	Los corredores ecológicos no sustituyen a las áreas protegidas o a las OMEC, sino que deben complementarlas.
	Deben tener objetivos ecológicos específicos y ser manejados para obtener resultados de conectividad.
	Pueden atravesar áreas con manejo intensivo –por ejemplo, áreas agrícolas o bosques comerciales– siempre y cuando la superficie del corredor sea manejada explícitamente para promover la conectividad.
	Los corredores ecológicos deben diferenciarse de las áreas no designadas para los usos específicos que son prohibidos o permitidos al interior de ellos.
	Los corredores ecológicos requieren de planes de manejo (terrestres, dulceacuícolas o marinos), según sea el caso.
Valores sociales y económicos	Los corredores ecológicos pueden ofrecer co-beneficios de recreación, como senderismo.
	Los corredores como amortiguadores forestales o agrícolas pueden mejorar la calidad del agua y proteger a las comunidades del riesgo de inundación.
	Fortalecer el sentido de pertenencia o identidad (apego histórico de la comunidad).
	Los corredores ecológicos que cruzan áreas agrícolas pueden ser fuentes de polinizadores para los cultivos.
	En áreas de manejo forestal puede ser bancos de semillas y cortavientos

Para realizar un análisis más a fondo sobre las estrategias ecológicas, territoriales y urbanas planteadas en el POET (SEMADET, 2021, págs. 108-110) se analizarán de acuerdo a los temas en los que se dividen (Tabla 43).

Primero, se clasificaron las estrategias en dos categorías: aprovechamiento y conservación. La primera se refiere a aquellas estrategias que por su temática corresponden a actividades productivas y de aprovechamiento de recursos

naturales; la segunda categoría se trata de las estrategias que regulan las acciones enfocadas a la conservación de ecosistemas y sus servicios.

De acuerdo con la Tabla 43, en las estrategias del POET se identificaron 12 temáticas, en las cuales se dividen las 145 acciones estratégicas. De estos temas, 9 corresponden a la categoría de aprovechamiento mientras que 3 pertenecen a conservación.

Tabla 43. Temáticas de las estrategias del POET regional. Fuente: Elaboración propia con datos de SEMADET (2021).

Categoría	Tema dentro de POET
Aprovechamiento	<ul style="list-style-type: none"> ● Agrícola (Ag) ● Desarrollo regional (Dr) ● Energías renovables (Er) ● Infraestructura (I) ● Industriales (In) ● Pecuario (P) ● Riesgo (R) ● Turismo (T) ● Urbano (U)
Conservación	<ul style="list-style-type: none"> ● Conservación (C) ● Forestal (F) ● Agua (A)

De la misma manera, los usos de suelo (SEMADET, 2021, pág. 111) también se clasificaron de acuerdo a la lógica con la que se trató a las estrategias ecológicas, territoriales y urbanas, se dividieron en dos grupos, de aprovechamiento y de conservación. De esta manera, se determinó que 10 corresponden a la categoría de aprovechamiento y 3 se clasifican como de conservación, como se muestra en la Tabla 44. De estos usos de suelo se desprenden los 462 criterios de regulación ecológica del POET.

Tabla 44. Usos de suelo del POET regional. Fuente: Elaboración propia con datos de SEMADET (2021).

Categoría	Zonificación dentro de POET
Aprovechamiento	<ul style="list-style-type: none"> ● Actividades Acuícolas (Ac) ● Actividades Extractivas (AE) ● Actividades Agrícolas (Ag) ● Asentamientos Humanos (Ah) ● Energía (E) ● Infraestructura (If) ● Industriales (In) ● Pecuario (P) ● Riesgo (R) ● Turismo (T)
Conservación	<ul style="list-style-type: none"> ● Conservación (Co) ● Forestal (Fo) ● Hídrico (H)

Por último, se analizó y clasificó cada una de las acciones estratégicas y criterios en dos grupos: directos e indirectos. Se consideraron como directos a aquellas estrategias y criterios alineados con los conceptos de la UICN mostrados en la Tabla 42, mientras que la clasificación de indirectos corresponde a aquellas acciones y criterios que no guarda relación con los parámetros de referencia establecidos pero que de igual forma influyen en las condiciones de conectividad.

Tabla 45. Clasificación de las acciones y criterios del POET. Fuente: Elaboración propia.

Clasificación	Definición
Directos	Se encontró relación con uno o más parámetros de comparación.
Indirectos	No se encontró relación con los parámetros de comparación en el tema conectividad.

Análisis comparativo de acciones estratégicas con los lineamientos de la UICN

El Gráfico 4 muestra la clasificación de las 145 estrategias ecológicas, territoriales y urbanas: el 57.9% están relacionadas de forma directa con los parámetros establecidos en materia de conectividad, mientras que el 42.1% de las acciones restantes se relacionan de manera indirecta. Lo anterior indica que de forma explícita e implícita el tema de la conectividad se encuentra contemplado dentro de las propuestas de las líneas de acción de estas estrategias. Esto además pone en evidencia el interés que se tiene por la integración de los diferentes aspectos que engloban la preservación y protección de la biodiversidad.

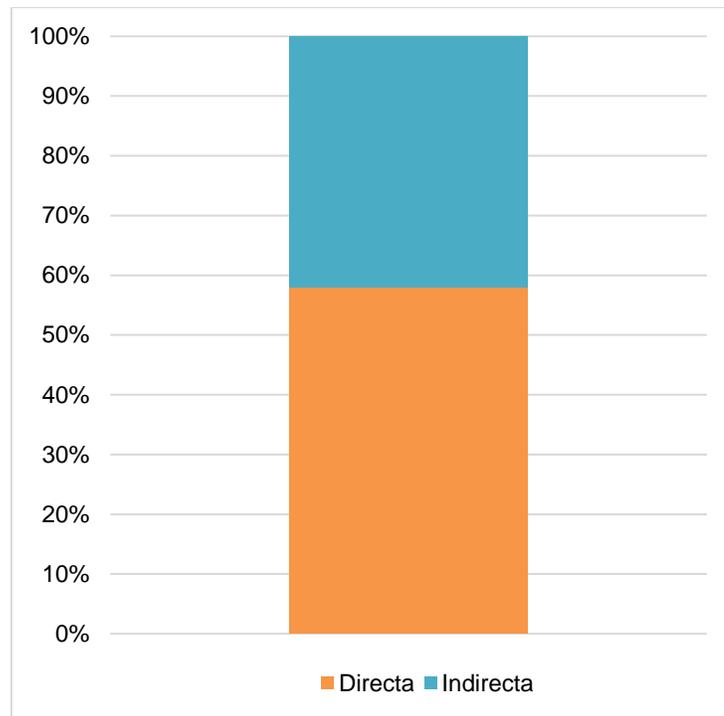


Gráfico 4. Estrategias ecológicas, territoriales y urbanas y su relación con la conectividad. Fuente: elaboración propia con datos de (SEMADET, 2021).

Sobre esa misma línea, las principales propuestas de esta estrategia van enfocadas a la adopción de buenas prácticas en las actividades productivas principales de la región, contribuyendo a la construcción de capacidades para gestionarlas de manera eficaz, equitativa y sostenible. Además de incentivar mecanismos para reducir los riesgos futuros que se puedan presentar por su ejecución. Añadiendo, además, el priorizar los valores culturales para poder implementar un sistema de prácticas sustentables que establezcan un correcto equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad, permitiendo con ello que exista el libre flujo de especies y procesos de las redes ecológicas de los ecosistemas.

Por otro lado, las estrategias proponen el monitoreo de las actividades antropogénicas que se practican y que se consideren como factores que puedan alterar los hábitats, para que mediante sus planes de manejo se lleven a cabo las compensaciones y restauraciones pertinentes para preservar las especies y que no se ponga en riesgo la biodiversidad y la conectividad. Todo esto mediante la incorporación de mecanismos que ayuden a las prácticas productivas a integrar como prioridad la conservación de las condiciones que favorecen la biodiversidad.

El Gráfico 4 se desprende de los datos expuestos en la Tabla 46. Las estrategias que cuentan con el mayor número de acciones directamente asociadas a la conectividad son la estrategia de protección, conservación y aprovechamiento forestal sustentable (F1) y la estrategia de conservación de la biodiversidad (C2). Se observa también que las acciones estratégicas encaminadas al turismo cultural e histórico, equipamiento regional, energías renovables y gestión integral del riesgo se relacionan de manera indirecta con la conectividad y la biodiversidad.

Tabla 46. Estrategias ecológicas, territoriales y urbanas y su relación con el concepto de conectividad.
Fuente: Elaboración propia.

Clave	Estrategia	Acciones	Directas	Indirectas
A1	Manejo de cuencas	8	8	0
A2	Calidad del agua	6	3	3
A3	Gestión del agua subterránea	5	2	3
Ag1	Buenas prácticas agrícolas	8	3	5
Ag2	Control de agroquímicos y control biológico	6	6	0
Ag3	Promoción y protección de las actividades agrícolas	4	4	0
Ag6	Sistemas silvopastoriles	4	4	0
Ag7	Uso responsable del agua	5	4	1
Ag8	Agricultura ecosistémica	4	4	0
C1	Participación social	2	1	1
C2	Conservación de la biodiversidad	10	7	3
C3	Sostenibilidad del Patrimonio Cultural	4	1	3
D3	Equipamiento regional	1	0	1
Er	Uso de energías renovables	3	0	3
F1	Protección, conservación y aprovechamiento forestal sustentable	11	10	1
In1	Industria responsable	5	2	3
I1	Gestión de residuos	4	2	2
I2	Desarrollo de infraestructura hídrica	4	2	2
I3	Infraestructura regional	3	0	3
P1	Prácticas sustentables ganaderas	3	3	0
P2	Regularización de las actividades ganaderas	5	3	2
P3	Manejo de pastizales	2	2	0
P4	Sistemas silvopastoriles	2	1	1
R1	Prevención de incendios	5	3	2
R2	Gestión integral del riesgo de desastre	5	0	5
T1	Turismo cultural e histórico	9	0	9
T2	Turismo Alternativo	5	4	1
U1	Consolidación urbana	8	4	4
U2	Movilidad integral	4	1	3
Total		145	84	61

El Gráfico 5 muestra las 12 temáticas en las que se dividen las estrategias: 10 de los temas contienen acciones relacionadas de forma directa e indirecta con los parámetros de referencia en materia de conectividad; y dos temáticas solamente se relacionan de manera indirecta.

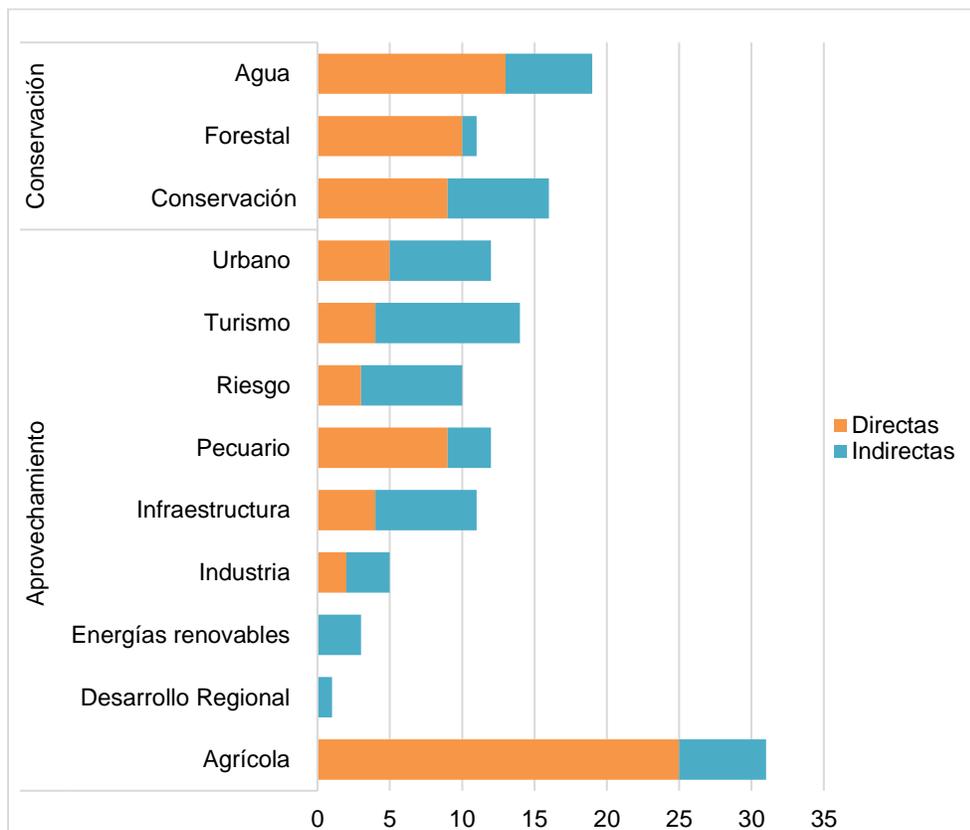


Gráfico 5. Estrategias ecológicas, territoriales y urbanas y su relación con la conectividad. Fuente: elaboración propia con datos de (SEMADET, 2021).

Del total de las 145 acciones, 99 pertenecen a la categoría de ‘Aprovechamiento’ y 46, a la categoría de ‘Conservación’.

De las 46 acciones estratégicas que contiene la categoría de ‘Conservación’ – definida en la Tabla 42 y que contiene las temáticas Agua, Forestal y Conservación– el 69.6% están relacionados de forma directa con los parámetros conectividad; el otro 30.4% se relacionan de manera indirecta con los conceptos de la Tabla 38. La temática Agua contiene el mayor número de acciones estratégicas de la categoría ‘Conservación’.

Ahora bien, en términos porcentuales se debe añadir que, el 90.9% de las acciones contenidas en el tema Forestal tiene una relación directa con los parámetros de referencia; seguido del tema Agua con el 68.4%; y finalmente ‘Conservación’, con 56.3% de acciones con relación directa.

Por otro lado, en la categoría de ‘Aprovechamiento’ se tiene un total de 99 acciones estratégicas donde el 52.5% se relacionan de forma directa mientras que el 47.5% se determinó eran indirectos. En esta categoría se cuenta con un total de 10 temáticas de los cuales destacan Turismo y Asentamientos Humanos por ser las categorías con mayor número de acciones estratégicas.

En relación con los temas, cuyas acciones presentan una relación directa con la conectividad en esta categoría, se identifican dos:

- El tema Agrícola con poco más del 80% de las acciones contenidas
- El 75% de las acciones del tema Pecuario se consideran de relación directa.

Las estrategias de Energías Renovables y Desarrollo Regional no presentan relación directa con los parámetros de referencia.

Análisis comparativo de criterios ecológicos con lineamientos de conectividad

La revisión del POET reveló un número de 462 criterios ecológicos, los cuales, al igual que las acciones estratégicas, se compararon con los parámetros definidos en la Tabla 42, para determinar si se relacionan de manera directa o indirecta con los conceptos definidos por la UICN para la conservación de la conectividad y la biodiversidad.

En términos porcentuales, se encontró que el 71.6% de estos criterios ecológicos tiene una relación directa con los parámetros de referencia definidos, mientras que el 28.4% se relacionan de manera indirecta (Gráfico 6).

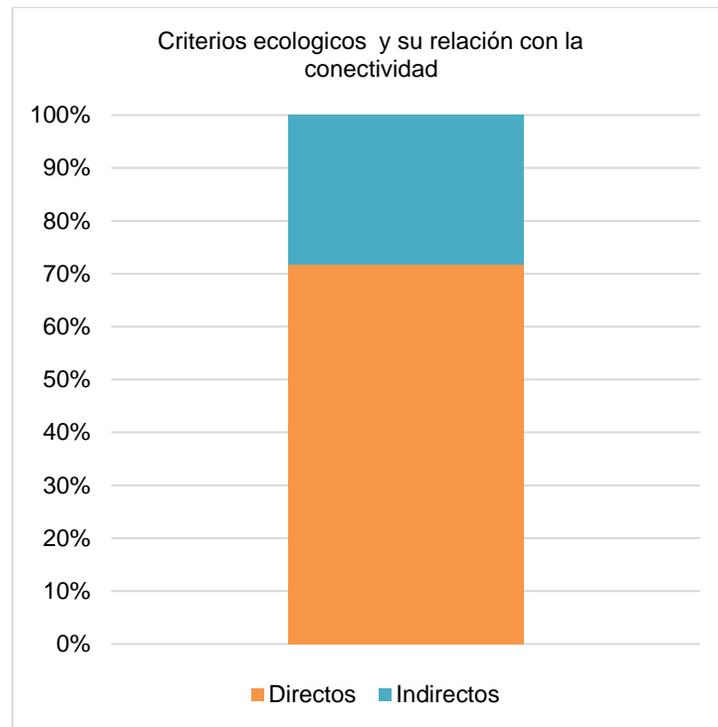


Gráfico 6. Criterios ecológicos y la relación con los parámetros de referencia en materia de conectividad. Fuente elaboración propia con datos de (SEMADET, 2021).

El ejercicio de comparación se resume en la Tabla 47, en la que se clasifican los criterios de cada uso de suelo en directos o indirectos.

Tabla 47. Identificación de criterios propuestos en el POET que abonan a la conectividad. Fuente: Elaboración propia.

Criterios ecológicos	Criterios	Directos	Indirectos
Actividades Acuícolas (AC)	26	16	10
Actividades Extractivas (AE)	10	0	10
Actividades Agrícolas (AG)	37	29	8
Asentamientos Humanos (Ah)	71	38	33
Conservación (CO)	56	52	4
Energía	4	2	2
Forestal (FO)	57	53	4
Hídrico (H)	11	5	6
Infraestructura (IF)	38	25	13
Industriales (In)	30	18	12
Pecuario (P)	36	34	2
Riesgo (R)	15	7	8
Turismo (T)	71	52	19
Total	462	331	131

Posteriormente se presentan los resultados de dos formas:

- La Tabla 48 es un resumen, donde se presentan las 'Id' de los criterios directa e indirectamente relacionados a la conectividad de cada uso de suelo en los que se dividen los criterios.
- En el Anexo 10. Resumen de criterios ecológicos relacionados en zonificaciones de aprovechamiento, se presentan las descripciones de los criterios que ayudan a la conservación de la conectividad directamente.

Tabla 48. Criterios ecológicos del POET y su tipo de relación con la conectividad. Fuente: Elaboración propia con datos de SEMADET (2021).

	Zonificación	Totalidad de criterios	Criterios con relación directa	Criterios con relación indirecta
A p r o v e c h a m i e n t o	Actividades Acuícolas (AC)	26	AC1, AC2, AC3, AC4, AC13, AC14, AC15, AC16, AC17, AC18, AC19, AC20, AC21, AC23, AC25, AC26.	AC5, AC6, AC7, AC8, AC9, AC10, AC11, AC12, AC22, AC24
	Actividades Extractivas (AE)	10	-	AEX1, AEX2, AEX3, AEX4, AEX5, AEX6, AEX7, AEX8, AEX9, AEX10
	Actividades Agrícolas (AG)	37	AG1, AG2, AG5, AG6, AG7, AG8, AG9, AG10, AG11, AG12, AG13, AG14, AG15, AG16, AG17, AG18, AG19, AG20, AG21, AG22, AG23, AG24, AG25, AG26, AG28, AG29, AG30, AG31, AG37.	AG3, AG4, AG27, AG32, AG33, AG34, AG35, AG36
	Asentamientos Humanos (Ah)	71	AH3, AH4, AH6, AH9, AH10, AH11, AH12, AH13, AH14, AH17, AH18, AH19, AH20, AH21, AH22, AH23, AH24, AH25, AH26, AH27, AH30, AH31, AH33, AH34, AH35, AH36, AH37, AH38, AH39, AH47, AH50, AH51, AH53, AH59, AH60, AH69, AH70, AH71.	AH1, AH2, AH5, AH7, AH8, AH15, AH16, AH28, AH29, AH32, AH40, AH41, AH42, AH43, AH44, AH45, AH46, AH48, AH49, AH52, AH54, AH55, AH56, AH57, AH58, AH61, AH62, AH63, AH64, AH65, AH66, AH67, AH68
	Energía	4	E2, E3	E1, E4
	Infraestructura (IF)	30	IF1, IF2, IF5, IF9, IF10, IF12, IF13, IF15, IF16, IF18, IF19, IF20, IF23, IF24, IF25, IF26, IF27, IF28, IF29, IF30, IF31, IF33, IF34, IF36, IF37.	IF3, IF4, IF6, IF7, IF8, IF11, IF14, IF17, IF21, IF22, IF32, IF35, IF38

	Zonificación	Totalidad de criterios	Criterios con relación directa	Criterios con relación indirecta
	Industriales (IN)	38	IN1, IN2, IN3, IN4, IN6, IN7, IN8, IN9, IN10, IN13, IN16, IN17, IN18, IN20, IN22, IN23, IN26, IN30.	IN5, IN11, IN12, IN14, IN15, IN19, IN21, IN24, IN25, IN27, IN28, IN29
	Pecuario (P)	36	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36.	P28, P29
	Riesgo (R)	15	R1, R3, R4, R6, R7, R8, R11,	R2, R5, R9, R10, R12, R13, R14, R15
	Turismo (T)	71	T2, T3, T4, T7, T8, T10, T12, T14, T15, T16, T17, T20, T21, T22, T23, T24, T25, T26, T28, T29, T31, T32, T33, T35, T37, T38, T39, T41, T42, T43, T44, T45, T46, T48, T50, T51, T53, T54, T55, T57, T58, T60, T61, T62, T63, T64, T65, T67, T68, T69, T70, T71.	T1, T5, T6, T9, T11, T13, T18, T19, T27, T30, T34, T36, T40, T47, T49, T52, T56, T59, T66
C o n s e r v a c i ó n	Conservación (CO)	56	CO1, CO2, CO3, CO4, CO5, CO6, CO7, CO8, CO9, CO10, CO11, CO12, CO14, CO15, CO16, CO17, CO18, CO19, CO20, CO21, CO22, CO23, CO24, CO25, CO26, CO28, CO29, CO30, CO31, CO32, CO33, CO34, CO35, CO36, CO37, CO38, CO39, CO40, CO41, CO43, CO44, CO45, CO46, CO47, CO48, CO49, CO50, CO51, CO52, CO54, CO55, CO56.	CO13, CO27, CO42, CO53
	Forestal (FO)	57	FO1,FO2,FO3,FO4,FO5,FO6, FO7,FO8,FO9,FO10,FO11,FO12,FO13,FO14,FO15,FO16,FO17,FO18,FO19,FO20,FO21, FO22,FO23,FO24,FO25,FO29,FO30,FO31,FO33,FO34,FO35,FO36,FO37,FO38,FO39,FO40,FO41,FO42,FO43,FO44,FO45,FO46,FO47,FO48,FO49, FO50,FO51,FO52,FO53,FO54,FO55,FO56,FO57,	FO26, FO27, FO28, FO32
	Hídrico (H)	11	H2, H6, H7, H8, H11.	H1, H3, H4, H5, H9, H10

Posteriormente, los criterios, divididos por usos de suelo, se clasificaron según su relación directa o indirecta con los parámetros de conectividad de la UICN. Los resultados se muestran en el Gráfico 7.

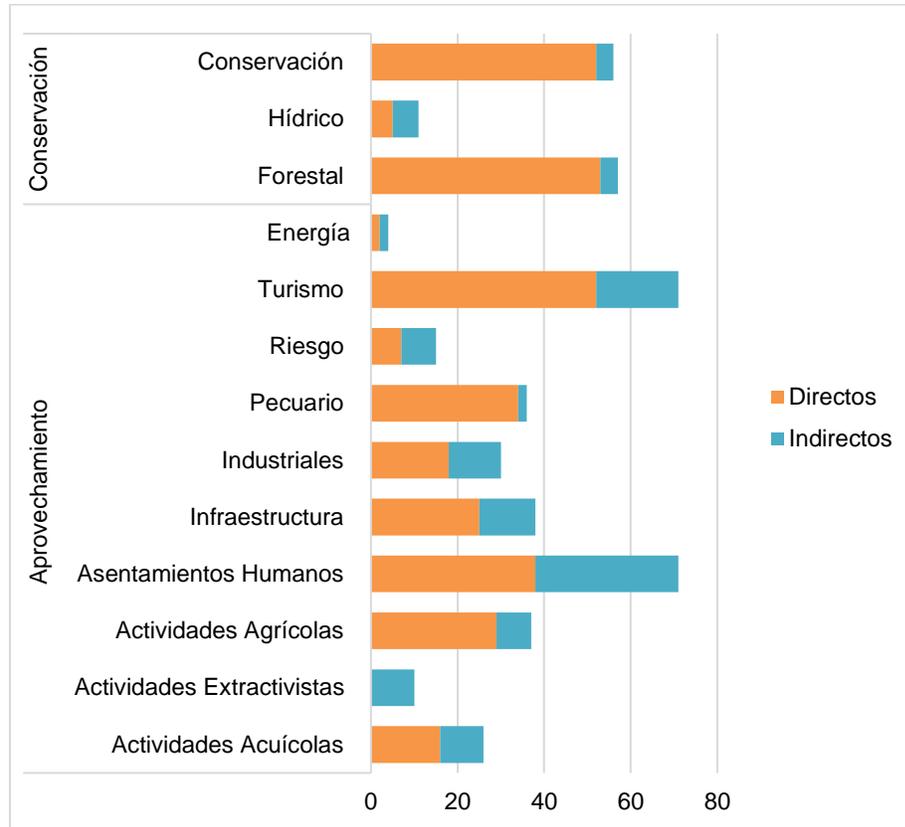


Gráfico 7. Criterios de regulación ecológica y su relación con la conectividad. Fuente elaboración propia con datos de SEMADET (2021).

En el Gráfico 7 se puede observar que, de los 13 usos de suelo, 12 están relacionadas de forma directa e indirecta con los parámetros de referencia establecidos en materia de conectividad, y uno de ellos, las actividades extractivas, solamente se relaciona de manera indirecta.

La categoría de 'Aprovechamiento' cuenta con el mayor número de criterios, con un total de 338, que representan el 73.2% del número total de criterios del POET; la categoría de 'Conservación' contiene 124 que representan el 26.8%.

De manera general en la categoría de 'Conservación' el 88.7% de los criterios están relacionados de forma directa con uno o más parámetros de referencia en materia de conectividad, mientras que el 11.3% son indirectos. Esta categoría se integra por tres temas: Conservación, Hídrico y Forestal. Este último contiene el mayor número de criterios, seguido del de Conservación.

Ahora bien, en términos porcentuales se debe añadir que, el 93% de los criterios del tema Forestal tiene una relación directa con los parámetros de referencia, seguida de la zonificación de conservación con el 92.9% de criterios con relación directa y finalmente la zonificación hídrica con 45.5% de acciones con relación directa.

Por otro lado, en la categoría de aprovechamiento se tiene un total de 338 criterios donde el 65.4% son directos y el 34.6% son indirectos. En esta categoría se cuenta con un total de 10 tipos de zonificación de los cuales destacan el Turismo y Asentamientos Humanos por ser las categorías con mayor número de criterios ecológicos.

Los usos de suelo cuyas acciones presentan una relación directa con la conectividad en esta categoría, se identifican tres:

- Pecuario con poco más del 94%
- Agrícola con el 78.4%
- Turismo con el 71.6%

Finalmente, en esta categoría se determinó que los criterios del uso de suelo en Actividades Extractivas no presentan relación directa con los parámetros de referencia.

De forma general, los criterios ecológicos consideran acciones de regulación, tanto normativa como de las principales actividades productivas dentro de la región, para garantizar que no se altere el libre movimiento de las especies y de los procesos naturales de los ecosistemas, sumando además las acciones propuestas que están encaminadas a contrarrestar las principales amenazas de la conectividad: los asentamientos humanos incontrolados, el sobrepastoreo, los incendios, la fragmentación del paisaje, la mala calidad del agua, la deforestación, entre otras.

Se plantea, además, que las obras que se lleven a cabo mediante sus planes de manejo garanticen la conservación de especies endémicas fuera de su hábitat, así como también tienen la obligación de crear proyectos de restauración y recuperación de espacios perturbados, para compensar los efectos causados en el

ecosistema, sin olvidarse del monitoreo continuo y evaluación de dichas obras y acciones que se desarrollen dentro de la región. Así también, se proponen actividades de bajo impacto mediante un turismo sustentable para que exista un equilibrio entre el sector económico y la conservación de los recursos naturales. Sobre esa línea, igualmente, se consideran acciones que encaminen el principal objetivo de la conectividad, que es el de crear las medidas necesarias para una adaptación efectiva al cambio climático.

Considerando que la región cuenta con características ambientales que le han permitido sostener actividades productivas que aprovechan sus riquezas naturales y que estas actividades productivas se han intensificado y cambiado radicalmente en los últimos años, lo que ha generado alteraciones en el paisaje que son evidentes para quienes habitan el territorio, es importante que el POET contemple criterios que obliguen a realizar acciones en materia de preservación y conservación, regular las actividades productivas cuando estas se ubiquen en zonas factibles para su desarrollo, y prohibir actividades en zonas de alto valor ambiental.

Así mismo, abarcando los ámbitos como el fortalecimiento y desarrollo de conocimientos dentro de los distintos sectores de la sociedad, para inferir la valoración y conservación de la biodiversidad, lo cual se considera indispensable para propiciar la conectividad.

Anexo 4. Fichas de las entrevistas llevadas a cabo entre el 3 y el 8 de noviembre con actores locales

Como parte de las actividades que se llevaron a cabo para evaluar la conectividad de la región se consideró importante realizar una serie de entrevistas a personas que representen organizaciones o instituciones que llevan a cabo actividades productivas o están involucradas en la investigación, conservación o restauración de la biodiversidad de la región. La información que este tipo de actores ha generado a lo largo del desarrollo de sus actividades, se considera de suma importancia para abonar al análisis de conectividad

Primera visita

Se planeó la primera visita como un acercamiento a los actores que contribuyan o generen información relativa a la biodiversidad y conectividad de la zona; en esta primera aproximación, se busca un perfil de actor especializado en estos temas. Se espera que la información recopilada en estas entrevistas ayude a corroborar, desmentir y/o añadir a los datos recabados con anterioridad en el trabajo de escritorio.

Selección de los actores a entrevistar

La primera visita consiste en un acercamiento a actores de la región que ayuden a complementar el trabajo de escritorio previo que se llevó a cabo. Estos actores fueron identificados gracias a investigación previa realizada en la región, en especial al “Análisis Situacional de la Sierra de Tapalpa” (LandScale, 2021) y al mapeo de actores que se llevó a cabo durante el análisis.

Los actores se seleccionaron según los siguientes criterios:

- 1 Que estén involucrados activamente en temas de biodiversidad
- 2 Que tengan conocimiento de las condiciones ambientales de la zona

- 3 Que haya generado o financiado investigación o proyectos relacionados a biodiversidad o conectividad de la zona
- 4 Que trabajen en temas de conservación o restauración en la zona.

La revisión del mapa de actores arrojó una lista de entrevistados potenciales que fue rebotada con el equipo de LandScale, quienes ayudaron a definir de qué forma cada una de las personas podría contribuir al análisis. Al final, la lista de los actores contactados para entrevistar quedó como se presenta en la Tabla 49.

Tabla 49. Actores seleccionados para las entrevistas sobre temas de biodiversidad y conectividad.
Fuente: Elaboración propia.

Nombre	Actividad o sector	Lugar de la entrevista	Razones por las cuales se entrevista
Ing. Javier Sampayo Lazcano	Director de Sierra de Quila	Tecolotlán	- La ANP es una de las áreas de interés del análisis. La información recabada y generada sobre la biodiversidad y conectividad de la zona se tratan de insumos valiosos para la consultoría. El conocimiento de quienes operan y manejan el área ayudará a enriquecer la evaluación.
M.E.I. Judith Dayana Pruneda Ríos	Directora JIDELAA	Juchitlán	- Se espera enriquecer el análisis con miembros de la junta que conozcan y trabajen en el territorio, en campo, con temas de biodiversidad y conectividad. Esta información puede ayudar a corroborar o desmentir la información recabada en la bibliografía. Tres de los cuatro municipios de la Región Tapalpa forman parte de la JIDELAA.
Jorge Howard Biol. Eliezer Íñiguez	Gerente Grupo Cien por Tapalpa (ONG)	Tapalpa	- Se escogió Grupo Cien por su probable conexión con otros actores de la región que trabajan en temas de biodiversidad y conectividad. De esta forma es que se obtuvo la entrevista con Eliazar, quien maneja una UMA en la región.
Biol. José Villa Castillo	Director de Parque Nacional Volcán Nevado de Colima	Ciudad Guzmán	- El Parque Nacional Volcán Nevado de Colima es un área de interés para el análisis. Se evaluará la conectividad de esta área con la Sierra de Quila y Sierra de Manantlán a través de la Región Tapalpa. El trabajo realizado por la administración del Parque es de gran interés para el análisis.
Biol. Alejandra Patiño	Área de Medio Ambiente de Driscoll's	Ciudad Guzmán	- Se considera interesante el trabajo que realiza Driscoll's en su área de medio ambiente. Puede ayudar a entender las prioridades ambientales de este sector productivo además de abonar a la elaboración de los manuales de buenas prácticas.
Oscar Ponce	Director JIRA	Entrevista virtual	- Puede ayudar a contactar a miembros de la junta intermunicipal que maneje temas de conectividad y biodiversidad y realice trabajo de campo.
Jorge Pereda Urrea	Mazati S.A. de C.V. Fraccionadores e	Guadalajara	- CUCBA realizó una investigación en los terrenos de Sierra Mazati y realizó una publicación.

Nombre	Actividad o sector	Lugar de la entrevista	Razones por las cuales se entrevista
Dr. Ana Luisa Santiago Pérez	investigadora del CUCBA		- Aunque el giro de Mazati S.A. de C.V. es inmobiliario pueden ayudar contactando los investigadores del CUCBA que realizaron el trabajo en sus terrenos.

Los resultados de las entrevistas que se usaron para la modelación y como guía para la elaboración de los manuales se presentan en la sección 2.4.3.1.2 Información de fuentes locales.

Fichas de las reuniones

A continuación, se presentan las fichas que resumen el diálogo y discusión que se llevó a cabo durante la primera ronda de entrevistas que tomaron lugar en varias partes del Paisaje Sierra de Tapalpa y en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Estas entrevistas se llevaron a cabo entre los días 3 y 8 de noviembre de 2021.

Tabla 50. Ficha de la entrevista que se realizó a representantes de la ANP Sierra de Quila. Fuente: Elaboración propia.

Actor entrevistado: Javier Sampayo, Carolina Rubio y Daniela Sánchez	
Lugar y fecha: Tecolotlán, Jalisco, 3 de noviembre de 2021	
Temas tratados y discusión	<p>Javier y Caro compartieron los proyectos que están implementando en Sierra de Quila:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se hicieron mapeos de los servicios ecosistémicos de la ANP que se incluirá en su plan de manejo, el cual está en las últimas etapas antes de su publicación. • Tienen interés en que se reconozca a Sierra de Quila como zona de conectividad, promocionar la conectividad de la ANP, y se realizan colaboraciones con investigadores para generar más información sobre la conectividad de la zona. • Se quiere implementar proyectos para generar ingresos para el mantenimiento de la Sierra, como un área de cocina,

	<p>comercialización de productos locales, venta de fotografías para ser autenticadas mediante NFTs¹⁰, entre otros.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brigadas de monitoreo con actores locales. <p>Se reconocen las siguientes problemáticas que amenazan a la conectividad de la ANP:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cacería • Desinformación • Desconexión
Acuerdos	<p>Están dispuestos a compartir la información que han generado sobre la ANP, la información será proporcionada una vez que se firme un convenio de colaboración:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapeo de servicios ecosistémicos • Estudio de conectividad de seis especies de mamíferos que llevó a cabo Raymundo Villavicencio • Coordenadas de cámaras trampa, evidencias de rastros y fotografías • Les interesa realizar identificación de individuos de especies de importancia, como jaguares, y están dispuestos a trabajar con otras regiones para hacer monitoreo

Tabla 51. Ficha de la entrevista que se realizó a representantes de la A.C. 'Cien por Tapalpa'. Fuente: Elaboración propia.

Actor entrevistado: Sonia, Eliézer Íñiguez, Jorge Howard, Diego Bastos	
Lugar y fecha: Tapalpa, Jalisco, 3 de noviembre de 2021	
Temas tratados y discusión	<p>Se reconocen algunas rutas de conectividad, dentro del Paisaje Sierra de Tapalpa (RST) y entre la región y otras zonas, como Sierra de Quila.</p> <p>Se resalta la importancia de generar información para ser compartida a manera de educación ambiental.</p> <p>Se reconoce a la agroindustria local como una actividad productiva de alto impacto. Entre otras cosas, se reconocen las siguientes afectaciones:</p>

¹⁰ Non Fungible Token es un tipo de moneda o vale digital que es único e irrepetible, como un coleccionable digital que es verificable por una cadena de bloques, para que un contenido de media pueda ser catalogado como 'original'. Fuente: ¿Qué es un NFT? <https://latam.kaspersky.com/blog/que-es-un-nft/22918/> consultado el 14 de noviembre de 2021.

	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de fertilizantes que no están permitidos en la normatividad • Uso en exceso de agua subterránea y su impacto en los acuíferos locales. Se dice que en 5 años los niveles del acuífero han descendido de un 80% a un 35% de su capacidad. • Se detecta una problemática social en sus primeras etapas. Esto debido a los impactos tan evidentes por esta actividad productiva y la percepción de los locales sobre dichos impactos. Además, se detecta un choque cultural entre los locales y la fuerza laboral importada por la industria: los locales detectan una falta de pertenencia en los trabajadores que vienen de otros estados, que resulta en una falta de apreciación del territorio que se refleja en descuido del lugar. • Se detectan problemas serios de salud. • Cambio de clima por efecto radiador. • Las aguacateras también se identifican como un problema, pero las <i>berries</i> dominaron la conversación. • Mala implementación de medidas de mitigación o restauración, como reforestaciones falladas • Mallas de niebla que afectan a fauna local
Acuerdos	<p>La asociación Cien por Tapalpa tiene como objetivo generar enlaces entre gente de diferentes perfiles</p> <p>Eliézer está dispuesto a compartir información relevante sobre biodiversidad de la región:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coordenadas de algunos de los invernaderos. • Registros de algunas especies. <p>Surgió el nombre de Arturo Manzano, como un actor que puede ser importante entrevistar debido a su experiencia en el sector forestal de la región. Puede ser importante entrevistarlo para el tema de los manuales.</p>

Tabla 52. Ficha de la entrevista que se realizó a representantes de la ANP Volcán Nevado de Colima y el departamento de medio ambiente de Driscoll's. Fuente: Elaboración propia.

Actor entrevistado: José Villa, Director del Área Natural Protegida Volcán Nevado de Colima Alejandra Patiño, Driscoll's Departamento de Medio Ambiente	
Lugar y fecha: Oficinas de la ANP Volcán Nevado de Colima, Cd. Guzmán, Jalisco, 4 de noviembre de 2021	
Temas tratados y discusión	En la reunión estuvieron José Villa (Nevado de Colima) y Alejandra Patiño (Driscoll's).

	<p>Se habló del trabajo que el Nevado de Colima está llevando a cabo para el manejo de la biodiversidad de la ANP, como el manejo que se le hace a los parches de vegetación afectada por el descortezador, el cual se reconoce como parte del ciclo natural del bosque que, además, apoya a la biodiversidad al generar micro-hábitats con condiciones para el florecimiento de más especies.</p> <p>El Nevado de Colima reconoce como amenazas la tala clandestina, incendios forestales y a la producción de aguacates que sucede en sus faldas, principalmente.</p> <p>Driscoll's menciona que su área de medio ambiente fue creada hace dos años. En este tiempo ha buscado colaborar con actores locales para implementar proyectos que abonen a las condiciones ambientales de la región. Por esta razón tienen buena relación con la ANP Volcán Nevado de Colima, que han apoyado técnicamente a Driscoll's para que sus programas de reforestación tengan más éxito.</p> <p>Entre los objetivos del área de medio ambiente de la empresa están los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Que los nuevos invernaderos para producción de <i>berries</i> no propicien cambio de uso de suelo. ● Manejo apropiado de residuos. ● Eficiencia de uso de agua. ● Manejo adecuado de fauna. ● Corredores biológicos con una visión a largo plazo, lo que significa que la empresa ve sus operaciones en la zona como un esfuerzo a largo plazo. <p>Driscoll's cuenta con información de localización de pozos de agua de sus productores, se dice que se levantó esta información con el objetivo de ver el estado legal de los pozos y ayudar a la regularización de aquellos que no estén en cumplimiento.</p>
Acuerdos	<p>Driscoll's está dispuesto a colaborar después de firmar un convenio marco.</p> <p>Se compartió una publicación del Dr. Enrique Sánchez que se llevó a cabo en el Parque Nevado de Colima. Se mencionó el instrumento Plan Maestro de Cd. Guzmán.</p>

Tabla 53. Ficha de la entrevista que se realizó a representantes de la Junta Intermunicipal de Medio Ambiente del Ayuquila Alto (JIDELAA). Fuente: Elaboración propia.

Actor entrevistado: Dayana Pruneda, Directora de la Junta Intermunicipal de Medio Ambiente del Ayuquila Alto	
Lugar y fecha: Reunión virtual, 5 de noviembre de 2021	
Temas tratados y discusión	<p>Dentro de uno de sus 5 ejes de acción, 'Gestión territorial', JIDELAA abarca el tema de biodiversidad. Aunque, por el hecho de que la junta es relativamente joven y sigue en procesos administrativos, las actividades para la implementación de los ejes aún no empiezan o están en sus primeras etapas.</p> <p>Se detectan las siguientes barreras y problemáticas en cuestión de biodiversidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Urbanización desmedida por cabañas. ● Pérdida de tradiciones productivas, como aprovechamientos forestales tradicionales. ● Turismo no regulado, como los vehículos todo-terreno en espacios no aptos para la actividad, entre ellos cuatrimotos y <i>racers</i>. ● <i>Berries</i> y su afectación a la disponibilidad de agua. ● Pastoreo extensivo ● Incendios por quemas que se salen de control. <p>Se menciona que San Gabriel, después de la inundación que sufrió su cabecera municipal ha generado más conciencia sobre temas ambientales.</p>
Acuerdos	Debido a que la Junta no ha generado mucha información sobre biodiversidad y conectividad en la zona, no hay mucha información que puedan compartir.

Tabla 54. Ficha de la entrevista que se realizó a representantes de Rancho Mazati. Fuente: Elaboración propia.

Actor entrevistado: Jorge Pereda, Ana Luisa Santiago, Cecilia Valencia	
Lugar y fecha: Instalaciones de Rancho Mazati, Guadalajara, Jalisco, 8 de noviembre de 2021	
Temas tratados y discusión	<p>Sierra Mazati, como parte de los requerimientos para su autorización en materia de impacto ambiental, ha realizado muestreos técnicos en las 2,700 hectáreas de su terreno en Chiquilistlán.</p> <p>Cuenta con una UMA de conservación del guajolote silvestre, el cual se introdujo en la zona.</p>

	<p>Han realizado trabajos de restauración en todo el terreno y actualmente generan 10,000 m³/año de crecimiento de bosque. No permiten la cacería dentro de su territorio. 1,081 hectáreas del terreno se dejará intacto.</p> <p>El monitoreo que llevan a cabo ha registrado especies como el guajolote, puma, jaguar, pecarí y gran variedad de aves.</p> <p>Reconocen la práctica de fosas sépticas como un gran problema de la actividad de construcción de cabañas. Otra problemática de esta actividad es el manejo de residuos, el cual no está normado y regulado en la región.</p>
Acuerdos	<p>Están dispuestos a compartir información generada en sus monitoreos (especie y coordenadas donde fue registrada) una vez que se firme una carta compromiso para el uso adecuado de la información.</p> <p>Surgieron los nombres de Luis W. Vázquez y Luis W. Lepe, como actores que han generado información y financiado investigación en la zona.</p>

Anexo 5. Perfiles de políticas territoriales según el POET

En este anexo se presentan el resto de los perfiles de las líneas trazadas en la Figura 18, que representan linealmente a las políticas establecidas en el POET para el territorio que atraviesan.

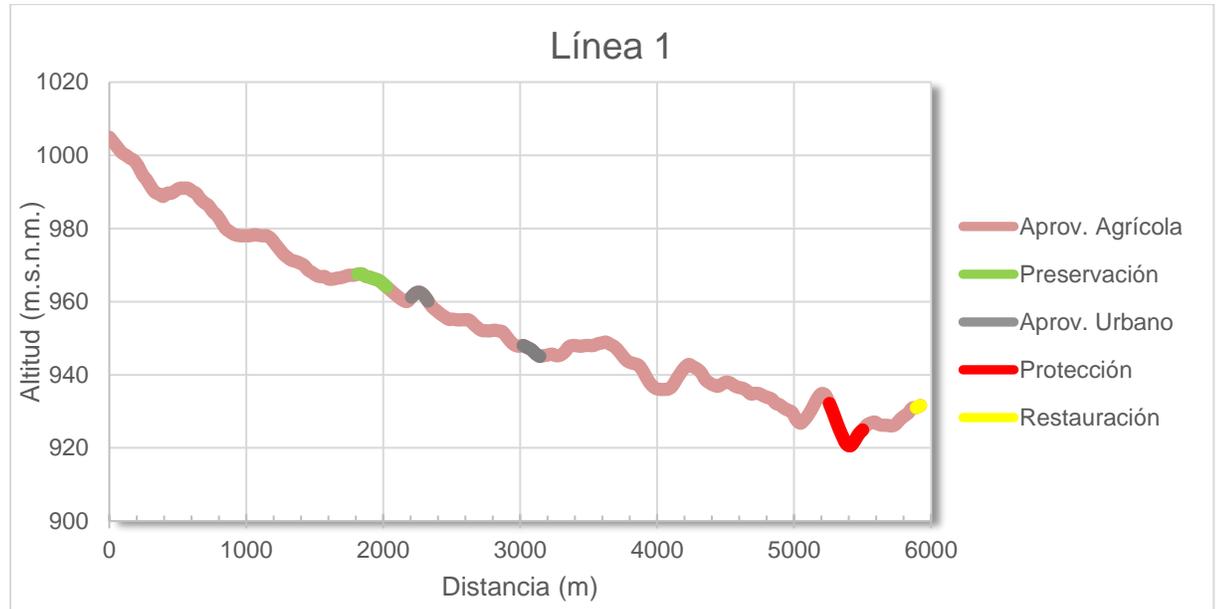


Gráfico 8. Perfil de políticas, línea 1. Fuente: Elaboración propia.

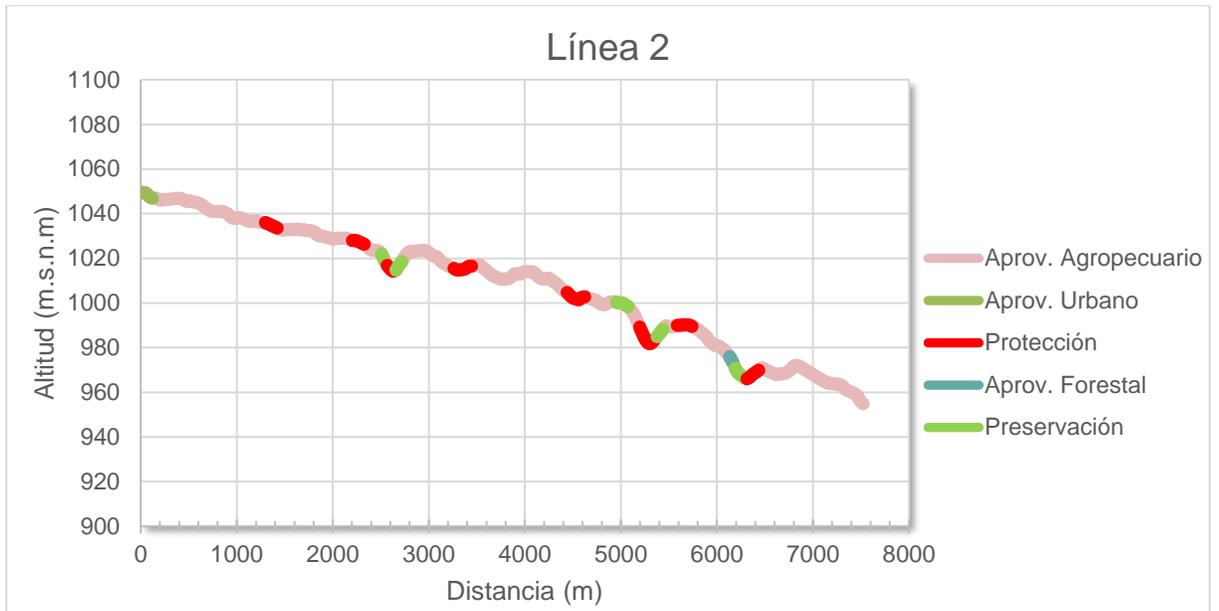


Gráfico 9. Perfil de políticas, línea 2. Fuente: Elaboración propia.

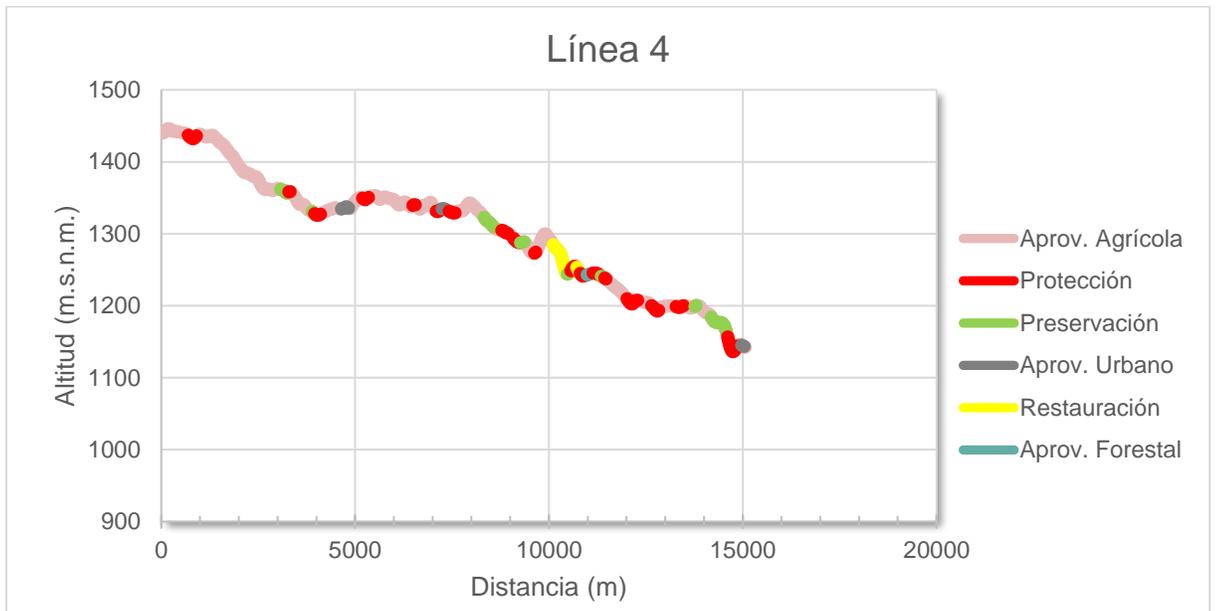


Gráfico 10. Perfil de políticas, línea 4. Fuente: Elaboración propia.

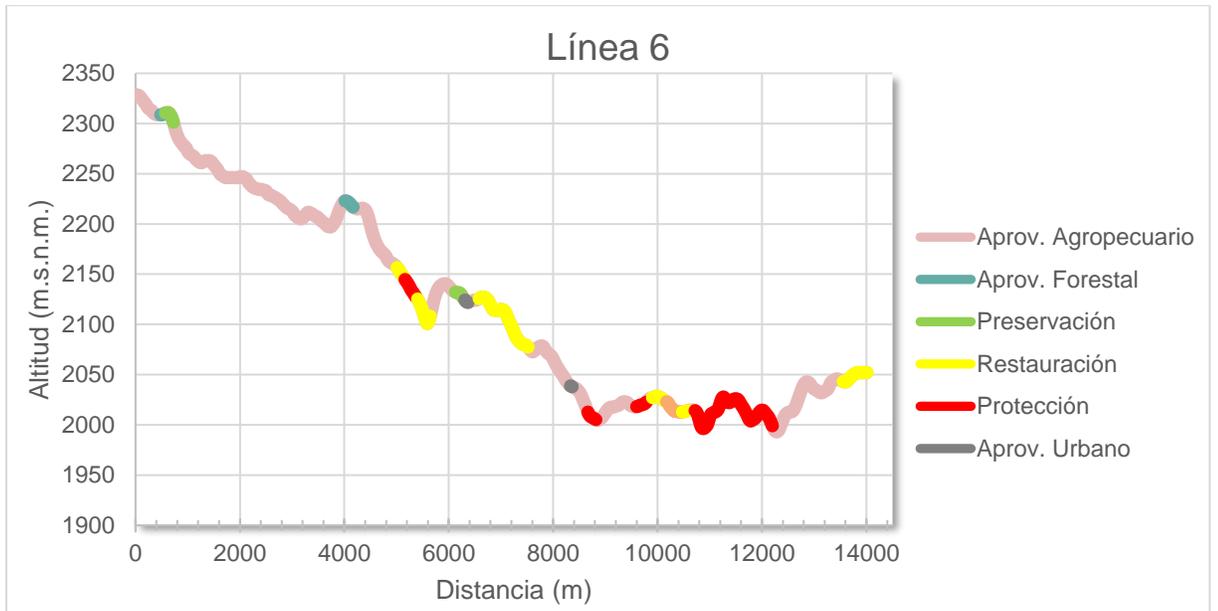


Gráfico 11. Perfil de políticas, línea 6. Fuente: Elaboración propia.

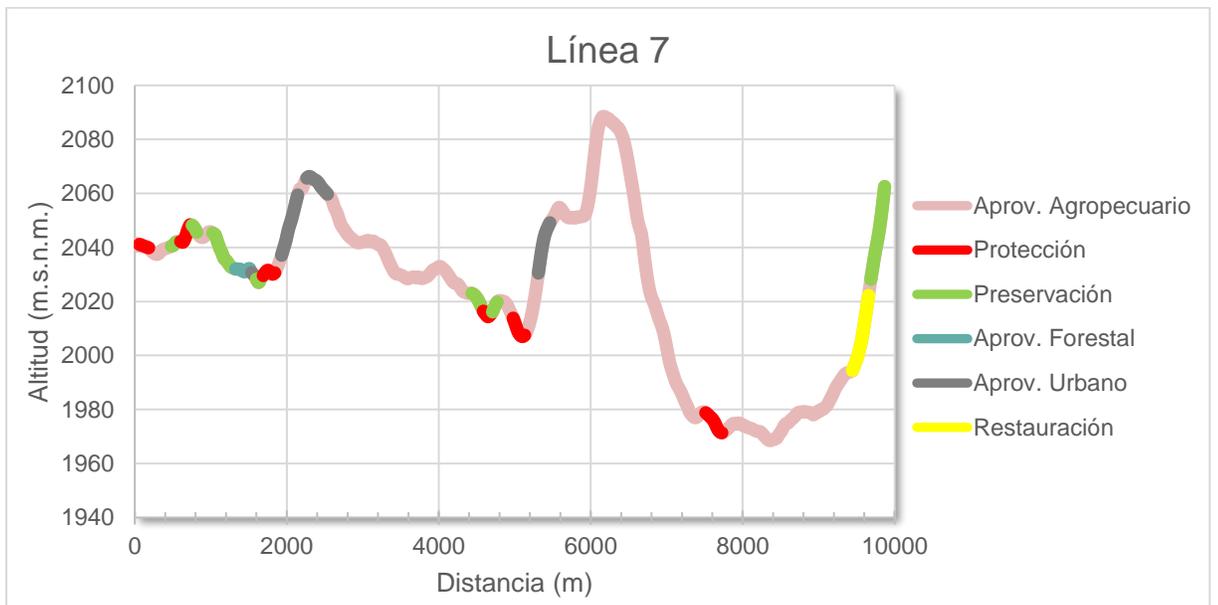


Gráfico 12. Perfil de políticas línea 7. Fuente: Elaboración propia.

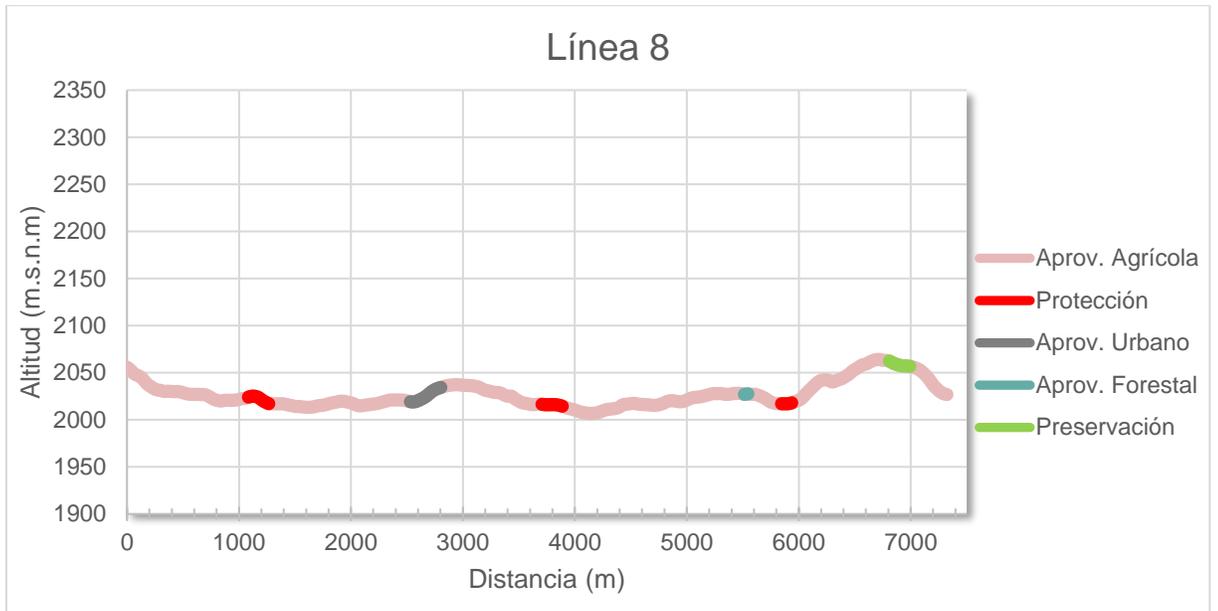


Gráfico 13. Perfil de políticas, línea 8. Fuente: Elaboración propia.

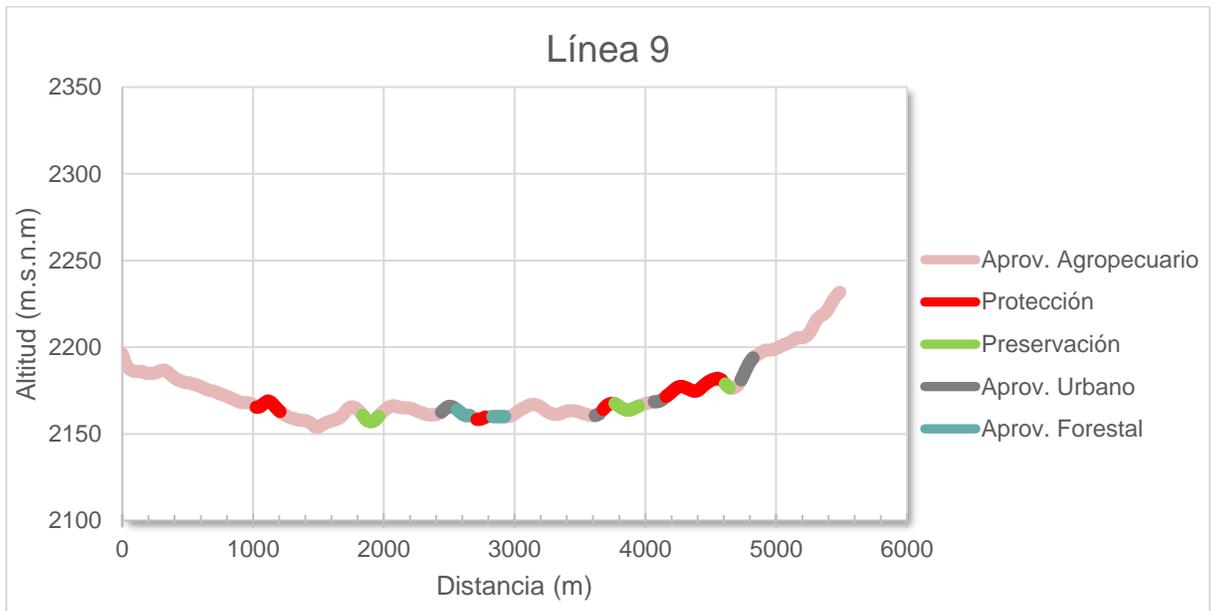


Gráfico 14. Perfil de políticas, línea 9. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Evidencias fotográficas de entrevistas

Durante las entrevistas y cuando se vio pertinente, se tomaron fotos para documentar el proceso de entrevista. De esta forma, se documentaron dos entrevistas, la que tuvo lugar con los directivos del área natural protegida Sierra de Quila y la reunión que tuvo lugar con miembros de la asociación 'Cien por Tapalpa'. Este registro se muestra a continuación, en las siguientes fotos.

Grupo Cien por Tapalpa



Foto 5. Reunión con integrantes del grupo Cien por Tapalpa, el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.



Foto 6. Dinámica de reconocimiento de amenazas y puntos de biodiversidad y conectividad con integrantes del grupo Cien por Tapalpa. Tomada el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.

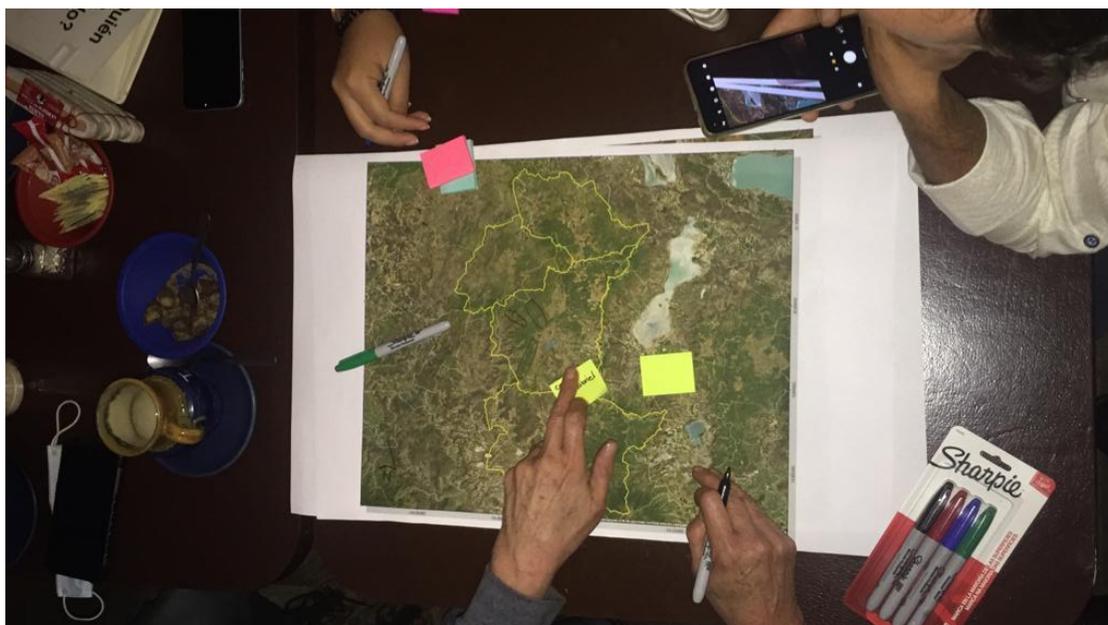


Foto 7. Dinámica de reconocimiento de elementos de conectividad, amenazas y puntos importantes de biodiversidad. Tomada el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.



Foto 8. Conversación y dinámica sobre amenazas y zonas de importancia para la biodiversidad. Tomada el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Martín Alejandro Villanueva García.

ANP Sierra de Quila



Foto 9. Reunión con directivos de la ANP Sierra de Quila. Foto tomada el 3 de noviembre de 2021.
Fuente: Carolina Rubio.



Foto 10. Se exponen los resultados de las acciones ejecutadas en la ANP Sierra de Quila. Tomada el día 3 de noviembre de 2021. Fuente: Carolina Rubio.

Anexo 7. Secuencia general de entrevistas realizadas

La primera ronda de entrevistas se llevó a cabo con dos objetivos:

1. Evaluar qué tan relevantes son los temas de biodiversidad y conectividad para las asociaciones o las diferentes actividades productivas de la región.
2. Crear acuerdos con los diferentes actores para la colaboración interdisciplinar entre la consultoría y ellos para compartir y generar información en torno a los temas de biodiversidad y conectividad que pueda ser útil para todas las partes.

Para lo anterior, se elaboró un guion de temas a tratar durante las reuniones y entrevistas que cubre los temas relevantes para cumplir con los objetivos descritos. Este guion se presenta enseguida.

1. Conectividad y monitoreo biológico

- Has escuchado el término conectividad o conectividad del paisaje
- ¿Dentro de sus actividades u objetivos abordan el tema de conectividad del paisaje?
- ¿Realizan algún tipo de monitoreo biológico?
- ¿Tienen datos de registros de especies?

2. Mapeo de valores sociales del paisaje

- Dentro de este mapa pudieras marcar algún valor o valores del paisaje, por ejemplo, valor:
 - Estético
 - Económico
 - Recreativo
 - Biológico
 - Espiritual

- Espacio natural
- Conectividad

2. Problemáticas y soluciones

- ¿Identificas o detectas alguna problemática asociada a la conectividad en el territorio o área donde incides o trabajas?
- ¿Pudieras mostrar la problemática sobre el territorio?
 - ¿Desde cuando tienes conocimiento o detectas que existe esta problemática?
 - ¿Existía en el **pasado**?
 - ¿Es **actual**?
 - ¿Consideras que seguirá en un **futuro**?
 - ¿Qué consideras que **origina** esta problemática?
 - ¿Cuáles son sus principales **consecuencias**?
 - ¿Identificas alguna **solución** para abordar esta problemática?
- ¿Consideras que sea **viable** de llevarse a cabo o crees que exista alguna **amenaza o riesgo** de no implementarse?

Anexo 8. Bases de datos digital de registros de especies para la consultoría (adjunto digital)

Anexo 9. Cartografía elaborada para el proyecto y sus archivos (adjunto digital)

Modelos de distribución potencial de las especies

- Modelo de distribución potencial del ajolote

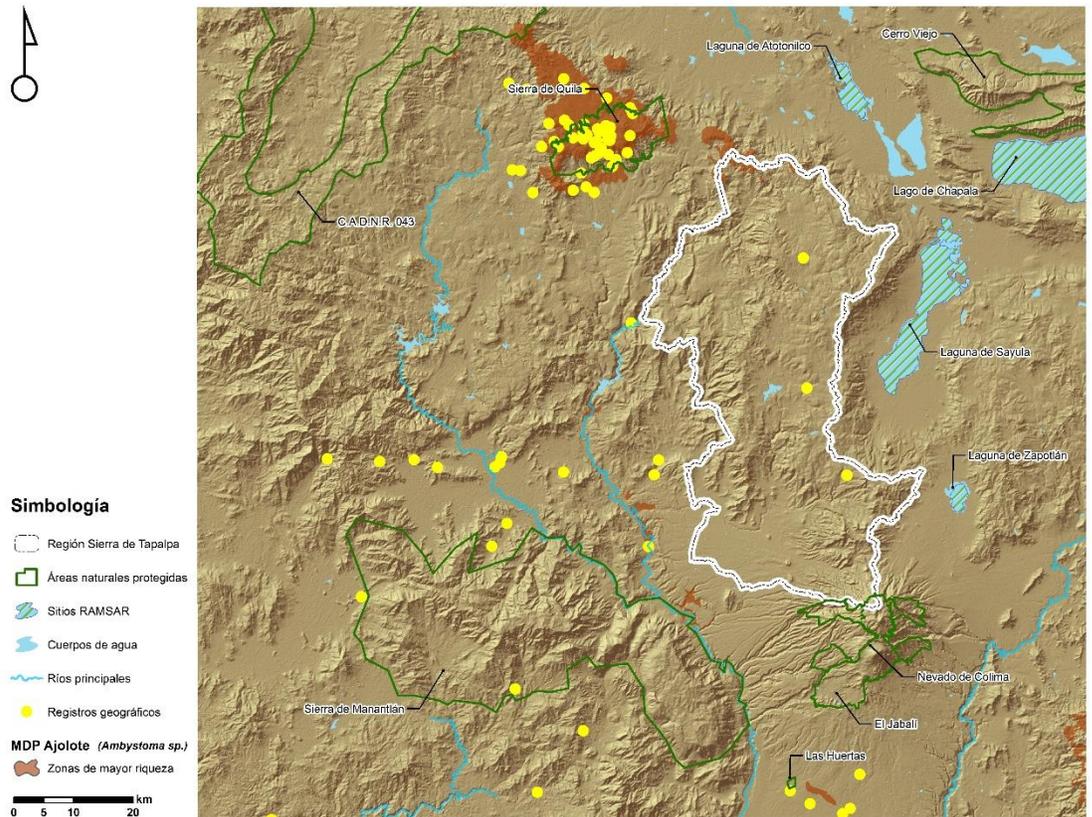


Figura 77. Modelo de distribución potencial del ajolote

- Modelo de distribución potencial del cascabel

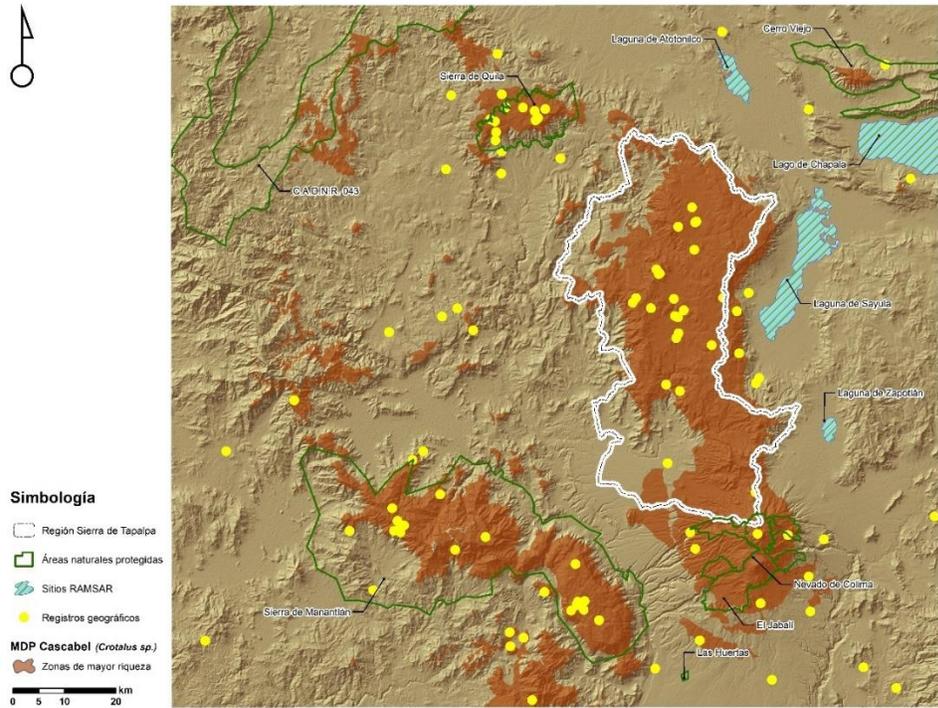


Figura 78. Modelo de distribución potencial del cascabel

- Modelo de distribución potencial de la nutria

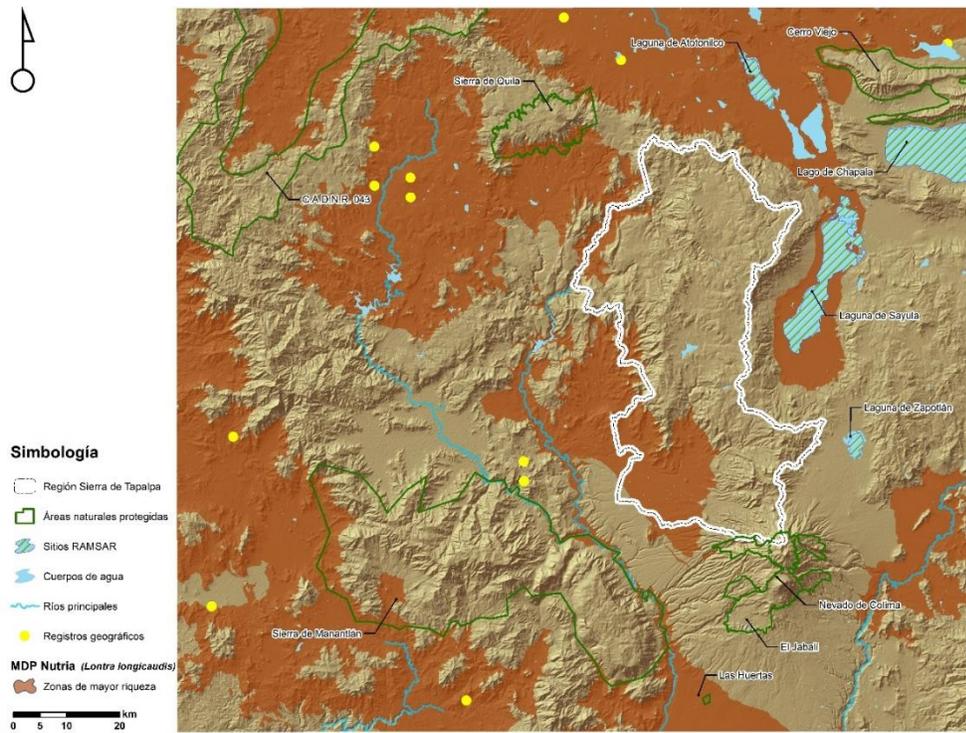


Figura 79. Modelo de distribución potencial de la nutria

- Modelo de distribución potencial del ocelote

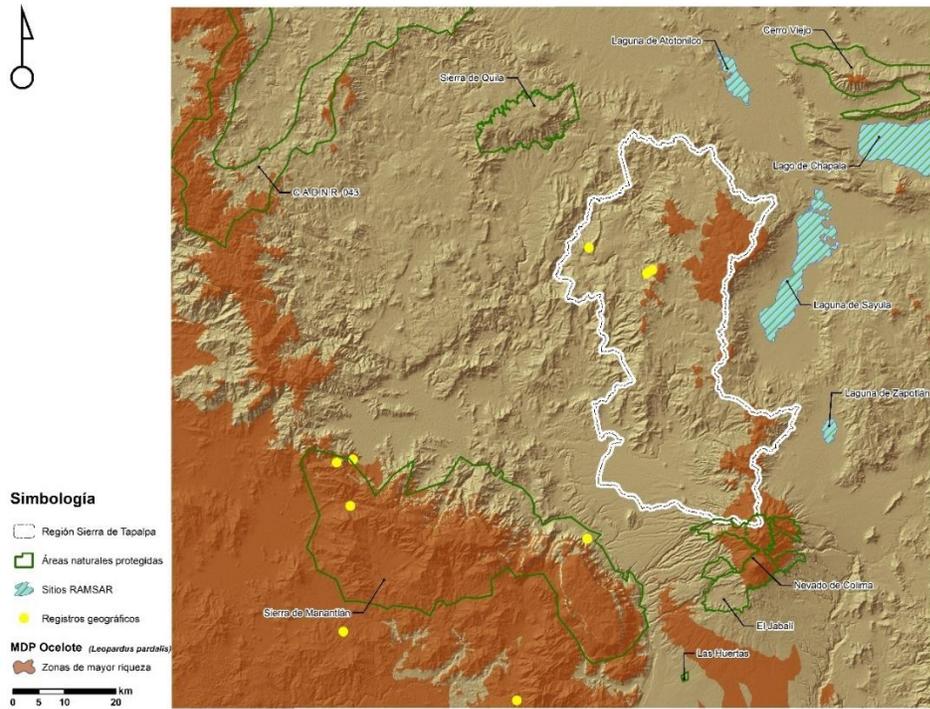


Figura 80. Modelo de distribución potencial del ocelote

- Modelo de distribución potencial del puma

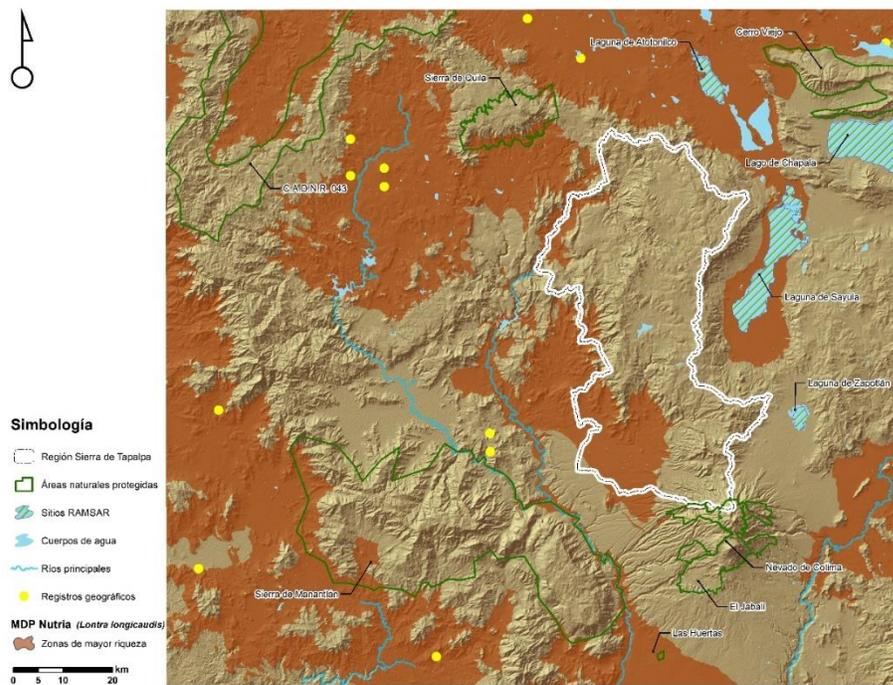


Figura 81. Modelo de distribución potencial del puma

- Modelo de distribución potencial del venado

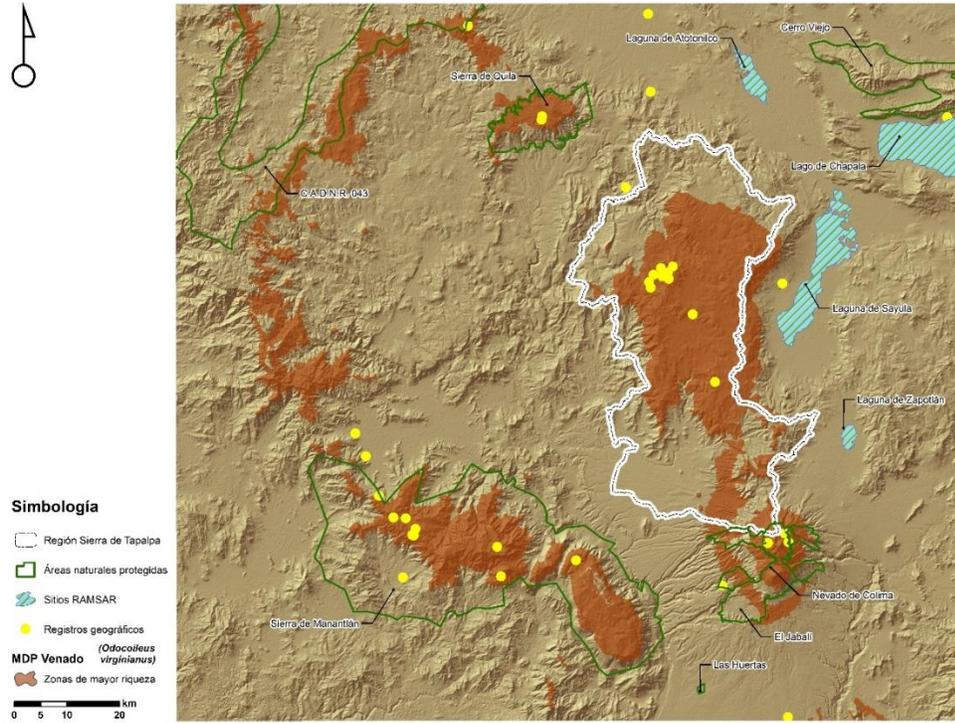


Figura 82. Modelo de distribución potencial del venado

- Modelo de distribución potencial del pecarí

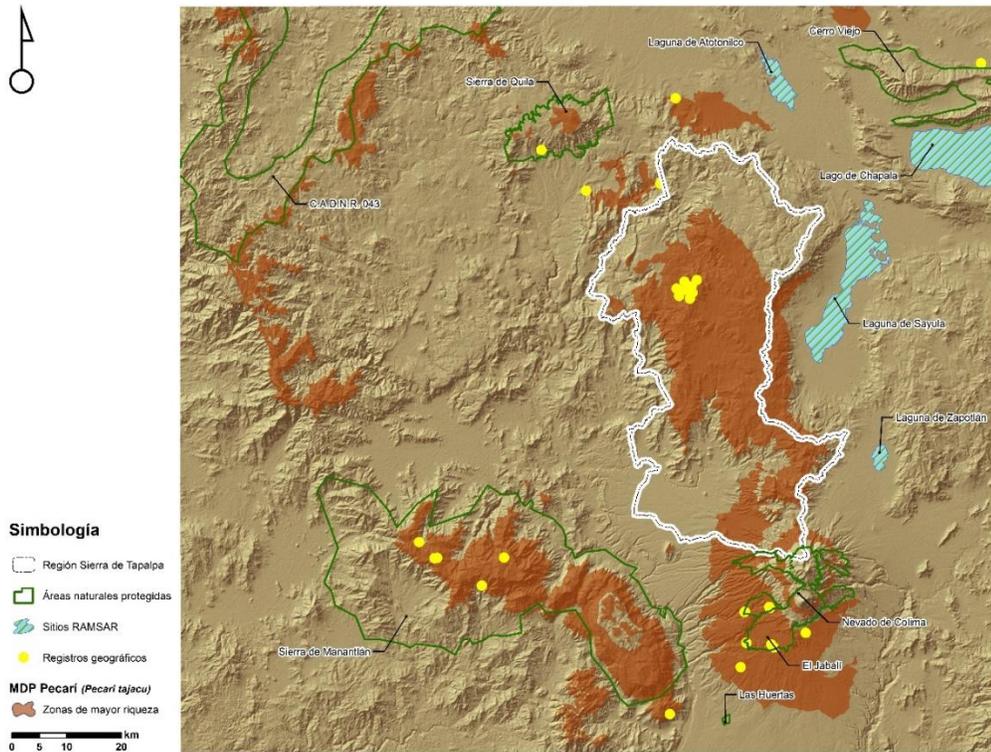


Figura 83. Modelo de distribución potencial del pecarí

- Modelo de distribución potencial del encino (*Quercus castanea*)

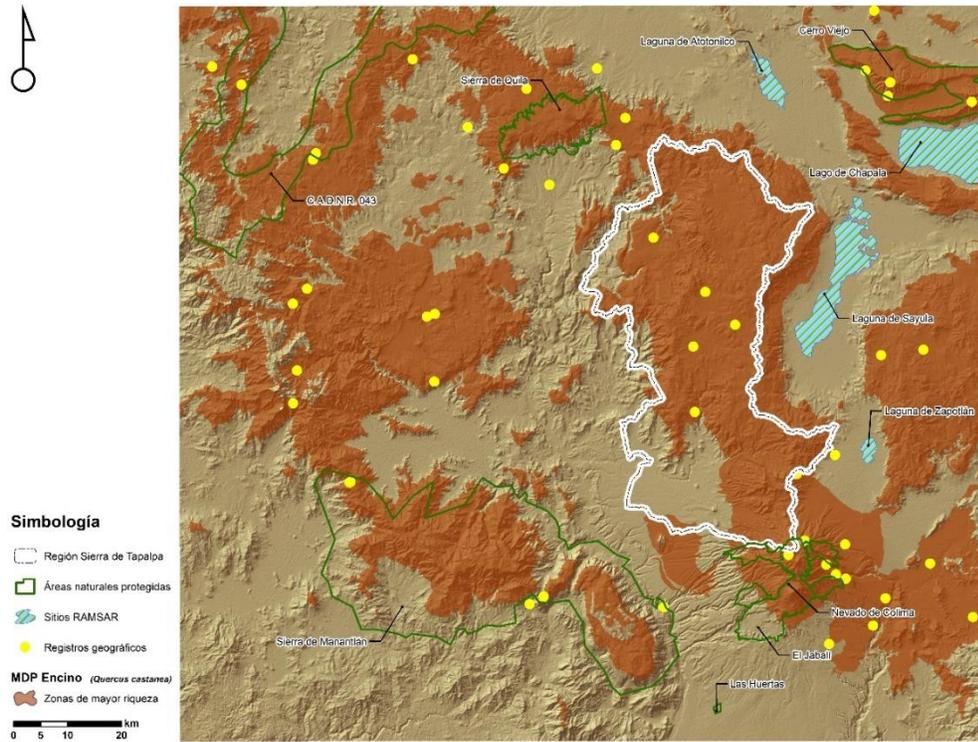


Figura 84. Modelo de distribución potencial del encino (*Quercus castanea*)

- Modelo de distribución potencial del encino (*Quercus candicans*)

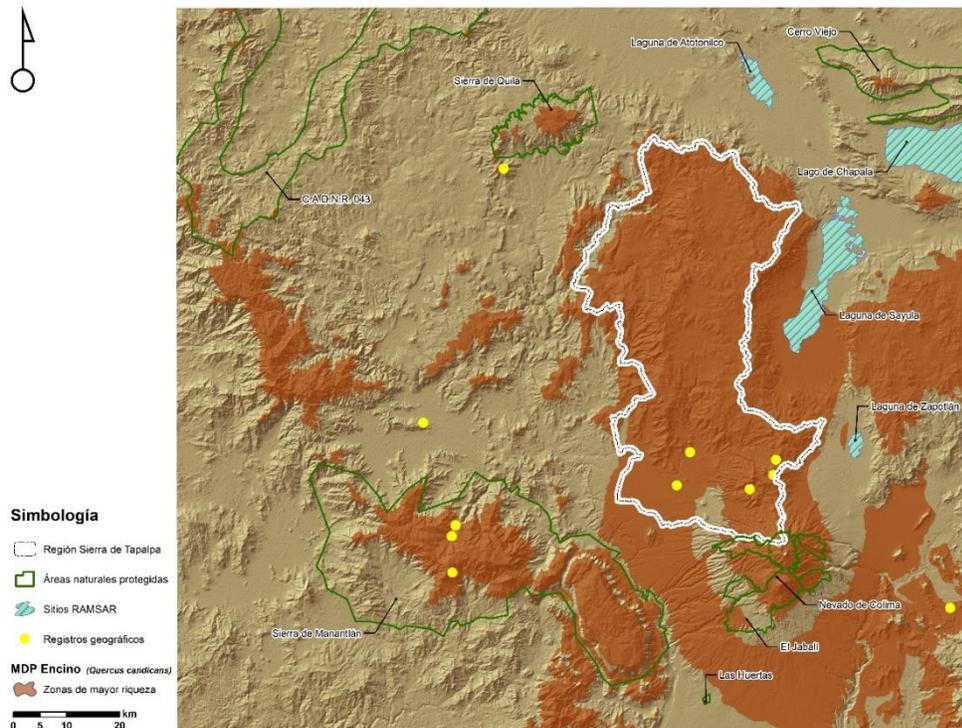


Figura 85. Modelo de distribución potencial del encino (*Quercus candicans*)

Modelos de calidad del hábitat de las especies

- Modelo de calidad del hábitat del ajolote

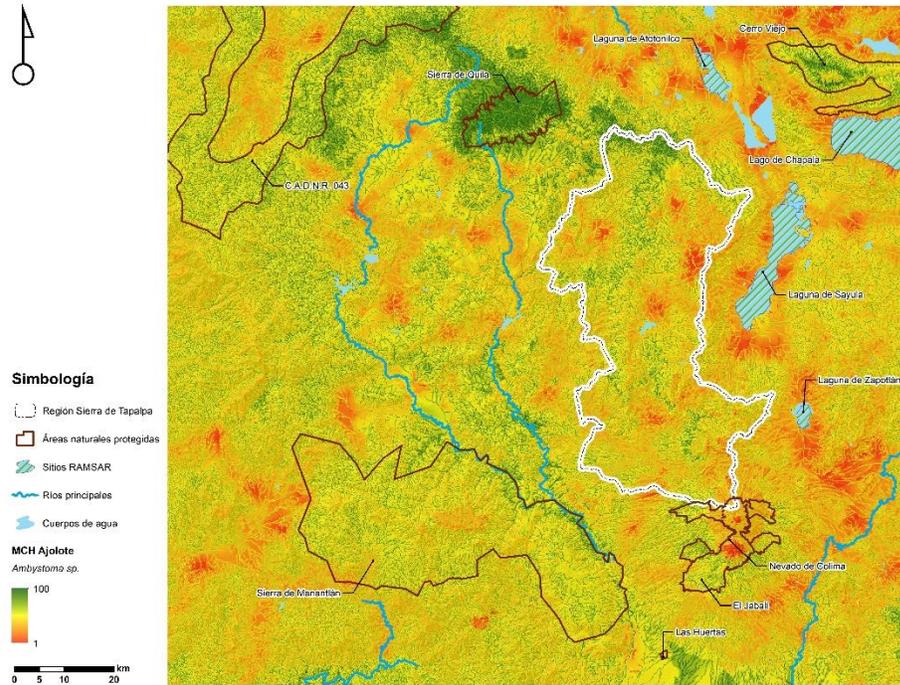


Figura 86. Modelo de calidad del hábitat del ajolote

- Modelo de calidad del hábitat del cascabel

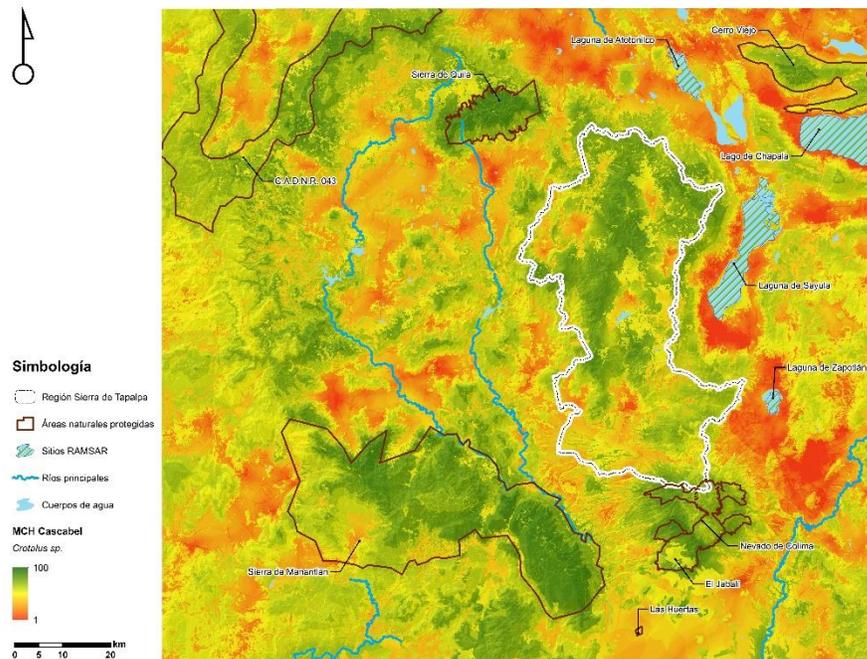


Figura 87. Modelo de calidad del hábitat del cascabel

- Modelo de calidad del hábitat de la nutria

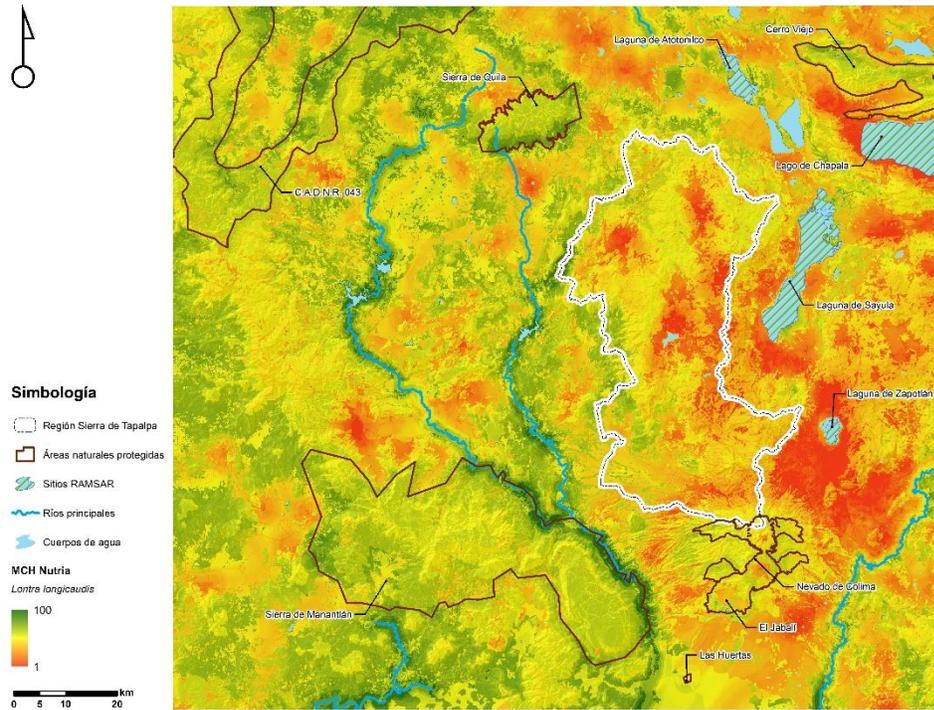


Figura 88. Modelo de calidad del hábitat de la nutria

- Modelo de calidad del hábitat del ocelote

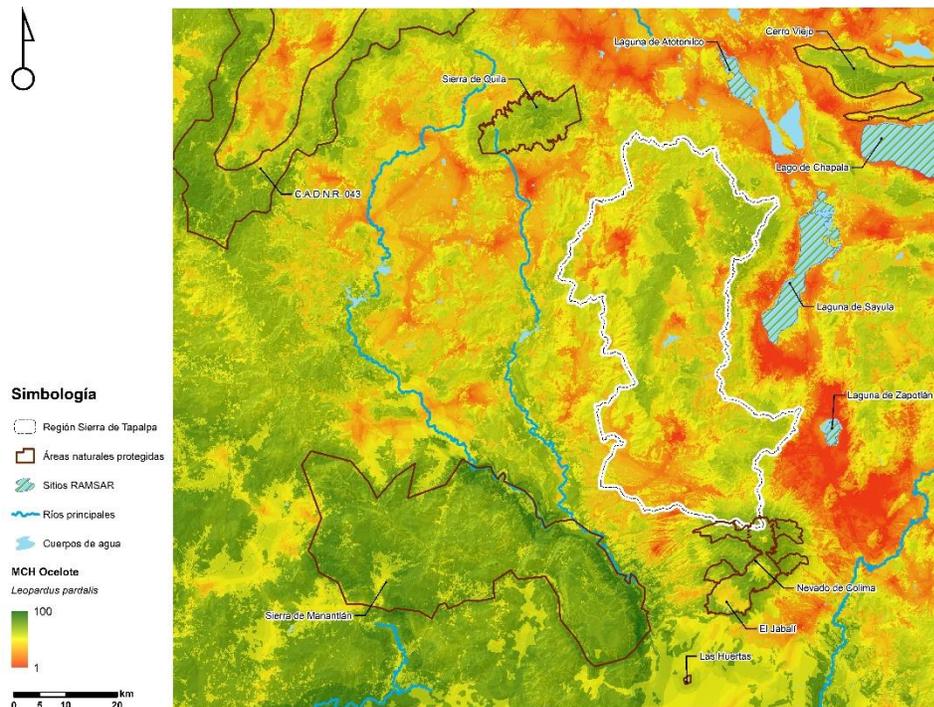


Figura 89. Modelo de calidad del hábitat del ocelote

- Modelo de calidad del hábitat del puma

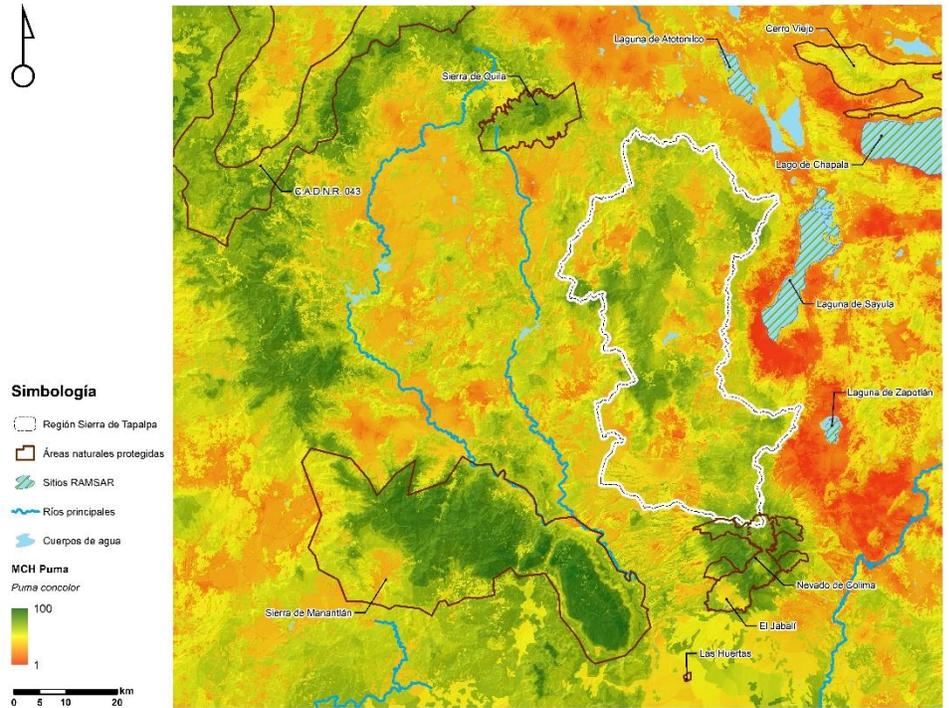


Figura 90. Modelo de calidad del hábitat del puma

- Modelo de calidad del hábitat del venado

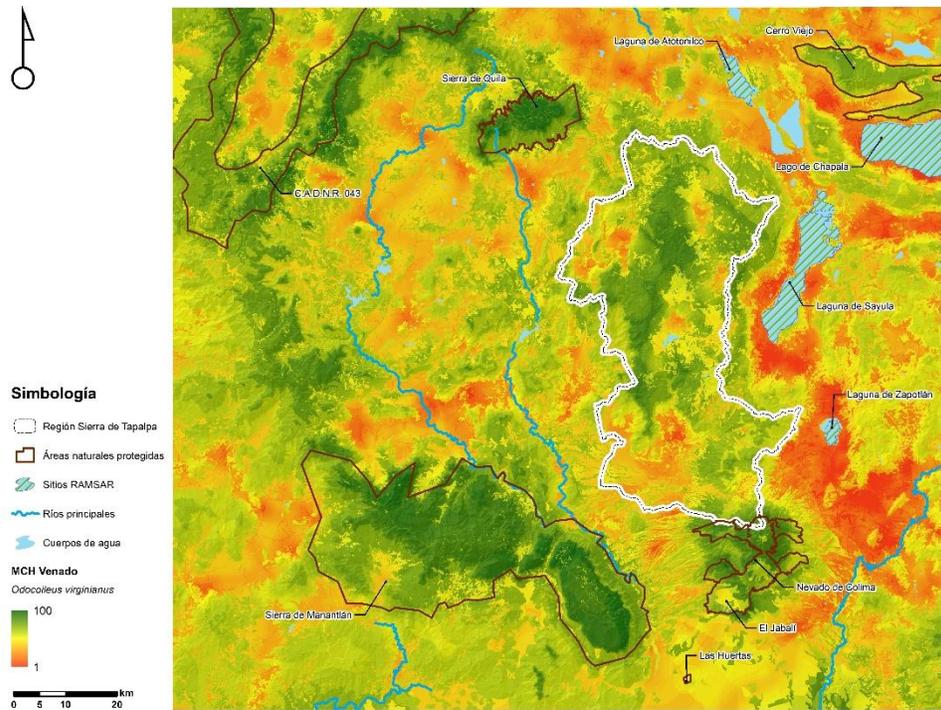


Figura 91. Modelo de calidad del hábitat del venado

- Modelo de calidad del hábitat del pecarí

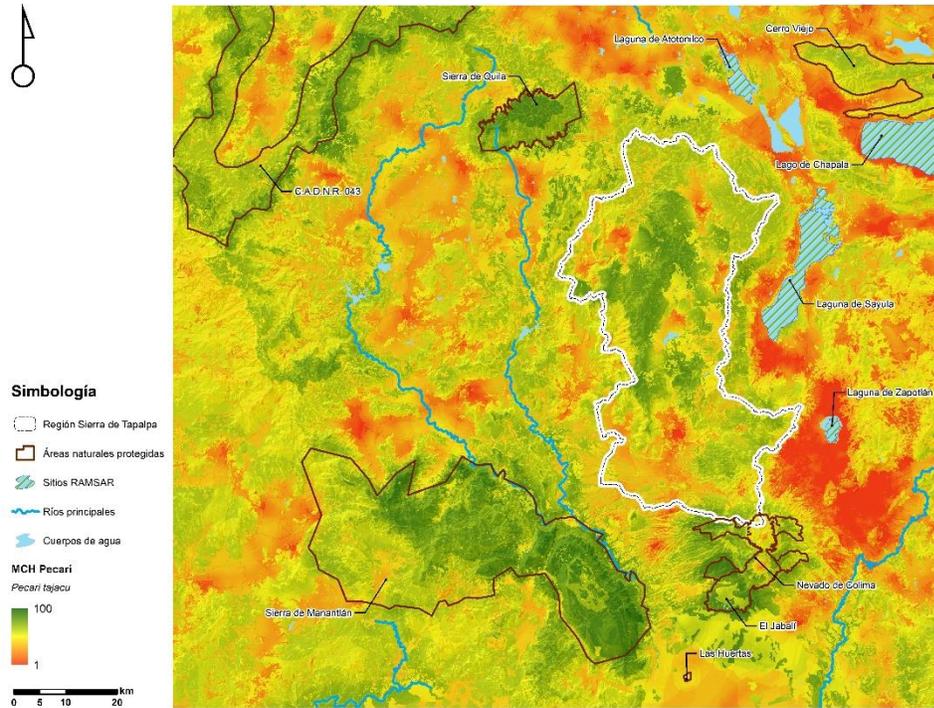


Figura 92. Modelo de calidad del hábitat del pecarí

- Modelo de calidad del hábitat del encino (*Quercus castanea*)

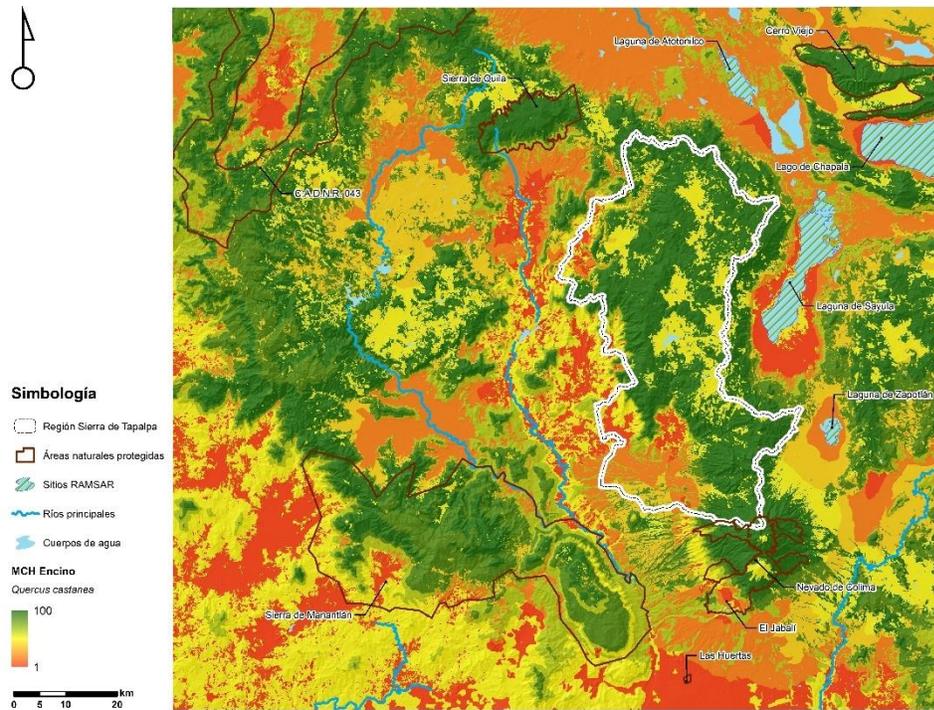


Figura 93. Modelo de calidad del hábitat del encino (*Quercus castanea*)

- Modelo de calidad del hábitat del encino (*Quercus candicans*)

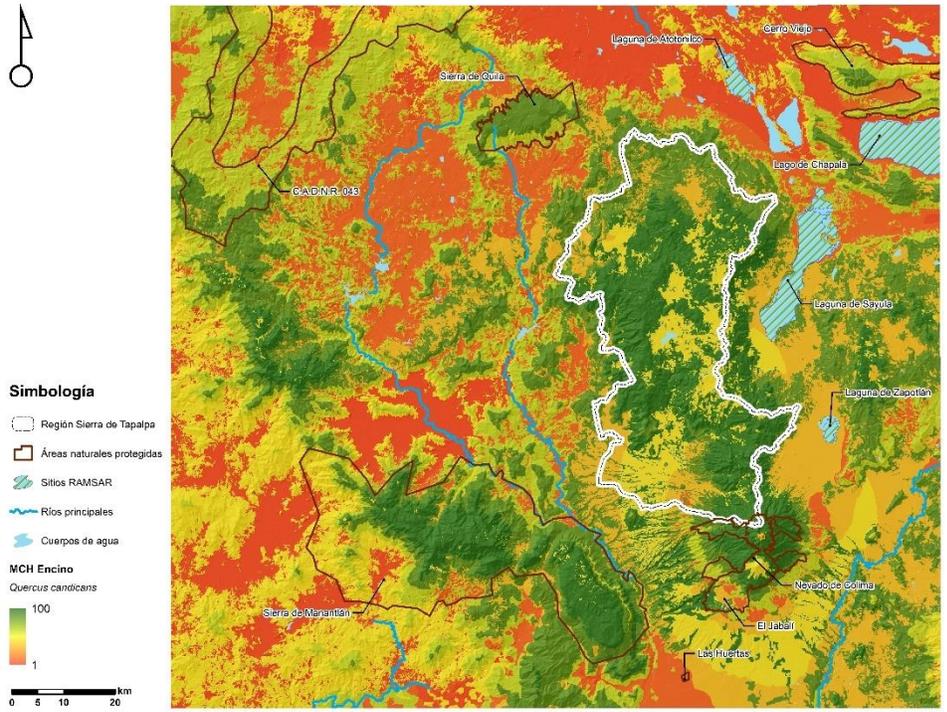


Figura 94. Modelo de calidad del hábitat del encino (*Quercus candicans*)

Modelos de resistencia de las especies

- Modelo de resistencia del ajolote

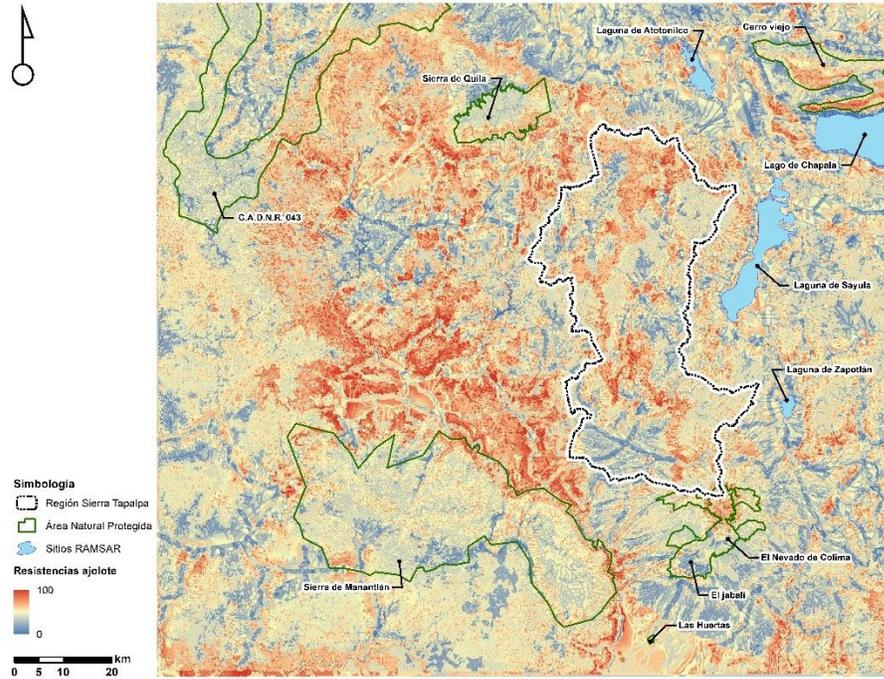


Figura 95. Modelo de resistencia del ajolote

- Modelo de resistencia del cascabel

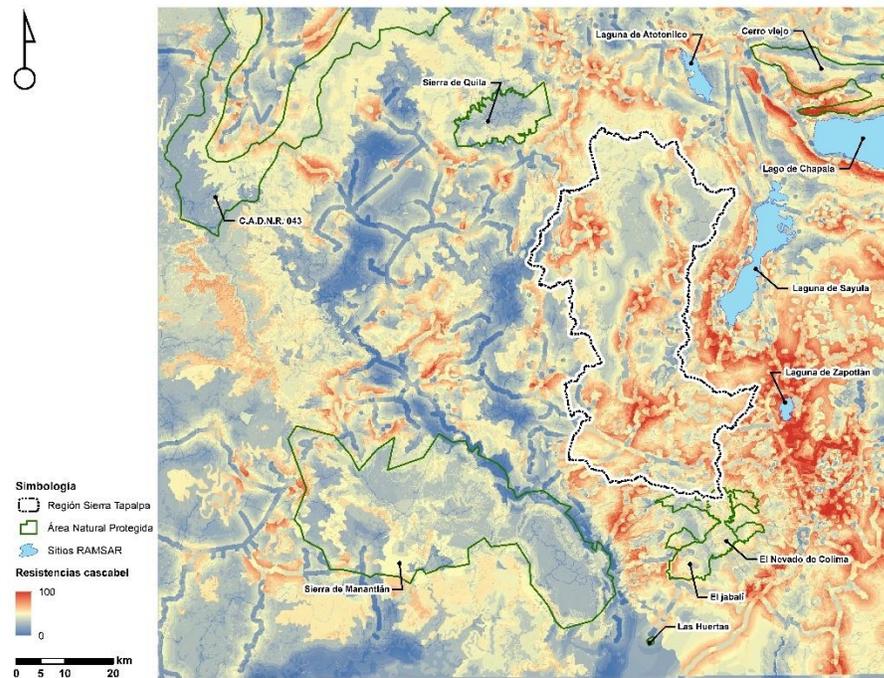


Figura 96. Modelo de resistencia del cascabel

- Modelo de resistencia de la nutria

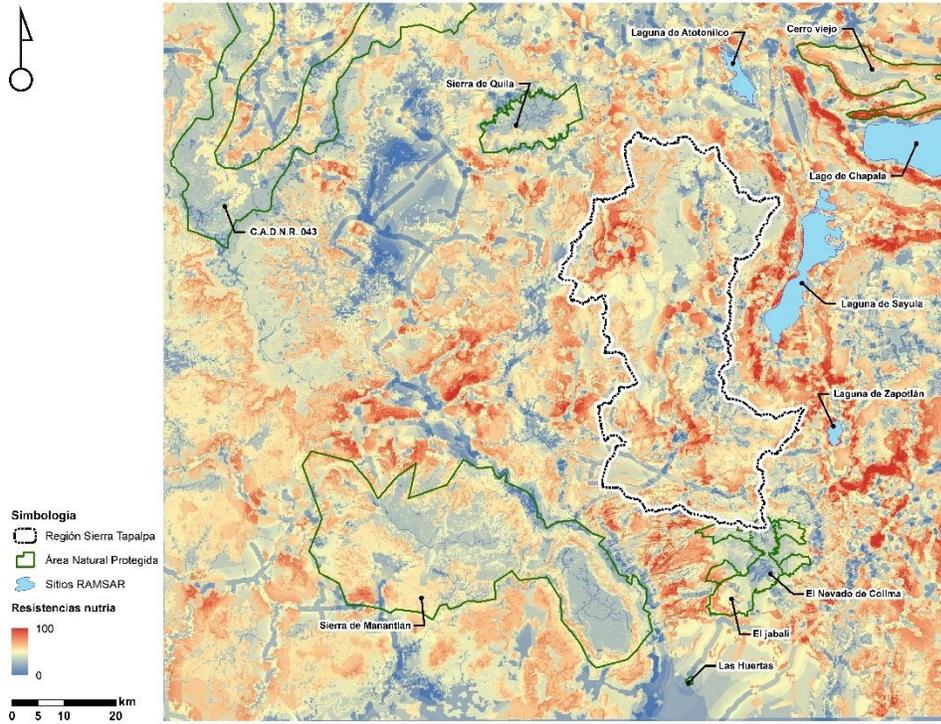


Figura 97. Modelo de resistencia de la nutria

- Modelo de resistencia del ocelote

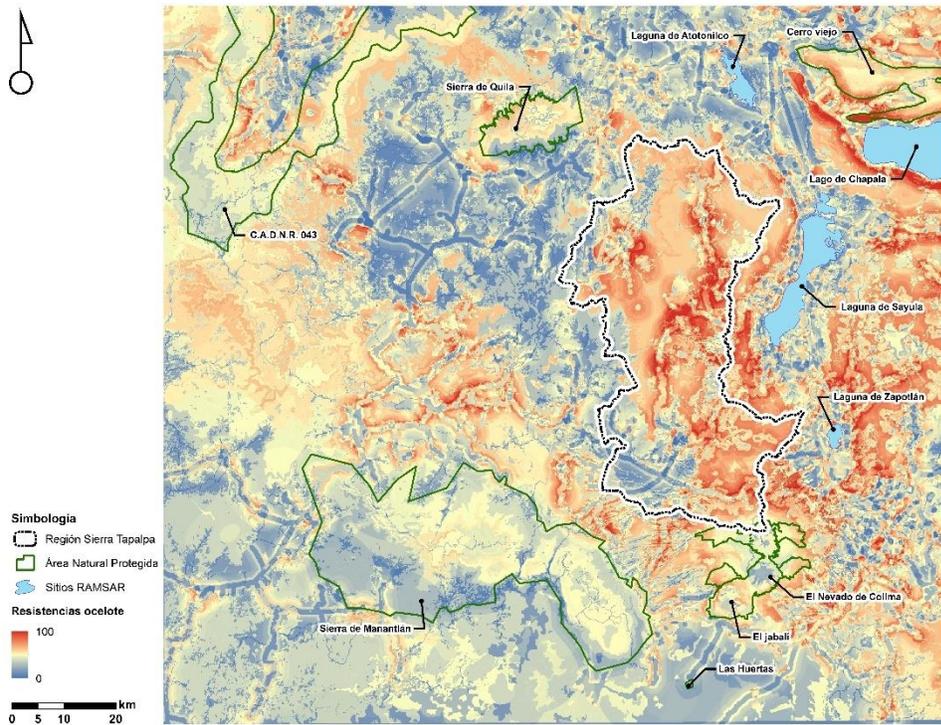


Figura 98. Modelo de resistencia del ocelote

- Modelo de resistencia del puma

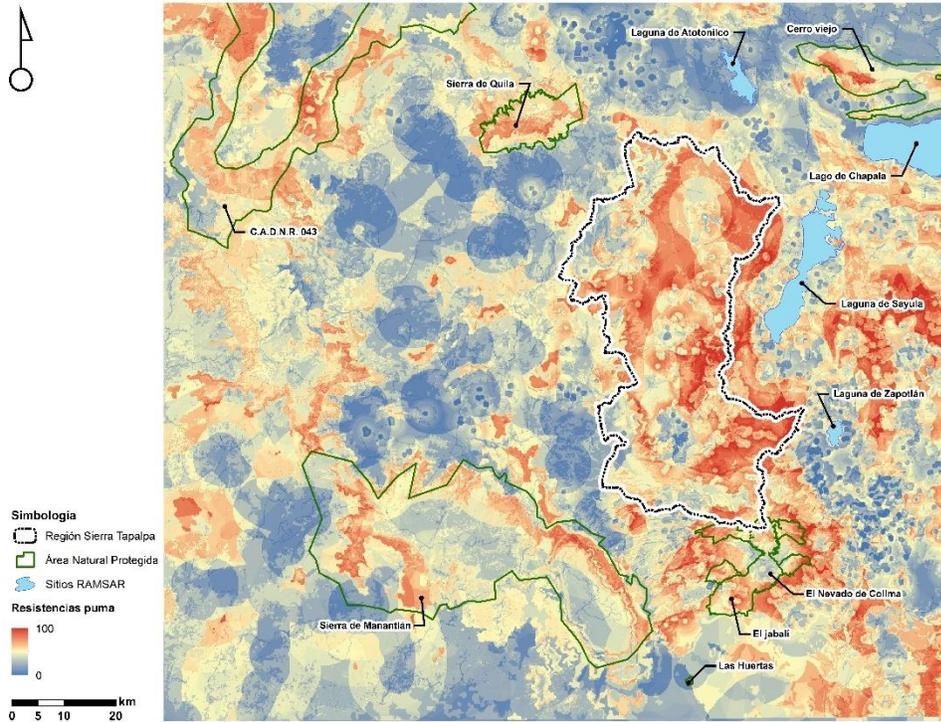


Figura 99. Modelo de resistencia del puma

- Modelo de resistencia del venado

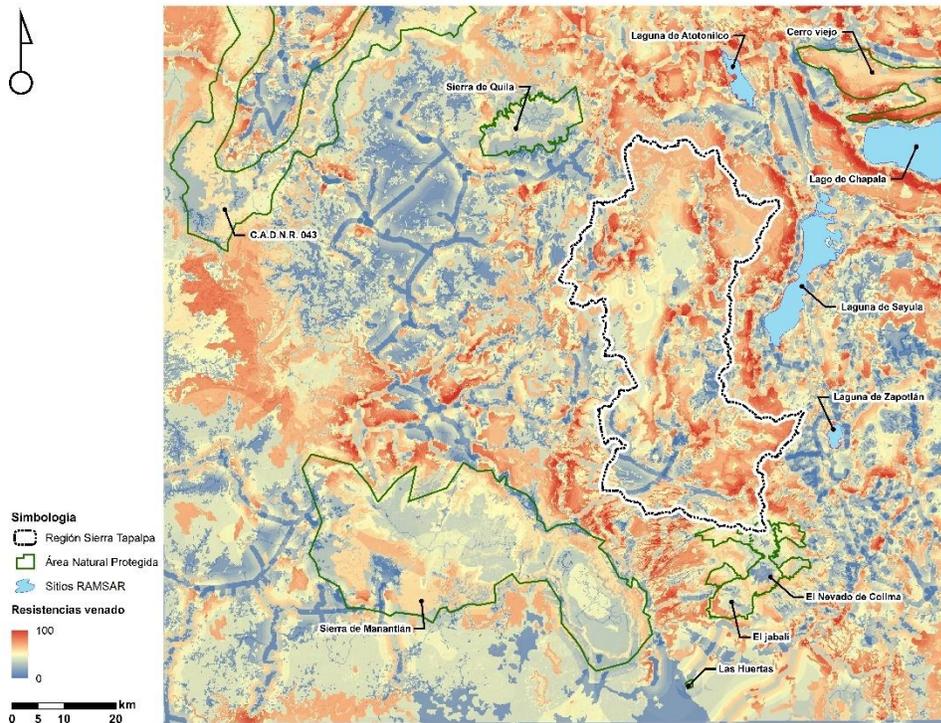


Figura 100. Modelo de resistencia del venado

- Modelo de resistencia del pecarí

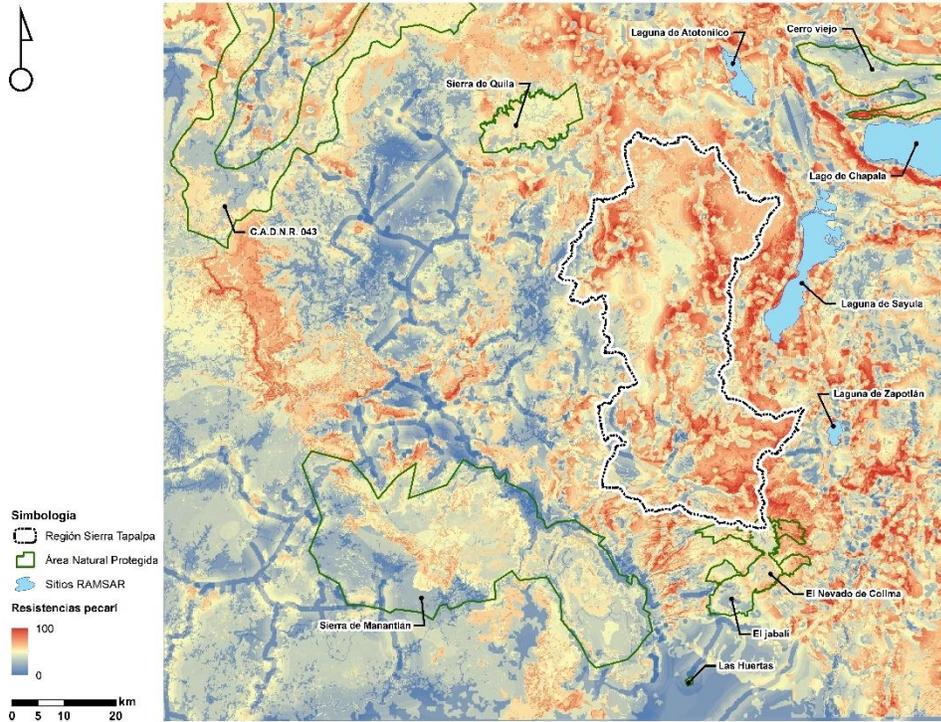


Figura 101. Modelo de resistencia del pecarí

Modelos de parches de hábitat de las especies

- Parche de hábitat del ajolote

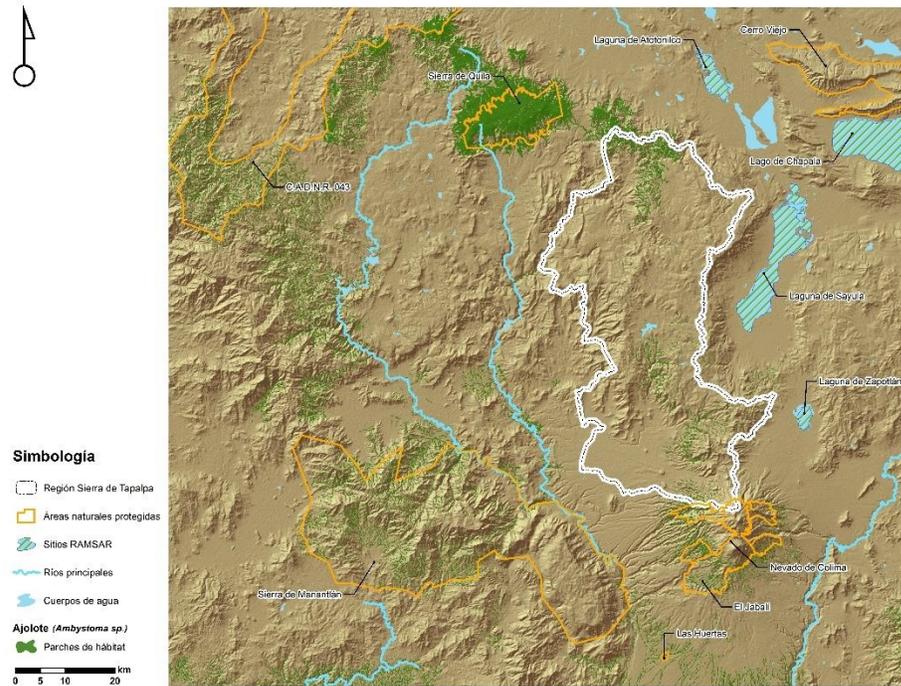


Figura 102. Parche de hábitat del ajolote

- Parche de hábitat del cascabel

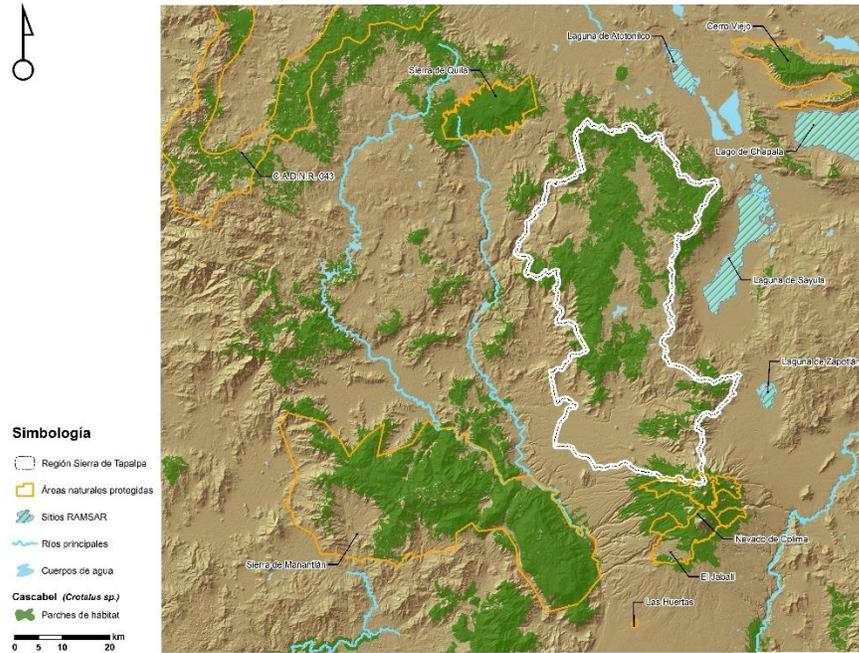


Figura 103. Parche de hábitat del cascabel

- Parche de hábitat de la nutria

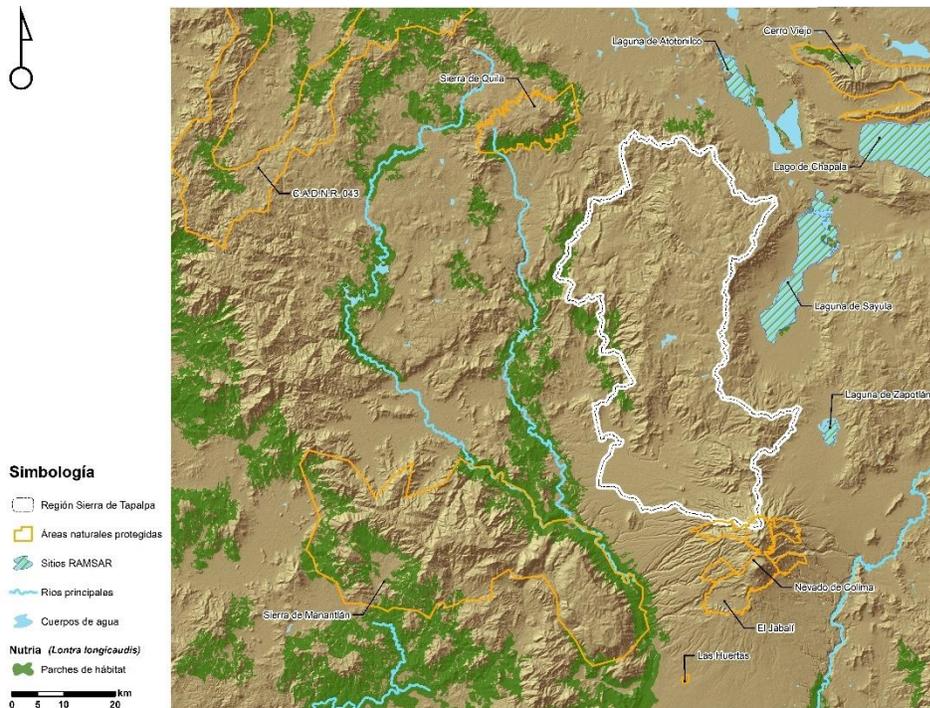


Figura 104. Parche de hábitat de la nutria

- Parche de hábitat del ocelote

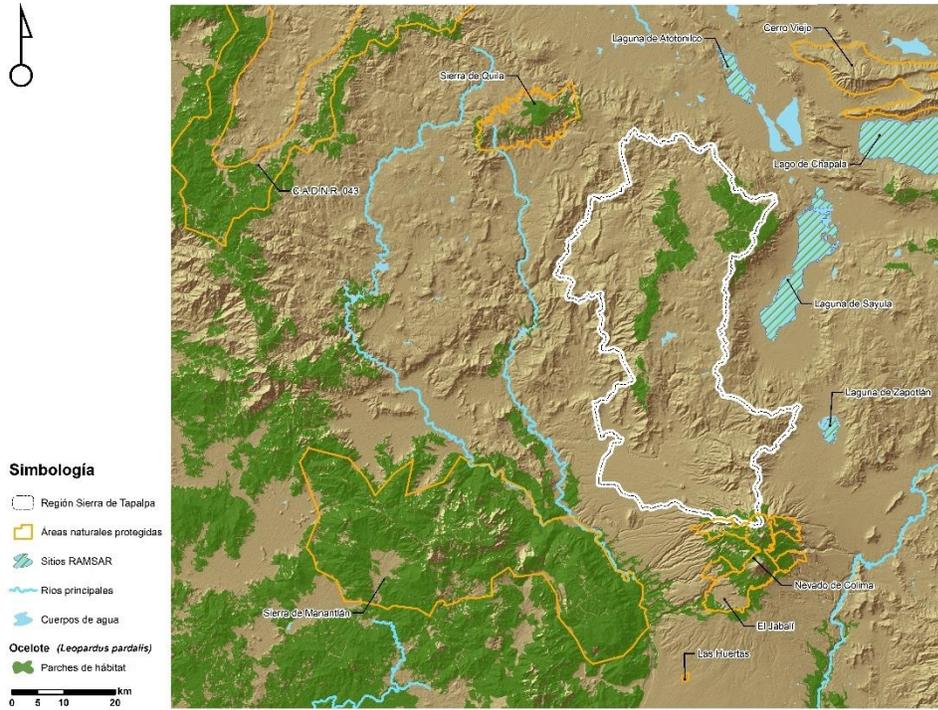


Figura 105. Parche de hábitat del ocelote

- Parche de hábitat del puma

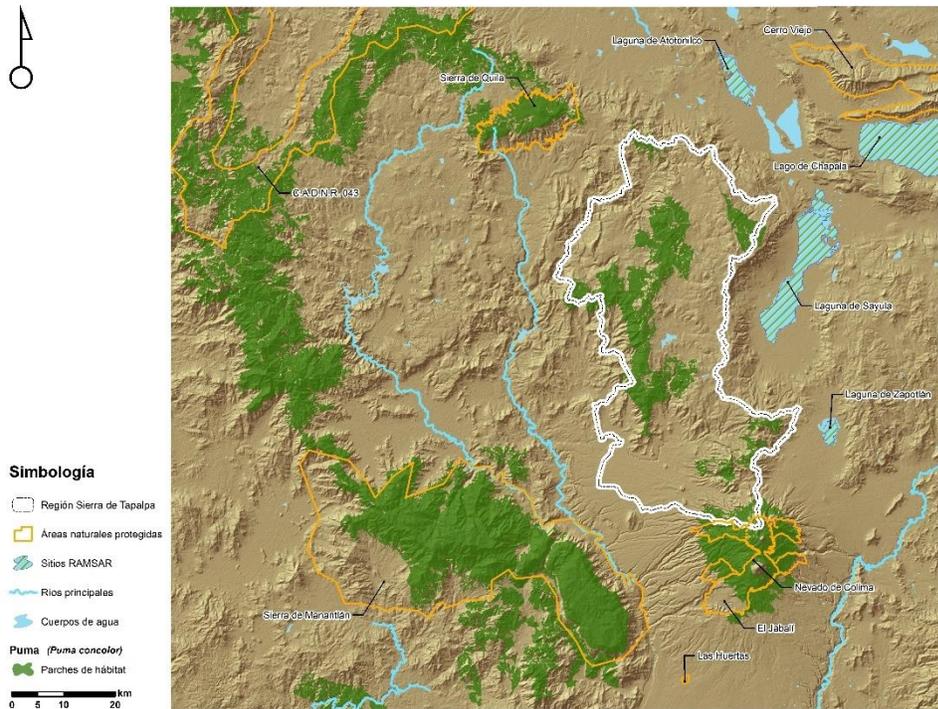


Figura 106. Parche de hábitat del puma

- Parche de hábitat del venado

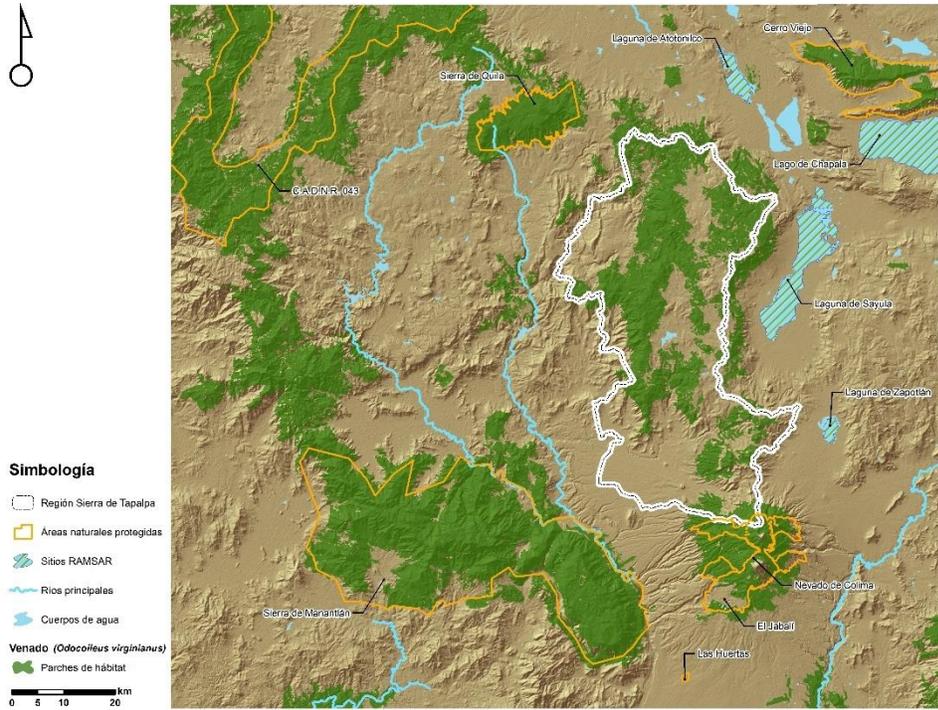


Figura 107. Parche de hábitat del venado

- Parche de hábitat del pecarí

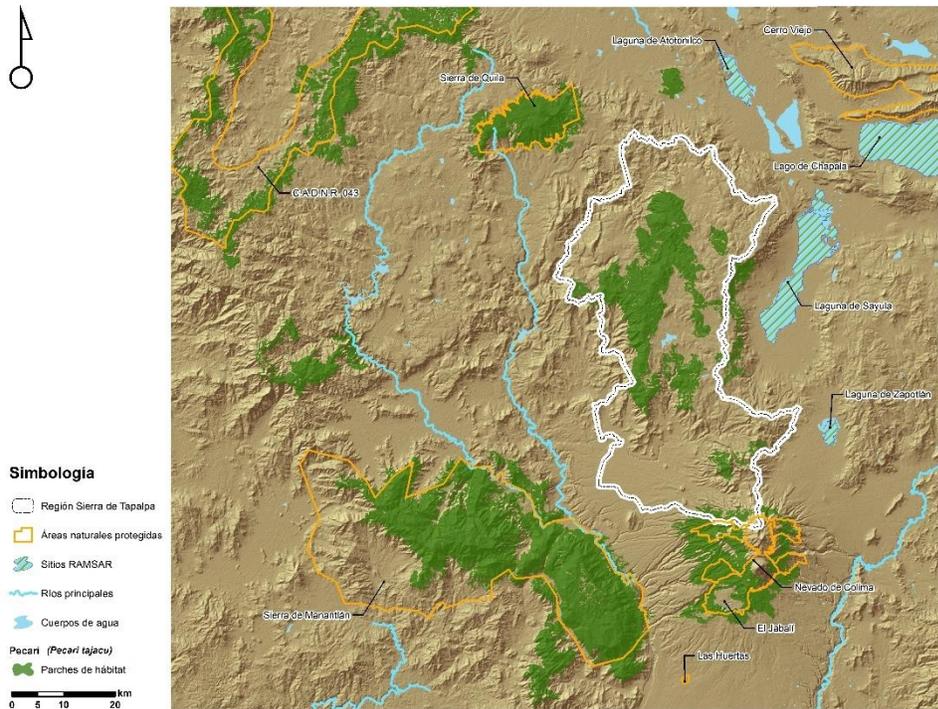


Figura 108. Parche de hábitat del pecarí

- Parche de hábitat del encino (*Quercus candicans*)

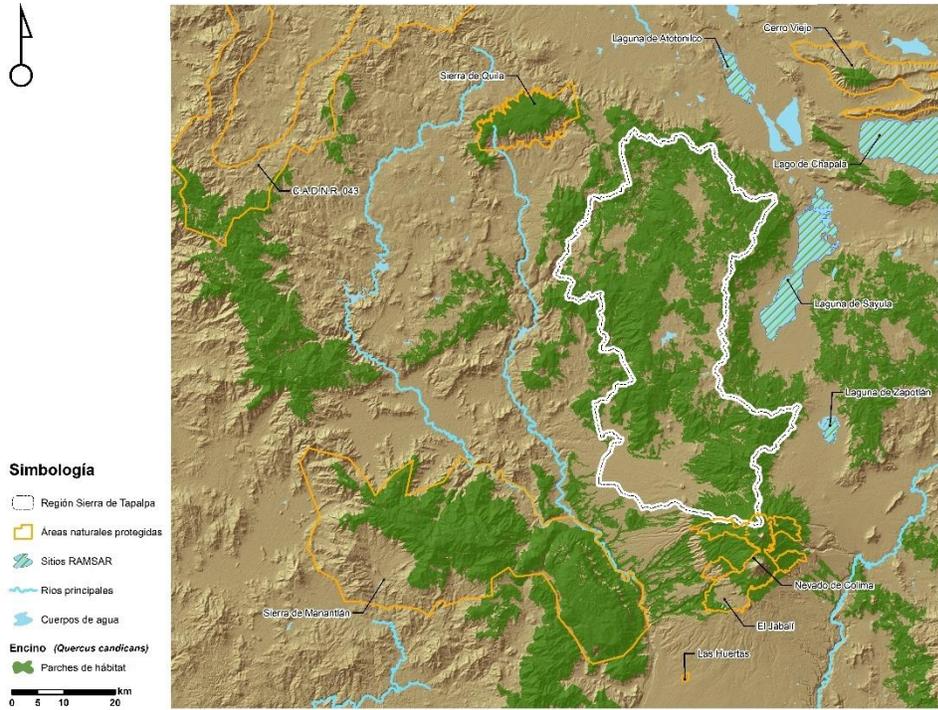


Figura 109. Parche de hábitat del encino (*Quercus candicans*)

- Parche de hábitat del encino (*Quercus castanea*)

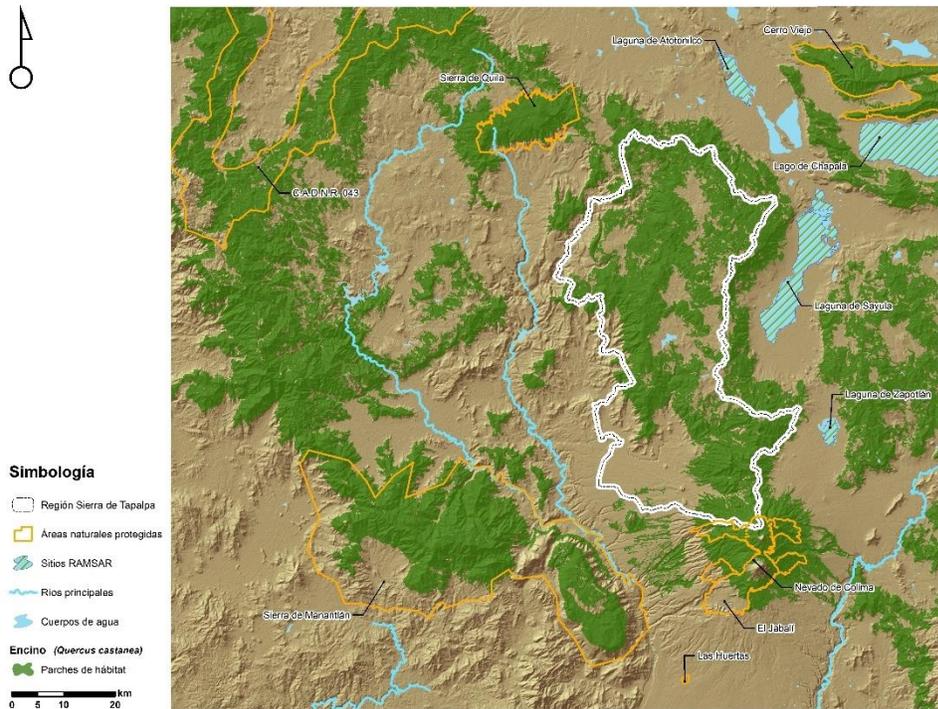


Figura 110. Parche de hábitat del encino (*Quercus castanea*)

Anexo 10. Resumen de criterios ecológicos relacionados en zonificaciones de aprovechamiento

En este anexo se presentan los criterios establecidos en el POET que se relacionan directamente con el concepto de conectividad, según lo establecido en la sección Criterios de comparación con los lineamientos de la UICN. Además, se incluye su descripción.

Tabla 55. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de conservación. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).

ID	Criterio ecológico
CO1	En laderas se retendrán los sedimentos con represamientos escalonados u otras técnicas de conservación de suelo para disminuir los procesos erosivos y de degradación de este.
CO2	Las cuevas, grietas, minas abandonadas y árboles que permitan la permanencia de flora o fauna, deberán de ser conservados sin modificaciones. Solo se podrán registrar cambios cuando estos sean para mejorar la calidad de los hábitats presentes.
CO3	Se prohíbe el ingreso o liberación de cualquier especie invasora o exótica ya sea vegetal o animal.
CO4	El uso de fuego solo se permitirá en zonas destinadas a la recreación y preparación de alimentos con infraestructura adecuada para la prevención de incendios. Esta zona debe ser autorizada por el gobierno municipal.
CO5	La vegetación ribereña deberá ser conservada respetando su distribución natural en la orilla de los cuerpos y cauces de agua; cuando presente signos de deterioro, su recuperación será mediante reforestación con especies nativas y manejo de suelo para lograr su estabilidad.
CO6	Se deberá manejar adecuadamente la vegetación ribereña como base para el hábitat y desplazamiento de fauna silvestre.
CO7	Se deben conservar en pie los árboles muertos de la vegetación nativa que presenten indicios de utilización por parte de la fauna que habite dichos sitios.
CO8	Cualquier tipo de quema de los materiales vegetales productos del desmonte debe de cumplir con lo especificado en la normatividad con respecto al uso del fuego y los trámites especificados ante la autoridad competente.
CO9	No realizar reforestación en bosques afectados por incendios sin antes hacer un diagnóstico del daño y evaluar el potencial de la regeneración y restauración natural.
CO10	En zonas rurales se deberá utilizar ecotecnias que hagan eficiente el consumo de leña.
CO11	Toda actividad antropogénica deberá contar con sistemas de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normativa vigente, a fin de sostener los niveles de calidad de los hábitats silvestres.
CO12	Las brechas y veredas dentro de las selvas y bosques ya existentes deberán implementar acciones para conservar el suelo, evitar la erosión y permitirán la continuidad hídrica.
CO14	No deberán ubicarse tiraderos para la disposición de residuos sólidos en barrancas, próximas a ríos, escurrimientos y zonas de alta recarga.
CO15	Los jardines y áreas verdes solamente podrán ser regados con agua tratada o pluvial.
CO16	Se prohíben las descargas de drenaje sanitario sin tratamiento y de residuos sólidos en los cuerpos de agua y zonas inundables.

ID	Criterio ecológico
CO17	Los proyectos, obras y actividades que requieran la instalación de campamentos o infraestructura temporal deberán aprovechar preferentemente las áreas abiertas libres de vegetación.
CO18	En las áreas ajardinadas solo deberá utilizar fertilizantes orgánicos.
CO19	Los desmontes aprobados para los proyectos se realizarán de manera gradual conforme al avance de obra e iniciando por un extremo, permitiendo a la fauna las posibilidades de establecerse en las áreas aledañas.
CO20	Cualquier actividad productiva deberá respetar una zona de amortiguamiento a los cauces con vegetación riparia.
CO21	Los proyectos, obras y actividades que requieran la instalación de barreras, bordos o cercas deberán garantizar que éstas permitan el libre paso de la fauna silvestre.
CO22	La colecta y/o extracción de flora, fauna, hongos y minerales estará prohibida.
CO23	Si la UGA pasa a formar parte de un área natural protegida, esta se sujetará al programa de manejo y zonificación de dicho decreto.
CO24	La construcción de cualquier obra civil deberá garantizar el libre paso de la fauna silvestre mediante la implementación de pasos de fauna que sigan estándares internacionales.
CO25	Se deberá mantener como mínimo el 70 % de la superficie del predio con vegetación nativa representativa de la zona. En caso de ser un predio degradado, el 70% de la superficie deberá ser restaurada con vegetación nativa.
CO26	No se permite el derribo de árboles y arbustos ubicados en las orillas de los caminos rurales.
CO28	Cualquier modificación del paisaje, ya sea por obra civil, cambio de la cobertura del territorio, proyecto de infraestructura, agropecuario, y de restauración o conservación, deberá establecer medidas para el control de la erosión.
CO29	Se prohíbe el uso de plaguicidas no especificados en el Catálogo Oficial de Plaguicidas emitido por la CICOPALFEST y de aquellos de alta permanencia en el medio ambiente.
CO30	Los herbicidas deberán ser del tipo biodegradables.
CO31	Las actividades productivas realizadas en la UGA deberán garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.
CO32	Los desarrollos turísticos y/o habitacionales, deberán minimizar el impacto a la fauna al dar continuidad a los corredores biológicos y establecer redes verdes al interior del desarrollo.
CO33	El control de malezas se realizará únicamente por métodos físicos u orgánicos, prohibiendo el uso de compuestos químicos de alta permanencia.
CO34	Se permitirá la instalación de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) en la modalidad de manejo extensivo para uso comercial cinegético, repoblación o recreación.
CO35	Realizar prácticas de preservación de la vegetación natural para el control de plagas, enfermedades y la sanidad forestal.
CO36	La reforestación debe realizarse con especies nativas y considerando los tres estratos de vegetación (herbáceo, arbustivo y arbóreo).
CO37	El tránsito de vehículos automotores dentro de áreas de conservación deberá realizarse sólo en los caminos designados. Cualquier actividad recreativa involucrando el uso de vehículos automotores debe ir acorde al programa de manejo.
CO38	Se deben mantener inalterados los cauces y escurrimientos naturales.
CO39	Las obras y/o actividades que se realicen deberán mantener los flujos hídricos y patrones de circulación del agua.
CO40	Los jardines botánicos, viveros y unidades de producción de flora y fauna podrán incorporar actividades de ecoturismo.
CO41	Los viveros deberán incorporar el cultivo de especies arbóreas y/o arbustivas nativas para reforestación.
CO43	La Junta intermunicipal regulará la captura y comercio de fauna silvestre sin estatus comprometido, ésta se realizará únicamente dentro de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (UMAS) y de acuerdo con los calendarios y normatividad correspondientes.
CO44	Se prohíbe la captura y comercio de aves silvestres con fines comerciales fuera de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS).

ID	Criterio ecológico
CO45	Se permitirá la instalación de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (UMAS) en la modalidad de manejo extensivo para la conservación, reproducción y resguardo genético de flora y fauna nativa de la región.
CO46	Se deberá identificar, por parte de investigadores técnicos, las áreas de anidación y reproducción de fauna silvestre para mantener esas zonas excluidas de cualquier aprovechamiento.
CO47	Se promueven los métodos alternativos como la utilización de biopesticidas, bio-estimulantes y bio-elicitores; y la diversificación de plantas nativas en los bordes de los predios agrícolas para la estabilización de población de plagas.
CO48	Cualquier actividad productiva deberá garantizar la continuidad de los procesos físicos y biológicos del sistema ambiental.
CO49	Los caminos y carreteras que atraviesen áreas naturales deben permitir la continuidad de corredores naturales.
CO50	No se permite la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre la vegetación nativa o en sitios sin previa autorización de la secretaría.
CO51	Cualquier obra y/o actividad deberá garantizar la permanencia de los patrones naturales de los escurrimientos superficiales y la integridad de la hidrodinámica y función de los ecosistemas.
CO52	Promover la realización de cursos, talleres y seminarios para difundir conocimientos, información, experiencias y valores relacionados con el manejo, conservación y protección de los recursos naturales, preservación del medio ambiente, valores comunitarios y tradiciones culturales de la región.
CO54	Los lineamientos y criterios se remiten al Plan de Manejo del Área Natural Protegida vigente.
CO55	Los caminos municipales, estatales o federales deberán construirse fuera de las zonas núcleo de las áreas naturales protegidas.
CO56	El desarrollo de actividades de aprovechamiento se realizará fuera de las zonas núcleo.

Tabla 56. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación forestal. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).

ID	Criterio ecológico
FO1	Los propietarios y poseedores de aprovechamientos forestales deberán poner en marcha sistemas de prevención y control de erosión, que consideren los caminos, brechas y veredas y que garanticen la continuidad de los patrones naturales de flujos hídricos.
FO2	La selección de un sistema silvícola debe prever etapas de la sucesión, clases de estructura y asociaciones vegetales, además de presentar los datos de composición de especies arbóreas del bosque, con diámetros >2.5 cm, incluyendo información sobre sus poblaciones dentro del programa de manejo forestal.
FO3	Los aprovechamientos forestales deberán incluir prácticas para evitar el desperdicio de madera en el monte y realizar la pica y acomodo de los residuos (limpia de monte) con el fin de reducir el riesgo de incendios forestales.
FO4	En áreas forestales alteradas se permite la introducción de plantaciones comerciales, previa autorización de Impacto Ambiental y Programa de Manejo Forestal de la CONAFOR
FO5	Las autorizaciones de cambio de uso de suelo deben integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat de manera gradual, garantizando los procesos físicos y biológicos del sistema ambiental.
FO6	Las personas propietarias y poseedoras de terrenos preferentemente forestales están obligados a prevenir los incendios forestales, estableciendo medidas de prevención, Combate y tratamiento de combustibles forestales.
FO7	En las reforestaciones se considerarán las especies nativas y las densidades naturales, según el tipo de vegetación en su expresión local.
FO8	Los aprovechamientos forestales deberán garantizar la permanencia de corredores de fauna y hábitats de relevancia ecológica para considerar zonas de exclusión de aprovechamiento en vegetación nativa.
FO9	Se declaran Áreas de Protección Forestal aquellas franjas, riberas de los ríos, arroyos permanentes, lagos, quebradas y embalses naturales o artificiales construidos.

ID	Criterio ecológico
FO10	Se deben llevar a cabo acciones de restauración y/o reforestación en la parte alta de la cuenca, subcuenca y microcuenca utilizando especies nativas.
FO11	Los propietarios y poseedores de terrenos forestales y de aptitud preferentemente forestal, cuenten o no con un plan de manejo deberán prevenir los incendios forestales mediante el manejo y prevención cultural de los mismos según lo establecido en los programas de manejo de incendios y la normatividad oficial.
FO12	Las plantaciones forestales en terrenos temporal y preferentemente forestales, se promoverá la utilización de especies nativas.
FO13	Las superficies de la unidad de manejo forestal que forman parte de un área natural protegida deberán sujetarse al plan de manejo del ANP.
FO14	De conformidad al Programa de Manejo autorizado, se aplicarán medidas de mitigación de impacto ambiental durante la cosecha o extracción de productos forestales maderables, así como buenas prácticas para la conservación de agua, suelo, biodiversidad, cobertura forestal, procesos dinámicos y la valorización natural o histórica de los ecosistemas forestales a escala de paisaje.
FO15	Las juntas técnicas deberán coordinar con la autoridad competente el diseño de indicadores adecuados que monitoreen y evalúen la efectividad de las acciones de conservación en terrenos forestales.
FO16	Los programas de aprovechamientos forestales deben incluir el listado de especies respaldado por estudios regionales y asesoría de expertos, utilizando los nombres científicos correctos e incluir información sobre requerimientos de hábitat de las especies.
FO17	Debe preverse la inclusión de rodales de viejo crecimiento en áreas de conservación dentro de las unidades de manejo dedicadas a la producción intensiva de madera, con sistemas que implican turnos cortos.
FO18	En la clasificación de superficies bajo aprovechamiento forestal, se deben definir los objetivos particulares, usos permitidos, su intensidad, usos restringidos y los usos prohibidos, incluyendo un mapa con la clasificación.
FO19	En predios bajo aprovechamiento forestal deberá identificar y localizar los sitios con alto valor para la conservación y para su protección.
FO20	No realizar acciones de reforestación en ecosistemas forestales afectados por incendios, sin antes realizar un diagnóstico del daño y evaluar el potencial de la regeneración natural.
FO21	En los predios bajo aprovechamiento forestal, las acciones de saneamiento implicarán necesariamente ajustes en el programa de manejo autorizado. Además, deberán apegarse al procedimiento técnico-normativo para la atención de plagas y enfermedades forestales.
FO22	Identificar el arbolado y otros elementos estructurales del hábitat que deben ser retenidos después de la corta y protegerlos en las operaciones de cosecha y extracción, con fines de conservación de biodiversidad.
FO23	Las áreas que se encuentren degradadas por la afectación de un incendio o aprovechamiento maderable deberán establecer compromisos de restauración, considerando la conservación de la diversidad genética, utilizando preferentemente germoplasma local, con un estricto control de procedencia y del estado sanitario de la planta utilizada en la reforestación, para la recuperación de servicios ambientales importantes en la región.
FO24	Los predios bajo aprovechamiento forestal deben establecer una línea base o condición de referencia para la conservación en la unidad de manejo en relación con su historia de aprovechamiento forestal.
FO25	Los predios con aprovechamientos forestales maderables o no maderables deben establecer medidas de protección y vigilancia para evitar la tala clandestina, saqueo y la cacería furtiva.
FO29	Las brechas y veredas para el desarrollo de actividades forestales deberán contar con obras de contención del suelo y garantizar la continuidad de los patrones naturales de los flujos hídricos.
FO30	Se deberán aplicar prácticas orientadas al manejo integral de plagas en terrenos forestales, temporalmente forestales y preferentemente forestales
FO31	Evitar el uso de fuego en la limpieza de áreas forestales, en caso de ser necesario, se deberá seguir lo establecido dentro del marco normativo legal vigente.
FO33	Los propietarios podrán definir aquellas áreas forestales para la recolección de recursos no maderables de autoconsumo, en concordancia con las costumbres de la población rural, y podrán solicitar la supervisión de técnicos capacitados por medio de un plan de manejo simplificado.

ID	Criterio ecológico
FO34	Se deberán utilizar especies y variedades nativas de árboles, como medio de adaptación a cambios ambientales y reducción de la vulnerabilidad de la producción forestal frente a plagas, enfermedades y eventos meteorológicos extremos.
FO35	En áreas con pendientes mayores a 45° se conservará, o en su caso, se restaurará la vegetación nativa, evitando llevar a cabo aprovechamientos forestales tanto maderables como no maderables.
FO36	En las áreas deforestadas (taladas o quemadas) realizar plantaciones con especies nativas.
FO37	El aprovechamiento de recursos forestales no maderables que se utilice para la comercialización deberá apearse a la normatividad vigente por la dependencia competente.
FO38	La agricultura y la ganadería sólo se podrán realizar sobre barbechos previos donde no exista recuperación de arbolado, en los predios con PMF se deben incluir prescripciones para la regulación de la ganadería en la unidad de manejo, definiendo las áreas en que está permitido, restringido o prohibido.
FO39	El aprovechamiento de tierra de monte, de hoja y musgos requerirá presentar un plan de manejo forestal simplificado.
FO40	Las áreas deforestadas, degradadas o quemadas deberán ser restauradas o rehabilitadas, a través del control o eliminación de los factores de cambio, el restablecimiento de la cobertura vegetal, la siembra o plantación y reintroducción de especies, el control de procesos de erosión y degradación del suelo y la estabilidad y productividad de los suelos.
FO41	Se prohíbe cualquier actividad productiva agropecuaria o extractiva en los ecotonos con el fin de mantener las especies controladoras de plagas
FO42	En el caso del derribo de árboles y arbustos ubicados en las orillas de los caminos rurales. Se deberá realizar la recolección y conservación de semillas, rebrotes, estacas o plántulas de las especies para la revegetación de estos caminos.
FO43	Las personas propietarias y poseedoras de terrenos forestales y preferentemente forestales deberán manejar el fuego manteniendo un mosaico de hábitat favorable tanto para las especies sensibles como para las especies más resistentes al fuego, con el objetivo de conservar el hábitat y la biodiversidad
FO44	Se evitará el establecimiento de actividades agropecuarias, en terrenos forestales que han sido afectados por incendios en los últimos 20 años.
FO45	Las áreas con vegetación de bosque mesófilo de montaña estarán en la categoría de protegidos, por lo que no se podrán realizar actividades de aprovechamiento o deforestación
FO46	Se permite el aprovechamiento de leña para autoconsumo, preferentemente de árboles caídos. En caso de recursos no maderables, la extracción deberá ser de bajo impacto y cantidades limitadas según la especie.
FO47	Dar preferencia a la rehabilitación de caminos de terracería existentes en vez de construir nuevos.
FO48	En caso de que se realice apertura o adecuación de caminos, estos deberán contar con manifestación de impacto ambiental, y preferentemente utilizar técnicas para el control de sedimentos en caminos forestales.
FO49	Las actividades a desarrollar deberán de orientarse para reducir la presión ejercida sobre los recursos forestales, y aumentar la captura de CO2 con proyectos agroforestales.
FO50	Queda prohibido el establecimiento de plantaciones forestales en sustitución de la vegetación nativa de los mismos terrenos.
FO51	Las áreas que presenten condiciones fuertes de degradación deben implementar prácticas de conservación de agua y suelos.
FO52	Los predios con aprovechamientos forestales deben establecer con claridad los objetivos de conservación o producción de las áreas de restauración y diseñar las prácticas de manejo para restauración o rehabilitación productiva, utilizando germoplasma local, en el caso de introducir especies exóticas o de germoplasma de otras localidades, debe de haber una justificación adecuada y deben evaluarse los posibles impactos ambientales.
FO53	Propiciar el aprovechamiento maderable en predios con proyectos agroforestales o silvopastoriles.
FO54	El Saneamiento forestal se limita al derribo y troceo del arbolado afectado por insectos barrenadores, la poda para reducir la cantidad de epifitas, la colecta de conos y semillas infectados y demás tratamientos aplicados para el control de plagas.
FO55	Se permite el aprovechamiento de leña para uso doméstico, de acuerdo a los criterios establecidos en el marco normativo legal vigente.

ID	Criterio ecológico
FO56	Cuando se aproveche el material vegetativo muerto (árboles), se deberá reforestar el número de árboles o superficie aprovechada presentando un programa de manejo simplificado.
FO57	En los predios bajo aprovechamiento forestal, los propietarios están obligados a dar aviso al Sistema Integral de Vigilancia y Control Fitosanitario Forestal sobre la presencia de plagas y deberán realizar los trabajos de saneamiento forestal indicados en el informe técnico.

Tabla 57. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación hídrica. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).

ID	Criterio ecológico
H2	No se puede concesionar un volumen de agua subterránea superior a la capacidad de recarga del acuífero estimada según el ordenamiento vigente, con el propósito de no comprometer los sistemas subterráneos.
H6	Cualquier obra y/o actividad dentro de la microcuenca deberá garantizar la permanencia de los patrones naturales de los escurrimientos superficiales.
H7	Se deberá respetar la morfología natural de los cauces y escurrimientos de la UGA, a excepción de la construcción de puentes, bordos, presas, abrevaderos y para autoconsumo. Estas obras deberán contar con la autorización de la CONAGUA o la SEMARNAT en el ámbito de sus competencias.
H8	Las actividades productivas que generen aguas residuales deberán contar con sistemas de tratamiento que aseguren los niveles de calidad según la normativa vigente.
H11	La canalización del drenaje pluvial hacia cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción deben filtrar el agua con sistemas de depuración, trampas de grasas y sólidos, u otros que garanticen la retención de sedimentos y contaminantes.

Tabla 58. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de actividades acuícolas. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).

ID	Criterio ecológico
AC1	La introducción de especies de fauna acuática que no existan en forma natural en los cuerpos de agua deberá requerir un certificado de sanidad acuática, un estudio que contenga los registros de las enfermedades de origen y la historia genética. Un estudio técnico de la biología y hábitos de las especies.
AC2	Las unidades de producción acuícola deberán llevar control, mediante el monitoreo y saneamiento del agua que se les abastece.
AC3	La pesca en cuerpos de agua naturales sólo deberá realizarse con artes de pesca tradicionales y respetando los periodos de reproducción y veda de las especies nativas.
AC4	La viabilidad de todo proyecto de aprovechamiento acuícola deberá ser establecida por la autoridad competente a través de la Evaluación de Impacto Ambiental.
AC13	Deberán ser regresados al agua los organismos capturados por pesca deportiva- recreativa de las dos subespecies Lobina negra (<i>Micropterus salmoides salmoides</i>) y Lobina de Florida (<i>Micropterus salmoides floridanus</i>), estos en adecuadas condiciones de sobrevivencia. Así mismo, la pesca deportivo- recreativa de dichas variedades podrá llevarse a cabo empleando el método de "captura y liberación", para todos los organismos
AC14	Se establecen las siguientes tallas mínimas de captura por especie: <i>Cyprinus carpio</i> (carpa común), <i>C. carpio specularis</i> (carpa espejo), <i>C. carpio communis</i> (carpa de Israel) y <i>C. carpio rubrofusca</i> (carpa barrigona) de 345 milímetros de longitud total.
AC15	Sólo se autorizan para artes o pesca de carpa común las redes de enmalle construidas de hilo monofilamento o multifilamento de nylon o cualquier otro tipo de poliamida, con diámetro máximo de hilo de 0.30 milímetros, luz de malla mínima de 101.6 milímetros (4 pulgadas), longitud entre 80-100 metros, caída de hasta 2.5 metros y un encabalgado de entre 40 y 50%.
AC16	No se podrán unir más de dos redes.
AC17	Las redes no podrán permanecer en el agua por más de 12 horas.

ID	Criterio ecológico
AC18	Sólo se podrá capturar por día y por pescador deportivo 3 ejemplares de lobina negra de más de 300 milímetros de longitud total.
AC19	Sólo se podrá por día y por pescador para consumo doméstico de 5 ejemplares de carpa común.
AC20	En el caso particular de la trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) se utilizarán huevos y crías certificados, al igual que todos los correctos procedimientos expresados en el Manual de Buenas Prácticas en la Producción Acuícola de Trucha por la SENASICA).
AC21	La regulación de la producción de la trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) le compete a SEMARNAT y al mismo tiempo su manejo y aprovechamiento sustentable sólo puede ser a través de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) y deberá sujetarse a los dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento.
AC23	El agua residual de la actividad acuícola deberá ser tratada hasta contar con la calidad mínima indispensable, según lo dicte la norma oficial respectiva.
AC25	Queda estrictamente prohibido utilizar explosivos o sustancias venenosas para la captura de especies fluviales y otros cuerpos de agua, incurriendo quienes lo hagan en delitos de competencia municipal, estatal y federal.
AC26	Se prohíbe el uso acuícola en la presa de Juanacatlán, Tapalpa.

Tabla 59. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de actividades agrícolas. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).

ID	Criterio ecológico
AG1	La ampliación y/o apertura de cualquier tipo de cultivo que requiera riego será condicionada por el balance hídrico de la microcuenca del ordenamiento vigente.
AG2	El incremento en la superficie de producción agrícola o la apertura de nuevas áreas de producción se limitará a la superficie considerada con la política de aprovechamiento agropecuario.
AG5	En las unidades de producción donde se cultiven especies anuales con riego, se deberá establecer un cultivo de cobertura al final de cada ciclo del cultivo que será incorporado como abono verde o bien utilizado como forraje en el siguiente ciclo.
AG6	Los canales de riego o drenes deben contar con trampas de sedimentos o desarenadores para evitar el azolve.
AG7	Desazolvar los canales de riego y eliminar la maleza periódicamente (mínimo una vez al año).
AG8	Los residuos orgánicos del aprovechamiento agropecuario deben ser utilizados en el sitio para la fertilización de los suelos.
AG9	Los procesos de fertilización del suelo deberán incorporar anualmente material orgánico (gallinaza, estiércol y composta) y abonos verdes como leguminosas.
AG10	De acuerdo con las recomendaciones de la FAO el manejo de malezas deberá realizarse bajo los siguientes mecanismos: rotación de cultivos, asociaciones de cultivos, cobertura viva y acolchado o mulch.
AG11	Los predios de monocultivos deberán implementar esquemas para el descanso de tierras y/o rotación periódica de cultivos.
AG12	Se deberán incorporar coberturas orgánicas sobre el suelo de los predios agrícolas por lo menos una vez al año para evitar la erosión.
AG13	En zonas con susceptibilidad a deslizamientos y erosión alta, las actividades productivas deben orientarse hacia prácticas agroforestales o silvopastoriles.
AG14	No se permite el aumento de la superficie de cultivo sobre terrenos con suelos delgados con alta susceptibilidad a la erosión sin que se lleven a cabo medidas de mitigación de la erosión.
AG15	Se deberá mantener una franja de cercos vivos o barreras verdes en los perímetros de las áreas y/o predios agrícolas. Estas deberán conectarse con cercos o barreras de otras áreas, tanto agrícolas como silvestres, para mitigar la erosión y favorecer la conectividad del hábitat.

ID	Criterio ecológico
AG16	Se deberá mantener una franja de vegetación nativa sobre el perímetro de los predios de pastoreo y agrosilvopastoriles.
AG17	Las áreas de pastizales naturales o inducidos deberán emplear combinaciones de leguminosas y pastos seleccionados.
AG18	Se restringe la extensión de pastizales y a su vez, la introducción de pastizales invasivos debido al riesgo del aumento de incendios, la potencial deforestación de la selva y la reducción a la resiliencia ante el cambio climático.
AG19	De ser autorizado un cambio de uso de suelo forestal a agropecuario, sólo se podrán realizar actividades silvopastoriles, agroforestales o agrosilvopastoriles.
AG20	No se permite el cambio de uso de suelo forestal por agrícola.
AG21	En unidades de producción de temporal ubicadas en zonas susceptibles a la erosión o a la vulnerabilidad de agua subterránea deberán establecerse cultivos de cobertura.
AG22	Cuando sea necesario realizar una quema en parcelas agrícolas, esta deberá llevarse a cabo según las especificaciones de la normatividad vigente.
AG23	La introducción de organismos genéticamente modificados queda condicionada a lo establecido en la normatividad vigente.
AG24	Solo se pueden emplear agroquímicos que estén autorizados por la COFEPRIS.
AG25	Se prohíbe el uso de cualquier agroquímico (pesticida, herbicida, fertilizante, etc.) en las zonas de vulnerabilidad de agua subterránea o acuíferos potenciales, con el propósito de reducir el riesgo de contaminación del agua subterránea
AG26	Solo se permite la agricultura sin uso de agroquímicos.
AG28	Los acahuales que se encuentren dentro de los predios agrícolas deberán mantenerse intactos.
AG29	Los predios de agricultura intensiva y plantaciones deberán elaborar un programa de manejo y monitoreo de las condiciones del suelo, siendo deseable un monitoreo quinquenal.
AG30	Los predios destinados al cultivo de agave deberán permitir la floración de un 5% a 10% de la plantación, con el propósito de que éstas proporcionen néctar a las poblaciones de murciélagos magueyeros.
AG31	Los cultivos de agave deberán cubrir al menos el 50% del suelo entre el agave con algún otro cultivo compatible.
AG37	Los productores que tengan esquemas que aseguren la conservación y el adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos deben ser privilegiados por las acciones e inversiones públicas.

Tabla 60. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de industria. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).

ID	Criterio ecológico
IN1	Las zonas industriales y talleres de servicio industrial deberán estar delimitadas por barreras naturales o artificiales que disminuyan los efectos de ruido y contaminación ambiental, incluida la visual.
IN2	La industria deberá contar con sistemas de tratamiento de aguas residuales o con métodos alternativos los cuales deberán incluir en sus fases un pretratamiento y tratamiento primario. Además, deberá contar con concesión de descarga de aguas residuales.
IN3	La industria deberá contar y cumplir con programas de manejo de residuos industriales y peligrosos.
IN4	Las actividades industriales que se emplacen en el suelo rústico serán permitidas de acuerdo con lo señalado en el artículo 40 del Reglamento Estatal de Zonificación. Además, deberán contar con una franja perimetral de aislamiento para el conjunto de sus instalaciones dentro del mismo predio. El ancho de esta se determinará según lo establecido en el artículo 42 del mismo reglamento.
IN6	El establecimiento de industrias de beneficio minero deberá incorporar técnicas y procesos productivos con bajo impacto ambiental.
IN7	Las industrias actuales y las de nueva creación deberán implementar los recursos tecnológicos suficientes para dar cumplimiento con el marco jurídico vigente en materia de

ID	Criterio ecológico
	emisiones a la atmósfera, ruido, desechos sólidos y líquidos que causen contaminación en la atmósfera, aguas y suelos.
IN8	La agroindustria reutilizará el agua tratada con fines de riego para áreas verdes, uso humano (sanitarios, limpieza de instalaciones, entre otras). El agua pluvial deberá aprovecharse en la actividad económica y/o establecer mecanismos para propiciar la recarga al acuífero.
IN9	Se condicionan las actividades industriales de alto impacto ambiental, establecido y por establecerse, a la reconversión de sus procesos tecnológicos para la disminución de la huella ecológica de los mismos.
IN10	Se evitará el desarrollo de industria en zonas de alta producción agrícola o con suelos fértiles, considerados espacios de recursos estratégicos.
IN13	La industria deberá contar con sistemas de drenaje pluvial, aguas sanitarias y de procesos, independientes.
IN16	El desarrollo de nuevos corredores industriales sólo se permitirá en zonas que se hayan identificado como de muy baja vulnerabilidad, alta conectividad regional y cuente o pueda desarrollar servicios e infraestructura de calidad y bajo impacto al medio ambiente
IN17	La canalización del drenaje pluvial hacia tanques de almacenamiento debe realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de depuración, trampas de grasas y sólidos, u otros que garanticen la retención de sedimentos y contaminantes.
IN18	Las industrias que empleen como insumo en su sistema productivo el gas natural, aquellas relacionadas con el sector energético o de generación de energía eléctrica, deberán presentar invariablemente una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)
IN20	En zonas industriales deberán realizarse acciones de monitoreo ambiental por la autoridad responsable.
IN22	Los proyectos agroindustriales que en su fase operativa involucren el uso de agroquímicos cuenten con un programa voluntario de monitoreo de la calidad del agua del subsuelo a fin de detectar y prevenir la contaminación del recurso.
IN23	Incorporar en las empresas el uso de tecnologías y metodologías de gestión ambiental en materia de residuos peligrosos, así como alternativas tecnológicas y de gestión mediante el diseño e instrumentación de estrategias ambientales.
IN26	Las industrias que cuenten con sistemas de tratamiento para la descarga de aguas in situ, deberán cubrir el 100% del agua requerida para riego de sus áreas verdes y sanitario proveniente de dicho tratamiento de aguas.
IN30	El nuevo desarrollo de corredores industriales sólo se permitirá en zonas que se hayan identificado como bajo potencial de infiltración, alta conectividad regional y cuente o pueda desarrollar servicios e infraestructura de calidad y bajo impacto al medio ambiente.

Tabla 61. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de infraestructura. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).

ID	Criterio ecológico
IF1	No se permite el uso de productos químicos ni fuego en la preparación y mantenimiento de derechos de vía.
IF2	Para toda obra o proyecto, durante las etapas de preparación y construcción se deberá contar con la infraestructura necesaria para garantizar la no infiltración de materiales peligrosos al subsuelo.
IF5	Las áreas urbanas y/o turísticas, nuevas y existentes, deberán implementar infraestructura verde para aprovechar los servicios ecosistémicos y aumentar la tasa de infiltración y retención de agua
IF9	Para los proyectos de nuevas carreteras o caminos se deben construir pasos de fauna en base a un estudio ecológico que determine la localización, cantidad, dimensiones y tipología, que responderán a criterios ecológicos y etológicos
IF10	Si los requerimientos estructurales de la superficie de rodamiento lo permiten, la construcción de caminos, andadores y estacionamientos deberá utilizar materiales que permitan la infiltración del agua pluvial al subsuelo así mismo, los caminos deberán ser estables, consolidados y con drenes adecuados.
IF12	No se permite infraestructura de materiales permanentes en las áreas de protección a excepción de las indicadas en el Plan de Manejo.

ID	Criterio ecológico
IF13	La construcción de vías de comunicación aledaña, colindante o paralela al flujo del humedal deberá respetar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación.
IF15	Solo podrán realizar obras de dragado con fines de desazolve y mejoramiento de los flujos hidrológicos naturales del sitio, previa autorización de La Comisión Nacional del Agua.
IF16	Todos los establecimientos de tipo industrial o habitacional deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales.
IF18	Las acciones de desmonte, excavación y formación de terraplenes para la construcción de infraestructura, deberá incluir programas de rescate de germoplasma de especies nativas (semillas, esquejes, estacas, hijuelos, etc.) y programas de rescate de la fauna, garantizando medidas de compensación y mitigación.
IF19	Los productos del dragado deberán confinarse en sitios de tiro delimitados con barreras contenedoras.
IF20	No se permite el lavado de depósitos de aceites, combustibles o residuos, ni la descarga de aguas residuales sin tratamiento y residuos sólidos en la dársena y peines de los humedales y marinas.
IF23	La construcción de cualquier obra de infraestructura deberá dejar en pie los árboles más representativos del predio en cuestión.
IF24	En aquellos predios donde se identifiquen sitios arqueológicos relevantes, se podrá instalar la infraestructura necesaria para su uso turístico - cultural del sitio con la finalidad de un ordenamiento territorial con enfoque turístico integral y sustentable.
IF25	No se permite la edificación de equipamiento e infraestructura pesquera (plantas procesadoras, cuartos fríos, almacenamiento) en las veras de los cuerpos de agua
IF26	Los proyectos, obras y actividades que requieran la instalación de campamentos o infraestructura temporal deberán ubicarse en áreas abiertas libres de vegetación y no invadir cauces y cuerpos de agua.
IF27	La construcción y operación de infraestructura aguas arriba deberá respetar el aporte natural de sedimentos a la parte baja de las cuencas hidrológicas.
IF28	Los proyectos, obras y actividades que requieran la instalación de barreras, bordos o cercas deberán garantizar que éstas permitan el libre paso de la fauna silvestre.
IF29	Cualquier modificación del paisaje, ya sea por obra civil, cambio de la cobertura del territorio, proyecto de infraestructura, agropecuario, y de restauración o conservación, deberá establecer medidas para el control de la erosión.
IF30	No se permite ningún tipo de construcción permanente sobre pantanos, manglares, esteros o escurrimientos naturales
IF31	En los caminos y carreteras que atraviesan áreas naturales, se contemplará en el diseño y operación, la no interrupción de corredores naturales.
IF33	Se prohíbe el desarrollo de infraestructura que limite el movimiento natural del agua en su cauce que no siga los criterios ecológicos establecidos en la Ley
IF34	Al realizar obras de canalización y dragado, se deberán tomar medidas necesarias para que la concentración de sólidos suspendidos no exceda el 5% de su concentración natural en el cuerpo de agua.
IF36	En las etapas de desmonte y despalme de las áreas destinadas a construcciones de caminos deberán de tomarse medidas de mitigación como inducir vegetación en las áreas aledañas, programas de rescate de flora previo al desmonte, realizar el desmonte de manera paulatina para permitir el desplazamiento de la fauna, recolección y conservación de la capa vegetal para la revegetación de caminos de acceso.
IF37	La infraestructura de desarrollo inmobiliario que se pretenda realizar en zonas inundables y humedales deberá contar con un permiso expedido por la Autoridad del Agua que contenga las técnicas de mitigación y protección a cuerpos de agua y humedales.

Tabla 62. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de actividades pecuarias. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).

ID	Criterio ecológico
P1	La vegetación que sea utilizada para dar sombra al ganado, deberá ser preferentemente vegetación nativa.

ID	Criterio ecológico
P2	En áreas dedicadas a ganadería intensiva deberá subdividirse el territorio con la finalidad de rotar el número de ganado dando oportunidad a la recuperación del suelo y los pastos
P3	Las zonas que hayan sido sobre pastoreadas recurrentemente deberán dejarse descansar, mediante el modelo de Zona de Exclusión Ganadera.
P4	Las áreas destinadas a pastoreo y aprovechamiento ganadero deberán manejarse con plaguicidas e insecticidas aprobados por la CICOPLAFEST, excluyendo el uso de químicos de alta persistencia y toxicidad.
P5	En unidades de producción ganadera, donde existan especies de pasto de alta capacidad forrajera, excluir un área de pastoreo para la producción de semillas de manera confinada y controlada.
P6	El uso y construcción de baños garrapaticidas, así como el uso y lavado de bombas garrapaticidas deberán ubicarse fuera de la franja de la política de protección de cauces y cuerpos de agua. Los sitios para tal fin deberán contar con recubrimiento impermeabilizante, con el fin de minimizar el riesgo de contaminación por la infiltración hacia el acuífero y/o el escurrimiento hacia los cuerpos de agua. El agua residual proveniente de estos baños deberá ser tratada para asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad de la normatividad vigente.
P7	Las actividades pecuarias que se desarrollen bajo métodos de producción intensiva y en confinamiento, deberán considerar un sistema para el tratamiento, reutilización y disposición final de las aguas residuales.
P8	Las cercas perimetrales deberán incluir árboles multifuncionales (maderables, no maderables, forrajeros, melíferos, frutales, etc.) o en su defecto, vegetación arbustiva.
P9	Las granjas deberán instalar y/o adecuar infraestructura para la captación del agua pluvial que se utilice para el consumo animal, riego de áreas verdes y limpieza.
P10	El pastoreo deberá evitarse en áreas forestales que se destinen a la repoblación o reforestación natural o inducida y/o donde haya evidencia de alteración del suelo.
P11	Deberán emplearse obras de restauración para suelos compactados y erosionados en zonas afectadas por las actividades agropecuarias.
P12	Todos los predios dedicados a la producción ganadera deberán acahualar o conservar como mínimo el 20% de la vegetación nativa presente en el predio.
P13	Todo proyecto de actividad pecuaria deberá tener pruebas vigentes de brucella y tuberculosis del ganado.
P14	Las actividades pecuarias que se desarrollen bajo métodos de producción intensiva y en confinamiento, deberán considerar la implementación de sistemas de recolección y transformación de excretas en abonos orgánicos para reintegrarse a suelos donde han sido alterados los contenidos de materia orgánica.
P15	No se permite la ganadería extensiva cuando los hatos rebasen los coeficientes de agostadero asignados por la Comisión Técnica de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA) para esta región.
P16	En terrenos agrícolas y ganaderos solamente se deberá aplicar el fuego mediante métodos de quema controlada o prescrita
P17	No se permiten desmontes para cambio de uso del suelo, de manera que se conserve la cobertura forestal y se aproveche su potencial forrajero, manteniendo el uso tradicional de agostaderos cerriles.
P18	La actividad pecuaria no deberá realizarse en centros de población ni en franjas de aprovechamiento turístico
P19	Toda actividad pecuaria deberá realizarse fuera de la zona federal de los cauces y humedales, y/o de la distancia que establezcan los planes de manejo de los sitios Ramsar, exceptuando la actividad apícola.
P20	En caso de instalación de granjas porcícolas, estas deberán estar fuera de los asentamientos humanos. Además, deberán contar con las especificaciones del Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de granjas porcícolas elaborado por SENASICA
P21	Las actividades pecuarias no deberán reducir la cubierta forestal
P22	No se permite el uso de ivermectina
P23	Todos los predios con vocación pecuaria deberán contar con bancos de proteínas para el ganado.
P24	Cualquier proyecto de ganado caprino, bovino y ovino, deberá presentar un plan de manejo que sea avalado por las autoridades competentes
P25	La población ganadera no deberá rebasar la capacidad de carga del sitio donde se encuentra.

ID	Criterio ecológico
P26	Los rastrojos y residuos agrícolas disponibles serán utilizados para el mejoramiento de la nutrición animal y el incremento de la producción y productividad ganadera.
P27	Evitar la quema de terrenos para limpieza y preparación de los mismos. Se debe fomentar la incorporación de la materia orgánica al suelo.
P30	Se deberá contar con bebederos para los animales para evitar el acceso directo del ganado a los cuerpos de agua
P31	En el tratamiento de plagas y enfermedades deben manejarse productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, que sean preferentemente orgánicos y estrictamente los autorizados por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes.
P32	Los Planes de Desarrollo Pecuario estipulados en el Reglamento de la Ley de Desarrollo Pecuario del Estado de Jalisco deberán contar con la opinión técnica de la SEMADET para evaluar su congruencia con las condiciones ambientales de la UGA
P33	No se permite la apertura de más áreas para desarrollar actividades pecuarias
P34	Solamente se permite el desarrollo de proyectos agrosilvopastoriles.
P35	Los productores pecuarios con ganado estabulado deberán manejar sus residuos sólidos como Residuos de Manejo Especial conforme a los lineamientos y procedimientos que marca la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco y sus reglamentos.
P36	No se permite el pastoreo en zonas forestales

Tabla 63. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de riesgos. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).

ID	Criterio ecológico
R1	Evitar construir en zonas sobre o cerca de escurrimientos y cuerpos de agua de 20m a 70m.
R3	La urbanización y construcción de infraestructura debe considerar y mitigar las repercusiones que puedan ocasionarse en las partes bajas de la cuenca
R4	No se permite construir en zonas propensas a desastres
R6	Proteger la superficie forestal, así como la propiedad y la población de los incendios forestales dañinos.
R7	En zonas con susceptibilidad a deslizamientos, erosión alta y muy alta, las actividades productivas deberán orientarse hacia prácticas agroforestales y silvopastoriles.
R8	En ninguna circunstancia se deberá hacer uso del fuego en terrenos que sustenten ecosistemas forestales sensibles al fuego.
R11	Los propietarios y poseedores de terrenos forestales y de aptitud preferentemente forestal, están obligados a prevenir los incendios forestales mediante la apertura de guardarrayas entre predios colindantes, limpieza y control de material combustible y la integración de brigadas preventivas.

Tabla 64. Criterios ambientales que abonan a la preservación y conservación ambiental de la zonificación de turismo. Fuente: Elaboración propia con información de SEMADET (2021).

ID	Criterio ecológico
T2	Solo serán permitidas las prácticas ecoturísticas y turismo de bajo impacto natural y ecosistémico
T3	Privilegiar la utilización de ecotecnias y prácticas sustentables en los sitios donde no cuenten con la infraestructura mínima de urbanización se desarrollen actividades turísticas/ recreativas en el territorio.
T4	Toda construcción de alojamiento temporal, serán dictaminados urbanísticamente por los lineamientos de habitacional jardín o granjas y huertos (4 viviendas y 20 hab. máximo por hectárea) utilizarán materiales de la región, su altura no rebasará la vegetación arbórea, se construirá bajo los principios de diseño bioclimático y vivienda sustentable.

ID	Criterio ecológico
T7	En el área de servicios, se deberán dejar en pie los árboles más desarrollados de la vegetación original y únicamente en el caso de que sea estrictamente necesaria su remoción se deberá justificar con un estudio técnico y efectuar las medidas de compensación y mitigación correspondientes.
T8	Los desarrollos turísticos deberán contar con sistemas de reutilización de aguas grises y emplearlas en el riego de áreas verdes o jardines en los términos que la norma establece.
T10	Para la preparación del sitio en áreas naturales protegidas y de preservación, no se permite el desarrollo de actividades contaminantes, ni el uso de maquinaria pesada.
T12	Las actividades recreativas y turísticas acuáticas deberán realizarse fuera de los sitios reconocidos de anidamiento, reproducción o refugio de vida silvestre.
T14	El desplante de cualquier proyecto deberá realizarse en zonas degradadas o deforestadas, siempre y cuando el predio cuente con este tipo de superficies.
T15	Los nuevos desarrollos turísticos deberán contemplar en su proyecto definitivo de urbanización, la construcción de accesos viales y la construcción y/o ampliación de las redes de agua potable, drenaje y electricidad necesarias para su operación.
T16	Toda actividad deportiva/turística relacionada con automotores u otras relacionadas no serán permitidas.
T17	Durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento, se deberá ejercer una vigilancia continua para evitar la captura, cacería y destrucción de nidos y crías.
T20	El diseño de las construcciones debe emplear una arquitectura armónica con el paisaje considerando técnicas, materiales y formas constructivas locales.
T21	Sólo se deberán emplear especies nativas y propias de la región en las áreas ajardinadas o uso público.
T22	Toda actividad turística asociada a cuerpos de agua deberá contar con las medidas necesarias para prevenir la contaminación del embalse, contar con programa de manejo de residuos sólidos y con reglamento para el uso del espacio recreativo.
T23	Los cuerpos de agua que se utilicen con fines recreativos deberán contar con los niveles de calidad de agua que la COFEPRIS establece.
T24	En las áreas donde se lleven a cabo actividades en cuerpos de agua se deberá monitorear la calidad del recurso hídrico.
T25	Se deben emplear materiales de construcción que armonicen con el entorno y paisaje del sitio.
T26	La construcción en las paredes de los acantilados está prohibida.
T28	Cada desarrollo turístico deberá consistir en un 30% de superficie de desplante, 35% como máximo para área de servicios y al menos 35% de área natural para su conservación.
T29	Los desarrollos turísticos deben considerar en sus proyectos el mínimo impacto sobre la vida silvestre y acciones que tiendan a minimizarlos generados por los mismos.
T31	En áreas naturales protegidas sólo se permiten las prácticas de campismo, rutas interpretativas, observación de fauna y paseos fotográficos.
T32	El turismo en las áreas con vegetación de selvas y bosques será del tipo clasificado como Turismo de Naturaleza/Ecológico.
T33	En las áreas prioritarias para la conservación de ecosistemas y biodiversidad, sólo se permiten las prácticas de campismo, rutas interpretativas, observación de fauna y paseos fotográficos.
T35	La creación de desarrollos turísticos contará con planta de tratamiento de aguas residuales o sistemas alternativos que cumplan con las disposiciones normativas aplicables.
T37	Solo serán permitidas las prácticas ecoturísticas y turismo de bajo impacto natural y ecosistémico en áreas naturales protegidas o de relevancia natural.
T38	Las obras relacionadas con la actividad ecoturística se realizarán sin afectar los ecosistemas, manteniendo la vegetación natural, a fin de no afectar el paisaje.
T39	Previo al desmonte y preparación del sitio, toda instalación de campo de golf deberá contar con un vivero para el rescate de flora y fauna de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001.
T41	La superficie de desplante de todo desarrollo turístico deberá estar acorde a lo que establece el Reglamento Estatal de Zonificación.

ID	Criterio ecológico
T42	Los campos de golf deberán de contar con sistema de riego controlado que garantice la optimización del uso del agua y procurar un diseño bajo una perspectiva sustentable conforme a la evaluación de impacto ambiental.
T43	La construcción de infraestructura en cuerpos de agua deberá realizarse únicamente en los sitios donde no se alteren las condiciones hidrológicas del embalse.
T44	Las maniobras de reparación, mantenimiento y abastecimiento de combustible para embarcaciones que lo requieran, deberán restringirse a sitios especiales fuera del embalse del cuerpo de agua.
T45	Los proyectos turísticos deberán considerar el acceso público a la zona federal marítimo-terrestre vía terrestre.
T46	Sólo se deberán emplear especies nativas y propias de la región en las áreas verdes.
T48	Las obras relacionadas con la actividad turística se realizarán manteniendo la vegetación nativa.
T50	Se permitirá el ecoturismo de bajo impacto, por ejemplo, recorridos guiados camping en áreas adecuadas que no impliquen eliminación o daño a la vegetación y siempre que sean grupos reducidos. No se permite la construcción de ningún tipo de infraestructura para esta actividad.
T51	Los proyectos, obras y actividades a desarrollarse, deberán ser exclusivamente en las áreas libres de vegetación (agrícolas y pastizales).
T53	Los desarrollos turísticos deberán reforestar y conservar el 10% de su área de desplante en los polígonos indicados por la administración municipal (áreas de restauración)
T54	En zonas de alto grado de degradación o erosión queda prohibido el desarrollo turístico, salvo recuperación de la zona de forma directa o indirecta.
T55	Utilizar los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos por periodos indefinidos.
T57	Promover el turismo ecológico debido al alto valor de los recursos naturales en la región, así como las áreas y grados de conservación de los elementos naturales y respetar el grado de compatibilidad que puede tener para el aprovechamiento turístico sin perturbar esos elementos.
T58	Los desarrollos turísticos que estén cercanos o dentro de los centros de población deben de aprovechar y restaurar los recursos naturales y paisajísticos de la región.
T60	Los campos de golf deberán contar con un vivero de plantas nativas para la restauración de las zonas perturbadas.
T61	Los servicios turísticos asociados a cuerpos de agua deberán contar con reglamentos en espacios recreativos.
T62	El área ocupada por todos los desarrollos turísticos en su conjunto no deberá sobrepasar el 20 % de la superficie total de la unidad de gestión.
T63	Solo se permitirá el turismo de naturaleza en las áreas con vegetación de selvas y bosques.
T64	Sólo se permitirán los usos turístico ecológico (TE) y turístico campestre (TC), con el fin de salvaguardar la belleza y el valor ambiental de los recursos naturales y proteger estas áreas de la excesiva concentración de habitantes.
T65	Solo se permitirá los usos turístico hotelero densidad mínima y baja (TH1/TH2) con el fin de propiciar el aprovechamiento adecuado del potencial de desarrollo que pueden tener los sitios de atractivo natural.
T67	En las Áreas de Reserva Urbana de Control Especial será necesario atender las recomendaciones de la NMX-AA-133-SCFI- 2006
T68	Cualquier régimen condominal y/o desarrollo turístico que se constituya deberá forzosamente incluir un Plan de Manejo del Fuego.
T69	Reservas de Control Especial: el procedimiento de Cambio de Uso de Suelo será necesario para cualquier proyecto en terrenos forestales, sin importar si ya se encuentra dentro de un Plan Parcial de Desarrollo Urbano o si está catalogado como reserva urbana.
T70	Los planes y programas de desarrollo urbano, así como los proyectos definitivos de urbanización que modifiquen el uso de suelo, densidad o intensidad, previamente a ser aprobados, deberán someterse a evaluación en materia de impacto ambiental por la autoridad competente.
T71	Reservas Urbanas de Control Especial: Los planes y programas de desarrollo urbano ubicados en terrenos forestales o preferentemente forestales, así como los proyectos definitivos de urbanización, previamente a ser aprobados, deberán contar con la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Anexo 11. Valores de resistencia y MCH para las modelaciones

En las siguientes tablas, se muestran los valores utilizados para las modelaciones de Resistencias y del Modelo de calidad de hábitat (MCH). Se propusieron estos valores a partir de las consultas con el equipo de biólogos y revisión de bibliografía para cada especie.

Tabla 65. Valores de Resistencia y MCH para el ajolote.

Variables	Clases	Resistencia	MCH
Distancia a caminos	0-50 m	80	20
	50-100 m	60	40
	>100 m	10	90
Distancia a carreteras	0-500m	90	10
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	5	95
Distancia a zonas urbanas	0-500 m	90	10
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	5	95
Superficies aguacateras	0.00	0	100
	<10 ha	10	90
	De 10 a 20 ha	20	80
	De 20 a 40 ha	40	60
	De 40 a 60 ha	60	40
	De 60 a 80 ha	80	20
	>80 ha	90	10
Superficie invernaderos	0.00	0	100
	<20 ha	20	80
	20-40 ha	40	60
	40-60 ha	60	40
	60-80 ha	80	20
	>80 ha	100	0
Distancia a ANP	1 km de distancia	0	100
	2 km de distancia	20	80
	>2 km de distancia	40	60
Habitantes/km ²	0.00	0	100
	< 7000	60	40
	7000-10000	80	20
	>10000	100	0
	0-2 puntos/km ²	5	95

Variabes	Clases	Resistencia	MCH
Densidad de puntos de calor	2-10 puntos/km ²	30	70
	>10 puntos/km ²	80	20
Altitud	<500 m	20	80
	500 - 1000 m	5	95
	1000 - 1500 m	0	100
	1500 - 2000 m	0	100
	2000 - 2500 m	0	100
	2500 - 3000 m	100	0
	3000 - 3500 m	100	0
	3500 - 4253 m	100	0
Pendiente	0 - 10 grados	0	100
	10 - 20 grados	50	50
	20 - 30 grados	70	30
	>30 grados	100	0
Distancia a ríos	<50m	0	100
	50-100	10	90
	100-200	80	20
	>200	100	0
Distancia a escorrentías	<50m	0	100
	50-100	10	90
	100-200	80	20
	>200	100	0
Distancia cuerpos de agua	<50m	0	100
	50-100	10	90
	100-200	80	20
	>200	100	0
Uso de suelo	Forestal	0	100
	Cuerpos de agua	0	100
	áreas sin vegetación	100	0
	antrópico	20	80
Modelo de distribución potencial o MDP	nada	100	0
	poco óptimo	70	30
	subóptimo	20	80
	óptimo	0	100

Tabla 66. Valores de resistencia y MCH para la crotalus.

Variabes	Clases	Resistencia	MCH
Distancia a caminos	0-50 m	100	0
	50-100 m	60	40
	>100 m	10	90
Distancia a carreteras	0-500m	100	0
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	5	95
Distancia a zonas urbanas	0-500m	90	10
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	5	95
Superficies aguacateras	0.00	0	100
	<10 ha	10	90
	De 10 a 20 ha	20	80
	De 20 a 40 ha	40	60
	De 40 a 60 ha	60	40
	De 60 a 80 ha	80	20
	>80 ha	90	10
Distancias aguacateras	0-500m	100	0
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	> 3000 m	5	95
Superficie invernaderos	0.00	0	100
	< 20 ha	20	80
	20-40 ha	40	60
	40-60 ha	60	40
	60-80 ha	80	20
	>80 ha	100	0
Distancia a invernaderos	0-500m	100	0
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2000 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	10	90
Distancia a ANP	1 km de distancia	0	100
	2 km de distancia	20	80
	>2 km de distancia	30	70
Habitantes/km ²	0.00	0	100
	< 7000	60	40
	7000-10000	80	20
	>10000	100	0
Densidad de puntos de calor	0-2 puntos/km ²	10	90
	2-10 puntos/km ²	50	50
	>10 puntos/km ²	80	20
Altitud	<500 m	5	95
	500 - 1000 m	5	95
	1000 - 1500 m	5	95
	1500 - 2000 m	5	95
	2000 - 2500 m	5	95
	2500 - 3000 m	70	30
	3000 - 3500 m	80	20
	3500 - 4253 m	90	10
pendiente	0 - 10 grados	0	100
	10 - 20 grados	2	98
	20 - 30 grados	45	55
	>30 grados	50	50
Distancia a ríos	0 - 500m	5	95
	500 - 1000 m	10	90
	1000 - 1500 m	20	80

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	1500 - 2500 m	50	50
	2500 - 3000 m	80	20
	>3000 m	90	10
Distancia cuerpos de agua	< 6000m	0	100
	6000-12000 m	30	70
	12000-18000 m	40	60
	>18000 m	80	20
Uso de suelo	Forestal	0	100
	Cuerpos de agua	20	80
	áreas sin vegetación	30	70
	antrópico	100	0
Modelo de distribución potencial o MDP	nada	100	0
	poco óptimo	70	30
	subóptimo	20	80
	óptimo	0	100

Tabla 67. Valores de resistencia y MCH para el puma.

Variables	Clases	Resistencia	MCH
Distancia a caminos	0-50 m	80	20
	50-100 m	60	40
	>100 m	10	90
Distancia a carreteras	0-3000m	70	30
	3000-6000 m	60	40
	6000-9000m	10	90
	9000-12000m	5	95
	>12000 m	0	100
Distancia a zonas urbanas	0-5000m	60	40
	5000-10000 m	30	70
	10000-15000 m	10	90
	15000-25000 m	0	100
	25000-30000 m	0	100
	>30000 m	0	100
Superficies aguacateras	0.00	0	100
	<10 ha	10	90
	De 10 a 20 ha	20	80
	De 20 a 40 ha	40	60
	De 40 a 60 ha	60	40
	De 60 a 80 ha	80	20
	>80 ha	90	10
Distancias aguacateras	0-500m	100	0
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	> 3000 m	10	90
Superficie invernaderos	0.00	0	100
	< 20 ha	20	80
	20-40 ha	40	60
	40-60 ha	60	40
	60-80 ha	80	20

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	>80 ha	100	0
Distancia a invernaderos	0-500m	100	0
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2000 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	10	90
Distancia a ANP	0-10 km de distancia	0	100
	10-20 km de distancia	20	80
	20-30 km de distancia	30	70
	>30 km de distancia	60	40
Habitantes/km2	0.00	0	100
	< 7000	60	40
	7000-10000	80	20
	>10000	100	0
Densidad de puntos de calor	0-2 puntos/km2	10	90
	2-10 puntos/km2	30	70
	>10 puntos/km2	80	20
Altitud	<500 m	0	100
	500 - 1000 m	5	95
	1000 - 1500 m	5	95
	1500 - 2000 m	5	95
	2000 - 2500 m	5	95
	2500 - 3000 m	5	95
	3000 - 3500 m	80	20
	3500 - 4253 m	90	10
pendiente	0 - 10 grados	0	100
	10 - 20 grados	2	98
	20 - 30 grados	45	55
	>30 grados	50	50
Distancia a ríos	0 - 5000m	0	100
	5000 - 10000 m	0	100
	10000 - 15000 m	10	90
	15000 - 25000 m	20	80
	25000 - 30000 m	40	60
	>30000 m	60	40
Distancia cuerpos de agua	< 6000m	0	100
	6000-12000 m	30	70
	12000-18000 m	40	60
	>18000 m	80	20
Uso de suelo	Forestal	0	100
	Cuerpos de agua	10	90
	áreas sin vegetación	50	50
	antrópico	90	10
Modelo de distribución potencial o MDP	nada	100	0
	poco óptimo	70	30
	subóptimo	20	80
	óptimo	0	100

Tabla 68. Valores de resistencia y MCH para el ocelote.

Variables	Clases	Resistencia	MCH
Distancia a caminos	0-50 m	100	0

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	50-100 m	100	0
	>100 m	10	90
Distancia a carreteras	0-500m	100	0
	500-1000 m	50	50
	1000-1500 m	40	60
	1500-2500 m	20	80
	2500-3000 m	10	90
	>3000 m	5	95
Distancia a zonas urbanas	0-500m	100	0
	500-1000 m	90	10
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	5	95
Superficies aguacateras	0.00	0	100
	<10 ha	20	80
	De 10 a 20 ha	30	70
	De 20 a 40 ha	40	60
	De 40 a 60 ha	60	40
	De 60 a 80 ha	80	20
	>80 ha	90	10
Distancias aguacateras	0-500m	90	10
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	> 3000 m	10	90
Superficie invernaderos	0.00	0	100
	< 20 ha	20	80
	20-40 ha	40	60
	40-60 ha	60	40
	60-80 ha	80	20
	>80 ha	100	0
Distancia a invernaderos	0-500m	100	0
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2000 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	10	90
Distancia a ANP	1 km de distancia	10	90
	2 km de distancia	40	60
	>2 km de distancia	80	20
Habitantes/km ²	0.00	0	100
	< 7000	60	40
	7000-10000	80	20
	>10000	100	0
Densidad de puntos de calor	0-2 puntos/km ²	10	90
	2-10 puntos/km ²	30	70
	>10 puntos/km ²	80	20
Altitud	<500 m	0	100
	500 - 1000 m	0	100
	1000 - 1500 m	40	60

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	1500 - 2000 m	60	40
	2000 - 2500 m	70	30
	2500 - 3000 m	80	20
	3000 - 3500 m	85	15
	3500 - 4253 m	90	10
pendiente	0 - 10 grados	0	100
	10 - 20 grados	0	100
	20 - 30 grados	10	90
	>30 grados	90	10
Distancia a ríos	0 - 500m	0	100
	500 - 1000 m	0	100
	1000 - 1500 m	0	100
	1500 - 2500 m	0	100
	2500 - 3000 m	5	95
	>3000 m	80	20
Distancia cuerpos de agua	< 6000m	0	100
	6000-12000 m	30	70
	12000-18000 m	40	60
	>18000 m	80	20
Uso de suelo	Forestal	0	100
	Cuerpos de agua	5	95
	áreas sin vegetación	90	10
	antrópico	95	5
Modelo de distribución potencial o MDP	nada	100	0
	poco óptimo	70	30
	subóptimo	20	80
	óptimo	0	100

Tabla 69. Valores de resistencia y MCH para el venado cola blanca.

Variables	Clases	Resistencia	MCH
Distancia a caminos	0-50 m	90	10
	50-100 m	60	40
	>100 m	10	90
Distancia a carreteras	0-500m	90	10
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	5	95
Distancia a zonas urbanas	0-500m	90	10
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	5	95
Superficies aguacateras	0.00	0	100

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	<10 ha	10	90
	De 10 a 20 ha	20	80
	De 20 a 40 ha	40	60
	De 40 a 60 ha	60	40
	De 60 a 80 ha	80	20
	>80 ha	90	10
Distancias aguacateras	0-500m	70	30
	500-1000 m	90	10
	1000-1500 m	80	20
	1500-2500 m	70	30
	2500-3000 m	50	50
	> 3000 m	0	100
Superficie invernaderos	0.00	0	100
	< 20 ha	40	60
	20-40 ha	50	50
	40-60 ha	60	40
	60-80 ha	80	20
	>80 ha	100	0
Distancia a invernaderos	0-500m	70	30
	500-1000 m	60	40
	1000-1500 m	50	50
	1500-2500 m	30	70
	2500-3000 m	10	90
	>3000 m	0	100
Distancia a ANP	1 km de distancia	10	90
	2 km de distancia	40	60
	>2 km de distancia	80	20
Habitantes/km2	0.00	0	100
	< 7000	60	40
	7000-10000	80	20
	>10000	100	0
Densidad de puntos de calor	0-2 puntos/km2	10	90
	2-10 puntos/km2	30	70
	>10 puntos/km2	80	20
Altitud	<500 m	0	100
	500 - 1000 m	0	100
	1000 - 1500 m	0	100
	1500 - 2000 m	0	100
	2000 - 2500 m	10	90
	2500 - 3000 m	20	80
	3000 - 3500 m	30	70

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	3500 - 4253 m	40	60
pendiente	0 - 10 grados	0	100
	10 - 20 grados	0	100
	20 - 30 grados	5	95
	30-50 grados	30	70
	50-60 grados	90	10
	>60 grados	100	0
Distancia a ríos	0 - 5000 m	0	100
	5000 - 10000 m	0	100
	10000 - 15000 m	0	100
	15000 - 25000 m	0	100
	25000 - 30000 m	5	95
	30000 - 40000 m	10	90
	>40000 m	50	50
Distancia cuerpos de agua	< 6000m	0	100
	6000-12000 m	30	70
	12000-18000 m	40	60
	>18000 m	80	20
Uso de suelo	Forestal	0	100
	Cuerpos de agua	20	80
	áreas sin vegetación	98	2
	antrópico	100	0
Modelo de distribución potencial o MDP	nada	100	0
	poco óptimo	70	30
	subóptimo	20	80
	óptimo	0	100

Tabla 70. Valores de resistencia y MCH para el pecarí.

Variables	Clases	Resistencia	MCH
Distancia a caminos	0-50 m	90	10
	50-100 m	60	40
	>100 m	10	90
Distancia a carreteras	0-500m	90	10
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	5	95
Distancia a zonas urbanas	0-500m	90	10
	500-1000 m	80	20

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	5	95
Superficies aguacateras	0.00	0	100
	<10 ha	10	90
	De 10 a 20 ha	20	80
	De 20 a 40 ha	40	60
	De 40 a 60 ha	60	40
	De 60 a 80 ha	80	20
	>80 ha	90	10
Distancias aguacateras	0-500m	100	0
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2500 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	> 3000 m	10	90
Superficie invernaderos	0.00	0	100
	< 20 ha	20	80
	20-40 ha	40	60
	40-60 ha	60	40
	60-80 ha	80	20
	>80 ha	100	0
Distancia a invernaderos	0-500m	100	0
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	60	40
	1500-2000 m	40	60
	2500-3000 m	20	80
	>3000 m	10	90
Distancia a ANP	1 km de distancia	10	90
	2 km de distancia	40	60
	>2 km de distancia	80	20
Habitantes/km2	0.00	0	100
	< 7000	80	20
	7000-10000	90	10
	>10000	100	0
Densidad de puntos de calor	0-2 puntos/km2	10	90
	2-10 puntos/km2	30	70
	>10 puntos/km2	80	20
Altitud	<500 m	0	100

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	500 - 1000 m	5	95
	1000 - 1500 m	30	70
	1500 - 2000 m	40	60
	2000 - 2500 m	50	50
	2500 - 3000 m	60	40
	3000 - 3500 m	80	20
	3500 - 4253 m	90	10
pendiente	0 - 10 grados	0	100
	10 - 20 grados	10	90
	20 - 30 grados	80	20
	>30 grados	100	0
Distancia a ríos	0 - 500m	0	100
	500 - 1000 m	0	100
	1000 - 1500 m	10	90
	1500 - 2500 m	20	80
	2500 - 3000 m	40	60
	>3000 m	80	20
Distancia cuerpos de agua	< 6000m	0	100
	6000-12000 m	40	60
	12000-18000 m	60	40
	>18000 m	70	30
Uso de suelo	Forestal	0	100
	Cuerpos de agua	10	90
	áreas sin vegetación	80	20
	antrópico	100	0
Modelo de distribución potencial o MDP	nada	100	0
	poco óptimo	70	30
	subóptimo	20	80
	óptimo	0	100

Tabla 71. Valores de resistencia y MCH para la nutria.

Variables	Clases	Resistencia	MCH
Distancia a caminos	0-50 m	100	0
	50-100 m	80	20
	>100 m	20	80
Distancia a carreteras	0-500m	95	5
	500-1000 m	80	20
	1000-1500 m	70	30
	1500-2500 m	60	40
	2500-3000 m	30	70

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	>3000 m	5	95
Distancia a zonas urbanas	0-500m	100	0
	500-1000 m	100	0
	1000-1500 m	100	0
	1500-2500 m	60	40
	2500-3000 m	30	70
	>3000 m	5	95
Superficies aguacateras	0.00	0	100
	<10 ha	50	50
	De 10 a 20 ha	50	50
	De 20 a 40 ha	50	50
	De 40 a 60 ha	80	20
	De 60 a 80 ha	90	10
	>80 ha	100	0
Distancias aguacateras	0-500m	100	0
	500-1000 m	90	10
	1000-1500 m	80	20
	1500-2500 m	70	30
	2500-3000 m	30	70
	> 3000 m	10	90
Superficie invernaderos	0.00	0	100
	< 20 ha	50	50
	20-40 ha	50	50
	40-60 ha	60	40
	60-80 ha	80	20
	>80 ha	100	0
Distancia a invernaderos	0-500m	100	0
	500-1000 m	90	10
	1000-1500 m	80	20
	1500-2000 m	70	30
	2500-3000 m	40	60
	>3000 m	10	90
Distancia a ANP	1 km de distancia	10	90
	2 km de distancia	40	60
	>2 km de distancia	80	20
Habitantes/km2	0.00	0	100
	< 7000	70	30
	7000-10000	80	20
	>10000	100	0
Densidad de puntos de calor	0-2 puntos/km2	10	90
	2-10 puntos/km2	30	70

Variables	Clases	Resistencia	MCH
	>10 puntos/km ²	80	20
Altitud	<500 m	0	100
	500 - 1000 m	5	95
	1000 - 1500 m	5	95
	1500 - 2000 m	5	95
	2000 - 2500 m	5	95
	2500 - 3000 m	5	95
	3000 - 3500 m	10	90
	3500 - 4253 m	90	10
pendiente	0 - 10 grados	0	100
	10 - 20 grados	20	80
	20 - 30 grados	70	30
	>30 grados	100	0
Distancia a ríos	0 - 500m	0	100
	500 - 1000 m	0	100
	1000 - 1500 m	40	60
	1500 - 2500 m	80	20
	2500 - 3000 m	90	10
	>3000 m	100	0
Distancia cuerpos de agua	<50m	0	100
	50-100m	0	100
	100-200m	0	100
	>200m	80	20
Uso de suelo	Forestal	0	100
	Cuerpos de agua	0	100
	áreas sin vegetación	100	0
	antrópico	100	0
Modelo de distribución potencial o MDP	nada	100	0
	poco óptimo	70	30
	subóptimo	20	80
	óptimo	0	100

Anexo 12. Teoría de circuitos

Desde finales del siglo XIX, con la generación de la electricidad y la industrialización de su transmisión, la teoría de circuitos ha sido aplicada en ciencias como la química, neurología, economía, redes sociales, etc. Trabajos más recientes la han aplicado en el estudio de flujos genéticos en el paisaje mediante la teoría de

grafos,¹¹ que permite representar el paisaje como un grafo matemático,¹² que incluya información importante sobre parches de hábitat y rutas de dispersión potenciales (Fagan & Calabrese 2006).

La siguiente figura representa un grafo. En él, los nodos están agrupados en zonas de colores para representar sus diferentes atributos y características. Las conexiones entre los nodos y las aristas, también cuentan con características particulares como costos, dirección o ponderación. La combinación de los atributos de los nodos y vértices determinan la forma en la que se da el flujo de información en el grafo.

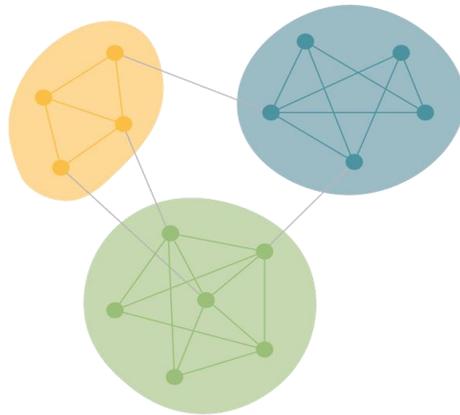


Figura 111. Ejemplo de un grafo que representa la teoría de circuitos: conectividad dentro de parches de hábitat y entre parches de hábitat basada en las distancias recorridas. Fuente: Modificado de Bunn, Urban, & Keitt, (2000).

Los circuitos son entendidos como redes de nodos conectados por componentes eléctricos que conducen flujos de corriente y son usados para analizar y representar grafos. Para el caso del análisis de conectividad funcional, los nodos representan los parches de hábitat que, en conjunto con las características del paisaje, determinan las conexiones y flujos que se dan entre ellos (ver la siguiente figura).

¹¹ La teoría de grafos se trata de una rama de las matemáticas que estudia redes de puntos (nodos o vértices) conectados por líneas (aristas). Consultado en <https://www.britannica.com/topic/graph-theory> el 14 de marzo de 2022.

¹² No se deben confundir los grafos con las gráficas. Los grafos son sistemas de puntos conectados con líneas y las gráficas son las diferentes formas en las que se pueden representar datos. Consultado en <https://www.britannica.com/topic/graph-theory> el 14 de marzo de 2022.

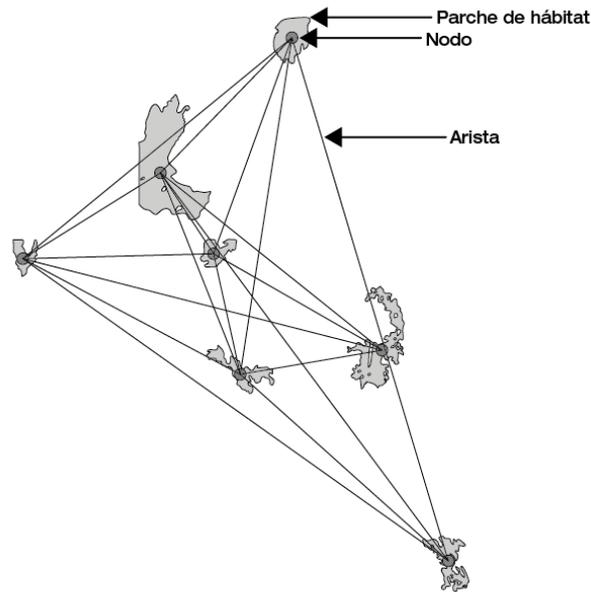


Figura 112. Paisaje hipotético que representa una red de reservas naturales usando teoría de grafos. En la figura, cada polígono representa un parche de hábitat ('nodo' en teoría de grafos) en una red ecológica. Las aristas que conectan los nodos pueden tener ponderaciones de acuerdo a una medida de conectividad. Fuente: Adaptado de Fagan & Calabrese (2006).

En este sentido, una medida básica de conectividad proveniente de la teoría de circuitos es la 'distancia por resistencia' definida como la 'resistencia efectiva' entre un par de nodos que es similar al concepto ecológico de 'distancia efectiva', pero incorporando múltiples rutas.

De acuerdo a lo anterior, la 'distancia por resistencia' resulta conceptualmente complementaria a la 'distancia efectiva', comúnmente utilizada en ecología del paisaje y aplicada en teoría de grafos, ya que integra todas las posibles rutas de dispersión para los cálculos de las distancias, mientras que en las distancias de mínimo costo solo se calculan a través de una sola ruta óptima. Otra diferencia entre los resultados obtenidos por teoría de circuitos y los corredores de menor costo es que, la teoría de circuitos representa una medida de aislamiento asumiendo que el individuo se puede movilizar al azar, mientras que las distancias de mínimo costo asumen que el organismo elige movilizarse o dispersarse entre dos parches de hábitat en específico, cosa que no es muy común en las especies focales.

De esta forma, la teoría de circuitos se puede aplicar para predecir el movimiento y los patrones de dispersión a través de paisajes complejos y puede ser aplicada para generar medidas de conectividad o de aislamiento de los parches de hábitat, identificar conectores como corredores de vida silvestre y en la planeación de la conservación.