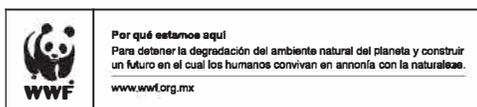




El Proyecto Mixteca fue creado por iniciativa y gestión de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) ante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés), a través del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en coordinación con el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

De este modo, el Proyecto Mixteca es el resultado del trabajo conjunto de varias instituciones que logra sus objetivos con la participación y decisión de las comunidades, el apoyo de las instancias de investigación y las organizaciones de la sociedad civil, así como con el respaldo de los tres niveles de gobierno.





Proyecto financiado por el

FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA

Informe Final

Definir áreas con potencial para el establecimiento de corredores biológicos priorizando la conectividad de ecosistemas con buenas condiciones de cobertura vegetal.

Elaboración:

Jorge Carranza Sánchez
Karla Argelia Ocegüera Salazar

Contenido

Resumen Ejecutivo.....	1
1. Introducción.....	2
1.1. Recopilación de ejemplos de corredores biológicos establecidos en México.....	5
1.1.1. Corredor Biológico Chichinautzin (CoBio Chichinautzin).....	5
1.1.2. Corredor Sian Ka'an – Calakmul.....	7
1.1.3. Corredor Biológico Mesoamericano.....	7
1.1.4. Sistema Arrecifal Mesoamericano.....	9
1.1.5. Corredor Ecológico Sierra Madre Oriental (CESMO).....	9
1.1.6. Corredor Biocultural Centro Occidente.....	10
1.2. Análisis de la información generada por otras consultorías en relación al establecimiento de corredores biológicos.....	11
2. Marco Conceptual.....	13
2.1. Efectos positivos y negativos sobre la creación de Corredores Biológicos.....	13
2.2. Diseño del corredor biológico.....	14
2.2.1. Variables para el diseño de corredor biológico.....	17
2.2.2. Qué conectar.....	17
2.3. Detalles específicos en el diseño de los corredores.....	18
2.3.1. Características de los corredores:.....	18
3. Justificación.....	19
4. Metas.....	19
5. Objetivo General.....	20
5.1. Objetivo específico:.....	20
6. Área de estudio.....	20
7. Método.....	22
7.1. Análisis multicriterio de las áreas de interés.....	22
7.1.1. Módulo I. Preparación de capas y selección de especies.....	23
7.1.2. Módulo II. Modelo de disponibilidad del hábitat.....	24
7.1.3. Módulo III. Diseño del Corredor.....	25
8. Resultados.....	27
8.1. Generación de insumos.....	27
8.2. Ponderación de las variables en el análisis multicriterio.....	31
8.2.1. Género <i>Abronia</i>	32
8.2.2. Familia Felinos.....	33
8.2.3. Murciélagos Nectarívoros.....	34
8.2.4. Salamandras.....	35
8.2.5. Venado.....	36
8.3. Modelos.....	37
8.3.1. Género <i>Abronia</i>	37
8.3.2. Felinos.....	39
8.3.3. Murciélagos Nectarívoros.....	41
8.3.4. Salamandra.....	43
8.3.5. Venado.....	45
8.4. Integración información de análisis multicriterio.....	47
9. Discusión.....	51
10. Conclusiones.....	53
11. Literatura Citada.....	54
Anexo I. Literatura consultada para la ponderación de variables utilizadas en el modelo Corridor Design.....	59
Anexo II. Municipios que integran cada uno de los Corredores Estructurales propuestos en la Región Mixteca.....	62

Índice de cuadros.

Cuadro 1. Especies y grupos seleccionados para la propuesta de diseño del Corredor Biológico.	29
Cuadro 2. Ponderación de variables para el Género <i>Abronia</i> .	32
Cuadro 3. Ponderación de variables para la Familia de Felinos.	33
Cuadro 4. Ponderación de variables para los Murciélagos Nectarívoros.	34
Cuadro 5. Ponderación de variables para las Salamandras.	35
Cuadro 6. Ponderación de variables para Venado.	36
Cuadro 7. Superficie (Ha) conformada por tipo de corredor propuesto.	48
Cuadro 8. Municipios de la Región Mixteca que integran las conexiones en los corredores propuestos.	49
Cuadro 9. Regiones Hidrológicas, cuencas y subcuencas en la Región Mixteca Oaxaca.	50

Índice de Figuras.

Figura 1. Área de intervención del Proyecto Mixteca.	21
Figura 2. Uso del Suelo y Vegetación año 2010 en la Región Mixteca.	27
Figura 3. Distancia euclidiana a las vías de comunicación en la Región Mixteca.	28
Figura 4. Índice de Posición Topográfica en la Región Mixteca.	28
Figura 5. Ubicación de los registros de fauna en la zona de estudio.	30
Figura 6. Disponibilidad del hábitat para el Género <i>Abronia</i> a partir del <i>Corridor Design</i> .	37
Figura 7. Parches potenciales para el establecimiento del Género <i>Abronia</i> .	38
Figura 8. Mapa modelo Corredor Biológico para el Género <i>Abronia</i> .	38
Figura 9. Disponibilidad del hábitat para los Felinos a partir del <i>Corridor Design</i> .	39
Figura 10. Parches potenciales para el establecimiento de los Felinos.	40
Figura 11. Mapa modelo Corredor Biológico para los Felinos.	40
Figura 12. Disponibilidad del hábitat para los Murciélagos Nectarívoros a partir del <i>Corridor Design</i> .	41
Figura 13. Parches potenciales para el establecimiento de los Murciélagos Nectarívoros.	42
Figura 14. Mapa modelo Corredor Biológico para los Murciélagos Nectarívoros.	42
Figura 15. Disponibilidad del hábitat para las Salamandras a partir del <i>Corridor Design</i> .	43
Figura 16. Parches potenciales para el establecimiento de las Salamandras.	44
Figura 17. Mapa modelo Corredor Biológico para las Salamandras.	44
Figura 18. Disponibilidad del hábitat para el Venado cola blanca a partir del <i>Corridor Design</i> .	45
Figura 19. Parches potenciales para el establecimiento del Venado cola blanca.	46
Figura 20. Mapa modelo Corredor Biológico para el Venado.	46
Figura 21. Corredores Biológicos propuestos para la Región Mixteca a partir del análisis multicriterio de cinco grupos de fauna clave para el mantenimiento de los ecosistemas.	47
Figura 22. Principales ríos que se encuentran en la Región Mixteca Oaxaqueña.	49
Figura 23. Subcuencas de la Región Mixteca Oaxaqueña.	50

Resumen Ejecutivo.

Actualmente se han generado importantes cambios en la distribución y configuración espacial de los hábitats naturales, por lo que la cantidad y calidad del hábitat disponible para los grupos de flora y fauna es cada vez más restringida, lo anterior debido principalmente a los cambios en los ecosistemas por la práctica de actividades antropogénicas, así como a perturbaciones naturales.

Por lo que una de las alternativas que se están llevando a cabo para fomentar y conservar hasta donde sea posible un continuo de vegetación así como todos los procesos del ecosistema que ahí ocurren es la creación de Corredores Biológicos. En el presente trabajo se tuvo como objetivo específico el definir áreas con potencial para el establecimiento de corredores biológicos priorizando la conectividad de ecosistemas en la Región de la Mixteca Oaxaqueña.

El método empleado fue a partir de las herramientas de Sistemas de Información Geográfica implementadas en el Módulo del *Corridor Design*, el cual funge como una herramienta clave en el diseño de Corredores Biológicos ya que es bastante amigable y se obtienen resultados robustos. En dicho módulo se puede modelar a partir de registros de fauna y una serie de variables, dentro de un análisis multicriterio, la disponibilidad del hábitat, generar un mapa de parches potenciales para el establecimiento de las especies y por último determinar las mejores zonas para la creación de los Corredores.

Se determinaron a partir de una reunión de expertos los grupos y especies de fauna que tienen prioridades de conservación dentro del área de análisis, los cuales fueron especies del Género *Abronia*, las especies de la Familia de los Felinos, los Murciélagos Nectarívoros, las Salamandras y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Para cada grupo y especie se realizó la modelación de los corredores biológicos, con los cuales el tipo de vegetación recurrente dentro de los cinco grupos de estudio fueron los Bosques de Encino, Bosque de Pino, Bosque de Encino-Pino, Bosque de Pino-Encino y la Selva Baja Caducifolia todos con vegetación primaria y vegetación secundaria.

Finalmente se realizó un análisis en el cual se determinaron los solapamientos y similitud en los tipos de vegetación y se determinaron Corredores Biológicos estructurales de Bosque (incluye Bosques de Encino, Bosque de Pino, Bosque de Encino-Pino, Bosque de Pino-Encino primario y con vegetación secundaria), Selvas (Selva Baja Caducifolia primaria y secundaria) y los pequeños parches de Bosque Mesófilo de Montaña con vegetación secundaria.

Los SIG se han convertido en una herramienta importante en el análisis espacial de las últimas décadas en los estudios para modelar fenómenos causados en la naturaleza, ya sea de manera natural o por actividades humanas. Estos sistemas de análisis espacial ofrecen información considerable para los tomadores de decisiones, ya que actualmente son importantes herramientas de conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

1. Introducción.

México es considerado un país megadiverso debido en gran medida a su privilegiada ubicación geográfica entre la región Neártica y Neotropical. El territorio nacional cuenta con un inventario biológico extenso que lo ubica entre los dos países con mayor número de ecosistemas y entre los cinco con mayor diversidad de especies en el mundo, representando el 12% de la biota mundial concentrado mayormente en el trópico húmedo (Mas *et al.* 1996¹, PNUMA 2005², CONABIO 2009b³, IUCN 2011⁴).

Sin embargo, a pesar de contar con una gran diversidad de ecosistemas, estos sistemas están continuamente siendo sujetos a una presión tal que ocasiona procesos de cambio y transformación del hábitat. Se ha documentado que una de las principales causas por la que gran parte del paisaje natural de México está siendo transformado a un ritmo alarmante, es debido a las actividades antrópicas, para satisfacer necesidades básicas de alimentación y vivienda (Bocco *et al.* 2001⁵); las cuales a su vez tienen efectos en cascada como la degradación, la pérdida de biodiversidad (especies y hábitats silvestres), así como la creación de una serie de fragmentos de hábitat dentro del paisaje (Santos y Tellería 2006⁶, Bennet y Saunders 2010⁷, Krauss *et al.* 2010⁸).

La pérdida de ecosistemas debido a los procesos de cambio de uso del suelo y fragmentación ha generado importantes cambios en la distribución y configuración espacial de los hábitats nativos, de tal manera que la cantidad y calidad de hábitat disponible en las comunidades naturales de flora y fauna cada vez es más restringida, ya que los ambientes cada día se encuentran más fragmentados (Lander *et al.* 2010⁹).

La fragmentación del hábitat afecta numerosos procesos ecológicos a través de múltiples escalas espaciales y temporales siendo la causa de significativas amenazas al mantenimiento de la biodiversidad (Saunders *et al.* 1991¹⁰, Janzen 1994¹¹, Young *et al.* 1996¹², Morgan 1999¹³, Trejo y Dirzo

¹ Mas, J.F., V. Sorani, R. Álvarez. 1996. Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación. Investigaciones Geográficas 5: 43-57. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.

² PNUMA. 2005. Grupo de países megadiversos afines. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Para consulta: <http://www.pnuma.org/deramb/GroupofLikeMindedMegadiverseCountries.php>

³ CONABIO. 2009b. Biodiversidad Mexicana. Reporte País: Riquezas Naturales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México DF.

⁴ IUCN. 2011. Las áreas protegidas de América Latina, situación actual y perspectivas para el futuro. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid, España.

⁵ Bocco, G., M. Mendoza y O. Maser. 2001. La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Boletín del Instituto de Geografía 44: 18-38.

⁶ Santos, T. y J. L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Ecosistemas 2:3-12.

⁷ Bennett, A. F. and D. A. Saunders. 2010. Habitat fragmentation and landscape change. Pp. 88-106. In Navjot S. Sodhi y Paul E. Ehrlich (Eds.). Conservation Biology for all. Oxford University Press. New York, USA.

⁸ Krauss, J., R. Bommarco, M. Guardiola, R. K. Heikkinen, A. Helm, M. Kuussaari, R. Lindborg, E. Öckinger, M. Pärtel, J. Pino, J. Pöyry, K. M. Raatikainen, A. Sang, C. Stefanescu, T. Teder, M. Zobel and I. Steffan-Dewenter. 2010. Habitat fragmentation causes immediate and time-delayed biodiversity loss at different trophic levels. Ecology Letters 13: 597-605.

⁹ Lander, A. T, D.H. Boshier and S. A. Harris. 2010. Fragmented but not isolated: Contribution of single trees, small patches and long distance pollen flow to genetic connectivity for *Gomortega keule*, an endangered Chilean tree. Biological Conservation 143(11): 2583-2590.

¹⁰ Saunders, D. A., R. J. Hobbs and C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A Review. Conservation Biology 5: 18-32.

¹¹ Janzen, D. H. 1994. Priorities in tropical biology. Trends in Ecology and Evolution 9: 365-367.

¹² Young, A., T. Boyle and T. Brown. 1996. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. Trends in Ecology and Evolution 11: 413-418.

¹³ Morgan, J. W. 1999. Effects of population size on seed production and germinability in an endangered, fragmented grassland plant. Conservation Biology 13: 266-273.

2000¹⁴, Bond 2003¹⁵). Específicamente se describe como la reducción de un área continua de vegetación, la cual produce una serie de parches de vegetación remanente (Saunders *et al.* 1991¹⁶) lo que crea una discontinuidad, tanto en los recursos como en las condiciones ambientales (Fahrig 2003¹⁷).

Al crearse un fragmento de hábitat se modifican una serie de procesos tanto a nivel del paisaje como del ecosistema. Uno de los efectos a nivel paisaje al haber modificación del hábitat es la presencia de árboles aislados que persisten en matrices de vegetación degradadas, mismas que en algún momento formaron parte de un paisaje continuo (Lander *et al.* 2010¹⁸). Hay estudios que han documentado que estos árboles aislados son elementos clave dentro de los ecosistemas, ya que actúan como puentes en el intercambio genético entre los diferentes fragmentos de vegetación (Hoebee *et al.* 2007¹⁹; Lander *et al.* 2010²⁰). A pesar de su baja densidad, los árboles aislados poseen un importante papel en el sostenimiento de diferentes procesos ecológicos, como el mantenimiento de hábitat para la biota silvestre, protección contra la erosión y la desertificación, y además de su relevancia en la producción de semillas para el restablecimiento de la vegetación (Fisher *et al.* 2010²¹).

A nivel ecosistémico, la creación de poblaciones pequeñas puede afectar negativamente las interacciones bióticas desestabilizando el ecosistema (Rathcke y Jules 1993²², Steffan-Dwenter y Tschardt 1999²³). Al causar una reducción en el tamaño poblacional, la fragmentación puede provocar que las especies que se encuentran en bajas densidades sean vulnerables a la extinción como resultado de eventos estocásticos (al azar) (Zuidema *et al.* 1996²⁴; Alves *et al.* 2013²⁵), de tal forma que los animales que mueven el material genético (polen y/o semillas) entre fragmentos aislados de vegetación contribuyen a reducir los efectos negativos provocados por la fragmentación. Por ejemplo, en varios estudios se ha documentado la importancia de los murciélagos como uno de los polinizadores más móviles en hábitats fragmentados (Law y Lean 1999²⁶, Law *et al.* 1999²⁷) ya que son relativamente tolerantes a los procesos de fragmentación (Estrada y Coates-Estrada 2002²⁸), y

¹⁴ Trejo, I. and R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological and Conservation* 94: 133-142.

¹⁵ Bond, M. 2003. Principles of Wildlife Corridor Design. Report for Center for Biological Diversity. Casterline, M., E. Fregaus, E. Fujioka, L. Hagan, C. Mangiardi, M. Riley, H. Tiwari. Wildlife Corridor Design and Implementation in South Ventura County, California. Master of Environmental Science and Management.

¹⁶ *Ídem* 10.

¹⁷ Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487-515.

¹⁸ Lander, A. T, D.H. Boshier and S. A. Harris. 2010. Fragmented but not isolated: Contribution of single trees, small patches and long distance pollen flow to genetic connectivity for *Gomortega keule*, an endangered Chilean tree. *Biological Conservation* 143(11): 2583-2590.

¹⁹ Hoebee, S.E, U. Arnold, C. Duggelin, F. Gugerli, S. Brodbeck, P. Rotach and R. Holderegger 2007. Mating patterns and contemporary gene flow by pollen in a large continuous and a small isolated population of the scattered forest tree *Sorbus torminalis*. *Heredity* 99: 47-55.

²⁰ *Ídem* 18.

²¹ Fisher, J, J. Stott and B.S. Law. 2010. The disproportionate value of scattered trees. *Biological Conservation* 143: 1564-1567.

²² Rathcke, B. J., and E. S. Jules. 1993. Habitat fragmentation and plant pollinator interactions. *Current Science* 65: 273-277.

²³ Steffan-Dwenter, I. y T. Tschardt. 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia*, 121: 432-440.

²⁴ Zuidema, P. A., J. A. Sawyer and W. Dijkman. 1996. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. *Environmental Conservation* 23: 290-297.

²⁵ Alves, F. P., D. Boscolo and B. F. Viana. 2013. What do we know about the effects of landscape changes of plant-pollinator interaction networks?. *Ecological Indicators* 31: 35-40.

²⁶ Law, B. S. and M. Lean. 1999. Common blossom bats (*Syconycteris australis*) as pollinators in fragmented Australian tropical rainforest. *Biological and Conservation* 91: 201-212.

²⁷ Law, B. S., J. Anderson and M. Chidel. 1999. Bat communities in a fragmented forest landscape on the south-west slopes of New South Wales, Australia. *Biological Conservation* 88: 333-345.

²⁸ Estrada, A. and R. Coates-Estrada. 2002. Bats in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 103: 237-245.

promueven el exocruzamiento entre los árboles (Stoner *et al.* 2008²⁹).

De manera general, la fragmentación provoca un incremento de los bordes en los paisajes, una disminución en la polinización y dispersión de semillas, pérdida de la diversidad genética y modificación de los patrones de flujo génico. Las poblaciones de especies sensibles a los procesos de fragmentación, además de verse afectadas por la reducción del hábitat, deben afrontar la dificultad de atravesar espacios transformados para buscar los recursos (Gurrutxaga-San Vicente y Lozano-Valencia 2008³⁰).

Una forma de proteger la biodiversidad y contrarrestar los efectos adversos de la fragmentación es mediante la creación de corredores biológicos (también llamados de vida silvestre, de hábitat, verdes) y/o las piedras de paso (*stepping stones*) (Rosenberg *et al.* 1997³¹, Baum *et al.* 2004³²) con la finalidad de conectar parches de vegetación, especies y ecosistemas que permitan una continuidad en los procesos biológicos que se habían visto afectados (Anderson y Jenkins 2006³³), así como el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas.

Los corredores pueden ser definidos como grandes avenidas embebidas en una matriz que conecta dos o más bloques de hábitat a través de las cuales los animales pueden viajar, las plantas se pueden propagar, el intercambio genético puede ocurrir, las poblaciones pueden moverse en respuesta de cambios ambientales y desastres naturales y las especies amenazadas pueden desplazarse o colonizar otras áreas (Beier y Noss 1998³⁴, R. Walker y Craighead 1997 en Hilty *et al.* 2006³⁵). Mientras que las piedras de paso pueden ser definidas como una serie de pequeños parches conectados que de otro modo serían parches aislados. Estos pequeños parches junto con el diseño de corredores, pueden ser las estrategias más apropiadas para promover el movimiento entre parches cuando el hábitat continuo se ha perdido (Baum *et al.* 2004³⁶).

Además de moverse a través de los corredores y las piedras de paso, los organismos también pueden dispersarse a través de la matriz incluso si la matriz del hábitat es no apta para la supervivencia y la reproducción (Haynes y Cronin 2003 en Baum *et al.* 2004³⁷). La efectividad de los corredores y las piedras de paso dependen también de la matriz circundante del hábitat, ya que pueden llegar a influenciar el comportamiento del animal para moverse y para cruzar el fragmento (parche) (Schtickzelle y Baguette 2003 en Baum *et al.* 2004³⁸).

Los corredores biológicos representan una serie de ventajas en términos demográficos y genéticos mediante el mantenimiento de la conectividad del hábitat. El aumento en el intercambio de individuos entre poblaciones puede incrementar la persistencia de las poblaciones a nivel local y

²⁹ Stoner, K. E., J. A. Lobo, M. Quesada, E. J. Fuchs, Y. Herrerías-Diego, M. A. Munguía-Rosas, K. A. Ocegüera-Salazar, C. Palacios-Guevara y V. Rosas-Guerrero. 2008. Efecto de la perturbación del bosque en la tasa de visita de murciélagos polinizadores y sus consecuencias en el éxito reproductivo y el sistema de apareamiento en árboles de la familia Bombacaceae. Pp. 351-372. En: Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Celia A. Harvey y Joel C. Sáenz (Eds.). Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica.

³⁰ Gurrutxaga-San Vicente, M. y P. J. Lozano-Valencia. 2008. Evidencias sobre la eficacia de los corredores ecológicos: ¿Solucionan la problemática de la fragmentación de hábitats? Observatorio Medioambiental 11:171-183.

³¹ Rosenberg, D. K., B. R. Noon and E. C. Meslow. 1997. Biological corridors: form, function and efficacy. *BioScience* 47: 677-687.

³² Baum, K. A.; K. J. Haynes, F. P. Dilleuth and J. T. Cronin. 2004. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. *Ecology* 85(10): 2671-2676.

³³ Anderson, A. B. and C. J. Jenkins. 2006. Applying Nature's Design. Corridors as a Strategy for Biodiversity Conservation. Columbia University Press. 243pp.

³⁴ Beier, P. and R. F. Noss. 1998. Do habitat corridors provide connectivity?. *Conservation Biology* 12: 1241-1252.

³⁵ Hilty, J. A., W. Z. Lidicker Jr. and A. Merenlender. 2006. Corridor Ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Island Press, USA.

³⁶ *Ídem* 32.

³⁷ *Ídem* 32.

³⁸ *Ídem* 32.

regional. Al aumentar las tasas de inmigración, los corredores pueden favorecer el incremento de la abundancia y la riqueza de especies en los parches que conectan, reduciendo la probabilidad de extinción local y permitiendo la recolonización de parches de hábitat favorable donde la especie ha desaparecido (Muench 2006³⁹).

1.1. Recopilación de ejemplos de corredores biológicos establecidos en México.

En México no existe mucha información sobre la creación y existencia de corredores biológicos, a pesar del acelerado incremento en las tasas de cambio y uso del suelo a través del tiempo, así como la creación de una serie de parches en el paisaje debido a la fragmentación del hábitat. En realidad, son pocos los estudios que se han publicado y están para consulta pública, la mayoría de la información disponible de corredores son propuestas de creación de los cuales muy pocos pueden ser consultados.

Es evidente la carencia de información y de estudios relevantes con los cuales se puedan diseñar programas de conservación en áreas donde se haya perdido la conectividad del paisaje. En los siguientes apartados se expondrán los estudios de corredores biológicos que se conocen en México los cuales se encuentran en diferentes fases de desarrollo, es decir, algunos ya están implementados (el caso del Corredor Biológico Chichinautzin, Corredor Biológico Mesoamericano), otros ya fueron concluidos los estudios (Corredor Calakmul-Sian Ka'an) y otros se encuentran en etapas iniciales o en desarrollo (Corredor Biocultural Centro Occidente, Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental).

1.1.1. Corredor Biológico Chichinautzin (CoBio Chichinautzin)

El corredor se encuentra ubicado en la sierra norte del estado de Morelos, en la región sur del Distrito Federal y al sureste del Estado de México. Fue decretado como Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) el 30 de noviembre de 1988 bajo la presidencia de Miguel de la Madrid, época en la cual se considerará prioritario establecer medidas preventivas que regularan el aprovechamiento integral y racional de los recursos naturales (DOF 1988⁴⁰). La categoría designada para CoBio Chichinautzin según la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente (LGEEPA 2014⁴¹) indica que las APFF “*se constituirán de conformidad con las disposiciones de esta Ley, de la Ley General de Vida Silvestre, la Ley de Pesca y demás aplicables, en los lugares que contienen los hábitat de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres. En dichas áreas podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento sustentable de las especies mencionadas, así como las relativas a educación y difusión en la materia*”.

Se creó con el objeto de “conservar su belleza natural, regular el crecimiento urbano y la presión demográfica..., así como proteger sus cuencas hidrográficas y la planeación ordenada de las actividades productivas...”. Su creación fue una participación conjunta de los gobiernos del Estado de Morelos y de los Municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlán, Jiutepec, Tlalnepantla,

³⁹ Muench, S.C. E. 2006. Corredores de vegetación y conectividad de hábitat para el tapir (*Tapirus bairdii*) en la Selva Lacandona, Chiapas. Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

⁴⁰ Diario Oficial de la Federación (DOF). 1988. Decreto por el que se declara el área de protección de la Flora y Fauna silvestres, ubicada en los municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlán, Jiutepec, Tlalnepantla, Yautepec, Tlayacapan y Totolapan Morelos.

⁴¹ LGEEPA. 2014. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Última reforma publicada DOF el 16 de enero del 2014. Para consulta: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>

Yautepec, Tlayacapan y Totolapan, así como de universidades como la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y la Autónoma de Morelos (UAEM). Estos realizaron estudios e investigaciones sobre el área geográfica que comprende el sistema volcánico transversal, particularmente en la vertiente que se vincula a la depresión del Balsas y se ubica en el norte del Estado de Morelos.

A partir de dichos estudios se determinó que debido a su ubicación geográfica el área es considerada una zona importante de recarga de acuíferos, que presenta una alta diversidad de flora y asociaciones vegetales, y en cuanto a la fauna mencionan que se encuentran especies endémicas (20 especies de aves y una especie de mamífero de interés mundial- *Romerolagus diazi* comúnmente conocido como Teporingo) (DOF 1988⁴²).

Por lo anterior, se determinó la necesidad de administrar el uso sustentable de los recursos de la región, por lo cual la mejor alternativa para cumplir con esos objetivos fue la creación de un Corredor Biológico que formara parte de las ANP de carácter federal (actualmente son 176 áreas) y que integrara en su diseño a los Parques Nacionales (PN) Lagunas de Zempoala y El Tepozteco (decretados en 1947 y 1937 respectivamente), conformado con tres zonas núcleo (Chalchihuites, Chichinautzin-Quiahuistepec y Las Mariposas) administradas por SEMARNAT (DOF 1988⁴³).

El corredor biológico está conformado por una superficie decretada de 37, 302.40625 Ha bajo protección (DOF 1988⁴⁴). Se encuentra ubicado en la Sierra Norte del Estado de Morelos, se creó con la finalidad de establecer un corredor biológico que integrara a los PN Lagunas (4,790 Ha) de Zempoala y El Tepozteco (24,000 Ha); de esta forma la superficie total que protege el corredor es de 66, 092 Ha (http://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/chbc_spa.pdf). Sin embargo, a diferencia de los PN cuyos objetivos se centraban fundamentalmente en la creación de áreas de recreo para la protección de suelos y bosques y la conservación del patrimonio natural y cultural de la región, los objetivos que dieron origen al Corredor Biológico Chichinautzin son de una mayor amplitud y precisión (Paz-Salinas 2005⁴⁵).

En el año 2000 CoBio Chichinautzin retoma la atención gubernamental que había sido olvidada desde la creación del decreto, ya que se incorpora al Sistema Nacional de Áreas Protegidas y con ello, se reactivan las labores de conservación con los objetivos de conservar y generar un desarrollo sustentable. Después de la creación del decreto, poco se conoce acerca de su importancia y efectividad para proteger la biodiversidad, ya que a pesar que la administración del área protegida está trabajando, la zona ha sido frecuentemente afectada por la tala clandestina, extracción de tierra, incendios forestales, desmontes con fines agrícolas, pastoreo incontrolado, cacería furtiva, extracción de plantas y desmesurado crecimiento urbano (Arellano 2011⁴⁶).

De no tomar acciones inmediatas existe un alto riesgo de que el ANP fracase en sus objetivos de protección de la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos que brinda. El CoBio se crea con la intención de mantener la continuidad de los ecosistemas que se encuentran entre el PN Lagunas de Zempoala y el PN el Tepozteco y se concibe como un corredor por establecer la continuidad entre estos parque nacionales.

⁴² *Ídem* 40.

⁴³ *Ídem* 40.

⁴⁴ *Ídem* 40.

⁴⁵ Paz-Salinas, M.F. 2005. La participación en el manejo de áreas naturales protegidas. Actores e intereses en conflicto en el Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos. UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. Morelos, México.

⁴⁶ Arellano, L. J. G. 2011. Corredores biológicos y reconfiguración territorial en América Latina: los casos de Chichinautzin, México y San Juan-La Selva, Costa Rica. Tesis para optar el título de Licenciada de Estudios Latinoamericanos. Colegio de Estudios Latinoamericanos, UNAM. México, DF

En general la CONANP ha establecido una estrategia para crear un concepto de corredores a través del establecimiento de ANP, por ejemplo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an, Monarca-Valle de Bravo-Nevado de Toluca, Maderas del Carmen-Ocampo-Cañón de Santa Elena, entre otros.

En este mismo sentido la CONANP con el apoyo de la GIZ se encuentra desarrollando el estudio técnico justificativo para el establecimiento de una nueva ANP en lo que ha sido denominado el Corredor Biológico del Bosque Mesófilo de Montaña (CBBMM) que abarca municipios de los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz. El CBBMM surgió como una propuesta de creación de un ANP ya que en México este tipo de vegetación es considerado enormemente amenazado debido a su riqueza biológica. La CONABIO incluyó buena parte del área que se propone en el estudio dentro de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) con el nombre de “Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental”.

1.1.2. Corredor Sian Ka'an – Calakmul

Desde 1994 la asociación civil “Amigos de Sian Ka'an A.C.” realizó estudios técnicos para el establecimiento del Corredor Calakmul-Sian Ka'an que, a su vez, se integra como un componente del Corredor Biológico Mesoamericano. El corredor conecta dos de las Reservas de la Biosfera (RB) más importantes del trópico mexicano, abarcando tres municipios de Quintana Roo (Tulum, Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos) y uno en Campeche (Calakmul). Además comprende cuatro áreas focales: Carrillo Puerto y el área sur de José María Morelos en Quintana Roo, y La Montaña y Zoh-Laguna – Xpuhil en Campeche. Actualmente este corredor es una de las 18 áreas prioritarias en las que trabaja la Alianza WWF-Fundación Carlos Slim, que junto con el gobierno federal, los gobiernos estatales y municipales, comunidades locales, líderes conservacionistas y organizaciones ambientalistas nacionales/internacionales, apoya desde el 2009 una Estrategia de Conservación de la Biodiversidad y el Desarrollo Sustentable de México.

El área es uno de los sumideros de carbono más importantes, es un área clave de presencia de aves y mamíferos en peligro de extinción. El corredor también alberga importantes zonas arqueológicas mayas, la mayoría de ellas aún sin explorar, en realidad, no hay mucha información de este corredor aún. El corredor, sin ser un ANP, representa un área importante para la conservación de la diversidad genética y biológica.

1.1.3. Corredor Biológico Mesoamericano

El Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) es una iniciativa de cooperación entre siete países centroamericanos (Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá) y México donde está presente en los estados del sureste de la República Mexicana (Campeche, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán), con la finalidad de llevar a cabo de forma coordinada, un conjunto de actividades dirigidas a la conservación de la diversidad biológica y la promoción del desarrollo humano sostenible en sus territorios (CCAD-PNUD/GEF 2002⁴⁷).

Inicialmente se llamó “Paseo Pantera” y tenía como objetivo mantener el hábitat del jaguar. También tenía como objetivo la protección de áreas importantes de conservación que se encuentran en los límites de los países, como es el caso de la Gran Selva Maya en Guatemala y la reserva de la Biosfera de Calakmul. El proyecto pretendía mantener el corredor en Centroamérica y cada país establecería

⁴⁷ CCAD-PNUD/GEF. 2002. Proyecto para la consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano: Una plataforma para el desarrollo sostenible regional. Serie técnica. Oficina Regional de Coordinación, Managua Nicaragua.

estrategias de conservación, ya sea con el establecimiento de ANP o bien con estrategias de corredores, como es el caso.

La implementación del proyecto considera cuatro componentes: 1) Diseño y monitoreo participativo de los corredores con la definición, por parte de las comunidades, de los planes de conservación y uso sustentable de la biodiversidad; 2) Integración de los criterios de conservación de los corredores en los planes de desarrollo federales, estatales y municipales; 3) Fomento y apoyo a las prácticas del uso sustentable de la biodiversidad, y 4) Coordinación y gestión de las acciones comprendidas en el proyecto (Eccardi 2003⁴⁸, CONABIO 2008⁴⁹).

En México, el proyecto del CBM fue aprobado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Global Environment Facility-GEF por sus siglas en inglés) a través del Banco Mundial como agencia de implementación del GEF el día 30 de noviembre del 2000 y entró en efectividad el 30 de enero del 2002. El proyecto es administrado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e involucra a todos los sectores de la sociedad: gobiernos (federal, estatal y municipal); ONG's, organizaciones sociales e iniciativa privada así como instituciones académicas.

En el territorio nacional se han implementado cinco corredores: dos en el estado de Chiapas (el primer corredor conecta tres ANP: El Triunfo, La Sepultura y Selva El Ocote; mientras que el segundo corredor conecta la Selva El Ocote con la Selva Lacandona); y tres en la península de Yucatán (dos de los cuales unen las RB Calakmul y las RB Sian Ka'an; y el restante - el corredor de la costa norte de Yucatán- que a su vez une a Celestún y a Ría Lagartos) (Eccardi 2003⁵⁰). Actualmente, el CBM trabaja en siete corredores: 1. Selva Maya Zoque (Norte de Chiapas), 2. Sierra Madre del Sur (Sur de Chiapas), 3. Calakmul - Sian Ka'an (Campeche - Quintana Roo), 4. Costa Norte de Yucatán (Yucatán), 5. Pantanos de Centla - Cañón del Usumacinta (Tabasco y Chiapas), 6. Sierra de Tabasco y 7) Humedales Costeros - Sierra de Huimanguillo (estos dos últimos en Tabasco) (Boletín de Prensa CONABIO 2011⁵¹).

El diseño de los corredores involucraba conectar varias ANP, proponiendo de esta forma un sistema de nodos y conectores. Los nodos estarían constituidos por una o varias ANP que conformarían una unidad funcional bajo el régimen de protección legal, enlazadas mediante "conectores biológicos". El término "conector" se utilizó para designar varias estrategias de manejo, que se aplicarían en el espacio comprendido entre los nodos y que incluían: Hábitats de tránsito y respaldos altitudinales que mantuvieran las rutas migratorias de las especies; corredores riparios que provean de hábitat y/o permitan la migración de especies; regiones bajo manejo forestal sustentable y los agroecosistemas que provean el hábitat a las especies; unidades de administración de recursos naturales bajo manejo fragmentado que requieran de coordinación administrativa para su manejo; y ampliaciones de ANP existentes o la creación de nuevas ANP (CCAD-PNUD/GEF 2002⁵²).

El CBM tiene una extensión de 768,990 km², en donde existen más de 60 tipos de vegetación y 30 ecoregiones, contiene entre el 8% de la biodiversidad del planeta, además de un alto grado de endemismo. La diversidad de flora es elevada: la flora de Norteamérica y de Sudamérica se encuentran y se traslapan en esta región, y a ellas se suman los taxones endémicos desarrollados

⁴⁸ Eccardi, F. 2003. El Corredor Biológico Mesoamericano México. *Biodiversitas* 47:4-7.

⁴⁹ CONABIO. 2008. Capital Natural de México, vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.

⁵⁰ Ídem 48.

⁵¹ Boletín de Prensa. 2011. Corredor Biológico Mesoamericano México, su nueva figura jurídica se integra al nuevo portal de la CONABIO. CONABIO, No. 76. México D.F.

⁵² Ídem 47.

localmente (Eccardi 2003⁵³).

La idea de conformar territorialmente corredores que vinculen las ANP contempla a cada corredor como un espacio donde la conservación de la biodiversidad y la valoración de sus servicios ambientales son la mayor prioridad y la alternativa para influir en el bienestar social. Es decir, este instrumento debe al mismo tiempo favorecer la conectividad biológica y elevar las condiciones de vida de la población: su orientación principal es la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad para tratar de evitar el cambio de uso del suelo que amenazan las ANP (CONABIO 2008⁵⁴).

Durante los años que ha operado, el Corredor Biológico Mesoamericano ha logrado que se le reconozca como un espacio plural y oportuno que fortalece la apropiación social de la biodiversidad. Tiene representatividad local, estatal y federal, lo que le permite ser un referente para el uso y manejo de la biodiversidad (CONABIO 2008⁵⁵). Sin embargo, hay que retomar esfuerzos para tratar de aminorar las presiones a las que está sometido el corredor, tales como conflictos de tenencia de la tierra, cambios de uso del suelo, incendios forestales, ganadería extensiva, prácticas agrícolas con tecnologías inadecuadas, entre otros.

1.1.4. Sistema Arrecifal Mesoamericano

En el gobierno del presidente Ernesto Cedillo, se creó una iniciativa que tenía la intención de funcionar como un “corredor” y se conoce como el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), en donde se establecerían acciones de 4 países en una carta de entendimiento en lo que se llamó la Cumbre de Tulum, ya que en este sitio se realizó la reunión para la firma del documento. En donde los países establecerían estrategias para la conservación del SAM.

El Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) es un ecosistema extenso y complejo, con alta biodiversidad, que se extiende entre los países de Belice, Guatemala, Honduras y México. El Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), se extiende desde el noreste de la Península de Yucatán en México, continuando por Belice y Guatemala hasta las Islas de la Bahía en Honduras. Es la segunda barrera arrecifal más larga del mundo. Tiene aproximadamente 1,000 km de largo. Aproximadamente 1 millón de personas de múltiples orígenes sociales y étnicos se benefician de estos valiosos recursos a través de actividades relacionadas con la pesca, el turismo y el desarrollo costero, entre otras. Dichas actividades continúan aumentando en la región, poniendo diversos niveles de presión en los ecosistemas naturales en el SAM, que incluyen: arrecifes de coral y sus ecosistemas asociados.

El objetivo del SAM es el de mejorar la protección de los vulnerables y únicos ecosistemas marinos que comprenden el SAM, y apoyar a los países de México, Belice, Guatemala y Honduras para que refuercen y coordinen políticas nacionales, reglamentos y acuerdos institucionales para la conservación y uso sostenible de este recurso público global.

1.1.5. Corredor Ecológico Sierra Madre Oriental (CESMO)

El CESMO surge a partir de que la CONANP buscaba incorporar el componente de cambio climático en las políticas y acciones de las ANP en México tratándose de enfocar en la implementación de medidas orientadas a la conservación y al uso sustentable de los ecosistemas que

⁵³ *Ídem* 48.

⁵⁴ *Ídem* 49.

⁵⁵ *Ídem* 49.

se enmarcan en el territorio de las ANP. Por lo tanto, mediante el Programa de Adaptación al Cambio Climático del Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental (PACC-CESMO), se buscaba encaminar las acciones hacia la conservación de los recursos naturales, los ecosistemas y especies prioritarias, así como a mejorar las condiciones de vida de las comunidades humanas presentes en las ANP.

El corredor cuenta con aproximadamente 2 millones y medio de hectáreas en los estados de Hidalgo, Querétaro, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. El diseño del corredor incluye tres ANP federales y un proyecto de decreto para nuevas áreas: Reserva de la Biósfera Sierra del Abra Tanchipa (SLP), Región Prioritaria para la Conservación Xilitla (SLP), Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa (Puebla) y, el proyecto Corredor Biológico del Bosque Mesófilo de Montaña en Hidalgo, Veracruz y Puebla (CONANP-GIZ 2013⁵⁶).

Por su altitud (100-2700 msnm) y tipos de clima (desde los cálidos húmedos, hasta los templados secos), el CESMO posee altos niveles de diversidad, riqueza y endemismos de especies vegetales y animales; así como una gran riqueza cultural. Se menciona que el área cuenta con ecosistemas prioritarios como la selva baja caducifolia, el bosque templado y el bosque mesófilo de montaña, que además de proteger las cuencas hidrográficas de las montañas, es hábitat de un sin número de especies de animales y plantas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. Dichos ecosistemas proporcionan servicios ambientales que generan beneficios a las comunidades. Dentro de estos servicios se destacan el suministro de alimentos, forraje y productos forestales, la provisión de agua dulce apta para consumo, el almacenamiento de CO₂ y la provisión de espacios para la recreación.

Debido a los procesos de fragmentación y pérdida de conectividad, los actores que llevaron a cabo el estudio consideraron una serie de índices y métricas del paisaje que permitieron cuantificar los patrones en el paisaje, vinculados con procesos ecológicos. Para el diseño del corredor hicieron un análisis de conectividad ecológica (mediante el uso de un Índice Integral de Conectividad- IIC para cinco tipos de vegetación: bosque mesófilo de montaña, bosque templado, selva baja caducifolia, selva mediana y alta, y matorrales), y un índice de fragmentación de forma que toda la región fue clasificada de acuerdo a una escala de tendencia baja, media, alta y muy alta.

Algunos de sus resultados, expuestos en el documento, mencionan que para el caso del Bosque Mesófilo de Montaña, la mayor conectividad parece estar en la zona sur del corredor (en el estado de Puebla y el sur del estado de Hidalgo); para los bosques templados encontraron una conectividad más alta en la zona centro (sur del estado de SLP y norte del estado de Hidalgo); mismo caso para las selvas medianas y altas; mientras que para la vegetación de matorral, la mayor conectividad se encontraba en el centro-norte del polígono propuesto. Mencionan que sus resultados confirman la relevancia del análisis de paisaje para establecer las medidas de adaptación y mitigación que permitan incrementar de resiliencia en zonas específicas (CONANP-GIZ 2013⁵⁷).

1.1.6. Corredor Biocultural Centro Occidente

Esta propuesta de corredor surgió a partir de los festejos de la Semana Nacional por la Conservación en el año 2012. En esa ocasión, la CONANP firmó un acuerdo para el diseño de dicho corredor con el objetivo de la conservación y preservación de la riqueza cultural de la región.

⁵⁶ CONANP-GIZ. 2013. Programa de Adaptación al Cambio Climático-Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. México D.F.

⁵⁷ *Ídem* 56.

El corredor involucraría esfuerzos y actores de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas. Dichos estados se comprometieron a realizar acciones para la conservación, manejo sustentable y educación ambiental de los ecosistemas en sus respectivos estados. Este proyecto es muy reciente y se espera que continúe el desarrollo del mismo.

1.2 Análisis de la información generada por otras consultorías en relación al establecimiento de corredores biológicos.

De acuerdo a la revisión de información disponible por otras consultorías en cuanto al diseño de corredores biológicos, se puede mencionar que no existen trabajos disponibles para consulta. El único trabajo que propuso el diseño de un corredor biológico fue el realizado por la CONABIO en el 2009a⁵⁸. En este reporte proponen la ampliación del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) hacia los estados de Oaxaca, Tabasco y Veracruz.

En dicho informe técnico resaltan la importancia de la conectividad entre fragmentos o parches de vegetación aislada debido a procesos de fragmentación, así como el papel que juegan las Áreas Naturales Protegidas (ANP) para la protección de la biodiversidad. Mencionan que la creación de ANP no garantiza la conectividad entre fragmentos y mucho menos la conexión de los procesos ecosistémicos, por lo cual proponen una metodología para la creación de corredores biológicos que permitan la conectividad entre ANP o sitios de importancia biológica. En su estudio proponen ampliar el CBM, ya que mencionan que los estados que proponen para incluir en el Corredor albergan una gran riqueza biótica y forman parte del área de distribución de las especies neotropicales.

Sus objetivos fueron identificar los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, definiendo la prioridad para la conservación de los municipios que contengan dichos sitios prioritarios, así como los sitios que contengan vegetación primaria y secundaria remanente y la riqueza de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010⁵⁹.

Dividieron sus métodos en 2 fases: Como primer paso identificaron los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre utilizando algoritmos de optimización los cuales generan mapas de riqueza de especies. Por lo que compilaron mapas de distribución potencial de vertebrados terrestres y plantas enlistados en la NOM 059-SEMARNAT-2001⁶⁰, que se distribuyen en el estado de Tabasco, Oaxaca y Veracruz. Emplearon el programa ConsNet cuyo objetivo es la identificación de sitios prioritarios de conservación, y como insumos usaron los mapas de distribución potencial, la información de Uso del Suelo y Vegetación, y las ANP.

Priorizaron metas para determinar en base al cruce de capas de información (mapas de distribución potencial, capa USV y de las ANP) los sitios que tuvieron mejor representación del número de especies en un mayor número de área, estos acuerdos los tomaron en una reunión de expertos.

Como segunda fase realizaron una priorización de los municipios con base en la sumatoria de los porcentajes de: superficie ocupada por los sitios identificados como prioritarios para la conservación; superficie de vegetación primaria y secundaria remanente y riqueza de especies de angiospermas,

⁵⁸ CONABIO. 2009a. Ampliación del Corredor Biológico Mesoamericano - México, en los estados de Tabasco, Oaxaca y Veracruz. Informe técnico interno. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

⁵⁹ Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT. 2010. Protección Ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF 30/12/2010.

⁶⁰ Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo de 2002, 1-56.

anfibios, reptiles, aves y mamíferos enlistadas en la NOM-059- SEMARNAT-2001⁶¹, lo anterior para identificar las zonas con mayor prioridad de conservación que podrían formar parte del corredor biológico en los tres estados. Para corroborar las capas generadas de sitios prioritarios de conservación, se apoyaron en la información que ha generado la CONABIO, tal es el caso de la capa del Análisis de Vacíos y Omisiones.

Para cada estado identificaron la superficie total de los sitios identificados como prioritarios. El análisis realizado para cada uno de los estados mostró que alrededor del 30% de la superficie de cada uno de los estados fue identificada como prioritaria para la conservación. Específicamente para el estado de Oaxaca, identificaron dos corredores que atraviesan el estado de oriente a poniente, por la vertiente del norte llegando al límite con el estado de Puebla y otra por la del sur hasta el límite con Guerrero. Mencionan que la trayectoria del corredor atraviesa seis de las ocho ANP existentes para el estado.

En cuanto a la selección de municipios se observa que una gran proporción de ellos cuenta con sitios prioritarios de conservación. A partir de ellos, realizaron otra selección de aquellos que permiten maximizar la conservación de un mayor número de elementos de la biodiversidad, con lo cual de los 570 municipios que conforma el estado, y de los 345 que encontraron con sitios prioritarios, seleccionaron sólo 135 municipios. Los municipios se seleccionaron, además de sus valores altos de priorización, por favorecer la conectividad entre las AP y el CBM de los estados del sureste.

Concluyen que alrededor de 30% de la superficie de los estados de Tabasco, Oaxaca y Veracruz fue identificado como prioritario para la conservación en este análisis. En ellos se concentra una alta riqueza de especies y se cumplen las metas de conservación definidas para cada una de ellas, considerando que se trata en su mayoría de especies prioritarias a nivel nacional. En cuanto a su método mencionan que permiten tener resultados robustos y confiables ya que incluyen diferentes grupos taxonómicos.

⁶¹ *Idem* 60.

2. Marco Conceptual

2.1. Efectos positivos y negativos sobre la creación de Corredores Biológicos

Existe una polémica sobre los corredores y su falta de evidencia en cuanto a su efectividad. En algunos artículos enlistan los efectos positivos y negativos de los corredores biológicos (Hobbs 1992 en Beier y Noss 1998⁶², CCAD-PNUD/GEF 2002⁶³, Gurrutxaga-San Vicente y Lozano-Valencia 2008⁶⁴), entre los que se encuentran:

Efectos positivos

- a) Facilitan los desplazamientos de la fauna a través de paisajes transformados.
- b) Benefician a gran diversidad de especies, por ejemplo especies migratorias o multi-hábitat.
- c) Disminuyen el aislamiento de las poblaciones locales.
- d) Aumentan las tasas de inmigración de individuos de especies sensibles a la fragmentación en los fragmentos de hábitat.
- e) Favorecen el intercambio y variabilidad genética inter-poblacional, al tiempo que previenen fenómenos de endogamia y deriva genética.
- f) Aumentan los tamaños poblacionales de especies y pueden llegar a disminuir las tasas de extinción.
- g) Permiten la recolonización de hábitats y el restablecimiento de poblaciones tras episodios de extinción local.
- h) Favorecen el mantenimiento de mayor riqueza y diversidad de especies nativas en los fragmentos de hábitat.
- i) Proveen hábitat, refugio y otros recursos a varias especies silvestres.
- j) Aumentan o mantienen estable la riqueza y diversidad de especies.
- k) Enriquecen la matriz territorial.
- l) Proveen una heterogeneidad de hábitats para especies que requieren una variedad de hábitats para su ciclo de vida.

Sin embargo, también han documentado algunos posibles *efectos negativos* en la creación de Corredores Biológicos tales como:

- a) Los Corredores Biológicos sirven de conducto para los movimientos de especies oportunistas, taxones introducidos por el hombre, introducción de enfermedades, parásitos y plagas, facilitando su propagación a través del paisaje y su acceso a los fragmentos de hábitat. Esto incrementa la competencia interespecífica y la incidencia de perturbaciones sobre el hábitat procedentes del exterior.
- b) Facilitan la propagación de incendios y otras perturbaciones como las plagas entre diferentes fragmentos de hábitat.

⁶² Beier, P. and R. F. Noss. 1998. Do habitat corridors provide connectivity?. *Conservation Biology* 12: 1241-1252.

⁶³ CCAD-PNUD/GEF. 2002. Proyecto para la consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano: Una plataforma para el desarrollo sostenible regional. Serie técnica. Oficina Regional de Coordinación, Managua Nicaragua.

⁶⁴ Gurrutxaga-San Vicente, M. y P. J. Lozano-Valencia. 2008. Evidencias sobre la eficacia de los corredores ecológicos: ¿Solucionan la problemática de la fragmentación de hábitats?. *Observatorio Medioambiental* 11:171-183.

- c) Dotan de hábitat, refugio o alimentación a especies perjudiciales.
- d) Si el corredor es frecuentado por depredadores procedentes de la matriz o asociados a hábitats de borde, las especies sensibles que potencialmente se desplazan por él pueden ver incrementada su exposición a los mismos y por tanto sus tasas de mortalidad verse, de la misma manera, aumentadas por depredación.
- e) Aumentan la tasa de cacería de las especies que los utilicen, ya que tienden a seguir rutas relativamente fijas.

2.2. Diseño del corredor biológico.

Como se ha mencionado anteriormente, los corredores biológicos tienen entre sus funciones, como una de sus finalidades, incrementar la conectividad en paisajes perturbados (Rosenberg *et al.* 1997⁶⁵). El pensar en Corredor Biológico inmediatamente lo asociamos como la conexión de dos parches de vegetación en el paisaje, sin embargo, al tener esto en mente no tomamos en cuenta todos los factores que pueden estar influyendo en la supervivencia de las especies de fauna que habitan esos parches y si las condiciones que ahí persisten son las adecuadas para la conservación y prevalencia de esas especies. Por lo cual, las definiciones de corredores biológicos involucran dos tipos de **conectividad** del paisaje:

- a) *Conectividad Estructural*: se refiere a las relaciones físicas entre los elementos del paisaje. Se centra en atributos del paisaje como el arreglo espacial de los elementos o la existencia de parches unidos del mismo tipo de vegetación. No requiere referencia del movimiento de organismos.
- b) *Conectividad Funcional*: se refiere al grado al cual el paisaje facilita o impide el movimiento de los organismos. Es una medida de la habilidad de los organismos para moverse entre parches de vegetación a través del paisaje.

Distinguir entre conectividad estructural y funcional es importante a causa de que la conectividad estructural NO implica conectividad funcional, el paisaje no necesita estar conectado estructuralmente para estar conectado funcionalmente. Al hablar de poblaciones animales la importancia de los corredores radica en que permite su movimiento entre los parches que son conectados. Nosotros en esta sección de la propuesta nos estaremos enfocando en la **CONECTIVIDAD FUNCIONAL** a partir de los datos generados de la capa de USV trabajada por Carranza en el 2014⁶⁶ y los datos de fauna proporcionados por el proyecto Mixteca.

El diseño del corredor es altamente específico a los requerimientos de las especies, hábitats, ecosistemas y procesos ecológicos que ocurran en el área de interés y se esperaría incorporar la mayor área de hábitat natural tan intacto como sea posible (Hilty *et al.* 2006⁶⁷). La estrategia del diseño del corredor depende enormemente de la integridad del paisaje en que se encuentran los posibles corredores (Anderson y Jenkins 2006⁶⁸). Como componentes clave y dentro de los

⁶⁵ Rosenberg, D. K., B. R. Noon and E. C. Meslow. 1997. Biological corridors: form, function and efficacy. *BioScience* 47: 677-687.

⁶⁶ Carranza, S. J. 2014. Análisis de información espacial y aplicación de herramientas para la determinación de servicios ecosistémicos y toma de decisiones en la Región de la Mixteca. Convenio OO66 WWF.

⁶⁷ Hilty, J. A., W. Z. Lidicker Jr. and A. Merenlender. 2006. *Corridor Ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation*. Island Press, USA

⁶⁸ Anderson, A. B. and C. J. Jenkins. 2006. *Applying Nature's Design. Corridors as a Strategy for Biodiversity Conservation*. Columbia University Press. 243pp.

objetivos del diseño se encuentran el determinar la escala, la selección de especies (Anderson y Jenkins 2006⁶⁹, Hilty *et al.* 2006⁷⁰), y también la selección de variables biológicas que pudieran tener una fuerte influencia en los procesos ecosistémicos, todo lo anterior para incluir la información en un modelo y procesar los datos en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Al referirse a la escala temporal, se puede hacer mención a la época del año en que los corredores facilitarían el movimiento de las especies, ya que pueden estar enfocados en los movimientos estacionales como las migraciones (Hilty *et al.* 2006⁷¹).

El diseño de la mayoría de los corredores ha sido a través de las especies clave, sombrilla, bandera, indicadoras etc., así como en determinar su hábitat, dispersión, comportamiento, necesidades físicas, calidad general del hábitat, continuidad y dimensiones de los corredores (Bennett 2003⁷², Hilty *et al.* 2006⁷³). Los investigadores frecuentemente usan la distribución y requerimientos del hábitat de las especies clave o sombrilla para determinar el tamaño y configuración de los corredores biológicos.

A continuación se dará una breve descripción de cada tipo de especies usadas en el diseño de un corredor (Beier, Majka y Jenness 2007⁷⁴):

Clave: Una especie clave tiene un extraño y único impacto en el ecosistema. La remoción de ésta especie puede interrumpir los procesos del ecosistema y posiblemente desencadenar la extinción de otras especies en la comunidad. Por ejemplo, los grandes carnívoros son frecuentemente especies clave porque su comportamiento alimentario regula las poblaciones de otras especies.

Bandera: Una especie bandera es un animal carismático de interés público por razones económicas o sociales, que ayuda a la atracción del público para apoyar a la conservación. Por ejemplo los pandas gigantes y el jaguar, entre otros.

Sombrilla: Son aquellas especies que requieren hábitats y recursos que se sobrelapan con otras especies de tal manera que su conservación podría resultar en la conservación de otras especies. Este tipo de especies usualmente tienen requerimientos de áreas grandes, de hábitat e historias de vida bien definidas.

Indicadoras: Son aquellas cuyo estatus es usado como una medida aproximada de las condiciones del ecosistema.

Especies vulnerables: Son aquellas que se encuentran en la lista de especies amenazadas o en peligro.

Especies generalistas vs especies especialistas: Las especies generalistas son aquellas que usan varios tipos de hábitat o que tienen dietas relativamente amplias. Mientras que las especies especialistas pueden estar limitadas para usar diferentes recursos, por ejemplo la disponibilidad de hábitats o atravesar largas distancias. Las especies generalistas probablemente necesitan corredores estrechos, mientras que las especialistas pueden necesitar corredores más anchos o grandes parches de piedras de paso con hábitat nativo para mantener las condiciones de hábitat que favorezcan su supervivencia (Hilty *et al.* 2006⁷⁵).

Especies con dispersión limitada: Especies que tengan movimientos cortos o restringidos de dispersión en el hábitat.

⁶⁹ *Ídem* 67.

⁷⁰ *Ídem* 66.

⁷¹ *Ídem* 66.

⁷² Bennett, A. 2003. Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN Forest Conservation Programme. Conserving Forest Ecosystems Series No. 1.

⁷³ *Ídem* 66.

⁷⁴ Beier, P. D. Majka and J. Jenness. 2007. Conceptual steps for designing wildlife corridors. Arizona, USA. Disponible en: <http://corridor design.org/dl/docs/ConceptualStepsForDesigningCorridors.pdf>

⁷⁵ *Ídem* 66.

Especies sensibles a las barreras u obstáculos: Las especies que no fácilmente pueden atravesar barreras u obstáculos que pudiera encontrarse en el camino al atravesar un corredor.

Especies endémicas: Son aquellas especies que tiene su rango de distribución restringida y que solamente puede ser encontradas en sitios específicos.

El diseño de un corredor destinado a servir a las especies específicas, como las anteriormente descritas, requiere conocimiento básico de su ecología, historias de vida y papel ecológico, comportamiento alimentario, requerimientos del hábitat, patrones de uso del espacio, y de organización social entre otras. Por ejemplo, la probabilidad de que un animal encuentre un corredor depende de la distancia que este podría viajar para encontrar el corredor, así como de su movilidad y comportamiento exploratorio (Anderson y Jenkins 2006⁷⁶).

Por otro lado, otros factores que se deben de tomar en cuenta para el diseño de los corredores son las dimensiones (ancho y largo) del corredor, la conectividad y calidad del hábitat. El ancho y largo de un corredor determina cuánto del interior del corredor está expuesto a las perturbaciones o a los efectos de borde a partir de la matriz circundante. Puede contener más hábitat y puede proveer a las especies sensibles a la perturbación una matriz circundante “segura”.

En general, se podría esperar que el efecto de borde pueda ser más severo cuando el corredor y la matriz del hábitat difieran enormemente. Se ha encontrado que los corredores anchos generalmente soportan más especies y por lo tanto soportan mejor la integridad de la comunidad, mientras que los corredores muy largos podrían no contener algunas especies debido a que se incrementa la distancia a partir de la zona núcleo del hábitat (Hilty *et al.* 2006⁷⁷). De tal forma que el ancho del corredor depende también del largo del mismo, ya que hay que tomar en cuenta la distancia que los animales pueden gastar atravesando, así como la cantidad de recursos que ellos podrían necesitar al momento de atravesar los corredores y de esta forma mantener la conectividad.

La *conectividad*, como lo mencionamos anteriormente se refiere al grado en la cual las especies o las poblaciones pueden moverse entre elementos del paisaje en un mosaico de tipos de hábitat. Los corredores pueden abarcar áreas de vegetación naturales o alteradas y proveen conectividad, lo que permite la propagación de la biota entre uno o más fragmentos del hábitat (Hilty *et al.* 2006⁷⁸). Mientras que la calidad del hábitat dentro de un corredor biológico puede determinar si las especies de interés pueden usar el corredor. Algunas especies pueden llegar a no usar los corredores debido a la baja calidad del hábitat (Hilty *et al.* 2006⁷⁹). La *calidad del hábitat* refleja cómo el corredor puede llegar a aproximarse al hábitat original y está fuertemente relacionado a la conectividad, donde se esperaría maximizar los niveles de diversidad en especies nativas y minimizar la intrusión de especies exóticas por el efecto de borde.

También se ha documentado que las características del paisaje influyen fuertemente el diseño de los corredores ya que ellos proveen indicios para localizar corredores apropiados. Los ríos y arroyos son un componente fundamental de los corredores biológicos porque tienden a concentrar la biodiversidad y sirven como avenidas para el movimiento de organismos (Hilty *et al.* 2006⁸⁰).

Hasta el momento hemos mencionado la importancia de la conservación de la biodiversidad (flora y fauna) en los parches que fueron formados gracias a la fragmentación, y qué especies son importantes para el diseño de los corredores, sin embargo, también hay que tomar en cuenta la

⁷⁶ *Ídem* 67.

⁷⁷ *Ídem* 66.

⁷⁸ *Ídem* 66.

⁷⁹ *Ídem* 66.

⁸⁰ *Ídem* 66.

importancia de los elementos del paisaje en hábitats muy modificados, que se encuentran también en la matriz, y que pueden mejorar la conectividad tales como la vegetación al lado de la carreteras, cercas y caminos verdes entre muchos otros.

2.2.1. Variables para el diseño de corredor biológico

Las variables más utilizadas para llevar a cabo los modelos para el diseño del corredor biológico son: cubierta de uso del suelo y vegetación, variables topográficas, distancia a cuerpos de agua (arroyos, ríos etc.), y perturbación humana (por ejemplo cercanía a asentamientos humanos y de actividades antrópicas).

Cubiertas de usos del suelo y vegetación

Las cubiertas del suelo son frecuentemente los insumos más usados e importantes en los modelos de Corredores Biológicos. La importancia de la cobertura de los usos del suelo está relacionada con los recursos disponibles en los hábitats tales como alimento, agua, techo, protección, entre otros.

Entre las variables topográficas están:

*Elevación- (Modelo Digital de Elevación-MDE) es un determinante de la cobertura de la tierra. Esta variable afecta el ambiente termal de un animal, la cantidad y forma de la precipitación (lluvia, nieve). En la literatura mencionan que ciertas especies ocurren a ciertos rangos de elevación. El MDE también se basa en una serie de variables incluyendo aspecto, pendiente, posición topográfica.

*Aspecto: El aspecto es un factor determinante de la radiación solar y consecuentemente temperatura, humedad del suelo y vegetación. Pocos modelos de hábitat usan el aspecto, porque pocos estudios sugieren que esta variable tenga algún tipo de relación con la disponibilidad del hábitat para los animales.

*Pendiente y Posición topográfica: Esta variable está correlacionada con la humedad, calor, cubierta y vegetación. Esto también es relevante para el costo del movimiento. En algunos artículos se ha reportado que los animales pueden estar asociados a fondos de cañones, piedras de paso u otras posiciones topográficas.

Distancia a cuerpos de agua: Esta variable está correlacionada con la disponibilidad del recurso agua, que implica que ciertas especies se encuentran asociadas fuertemente a la presencia de cuerpos de agua.

Perturbación humana: Muchos modelos de hábitat contienen factores relacionados con la perturbación humana; relacionados con la distancia a las carreteras o la distancia a los caminos. Idealmente para el diseño del corredor deben evitarse las carreteras, la presencia de barreras, zonas urbanas, luces etc.

2.2.2. Qué conectar

El análisis del área para el diseño del corredor involucra bloques de hábitat que van a ser conectados así como una matriz circundante donde las áreas de vida silvestre están en riesgo (Beier, Majka y Jenness 2007⁸¹).

De manera general se mencionan algunos pasos para evaluar y diseñar un corredor biológico:

1.- Identificar las áreas del hábitat para el diseño del corredor.

⁸¹ Beier, P. D. Majka and J. Jenness. 2007. Conceptual steps for designing wildlife corridors. Arizona, USA. Disponible en: <http://corridor-design.org/dl/docs/ConceptualStepsForDesigningCorridors.pdf>

2.- Seleccionar varias especies clave para el diseño del corredor (por ejemplo especies sombrilla, clave etc.), las especies seleccionadas pueden cubrir un rango de asociaciones de hábitat.

3.- Evaluar las necesidades relevantes de cada especie (por ejemplo, identificar los movimientos y patrones de dispersión de las especies seleccionadas, incluyendo migraciones estacionales).

4.- Para cada corredor potencial, evaluar cómo el área podría alojar el movimiento para cada especie clave.

5.- Es importante tomar las capas de cubierta de uso del suelo y vegetación, variables topográficas, distancia a cuerpos de agua (arroyos) y perturbación humana; así como los datos de las especies en el SIG para poder entonces modelar el Corredor Biológico. Una parte clave para combinar múltiples factores de hábitat en un modelo de Corredores es la ponderación de cada variable la cual debe reflejar su importancia relativa, pero eso se tratará a detalle en el método.

2.3 Detalles específicos en el diseño de los corredores

2.3.1. Características de los corredores:

-El corredor debería ser lo más ancho y largo posible, el ancho puede variar por tipo de hábitat o especie clave.

-Mantener el mayor espacio natural posible junto a las alcantarillas para ser usadas como paso entre fragmentos.

-Maximizar los usos del suelo adyacente al corredor para reducir el impacto humano del corredor (esto sería como una franja de borde).

-No permitir viviendas u otros impactos para proteger el corredor.

-Desarrollar restricciones estrictas de luz. Las luces pueden estar hacia abajo y hacia afuera de los corredores para que no obstruyan e interrumpan el paso de los individuos a través del corredor.

3. Justificación

El estado de Oaxaca es considerado uno de los territorios más diversos de México, esto se debe a su amplia gama de climas, abundante biodiversidad, riqueza cultural y de ecosistemas, así como sus características biofísicas, lo que hace que sea uno de los estados con mayor complejidad al interior de su territorio. Se ha documentado que es el segundo estado con mayor diversidad de mamíferos terrestres en el país, siendo que 20% de las especies son endémicas para el estado y más del 30% se encuentran en alguna categoría de protección especial.

Como se mencionó, los corredores biológicos son importantes porque ellos pueden ser una herramienta para mantener las poblaciones viables de biota en los paisajes fragmentados para mejorar la conectividad, ya que la carencia de ésta puede causar la extinción local resultante de la fragmentación del hábitat (Rosenberg *et al.* 1997⁸²). Por lo tanto, ayudan a reducir o moderar algunos de los efectos adversos de la fragmentación del hábitat al facilitar la dispersión de los individuos entre parches de hábitat y promoviendo el intercambio génico entre las poblaciones.

Por lo anterior, debido a la poca existencia y representación de áreas que promuevan la conservación de la biodiversidad en el estado, así como el constante cambio en las coberturas de uso del suelo y vegetación causadas por presiones antropogénicas -o bien por procesos naturales- lo que lleva a la formación de una serie de fragmentos de hábitat de la vegetación original, causando de igual forma un rompimiento de los procesos ecológicos dentro del ecosistema; en el presente documento se propone el diseño de corredores biológicos en la región de la Mixteca Oaxaqueña con lo cual se conserve la biodiversidad biológica del estado.

4. Metas

No.	Objetivo específico	Producto (s)
	Definir áreas con potencial para el establecimiento de corredores biológicos priorizando la conectividad de ecosistemas.	
	Actividades 4	
4.1.	Recopilación de ejemplos de corredores biológicos establecidos en México.	Ejemplos corredores biológicos en México.
4.2.	Análisis de la información generada por otras consultorías en relación al establecimiento de corredores biológicos.	Datos propuestas de otras consultorías.
4.3.	Análisis multicriterios de las áreas de interés.	Datos de análisis multicriterio.
4.4.	Integración de la información de otras consultorías y análisis multicriterio.	Datos integrados: Archivos digitales en formato vectorial y raster de la definición de corredores biológicos en la Mixteca integrando las propuestas elaboradas por otros consultores.

⁸² Rosenberg, D. K., B. R. Noon and E. C. Meslow. 1997. Biological corridors: form, function and efficacy. *BioScience* 47: 677-687.

4.5.	Informe final que integre las áreas con potencial para corredores biológicos.	Documento de informe final en formato Word y PDF.
------	---	---

5. Objetivo General

Análisis de información espacial y aplicación de herramientas para la determinación de servicios ecosistémicos y toma de decisiones en la Región de la Mixteca Oaxaqueña.

5.1. Objetivo específico:

Definir áreas con potencial para el establecimiento de corredores biológicos priorizando la conectividad de ecosistemas en la Región de la Mixteca Oaxaqueña.

6. Área de estudio.

La región de la Mixteca se encuentra al Oeste del estado de Oaxaca y colinda al Oeste con el límite del estado de Guerrero y al norte con el estado de Puebla, con la Región de la Cañada al Este, al Sureste con Los Valles Centrales y al Sur con la Sierra Sur. Se ubica entre las coordenadas extremas de 16° 35' 11.928" N y 18° 17' 49.390" N de Latitud Norte y 96° 57' 58.692" W y 98° 30' 0.810" W de Longitud Oeste (Figura 1).

El área de intervención del proyecto ocupa una superficie de 1'714,096 hectáreas y se encuentra localizada en la Región Mixteca con siete distritos: Silacayoapam, Huajuapam, Coixtlahuacan, Juxtlahuaca, Teposcula, Nochitlan y Tlaxiaco; y parte de la región Sierra Sur. Con 155 municipios de la Región Mixteca y 5 de la Región Sierra Sur⁸³ y un total de 2,364 localidades⁸⁴. Con base en los datos del Censo Nacional de Población 2010⁸⁵, la región mixteca, cuenta con una población de 522,252 habitantes, donde la Heroica Ciudad de Huajuapam de León, es la población que cuenta con el mayor número de habitantes con 69,839. La región de La Mixteca se caracteriza por ser un territorio de gran diversidad de flora y fauna dado por sus condiciones geográficas que abarcan ecosistemas áridos, montañosos y pequeños valles donde también existen diversos grupos étnicos (Feria-Pérez 2010⁸⁶).

⁸³INEGI 2010. Marco Geoestadístico Nacional Versión 5.0A.

http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx

⁸⁴Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/>

⁸⁵INEGI 2010. Censo de población y vivienda. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>

⁸⁶ Feria-Pérez, C. R. 2010. El paisaje de la mixteca: el espacio abierto en la vida cotidiana de Santa Cruz Nundaco, Oaxaca. Tesis que presenta para obtener el título de Arquitecto Paisajista. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Arquitectura.

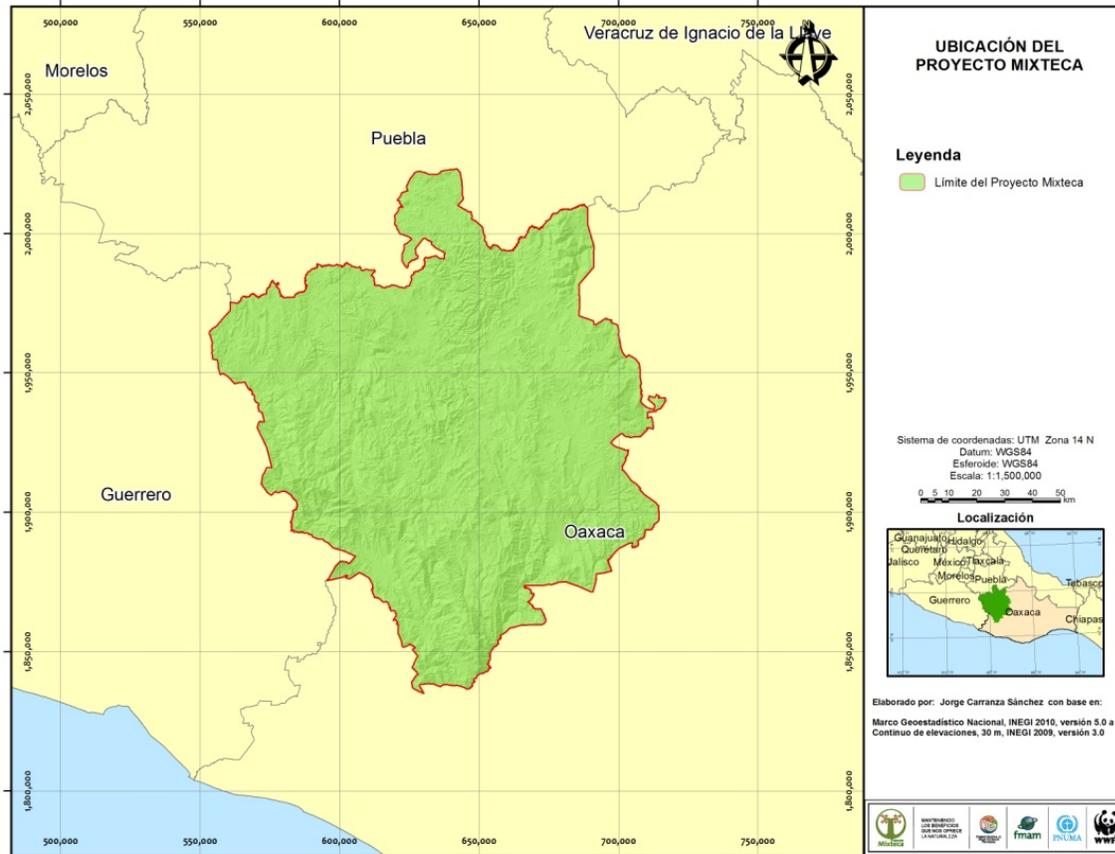


Figura 1. Área de intervención del Proyecto Mixteca.

7. Método.

El concepto del modelaje de conectividad del hábitat ha sido propuesto como una herramienta de planeación del paisaje para evitar los efectos negativos del aislamiento del hábitat (Dixon, 2012⁸⁷). Por lo tanto, en base a los supuestos anteriormente descritos para el diseño de un corredor biológico, y de esta manera mejorar la conectividad entre los hábitats resultantes de procesos de fragmentación, en el presente estudio se propone llevar a cabo el diseño de uno o varios corredores biológicos en la Región Mixteca, Oaxaca, con la ayuda de herramientas de análisis multicriterio geoespacial del *Corridor Design*⁸⁸. Este modelo diseña corredores biológicos sólo para una especie, por lo que si se requiere trabajar con varias especies es necesario realizar el mismo procedimiento para cada especie.

Las herramientas del *Corridor Design* fueron desarrolladas por investigadores, técnicos y estudiantes de la Escuela de Estudios Forestales de la Universidad del Norte de Arizona. El módulo contiene una serie de herramientas de ArcGIS para diseñar y evaluar corredores, las cuales están disponibles para instalarse de manera gratuita en la página de corridor-design.org.

Estas herramientas generan una serie de información tal como: a) Listado de las distancias más grandes entre los parches de hábitat, b) se muestran datos de la estrechez y longitud de los cuellos de botella en los corredores, c) distribuciones de frecuencia de la calidad del hábitat para las especies, así como d) estadística descriptiva de las capas en formato raster; entre otras, por mencionar sólo algunos ejemplos de la información que se puede obtener con ese módulo.

El *Corridor Design* divide las herramientas en **tres módulos** los cuales también tienen sub-módulos. El primer módulo es para la preparación de las capas y la selección las especies focales (en el cual se trabajan capas de información adicional del área de estudio, se pide la creación de un índice de posición topográfica, entre otros), el segundo módulo es para modelar el hábitat (en este apartado se crea el modelo de disponibilidad del hábitat y se realiza un mapa de parches), y por último en el tercer módulo se diseña el corredor.

A continuación se describirá el método en cada etapa de los módulos.

7.1 Análisis multicriterio de las áreas de interés.

La evaluación multicriterio es un conjunto de técnicas utilizadas en la decisión multidimensional y los modelos de evaluación, dentro del campo de la toma de decisiones (Barredo, 1996)⁸⁹. El análisis multicriterio permite operar de forma aislada y también conjuntamente con las más diversas variables, espacialmente consideradas. Esta forma de manejo de la información geográfica, permite el análisis multicriterio, dada la posibilidad de combinar y valorar simultáneamente los criterios (las bases para la toma de decisión) con sus factores (los aspectos que los fortalecen o los debilitan) a través del manejo de sus atributos (las variables) dentro de determinadas reglas de decisión y valoración (Barredo, 1996 en Ocaña-Ocaña y Galacho-Jiménez, 2002⁹⁰).

El propósito de la aplicación de las técnicas de evaluación multicriterio dentro del SIG es alcanzar, por este procedimiento, una valoración sobre la capacidad del territorio en relación con ciertas

⁸⁷ Dixon, A. 2012. Modeling Ecological Connectivity in a Protected Area network in Southeast Tanzania. A thesis presented to the Department of Humanities and Social Sciences in candidacy for degree of Master of Science. Northwest Missouri State University.

⁸⁸ www.corridor-design.org

⁸⁹ Barredo C., J. I. 1996. Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio.

⁹⁰ Ocaña-Ocaña, C. y F. B. Galacho-Jiménez. 2002. Un modelo de aplicación de SIG y evaluación multicriterio, al análisis de las capacidades del territorio en relación a las funciones turísticas. IV Congreso Turismo y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. TuriTec.

funciones o actividades, que se seleccionan como objetivos concretos de la evaluación. Por lo anterior, para llevar este tipo de análisis fue necesario recopilar los insumos necesarios. En los próximos apartados se explicarán los pasos del método que se realizaron.

7.1.1. Módulo I. Preparación de capas y selección de especies.

En este módulo se preparan las capas que determinan la distribución de las especies y por lo tanto pueden influir en la construcción de los corredores biológicos o de vida silvestre. Por lo tanto, las capas seleccionadas fueron: Modelo Digital de Elevación (DEM), Uso del Suelo y Vegetación (USV)⁹¹, Vías de Comunicación para obtener la distancia a las carreteras, Pendiente a través del MDE (INEGI, 2010)⁹².

Se ha mencionado que la selección de especies que van a representar las necesidades básicas del área donde se planea establecer el corredor (especies focales), es un paso crítico para el modelaje de los corredores biológicos. La información disponible para estas especies focales son variables importantes en el diseño del corredor, ya que son usadas como indicadores de los requerimientos básicos de supervivencia y representan factores importantes para el mantenimiento de las condiciones saludables del ecosistema (Lambeck, 1997⁹³).

En este contexto, para la región Mixteca se cuenta con los datos de distribución de fauna que fueron reportados en el Convenio OL93 de la WWF (Chagoya, 2011⁹⁴). En este conjunto de datos se tienen registros históricos de especies en la Región Mixteca, las cuales fueron organizados en base al estatus de riesgo, relevancia biológica, así como a la importancia económica y cultural de esas especies para la región Mixteca. El estatus de riesgo de las especies relevantes fue en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-059⁹⁵, a la lista roja de especies amenazadas⁹⁶ de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) y a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES)⁹⁷. La selección de las especies de acuerdo a su relevancia biológica se refiere a lo reportado como endemismo, a si es especie indicadora, sombrilla, carismática y emblemática.

Los grupos de especies elegidas para el diseño de los corredores biológicos fueron seleccionadas a partir de talleres de expertos que involucró actores clave en la región, los cuales consideraron a especies endémicas o grupos de importancia ecológica relevante para ser considerados dentro del diseño del corredor biológico. Dos talleres realizados el 24 y 31 de enero del 2014, enfocados a fauna. Las especies y grupos elegidos fueron: *Abronia mixteca*, la familia de los Felinos, los Murciélagos nectarívoros, las Salamandras y el Venado cola blanca.

Los registros de las especies indican la “calidad del hábitat” por lo cual al momento de espacializar estos registros mediante los SIG, se asume que el lugar donde estos registros tienen una frecuencia mayor, será el tipo de hábitat de esas especies. Una gran proporción de los registros de especies de fauna se encuentran muy cerca de las carreteras, pero es importante mencionar que a pesar de esto, tienen variables ambientales del paisaje asociadas a su coordenada espacial, es decir, se encuentran a

⁹¹ Ídem 65.

⁹² INEGI. 2010. Marco Geoestadístico Nacional Versión 5.0A.

http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx

⁹³ Lambeck, R. 1997. Focal species: a multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biology* 11: 849- 856.

⁹⁴ Chagoya, V. 2011. Biodiversidad de fauna de la región mixteca. World Wildlife Fund México. México, D.F.

⁹⁵ Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT. 2010. Protección Ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF 30/12/2010.

⁹⁶ IUCN, Lista roja de Especies Amenazadas. <http://www.iucnredlist.org>

⁹⁷ CITES (Convención Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna). <http://www.cites.org>

cierta altitud, pendiente y tipo de vegetación, entre otras variables.

Por lo tanto, para cada uno de los grupos de especies seleccionados, se calculó la pendiente, altitud, distancia a cuerpos de agua y carreteras, así como se le asignó el tipo de USV en el que fue registrado. En base a lo anterior, para relacionar los elementos del paisaje con los puntos de los registros de los grupos de especies seleccionados de la Región Mixteca, se “cruzarán” esta información con las capas de USV, altitud, pendiente, distancia a cuerpos de agua y a carreteras, esto con la finalidad de asignar a cada registro de las especies elegidas el atributo correspondiente y así construir una tabla que por cada ubicación (registro) se cuente con los diferentes elementos del paisaje o variables asociadas a él. La capa de USV se recategorizó en 24 clases para realizar los primeros análisis, mientras que las pendientes se estimaron con base en el DEM, cada análisis fue realizado en ArcMap 10.1. Cada capa constituye una co-variable a evaluar, las cuales se categorizarán como capas naturales (USV, altitud, pendiente, distancia a cuerpos de agua) y como capa de perturbación que pueden afectar la presencia de la especie (distancia a carreteras). Las variables mencionadas anteriormente se han reportado como condicionantes de la presencia y sobrevivencia de las especies a nivel general.

Como resultado de este cruce de información espacial, se obtendrá una capa en formato *shape* con las variables naturales y de perturbación y los registros de las especies relevantes (seleccionadas), en las cuales éstas fueron reportadas. Con lo anterior, se tendrá una primera aproximación de la distribución y condición de las especies focales elegidas en la región y a partir de esta información se determinará la ponderación para cada variable.

Crear un raster de la posición topográfica.

Además de lo anterior, el modelo necesita como insumo para posteriores análisis un raster de la zona de estudio que indique la posición topográfica. Esta parte del modelo se basa en el Índice de Posición Topográfica (TPI por sus siglas en inglés) que es la diferencia entre la elevación de cada píxel y la elevación media de los píxeles circundantes/vecinos. El TPI se calcula a partir de un DEM para producir una nueva trama de valores de TPI.

El producto resultante es un raster que divide el DEM del área de estudio en:

- 1.- Cañones
- 2.- Pendientes planas
- 3.- Pendientes empinadas
- 4.- Crestas de lomas

Este raster, posteriormente servirá de insumo para el Módulo II.

7.1.2. Módulo II. Modelo de disponibilidad del hábitat.

Este tipo de modelos permite evaluar la calidad del hábitat de las especies dentro del área de estudio. La premisa del modelo asume que “*un animal prefiere moverse a través de áreas que proveen alimento, agua, cubierta/protección y oportunidades de reproducción...*”; por lo tanto, una buena disponibilidad del hábitat provee un buen sitio para habitar, así como un bajo “costo” o “resistencia” -definido como la dificultad de movimiento de las especies a través del paisaje.

En este apartado se crea un modelo de disponibilidad del hábitat para el grupo de especies elegidas, así como un mapa de parches a partir del modelo de disponibilidad del hábitat. El modelo, dentro del módulo de *Corridor Design*, necesita como insumos las variables que consideramos podrían influir en la disponibilidad de hábitat para una especie (se pueden incluir en el modelo hasta seis factores) y la

ponderación de dichos factores que influyen en la disponibilidad del hábitat. Una vez teniendo para cada grupo de especies su ubicación espacial y los datos de los atributos asignados a cada registro, es necesario que previamente a la ejecución del modelo de disponibilidad de hábitat, por cada grupo de especies, se le asigne una ponderación a las variables de manera general, y a su vez una ponderación a las clases dentro de cada variable.

7.1.2.1. Ponderación de las variables

Para asignarles la ponderación general a cada uno de los factores se emplearon **técnicas de autocorrelación espacial** mediante el Índice Univariado de Moran empleando el software GeoDA. El índice relaciona el comportamiento de las variables mencionadas con la ubicación de los registros de los grupos de especies y de esta manera ver que tanta correlación existe entre cada una de las variables y así asignarle los pesos generales los cuales deben sumar un 100%.

Cada variable está compuesta de categorías, las cuales también fueron ponderadas en base a las **estadísticas descriptivas** de cada variable (valores extremos, media y cuartiles) mediante el software Deducer-R, y considerando una revisión bibliográfica sobre los requerimientos de la especie dentro de cada variable. Posteriormente cuando se cuente con las ponderaciones de cada variable y dentro de cada categoría, así como el raster de posición topográfica generado anteriormente, se corre el análisis del modelado de la disponibilidad del hábitat. El producto resultante es un raster de disponibilidad del hábitat en el que se conjugan todos los factores asignados para determinar las áreas no viables y viables de la zona de estudio para la(s) especie(s) elegida(s). El raster generado será utilizado como insumo para el Módulo III. Se ha mencionado en la literatura que si la disponibilidad del hábitat es alta, entonces el costo del movimiento podría ser bajo, y por lo tanto si la disponibilidad del hábitat es baja, el costo del movimiento para las especies es alta (Dixon, 2012⁹⁸).

7.1.2.2. Modelar parches de hábitat

Dentro del módulo de disponibilidad del hábitat se incluye la modelación de los parches. Esta herramienta es útil para definir los puntos de inicio y fin de los corredores, así como los parches (o llamados también piedras de paso) dentro de la matriz que serán incluidos en el diseño del corredor. Se define un parche de hábitat como un grupo de píxeles que presentan ciertas características para soportar diversos procesos de la historia de vida de las especies.

Después que se ha creado el modelo de disponibilidad del hábitat para la especie seleccionada, posteriormente ese *raster* se usa de insumo para calcular el mapa de parches potenciales de hábitat.

7.1.3. Módulo III. Diseño del Corredor

Para ir de un mapa de disponibilidad del hábitat a generar un mapa de corredores, el modelo necesita procesar varios puntos, entre los que se encuentran: cómo convertir la disponibilidad de hábitat en variables de costo/resistencia, definir el término del corredor (fin del corredor), definir la relación entre el costo por movilidad de las especies vs distancia para desplazarse, así como determinar el ancho del corredor. Estas variables pueden ser obtenidas a través del tercer módulo de *Corridor Design*.

En este módulo se utilizan como insumos en el diseño del corredor el modelo de disponibilidad de hábitat, y los parches que se quieran conectar. Para lo cual del mapa de parches se pueden elegir cuáles parches conectar. El producto final es un raster con los corredores biológicos que conectan dos parches, en donde se obtienen 11 umbrales de ancho para el corredor, el cual sirve para

⁹⁸ Ídem 87

determinar el ideal de conectividad (10%) y el mínimo (0.1%) a partir del mapa de disponibilidad del hábitat y los parches.

Los modelos son comúnmente usados para identificar las tierras que podrían mantener la habilidad de los animales de vida silvestre a moverse entre bloques de vida silvestre a través de una matriz. Hay muchas aplicaciones software que ofrecen diseñar corredores de vida silvestre, sin embargo, las herramientas proporcionadas por el módulo de *Corridor Design* proporcionan una alternativa eficiente y amigable para el diseño de los corredores biológicos, ya que los insumos que se necesitan para alimentar este modelo son relativamente sencillos de conseguir y procesar, el punto clave del uso de este modelo son las ponderaciones para las especies a las cuales se va a diseñar el corredor biológico.

8. Resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos, en las próximas páginas se expondrán por módulo los resultados del *Corridor Design*. El primer módulo se refiere a la preparación de las capas y obtener información de las especies focales. Para integrar la información y preparar los insumos para el modelo, se contaron con las capas de Modelo Digital de Elevación (DEM), Uso del Suelo y Vegetación (USV), Vías de Comunicación, Pendiente, Distancia a carreteras.

8.1. Generación de insumos

La capa de USV 2010 fue trabajada como parte del objetivo específico uno para evaluar la tasa de transformación y cambio dentro del proyecto Mixteca, en dicho análisis se establecieron 24 categorías (Figura 2); por otro lado, se determinaron las pendientes y altitudes a través del DEM, así como la distancia a las carreteras mediante la Distancia Euclidiana de la capa de vías que se encuentran en la Mixteca. La distancia euclidiana calcula en línea recta la distancia desde el centro de la celda de origen hasta el centro de cada una de las celdas vecinas (Figura 3).

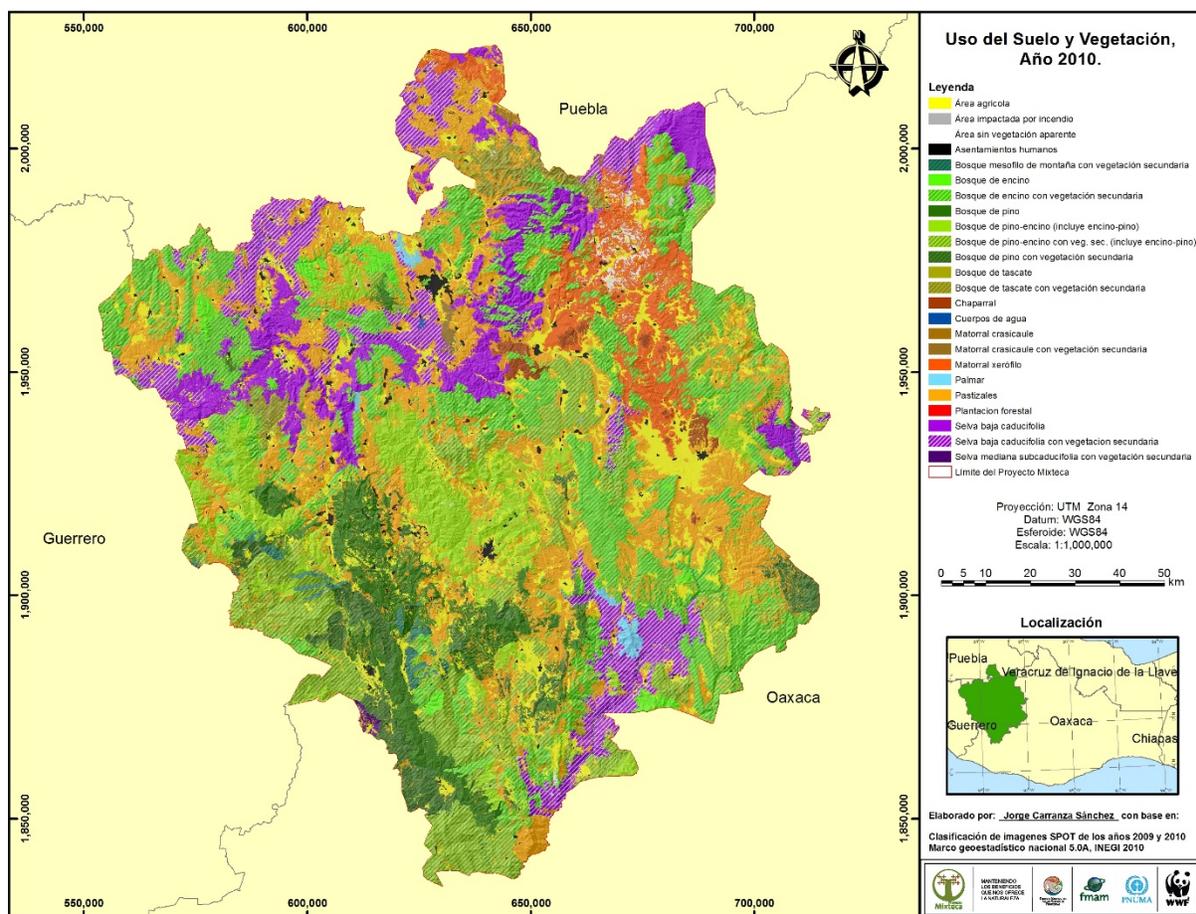


Figura 2. Uso del Suelo y Vegetación año 2010 en la Región Mixteca.

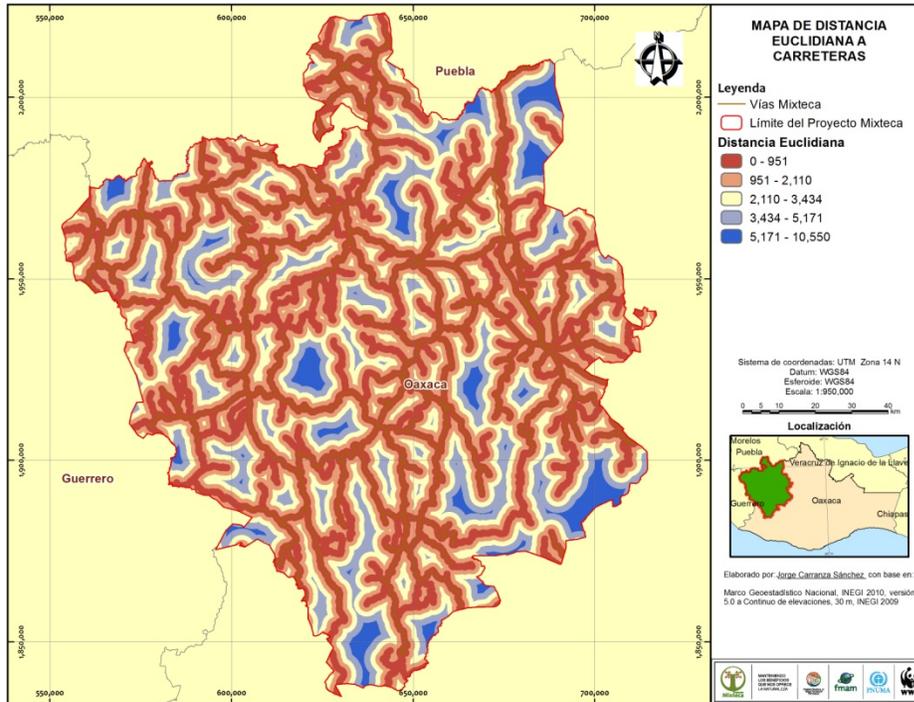


Figura 3. Distancia euclidiana a las vías de comunicación en la Región Mixteca.

De las capas consideradas como insumos generales para el modelo, se generó un mapa de posición topográfica a partir del DEM. El modelo realiza este mapa a través del **Índice de Posición Topográfica (TPI)**, que es la diferencia entre la elevación de cada píxel y la elevación media de los píxeles circundantes/vecinos. El TPI se calcula a partir de un DEM para producir una nueva trama de los valores de TPI, con lo cual se generan cuatro clases de condiciones topográficas para la zona de estudio (cañones, pendientes planas, pendientes empinadas y crestas de lomas) (Figura 4).

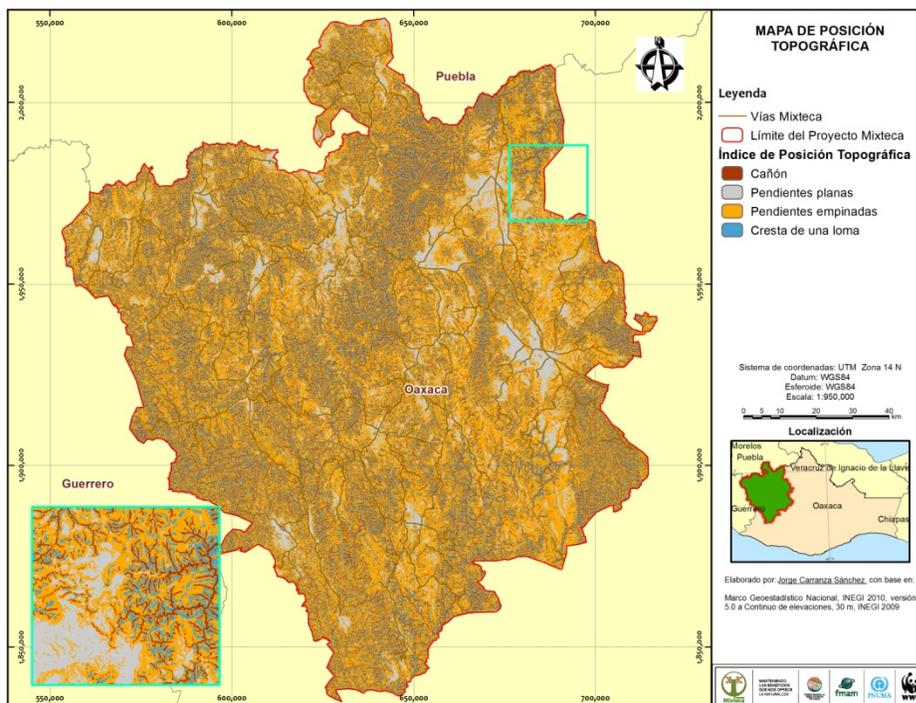


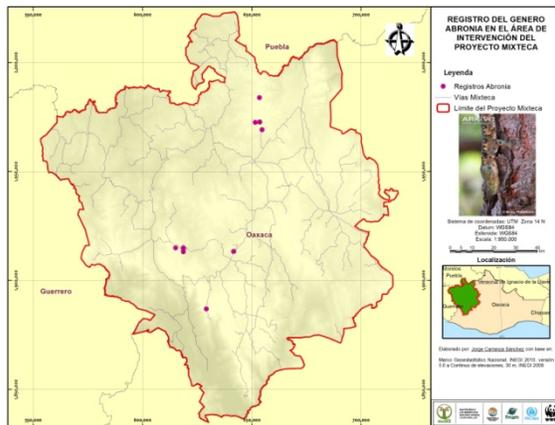
Figura 4. Índice de Posición Topográfica en la Región Mixteca.

Las especies que fueron seleccionadas por el grupo de expertos y tomadores de decisiones del proyecto Mixteca pueden observarse en el Cuadro 1. El número de registros para cada especie varía enormemente, siendo el venado (*Odocoileus virginianus*) la especie de estudio que más registros presenta con 219, seguido de las Salamandras con 82, los murciélagos nectarívoros con 52, la familia de los felinos con 52 y por último el género *Abronia* con 18 registros. En la Figura 5 puede observarse la ubicación de los registros de las especies seleccionadas, los cuales en su mayoría se encuentran cerca de las carreteras.

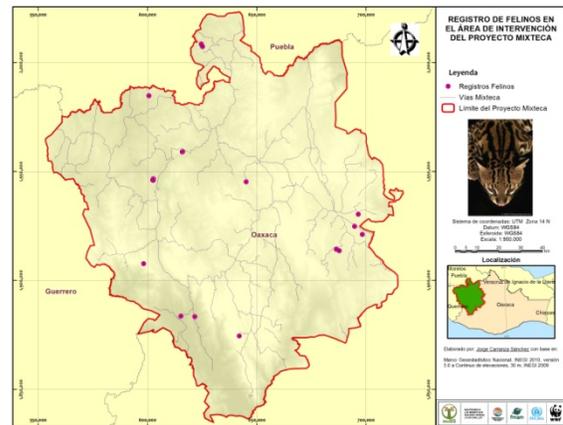
Cuadro 1. Especies y grupos seleccionados para la propuesta de diseño del Corredor Biológico.

Clase	Orden	Familia	Nombre científico	No. Registros para la Mixteca
Amphibia	Caudata	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa rietti</i>	82
			<i>Pseudoeurycea amuzga</i>	
			<i>P. belli</i>	
			<i>P. cephalica</i>	
			<i>P. maxima</i>	
			<i>P. tlaxicoensis</i>	
			<i>Tborius pulmonaris</i>	
Mammalia	Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	219
	Carnivora	Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	26
			<i>Leopardus pardalis</i>	
			<i>L. wiedii</i>	
			<i>Lynx rufus</i>	
			<i>Puma concolor</i>	
	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Anoura geoffroyi</i>	52
			<i>Choeronycteris mexicana</i>	
			<i>G. leachii</i>	
			<i>G. morenoi</i>	
<i>G. commissarisi</i>				
<i>G. soricina</i>				
<i>Leptonycteris curasoae</i>				
<i>L. nivalis</i>				
Reptilia	Squamata	Anguidae	<i>Abronia mixteca</i>	18
			<i>A. oaxacae</i>	

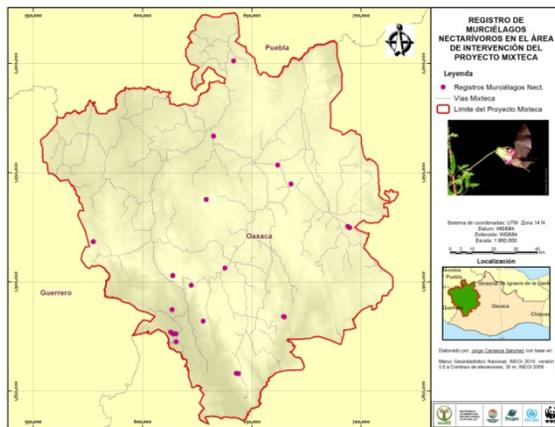
ABRONIA



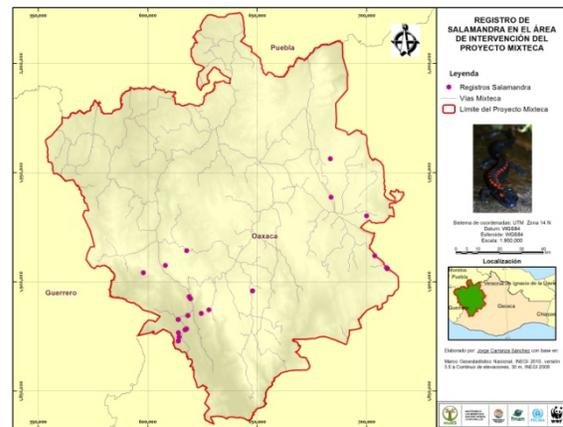
FELINOS



MURCIÉLAGOS NECTARÍVOROS



SALAMANDRA



VENADO

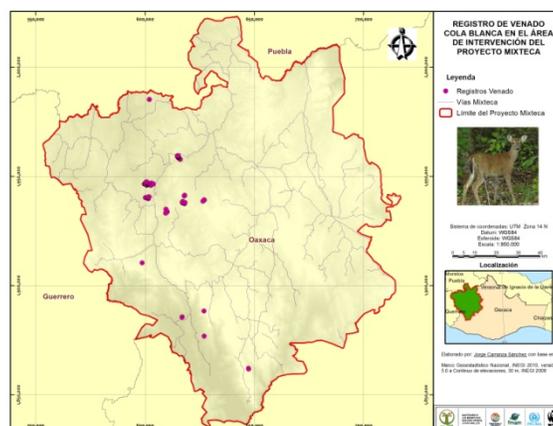


Figura 5. Ubicación de los registros de fauna en la zona de estudio.

Al tener la información de estas capas se procedió a cruzar para cada grupo y especies seleccionadas (Abronia, Felinos, Salamandras, Murciélagos Nectarívoros y Venado) que características están asociadas a cada grupo. Es decir, para cada uno de los puntos de registro se determinó a qué altitud, pendiente, distancia a carreteras y USV se encontraban, todo lo anterior se realizó mediante las herramientas del módulo Spatial Analyst del ArcGIS 10.1.

Posteriormente, para asignarle la ponderación a cada uno de los grupos y especies seleccionadas, se realizó una revisión bibliográfica sobre los requerimientos de la fauna para cada uno de los factores (USV, Elevación, Posición Topográfica y Distancia a Carreteras), en los cuales se extraía información de qué tipo de preferencia tienen, es decir, qué tipo de hábitat, altitud, pendiente, ámbito hogareño, así como tamaño mínimo poblacional y reproductivo en los cuales son frecuentemente encontrados y en cuáles circunstancias es difícil ser encontrados (Anexo I). Con esta información se emplearon técnicas de **autocorrelación espacial** mediante el Índice Univariado de Moran para la asignación de ponderación de cada uno de los factores de manera general. El índice relaciona el comportamiento de las variables mencionadas con la ubicación de los registros de las especies y/o grupos de fauna seleccionados y de esta manera ver que tanta correlación existe entre cada una de las variables. Por otro lado, para asignarle el rango a las categorías que componen cada factor se emplearon como criterios de autocorrelación, media y cuartiles.

8.2. Ponderación de las variables en el análisis multicriterio

Para cada grupo y especie se determinaron los pesos de cada variable que forman parte del diseño de corredores. El modelo de disponibilidad del hábitat requiere de la inclusión de al menos cuatro variables, en todos los procesos siguientes fueron incluidas el USV, la Altitud, Pendiente y Distancia a Carreteras.

La información para la ponderación fue en base a una revisión bibliográfica mostrada en el Anexo I, así como de la opinión de expertos especialmente en el Uso del Suelo y Vegetación. De acuerdo al análisis de correlación se ordenó en orden de importancia y de acuerdo a esto se determinó la ponderación general, la cual el total debe dar un total de 100. Es importante mencionar que la Distancia a carreteras a pesar de haber obtenido un índice de correlación alto, se puso con la ponderación más baja debido a que la mayoría de los registros se presentaron cerca de las carreteras.

A continuación se dividirán por grupos de análisis dichas ponderaciones de las variables:

8.2.1. Género Abronia

Ponderación de variables de manera general

Cuadro 2. Ponderación de variables para el Género Abronia.

Variables	Índice de Moran	Orden de importancia en la correlación	Ponderación General
Altitud	0.0305256	3	15
Pendiente	0.0912281	2	30
Distancia a Carreteras	0.162531	4	5
Uso del suelo y Vegetación	0.368691	1	50

Ponderación de las clases dentro de cada variable:

Altitud	RANGOS		PESOS
1	0	2094	50
2	2095	2228	80
3	2229	2521.3	100
4	2522	2649	90
5	2650	2878	60
6	2879	3107	50
7	3108	3336	30

Distancia a carreteras	RANGOS		PESOS
1	0	59	10
2	60	458.91	30
3	459	894.45	60
4	895	12240	80
5	12240	15506	90
6	15507	18773	100
7	18774	22040	100

Topografía	PESOS
1	28
2	75
3	44
4	62

ID	USV	PESOS
1	Área sin Vegetación Aparente	0
2	Bosque de Encino	90
3	Bosque de Encino_vs	80
4	Bosque de Pino	70
5	Bosque de Pino_vs	60
6	Bosque de Pino-Encino (incluye enci	90
7	Bosque de Pino-Encino_vs (incluye e	80
8	Bosque de Tascate	20
9	Bosque de Tascate_vs	10
10	Bosque Mesófilo de Montaña_vs	60
11	Chaparral	0
12	Matorral Crasicaule	0
13	Matorral Crasicaule_vs	0
14	Matorral xerófilo	0
15	Palmar	0
16	Plantación Forestal	0
17	Selva Baja Caducifolia	0
18	Selva Baja Caducifolia_vs	0
19	Selva Mediana Subcaducifolia_vs	0
20	Área Agrícola	0
21	Asentamientos Humanos	0
22	Área Impactada por Incendio	0
23	Cuerpos de Agua	0
24	Pastizales	0

8.2.2. Familia Felinos

Ponderación de variables de manera general:

Cuadro 3. Ponderación de variables para la Familia de Felinos.

Variables	Índice de Moran	Orden de importancia en la correlación	Ponderación General
Altitud	0.0657894	4	20
Pendiente	0.312585	2	30
Distancia a Carreteras	0.0965908	3	10
Uso del suelo y Vegetación	0.176834	1	40

Ponderación de las clases dentro de cada variable:

Altitud	RANGOS		PESOS
1	0	726	30
2	727	1590	50
3	1591	1703	60
4	1704	2014	70
5	2015	2592	90
6	2593	2840	90
7	2841	3088	100
8	3089	3336	90

Distancia a carreteras	RANGOS		PESOS
1	0	29	5
2	30	1150.57	10
3	1151	1824.575	20
4	1825	2278.62	40
5	2279	6627.76	70
6	6628	11765.173	90
7	11766	16902.587	100
8	16903	22040	100

Topografía	PESOS
1	80
2	30
3	70
4	50

ID	USV	PESOS
1	Área sin Vegetación Aparente	10
2	Bosque de Encino	80
3	Bosque de Encino_vs	70
4	Bosque de Pino	80
5	Bosque de Pino_vs	70
6	Bosque de Pino-Encino (incluye encino-pino)	80
7	Bosque de Pino-Encino_vs (incluye encino-pino)	70
8	Bosque de Tascate	20
9	Bosque de Tascate_vs	10
10	Bosque Mesófilo de Montaña_vs	80
11	Chaparral	40
12	Matorral Crasicaule	40
13	Matorral Crasicaule_vs	30
14	Matorral xerófilo	50
15	Palmar	10
16	Plantación Forestal	0
17	Selva Baja Caducifolia	90
18	Selva Baja Caducifolia_vs	80
19	Selva Mediana Subcaducifolia_vs	70
20	Área Agrícola	10
21	Asentamientos Humanos	0
22	Área Impactada por Incendio	5
23	Cuerpos de Agua	20
24	Pastizales	20

8.2.3. Murciélagos Nectarívoros

Ponderación General

Cuadro 4. Ponderación de variables para los Murciélagos Nectarívoros.

Variables	Índice de Moran	Orden de importancia en la correlación	Ponderación General
Altitud	0.682999	2	20
Pendiente	0.147302	3	10
Distancia a Carreteras	0.28872	4	10
Uso del suelo y Vegetación	0.851977	1	60

Ponderación de las clases dentro de cada variable:

Altitud	RANGOS		PESOS
1	0	775	80
2	776	1607.25	90
3	1608	2175	100
4	2176	2817	90
5	2818	2990	60
6	2991	3163	50
7	3164	3336	40

Topografía	PESOS
1	70
2	50
3	60
4	30

ID	USV	PESOS
1	Área sin Vegetación Aparente	0
2	Bosque de Encino	100
3	Bosque de Encino_vs	100
4	Bosque de Pino	33
5	Bosque de Pino_vs	33
6	Bosque de Pino-Encino (incluye encino-pino)	60
7	Bosque de Pino-Encino_vs (incluye encino-pino)	60
8	Bosque de Tascate	100
9	Bosque de Tascate_vs	100
10	Bosque Mesófilo de Montaña_vs	0
11	Chaparral	100
12	Matorral Crasicaule	100
13	Matorral Crasicaule_vs	100
14	Matorral xerófilo	0
15	Palmar	100
16	Plantación Forestal	0
17	Selva Baja Caducifolia	100
18	Selva Baja Caducifolia_vs	100
19	Selva Mediana Subcaducifolia_vs	100
20	Área Agrícola	33
21	Asentamientos Humanos	10
22	Área Impactada por Incendio	0
23	Cuerpos de Agua	0
24	Pastizales	0

8.2.4. Salamandras

Ponderación General

Cuadro 5. Ponderación de variables para las Salamandras.

Variables	Índice de Moran	Orden de importancia en la correlación	Ponderación General
Altitud	0.927032	1	40
Pendiente	0.59256	3	20
Distancia a Carreteras	0.146236	4	5
Uso del suelo y Vegetación	0.794624	2	35

Ponderación de las clases dentro de cada variable:

Altitud	RANGOS		PESOS
1	0	713	40
2	714	806.75	70
3	807	892	80
4	893	2170.75	90
5	2171	2925	100
6	2926	3062	80
7	3063	3199	60
8	3200	3336	40

Topografía	PESOS
1	80
2	30
3	70
4	10

ID	USV	PESOS
1	Área sin Vegetación Aparente	0
2	Bosque de Encino	70
3	Bosque de Encino_vs	60
4	Bosque de Pino	100
5	Bosque de Pino_vs	90
6	Bosque de Pino-Encino (incluye encino-pino)	100
7	Bosque de Pino-Encino_vs (incluye encino-pino)	90
8	Bosque de Tascate	40
9	Bosque de Tascate_vs	30
10	Bosque Mesófilo de Montaña_vs	90
11	Chaparral	0
12	Matorral Crasicaule	0
13	Matorral Crasicaule_vs	0
14	Matorral xerófilo	0
15	Palmar	0
16	Plantación Forestal	0
17	Selva Baja Caducifolia	0
18	Selva Baja Caducifolia_vs	0
19	Selva Mediana Subcaducifolia_vs	0
20	Área Agrícola	0
21	Asentamientos Humanos	0
22	Área Impactada por Incendio	0
23	Cuerpos de Agua	0
24	Pastizales	0

8.2.5. Venado

Ponderación General

Cuadro 6. Ponderación de variables para Venado.

Variables	Índice de Moran	Orden de importancia en la correlación	Ponderación General
Altitud	0.710631	2	30
Pendiente	0.703664	3	15
Distancia a Carreteras	0.933556	4	5
Uso del suelo y Vegetación	0.980599	1	50

Ponderación de las clases dentro de cada variable:

Altitud	RANGOS		PESOS
1	0	861	10
2	862	1563	20
3	1564	1837	40
4	1838	2043	60
5	2044	2736	100
6	2737	2936	90
7	2937	3136	80
8	3137	3336	50

Pendiente	RANGOS		PESOS
1	0	3.7	10
2	3.84367	10.6427	50
3	10.7	19.3708	90
4	19.4	24.2369	100
5	24.3	42.3754	40
6	42.4	52.665303	30
7	52.7	62.955206	20
8	63	73.24511	10

ID	USV	PESOS
1	Área sin Vegetación Aparente	0
2	Bosque de Encino	80
3	Bosque de Encino_vs	80
4	Bosque de Pino	100
5	Bosque de Pino_vs	100
6	Bosque de Pino-Encino (incluye encino-pino)	100
7	Bosque de Pino-Encino_vs (incluye encino-pino)	100
8	Bosque de Tascate	0
9	Bosque de Tascate_vs	0
10	Bosque Mesófilo de Montaña_vs	0
11	Chaparral	0
12	Matorral Crasicaule	0
13	Matorral Crasicaule_vs	0
14	Matorral xerófilo	0
15	Palmar	0
16	Plantación Forestal	0
17	Selva Baja Caducifolia	100
18	Selva Baja Caducifolia_vs	100
19	Selva Mediana Subcaducifolia_vs	80
20	Área Agrícola	0
21	Asentamientos Humanos	0
22	Área Impactada por Incendio	0
23	Cuerpos de Agua	50
24	Pastizales	0

8.3. Modelos

Esta sección corresponde a los resultados del Módulo del Mapa de Disponibilidad del Hábitat y del Diseño del Corredor para cada grupo y/o especie a partir de las herramientas del *Corridor Design*. A partir de las ponderaciones anteriores para cada grupo o especie de análisis se generó un mapa que indica la disponibilidad del hábitat para esa especie generada en base a la capa de USV, a la Altitud, la Pendiente y topografía, y la distancia a las carreteras. De acuerdo a las ponderaciones se genera un raster con las mejores condiciones para la permanencia de las especies.

Posteriormente, después que se creó el modelo de disponibilidad del hábitat para la especie seleccionada, ese *raster* se usó como insumo para calcular un mapa de parches potenciales de hábitat y a partir de este último se seleccionaron los parches a conectar para formar el Corredor Biológico.

En el siguiente apartado se presentarán para grupo o especie los mapas antes mencionados:

8.3.1. Género *Abronia*

En la Figura 6 se puede observar que la mayor disponibilidad de hábitat de *Abronia* en el área de estudio de la Región Mixteca, se localiza en la zona central del polígono en la cual se encuentran áreas de Bosque de Pino-Encino (BPE) y BPE con vegetación secundaria (BPEvs) (ambos incluyen Bosque de Encino-Pino) y en menor importancia de disponibilidad son las áreas de la zona norte del polígono.

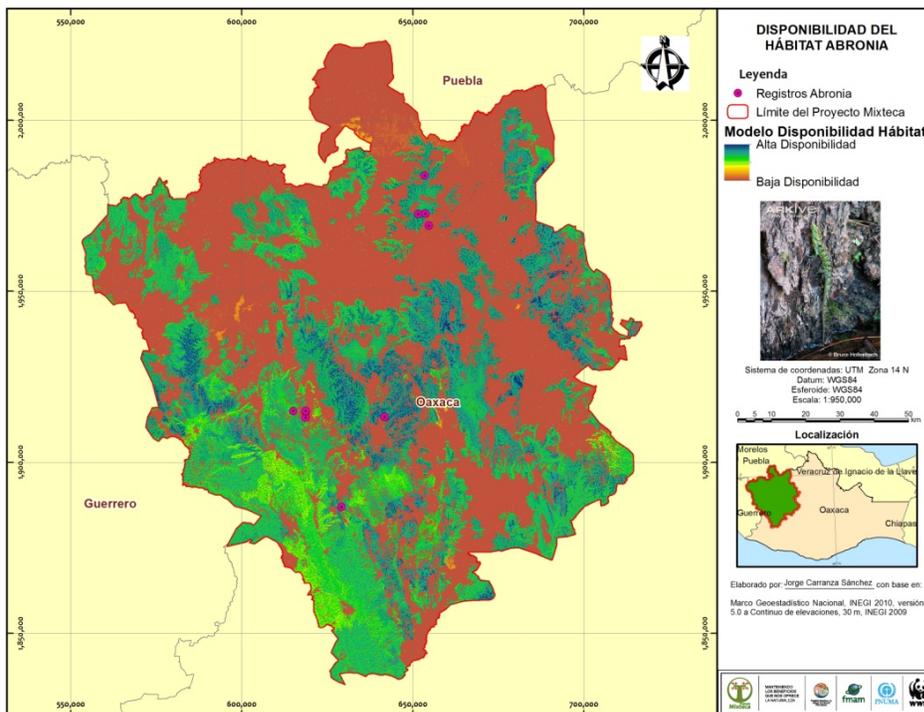


Figura 6. Disponibilidad del hábitat para el Género *Abronia* a partir del *Corridor Design*.

Del mapa de disponibilidad del hábitat de *Abronia*, se generó un mapa de parches de hábitat a partir de datos bibliográficos de tamaño mínimo de parche poblacional y reproductivo (en caso que existieran estos datos). El raster determina aquellos parches que son potencialmente determinados para el establecimiento poblacional o aquellos con fines reproductivos. En la Figura 7 se puede observar que el modelo determinó la mayor parte de parches poblacionales (azul) en la zona centro y sur del polígono.

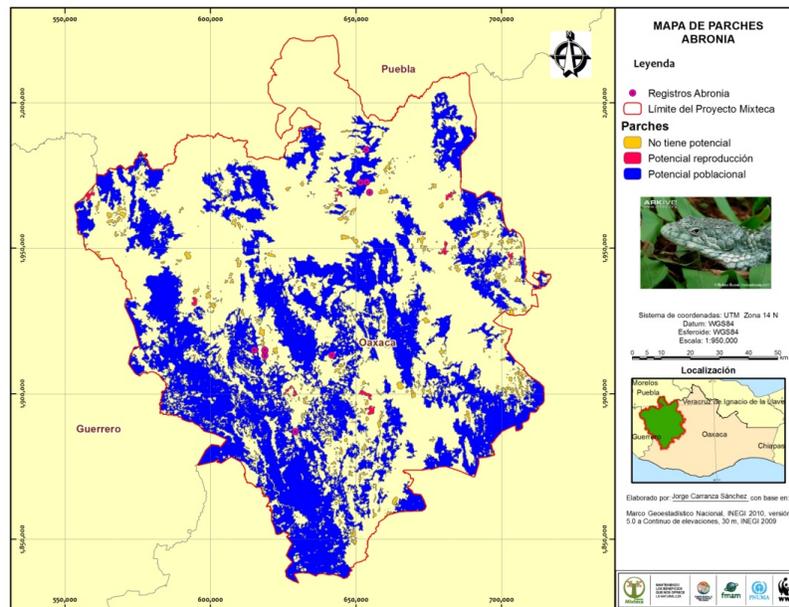


Figura 7. Parches potenciales para el establecimiento del Género *Abronia*.

Posteriormente se seleccionaron aquellos parches que fueron elegidos potencialmente para el establecimiento poblacional, y a partir de ahí se generó un mapa con los parches seleccionados para determinar los corredores biológicos para *Abronia* (Figura 8).

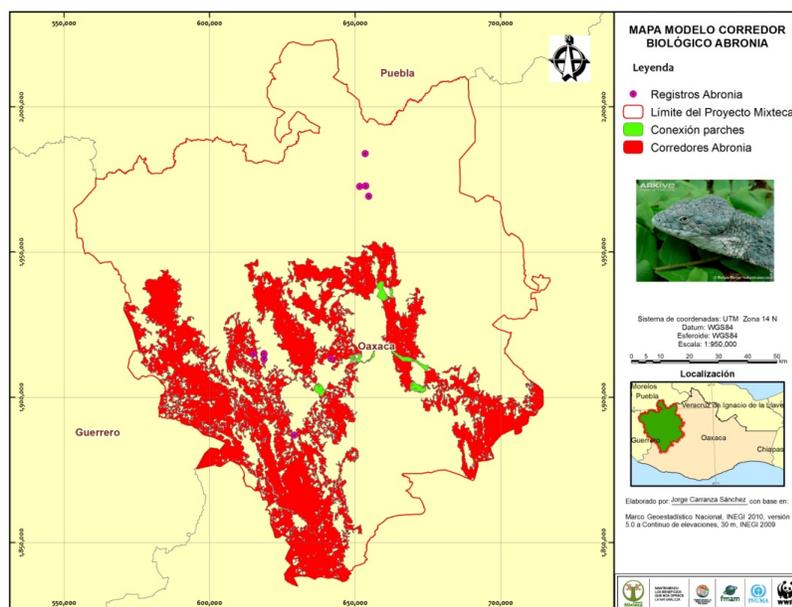


Figura 8. Mapa modelo Corredor Biológico para el Género *Abronia*.

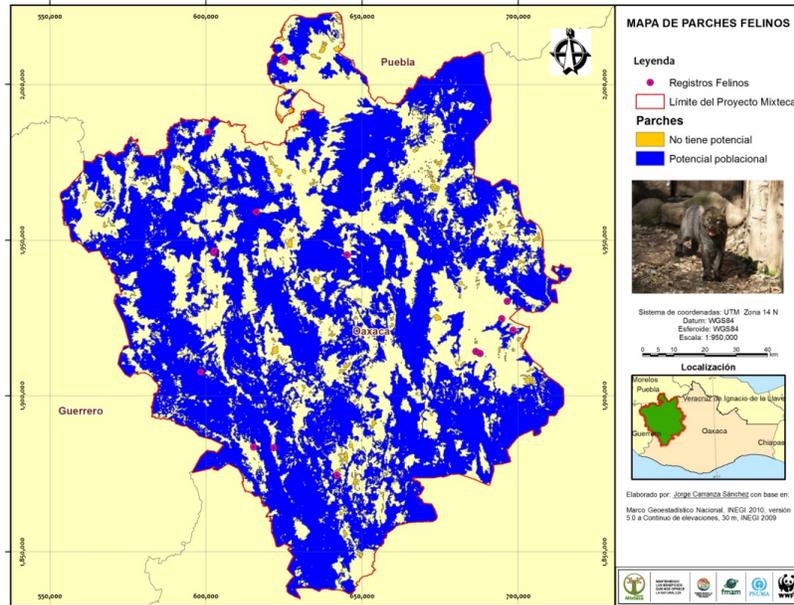


Figura 10. Parches potenciales para el establecimiento de los Felinos.

Este raster prácticamente indica las zonas potenciales para el establecimiento de la población de los Felinos y que pueden ser considerados como Corredores (Figura 11).

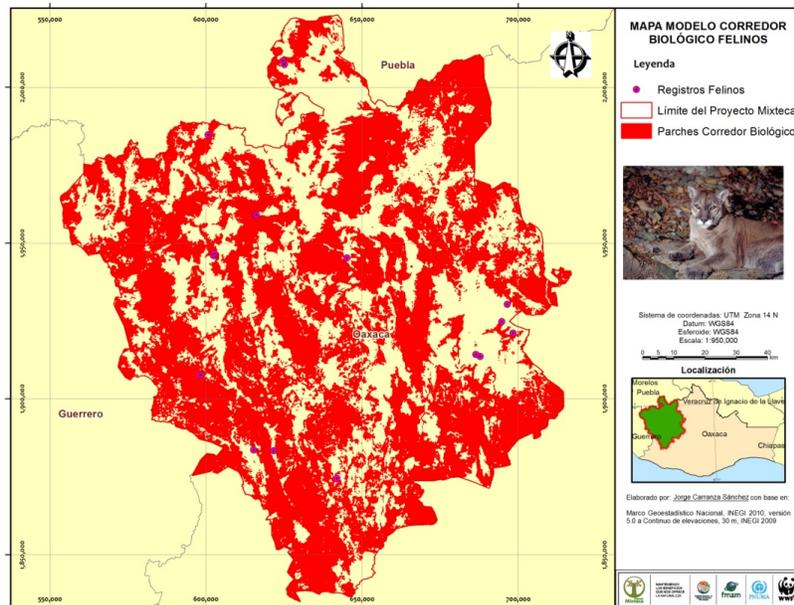


Figura 11. Mapa modelo Corredor Biológico para los Felinos.

8.3.3 Murciélagos Nectarívoros

El modelo de disponibilidad del hábitat del *Corridor Design* arroja para los murciélagos nectarívoros que la zona norte del polígono y algunas regiones de la zona noreste son las más aptas para la permanencia y reproducción de los quirópteros. Dichas áreas principalmente están compuestas de SBC y BPEVs (Figura 12). Los murciélagos nectarívoros dependen enormemente de las especies plantas que se encuentren floreciendo, ya que se alimentan de polen o néctar siendo algunas especies generalistas y otras especialistas.

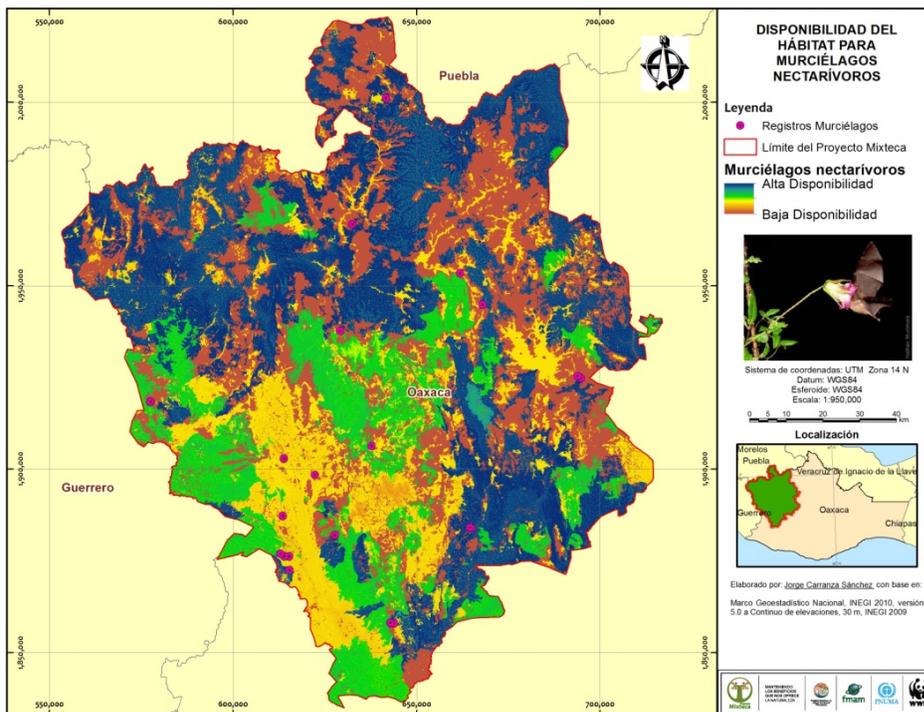


Figura 12. Disponibilidad del hábitat para los Murciélagos Nectarívoros a partir del *Corridor Design*.

Este mapa de disponibilidad del hábitat fue incluido como insumo para generar el mapa de parches para los murciélagos nectarívoros. Como puede observarse en la Figura 13, la mayor parte del polígono de la región Mixteca tiene potencial para el establecimiento de la población indicado en azul. Por lo que se seleccionaron los parches más grandes y se incluyó en el Modelo del diseño del corredor, lo cual puede observarse en la Figura 14.

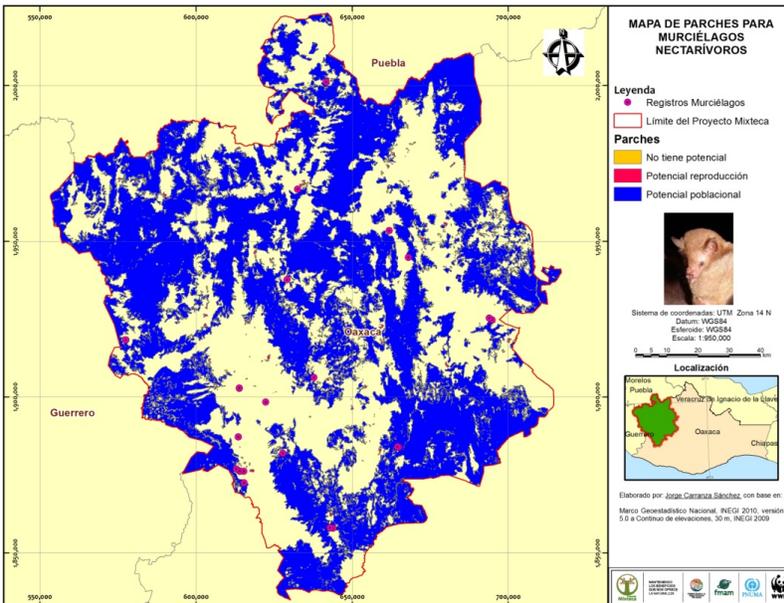


Figura 13. Parches potenciales para el establecimiento de los Murciélagos Nectarívoros.

El modelo de Corredor Biológico de acuerdo a los parches seleccionados arroja un pequeño corredor conectando los dos parches en la zona oeste del polígono (en verde).

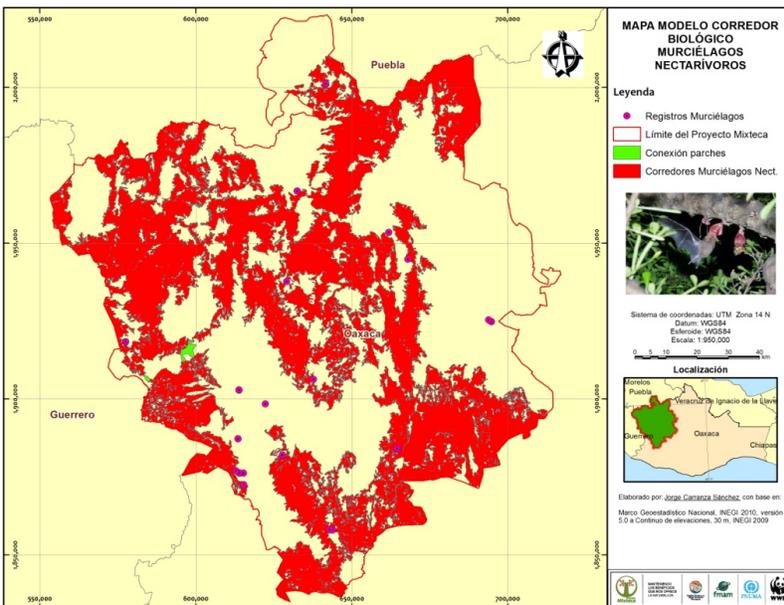


Figura 14. Mapa modelo Corredor Biológico para los Murciélagos Nectarívoros.

8.3.4 Salamandra

Las salamandras son en general especies poco documentadas, específicamente para Oaxaca se ha mencionado que es un estado rico en especies de salamandras, sin embargo son pobremente conocidas (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2005⁹⁹). La Figura 15 muestra que la disponibilidad más alta de este grupo de especies se encuentra en la zona centro y sur del polígono del área de estudio, principalmente compuesto por BPE, BPEvs y BP.

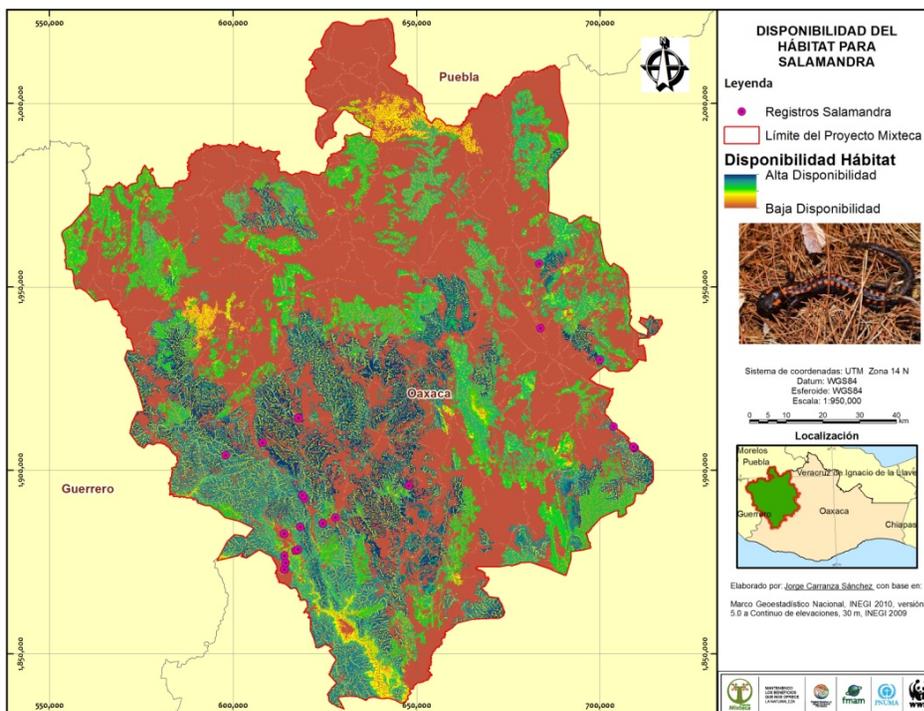


Figura 15. Disponibilidad del hábitat para las Salamandras a partir del *Corridor Design*.

En cuanto al mapa de parches generado en el Módulo de *Corridor Design* para Salamandra muestra una serie de parches pequeños distribuidos en todo el polígono y uno más grande que principalmente se encuentra en zonas con Bosque de Pino-Encino y Bosque de Pino ambos con vegetación secundaria (Figura 16).

⁹⁹ Canseco-Márquez, L. and G. Gutiérrez-Mayén. 2005. New species of Pseudoeurycea (Caudata: Plethodontidae) from the Mountains of Mixteca Region of Oaxaca, Mexico. *Journal of Herpetology* 39: 181-185.

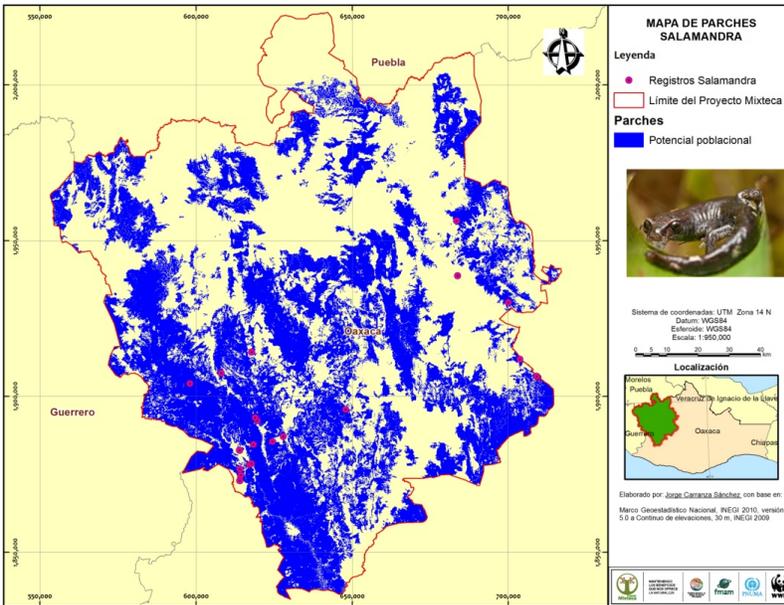


Figura 16. Parches potenciales para el establecimiento de las Salamandras.

Con respecto al mapa final donde se proponen los corredores biológicos, el modelo calcula la distancia mínima de costo de los animales al atravesar los parches, también lo calcula en base a todas las variables de topografía, altitud y requerimientos de dicho grupo. Por lo tanto en la Figura 17 en verde se proponen los corredores biológicos para conectar los parches con las mejores condiciones para el establecimiento de las Salamandras.

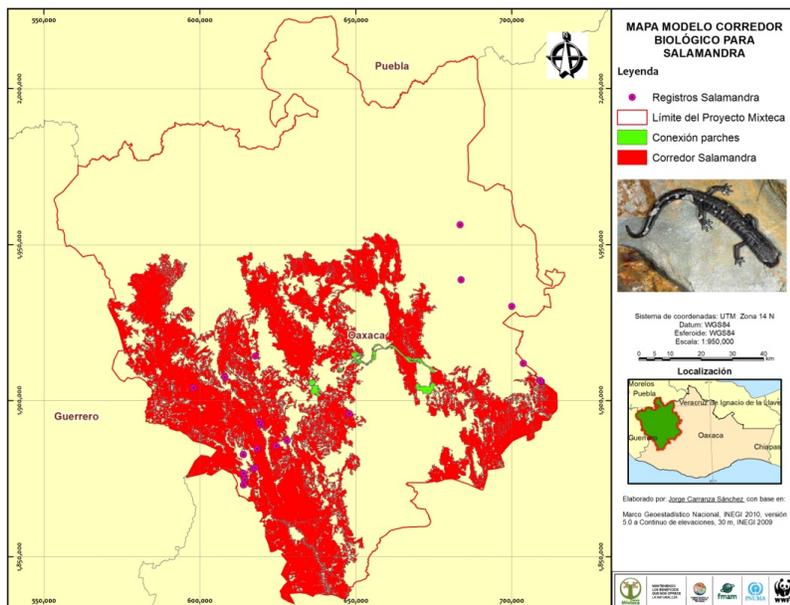


Figura 17. Mapa modelo Corredor Biológico para las Salamandras.

8.3.5 Venado

La disponibilidad del hábitat para el venado cola blanca prácticamente se encuentra en varias regiones del polígono, en dichas áreas prevalece el BPE, BPEvs, poco BP y SBC (Figura 18).

El mapa de parches del venado cola blanca indica que la gran mayoría de las zonas en azul tienen potencial poblacional, con parches pequeños aptos para los eventos reproductivos y algunos parches en amarillo muestran que no son óptimos para el establecimiento de la especie (Figura 19).

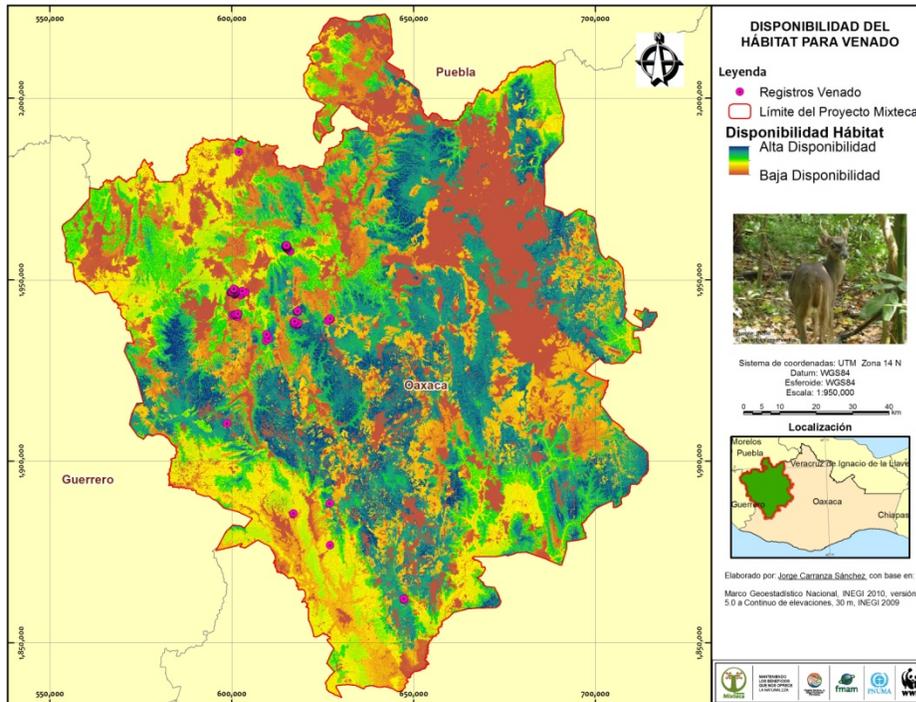


Figura 18. Disponibilidad del hábitat para el Venado cola blanca a partir del *Corridor Design*.

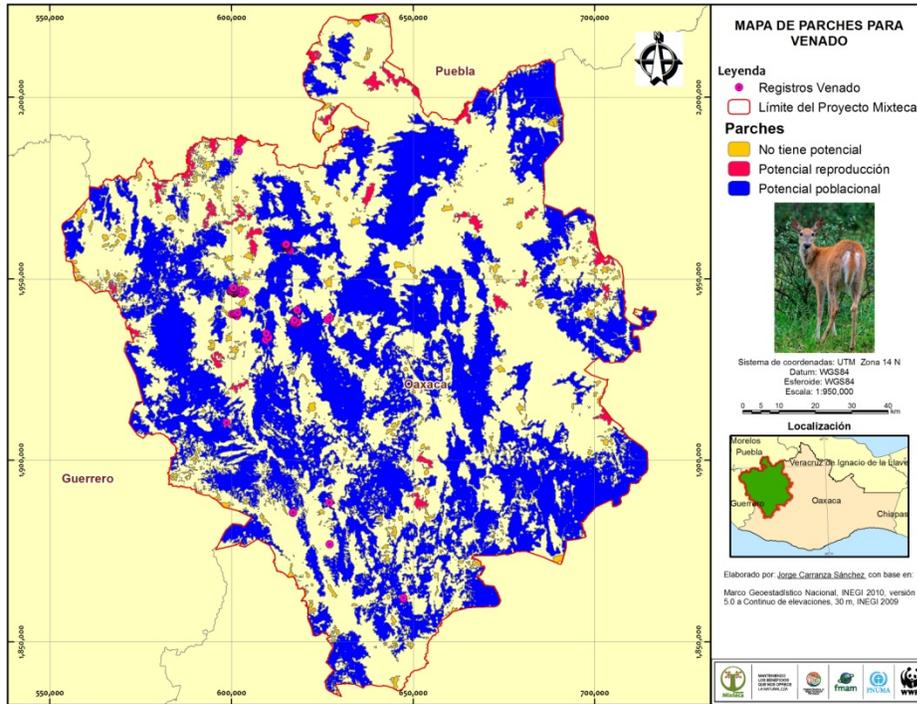


Figura 19. Parches potenciales para el establecimiento del Venado cola blanca.

El resultado final propuesto por el modelo *Corridor Design* establece una serie de corredores (en color verde) para conectar los parches seleccionados (Figura 20).

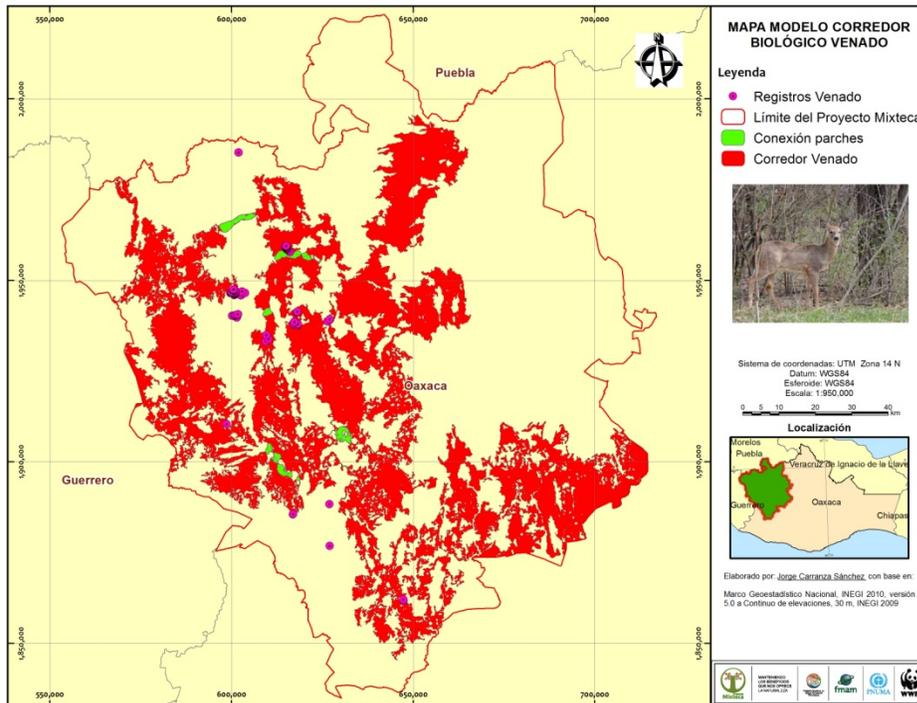


Figura 20. Mapa modelo Corredor Biológico para el Venado.

8.4 Integración información de análisis multicriterio.

De acuerdo a los datos generados por cada grupo/especie para proponer los Corredores Biológicos se realizó un análisis para determinar las áreas de superposición o correspondencia, y a partir de ahí se determinaron tres grupos de vegetación en los cuales todas las especies del estudio comparten. Los grupos de vegetación fueron: Bosque (incluye Bosque de Encino, Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino y Encino-Pino, todos dentro de la categoría primario y con vegetación secundaria –vs-), Selva (Selva Baja Caducifolia primaria y con vs) y Bosque Mesófilo de Montaña con vs (Figura 21).

Se puede observar que las especies seleccionadas en este estudio comparten tres ecosistemas clave para la región Mixteca, por lo que es importante conservar o mantener la salud de estos sistemas para poder sostener a éstas y otras especies que se presentan en el área de estudio. Las conexiones entre cada sistema indicadas en color rojo, muestran una propuesta de continuidad de vegetación y condiciones para el establecimiento poblacional y reproductivo de dichos organismos para la Región Mixteca Oaxaqueña.

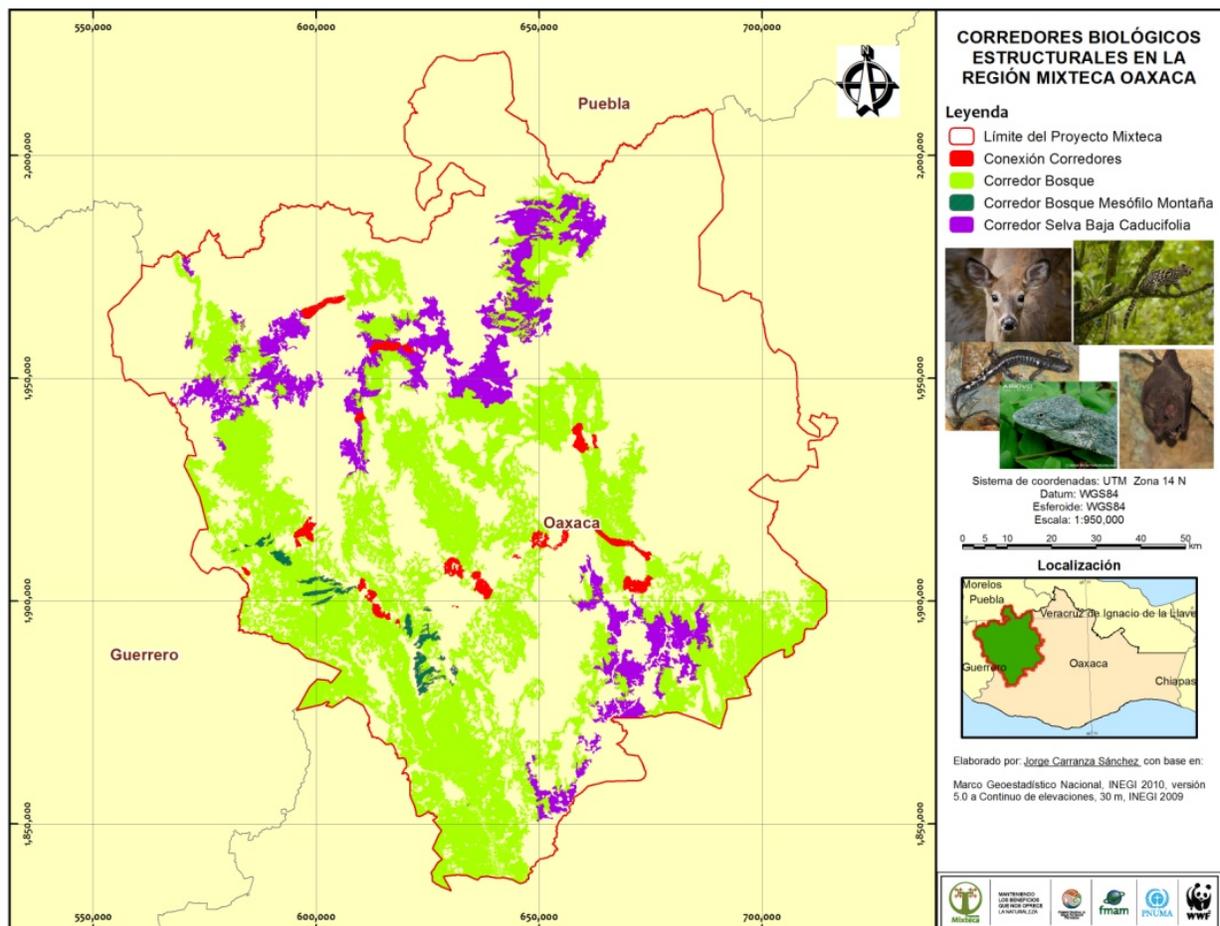


Figura 21. Corredores Biológicos propuestos para la Región Mixteca a partir del análisis multicriterio de cinco grupos de fauna clave para el mantenimiento de los ecosistemas.

Del total de superficie reportada para la Región Mixteca (1'714,096 Ha), se determinó que el Corredor denominado “Bosque” representa el 45% de la superficie total, mientras que el corredor “Selva Baja Caducifolia” conforma un 15%, y por último el corredor llamado “Bosque Mesófilo de Montaña” cuenta con cerca del 0.6% de la superficie total. El porcentaje de los corredores estructurales propuestos para la Región Mixteca Oaxaqueña es de un 60%, el restante está incluido en el resto de categorías de USV tanto forestales como no forestales (Cuadro 7).

Cuadro 7. Superficie (Ha) conformada por tipo de corredor propuesto.

CATEGORÍAS USV	TIPO	HA POR USV	%	TIPO CORREDOR	TOTAL POR CORREDOR (HA)	% DE CORREDORES ESTRUCTURALES REGIÓN MIXTECA OAXACA
Área Agrícola	NO FORESTAL	151,325.546351	9			
Área Impactada por Incendio	NO FORESTAL	143.109629	0			
Área sin Vegetación Aparente	FORESTAL	8,029.963367	0			
Asentamientos Humanos	NO FORESTAL	17,840.024587	1			
Bosque de Encino	FORESTAL	17,725.671129	1	<i>Bosque</i>	<i>776,180.557138</i>	<i>45.2822</i>
Bosque de Encino_vs	FORESTAL	323,152.824716	19			
Bosque de Pino	FORESTAL	95,028.010356	6			
Bosque de Pino_vs	FORESTAL	52,801.520417	3			
Bosque de Pino-Encino (incluye Encino-Pino)	FORESTAL	119,857.428476	7			
Bosque de Pino-Encino_vs (incluye Encino-Pino)	FORESTAL	167,615.102043	10			
Bosque de Tascate	FORESTAL	5,063.613656	0			
Bosque de Tascate_vs	FORESTAL	22,107.503835	1			
Bosque Mesófilo de Montaña_vs	FORESTAL	9,443.766209	1	<i>Bosque Mesófilo de Montaña</i>	<i>9,443.766209</i>	<i>0.5509</i>
Chaparral	FORESTAL	11,656.620141	1			
Cuerpos de Agua	NO FORESTAL	3,834.177691	0			
Matorral Crasicuale	FORESTAL	1,303.544669	0			
Matorral Crasicuale_vs	FORESTAL	2,294.284161	0			
Matorral Xerófilo	FORESTAL	84,134.252211	5			
Palmar	FORESTAL	6,772.213962	0			
Pastizales	NO FORESTAL	363,258.823114	21			
Plantación Forestal	FORESTAL	211.256669	0			
Selva Baja Caducifolia	FORESTAL	119,562.436626	7	<i>Selva Baja Caducifolia</i>	<i>248,943.189834</i>	<i>14.5233</i>
Selva Baja Caducifolia_vs	FORESTAL	129,380.753208	8			
Selva Mediana Subcaducifolia_vs	FORESTAL	1,554.278232	0			
<i>Total general</i>		<i>1,714,096.725454</i>	<i>100</i>			<i>60.3564</i>

En cuanto a los municipios que abarcan cada corredor propuesto, se tiene que por la gran superficie que representa el corredor estructural denominado “Bosque” están incluidos 110 municipios de acuerdo al MGN 2010 del INEGI, el corredor Selva Baja Caducifolia integra a 60 municipios, mientras que el Corredor Bosque Mesófilo de Montaña incluye solamente nueve municipios (Anexo II). Los municipios que integran las conexiones de los corredores estructurales propuestos en total son 26, los cuales se pueden consultar en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Municipios de la Región Mixteca que integran las conexiones en los corredores estructurales propuestos.

Municipios en la Región Mixteca que integran las conexiones entre los corredores estructurales propuestos.			
1	Coicoyán de las Flores	14	San Miguel Achiutla
2	Heroica Ciudad de Tlaxiaco	15	San Pedro y San Pablo Teposcolula
3	Magdalena Peñasco	16	San Sebastián Tecomaxtlahuaca
4	Mariscala de Juárez	17	San Simón Zahuatlán
5	Putla Villa de Guerrero	18	Santa Catarina Tayata
6	San Agustín Atenango	19	Santa Cruz Nundaco
7	San Bartolomé Yucuañe	20	Santa María del Rosario
8	San Cristóbal Amoltepec	21	Santiago Juxtlahuaca
9	San Juan Achiutla	22	Santiago Tilantongo
10	San Juan Diuxí	23	Santo Domingo Tonalá
11	San Juan Mixtepec -Dto. 08 -	24	Santo Tomás Ocotepec
12	San Marcos Arteaga	25	Santos Reyes Yucuná
13	San Martín Zacatepec	26	Tezoatlán de Segura y Luna

Por otro lado, se puede observar que los tres corredores estructurales propuestos se encuentran espacialmente favorecidos con la presencia de fuentes importantes de agua, con lo cual las especies que existan, coexistan o se trasladen entre los corredores cuentan con reservorios de agua. En el corredor Bosque se encuentran los ríos Alcozauco, Chiquito, Huajapan, Nochixtlán, Penoles, Salado, Tamazulapa y Zapote. En el corredor Bosque Mesófilo de Montaña no se encontraron cuerpos de agua; mientras que en el corredor denominado Selva Baja Caducifolia están los ríos Alcozauco, Chiquito, Huajapan, Nochixtlán, Salado y Tamazulapa (Figura 22).

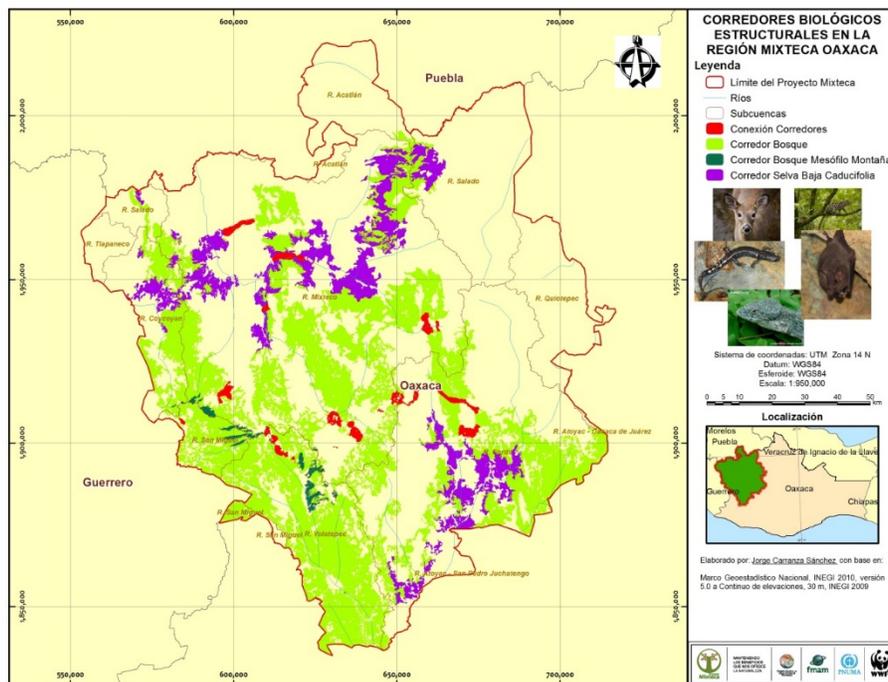


Figura 22. Principales ríos que se encuentran en la Región Mixteca Oaxaqueña.

Por último, en la región se encuentran cuatro grandes cuencas las cuales integran a su vez nueve subcuencas (Cuadro 9). Dentro de la propuesta de creación de los corredores biológicos hay dos subcuencas que abarcan gran parte de superficie propuesta, las cuales son la Subcuenca de R. Mixteco y la Subcuenca R. Sordo (Figura 23).

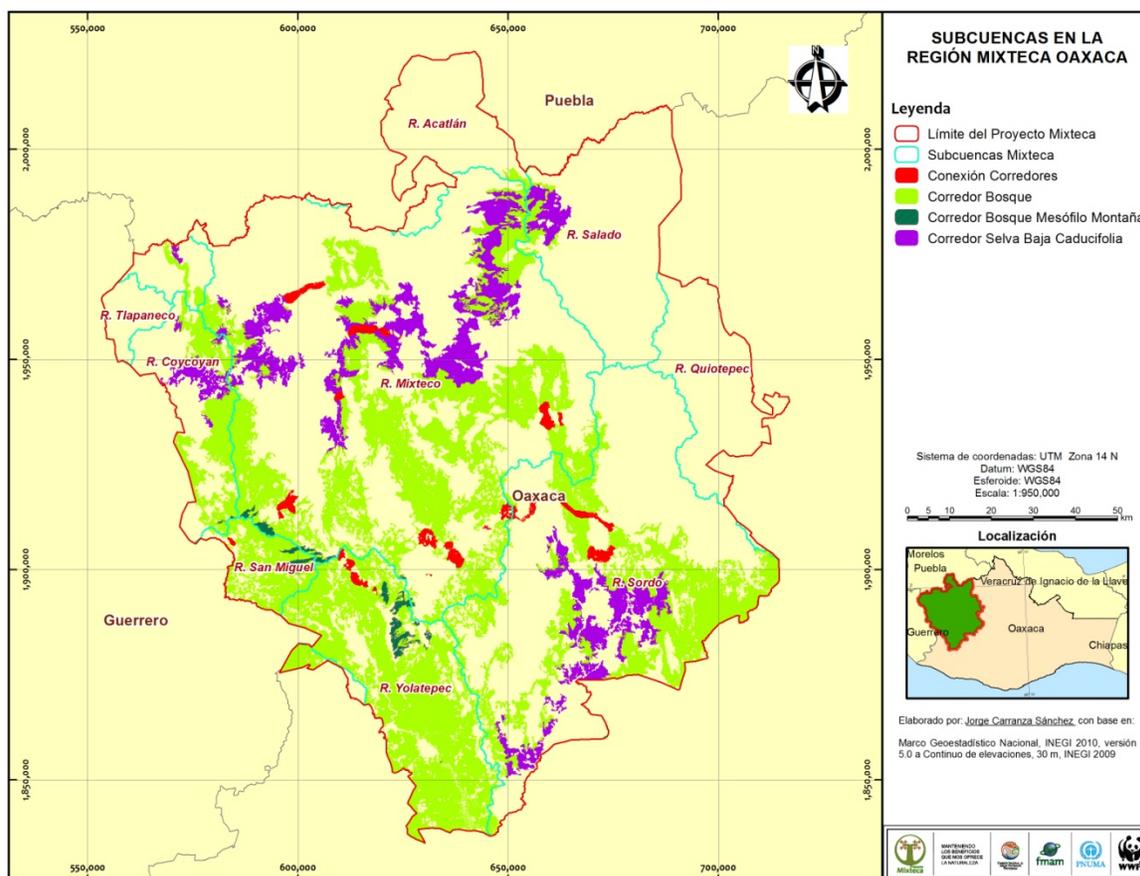


Figura 23. Subcuencas de la Región Mixteca Oaxaqueña.

Cuadro 9. Regiones Hidrológicas, cuencas y subcuencas en la Región Mixteca Oaxaca.

Región Hidrológica	CUENCA	SUBCUENCA
BALSAS	R. ATOYAC	R. Acatlán
BALSAS	R. ATOYAC	R. Mixteco
COSTA CHICA - RÍO VERDE	R. ATOYAC	R. Sordo
COSTA CHICA - RÍO VERDE	R. ATOYAC	R. Yolatepec
COSTA CHICA - RÍO VERDE	R. OMETEPEC O GRANDE	R. San Miguel
PAPALOAPAN	R. PAPALOAPAN	R. Quiotepec
PAPALOAPAN	R. PAPALOAPAN	R. Salado
BALSAS	R. TLAPANECO	R. Coycoyan
BALSAS	R. TLAPANECO	R. Salado
BALSAS	R. TLAPANECO	R. Tlapaneco

9. Discusión

El diseño de corredores es una de las estrategias que se están llevando a cabo para conservar la conectividad en aquellos paisajes que están sufriendo un incremento en las actividades humanas. En el presente trabajo, se desarrolló una metodología que incluye diferentes técnicas complementadas con las herramientas de SIG integradas en el Módulo del *Corridor Design* (www.corridordesign.org), con la finalidad de poder determinar una serie de Corredores Biológicos para cinco grupos de fauna clave para la Región Mixteca en Oaxaca. Se empleó el *Corridor Design* ya que es un módulo compuesto con herramientas bastante amigables, en el cual paso a paso va indicando al usuario los insumos a ingresar al modelo. El modelo es aplicable para trabajar con una especie a la vez, pero su fortaleza consta en la serie de variables que combina para obtener los mejores resultados al proponer el diseño de la conexión entre parches.

En el diseño de esta propuesta se integraron métodos de estadística espacial y autocorrelación espacial, para evaluar la relación que existe entre los datos de presencia de fauna y los diferentes elementos del paisaje o covariables, para de esa manera determinar cuáles se relacionan con la presencia de la especie, asumiendo que forman parte clave dentro su historia de vida. La autocorrelación espacial, así como las estadísticas descriptivas sirvieron de gran apoyo para fortalecer la determinación de las ponderaciones generales así como la asignación de los rangos de análisis para cada una de las clases dentro de cada variable.

El módulo realiza un mapa de viabilidad de hábitat para la especie, construido a partir de valores de autocorrelación y las capas de las covariables, lo cual permite reconocer cuáles son las zonas que usa o que podría estar usando el grupo o especie en la región. Para todas las especies y grupos en cuestión se considera que la estimación de la disponibilidad del hábitat es la más cercana dependiendo de los requerimientos de la fauna seleccionada para esta propuesta.

Cada una de las especies y grupos de fauna seleccionadas tienen requerimientos bastante amplios y diferentes, por lo que de acuerdo a los modelos de corredor biológico generados para cada especie pueden compartir áreas o parches para conectar. Como se mencionó anteriormente, la generación de los mapas de parches para cada grupo de análisis muestran parches de gran tamaño que potencialmente son para el establecimiento y sobrevivencia de la población.

En la literatura se menciona que el tamaño del parche dentro de una matriz de hábitat, funciona como un predictor clave de la diversidad de especies. De acuerdo con la teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson en 1967¹⁰⁰, existe una relación directa entre el área de un parche y el número de especies presentes en él. Un parche de mayor tamaño también sostiene tamaños poblacionales mayores de cada especie, por lo que estas especies enfrentan un menor riesgo de extinción (Ditt 2002 en Muench, 2006¹⁰¹). Por lo tanto se tiene que un parche grande tiene mayores posibilidades de actuar como una fuente de individuos que estén poco a poco colonizando otros parches, por lo que un corredor conectado a dicho parche tendrá mayores probabilidades de ser utilizado y contribuirá más a la persistencia de la población regional. Entre mayor sea el área de los parches conectados por un corredor particular mayor será la contribución del corredor a la supervivencia de la biota regional, al mantener una red más grande de hábitat continuo, lo que es un objetivo deseable para la conservación de la diversidad biológica (Gurd *et al.* 2001 en Muench,

¹⁰⁰ MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

¹⁰¹ *Ídem* 39.

2006¹⁰²).

En lo que respecta a la creación de los corredores, las herramientas del *Corridor Design* producen un mapa en el cual se muestran una serie de corredores con diferentes anchos, con lo cual se pueden visualizar y obtener varias rutas. El modelo elige las mejores condiciones pensando en los requerimientos de cada especie o grupo para trazar las rutas de conexión entre parches, lo anterior a través del análisis de costo-distancia. El análisis básicamente identifica las áreas con la resistencia o el costo más bajo para que la especie focal atravesase los bloques o parches de vegetación donde el costo o resistencia es una combinación ponderada de varios factores.

El método presenta sus limitaciones como todos los modelos desarrollados predictivos, ya que solamente se puede trabajar con una especie de fauna a la vez, se deben de tener un buen registro de las especies de estudio caso contrario la creación de los modelos será en base a los datos ingresados, entre más datos mejores resultados. En el caso del módulo de los mapas de parches y se puede llegar a sobreestimar la generación de los mapas de parches debido a la carencia de datos de tamaños de parches mínimo para el establecimiento poblacional o para actividades de reproducción. No de todas las especies o grupos de fauna existe este tipo de información por lo que es necesario que se tome en cuenta para correr el modelo en otras especies.

Sin embargo, pese a las limitaciones del modelo, se pueden tener aproximaciones acertadas a las condiciones de presencia, disponibilidad del hábitat de acuerdo a las condiciones actuales de las zonas de estudio, y modelar rutas alternas que podrían seguir las especies o grupos de análisis para atravesar los parches de vegetación. En este modelo se incluyeron las principales variables que se consideran elementos básicos para la sobrevivencia o el establecimiento de las especies tales como el alimento, protección –cubierta- y reproducción.

Es importante mencionar que conectar zonas de forma inadecuada incrementa el riesgo de exposición a depredadores, favorece la aparición y permanencia de especies invasoras y plagas y pueden conducir a un hábitat donde no se garanticen las condiciones suficientes para la supervivencia de las especies.

Los SIG se han convertido en una herramienta importante en el análisis espacial de las últimas décadas en los estudios para modelar fenómenos causados en la naturaleza ya sea de manera natural o por actividades humanas. El concepto de modelaje ha sido propuesto como una herramienta de planeación del paisaje para evitar los efectos negativos del aislamiento espacial causado por la fragmentación (Dixon, 2012¹⁰³).

Estos sistemas de análisis espacial ofrecen información considerable para los tomadores de decisiones, ya que actualmente son importantes herramientas de conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Los corredores biológicos se deben convertir en los instrumentos de gestión que promuevan y faciliten la coordinación entre las diferentes instituciones relacionadas con el medio ambiente para avanzar hacia el desarrollo sostenible y hacer efectiva la conectividad biológica entre los ecosistemas naturales (COBIORED, 2009 en Arias Montes, 2012¹⁰⁴).

¹⁰² *Ídem* 39.

¹⁰³ *Ídem* 87.

¹⁰⁴ Arias, M. M. E. 2012. Los Corredores biológicos como instrumento de política ambiental para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible. Tesina para obtener el título de Bióloga. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

10. Conclusiones

- ✓ El método elaborado en este trabajo permite la identificación de corredores biológicos adaptados a las necesidades de una especie en particular, a partir de un mínimo de insumos cartográficos.
- ✓ Se propuso la creación de corredores biológicos para especies de la Región Mixteca del Género *Abronia*, de la Familia Felidae, los Murciélagos Nectarívoros, las Salamandras y el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* a partir de información biológica básica de la especie focal, referente a sus preferencias de hábitat, requerimientos espaciales y hábitos de movimiento.
- ✓ Se contaron con pocos registros de fauna y en específico de las especies clave seleccionadas, las cuales básicamente estaban ubicadas cerca de las carreteras lo cual de entrada ya indicaba un sesgo en los análisis.
- ✓ Se usaron las herramientas proporcionadas por el Módulo *Corridor Design* el cual mostró tener fortalezas y debilidades en la generación de productos.
- ✓ La calidad y cantidad de los insumos para proporcionar al modelo son un factor clave en la generación de resultados.
- ✓ El empleo de técnicas de SIG para la propuesta de creación y diseño de corredores biológicos es considerada una herramienta útil por los tomadores de decisiones en los planes de conservación de diversas áreas en el mundo.
- ✓ Hay diferentes propuestas de conectividad: la estructural y funcional, la primera se refiere al diseño y estructura de la vegetación como tal y la funcional es a nivel ecosistema en el cual interactúan una serie de organismos de flora y fauna para mantener el sistema sano.
- ✓ Las especies del Género *Abronia*, de la Familia Felidae, los Murciélagos Nectarívoros, las especies de Salamandras y el venado cola blanca comparten tres tipos de vegetación de acuerdo al análisis de los Corredores Biológicos, los cuales fueron Bosques (Encino, Pino, Encino-Pino, Pino-Encino tanto primario como con vegetación secundaria), Selva (Selva Baja Caducifolia primaria y con vegetación secundaria) y Bosque Mesófilo de Montaña con vegetación secundaria.

11. Literatura Citada

- Alves, F. P., D. Boscolo and B. F. Viana. 2013. What do we know about the effects of landscape changes of plant-pollinator interaction networks?. *Ecological Indicators* 31: 35-40.
- Anderson, A. B. and C. J. Jenkins. 2006. *Applying Nature's Design. Corridors as a Strategy for Biodiversity Conservation*. Columbia University Press. 243pp.
- Arellano, L. J. G. 2011. *Corredores biológicos y reconfiguración territorial en América Latina: los casos de Chichinautzin, México y San Juan-La Selva, Costa Rica*. Tesis para optar el título de Licenciada de Estudios Latinoamericanos. Colegio de Estudios Latinoamericanos, UNAM. México, D.F.
- Arias, M. M. E. 2012. *Los Corredores biológicos como instrumento de política ambiental para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible*. Tesina para obtener el título de Bióloga. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Baum, K. A.; K. J. Haynes, F. P. Dilleuth and J. T. Cronin. 2004. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. *Ecology* 85: 2671-2676.
- Beier, P. and R. F. Noss. 1998. Do habitat corridors provide connectivity?. *Conservation Biology* 12: 1241-1252.
- Beier, P. D. Majka and J. Jenness. 2007. *Conceptual steps for designing wildlife corridors*. Arizona, USA. Disponible en:
<http://corridor-design.org/dl/docs/ConceptualStepsForDesigningCorridors.pdf>
- Bennett, A. 2003. *Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. IUCN Forest Conservation Programme. *Conserving Forest Ecosystems Series No. 1*.
- Bennett, A. F. and D. A. Saunders. 2010. *Habitat fragmentation and landscape change*. Pp. 88-106. In Navjot S. Sodhi y Paul E. Ehrlich (Eds.). *Conservation Biology for all*. Oxford University Press. New York, USA.
- Bocco, G., M. Mendoza y O. Masera. 2001. La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Boletín del Instituto de Geografía* 44: 18-38.
- Boletín de Prensa. 2011. Corredor Biológico Mesoamericano México, su nueva figura jurídica se integra al nuevo portal de la CONABIO. CONABIO, No. 76. México D.F.
- Bond, M. 2003. *Principles of Wildlife Corridor Design*. Report for Center for Biological Diversity. Casterline, M., E. Fregaus, E. Fujioka, L. Hagan, C. Mangiardi, M. Riley, H. Tiwari. *Wildlife Corridor Design and Implementation in South Ventura County, California*. Master of Environmental Science and Management.
- CCAD-PNUD/GEF. 2002. *Proyecto para la consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano: Una plataforma para el desarrollo sostenible regional*. Serie técnica. Oficina Regional de

Coordinación, Managua Nicaragua.

CONABIO. 2008. Capital Natural de México, vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.

CONABIO. 2009a. Ampliación del Corredor Biológico Mesoamericano - México, en los estados de Tabasco, Oaxaca y Veracruz. Informe técnico interno. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONABIO. 2009b. Biodiversidad Mexicana. Reporte País: Riquezas Naturales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.

CONANP-GIZ. 2013. Programa de Adaptación al Cambio Climático-Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. México D.F.

Chagoya, V. 2011. Biodiversidad de fauna de la región mixteca. World Wildlife Fund México. México, D.F.

Convención Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna (CITES). <http://www.cites.org>

Diario Oficial de la Federación (DOF). 1988. Decreto por el que se declara el área de protección de la Flora y Fauna silvestres, ubicada en los municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlán, Jiutepec, Tlalnepantla, Yautepec, Tlayacapan y Totolapan Morelos.

Dixon, A. 2012. Modeling Ecological Connectivity in a Protected Area network in Southeast Tanzania. A thesis presented to the Department of Humanities and Social Sciences in candidacy for degree of Master of Science. Northwest Missouri State University.

Eccardi, F. 2003. El Corredor Biológico Mesoamericano México. *Biodiversitas* 47:4-7.

Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/>

Estrada, A. and R. Coates-Estrada. 2002. Bats in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 103: 237-245.

Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487-515.

Feria-Pérez, C. R. 2010. El paisaje de la mixteca: el espacio abierto en la vida cotidiana de Santa Cruz Nundaco, Oaxaca. Tesis que presenta para obtener el título de Arquitecto Paisajista. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Arquitectura.

Fisher, J, J. Stott and B.S. Law. 2010. The disproportionate value of scattered trees. *Biological Conservation* 143: 1564-1567.

Gurrutxaga-San Vicente, M. y P. J. Lozano-Valencia. 2008. Evidencias sobre la eficacia de los

corredores ecológicos: ¿Solucionan la problemática de la fragmentación de hábitats?. Observatorio Medioambiental 11:171-183.

Hilty, J. A., W. Z. Lidicker Jr. and A. Merenlender. 2006. Corridor Ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Island Press, USA.

Hoebee, S.E, U. Arnold, C. Düggelin, F. Gugerli, S. Brodbeck, P. Rotach and R. Holderegger 2007. Mating patterns and contemporary gene flow by pollen in a large continuous and a small isolated population of the scattered forest tree *Sorbus torminalis*. Heredity 99: 47-55.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Marco Geoestadístico Nacional Versión 5.0A. http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Censo de población y vivienda. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>

IUCN, Lista roja de Especies Amenazadas. <http://www.iucnredlist.org>

IUCN. 2011. Las áreas protegidas de América Latina, situación actual y perspectivas para el futuro. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid, España.

Janzen, D. H. 1994. Priorities in tropical biology. Trends in Ecology and Evolution 9: 365-367.

Krauss, J., R. Bommarco, M. Guardiola, R. K. Heikkinen, A. Helm, M. Kuussaari, R. Lindborg, E. Öckinger, M. Pärtel, J. Pino, J. Pöyry, K. M. Raatikainen, A. Sang, C. Stefanescu, T. Teder, M. Zobel and I. Steffan-Dewenter. 2010. Habitat fragmentation causes immediate and time-delayed biodiversity loss at different trophic levels. Ecology Letters 13: 597–605.

Lambeck, R. 1997. Focal species: a multi-species umbrella for nature conservation. Conservation Biology 11: 849- 856.

Lander, A. T, D.H. Boshier and S. A. Harris. 2010. Fragmented but not isolated: Contribution of single trees, small patches and long distance pollen flow to genetic connectivity for *Gomortega keule*, an endangered Chilean tree. Biological Conservation 143(11): 2583-2590.

Law, B. S. and M. Lean. 1999. Common blossom bats (*Syconycteris australis*) as pollinators in fragmented Australian tropical rainforest. Biological and Conservation 91: 201-212.

Law, B. S., J. Anderson and M. Chidel. 1999. Bat communities in a fragmented forest landscape on the south-west slopes of New South Wales, Australia. Biological Conservation 88: 333-345.

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). 2014.. Última reforma publicada DOF el 16 de enero del 2014. Para consulta: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>

McArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

- Mas, J.F., V. Sorani, R. Álvarez. 1996. Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación. *Investigaciones Geográficas* 5: 43-57. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Morgan, J. W. 1999. Effects of population size on seed production and germinability in an endangered, fragmented grassland plant. *Conservation Biology* 13: 266-273.
- Muench, S.C. E. 2006. Corredores de vegetación y conectividad de hábitat para el tapir (*Tapirus bairdii*) en la Selva Lacandona, Chiapas. Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT. 2010. Protección Ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF 30/12/2010.
- Ocaña-Ocaña, C. y F. B. Galacho-Jiménez. 2002. Un modelo de aplicación de SIG y evaluación multicriterio, al análisis de las capacidades del territorio en relación a las funciones turísticas. IV Congreso Turismo y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. TutíTec.
- Paz-Salinas, M.F. 2005. La participación en el manejo de áreas naturales protegidas. Actores e intereses en conflicto en el Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos. UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. Morelos, México.
- PNUMA. 2005. Grupo de países megadiversos afines. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Para consulta:
<http://www.pnuma.org/deramb/GroupofLikeMindedMegadiverseCountries.php>
- Rathcke, B. J., and E. S. Jules. 1993. Habitat fragmentation and plant pollinator interactions. *Current Science* 65: 273-277.
- Rosenberg, D. K., B. R. Noon and E. C. Meslow. 1997. Biological corridors: form, function and efficacy. *BioScience* 47: 677-687.
- Santos, T. y J. L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 2:3-12.
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs and C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A Review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo de 2002, 1-56.
- Steffan-Dwenter, I. y T. Tschardtke. 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia*, 121: 432-440.

Stoner, K. E, J. A. Lobo, M. Quesada, E. J. Fuchs, Y. Herrerías-Diego, M. A. Munguía-Rosas, K. A. Ocegüera-Salazar, C. Palacios-Guevara y V. Rosas-Guerrero. 2008. Efecto de la perturbación del bosque en la tasa de visita de murciélagos polinizadores y sus consecuencias en el éxito reproductivo y el sistema de apareamiento en árboles de la familia Bombacaceae. Pp. 351-372. En: Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Celia A. Harvey y Joel C. Sáenz (Eds.). Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica.

Trejo, I. and R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133-142.

Young, A., T. Boyle and T. Brown. 1996. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 413-418.

Zuidema, P. A., J. A. Sawyer and W. Dijkman. 1996. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. *Environmental Conservation* 23: 290-297.

Anexo I. Literatura consultada para la ponderación de variables utilizadas en el modelo Corridor Design.

ESPECIE/GRUPO	ALTITUDES (msnm)	TIPOS DE VEGETACIÓN QUE PREFIEREN	OBSERVACIONES	Literatura citada
ABRONIA				
<i>Abronia mixteca</i>	2200-2640	SBC, BMM, BP, Past., Zonas agrícolas	Busca bromelias de BE. HABITA EN CLIMAS TEMPLADOS HUMEDOS	Martín-Regalado et al. 2012 Maciel-Mata, C. 2013 Ficha técnica Abronia mixteca Ruiz, et al. 2012
	2420	BE		
	2134-2400	BE, BPE	DISTRIBUCIÓN LIMITADA. BUSCAN BROMELIAS Y MUSGOS DE BE	
	2134-2400	BPE		
	2570-2640			
<i>Abronia oaxacae</i>	2100-3170	BMM, BP, BPE, Zonas agrícolas	Busca bromelias de BPE, BP	
	2100-2700	BPE	AMBAS ESPECIES DE ABRONIA SE ENCUENTRAN LIMITADAS AL BPE	
ESPECIE/GRUPO	ALTITUDES (msnm)	TIPOS DE VEGETACIÓN QUE PREFIEREN	OBSERVACIONES	Literatura citada
FELINOS				
<i>Puma concolor</i>		Bosques de Coníferas (BP, BPE), BE	LOS BP PRINCIPALMENTE SE DAN A ALTITUDES DE 1500-3000msnm	Salazar-Gómez, 2008 Zarza-Villanueva, H. 2006, Ficha técnica <i>Heipailurus yagouaroundi</i> , 2006 Zarza-Villanueva, H. 2006. Ficha técnica <i>Leopardus pardalis</i> Zarza-Villanueva, H. 2006. Ficha técnica <i>Leopardus wiedii</i> Aranda, 2002 Zarza-Villanueva, H. 2006. Ficha técnica de <i>Panthera onca</i>
	0-4000	Todos los hábitats	Usa zonas cercanas a cuerpos de agua. Es raro encontrarlo en zonas de selva húmeda. Los pumas usan fragmentos conservados.	
	2300-2900 rara vez reportados arriba de los 3300	Bosques de Coníferas (BP, BPE), Selva tropical, matorral		
	0-5000	BP, Selvas tropicales		
	0-5800	Bosques de coníferas, selva tropical, zonas de matorral		
	2385-2525		Reportado en Oaxaca	
<i>Heipailurus yagouaroundi</i>		Regiones tropicales Bosque tropical perennifolio, subcaducifolio, caducifolio, manglares,		
	0-3200	Matorral Xerófilo, Btsubcacufolio, Btperennifolio, BTC, BMM, Bosque tropical espinoso, bordes de Bosques tropicales húmedos	Presenta una preferencia a los ambientes con una densa cobertura arbustiva y arbórea	
		Bosque tropical espinoso, bosque de niebla (BMM)	Puede vivir en espacios abiertos, es raro que habite en lugares fríos, es más común que habite en zonas tropicales	
		Manglar, BMM, Matorral Xerófilo. Btperennifolio, subcaducifolio y caducifolio	Es adaptable para vivir en áreas transformadas	
		Abundante en zonas tropicales	No penetra selvas pero suele habitar las orillas donde se encuentran estas	
<i>Leopardus pardalis (ocelote)</i>		Regiones tropicales Bosque tropical perennifolio, subcaducifolio, caducifolio, manglares,		
	0-1200	Btsubcaducifolio, Btperennifolio, Btcaducifolio, BMM, Bosques tropicales húmedos, Bosques deciduos, Bosques de galería	Prefiere vegetación densa y abundante como los bosques de galería. Aunque también se adapta a ambientes con VS pero que tengan cobertura densa.	

		Selva tropical, BTC, BMM, BE, Btperennifolio, subcaducifolio, caducifolio y manglares. También habita en BMM, Bepinoso, Matorral Xerófilo	Principalmente habita ambientes tropicales y subtropicales; en parches de esta vegetación	
<i>L. wiedii (tigrillo)</i>		Regiones tropicales Bosque tropical perennifolio, subcaducifolio, caducifolio, manglares	Está fuertemente asociado a bosques primarios	
	0-2000	Bosque tropical perennifolio, caducifolio, Btsubcaducifolio, Btperennifolio, BTC, BMM		
		Btperennifolio, subperennifolio, caducifolio, manglar, BMM	Menos tolerante a hábitats alterados que el ocelote. Tiene una gama de hábitats más restringido ya que vive asociado únicamente a coberturas nativas. Aunque también puede encontrarse en zonas de vegetación secundaria.	
	2740			
<i>Lynx rufus</i>		Zonas templadas: BP, BE, Bosque Oyamel (Abies religiosa; Este tipo de bosque se desarrolla a altitudes de 2500-3500); Matorral Xerófilo		
	0-3600	BP, BE, BPE, SBC		
		BP, BPE, Oyamel, Encino, Matorral Xerófilo	No hay registro de ésta especie en zonas tropicales.	
	0-3657	Bosque de coníferas, bosques caducifolios		
	0-4000			
ESPECIE/GRUPO	ALTITUDES (msnm)	TIPOS DE VEGETACIÓN QUE PREFIEREN	OBSERVACIONES	Literatura citada
MURCIÉLAGOS NECTARÍVOROS				
<i>Anoura geoffroyi</i>	400-2500	Btperennifolio, Btropical		García-López, J.M. 1999 García-Grajales y Buenrostro Silva, 2012 Gómez-Nísino, 2006. Ficha técnica Leptonycteris curasoae. Gómez-Nísino, 2006. Ficha técnica Leptonycteris nivalis. Palacios-Romo, 2011
	1200-2600			
	1335-2735	BP, BPE, Chaparral, SBC		
	1335-2735	BP, BPE, BE, SBC, Chaparral		
<i>Choeronycteris mexicana</i>	1240	BTC, Selva alta o mediana subperennifolia o subcaducifolia, BP, BE		
	500	Matorral Xerófilo, BTC, Bosque espinoso, Bosque de coníferas, BPE		
	300-2400			
	1800-2195	BEP, Chaparral		
<i>Glossophaga comissarisi</i>	Menos de 2000	Hábitats tropicales, subtropicales. Bosque espinoso, BPE		
<i>G. leachii</i>	0-2380 o a 1800	BTC, BP		
	2120	BEP		
<i>G. soricina</i>	0-2600	SBC, Smsubcaducifolias, matorrales espinosos, cardones y tetecheras.		
	1800	Chaparral		
<i>Leptonycteris curasoae</i>	Menos de 1800	BTC y subtropicales secos. Matorrales xerófilos		
	0-2600. Menos 800msnm	Matorral desértico, chaparral, SBC, BPE,		

		Bespinoso, BTC, BMM		
	1800	Chaparral		
<i>L. nivalis</i>	1000-2200 hasta 3500	Zona transición de BTC y BPE. Matorrales xerófilos	Puede llegar a atravesar zonas frías	
	1000-2200	Zonas templadas a tropicales. Áreas de transición de BPE y BTC; también en la zona de transición de BPE y de coníferas en las zonas con BTC.		
	700-3780	Chaparral, BTC, Bosque coníferas, BPE		
ESPECIE/GRUPO	ALTITUDES (msnm)	TIPOS DE VEGETACIÓN QUE PREFIEREN	OBSERVACIONES	Literatura citada
SALAMANDRAS				
<i>Pseudoenrycea</i>	Más de 1200, 1700, 2000	BPE	GENERALMENTE ENCONTRADOS DE 1500 A 2900 Y EN BE, BPE	Canseco-Martínez, 2003 Casas-Andreu et al. 1996 Pérez-Ramos y Saldaña de la Riva, 2003
<i>P. belli</i>	1700	BMM, Bosque coníferas, BE, Matorral Xerófilo		
	600-3300	Bosque coníferas, BE, BP		
	1700-2600	BP, BPE		
	2500-3000			
<i>P. cephalica</i>	1560-5500	Bosque coníferas, BE, BP		
<i>Bolitoglossa riletii</i>	500-1500			
	700-1030			
	500-1500			
	1000			
<i>Thorius sp.</i>	1140-3450	BPE		
	1500-2500	BPE		
	2600-2800			
VENADO				
<i>Odocoileus virginianus</i>	2700-3200	Bosque de Coníferas	Pendientes de 15-20 grados	Flores-Armillas et al. 2013 Piña-Covarrubias, 2010
	2600-2800	BPE	Pendientes de 15-31 grados	
	2200-2300			
	2400	BEP	Pendientes de 25 grados	
	2200-3200	BP	Pendientes de 7.56 a 30.24%; 38 a 44°	

Anexo II. Municipios que integran cada uno de los Corredores Estructurales propuestos en la Región Mixteca.

Corredor Estructural	Municipios (MGN INEGI, 2010)	No. de municipios
Bosque	Asunción Cuyotepeji, Asunción Nochixtlán, Calihualá, Chalcatongo de Hidalgo, Coicoyán de las Flores, Concepción Buenavista, Constanza del Rosario, Guadalupe de Ramírez, Heroica Ciudad de Huajuapán de León, Heroica Ciudad de Tlaxiaco, Magdalena Jaltepec, Magdalena Peñasco, Magdalena Yodocono de Porfirio Díaz, Mariscala de Juárez, Putla Villa de Guerrero, San Agustín Atenango, San Agustín Tlacotepec, San Andrés Cabecera Nueva, San Andrés Dinicuiti, San Andrés Lagunas, San Andrés Nuxiño, San Antonino Monte Verde, San Antonio Sinicahua, San Bartolo Soyaltepec, San Bartolomé Yucuañe, San Cristóbal Amoltepec, San Esteban Atlatlahuca, San Francisco Teopan, San Francisco Tlapancingo, San Jerónimo Silacayoapilla, San Juan Achiutla, San Juan Bautista Suchitepec, San Juan Bautista Tlachichilco, San Juan Cieneguilla, San Juan Diuxi, San Juan Ihualtepec, San Juan Mixtepec - Dto. 08 -, San Juan Numí, San Juan Tamazola, San Juan Teita, San Juan Teposcolula, San Lorenzo Victoria, San Marcos Arteaga, San Martín Huamelúlpam, San Martín Itunyoso, San Martín Peras, San Mateo Peñasco, San Mateo Sindihui, San Miguel Achiutla, San Miguel Ahuehuetitlán, San Miguel Amatitlán, San Miguel el Grande, San Miguel Piedras, San Miguel Tlacotepec, San Pablo Tijaltepec, San Pedro Mártir Yucuxaco, San Pedro Nopala, San Pedro Teozacoalco, San Pedro Tidaá, San Pedro Topiltepec, San Pedro y San Pablo Teposcolula, San Pedro Yucunama, San Sebastián Nicananduta, San Sebastián Tecomaxtlahuaca, San Simón Zahuatlán, San Vicente Nuñú, Santa Catarina Tayata, Santa Catarina Yosonotú, Santa Catarina Zapoquila, Santa Cruz de Bravo, Santa Cruz Itundujia, Santa Cruz Nundaco, Santa Cruz Tacahua, Santa Cruz Tayata, Santa Lucía Monteverde, Santa María Camotlán, Santa María del Rosario, Santa María Nduayaco, Santa María Tataltepec, Santa María Yolotepec, Santa María Yosoyúa, Santa María Yucuhiti, Santiago Ayuquililla, Santiago del Río, Santiago Huajolotitlán, Santiago Ihuitlán Plumas, Santiago Ihuitlán Plumas, Santiago Juxtlahuaca, Santiago Nejapilla, Santiago Nundiche, Santiago Nuyoó, Santiago Tamazola, Santiago Tilantongo, Santiago Yolomécatl, Santiago Yosondúa, Santiago Yucuyachi, Santo Domingo Ixcatlán, Santo Domingo Nuxaá, Santo Domingo Tonalá, Santo Domingo Yanhuitlán, Santo Tomás Ocoteppec, Santos Reyes Tepejillo, Santos Reyes Yucuná, Silacayoápam, Tezoatlán de Segura y Luna, Tlacotepec Plumas, Villa de Chilapa de Díaz, Villa de Tamazulápam del Progreso, Villa Tejúpam de la Unión, Yutanduchi de Guerrero, Zapotitlán Lagunas.	110
Bosque Mesófilo de Montaña	Coicoyán de las Flores, Putla Villa de Guerrero, San Martín Peras, San Sebastián Tecomaxtlahuaca, Santa Cruz Itundujia, Santa María Yucuhiti, Santiago Juxtlahuaca, Santiago Nuyoó, Santo Tomás Ocoteppec.	9
Selva Baja Caducifolia	Asunción Cuyotepeji, Calihualá, Chalcatongo de Hidalgo, Concepción Buenavista, Guadalupe de Ramírez, Heroica Ciudad de Huajuapán de León, Ixpantepec Nieves, Magdalena Jaltepec, Magdalena Peñasco, Mariscala de Juárez, San Agustín Atenango, San Agustín Tlacotepec, San Andrés Dinicuiti, San Bartolomé Yucuañe, San Francisco Teopan, San Francisco Tlapancingo, San Jerónimo Silacayoapilla, San Jorge Nuchita, San Juan Bautista Suchitepec, San Juan Bautista Tlachichilco, San Juan Cieneguilla, San Juan Tamazola, San Juan Teita, San Lorenzo Victoria, San Marcos Arteaga, San Mateo Peñasco, San Mateo Sindihui, San Miguel Ahuehuetitlán, San Miguel Tlacotepec, San Nicolás Hidalgo, San Pablo Tijaltepec, San Pedro Nopala, San Pedro Teozacoalco, Santa Catarina Zapoquila, Santa Cruz de Bravo, Santa Cruz Itundujia, Santa Cruz Tacahua, Santa María Camotlán, Santa María Tataltepec, Santa María Yolotepec, Santiago Cacaloxteppec, Santiago Huajolotitlán, Santiago Ihuitlán Plumas, Santiago Tamazola, Santiago Tilantongo, Santiago Yosondúa, Santiago Yucuyachi, Santo Domingo Ixcatlán, Santo Domingo Tonalá, Santo Domingo Yodohino, Santos Reyes Tepejillo, Santos Reyes Yucuná, Silacayoápam, Teotongo, Tezoatlán de Segura y Luna, Tlacotepec Plumas, Villa de Chilapa de Díaz, Villa de Tamazulápam del Progreso, Yutanduchi de Guerrero, Zapotitlán Lagunas.	60