



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA
MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS**

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RESTAURACIÓN EN LOS SITIOS
PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD EN MÉXICO.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ANNY KATHERINNE MENESES MOSQUERA

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER
INSTITUTO DE BIOLOGÍA**

**COMITÉ TUTOR: DR. MIGUEL ALFONSO ORTEGA HUERTA
INSTITUTO DE BIOLOGÍA**

**DR. LEOPOLDO GALICIA SARMIENTO
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA**

MÉXICO, D.F.

MARZO, 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA
MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RESTAURACIÓN EN LOS SITIOS
PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD EN MÉXICO.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ANNY KATHERINNE MENESES MOSQUERA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER
INSTITUTO DE BIOLOGÍA

COMITÉ TUTOR: DR. MIGUEL ALFONSO ORTEGA HUERTA
INSTITUTO DE BIOLOGÍA

DR. LEOPOLDO GALICIA SARMIENTO
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

MÉXICO, D.F.

MARZO, 2015

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento de Biología Evolutiva y Sistemática del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 1° de diciembre de 2014, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS de la alumna MENESES MOSQUERA ANNY KATHERINNE con número de cuenta 512452768 con la tesis titulada "Evaluación del potencial de restauración en los sitios prioritarios para la conservación de la diversidad en México", realizada bajo la dirección del DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER:

Presidente:	DR. OSWALDO TELLEZ VALDES
Vocal:	DRA. PATRICIA KOLEFF OSORIO
Secretario:	DR. LEÓPOLDO GALICIA SARMIENTO
Suplente:	DR. LUIS ANTONIO SÁNCHEZ GONZÁLEZ
Suplente:	DR. VÍCTOR MANUEL G. SÁNCHEZ CORDERO DÁVILA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 5 de diciembre de 2014

M. del Coro Arizmendi Arriaga

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT)

A mi tutor, Dr. Enrique Martínez Meyer por su apoyo personal y académico durante mi maestría, por enseñarme que la humildad, el buen humor y el buen trato con las personas, forma parte trascendental en la vida académica y profesional.

A los Miembros de mi comité tutor: Dr. Miguel Ortega Huerta y Dr. Leopoldo Galicia Sarmiento por su colaboración y disposición para hacer parte de mi comité, para cada revisión y por todos aportes tantos personales como académicos a lo largo de mi formación.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Víctor y Aleyda, a mi princesa por su apoyo a lo largo de cada momento en mi vida, por las tantas palabras de aliento, por las incontables lágrimas derramadas, por todo su amor, comprensión y entrega, porque a pesar de las distancia en toda mi formación siempre están conmigo en mi mente y corazón.

A mi gran amigo, quien siempre me acompaña en cada paso.

A mi tío Juan Carlos y Luz, quienes fueron unos de los principales promotores de mi estancia en México y de la Continuación de mis estudios, por su hospitalidad al acogerme como una hija más y porque en mi paso por tierras manitas han sido un gran apoyo. Gracias tío por todo cuanto me enseñas, y aunque no todo lo acojo si hay cosas que ya son parte de mí.

A mi familia quienes a la distancia me acompañan en cada paso que doy, siempre me alientan y llenan de alegría y buena energía cada día que he pasado en mi proceso de crecer. A Laura, mi prima y compañera silenciosa pero notoria en mi estancia en México.

A Israel, quien sin saber que traería consigo el mañana se ha convertido en mi amigo, confidente, compañero de tesis, en mi pareja. Mil gracias.

A mis grandes amigos Melisa, Ingrid, Jennifer, Yamileth, Rafael, Royer y Andrés, porque a pesar de emprender sueños diferentes continuamos siendo apoyo y grandes amigos.

A la gran familia, el Laboratorio de Análisis Especiales encabezada por Enrique, quien con su particular forma de enseñar y formar, es un padre difícil de olvidar. Al señor profesor Constantino González quien es un gran amigo y académico, quien siempre me apoyo, asesoro, aconsejo, aguanto y busco que mi proceso siempre fuera un paso más adelante. A Don Saúl, otro gran amigo quien siempre me ayudo en cuanto pudo, en mis clases de estadística, en mi tesis y en mis preocupaciones. A Julián el maestro del SIG, por su ayuda en el manejo de las herramientas y consejos académicos. A Edith, la presidenta quien siempre me brindo un buen consejo y mostro mucha disposición al enseñarme. A yaya quien con su nobleza y conocimiento me ayudo a lo largo de mi proyecto. Y al resto de mi familia LAE: Delia, Samara, Paola, Ángela, Patty, Miguel, Juliana, Catalina, Monse y Andrés por todos y cada uno de los momentos compartidos. Mil gracias a don Leo y Chio.

A los miembros de mi jurado: la Dra. Patricia Koleff Osorio, sin la cual el ingreso a mi maestría y mis ideas iniciales del proyecto no hubieran sido posibles, además por su ayuda constante desde el inicio del proceso, hasta el final como miembro de mi jurado. Al Dr. Víctor Manuel G. Sánchez Cordero Dávila, Dr. Oswaldo Téllez Valdés y al Dr. Luis Antonio Sánchez Gonzales, por su disposición, aportes y correcciones a mi trabajo.

A la Dra. Tania Urquiza Hass, Por sus constantes aportes en el inicio de mi proyecto y manuscrito.

A la M. en C. Wolke Tobón de CONABIO, quien me asesoro, enseñó y siempre mostro disposición y amabilidad al enseñarme.

DEDICADA A:

Mis tres pilares: Víctor, Aleyda e Isabella.

Mis grandes motores y mayor inspiración.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- CONANP** Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
- CONABIO** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- INE** Instituto Nacional de Ecología
- SER** Sociedad internacional para la restauración ecológica
- SEMARNAT** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- CBD** Convención sobre la diversidad biológica (Convention on Biological Diversity)
- WCS** Sociedad de conservación de Vida Silvestres (Wildlife conservation society)
- WWF** Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wildlife Fund for Nature)
- UICN** Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
- CI** conservación internación
- UNAM** Universidad Nacional Autónoma de México
- AICAS** Áreas de importancia para la conservación de aves
- INEGI** Instituto Nacional Estadística y Geografía
- INE** Instituto nacional de Ecología y Cambio climático
- GARP** Genetic algorithm for rule-set prediction
- AMP** Asociación Mexicana de Primatología, A.C.
- CONAFOR** Comisión Nacional Forestal
- INIFAP** Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- CITES** Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres
- NOM** Norma oficial mexicana
- AICAS** Áreas de importancia para la conservación de aves
- CIPAMEX** Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves
- INEGI** Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

WRB Base referencial mundial del recurso del suelo

IUSS Unión internacional de ciencias del suelo.

FAO organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	7
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN.....	16
OBJETIVOS.....	18
ANTECEDENTES	19
PLANEACIÓN SISTEMÁTICA PARA LA CONSERVACIÓN	19
PLANEACIÓN DE LA RESTAURACION.....	22
MÉTODOS.....	26
1. ZONA DE ESTUDIO.....	26
2. CONJUNTOS DE DATOS	28
3. SITIOS PRIORITARIOS TERRESTRES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN VERACRUZ (SPCV).....	31
4. SITIOS POTENCIALES PARA LA RESTAURACIÓN EN VERACRUZ (SPRV)	37
DELIMITACIÓN Y COMPARACIÓN ENTRE SOLUCIONES	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
SITIO PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN.....	42
SITIOS POTENCIALES PARA RESTAURACIÓN	47
CONCLUSIONES	57
CONSIDERACIONES FINALES	58
LITERATURA CITADA.....	59
CAPAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	70
APÉNDICES	72

FIGURAS

FIGURA 1. LÍMITES DEL ESTADO DE VERACRUZ. 26

FIGURA 2. ESQUEMA METODOLÓGICO 28

FIGURA 3. ESQUEMA METODOLÓGICO PARA SPCV. 31

FIGURA 4. ESQUEMA METODOLÓGICO PARA SPRV. 38

FIGURA 5. SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN Y SITIOS POTENCIALES PARA LA RESTAURACIÓN EN EL ESTADO DE VERACRUZ..... 42

FIGURA 6. COMPARACIÓN DE LOS SITIOS PRIORITARIOS CON USO DE SUELO Y VEGETACIÓN 43

FIGURA 7. COMPARACIÓN DE SITIOS PRIORITARIO..... 45

FIGURA 8. COMPARACIÓN DE LOS SITIOS POTENCIALES CON USO DE SUELO Y VEGETACIÓN..... 48

FIGURA 9. COMPARACIÓN DE SITIOS POTENCIALES CON DEGRADACIÓN DEL SUELO..... 50

FIGURA 10. COMPARACIÓN DE SITIOS POTENCIALES CON EDAFOLOGÍA. 51

FIGURA 11. COMPARACIÓN DE SITIOS POTENCIALES CON ZONIFICACIÓN FORESTAL PARA LA PRODUCTIVIDAD Y PARA LA RESTAURACIÓN. 54

FIGURA 12. COMPARACIÓN DE SITIOS PRIORITARIOS Y POTENCIALES CON VEGETACIÓN Y ÁREAS CBM-M 56

TABLAS

TABLA 1. MEDIDAS A REPRESENTAR EN UN SISTEMA DE ÁREAS PARA CONSERVAR..... 19

TABLA 2. CAPAS GENERADAS PARA EL ANÁLISIS 29

TABLA 3. ESPECIES PAISAJE PARA EL ANÁLISIS 33

TABLA 4. TIPOS DE VEGETACIÓN SELECCIONADOS COMO SUBROGADOS..... 34

TABLA 5. CRITERIOS USADOS EN EL ÍNDICE DE METAS..... 35

TABLA 6. VALOR DE ÍNDICE Y METAS DE CONSERVACIÓN..... 36

TABLA 7. REPRESENTACIÓN DE COSTOS 36

TABLA 8. VALORES DE RESISTENCIA..... 39

TABLA 9. TIPOS DE SUELO EN VERACRUZ, CARACTERÍSTICAS Y FERTILIDAD.....	51
--	----

APENDICES

APÉNDICE 1. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA.....	73
APÉNDICE 2. INFORMACIÓN BIOLÓGICA DE LAS ESPECIES DE AVES REPORTADAS PARA VERACRUZ	74
APÉNDICE 3. TIPOS DE SUELOS EN LA SOLUCIÓN SITIOS POTENCIALES PARA LA RESTAURACIÓN EN VERACRUZ	85
APÉNDICE 4. COMPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES OBTENIDAS CON OTROS ELEMENTOS CARTOGRÁFICOS	87
APÉNDICE 5. COMPARACIÓN DE SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN CON OTROS ELEMENTO CARTOGRÁFICOS	90

RESUMEN

El continuo panorama de cambio y pérdida del capital natural a niveles global, regional y local, ha impulsado la creación y puesta en marcha de estrategias para protección, manejo y mantenimiento de la diversidad biológica. Entre tales estrategias, la identificación de áreas naturales que en conjunto aseguren la permanencia de la diversidad biológica en sus diferentes niveles y la identificación de áreas para el manejo de áreas naturales afectadas por la destrucción del hábitat, deforestación, etc. Han tomado importancia con el fin de conservar y mantener la biodiversidad y los recursos naturales. Bajo este escenario se propone identificar un conjunto de sitios potenciales para la restauración, los cuales promuevan la preservación de los tipos de vegetación amenazados y especies focales de una red de sitios prioritarios para la conservación en el estado de Veracruz, México.

Para cumplir el objetivo, inicialmente se identificaron sitios prioritarios para la conservación (SPCV o sitios prioritarios) y después los sitios potenciales para la restauración (SPRV o sitios potenciales). Para tales fines se emplearon los conceptos de planeación sistemática para la conservación para los SPCV y de conectividad funcional para los SPRV. Como primer paso se identificaron siete especies de aves rapaces (especies-paisaje) y tipos de vegetación amenazados en Veracruz, con la finalidad ser usados como subrogados en la selección de los sitios prioritarios. Esta selección se realizó con el programa Consnet versión 2.0 donde se generaron diferentes escenarios de acuerdo a metas de representación, criterios socio-económicos y criterios espaciales múltiples (adyacencia de los sitios, conectividad, área ocupada en la región de estudio y máxima representación de los subrogados). Los sitios potenciales para la restauración se identificaron a través de modelos de conectividad, con el fin de sugerir áreas para mejorar el flujo de los individuos de las especies paisaje entre los SPCV a lo largo de la matriz del paisaje. Para su identificación se emplearon dos capas de información (formato raster), una con los sitios prioritarios para la conservación identificados y otra donde se establecieron valores de resistencia considerando la biología de las siete especies e información cartográfica disponible. Con esta información se obtuvieron cálculos de distancia de costo, mediante el programa ArcGis 9.3.

Una vez obtenidos los sitios prioritarios y potenciales en el estado, se realizó una delimitación de las soluciones de acuerdo a la capa de uso de suelo y vegetación (Serie IV INEGI). Se seleccionaron finalmente como sitios prioritarios para la conservación, sitios que coincidieron con vegetación primaria y secundaria. En el caso de los sitios potenciales, se seleccionaron aquellos que coincidieron con vegetación primaria, secundaria o valores bajos de resistencia. Posteriormente, la solución final de los sitios prioritarios se comparó con otras priorizaciones realizadas en México con el fin de analizar la importancia de los sitios propuestos para otros grupos a conservar usados como subrogados. Y los sitios potenciales se compararon con otras zonificaciones enfocadas a la producción forestal, restauración y con elementos cartográficos como tipos de suelo y degradación, con la finalidad de tener un mejor panorama de las zonas a proponer.

Los sitios prioritarios identificados, representan el 24.13% y abarcan un área total del 16,936 km² del territorio veracruzano. Estos sitios se consideran importantes y viables para: (a) aves en general, de acuerdo a la coincidencia con AICAS; (b) primates, de acuerdo a la coincidencia del 21% con los sitios prioritarios de las especies *Alouatta palliata* y *Ateles geoffroyi vellerosus*; y (c) anfibios, reptiles, aves y mamíferos, según la coincidencia del 63% con los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre en México. También coinciden con más de la mitad del área considerada prioritaria para la conservación del bosque mesófilo de montaña (56%) y vegetación forestal prioritaria para conservar (38%).

Los sitios identificados como potenciales para la restauración (SPRV) representan el 16.9% de Veracruz y comprenden un área total de 11,871 km². Los SPRV coinciden en 58% y 4% con sitios identificados por CONAFOR para la producción forestal y restauración, respectivamente. El análisis de la información existente sobre degradación de suelos en los SPRV sugiere que 15.38% de área total está expuesta a la pérdida de suelo por degradación física (por compactación o reducción de la materia orgánica). Los tipos de suelo representados en los SPVR incluyeron 14 de los 16 presentes en Veracruz, de los cuales el tipo Vertisol presenta la mayor extensión, mientras que el tipo Solonchak fue el más restringido.

El conjunto de sitios prioritarios y los sitios potenciales contribuyen a identificar remanentes de vegetación y zonas necesarias para la persistencia de especies, particularmente del grupo de estudio. Además conforman una red de sitios en los cuales, los procesos de restauración pueden mejorar las condiciones de la vegetación secundaria, vegetación inducida, sistemas de producción y suelo en general, aminorando los efectos de la pérdida y fragmentación de hábitats naturales y permitiendo aumentar el movimiento de genes, individuos, especies y poblaciones a lo largo del paisaje, y así aportar a mantener tanto la diversidad biológica y los procesos ecológicos en la entidad sino a nivel nacional, ya que algunos sitios resultan relevantes para el establecimiento de corredores biológicos en México, ya que mantienen continuidad con áreas importantes para la conservación en los estados de Oaxaca y Chiapas (CONABIO 2011).

ABSTRACT

Current change of landscape and natural capital loss at global, regional and local level emphasizes the need to design and implement strategies for the protection and maintenance of biological diversity. Such strategies should be aimed at identifying natural areas to ensure the conservation of biodiversity. Thus, this study was addressed to identify a set of potential restoration and conservation areas, which encourage the preservation of threatened vegetation types and groups of focal species into a network of priority sites in the state of Veracruz, Mexico.

To reach this objective, I applied a framework of systematic conservation planning, and functional connectivity to identify priority sites to conservation (SPCV), and potential sites to restoration (SPRV). First I identified which types of vegetation are threatened at Veracruz; also, I selected seven species of raptor birds which are on the list of endangered species of Mexico. These components were used as surrogates to select priority sites. Thus, SPCV selection was performed in the software Consnet 2.0 considering different scenarios according to goals of representation, socio-economic criteria and multiple spatial criteria (adjacency of sites, connectivity, occupied area and the highest representation of surrogates). Restoration potential sites were identified through connectivity patterns in order to enable movement of individuals among SPCV sites. To select SPVR sites, I implemented a cost distance analysis using a raster layer of SPCV sites and a raster layer of resistance based on species biology. Analysis was performed in ArcGis 9.3.

The priority and potential sites identified were delimited according to the layer of soil and vegetation (INEGI Series IV). Thus, I selected potential sites that coincided with primary vegetation, secondary vegetation, or lower values of resistance. The final solution of priority sites was compared with other prioritizations in Mexico to analyze the importance of the proposed sites for other groups to preserve. Potential sites were compared with other areas focused on forestry, restoration and cartographic elements such as soil types and degradation, in order to have a better prospect of the areas to be proposed.

The priority sites identified covering a total area of 16,936 km², representing 24.16% of territory of Veracruz. These sites are considered important and viable for: (a) birds in general, according to the agreement with IBA; (b) primates, according to the overlap of 21% with priority sites of *Ateles geoffroyi* and *Alouatta vellerosus palliate*; (c) amphibians, reptiles, birds and mammals, because of the overlap of 63% with priority sites for conservation of terrestrial biodiversity in Mexico. They also coincide with more than half of the area considered a priority for cloud forest conservation (56%) and priority forest vegetation to conserve (38%).

SPVR's represent 16.9% of Veracruz and comprise an area of 11,871 km². The SPVR have a coincidence of 58% and 4% with sites identified by CONAFOR for production and restoration, respectively. The information about land degradation in the SPVR suggests that 15.38% of the total area is exposed to the loss of physical soil degradation (by compaction or reduction of organic matter). Soil types represented in the SPVR included 14 of the 16 present in Veracruz, of which Vertisol shows the greatest extension type, while the Solonchak type was more restricted.

The set of priority sites and potential sites may help us to identify remnants of vegetation necessary for the persistence of our target species, creating a network of areas in which the restoration process can improve the conditions of secondary vegetation, induced vegetation and soil production systems, lessening the effects of the loss and fragmentation of natural habitats and allowing to increase the movement of genes, individuals, species and populations across the landscape, and thus contribute to maintain both biodiversity and the ecological and evolutionary processes, not only in the state but nationally, as some sites are relevant to the establishment of biological corridors in Mexico, maintaining continuity with important conservation in the states of Oaxaca and areas Chiapas (CONABIO 2011).

INTRODUCCIÓN

En el mundo, diversas zonas geográficas que albergan gran cantidad de elementos importantes para la biodiversidad están siendo amenazadas (Bildstein *et al.* 1998, Londoño-Murcia y Sánchez-Cordero 2011) por la contaminación, deforestación, fragmentación, introducción de especies invasoras, cambio de uso de suelo, caza y comercio ilegal de especies, entre otras (Groves 2003, Carrete *et al.* 2009, Koleff y Urquiza-Haas 2011). Estas amenazas han aumentado en las últimas décadas, provocando pérdida de la biodiversidad existente en niveles desde especies hasta paisajes (Sanderson *et al.* 2002, Groves 2003). Esta situación ha encendido alertas en las comunidades interesadas en la conservación, mantenimiento, uso sostenible y cuidado de los sistemas naturales. Presentándose una tendencia hacia acciones de conservación y restauración orientadas a proponer y llevar a cabo acciones para identificar zonas importantes para la protección de la biodiversidad (Meyers *et al.* 2002), En las cuales a través de estrategias de conservación, control de las amenazas y manejo de áreas, se pueda llegar a mantener o recuperar lugares con remanentes naturales (Cantú *et al.* 2004, Van Teeffelen 2007, Beier *et al.* 2008). Como parte de esta tendencia se han establecido acuerdos a nivel global, los cuales han abierto la necesidad de diferentes países para avanzar en el conocimiento de su patrimonio natural, su conservación y manejo (CONANP 2007, Koleff y Urquiza-Haas 2011).

En México los esfuerzos han sido amplios en la última década y la identificación de sitios idóneos para su conservación y manejo, la han asumido entidades gubernamentales como CONABIO y CONANP a través de diversos análisis de vacíos y omisiones, identificación de sitios prioritarios para la diversidad terrestre y marina, así como el establecimiento de áreas naturales protegidas (CONANP 2007, Koleff y Urquiza-Haas 2011). El sector académico ha jugado un papel preponderante en la identificación de áreas importantes para la protección de la biodiversidad, a través de estudios de priorización, importancia biológica, patrones de distribución, requerimientos de las especies y análisis de factores que limitan la biodiversidad, tanto a nivel nacional como regional (Sánchez-Cordero *et al.* 2005, Koleff *et al.* 2009, Londoño-Murcia y Sánchez-Cordero 2011). Sin embargo, los esfuerzos no bastan para compensar la pérdida a la que están expuestos los recursos naturales del país, el cual pese a ser catalogado como un país megadiverso (Mittermeier y Goettsch 1992), presenta diversos problemas como tasas altas de deforestación, crecimiento poblacional, pérdida de hábitats, fragmentación (ECOTONO 1996, Sánchez-Cordero *et al.* 2005), entre otros factores que han limitado tanto la conectividad como el desarrollo viable de poblaciones de diversos grupos de fauna y flora (Liley y Clarke 2003, Gómez-Mora *et al.* 2005, McRae *et al.* 2012). Es por tales razones, que se deben enfocar esfuerzos para encontrar áreas para conservar, áreas que contribuyan a su fortalecimiento y estrategias para conservarlas y controlar elementos que afectan la conservación de la diversidad biológica (Jordán 2003, Fuller *et al.* 2006).

Una tendencia en las estrategias de fortalecimiento y manejo de áreas para la conservación es la restauración ecológica (Jordan 1987, Cairns y Heckman 1996) la cual, hasta hace poco, se ha

propuesto como una disciplina complementaria a la conservación (Dobson *et al.* 1997, Young 2000, Donald y Evans 2006). La restauración a través de una serie de protocolos busca devolver las características biológicas a una zona determinada, con el fin de recuperar su integridad ecológica y controlar factores que afectan adversamente los procesos naturales, tales como la pérdida de la cobertura vegetal, pérdida de la conectividad estructural y funcional, así como otras amenazas antrópicas a los sistemas naturales (SER 2004, Barrera-Castaño y Valdez-López 2007, Vargas 2007, Vargas-Ríos *et al.* 2010). En México, la restauración se ha desarrollado principalmente a nivel local por parte de entidades gubernamentales, académicas o de la sociedad civil con objetivos e intereses particulares (Ceccon 2013); estas experiencias en muchos casos han sido viables para la economía de la localidad y han aportado a mejorar y controlar alteraciones naturales (INE 2003, SmartWood 2006, Lindig-Cisneros 2009, Zamora-Tovar *et al.* 2011, CONAFOR 2013).

Varios estados del país enfrentan problemas de conservación, ya que las actividades productivas locales y a gran escala han causado pérdida de la cobertura vegetal y alteración de la conectividad estructural y funcional, perjudicando la permanencia de áreas naturales. Veracruz, es conocida como una de las entidades con mayor número de especies endémicas y alta biodiversidad del país (Rzedowski 1991, Castillo-Campo *et al.* 2005), debido a sus características climáticas físicas y edáficas que se reflejan en una variedad de condiciones ecológicas favorables para diversas especies y ecosistemas (CONABIO 2011). A pesar de estas condiciones, la entidad enfrenta conflictos de orden social y económico que han afectado los recursos naturales y han cambiado el uso del suelo hasta degradar su calidad y productividad, llevando a toda la entidad federativa hacia la destrucción de sus recursos naturales (CONABIO 2011). En Veracruz se presentan diferentes amenazas : (a) altas tasas de deforestación (aproximadamente 3.8% para el periodo 1993 a 2000; Ellis *et al.* 2011, SEMARNAT 2005); (b) rápido crecimiento de su red de carreteras entre los años 2000 y 2003 (12.45%); y (c) para el año 2006 fue considerada como la entidad con mayor pérdida de vegetación natural, ya que solo conserva el 26% de la vegetación y tan solo el 8.6% es vegetación conservada (CONABIO 2011). Estas alteraciones han afectado fuertemente la conectividad de las zonas conservadas, las cuales cada vez están más aisladas entre ellas, limitando el flujo de las especies a lo largo del paisaje veracruzano (Irastorza 2006, McRae *et al.* 2012).

Bajo este panorama, en este estudio se propone identificar áreas para la restauración, que fortalezcan y mejoren la conectividad de una red de sitios importantes para la conservación de los tipos de vegetación amenazados (remanentes de vegetación primaria) y un conjunto de especies de aves con un papel importante en la dinámica ecológica de los ecosistemas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar un conjunto de áreas potenciales para la restauración, que promuevan la permanencia de los tipos de vegetación amenazados y especies de fauna focales, a partir de una red de sitios prioritarios para la conservación en Veracruz, México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Proponer una red de sitios que aporten a la conservación de especies focales y tipos de vegetación amenazados en el estado de Veracruz.

Identificar áreas potenciales dentro del estado de Veracruz, idóneas para emprender acciones de restauración, a partir de la evaluación de la conectividad del paisaje de las áreas identificadas como prioritarias para la conservación.

ANTECEDENTES

PLANEACIÓN SISTEMÁTICA PARA LA CONSERVACIÓN

La planeación sistemática para la conservación (PSC) es un enfoque estructurado y orientado generalmente a la conservación de la biodiversidad, inicialmente su objetivo principal fue evaluar las áreas naturales existentes para la protección de la diversidad; actualmente también se usa para encontrar nuevas áreas para la protección y conservación que cumplan con una representación adecuada de la biodiversidad, asegurando su permanencia en la menor área posible (Margules y Pressey 2000).

La PSC es llevada a cabo a través de una serie de protocolos específicos para identificar un conjunto de áreas o sitios, ya sean terrestres o marinas (sistema de áreas para la conservación o sitios prioritarios), formado por unidades de planeación que presenten elementos importantes que requieran algún tipo de manejo, en una región que esté sujeta a planificación (Margules y Pressey 2000, Margules y Sarkar 2009). En teoría, en este sistema se busca cumplir acciones para conservar porciones viables para la fauna, flora y los procesos biológicos involucrados en el área de planeación (Coppolillo *et al.* 2004, Caro 2010), incorporando una muestra de la diversidad biológica real o representativa dentro de un área mínima posible, información biológica, socio-económica y factores de amenaza (Sarkar *et al.* 2006), con la finalidad de que las áreas seleccionadas sean más reales ante las situaciones de cambio, completas, eficientes y por lo tanto representen menores costos para posibles acciones de conservación (Margules y Sarkar 2009).

La PSC ha integrado en sus protocolos medidas claves como la complementariedad y representatividad, además de otros términos como medidas a alcanzar en la selección de áreas (Tabla 1), con el fin de proporcionar herramientas para crear redes más robustas y completas que se acerquen a las realidades de una zona geográfica de planificación (Margules y Pressey 2000). Estas medidas se han incorporado eficientemente a la evaluación de las áreas a conservar a través del desarrollo de programas y paquetes de análisis que integran el uso de algoritmos matemáticos, los cuales optimizan la selección y generan mejores soluciones (Sarkar *et al.* 2006, Margules y Sarkar 2009).

Tabla 1. Medidas a representar en un sistema de áreas para conservar (Tomado de Margules y Pressey 2000, Sarkar *et al.* 2006, Margules y Sarkar 2009).

Objetos de representación	Concepto
Complementariedad	Contribución que hace un área particular al total de elementos que constituyen la biodiversidad (concepto base de la planeación).
Irreemplazabilidad	Medida en que un área en particular puede ser reemplazada por otra área o la combinación de otras áreas.
Vulnerabilidad	Potencial que existe de que los rasgos de la biodiversidad se pierdan.
Representatividad	Proporción de los subrogados de la biodiversidad que cumplen una meta dada en la

	planificación
Riqueza	Número de especies representadas en las unidades de planificación
Eficiencia	Representación del menor costo y esfuerzo para que los objetivos en una red de planeación se cumplan.
Flexibilidad	Alternativas posibles para cumplir las metas de conservación del sistema.
Rareza	Medida evaluada de diferentes formas de las cuales la más aplicada es la relacionada con el área de distribución definida como el inverso del tamaño de su área de distribución.
Adyacencia	Medida para lograr áreas de conservación de mayor tamaño a través de zonas vecinas que cumplan con las metas de planeación.

Elementos clave en la planeación sistemática para la conservación

1. Biodiversidad

Un elemento fundamental de la planeación de áreas para la conservación es la **biodiversidad**, conocida como la variabilidad de todas las expresiones de vida a lo largo de la historia natural, la cual generalmente se define de acuerdo al contexto y objetivos de estudio (Noss 1990, CBD 1992, Caro 2010). En la PSC, el concepto de diversidad biológica se toma en la mayoría de los casos como la diversidad de patrones biológicos o distribución de entidades biológicas o fenómenos dinámicos de comportamiento o la combinación de éstas; definición dada con el fin de hacer el término más operativo y menos complejo en el proceso de evaluación de la biodiversidad (Margules y Sarkar 2009). Para representar la biodiversidad en un sistema de áreas se hace uso de subrogados o medidas parciales de la biodiversidad, a través de atributos cartografiables. Un subrogado se refiere a una entidad individual, como una especie, ecotipo o la combinación de diversos taxones o ecotipos, que deben cumplir con dos características: (1) ser **cuantificables** para saber qué cantidad o proporción es representada en la red de áreas, y (2) ser **estimables** a través de medios realistas como colecciones, colectas en campo, sensores remotos o modelos de distribución (Margules y Pressey 2000, Margules y Sarkar 2009). Como subrogados, los más usados son los tradicionales (o especies indicadoras), establecidos teniendo en cuenta el papel funcional de las especies, taxones icónicos, estatus de conservación, diferencias filogenéticas, importancia comercial, especies conspicuas y equidad (Margules y Sarkar 2009, Caro 2010). También se pueden usar conjuntos sistemáticos de valores subrogados, ya sean especies o taxones de alta jerarquía, así como ensambles de especies, combinación de categorías ambientales o la combinación de cualquier tipo anterior de subrogados (Sarkar *et al.* 2006, Margules y Sarkar 2009).

Especies-paisaje como subrogados de la Biodiversidad en un sistema de áreas para la conservación

El uso de especies o grupos de especies como subrogados es una tarea difícil de abordar porque a través de su selección se pretenden abarcar zonas importantes para la conservación de grupos mayores a los que inicialmente se analizan en un ejercicio de priorización (Caro 2010). Por tal razón se han propuesto una variedad de conceptos, a partir de los cuales se fundamenta la selección de los subrogados. El término de especie-sombrilla (Berger 1997) tiene como supuesto que a través de la protección de sus poblaciones también se conservan poblaciones de otras especies. Este concepto ha sido aplicado a la identificación y evaluación de áreas a conservar, sin embargo, la consideración de una especie sombrilla no ha tenido buenos resultados (Fleishman *et al.* 2001, Margules y Sarkar 2009, Caro 2010). En cambio, cuando se han usado combinaciones de especies sombrilla, en algunos casos ha sido positiva la relación del grupo considerado con otras especies presentes en el área (Fleishman *et al.* 2001). No obstante, pese a no ser eficiente en la mayoría de los ejercicios, se han considerado otros aspectos importantes de las especies y áreas a conservar. Sanderson y colaboradores (2002) desarrollaron el concepto de “especie-paisaje”, refiriéndose a aquellas especies que usan áreas amplias y ecológicamente diversas, además de cumplir un papel importante sobre la estructura y función de áreas naturales. Estas especies tienen requerimientos amplios de espacio y tiempo, por lo que son susceptibles a las alteraciones humanas (Roberge y Angelstam 2004, WCS 2001b). Las especies-paisaje se reconocen por cumplir la función de las especies sombrilla, ya que su cuidado y conservación también significa la protección de las especies que co-ocurren en las mismas áreas (Sanderson *et al.* 2002).

Combinación de subrogados

En muchos ejercicios de planeación se ha criticado y argumentado que el uso de especies individuales o grupos de especies es poco eficiente, aun cuando éstos subrogados tengan alguna característica especial como ser especies-clave, indicadoras, sombrilla, entre otras. Por tal razón, es aconsejable usar más de un tipo de subrogado, ya sea mediante la combinación de especies de fauna y flora, o mediante la combinación con variables ambientales, tipos de vegetación o categorías ambientales establecidas, como ecorregiones y biomas (Margules y Sarkar 2009, Caro 2010). Estas combinaciones pueden llevar a una mejor cobertura sobre la biodiversidad no considerada en los análisis, o sobre patrones del paisaje o diversidad de zonas (Sánchez-Cordero *et al.* 2005, Caro 2003, 2010, Isasi-Catalá 2011).

2. Las Metas de Conservación

Una meta de conservación, es la forma de definir la representación de los subrogados de la diversidad en un conjunto de áreas a conservar. Las metas deben de ser explícitas, cuantificables y estar relacionadas con la historia natural de los subrogados a representar. A lo largo de la literatura de la planeación, las metas han sido establecidas de diversas formas y objetivos, por lo tanto no existe un consenso acerca de cuanto es necesario representar en una red de áreas (Margules y Sarkar 2009). Regularmente se establecen de acuerdo a patrones biogeográficos,

requerimientos o distribución de las especies, procesos donde las especies estén implicadas, conocimiento de expertos o por procesos políticos (Margules y Sarkar 2009). En el 2006, la WWF y la UICN sugirieron que al menos el 12% de los bosques deberían de estar representados a nivel global y aunque algunos ejercicios de planeación han tomado dicho valor, se sugiere que las metas sean establecidas bajo cualquiera de las consideraciones anteriormente dadas que aportan más a la variabilidad natural y a los rasgos para que las especies persistan en el futuro (Margules y Sarkar 2009).

3. **Los Costos**

Estos son una medida asignada a algunas o todas las unidades de planificación en las cuales en la geografía representen un costo alto para aplicar estrategias de conservación. A través de los costos se busca construir soluciones más económicas o eficientes, las cuales implican áreas donde los objetivos de conservación van a ser alcanzados con el menor esfuerzo económico y social (Margules y Sarkar 2009). Este valor se puede asignar de acuerdo a diferentes factores como: uso de la tierra, disponibilidad de recursos, importancia para las especies prioritarias, conectividad o con herramientas como índices de diversa índole (Ball y Possingham 2000, Ardron *et al.* 2008).

La PSC ha sido un enfoque ampliamente usado desde escalas locales a globales y con diversos objetivos a conservar en diferentes ejercicios de priorización para el establecimiento o evaluación de zonas para la protección de la biodiversidad (Margules y Sarkar 2009). En México se han realizado diversos ejercicios de planificación de los cuales un gran porcentaje han sido enfocados a la conservación de la fauna silvestre y su hábitat, resaltando la atención prestada al grupo de los mamíferos y aves (Koleff y Urquiza-Haas 2011).

PLANEACIÓN DE LA RESTAURACION

La restauración ecológica es conocida como teoría y práctica enfocada al restablecimiento de un sistema degradado o dañado a través de la recuperación de cobertura vegetal o elementos de flora (Jordan *et al.* 1987, Cairns y Heckman 1996, Young 2000, SER 2004, Noss *et al.* 2006). Su principal objetivo es guiar a un sistema alterado hacia su recuperación estructural, funcional y de composición, además de contrarrestar alteraciones que degradan su salud y amenacen la biodiversidad presente (Franklin *et al.* 1981, Noss 1990, Pimentel *et al.* 2000, Covington 2003). La restauración es un proceso a grandes escalas temporales en un espacio determinado. Se lleva a cabo a través de protocolos que incluyen etapas como: (1) definición del objetivo del proyecto, (2) identificación del área a restaurar, (3) caracterización del área perturbada, (4) implementación de técnicas y procedimientos adecuados y (5) definición de las variables para realizar el seguimiento de la procesos implementados en la restauración (Barrera-Cataño y Valdés-López 2007, Vargas-Ríos *et al.* 2010).

Generalmente sus objetivos se enfocan a nivel de ecosistemas, donde las actividades y esfuerzos de restaurar se basan en su gran mayoría en: condiciones de referencia dadas por ecosistemas conservados con especies nativas, de importancia biológica o económica (Morera 2006 y Hobbs *et*

al. 2009); en el conocimiento del rango ambiental de viabilidad; el contexto evolutivo de las especies; en el estado de conservación de la zona de estudio o en las necesidades de una población o grupo civil (Pimentel *et al.* 2000, Covington 2003 y Ceccon 2013).

La restauración, lejos de ser para los conservacionistas y ambientalistas una herramienta trivial (Jordán 2003) para fortalecer, restablecer y mejorar las condiciones y características biológicas de una área determinada (SER 2004, Barrera-Castaño y Valdés-López 2007, Vargas 2007, Vargas-Ríos *et al.* 2010), ha tomado fuerza como una necesidad para aplicarse en zonas alteradas, con el fin de aportar a la conservación de elementos naturales o de áreas a conservar establecidas por elementos de la biodiversidad presentes (Dobson *et al.* 1997, Young 2000, Sánchez *et al.* 2005, Donald y Evans 2006). En México las prioridades de restauración se pueden dividir en dos tipos de esfuerzos. El primero, enfocado a la restauración ecológica basada en las necesidades de determinado grupo civil, estos proyectos suelen ser exitosos porque cuentan con la participación activa de la comunidad, la cual recibe beneficios económicos y biológicos tras aportar al proceso de recuperación y fortalecimiento de sus recursos naturales (Bandeira *et al.* 2003, INE 2003, Ramos-Fernández *et al.* 2005, SmartWood 2006, Zamora-Tovar *et al.* 2011). En el segundo, los investigadores y tomadores de decisiones buscan incentivar a una comunidad sobre la necesidad de llevar a cabo procesos de restauración con miras en la conservación de los recursos naturales. Estos proyectos generalmente se basan en amenazas, factores que limitan la presencia de elementos biológicos y en recursos de recuperación que ofrece una determinada área (González-Espinosa *et al.* 2007, Ceccon 2013).

Algunos ejemplos de esfuerzos en la nación son: El Corredor Biológico Mesoamericano en México, el cual contempla entre sus objetivos mejorar la conectividad y disminuir la fragmentación, a través de estrategias de manejo como la restauración (Koleff *et al.* 2009, Robles de Benito 2009). Latofski-Robles (2012) propone la restauración como respuesta al problema de especies invasoras en islas mexicanas. Robles-Martínez (2009) usa la fragmentación y los requerimientos de hábitat de una especie, para encontrar zonas necesarias para ser restauradas y contribuir a la conservación de dicha especie. Pronatura (2010) identificó zonas de manglar para manejo y restauración de acuerdo a variables como la degradación, conectividad, estructura del suelo y presencia de especies vegetales nativas con potencialidad de crecer.

Ninguno de estos ejercicios ofrece un consenso para justificar donde iniciar un proceso de restauración, se puede enfocar desde diversas perspectivas, objetivos y necesidades (SER 2004, Noss *et al.* 2006). Por lo tanto, una posible sugerencia es restaurar áreas que contribuyan a la conservación, haciendo parte activa de este enfoque desde el comienzo (SER 2004, Vargas-Ríos 2010). Es necesario comenzar a sugerir protocolos que enfoquen la restauración como elemento importante para conservar elementos de la biodiversidad y asegurar su desarrollo a lo largo del tiempo.

Evaluación de la conectividad como herramienta para definir prioridades de restauración y manejo.

La conectividad es una medida del grado en que un paisaje mantiene el movimiento de los diferentes organismos presentes en él (Bennett 1999, McGarigal y Cushman 2002), favoreciendo las conexiones naturales en dichas áreas o sitios, y el flujo de genes, individuos, poblaciones y especies a múltiples escalas temporales dentro del paisaje (Taylor *et al.* 1993, Minor y Urban 2007). La conectividad tiene como supuesto la especie-dependencia, razón por la cual no todos los estudios se pueden usar como marco general (Gurrutxaga *et al.* 2010). La conectividad puede ser evaluada a través de dos enfoques: la conectividad estructural, la cual analiza la continuidad desde la estructura espacial y los atributos que la componen (Irastorza 2006) y la conectividad funcional o ecológica, que se basa en cómo el movimiento y flujo de las especies se ve afectado por limitantes o barreras presentes en el sistema, relacionadas con la ecología de dichas especies (Beier *et al.* 2008, McRae *et al.* 2012).

Los índices de conectividad, así como los análisis espaciales y modelos de conectividad han sido usados con el fin de hacer fácil, replicable y práctica la evaluación de esta magnitud (Irastorza 2006, McRae *et al.* 2012). Los modelos de conectividad se han catalogado como una herramienta eficiente para la planificación, organización y gestión de los diversos recursos naturales. Usan mapas de distancias o resistencia, los cuales proporcionan información de donde la conectividad para determinadas especies o grupos, puede considerarse fácil o difícil a lo largo del paisaje (Villalba *et al.* 1998, Borja 2006, Gurrutxaga *et al.* 2010, McRae *et al.* 2012).

La conectividad juega un papel clave en la permanencia y persistencia de los diversos grupos biológicos, premisas elementales de las áreas legales protegidas para la conservación de la biodiversidad, áreas que representan aproximadamente el 12% de la superficie terrestre a nivel global (Naughton-Treves *et al.* 2005). Actualmente algunas áreas protegidas se han considerado como islas en paisajes transformados por acciones antrópicas (Sarkar *et al.* 2006), impidiendo las conexiones naturales en dichas áreas (Minor y Urban 2007). En este caso, la evaluación de la conectividad a través de modelos puede jugar un papel fundamental en el fortalecimiento de Áreas protegidas y en la identificación de nuevas áreas que aporten a su conservación y manejo.

Bajo este panorama, los modelos de conectividad han tomado fuerza en la última década, desarrollándose en diversos estudios; por ejemplo, Basoalto-Palmero y González-López (2008) usaron esta herramienta con el fin de fortalecer zonas para la conservación de especies a través de acciones de restauración ecológica y manejo de recursos. En tal trabajo, se realizó un análisis de conectividad para la especie focal, avutarda (*Otis tarda*), con el fin de elaborar una herramienta de manejo para compensar las perturbaciones de la red Natura 2000, ocasionadas por el desarrollo de proyectos de infraestructura. Beier y colaboradores (2008) realizaron un estudio sobre las consideraciones y elementos importantes para evaluar la conectividad con el fin de promover el flujo de genes de especies focales a lo largo de corredores. Gurrutxaga y colaboradores (2010) hacen uso del modelado espacial como metodología para complementar la red de áreas

protegidas existentes en el país vasco integrando la conectividad ecológica para identificar áreas críticas, zonas de amortiguamiento, corredores y zonas de restauración como estrategias para la conservación. Por último, McRae y colaboradores (2012) detectaron la importancia de combinar en los modelos de conectividad la evaluación de diferentes barreras y valores de resistencia a lo largo del paisaje en ejercicios anteriormente adelantados por ONGs e instituciones gubernamentales con diversos grupos de especies en Washington, ellos encontraron que al ser removidas las barreras a través de estrategias de restauración ecológica mejoraron la conectividad en los diversos ejercicios que re-evaluaron.

Como podemos ver, este campo tiene amplia aplicación en las redes de reservas o sitios prioritarios para conservar, permitiendo vislumbrar posibles áreas donde las especies a conservar están siendo afectadas por su baja conectividad y, por lo tanto, considerar la restauración ecológica como medio importante para disminuir los efectos negativos de barreras o condiciones de aislamiento (Bennett 1999).

MÉTODOS

1. ZONA DE ESTUDIO

Contexto geográfico

La entidad federativa de Veracruz se encuentra situada al este de la República Mexicana, entre los paralelos 17° 10' al 22° 15' de latitud norte y los meridianos 93° 35' al 98° 34' de longitud oeste, abarcando una superficie de aproximadamente 72,410 Km² (CONABIO 2011). Limita al este con el Golfo de México, al oeste con los estados de Hidalgo, Puebla y Oaxaca, al norte con Tamaulipas y San Luis Potosí y al sur con los estados de Oaxaca, Chiapas y Tabasco (Figura 1), estos últimos categorizados como estados de máxima concentración y diversidad biológica (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008).

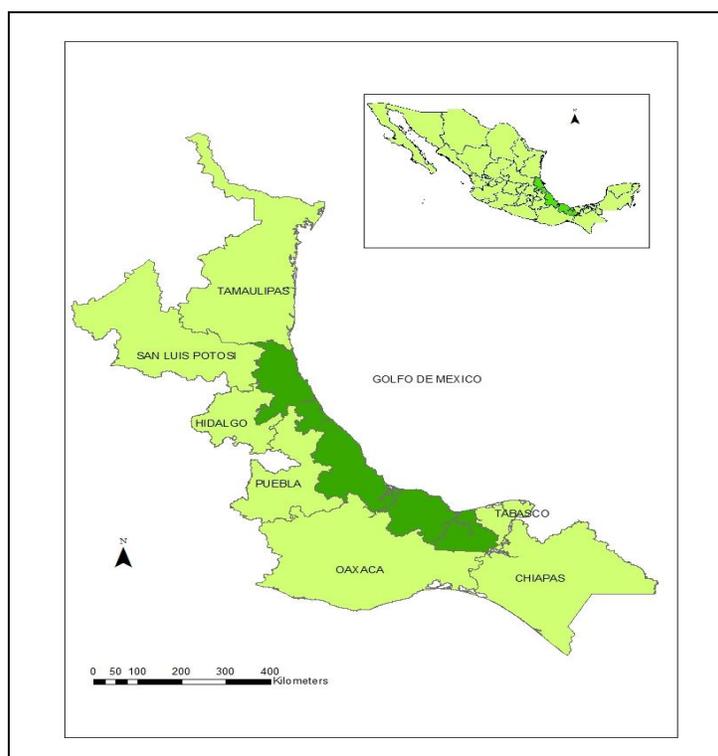


Figura 1. Límites del estado de Veracruz.

En el territorio veracruzano se encuentra representado el 57% de todas las unidades geomorfológicas de tierra firme de la República (37 unidades). Cuenta con 6 provincias geomorfológicas de las 14 representadas en México (Lugo y Córdova 1992), lo cual se traduce en un relieve variado, con dos extensas planicies tanto al norte como al sur. Sus planicies costeras ocupan el 73% de territorio y las regiones montañosas el 27% restante. Estas últimas albergan a la Sierra Pico de Orizaba-Cofre de Perote, que es la zona montañosa más extensa, la cual representa el límite entre las planicies costeras y el altiplano mexicano, esta sierra termina en dos volcanes: el Cofre de Perote (4,250 msnm) y el pico de Orizaba (5,787 msnm), el más alto de México.

Contexto ambiental

En Veracruz se conjugan la mayoría de los climas de México. La temperatura oscila ampliamente a lo largo del territorio, marcando diferencias entre la planicie sur y norte; la precipitación se presenta en un régimen u orden entre los 1,200 a 1,600 mm en la mayor parte del estado y los vientos alisios que provienen del Golfo descargan humedad hacia la planicie y al sistema montañoso (CONABIO 2011).

Contexto biológico

La fauna y flora de Veracruz es abundante y diversa, razones por las cuales esta región es considerada como una de las tres más importantes para conservar la biodiversidad de todo el país. De acuerdo al estudio realizado por CONABIO (2011), esta entidad contiene proporciones importantes de especies respecto al total para el país: 103 de 371 especies de anfibios, 220 de 804 especies de reptiles (segundo estado más diverso en este grupo), 719 de 1,060 especies de aves, 191 de 477 especies de mamíferos, 143 especies de peces dulceacuícolas que representan aproximadamente el 28% del total nacional y 478 de 2300 especies de peces de ambientes costeros.

La flora de Veracruz está representada por los diez tipos de vegetación reconocidos para México por Rzedowski (1978). Se estima que en esta región existen cerca de 6,000 especies de plantas con flor, alrededor del 27% de la diversidad florística nacional, de la cual la representación taxonómica de las especies registradas se reparte en 216 familias y 1,625 géneros (CONABIO 2011). Esta región geográfica fue denominada en su totalidad como un “hotspot” para la conservación global de la biodiversidad por la organización Conservation International (CI) a nivel nacional e internacional, dentro de la región Mesoamérica (Mittermeier *et al.* 1998, Myers *et al.* 2000).

Contexto social

El estado de Veracruz a lo largo de su historia ha jugado un papel fundamental en la economía del país por su posición geográfica estratégica, al igual que por sus características climáticas, físicas y edáficas que han dado a la entidad la etiqueta de un estado productivo. Sin embargo, el panorama se ha modificado. Su clasificación como uno de los estados con mayor número de habitantes (INEGI 2010) y el abuso de sus recursos naturales para actividades principalmente agropecuarias e industriales, ha debilitado el sistema económico y biológico de esta región mexicana (CONABIO 2010, Rodríguez y Boege 2011), provocando una real destrucción de dicho territorio sin mayores estrategias de manejo, recuperación o conservación de los elementos naturales. Por tales razones se tomó Veracruz como objeto del presente estudio, con el fin de aplicar protocolos y herramientas, que faciliten la evaluación de la información disponible, para identificar áreas con elementos importantes para la biodiversidad, alrededor de las cuales, al aplicar acciones de restauración, se puede mejorar la conectividad para fortalecer la conservación de dichos elementos. La Figura 2 esquematiza el enfoque y priorizaciones aplicadas.

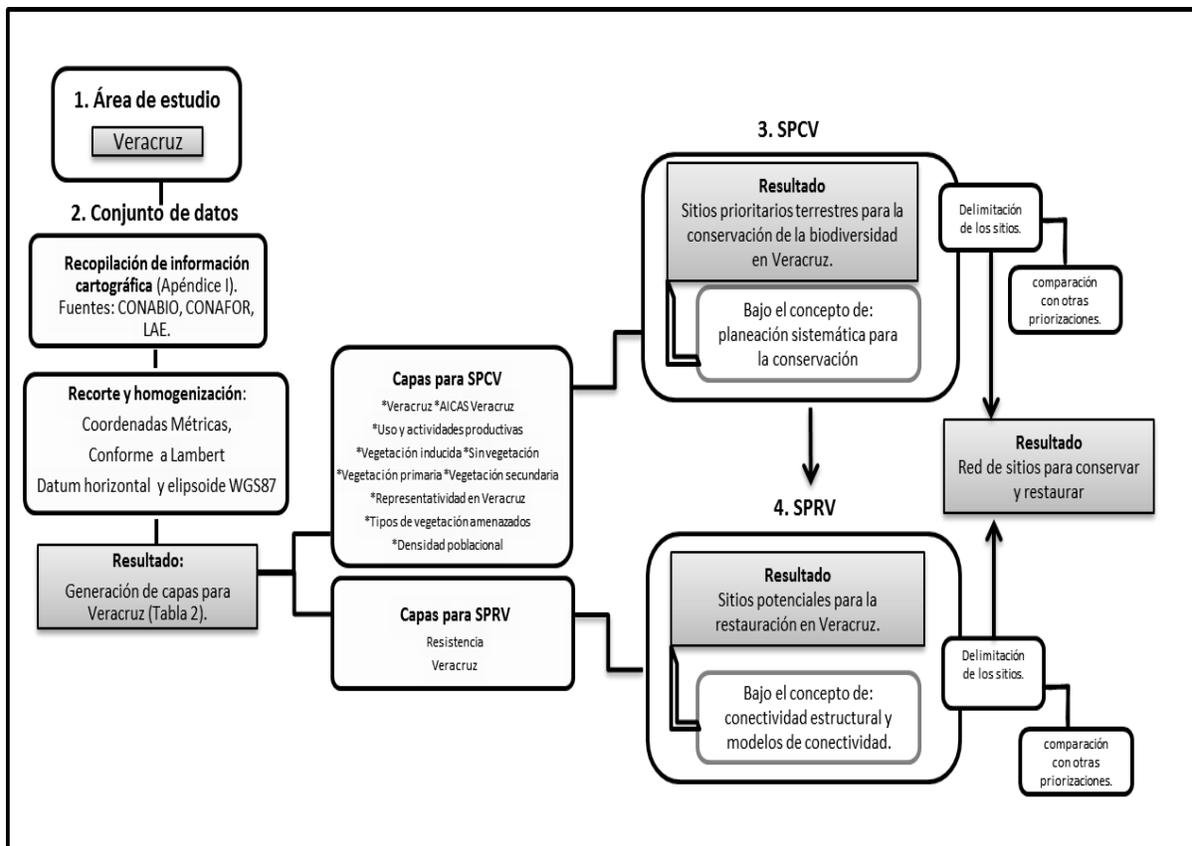


Figura 2. Esquema metodológico

2. CONJUNTOS DE DATOS

La información cartográfica usada para generar las capas para la identificación de sitios prioritarios, tanto para conservar como para restaurar (Apéndice I), se recopiló del acervo cartográfico de uso público de la CONABIO, CONAFOR, y de la información recopilada en el Laboratorio de Análisis Espaciales (LAE) del Instituto de Biología, de la UNAM.

Toda la información geográfica recopilada, fue procesada y homogenizada a coordenadas métricas, con la proyección cónica conforme a Lambert, datum horizontal y elipsoide WGS84. Posteriormente se recortó la información para el estado de Veracruz usando ArcGis versión 9.3. Con el fin de obtener las capas de información necesarias para la identificación de sitios.

Para generar las capas de información para el estado de Veracruz (Tabla 2) usadas para análisis de los SPCV y SPRV, se tomó en consideración la siguiente información cartográfica:

- Los **tipos de vegetación y uso de suelo serie IV del INEGI**, donde se representan los diferentes usos del suelo a lo largo del territorio mexicano y los tipos de vegetación existentes, sus características y niveles de afectación de las comunidades vegetales. Esta carta se realizó a partir de representación cartográfica obtenida de la interpretación

manual por medios digitales de imágenes SPOT (2007) multiespectrales y ortorrectificadas, y verificadas en campo (INEGI 2010-2012).

- **División política estatal** (versión IV), representa la división política y límites costeros a nivel nacional.
- **Áreas de importancia para la conservación de aves**, representa una delimitación dada por especialistas en dicho grupo, con el fin de sugerir una red de sitios importantes para el mantenimiento a largo plazo de las poblaciones de aves que ocurren de manera natural en dicha red (CIPAMEX y CONABIO 1999).
- **Mapas de distribución de especies**, esta información fue generada por grupos de expertos a través del algoritmo genético basado en conjuntos de reglas (GARP), con el fin de crear modelos de nicho ecológico y mapas de distribución potencial para las especies (Navarro y Peterson 2007) que representen condiciones ambientales en las cuales estas especies podría mantener sus poblaciones (Stockwell y Peters 1999). En este caso se tomaron los mapas de distribución de 7 especies de aves (Tabla 3), los cuales se generaron y validaron especialistas, para los análisis de vacíos y omisiones y sitios prioritarios a nivel nacional a una resolución de 1 km² (Navarro-Sigüeza *et al.* 2003, Nakazawa *et al.* 2004, Koleff *et al.* 2009, Urquiza-Hass *et al.* 2009, CONABIO 2011).

Tabla 2. Capas generadas para el análisis

Nombre de la capa inicial	Abreviatura	Capa generada
División política estatal	DESTA250	Veracruz
		Densidad poblacional
Áreas de importancia para la conservación de las aves	AICAS	AICAS Veracruz
Mapas de distribución de especies nacionales		Representatividad en Veracruz
		Uso y actividades productivas
		Vegetación inducida
		Sin vegetación
		Tipos de vegetación amenazados
Vegetación y uso de suelos IV	USVS	Vegetación primaria
		Vegetación secundaria
		Resistencia

Para la comparación de los resultados de las priorizaciones enfocadas a la conservación y restauración en Veracruz se consideraron las capas de información cartográfica (Apéndice 1) enlistadas a continuación, las cuales reflejan otras soluciones en ambos campos, además de considerar también productividad, tipo de suelo y degradación en la entidad federativa.

- **Áreas naturales protegidas federales de México**, representa las áreas naturales protegidas nacionales de mayor relevancia a nivel federal, de acuerdo a decretos establecidos en el diario oficial de la federación (CONANP 2013).
- **Categoría de prioridad para conservación de bosque mesófilo de montaña de México**, es una priorización del bosque mesófilo de montaña enfocada a encontrar áreas donde aplicar acciones de conservación, manejo, uso sostenible y restauración, basada en los criterios de: calidad del bosque, amenaza a la permanencia y a la calidad, oportunidades de conservación y características sociales (CONABIO 2008).
- **Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad**, representa posibles sitios prioritarios en la República Mexicana para la conservación de su biodiversidad terrestre (CONABIO 2007).
- **Sitios prioritarios para la conservación de primates mexicanos**, el objetivo de esta cartografía fue representar sitios prioritarios para la conservación de las tres especies de primates mexicanos, considerados importantes para la fauna por su alto nivel de amenaza así como por su papel clave en regeneración de selvas (CONABIO-AMP, A.C. y CONANP 2012).
- **Zonificación forestal-Conservación, Zonificación forestal-Producción y Zonificación forestal-Restauración**, son una integración de información cartográfica donde se identifican, en el primer caso, áreas naturales protegidas, áreas importantes para su protección y conservación por albergar vegetación natural; en el segundo caso, terrenos forestales con diferente nivel de productividad y degradación, así como posibles terrenos donde llevar a cabo un aprovechamiento de recursos forestales, producción comercial además de posibles zonas de plantación forestal para su conservación y restauración; y por último, terrenos que, de acuerdo al grado de degradación antrópica se sugieren sean restaurados además de terrenos forestales degradados en los que actualmente se llevan a cabo tratamientos de recuperación forestal (CONAFOR 2011).
- **Degradación del suelo en la República Mexicana**, refleja los diferentes tipos de degradación (eólica, hídrica, química y física) basados en la reducción de la productividad y posibles causas de estas alteraciones a raíz de la intervención antrópica (SEMARNAT y Dirección de Geomática 2004).
- **Edafología**, este mapa representa los diferentes tipos de suelos en la nación mexicana así como su textura y sus fases químicas y físicas (INIFAP y CONABIO 1995).

3. SITIOS PRIORITARIOS TERRESTRES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN VERACRUZ (SPCV).

Con el objeto de identificar los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, llamados sitios prioritarios o SPCV a lo largo del escrito (Figura 3), primero se creó una rejilla con la extensión Hawth tools para ArcGis 9.3., con el fin de representar el espacio geográfico que está sujeto a planeación. La rejilla está compuesta por celdas que representan unidades de planificación. Para este análisis se definieron unidades de 25 km² (3921 celdas), de acuerdo a la resolución de la información cartográfica disponible. Posteriormente se definieron los elementos claves de la planeación, los cuales se representaron en la rejilla, a través de la herramienta de sobreposición en ArcGis 9.3. Se generaron tablas en formato txt., las cuales, se analizaron en Excel con el fin de obtener tres matrices (Datos de entrada): una para los subrogados, otra para las metas y otra para los costos. Estas matrices contienen datos de presencia/ausencia de cada uno de los elementos en cada una de las celdas.

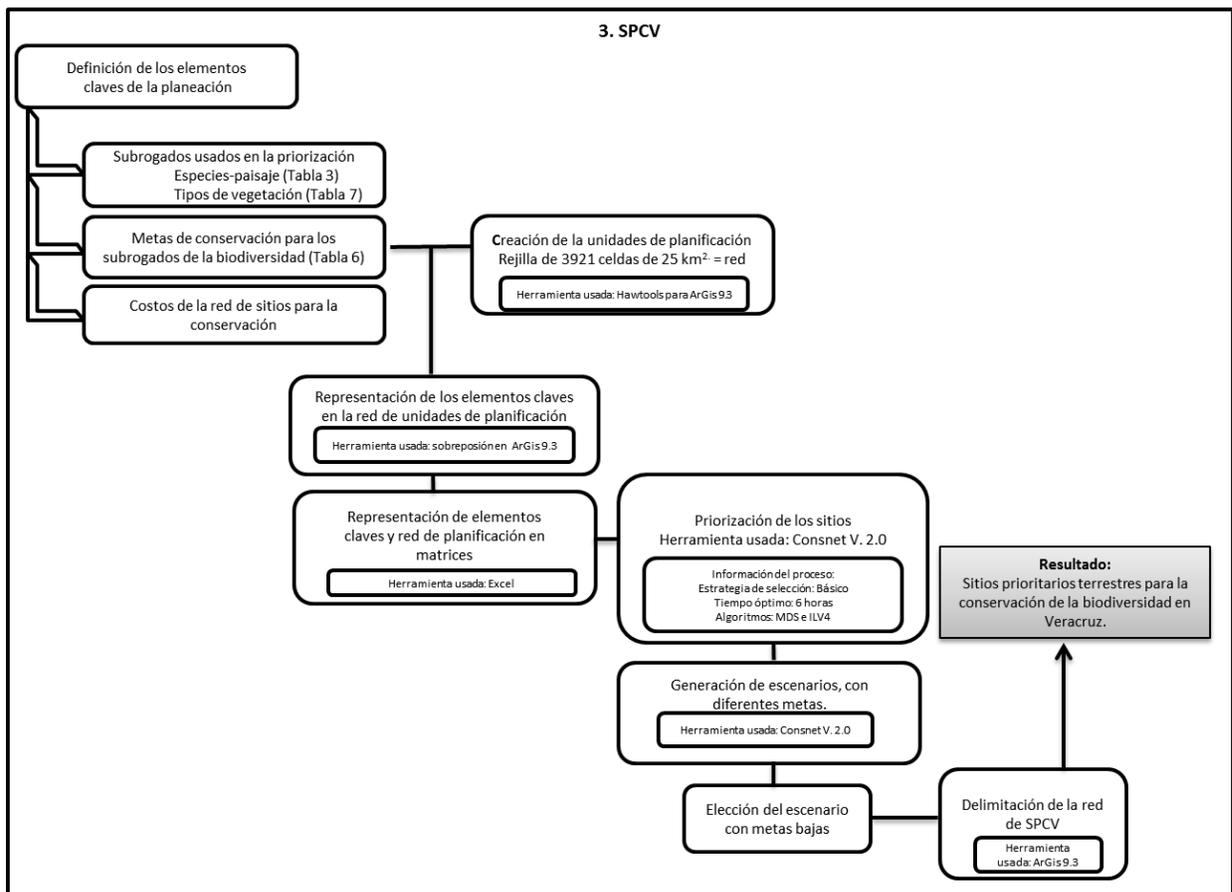


Figura 3. Esquema metodológico para SPCV.

Definición de elementos claves

Selección e información de los datos biológicos usados como subrogados en la priorización

Para seleccionar el grupo usado como subrogados de la diversidad en la identificación de sitios prioritarios, se buscó formar un conjunto de elementos que aportaran no solo a su protección, sino a la de otros grupos biológicos diferentes a los analizados. Es así que se usó el concepto de Especie-paisaje junto con los tipos de vegetación amenazados en Veracruz. La selección se basa en la siguiente información.

Se tomó el taxón aves, por ser un grupo ampliamente conocido y de fácil identificación (Gómez de Silva y Oliveras de Ita 2002, Chiarucci *et al.* 2005), además por ser considerado como elemento importante en planes de manejo y porque en algunos casos juega un papel fundamental como indicador de la calidad de hábitat y procesos. En la restauración, la presencia de algunas especies, cumplen el papel de especies indicadoras de la eficiencia de los procesos de recuperación (Ortiz-Pulido *et al.* 2000, Laborde *et al.* 2008).

Una vez identificado el grupo de estudio, se siguió la metodología sugerida para identificar especies-paisaje haciendo uso de los criterios de selección propuestos por Caro (2010), Coppolillo *et al.* (2004), Roberge y Angelstam (2004) y WCS (2001a, 2001b, 2002a, 2002b). Se realizó un listado donde se compilaron especies de aves reportadas para el estado de Veracruz. Se consideraron las especies en alguna categoría de la UICN, CITES o NOM-059, que contaran con modelos de distribución potencial. Este listado se estableció a partir de tres fuentes: especies reportadas para Veracruz en la estrategia estatal, en el análisis de sitios prioritarios para la conservación nacional y en la guía de campo de aves de México (Peterson y Chalif 1994). En el listado se reportaron 164 especies pertenecientes a 19 órdenes y 44 familias. Para estas especies se reportaron diversos rasgos (Apéndice II) que reflejan los criterios que se han usado en estudios anteriores. De esta manera, el uso de filtros en Excel para la selección de especies siguió este orden:

1. Aves reportadas como residentes en México, teniendo en cuenta que hay menor número de especies en alguna categoría de amenaza de especies migratorias (Collar *et al.* 1994).
2. Aves con tamaños superiores a 20 cm, tomando esta medida como estimador del **rango de hogar**, ya que esta información no se encontró para todas las especies. Según Caro (2010) esta variable generalmente ha sido asociada con la distribución de las especies y supone que las especies de tamaño corporal grande se desplazan grandes distancias, lo cual las hace más vulnerables a la falta de conectividad y factores sociales (Gurrutxaga *et al.* 2010).
3. Tipos de vegetación en los cuales han sido reportadas las especies, con el fin de identificar las especies con mayor número de tipos de vegetación, como indicador de **heterogeneidad de hábitat usado** (WCS 2001a, 2001b, 2002a, 2002b).

4. **Funcionalidad ecológica de las especies.** Se tomó la dieta (alimentación) como criterio de identificación, considerando las siguientes categorías: depredadoras de vertebrados terrestres y peces (elementos necesarios para la regulación de los sistemas biológicos), depredadoras de invertebrados (controladores de plagas) y aves frugívoras o granívoras (dispersoras de semillas), tomado de WCS (2001b), Coppolillo *et al.* (2004) y Caro (2010).

Después de filtrar los datos en este orden se obtuvieron un total de 25 especies, las cuales pertenecían a 7 familias. El siguiente paso fue revisar su biología, particularmente profundizar en los tipos de hábitat, buscando identificar aquellas especies que usaran en su gran mayoría vegetación conservada, que no tuvieran relación directa con hábitats perturbados y por lo tanto fueran vulnerables a amenazas antrópicas (Del Hoyo *et al.* 1994, Peterson y Chalif 1994, Bildstein *et al.* 1998, De Labra y Escalante 2013). Como resultado de esta búsqueda bibliográfica se seleccionaron siete especies de aves (Tabla 3), donde se resalta la prevalencia de especies de aves rapaces como especies-paisaje, de las cuales todas a excepción de *Ciccaba nigrolineata* (rapaz nocturna) pertenecen al grupo de las rapaces diurnas.

Tabla 3. Especies paisaje para el análisis

División	Clase	Familia	Especies	Nombre común
			<i>Spizaetus tyrannus</i>	águila tirana
			<i>Spizastur melanoleucus</i>	águila ventriblanca
		Accipitridae	<i>Accipiter bicolor</i>	gavilán pequeño
Craniata	Aves		<i>Geranospiza caerulescens</i>	aguillilla zancona
			<i>Leucopternis albicollis</i>	Aguillilla Blanca
		Falconidae	<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón Selvático Mayor
		Strigidae	<i>Ciccaba nigrolineata</i>	búho blanquinegro

En general, el grupo de las aves rapaces ha sido usado en diferentes ocasiones como especies sombrilla eficientes (Sergio *et al.* 2005, Caro 2010, Roberge y Angelstam 2010) y especies indicadoras, tanto de la calidad del hábitat (Thiollay 1989) como de la biodiversidad (Sergio *et al.* 2005). Son elementos importantes en la estructura y dinámica de los ecosistemas naturales al ser componentes sustanciales en las redes tróficas (Thiollay 1989, Caro 2010) y están expuestas a diversas amenazas de índole antrópico perjudicando su desarrollo, conservación y hábitos de subsistencia (Martínez-Gómez 1992, Rodríguez-Estrella 2007, Carrete *et al.* 2009). Su conservación ha facilitado la persistencia de especies de niveles tróficos inferiores y ha aportado a proteger las características de hábitat ya que usan diversos y amplios espacios (Rodríguez-Estrella *et al.* 1998, Sergio *et al.* 2008).

Las siete especies seleccionadas cumplen con el concepto de especies-paisaje mencionado anteriormente y han sido usadas bajo supuestos similares con resultados aparentemente eficientes, razones por las cuales en este análisis serán tomadas como subrogados de la biodiversidad y como elementos de análisis para la conectividad.

La combinación de grupos de subrogados se ha documentado como una solución a la falta de eficiencia de medidas de la biodiversidad conformadas por un solo grupo de especies o especies individuales (Margules y Sarkar 2009). En este caso las aves rapaces seleccionadas se tomaron en conjunto con los tipos de vegetación amenazados en Veracruz, los cuales ante su preocupante pérdida de cobertura (SEMARNAT 2006, CONABIO 2011) son prioridad para la conservación. En la Tabla 4 se muestran los tipos de vegetación primaria usados como subrogados, teniendo en cuenta su tasa de deforestación, número de especies endémicas, área ocupada en la entidad y reportes de su uso por parte de las especies de rapaces seleccionadas. Aguilar y colaboradores (2000) comparan el porcentaje de la tasa de deforestación de 27 tipos de vegetación en Veracruz y reportan un intervalo >0 y $<1.5\%$, para los elementos de la Tabla 4, para los cuales el área ocupada es muy baja en comparación con el área de los diversos usos de suelo (CONABIO 2011), siendo una situación preocupante ya que, según Castillo-Campo y colaboradores (2005), estos tipos de vegetación son importantes para la entidad veracruzana ya que albergan una gran cantidad de especies de flora endémicas para esa región.

Tabla 4. Tipos de vegetación seleccionados como subrogados. Estudios donde se reportan como amenazados y su importancia para conservar.

Tipo de Ecosistemas	Tipos de vegetación Seleccionada	Aguilar <i>et al.</i> 2000	Castillo-Campo <i>et al.</i> 2005	CONABIO 2011
Bosque mesófilo de montaña	Bosque mesófilo de montaña	*	*	*
	Bosque de pino			*
	Bosque de encino	*		*
Bosques templados	Bosque de oyamel	*	*	*
	Bosque de táscate	*		
	Bosque de pino-encino			*
Bosque de galería	Vegetación de galería	*	*	*
	Selva alta subperennifolia			*
Bosque tropical o Selva alta perennifolia	Selva alta perennifolia	*	*	*
	Selva baja perennifolia	*		*
Selvas secas	Selva baja caducifolia		*	*

Metas para los subrogados de la biodiversidad

Con la finalidad de representar cuantitativamente la presencia de los subrogados en el conjunto de sitios (rejilla) se establecieron metas de representación. En este estudio, las metas están dadas de acuerdo a un índice de vulnerabilidad creado y evaluado en Excel, que relaciona la información bibliográfica del estado de conservación del grupo de subrogados, su distribución y requerimientos (Del Hoyo *et al.* 1994, Peterson y Chalif 1994, De Labra y Escalante 2013). Para establecer los valores del índice de vulnerabilidad se usaron los criterios de la Tabla 5; a cada criterio se le asignaron valores de 1 a 4, interpretándose el 4 como el mayor valor de amenaza o vulnerabilidad. En el caso del tamaño corporal se tomaron los datos de todas las especies en el Apéndice II y se establecieron cuatro categorías. Para la distribución potencial también se establecieron cuatro categorías de acuerdo al número de celdas ocupadas en la entidad, mientras que para los tipos de hábitat se establecieron las categorías de acuerdo al número de tipos de vegetación usados por la especie. Respecto a los criterios UICN, CITES y NOM-059, éstos se establecieron de acuerdo al riesgo de extinción en la lista roja mexicana, el riesgo de extinción en la lista roja internacional y la presión de comercio internacional, respectivamente.

Tabla 5. Criterios usados en el índice de metas

Criterio	Valor asignado de acuerdo al intervalo			
	1	2	3	4
Tamaño corporal (cm)	0-29.9	30-59.9	60-89.9	90-120
Distribución potencial (celdas)	3491-3762	3162-3490	2775-3161	2229-2775
Tipos de hábitat	6	4 a 5	2 a 3	1
UICN	LC	NT	VU	EN
CITES	III	II	I	
NOM-059	Pr	A	P	EN

UICN (LC) preocupación menor, (NT) casi amenazada, (VU) vulnerable, (EN) en peligro; CITES (III) especies al menos protegidas en un país; NOM-059: (PR) protección especial, (II) comercio de especies que no están necesariamente amenazadas pero se debe regular, (I) especies amenazadas de extinción, comercio permitido bajo circunstancias especiales; NOM-059 (PR) protección especial, (A) amenazadas, (PR) en peligro de extinción, (E) extinta en medio silvestre.

Posteriormente se realizó la sumatoria de los valores asignados a cada intervalo por cada criterio pudiéndose obtener un valor máximo de 26 por cada especie. Una vez calculado el índice, en la Tabla 6 se expresó en porcentaje, el valor 26 corresponde al 100% de representación, lo que expresado en celdas, indicaría que toda la red se debería conservar para cumplir dicha meta de representación. Todos los valores del índice se convirtieron a porcentaje y posteriormente el porcentaje se expresó en celdas necesarias para cumplir las metas del conjunto de subrogados. Para los tipos de vegetación primaria se estableció un valor inicial de 90% teniendo en cuenta que este subrogado ocupa poca área a lo largo del territorio (CONABIO 2011). Se establecieron en total tres niveles de metas: alta (correspondientes al valor del índice), media (correspondientes a la

mitad del valor del índice) y baja (correspondiente al número de celdas mejor conservadas), con el fin de encontrar diversos escenarios de conservación en la zonificación para los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre en Veracruz.

Tabla 6. Valor de índice y metas de conservación

Especies	Índice	Altas		Medias		Bajas	
		%	Celdas	%	celdas	%	Celdas
<i>Accipiter bicolor</i>	11	42	1659	21	829	13	521
<i>Geranospiza caerulescens</i>	14	54	2111	27	1056	17	663
<i>Leucopternis albicollis</i>	15	58	2262	29	1131	18	710
<i>Spizastur melanoleucus</i>	16	62	2413	31	1206	19	757
<i>Spizaetus tyrannus</i>	18	69	2715	35	1357	22	852
<i>Ciccaba nigrolineata</i>	16	62	2413	31	1206	19	757
<i>Micrastur semitorquatus</i>	12	46	1810	23	905	14	568
<i>Vegetación primaria</i>		90	3529	45	1764	28	1107

Costos de la red de sitios para la conservación

Para representar los costos se usaron factores tanto perjudiciales como benéficos para la presencia de flora y fauna (Ciarleglio *et al.* 2010). Se usaron diversas capas de información geográfica (Tabla 2) que representan factores ecológicos, económicos y sociales (Tabla 7), que se extrajeron en una matriz de datos, donde los costos se representan de acuerdo a las celdas donde estén presentes. La densidad poblacional tuvo un tratamiento diferente; a partir de la capa de estados (Tabla 2) se extrajo la información del número de habitantes y se calculó la densidad de habitantes por unidad de análisis. Estos datos se usaron para crear la capa llamada celdas excluidas, donde se representaron todas aquellas unidades con densidad poblacional mayor o igual a 530 hab/km² (INEGI 2010) y sin vegetación aparente.

Tabla 7. Representación de costos

Impacto del Costo	Tipo costo	Capas generadas
Benéficos	Ecológicos	AICAS Veracruz
Perjudiciales	Económicos	Uso y actividades productivas
		Vegetación inducida
		Sin vegetación
	Sociales	Densidad poblacional

Una vez representados los elementos claves de la planeación en la red de sitios (rejilla) y bajo la premisa principal de la planeación sistemática, la cual busca conservar el mayor número de elementos biológicos en la menor área posible, buscando una mayor eficiencia y economía en la red de sitios, se realizó el análisis para identificar finalmente los sitios prioritarios. Se usó el programa Consnet versión 2.0 (Ciarleglio *et al.* 2010), el cual tiene como objetivo principal la identificación de un conjunto de sitios para su conservación a través del uso de algoritmos metaheurísticos que generan mejores soluciones y reflejan un buen desempeño (Sarkar *et al.* 2004). Este programa uso las matrices donde se representaron los costos, valores subrogados y metas de representación en cada unidad de planificación (3921 celdas). El tiempo óptimo para realizar la priorización fue de 6 horas (tiempo en el que los escenarios arrojaron la mejor solución), bajo la estrategia de selección básica. Los algoritmos usados fueron la complementariedad y rareza (MDS2 e ILV4), buscando que las áreas seleccionadas cumplieran con una selección adyacente. Se realizaron diversas corridas que reflejaron diferentes escenarios de conservación de acuerdo a las metas establecidas (Tabla 6), escogiéndose la solución para las metas de representación baja como la más adecuada y pertinente para el estado de Veracruz ya que incluyó mayor área de vegetación natural en comparación con las metas alta y media.

4. SITIOS POTENCIALES PARA LA RESTAURACIÓN EN VERACRUZ (SPRV)

La identificación de los sitios potenciales para la restauración se llevó a cabo por medio de modelos de conectividad, siguiendo el esquema de la Figura 4. Este enfoque ampliamente usado en redes de reservas o sitios prioritarios para diversos fines (Irastorza 2006), permite identificar posibles áreas donde el flujo de las especies está siendo afectado por alteraciones denominadas barreras o limitantes, las cuales debilitan la conectividad a lo largo de la matriz del paisaje (Beier *et al.* 2008). En este ejercicio la conectividad se evaluó a través de la modelización de la red de sitios prioritarios mediante superficies de costo, las cuales reflejan un gradiente de valores que representan la resistencia o dificultad para desplazarse a lo largo del paisaje (Villalba *et al.* 1998, Borja 2006, McRae *et al.* 2012) entre los SPCV. Para modelar la conectividad se deben establecer dos elementos esenciales (datos de entrada): (1) áreas entre las cuales se desea evaluar esta magnitud (áreas de origen) y (2) Valores de resistencia del flujo de especies.

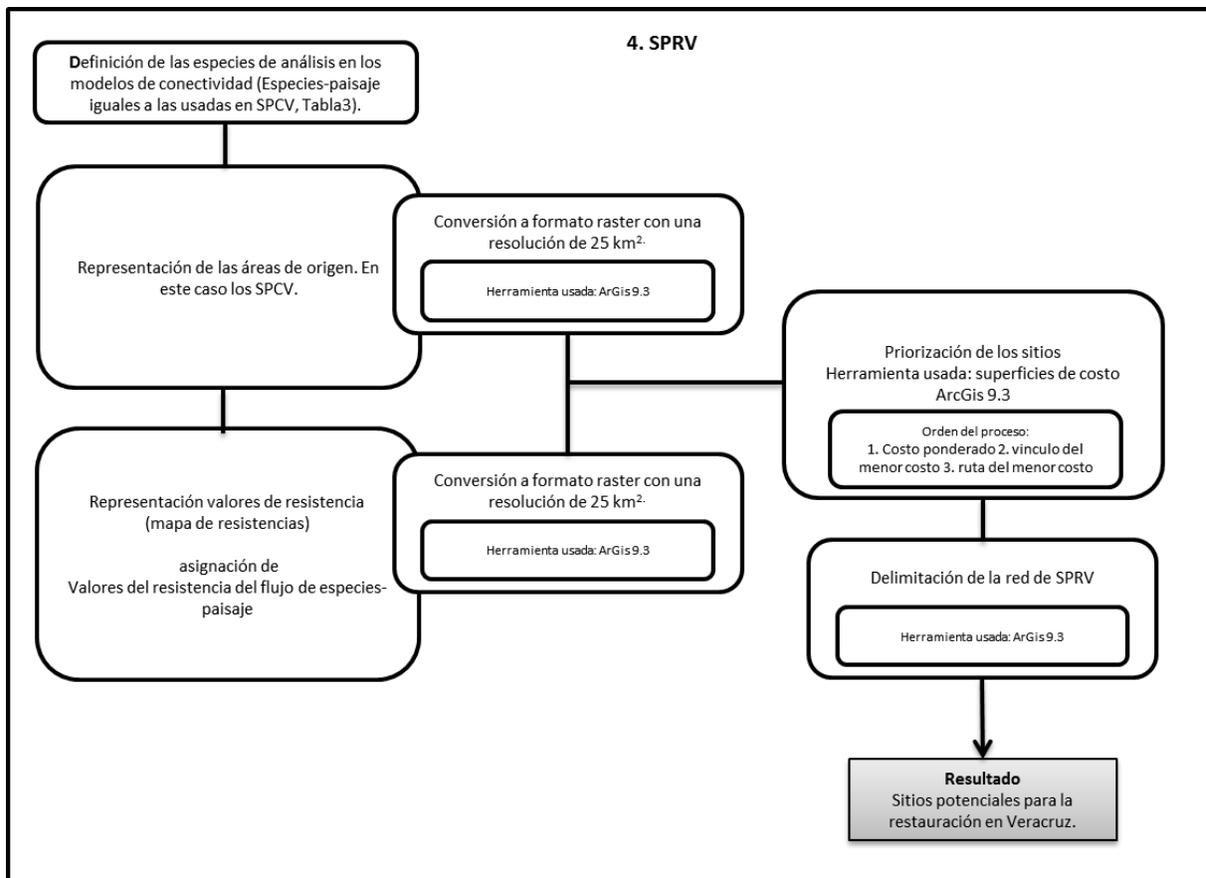


Figura 4. Esquema metodológico para SPRV.

Áreas de origen

Son puntos, sitios o localidades entre los cuales se desea evaluar la conectividad. Se representa a través de una capa en formato raster que puede contener puntos o polígonos, identificados a través de diversas formas: puntos al azar a lo largo de la superficie de estudio, representación de zonas protegidas, puntos de avistamiento de especies, zonas de monitoreo, entre otras (Basoalto-Palmero y González-López 2008, Gurrutxaga *et al.* 2010, McRae *et al.* 2012). En este ejercicio se tomó el mapa de los sitios identificados como prioritarios para la conservación de las especies-paisaje como áreas de origen. En ArcGis 9.3 se convirtió a formato raster con una resolución de 25 km², de acuerdo al tamaño de celda del análisis de priorización realizado (ver Priorización para la conservación de la biodiversidad).

Valores del resistencia del flujo de especies (mapa de resistencias)

Los valores de resistencia también conocidos como costo de desplazamiento o superficies de costo, reflejan el gradiente de dificultad para el desplazamiento de las especies a lo largo de determinada zona de estudio entre áreas de origen (Villalba *et al.* 1998, Basoalto-Palmero y González-López 2008).

La definición de los valores de resistencia es una de las tareas principales en el análisis de superficies de costo y por lo tanto la forma de obtenerlas es trascendental, difícil y tiende a ser subjetiva (Ferrerías 2001). Siguiendo las sugerencias y metodologías aplicadas por Basoalto-Palmero y González-López (2008), Gurrutxaga y colaboradores (2010) y McRae y su equipo (2012), en este ejercicio, los valores de resistencia del paisaje a la movilidad de especies se generaron a partir de la información bibliográfica recopilada para el grupo de especies-paisaje en función de la afectación de 10 categorías (Tabla 8), las cuales representan áreas con usos diferentes del territorio, seleccionadas del mapa de uso suelo y vegetación Serie IV (INEGI 2010-2012). Estas categorías representadas en un mapa, incorporan el papel de la matriz del paisaje, en la conectividad, entre las áreas que se proponen conservar (Del Hoyo *et al.* 1994, Peterson y Chalif 1994, Bildstein *et al.* 1998, Basoalto-Palmero y González-López 2008, De labra y Escalante 2013).

Las categorías que presentaron algún tipo de formación vegetal se les asignaron valores de resistencia menores de acuerdo al tipo de vegetación que albergaran, los valores más bajos fueron para los tipos de vegetación primaria y secundaria (valores de resistencia 5 y 20, respectivamente), ya que permiten que haya mayor flujo de individuos. Además, cerca del 68% de las aves amenazadas o casi amenazadas son especies dependientes de los bosques y requieren enormes extensiones de hábitat continuo (Thiollay 1993); en el caso de las especies seleccionadas todas tienen preferencia por hábitat conservados (Del Hoyo *et al.* 1994).

Tabla 8. Valores de resistencia

Uso de suelo	Valor de resistencia
zona urbana y asentamientos	100
agropecuaria	88
agricultura de riego	80
agricultura temporal	65
pastizal cultivado	60
pastizal inducido	50
Matorral	48
Sabana	30
vegetación secundaria	20
vegetación primaria	5

Las categorías de, asentamientos humanos y población, agricultura y actividades pecuarias tienen los mayores valores de resistencia en la superficie de costos (Tabla 8), teniendo en cuenta que estas áreas representan gran presión para el grupo seleccionado, ya que son valores dominantes en el territorio de Veracruz, ocupando grandes extensiones que han favorecido el desplazamiento

de áreas con vegetación natural por áreas abiertas donde las especies son más susceptibles a las amenazas como la cacería, el comercio ilegal, la pérdida de hábitat y la fragmentación, al igual que para la mayoría de aves rapaces (Martínez-Gómez 1992, Del Hoyo *et al.* 1994, Bildstein *et al.* 1998, De labra y Escalante 2013). Un factor determinante para la pérdida de este grupo es la cacería. Desde el año 1987 las tasas de cacería y tráfico son altas para las rapaces en general; se reportó que aproximadamente 1000 individuos son traficados por año en el país (Iñigo *et al.* 1987). En Veracruz, para la zona de los Tuxtlas, en el año 1987 fueron encontrados 85 registros de cacería (Martínez-Gómez 1992) y en estudios recientes se han reportado al menos 50 registros de aves rapaces cazadas anualmente (De labra y Escalante 2013).

A cada categoría representada en el mapa (Tabla 8), se le asignó un valor de resistencia a través de la herramienta superposición ponderada de ArcGis 9.3.; posteriormente esta información cartográfica se convirtió a formato raster el cual se denominó: **mapa de resistencias**, la resolución de la celda del raster de resistencia se fijó en 25 km² de acuerdo al tamaño de celda del análisis de priorización y de la unidad mínima cartografiable de la capa de uso.

Una vez obtenidas las dos capas en formato raster (áreas de origen y mapa de resistencias), se usó la herramienta distancia de costo (Cost distance) del programa ArcGis 9.3 para modelar la red de sitios prioritarios mediante superficies de costo, Inicialmente se calculó la distancia del costo ponderado (cost distance), esta magnitud se obtiene en términos de la distancia en metros entre los píxeles de las áreas de origen y el costo asignado a cada barrera a lo largo del área de estudio (Basoalto-Palmero y González-López 2008, McRae *et al.* 2012). Posteriormente se identificaron los píxeles más cercanos a las áreas de origen de acuerdo a los píxeles con menor costo a través de la función vínculo del menor costo (cost back link). Por último se usó la función ruta de menor costo (path cost) donde se agruparon pares de áreas de origen y se encontraron los caminos con el menor costo o resistencia para la movilidad de las especies entre las áreas de origen. Se establecieron niveles, identificando los píxeles con el menor costo y más cercanos a las áreas de origen como sitios potenciales para su restauración (Basoalto-Palmero y González-López 2008, Beier *et al.* 2008, Gurrutxaga *et al.* 2010, McRae *et al.* 2012).

DELIMITACIÓN Y COMPARACIÓN ENTRE SOLUCIONES

Después de correr las soluciones y obtener los modelos para los sitios prioritarios para la conservación de los subrogados seleccionados (salida del modelo: tabla .txt con la red de celdas que representan los sitios prioritarios) y los sitios potenciales para la restauración (mapa en formato raster con los sitios potenciales), se convirtieron las salidas de los modelos a formato shapefile, obteniéndose dos mapas donde se representa la información de los sitios seleccionados, de acuerdo a las celdas de la rejilla (ver Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad en Veracruz) donde estuvieran representados los modelos. Este proceso se realizó con el fin de delimitar los modelos, calcular el área ocupada por cada solución y para comparar las soluciones obtenidas con otras priorizaciones.

Las delimitaciones se llevaron a cabo, usando la capa de uso de suelo y vegetación (Serie IV INEGI) y herramientas de superposición y selección de ArcGis 9.3. Los sitios prioritarios se delimitaron, de acuerdo a las celdas que coincidieron con vegetación primaria o secundaria, con el fin de representar mejor áreas viables para la presencia de las especies-paisaje y tipos de vegetación amenazada. Los sitios potenciales se delimitaron, de acuerdo a las celdas que coincidieron con vegetación primaria, secundaria y valores bajos de resistencia, ya que representan mejor la continuidad de las áreas en donde se distribuyen las especies a lo largo del paisaje.

Se calculó el área de cada solución, de acuerdo al área total de las celdas ocupas en la rejilla de análisis (área de cada celda $\approx 25 \text{ km}^2$). Como último paso se compararon las soluciones finales tanto para la conservación como para la restauración con otras soluciones o zonificaciones hechas en otros estudios con diferentes formas de selección y objetivos (Apéndice I). La solución final de los sitios prioritarios se comparó con otras priorizaciones realizadas en México, con el fin de analizar la importancia de los sitios propuestos para otros grupos a conservar usados como subrogados. Finalmente los sitios potenciales se compararon con otras zonificación enfocadas a la producción, restauración y con elementos cartográficos como tipos de suelo y degradación con la finalidad de tener un mejor panorama de las zonas a proponer.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

SITIO PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN

Los sitios prioritarios para la conservación (Figura 5) de los valores subrogados de la diversidad identificados para el estado de Veracruz (SPCV), se seleccionaron como una red de sitios representada por 950 unidades de planificación (celdas), las cuales abarcan un área total de 16,936 km². Este conjunto se identificó por reflejar: (1) mayor número de subrogados representados, (2) menor área ocupada en el territorio, (3) mayor número de celdas adyacentes y (4) mayor número de celdas con vegetación primaria o secundaria, en comparación con otras redes obtenidas (escenarios) de acuerdo a las diferentes metas y costos (Ver sitios prioritarios para terrestres para la conservación de la biodiversidad en Veracruz)

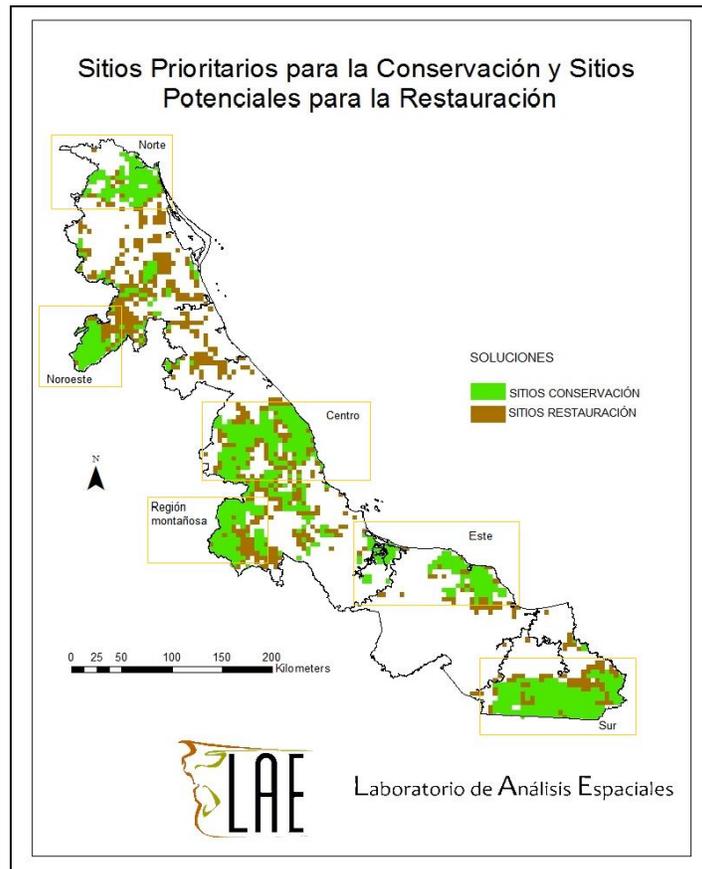


Figura 5. Sitios prioritarios para la conservación y sitios potenciales para la restauración en el estado de Veracruz.

En la solución se observan seis agrupaciones de unidades de planificación (Figura 5). Las agrupaciones se distribuyen: al norte, donde coincide con los grandes humedales alojados en esta zona; al noroeste en la zona de Huayacocotla; en el centro del territorio y en la región montañosa donde se encuentra la sierra Pico de Orizaba - Cofre de Perote; al este en la zona de humedales de Alvarado y en la región de los Tuxtlas; y al sur en la zona de Uxpanapa, en el límite con Chiapas. En estas agrupaciones de unidades se observó que la vegetación primaria y secundaria fueron elementos dominantes, razón por la cual se espera que, teóricamente, los sitios ofrezcan mayor

continuidad además de ser viables para la permanencia del grupo seleccionado (Basoalto-Palmero y González-López 2008, Beier *et al.* 2008, Calixto-Pérez *et al.* 2011), teniendo en cuenta que el grupo de las rapaces generalmente, son especies dependientes de los bosques y requieren de extensiones de bosque continuo(Thiollay 1989, 1993).

En teoría, el algoritmo de selección sugiere áreas de acuerdo a la distribución de los subrogados, criterios, metas y tamaño de las unidades de planificación, por lo tanto, escoge un conjunto de sitios viables para la presencia de los indicadores de la biodiversidad, ofreciendo una solución completa (Ciarleglio *et al.* 2010). En este caso el algoritmo seleccionó unidades de planificación con remanentes de, bosques mesófilos de montaña; bosques de coníferas; vegetación de galería; selvas subperennifolia, perennifolias, caducifolias (tipos de vegetación tomados como subrogados), además de vegetación de dunas costeras, vegetación hidrófila, pastizal y matorral xerófilo (Figura 6). Estos remanentes no se sesgan a los pocos fragmentos de vegetación primaria que subsisten ante el cambio drástico del uso de suelo y vegetación en el estado (CONABIO 2011), sino que Incorporan también vegetación secundaria, conformando una red más amplia, donde se cumplió el objetivo de seleccionar sitios adyacentes y conectados entre sí. También identificó pequeños sitios aislados en los cuales se representa principalmente, vegetación primaria de selvas caducifolias y perennifolias. Estas unidades o sitios, fueron necesarios para cumplir las metas de conservación para estos dos valores subrogados, razón por la cual el algoritmo las hace parte de la solución (Herrera y Finegan 2008, Koleff *et al.* 2009 y Calixto-Pérez *et al.* 2011).

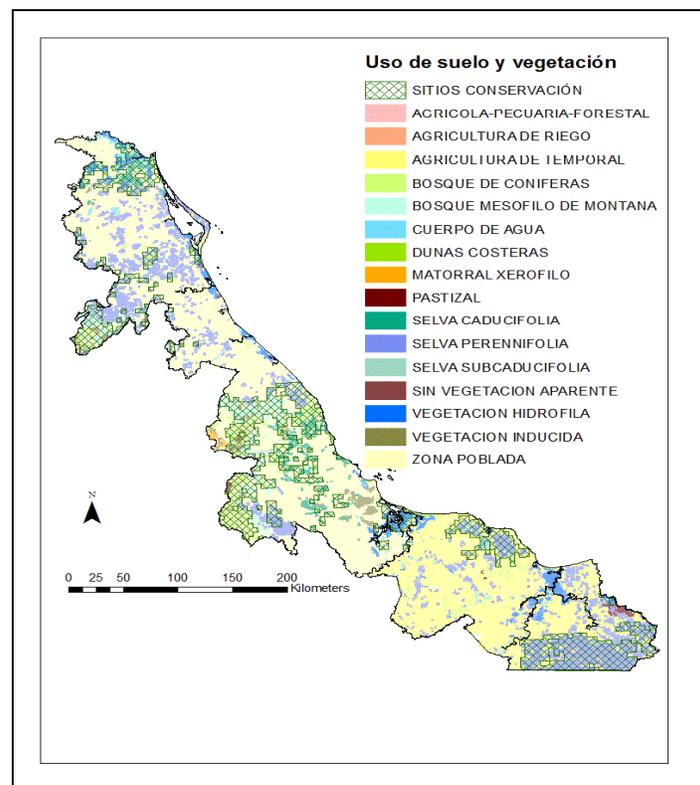


Figura 6. Comparación de los sitios prioritarios con uso de suelo y vegetación

Hay que tener en cuenta que no siempre la red es viable en su totalidad. En este caso hay que tener especial cuidado con aquellas unidades de planificación que abarcan áreas con, zonas pobladas; de agricultura temporal; de riego; de uso agrícola, pecuario o forestal y cultivos inducidos (Figura 6), ya que al ser áreas de aprovechamiento y uso constante, intervienen en la conservación de los subrogados y más, en la conservación de las especies rapaces, las cuales son particularmente sensibles a las acciones antrópicas que ocasionan pérdida de hábitat, pérdida de presas disponibles, caza y captura para el comercio ilegal de especies (Del Hoyo *et al.* 1994).

La amplia distribución y la variedad de hábitats usados por las especies analizadas, reflejaron un abanico de sitios en la solución, tanto con vegetación conservada, como con vegetación secundaria y vegetación aislada, que aportan a la conectividad del paisaje. Las 7 especies-paisaje seleccionadas (Águila tirana, Águila ventrablanca, Gavilán pequeño, Aguililla zancona, Aguililla Blanca, Halcón Selvático Mayor y Búho blanquinegro) han sido reportadas tanto en zonas conservadas de bosques primarios secos y húmedos, como en zonas con vegetación secundaria y ocasionalmente, en pastizales y sabanas (Del Hoyo *et al.* 1994). Específicamente de las especies empleadas, tres han sido reportadas recientemente en Los Tuxtlas por De labra y Escalante (2013), reflejando la importancia de las unidades de planificación correspondientes a esta zona en la solución: el aguililla blanca (*Spizastur melanoleucus*) fue registrada en bosques conservados y maduros, al interior de la selva tropical y en su borde; su prevalencia fue mayor en bosques con el 80% de cobertura. El aguililla tirana (*Spizaetus tyrannus*) especie dependiente de bosque, se reportó en bosque nublado y en el borde de la selva tropical; en lugares con poca (<20%) y mucha cobertura, sin embargo su abundancia relativa fue mayor en sitios con cobertura del 80%. El halcón selvático mayor (*Micrastur semitorquatus*) fue escuchado al borde del bosque húmedo tropical cerca de la laguna El Zacatal; esta especie es reportada como dependiente del bosque. El búho blanquinegro (*Ciccaba nigrolineata*) y el aguililla zancona (*Geranospiza caerulescens*) se han registrado como especies presentes en bosques secos, húmedos, semidecíduos, de galería, manglares y pantanos. El aguililla blanca (*Leucopternis albicollis*) y la águila tirana (*Spizaetus tyrannus*) han sido reportadas como especies dependientes de bosque pero en ambos casos se ha registrado como recurso adicional los pastizales, bordes de los bosques húmedos, áreas semi-abiertas y asociadas a ríos.

La priorización basada en especies de aves rapaces como subrogados de la biodiversidad es importante porque han sido ampliamente usadas como indicadores de hábitat (Sánchez-Zapata *et al.* 2003, Carrete y Donázar 2005) o en la conservación de la biodiversidad como subrogados para diseñar áreas de conservación óptimas (Thiollay 1989, Burnham *et al.* 1990, Sergio *et al.* 2008), puesto que, son consideradas como elementos reguladores en las redes tróficas y cumplen el papel de las especies-paisaje, el cual a través de la protección de su hábitat, busca proteger el de sus presas además de otros grupos de fauna y flora.

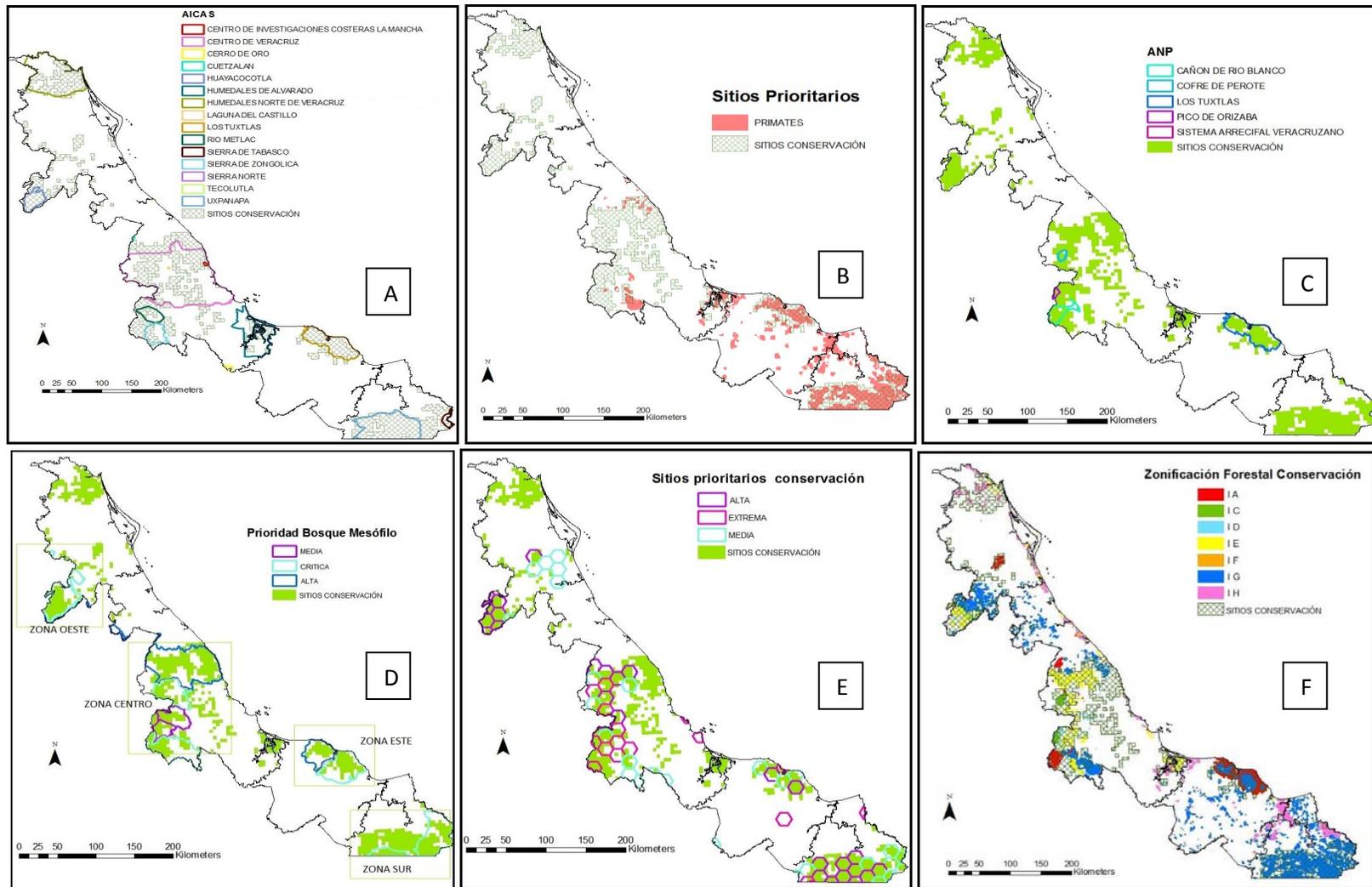


Figura 7. Comparación de sitios prioritario, A. con AICAS, B. con Priorización de Primates Mexicanos, C. con áreas naturales protegidas, D. con sitios prioritarios para la conservación de bosque mesófilo de montaña, E. con sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre en México. F. con sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre en México (IA áreas naturales protegidas, IC áreas localizadas arriba de los 3000msnm, ID terrenos con pendientes mayores al 100% o 45°, IE áreas cubiertas con vegetación de manglar o bosque mesófilo de montaña, IF áreas cubiertas por vegetación de galería, IG áreas cubiertas con selvas altas perennifolias, IH vegetación para la conservación).

En México se han llevado a cabo diversos estudios de priorización de sitios con diversos subgrupos de la diversidad, con el fin de ampliar las áreas necesarias para la conservación de la biodiversidad. Al comparar las soluciones obtenidas con otros instrumentos de priorización propuestos a escala nacional, se observó una elevada correspondencia espacial (Figura 7, para mayor información ver Apéndice IV y V).

Los SPCV coincidieron ampliamente (Figura 7.A.) con el conjunto de áreas de importancia para la conservación de aves mexicanas (Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000). Esta coincidencia es valiosa para los SPCV ya que son áreas viables tanto para aves rapaces como para un conjunto amplio de especies correspondientes a este taxón. La coincidencia de los SPCV con los sitios prioritarios para primates indicó, que estos son viables para los dos conjuntos de subgrupos (Figura 7.B.). Al comparar los SPCV con las ANPs (Figura 7.C.), hubo baja coincidencia, ya que el área ocupada por las ANPs en el territorio es limitada, razón por la cual es necesario ampliar su extensión, para aumentar la representatividad de diversos tipos de hábitat y fortalecer la red de protección. Los sitios que coincidieron entre los SPCV y los sitios prioritarios para bosque mesófilo de montaña (Figura 7.D.), de acuerdo a CONABIO (2008,2010) están bien conservados, poco degradados y presentan alta conectividad, por lo tanto son valiosos para conservar y fortalecer el apoyo que deben tener ciertas áreas donde las estrategias de conservación y manejo son una prioridad a raíz de las amenazas que enfrentan, además de fortalecer áreas que sirven de albergue para diferentes especies como el grupo de las aves rapaces empleadas en la priorización. La coincidencia de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre en México (Figura 7.E.) es importante, ya que ofrecen un primer panorama en la selección de áreas importantes para conservar o fortalecer ANPs, además porque la priorización hecha a nivel nacional usó una gran cantidad de información biológica, a través de modelos de distribución potencial (Koleff *et al.* 2009) con el fin de encontrar sitios viables para diversos grupos biológicos, por lo tanto se sugiere que la superposición de las dos soluciones es conveniente para la elección de zonas a conservar que involucre una gran cantidad de elementos biológicos. La coincidencia de los SPCV y las zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido (Figura 7.F.), se presenta en zonas con vegetación natural presente, las cuales son consideradas prioritarias por CONAFOR (2013) para ser conservadas, teniendo en cuenta que estas áreas representan ANPs, áreas con alto riesgo biológico y áreas con elementos importantes de conservación con alto riesgo de erosión de suelo.

En este análisis la solución propuesta es importante para la conservación de la biodiversidad en Veracruz, porque al ser un análisis a nivel local, se pudieron identificar un mayor número de unidades de planificación para conservar y porque coinciden ampliamente con la distribución de otras especies de aves y con priorizaciones hechas para diversos grupos (CIPAMEX y CONABIO 1999, CONABIO 2007, Navarro y Peterson 2007, CONABIO 2008, CONAFOR 2011, CONABIO-AMP, A.C. y CONANP 2012, CONANP 2013). Lo cual indica que los SPCV para el conjunto de las especies-paisaje y los tipos de vegetación, también son viables para otras especies o grupos de subgrupos. La coincidencia de áreas se presenta al parecer por dos razones: (1) bajo los supuestos y recursos

que deben evaluarse para llevar a cabo una estrategia de conservación, la vegetación natural y las áreas protegidas juegan un papel importante en dicha selección. Por lo tanto, los sitios o áreas que se han identificado en diversos esfuerzos como importantes para la conservación de la biodiversidad en el estado comparten dichos elementos (Koleff *et al.* 2009, CONABIO 2010, Calixto-Pérez *et al.* 2011, CONAFOR 2011, Navarro-Siguënza *et al.* 2011). (2) en esta identificación, la selección de los subrogados se hizo bajo los supuestos del concepto de especies-paisaje, por lo tanto se sugiere que el grupo de las aves rapaces seleccionadas aporó a la coincidencia entre las diferentes soluciones, y por lo tanto en este análisis dicho grupo fue útil para la identificación de áreas importantes para la conservación de la biodiversidad, tanto de las especies-paisaje como de otras especies (Thiollay 1989, Burnham *et al.* 1990, Sergio *et al.* 2008).

La conservación y el mantenimiento del grupo de aves rapaces y de las zonas naturales en el estado de Veracruz son tareas difíciles por la cantidad de amenazas que afrontan (CONABIO 2011). Sin embargo, los estudios realizados en el área han propuesto acciones necesarias para conservar poblaciones de este taxón, como la identificación de sitios viables para su subsistencia; proponer estrategias de conservación; seguir y monitorear el grupo; recuperar remanentes de vegetación natural; e intensificar el esfuerzo en la educación ambiental, en áreas con poblaciones humanas, donde existe especies de rapaces (Del Hoyo *et al.* 1994, Peterson y Chalif 1994, Bildstein *et al.* 1998, De labra y Escalante 2013). Dentro de estas acciones se pueden resaltar los aportes de este trabajo a la identificación de sitios donde la presencia de este grupo es evaluada con criterios biológicos y espaciales importantes, encaminados a mejorar el estatus general de conservación de estas especies, así como de las condiciones de aquellos elementos de menor jerarquía en las redes tróficas. El conjunto de la red de sitios para conservar (unidades de planificación) contribuyen a la identificación de remanentes de vegetación y zonas necesarias para la sobrevivencia del grupo de estudio de acuerdo a las mejores condiciones según los diversos escenarios analizados, teniendo en cuenta el estado de conservación de los recursos naturales en Veracruz.

SITIOS POTENCIALES PARA RESTAURACIÓN

Los sitios potenciales para la restauración identificados en este estudio (sitios potenciales o SPRV; Figura 5), se representaron como una red de sitios, conformada por un total de 603 unidades de planificación (celdas). Esta solución representa el 16.9% de la entidad y comprende un área total de 11,871 km². De acuerdo al modelo de conectividad, las unidades de planificación en la red, fueron las que reportaron menores valores de resistencia y menor distancia a las zonas de origen (SPCV), en teoría bajo estos parámetros el modelo contribuye a la conectividad entre los sitios de origen usados (Basoalto-Palmero y González-López 2008, McRae *et al.* 2012). Por lo anterior, se puede decir que, la red de SPRV está conformada por todas aquellas unidades que proporcionan mayor conectividad por los elementos presentes en estas (vegetación), en comparación con las unidades que representan el resto del territorio. No obstante en Veracruz es difícil encontrar zonas continuas de vegetación sin algún uso de suelo adyacente. En la solución observamos unidades de planificación donde no solo están presentes los elementos con bajo valor de

resistencia (como remanentes con vegetación), sino también elementos como zonas pobladas o zonas de cultivos, a los cuales se les asignaron valores altos de resistencia (Figura 8). Esto sucede porque en Veracruz de acuerdo a la información extraída en las unidades de planificación usando la capa de uso de suelo y vegetación IV (INEGI 2010-2012), hay pocas unidades completas (tamaño de la unidad 25 km²) que no contengan algún tipo de uso (valores de resistencia alto), por lo tanto si dichas unidades contiene tipos de vegetación (valores de resistencia bajos) y ocupan mayor área, las hace parte de la solución.

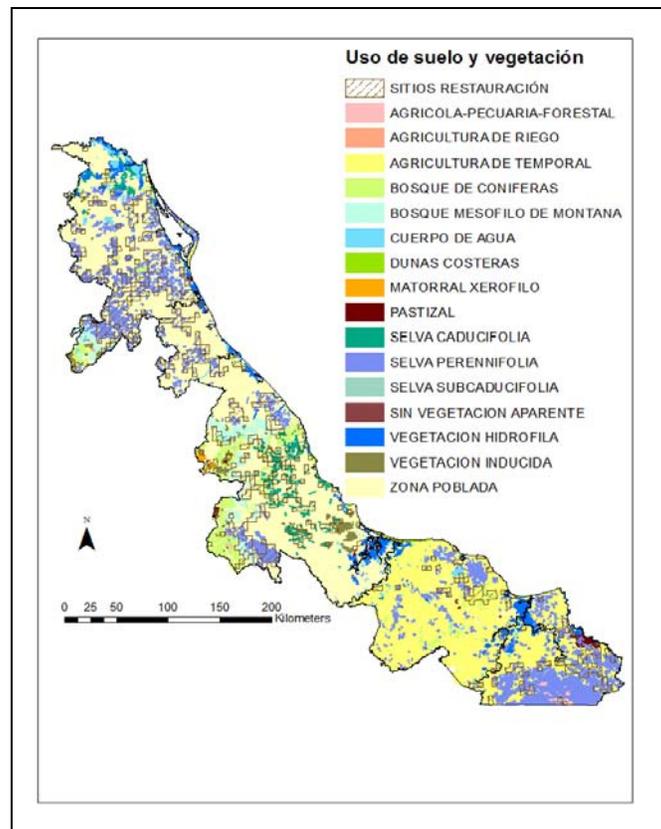


Figura 8. Comparación de los sitios potenciales con uso de suelo y vegetación.

En los SPRV, algunas unidades albergan principalmente vegetación secundaria, y algunos remanentes de vegetación primaria de selvas subcaducifolias, caducifolias, perennifolias y matorral xerófilo (Figura 8). Estas unidades en teoría son las mejor conectadas además, son importantes para conservar, teniendo en cuenta que los remanentes de vegetación son pocos en esta región y se encuentran inmersos en una matriz de vegetación transformada, donde predominan los potreros y cafetales (CONABIO 2010). En estas unidades las actividades restauración se pueden proponer, para potenciar la conservación de los remanentes de vegetación presentes. Otras unidades o sitios presentan vegetación y usos diferentes del suelo, como zonas pobladas y agricultura (Figura 8). Estos sitios son potenciales para fortalecer, a través de acciones restauración que contribuyan, a la conectividad entre áreas con elementos naturales de flora y fauna y a evitar una mayor pérdida de los sistemas naturales. En la solución, hay otras

unidades que albergan básicamente vegetación inducida y áreas con uso agrícola, pecuario o forestal y zonas pobladas (Figura 8, INEGI 2010-2012). Estas unidades son las que presentan menor conectividad en comparación con los sitios anteriores (SER 2004, Sánchez *et al.* 2005, Donald y Evans 2006, Vargas-Ríos *et al.* 2010), por lo tanto la restauración en estas unidades con baja conectividad, es importante y debería de ser prioridad para mejorar las condiciones tanto de vegetación secundaria, sistemas de producción y suelo en general, ya que en Veracruz el uso y aprovechamiento de los recursos naturales ha sido poco eficiente, lo que ha ocasionado fragmentación del paisaje y sustitución de vegetación natural por la agricultura y uso pecuario (usos dominantes en Veracruz) y la disminución de la capacidad biológica y productiva de la región (CONABIO 2010).

Los SPRV, son un conjunto de unidades de planificación, que conforman un marco general espacial, el cual se propone sea tomado en cuenta para llevar a cabo acciones de restauración enfocadas a mejorar la conectividad de las áreas con elementos como bosques, zonas de protección y fragmentos de vegetación existente, con el fin de aminorar los efectos de la pérdida de la vegetación natural y su fragmentación a lo largo de la matriz transformada que presenta el estado (SER 2004, Sánchez *et al.* 2005, Donald y Evans 2006, Vargas-Ríos *et al.* 2010) y beneficiar el movimiento de genes e individuos a lo largo de Veracruz, aportando así a mantener tanto la diversidad biológica como los procesos ecológicos y evolutivos (Aronson *et al.* 1993, Minor y Urban 2007). En este análisis particular, la conectividad juega un papel importante para las siete especies de aves usadas, teniendo en cuenta que todas son especies que requieren de áreas amplias con presencia de vegetación, por lo tanto la conservación y restauración de áreas de vegetación a lo largo de Veracruz, mejoraría el movimiento de estas especies las cuales han sido ampliamente amenazadas por la pérdida de recursos y hábitat, así como la caza y comercio ilegal en el estado. Los SPRV al igual que todos los análisis espaciales deben de ser tomados con reserva, ya que el método presenta ciertos limitantes como, que los sitios puedan albergar diferentes usos de suelo; que en la solución los sitios identificados, se basan principalmente en los valores de resistencia en conjunto con la distancia a zonas de origen. En el caso de la resistencia, la asignación de estos valores es subjetiva, ya que dependen de la información disponible, del grupo seleccionado para el análisis y por último, la representación de estos valores depende de la resolución de la información disponible, lo cual no garantiza la representación precisa de los elementos lineales en el mapa de resistencias (Gurrutxaga *et al.* 2010)

Con la finalidad de aportar a un panorama de restauración en la red de sitios potenciales, se analizaron:

1. Degradación del suelo

De acuerdo a la comparación de sitios potenciales con la degradación del suelo, el 62% de los SPRV presentan tres tipos principales de degradación del suelo (Figura 9). La mayor cantidad de sitios potenciales presentan degradación química por declinación de la fertilidad y degradación por reducción de la materia orgánica, con niveles ligero y moderado. Estos tipos de degradación han

sido ocasionados básicamente por actividades agrícolas, deforestación, remoción de la vegetación, sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico y por el sobrepastoreo. Otro tipo de degradación presente en la red, fue la degradación física por compactación, que presenta niveles ligero y moderado, causados principalmente por el sobrepastoreo y actividades agrícolas (SEMARNAT y Dirección de Geomática 2004). Es justo, en los sitios donde se presenta algún tipo de degradación que las acciones de restauración deberían de ser aplicadas, con el fin de reestablecer la pérdida o reducción del suelo, además de fortalecer y mejorar las condiciones y características biológicas, a través de la recuperación de la cobertura vegetal (SER 2004, Barrera-Castaño y Valdés-López 2007, Vargas 2007, Vargas-Ríos *et al.* 2010). Sin embargo hay que tener en cuenta que para una propuesta final de los sitios a restaurar es necesario re evaluar los niveles de degradación ya que al parecer la solución presenta solo niveles leve y moderado (SEMARNAT y Dirección de Geomática 2004), pero la situación actual de Veracruz ha empeorado y el cambio de uso, ha alterado más las características del suelo, tornando las condiciones como el tipo de suelo, vegetación circundante, perdida de la capacidad productiva, entre otras (CONABIO 2010, 2011), en condiciones poco viables para emprender acciones de manejo y restauración.

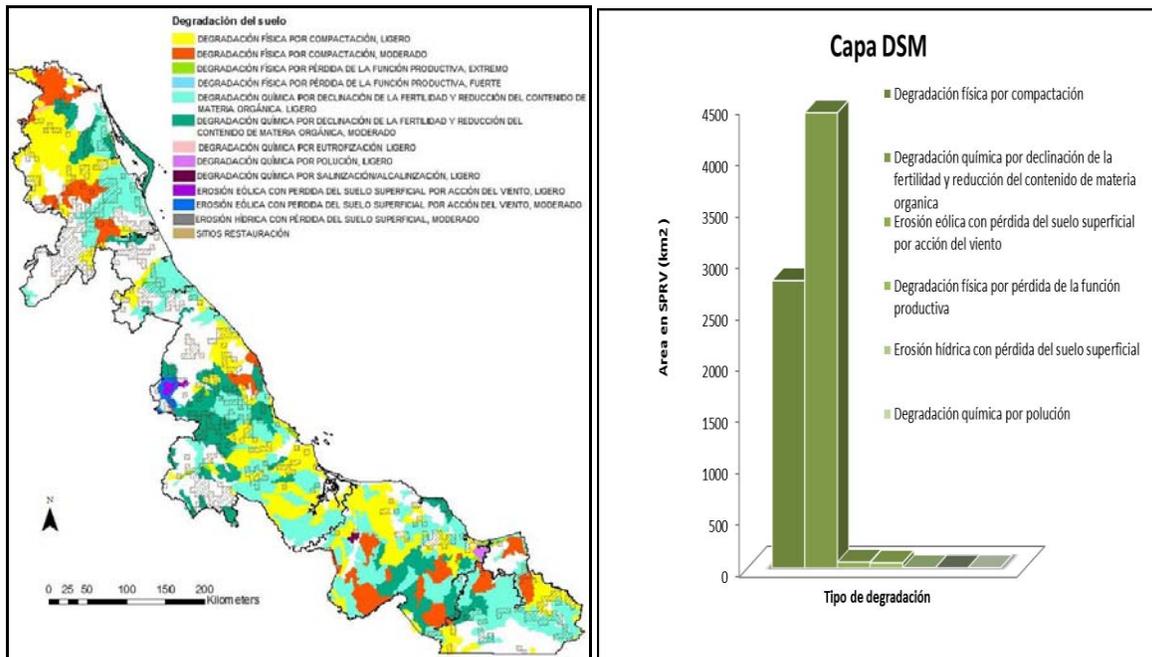


Figura 9. Comparación de sitios potenciales con degradación del suelo.

2. Tipo de suelo

El suelo es un elemento importante y un recurso irrecuperable en los sistemas naturales (Campos-Cascaredo 2011). Sus condiciones favorables son necesarias para cualquier proceso de manejo o restauración (SER 2004, Barrera-Castaño y Valdés-López 2007, Vargas 2007, Vargas-Ríos *et al.* 2010), ya que condicionan la circulación de los nutrientes y minerales, así como la retención del

agua, aireación y reciclaje de nutrientes (Siebe *et al.* 2003), las cuales son características que actúan sobre el crecimiento de la vegetación natural, cultivos agrícolas, forestales, entre otros (Campos-Cascaredo 2011). En los sitios potenciales para restaurar, de acuerdo con la información cartográfica de INEGI (2004), informes de la IUSS (2007) y los estudios de Campos-Cascaredo (2011), se identificaron 14 de los 16 tipos de suelos reportados para Veracruz (Figura 10, Apéndice 3).

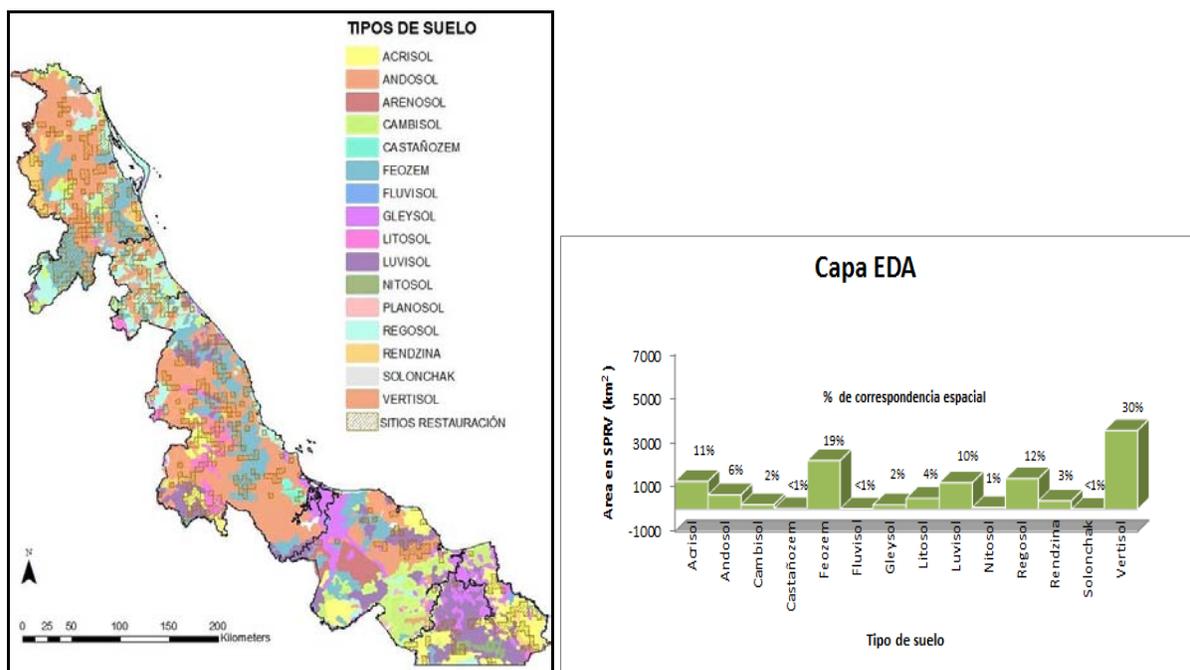


Figura 10. Comparación de sitios potenciales con edafología.

Los catorce tipos de suelos representados en la solución, tienen diversas características y fertilidad (Tabla 9), las cuales juegan un papel trascendental a la hora de tomar decisiones sobre acciones para la restauración (Vargas 2007, Vargas-Ríos *et al.* 2010).

Tabla 9. Tipos de suelo en Veracruz, características y fertilidad (Tomado de INEGI 2004, IUSS 2007, Campos-Cascaredo 2011).

Tipo de suelo	Fertilidad	Características
Vertisol	Fértil	Lodosos, autoabonados y ricos en arcilla
Feozem	Muy fértil	Alto contenido de materia orgánica, nutrientes disponibles, retención de agua y producción de biomasa
Regosol	Poco fértil	Suelos minerales, delgados, poco desarrollados, drenaje muy alto, sensibles a la degradación, baja Capacidad para suministrar nutrientes
Acrisol	Poco fértil	Altamente intemperizado, alta acumulación de arcilla y aluminio, pH muy ácido, desarrollo débil
Luvisol	Fértil	Diferenciación podogenética de arcillas, alta saturación de bases y profundo
Andosol	Muy fértil	Baja sedimentación, alta capacidad para retener agua, alta acumulación de carbono orgánico y fuerte Fijación de los fosfatos
Litosol	Poco fértil	suelos someros, altamente graviliosos o/y pedregosos

Rendzina	Fértil	Afloramientos de material calizo y moderadamente erosionables
Cambisol	Fértil	Desarrollo e intemperismo moderado y susceptibles a erosión.
Gleysol	Fértil	Desarrollo en ambientes sedimentarios costeros
Nitosol	Fértil	Suelos profundos, arcillosos con buena capacidad de retención de agua y permeabilidad
Castañozem	Fértil	Suelos alcalinos. Contenido de materia orgánica y acumulación de caliche.
Fluvisol	Poco fértil	Suelos cercanos a cuerpos de agua, poco desarrollados y estructura suelta o débil
Solonchak	Poco fértil	Alta salinidad y pocos nutrientes disponibles

De acuerdo a la literatura y al área sobrepuesta con los SPRV, se sugieren las unidades con presencia de suelo vertisol, feozem, luvisol y andosol como potenciales para la restauración de la vegetación. El suelo vertisol (30% de coincidencia, Figura 10) es fértil. Sin embargo, su fertilidad depende del manejo que se le da al terreno, el cual en Veracruz no ha sido el mejor, sobre todo en áreas de pastizales donde la compactación del suelo por el ganado ha alterado su producción a causa de la disminución de su capacidad de infiltración, aumento de escurrimiento superficial y erosión laminar (Campos-Cascaredo 2011). El suelo feozem se caracteriza por ser muy fértil por su alto contenido de materia orgánica y nutrientes (Tabla 9), además es un recurso para diversos grupos de fauna y flora, los cuales contribuyen a los procesos del suelo, reflejados en su capacidad para contener diversos cultivos. Este tipo de suelo coincidió con los SPRV en 19% (Figura 10), y tanto por sus características como por no necesitar de manejo previo para favorecer el desarrollo de la vegetación, se sugiere como importante para procesos de restauración. Los luvisoles coincidieron en menor porcentaje que otros suelos (10%), pero son considerados para la restauración, ya que son suelos fértiles para diversos usos agrícolas. En Veracruz esta capacidad se ha visto afectada por la disminución continua de materia orgánica y el mal manejo, que han provocado pérdida considerable por erosión, por lo que las acciones de restauración pueden mejorar la capacidad alterada, teniendo en cuenta que las características iniciales del suelo favorecen el desarrollo de la vegetación. Los Andosoles se sugieren por tener alto potencial para la producción agrícola, ya que son catalogados como muy fértiles y por proveer un buen soporte a la vegetación para su desarrollo. En Veracruz, el uso no supervisado y excesivo ha tornado las ventajas de este tipo de suelo en consecuencias como la pérdida de suelo por erosión. Considerando el panorama de estos suelos en Veracruz y las características de los andosoles, los sitios que coinciden se consideran importantes para acciones de restauración.

Hay unidades que coinciden con los tipos de suelos rendzina, cambisol, gleysol, nitosol y castañozem (Figura 10). Estas unidades en todos los casos coinciden con los SPRV en menos del 4%, en general estos suelos son fértiles pero, sensibles a la degradación, ya que han sido presionados fuertemente por la ganadería extensiva y la urbanización (Campos-Cascaredo 2011). A excepción de los castañozem que han sido muy usados para uso agropecuario con buenos rendimientos y resultados, pero necesitan de acciones de manejo antes de proponer acciones para la restauración.

Las unidades que coinciden con los tipos de suelo regosol, acrisol, litosol, fluvisol y Solonchak (Figura 10) no se sugieren para la restauración por sus características. En el caso de los suelos Regosol y Acrisol, coincidieron con los SPRV en un 12 y 11 %, respectivamente. Los dos se consideran poco fértiles. los regosoles tienen baja capacidad para suministrar nutrientes y son sensibles a la degradación. En Veracruz la presión de uso ha sido mayor a su capacidad, por lo tanto se deben integrar técnicas de manejo del suelo complejas antes de proponer acciones como la restauración, recuperación o reforestación. En cuanto al suelo acrisol se considera de desarrollo débil, ya que restringe el desarrollo de las raíces de plantas, razón por la cual es considerado como un tipo de suelo altamente frágil y sensible a los cambios, son considerados poco fértiles y poco productivos según sus características (Tabla 9). Los tipos de suelo litosol, fluvisol y Solonchak coincidieron en menos del 1% con los SPRV (Figura 10). Estos suelos necesitan diversas técnicas de manejo como la lixiviación de sales en el caso de los Solonchak (Campos-Cascaredo 2011), las cuales volverían más complejas las acciones de restauración y más teniendo en cuenta que por su baja fertilidad, los procesos de recuperación de cobertura vegetal se verían afectados.

Como se puede ver, los tipos de suelo que están representados en los sitios potenciales para la restauración en su gran mayoría, a excepción del tipo Feozem, presentan problemas de manejo y alteración en la región, razón por la cual si se proponen como sitios que por baja conectividad deben de ser restaurados para aportar a la conservación de las especies-paisaje y tipos de vegetación amenazados, se deben llevar a cabo acciones de recuperación con la finalidad de mejorar el terreno tanto para actividades de restauración y uso antrópico.

3. Oportunidades para emprender acciones de restauración

Algunas de las oportunidades identificadas para coordinar acciones de restauración y aprovechamiento sustentable en Veracruz han sido, el establecimiento de sistemas agroforestales diversificados, la participación de la población en la reforestación local y la cafecultura de sombra, la cual ayuda al mantenimiento de la vegetación adyacente (ej: BMM), por su función de amortiguador en términos de microclima y de hábitat para varias especies (CONABIO 2010).

Una posible oportunidad para enfocar acciones de restauración son los programas de recuperación, reforestación y restauración, que incentiva CONAFOR. Por tal razón los SPRV se compararon con dos zonificaciones realizadas por CONAFOR, teniendo en cuenta que dichas zonificaciones proponen zonas o sitios para la restauración y el uso sostenible de los recursos maderables y no maderables (Figura 11). La Zonificación Forestal para la Productividad (ZFP) determinó zonas de terrenos forestales con condiciones de vegetación y suelo apropiados para la producción de madera y otros productos no maderables de una forma sostenida y la Zonificación Forestal para la Restauración (ZFR) identificó zona de terrenos forestales y preferentemente forestales con diferente grado de degradación, por lo que se consideran terrenos con alto riesgo para la pérdida del recurso forestal (CONAFOR 2013). En estas dos zonificaciones hechas por CONAFOR cabe resaltar la diferencia de zonas destinadas a la productividad y a la restauración. Como se observa en la Figura 11. La zonificación para la productividad abarca casi todo el territorio

Veracruzano, a diferencia de la Zonificación para la restauración que presenta pocas zonas aisladas. Esta diferencia tan marcada deja ver las condiciones de Veracruz y una notable necesidad de proponer sitios, zonas o áreas para restaurar la vegetación de la región.

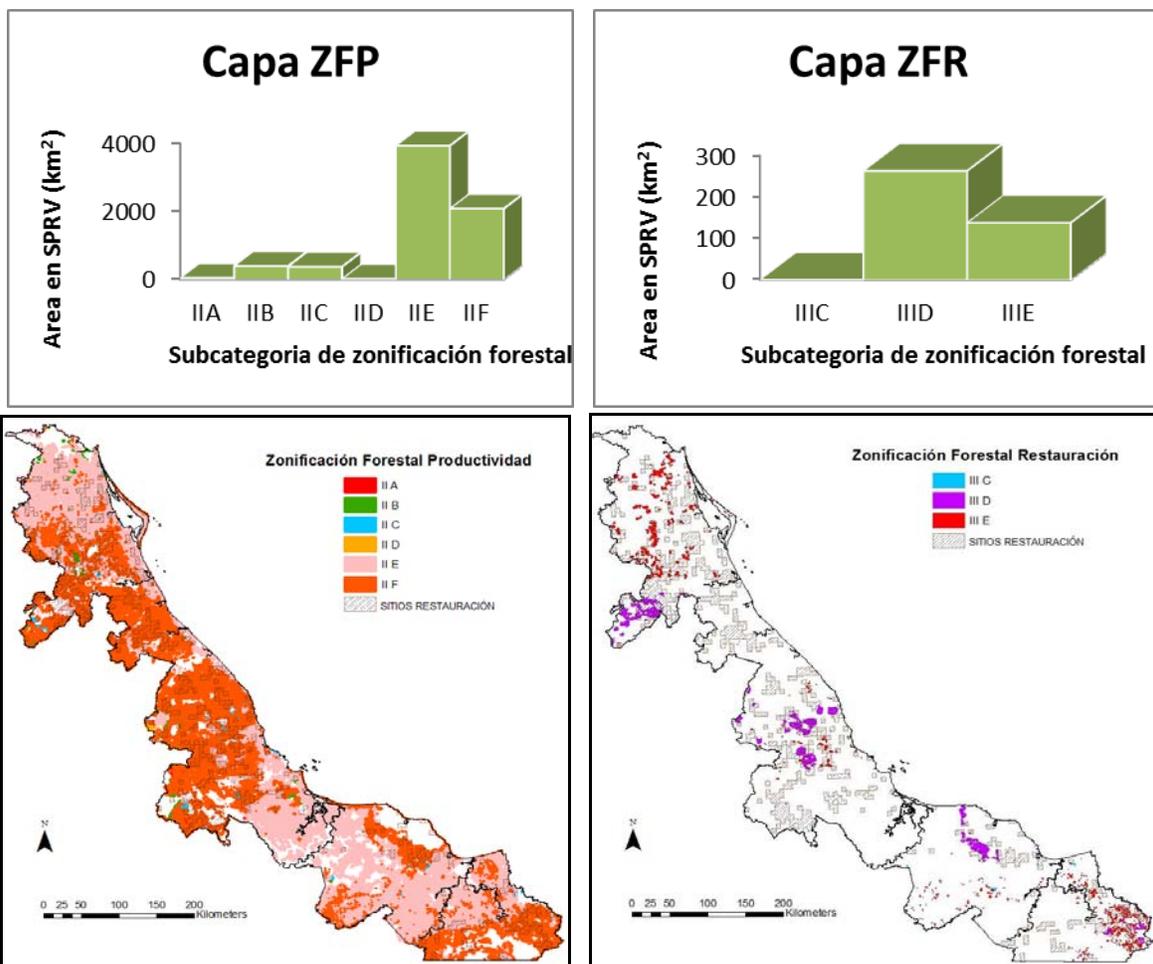


Figura 11. Comparación de sitios potenciales con Zonificación forestal para la productividad y para la restauración. IIA terrenos forestales de productividad alta altura promedio de los arboles ≥ 17 m, IIB terrenos forestales de productividad media altura de arboles < 16 m, IIC terrenos forestales de productividad baja, IID terrenos con vegetación forestal de zonas áridas, IIE terrenos adecuados para realizar forestaciones, IIF terrenos preferentemente forestales. IIIC terrenos forestales o preferentemente forestales con degradación media (cobertura de copa menor al 20% erosión severa y presencia de canalillos), IIID terrenos forestales o preferentemente forestales con degradación, IIIE Terrenos forestales o preferentemente forestales degradados que se encuentran sometidos a tratamientos de recuperación forestal.

En la comparación de los sitios potenciales con las zonas propuestas por CONAFOR, se encontró coincidencia del 58% con la ZFP y de 4% con la ZFR (Figura 11). Al comparar los sitios potenciales con la ZFP, la mayor coincidencia se observó con zonas consideradas como terrenos adecuados para realizar forestaciones, que por su topografía y edafología son adecuados para el establecimiento de vegetación forestal con propósitos de conservación, restauración o producción comercial. También se obtuvo una coincidencia alta con zonas de terrenos preferentemente forestales, los cuales presentan degradación ligera o nula y que en la actualidad no se encuentra cubiertos por vegetación forestal, aunque por sus condiciones de clima, suelo y topografía resultan aptos principalmente para el uso forestal.

La coincidencia de los sitios potenciales con la capa ZFR, ocupó principalmente dos categorías: terrenos forestales o preferentemente forestales con degradación y terrenos forestales o preferentemente forestales degradados que se encuentran sometidos a tratamientos de recuperación forestal. Hay que tener en cuenta que esta baja coincidencia se presentó por las pocas zonas que se sugieren para restaurar en Veracruz de acuerdo a la ZFR, sin embargo donde las zonas coincidieron, no presentan niveles altos de degradación pero si, elevado interés en su manejo (CONAFOR 2011).

Las áreas que coinciden, ofrecen un panorama alentador para el establecimiento de sitios potenciales para la restauración. Bajo el marco legislativo, las normas legales a través de las cuales se han establecido estos terrenos favorecen la producción bajo estrategias de manejo responsables con el medio natural. Bajo un marco económico, CONAFOR beneficia los proyectos enfocados a los recursos forestales para la producción, conservación o restauración. Y bajo el marco biológico buscan manejar y revertir la degradación presente en zonas forestales con el fin de mejorar las condiciones naturales, tal como lo vienen realizando a través de la recuperación forestal en algunas zonas de acuerdo a la ZFR (CONAFOR 2013).

Otra oportunidad para proponer sitios para restaurar, es la coincidencia con otras iniciativas nacionales importantes. Es así que los sitios prioritarios y potenciales, son trascendentales para la conservación, teniendo en cuenta que Veracruz ha sido considerado, al igual que Oaxaca y Chiapas, como estados con alta diversidad y gran número de endemismos, razones por las cuales se han tomado en cuenta como necesarios para conservar la biodiversidad nacional (CONABIO 2011). Chiapas fue incluido como parte del Corredor Biológico Mesoamericano-México (CBM-M) junto con Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Robles de Benito 2009) con el fin de unir áreas naturales poco alteradas, así como áreas bajo manejo sustentable de los recursos naturales (Calixto-Pérez *et al.* 2011). El CBM-M hasta el momento ha tenido resultados positivos, ya que a través de éste se han fomentado diversas actividades de fortalecimiento, como la restauración forestal, además de otras actividades de manejo que han mejorado la calidad de las áreas donde se han decretado, por lo que se ha sugerido ser ampliado a otros estados (Álvarez-Icaza *et al.* 2010). Calixto-Pérez y colaboradores (2011) sugirieron integrar los estados de Oaxaca y Tabasco como parte del sistema de corredores con el fin de aportar una mayor continuidad a los estados del sureste mexicano a través de acciones de conservación, manejo sustentable, reconversión productiva y restauración, con la finalidad de integrar tanto los ecosistemas naturales como los sistemas antrópizados para mantener la flora y fauna. Bajo este enfoque, los sitios para conservar y restaurar en Veracruz, también aportarían al fortalecimiento del Corredor Biológico Mesoamericano y a su vez a la conservación de la región veracruzana, creando áreas para conservar más extensas y con mayor conectividad (Figura 12). Esto abre la posibilidad de establecer áreas de restauración y conservación que en el futuro ofrezcan oportunidades de hábitat para diversas especies y permitan la supervivencia de aquellas que se encuentran actualmente confinadas a los fragmentos de vegetación primaria y secundaria arbórea remanente (Estrada *et al.* 1997, Cristóbal-Azkarate *et al.* 2005).

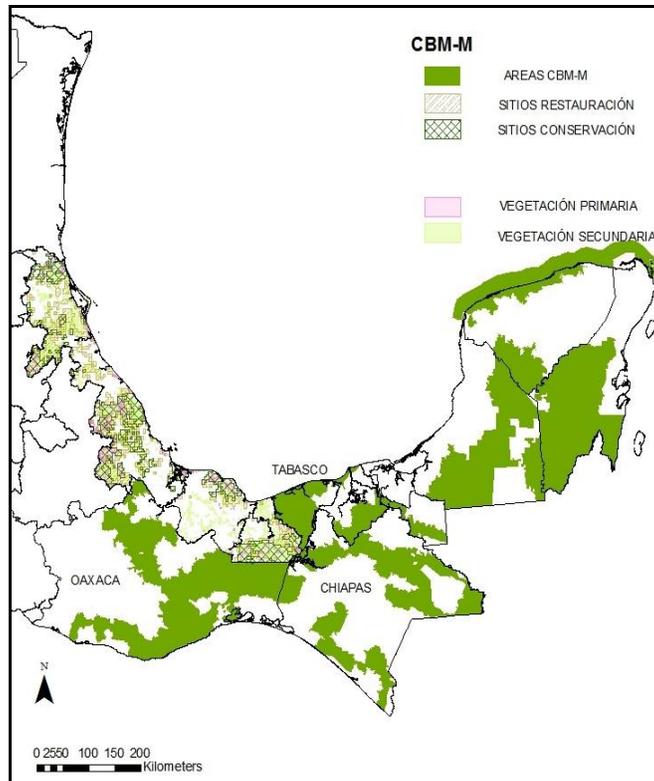


Figura 12. Comparación de sitios prioritarios y potenciales con vegetación y áreas CBM-M

El conjunto de sitios prioritarios y potenciales, ofrece un marco general de referencia a escala local, donde se pueden identificar sitios diferentes a los identificados en otras zonificaciones realizadas a escala nacional. Este conjunto se identificó de acuerdo a siete especies de aves rapaces y tipos de vegetación amenazados en Veracruz, sin embargo no solo es viable para los subrogados usados, sino para diferentes valores subrogados en otras priorizaciones a escala nacional. Esta zonificación tanto para la conservación como para la restauración, es fundamental para el conocimiento previo de un área geográfica en la cual se desea proponer acciones encaminadas a los dos enfoques (Barrera-Castaño y Valdés-López 2007), permitiendo caracterizar determinados criterios como el tipo de suelo, degradación, conectividad, uso de suelo, actividades previas y futuras de restauración y conservación.

CONCLUSIONES

Se identificó una red para la conservación y restauración, compuesta por 1508 unidades de planificación (celdas), las cuales representan el 42% de la superficie del estado. Esta red fue definida por los criterios de adyacencia y conectividad, para mejorar el movimiento de las especies Águila tirana, Águila ventriblanca, Gavilán pequeño, Aguililla zancona, Aguililla Blanca, Halcón Selvático Mayor y Búho blanquinegro y proteger los tipos de vegetación amenazados en Veracruz. Este conjunto de unidades es un marco general de posibles sitios que necesiten acciones de protección, manejo y restauración para conservar los subrogados usados y la diversidad biológica que puede ser protegida a través de estos. Muchas de las unidades propuestas para conservar necesitan acciones de restauración y manejo, ya que en el interior de las unidades (25 km²) hay remanentes de vegetación, pero también hay presencia de actividades antrópicas.

El panorama de transformación de Veracruz es preocupante y difícil de analizar en ejercicios de priorización, teniendo en cuenta que gran parte de su territorio presenta condiciones poco benéficas para la conservación de la diversidad. Por lo tanto, es necesario repetir la priorización muchas veces con el fin de generar escenarios, que al ser comparados por sus valores de representación, de área ocupada, de conectividad, etc. Puedan reflejar una mejor solución en el estado.

La densidad poblacional afecta fuertemente la conservación en Veracruz. En las dos soluciones dadas las zonas pobladas, fueron un elemento constante en las unidades de planificación e imposible de excluir debido a que Veracruz ha sido catalogada como una de las entidades más pobladas. Esta situación es preocupante y por tal razón es necesario incluir a la población en general en los procesos de conservación, manejo y restauración de los recursos naturales.

Las zonificaciones o priorizaciones son un gran avance para tener un panorama de un área geográfica general, sin embargo antes de ser usadas para fines prácticos, se deben comparar con otros estudio y corroborar en la realidad, ya que las sugerencias de sitios se proponen de acuerdo a diversos análisis espaciales con diferentes supuestos, que en un espacio real puede no reflejar las soluciones encontradas.

Al realizar priorizaciones o zonificaciones, es necesario evaluar diferentes escalas. En este estudio al llevar a cabo las priorizaciones tanto para conservar o restaurar a escala local, se encontraron más unidades de planificación importantes para la diversidad y conectividad. Estas unidades al ser comparadas con otros estudios a escalas mayores, como los nacionales, ofrecen un mejor panorama para posibles acciones.

La priorización realizada es uno de los muchos pasos para llevar a cabo acciones de restauración, esta identificación aporta al cocimiento de un panorama a gran escala. Por lo tanto debe de ser tomado como referencia, mas no como un panorama real de la situación actual del estado para emprender acciones para la conservación o restauración.

CONSIDERACIONES FINALES

*La identificación de sitios para la conservación a través del empleo de algoritmos representa un avance sobre otros métodos de selección de sitios (Margules y Sarkar 2009). Los algoritmos de optimización son herramientas de apoyo para la planificación sistemática de la conservación y facilitan el proceso de una manera replicable y segura (Game y Grantham 2008), sin embargo, los resultados obtenidos deben tomarse con cautela en la práctica para la conservación, en cualquier ejercicio, debido a la dependencia de los resultados de los objetos de conservación, la escala y resolución de la información usada, además porque es imposible considerar todos los factores que intervienen para identificar áreas óptimas para conservar. Es común ignorar factores de índole social, económica y política que pueden determinar el éxito de una red real para la conservación de especies (Grenyer *et al.* 2006, Urquiza-Hass *et al.* 2011).

*En conjunto, las soluciones y sobre todo los SPCV, pueden ser un valioso panorama como guía de áreas a conservar o para establecer corredores entre los estados que conforman el Corredor Biológico Mesoamericano, teniendo en cuenta que Veracruz limita con Chiapas y Oaxaca, considerados como estados con alta diversidad de especies.

*La solución obtenida para los sitios a conservar se superpuso ampliamente con la distribución de varias especies de aves y con otros grupos usados en otros ejercicios. Esta correspondencia espacial puede presentarse por la eficiencia del conjunto de subrogados usados para el análisis en Veracruz.

*Es necesario crear consensos en la planeación sistemática para la conservación y la planeación para restauración como herramientas de acercamiento para posibles acciones en cualquiera de los dos campos, lo cual es útil para evaluar la eficiencia de la priorización en campo y así crear herramientas más robustas y útiles.

*El análisis de conectividad empleado es una herramienta útil para evaluar el flujo a lo largo de la matriz del paisaje, sin embargo es subjetivo al momento de asignar los valores de resistencia, ya que dependen de la información disponible de acuerdo al grupo seleccionado para el análisis, además la resolución de la información, no siempre garantiza la representación precisa de todos los elementos lineales en el mapa de resistencias (Gurrutxaga *Et al.* 2010)

*Para lograr la atención y aporte de las comunidades locales a los procesos de restauración es importante crear planes atractivos y viables para que éstas participen en el reconocimiento del potencial de la restauración ecológica de los diferentes ecosistemas y estados de conservación de los mismos. Además de la compensación de daños, es necesario construir un marco general entre los investigadores y la comunidad donde se incorporen sus conocimientos, prácticas y metas a alcanzar durante el proceso (Hobbs *et al.* 2009, Lindig-Cisneros 2009).

*La mayoría de los esfuerzos para identificar sitios para la conservación coinciden debido a que comparten elementos cartográficos, como la información de vegetación primaria y secundaria. Sin embargo, las soluciones no se limitan a éstas, ya que los algoritmos usados identifican otras áreas que podrían albergar elementos de la biodiversidad a pesar de que sus condiciones no sean óptimas.

LITERATURA CITADA

Aguilar C., E. Martínez y L. Arriaga. 2000. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: ¿qué tan grave es el problema de México?. *Biodiversitas*. 30: 7-11.

Álvarez-Icaza P. 2010. Diez años de corredor biológico mesoamericano México. En: Carabias J., J. Sarukhán, J. De La Maza y C. Galindo. 2010. Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito. México. CONABIO-SEMARNAT. 142-143.

Ardrón J.A., H.P. Possingham y C.J. Klein. 2008. Guía para las buenas prácticas de MARXAN. Versión de revisión externa. Asociación para la investigación y análisis marino del pacífico. Vancouver, Canadá. 179 pp.

Arizmendi M. C. & L. Márquez-Valdelamar. 2000. Áreas de importancia para la conservación de las aves en México. CIPAMEX. D. F., México. 440 pp.

Aronson J., E. Le Floch, C. Ovalle & R. Pontanier. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. II. Case studies in southern Tunisia, central Chile and northern Cameroon. *Restoration ecology*. 3: 168-187.

Ball I.R. & H.P. Possingham. 2000. Marxan, version 1.8.2: Marine reserve design using spatially explicit annealing, a manual.

Bandeira A. G., A. Vasconcellos, M. P. Silva & R. Constantino. 2003. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga domain, Brazil. *Sociobiology*. 42: 117-127.

Bandeira A. G.; A. Vasconcellos, M. P. Silva & R. Constantino. 2003. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga domain, Brazil. *Sociobiology*. 42: 117-127.

Barrera-Castaño J. I. y C. Valdés-López. 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas scientiarum. Revista de la facultad de ciencias*. 12: 11-24.

Basoalto-Palmero M. y J. J. González-López. 2008. Modelo predictivo de conectividad y capacidad de acogida de hábitats de la red natura 2000: viabilidad de la subpoblación de avutarda (*Otis tarda*) de genera y su entorno. Dirección general de la red de espacios naturales protegidos de Andalucía. 76 pp.

Beier P., D. R. Majka & W. D. Spencer. 2008. Forks in the road: choices in procedures for designing wildland linkages. *Conservation biology. Review*. 16 pp.

Bennett A. F. 1999. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN. Suiza. 254 pp.

Berger J. 1997. Population constraints associated with the use of black rhinos as an umbrella species for desert herbivores. *Conservation biology* 19:1051-1062.

Bildstein K. L., W. Schelsky & J. Zalles. 1998. Conservation status of tropical raptors. The Raptor Research Foundation, Inc. 32 (1): 3-18.

Borja F. 2006. SECOVER. Coordinación científica regionalización ecológica y caracterización hidrogeomorfológica del Guadamar. Plan de seguimiento ecorregional del paisaje protegido del corredor verde del Guadamar.

Burnham W. A., D. F. Whitacre & J. P. Jenny. 1990. Progress report III. Maya project: use of raptors as environmental indexes for design and management of protected areas and for building local capacity for conservation in Latin America. The peregrine fund, Boise, ID, USA.

Cairns J. & J. R. Heckman. 1996. Restoration ecology: the state of an emerging field. *Energy environmental*. 21: 167-189.

Calixto-Pérez E., P. Koleff y Urquiza-Hass. Identificación de sitios prioritarios para el diseño de corredores biológicos en el sureste de México. En: Koleff P. y Urquiza-Hass. 2011. Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. CONABIO-CONANP.178-187.

Campos-Cascaredo A. 2011. Distribución y caracterización del suelo En: CONABIO, Gobierno del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología A.C. 2011. La biodiversidad. En: Veracruz, estudio de estado. México. 69-83.

Cantú C., R. G. Wright, J. M. Scott & E. Strand. 2004. Assessment of current and proposed nature reserves of Mexico based on their capacity to protect geophysical features and biodiversity. *Biological conservation*. 115: 411-417.

Caro T. M. 2003. Umbrella species: critique and lessons from east Africa. *Animal conservation*. 6: 171-181.

Caro T. M. 2010. Conservation by proxy. Indicator, umbrella, keystone, flagship and other surrogate species. Island press, Washington. 370 pp.

Carrete M. & J. A. Donazar. 2005. Application of central place foraging theory shows the importance of Mediterranean dehesas for the conservation of the cinereous vulture, *Aegypius monachus*. *Biological conservation*. 126:582-590.

- Carrete M., J. A. Sánchez-Zapata, J. R. Benítez, M. Lobón & J. A. Donázar. 2009. Large scale risk-assessment of wind-farms on population viability of a globally endangered long-lived raptor. *Biological conservation*. 142 (12): 2954-2961.
- Carrete M., J. L. Tella, G. Blanco & M. Bertellott. 2009. Effects of habitat degradation on the abundance, richness and diversity of raptors across Neotropical biomes. *Biological conservation*. 142: 2002-2011.
- Castillo-Campo G., M. E. Abreo, P. D. Dávila-Aranda y J. A. Zavala-Hurtado. 2005. Contribución al Conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. *Acta botánica mexicana*. (73): 19-57.
- CBD. 1992. Convenio para la diversidad biológica. Naciones unidas. 30pp.
- Ceccon E. 2013. Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Centro regional de investigaciones multidisciplinarias. UNAM. 346 pp.
- Chiarucci A., F. D'Auria, V. de Dominicis, A. Laganá, C. Perini, *et al.* 2005. Using vascular plants as a surrogate taxon to maximize species richness in reserve design. *Conservation biology*. 19: 1644-1652.
- Ciarleglio M., S. Sarkar & J. Wesley-Barnes. 2010. Consnet manual, version 2.0. University of Texas Austin. 44 pp.
- Collar N. J., M. J. Crosby & A. J. Stattersfield. 1994. *Birds to watch 2: the world list of threatened birds*. International council for bird preservation. Cambridge, United Kingdom.
- CONABIO 2010. El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. D.F., México. 197 pp.
- CONABIO. 2006. Capital natural y bienestar social, México.
- CONABIO. 2011. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. Volumen I. México. 546 pp.
- CONABIO. 2011. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. Volumen II. México. 647 pp.
- CONAFOR. 2011. Integración y organización para la zonificación forestal. Segunda sección. Diario oficial. 11pp.
- CONAFOR. 2013. Lineamientos de apoyos del programa nacional forestal (PRONAFOR)
- CONANP. 2007. Programa nacional de áreas naturales protegidas 2007-2012. México.

- Coppolillo P., H. Gómez, F. Maisels & R. Wallace. 2004. Selection criteria for suites of landscape species as a basis for site-based conservation. *Biological conservation*. 115: 419-430.
- Covington W. W. 2003. The evolutionary and historical context. In: P. Friederic. 2003. *Ecological restoration of southwestern ponderosa pine forests*. Island Press. D.C. Washington. 26-47.
- Cristóbal-Azkarate J., Veá J. J., Asensio N. & Rodríguez-Luna. 2005. Socioecological characteristics associated to the presence and demography of mantled howler (*Alouatta palliata mexicana*) populations in a fragmented rain forest landscape at to Los Tuxtlas, México. *American journal of primatology*. 69: 1-17.
- Cruz Carretero O.G. 1999. Tesis de Licenciatura. Aves del Humedal de Alvarado, Veracruz: Características de la comunidad, importancia y conservación. Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. 30 pp.
- De Labra M. A. & P. Escalante. 2013. Diurnal raptors in Los Tuxtlas biosphere reserve, México: current presence and relative abundance. 47 (4): 392–399.
- Del Hoyo J., A. Elliot & J. Sargatal. 1994. *Handbook of the birds of the world*. Lynx editions. Barcelona, Spain. Vol. II, Vol. V.
- Dobson A. P., A. D. Bradshaw & J. M. Baker. 1997. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science*. 277:515-522.
- Donald P. F. & A. D. Evans. 2006. Habitat connectivity and matrix restoration: the wider implications of agro-environment schemes. *Journal of applied ecology*. 43:209-218.
- ECOTONO. 1996. Fragmentación y Metapoblaciones. Centro para la biología de la conservación. Invierno. Boletín del programa de investigación tropical.2.
- Ellis A. E., M. Martínez y R. Monroy. Focos para la conservación de la biodiversidad en el estado de Veracruz. En: CONABIO. 2011. *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. Volumen II. México. 647 pp.
- Estrada A., R. Coates-Estrada & D. A. Meritt Jr. 1997. Anthropogenic Landscape changes and avian diversity at Los Tuxtlas, México. *Biodiversity conservation*. 6(1): 19-43.
- Ferreras P. 2001. Landscape structure and asymmetrical interpatch connectivity in a metapopulation of the endangered Iberian lynx. *Biology conservation*. 100: 125-136.
- Figueroa F., Sánchez-Cordero V., P. Illoldi-Rangel y M. Linaje. 2011. Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. ¿Un índice es suficiente?. *Revista mexicana de biodiversidad*. 82: 951-963.

Fleishman E. R., B. Blair & D. D. Murphy. 2001. Empirical validation of a method for umbrella species selection. *Ecological applications*. 11:1489-1501.

Franklin J. F., K. Cromack, W. Denison, A. Mckee, C. Maser *et al.* 1981. Ecological characteristics of old growth Douglas-fir forests. general technical report PNW-118. USDA Forest Service. PNW Forest and Range Experiment Station. Portland, Oregon.

Fuller T., M. Munguía, M. Mayfield, V. Sánchez-Cordero & S. Sarkar. 2006. Incorporating connectivity into conservation planning: a multi-criteria case study from central Mexico. *Biological conservation*. 133: 131-142.

Game E. T. y H. S. Grantham. 2008. Manual de usuario Marxan: para la versión 1.8.10. Universidad de Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, y la asociación para la investigación y análisis marino del pacífico. Vancouver, British Columbia, Canadá. 146 pp.

Gómez de Silva H. y A. Oliveras de Ita. 2002. Conservación de aves: experiencias en México. Primera edición. 406 pp.

Gómez-Mora A. M., J. A. Anaya y E. Álvarez-Dávila. 2005. Análisis de fragmentación de los ecosistemas boscosos en una región de la cordillera central de los andes colombianos. *Revista ingenierías*. Universidad de Medellín. 4(7): 13-27.

González-Espinosa M., N. Ramírez-Marcial, A. Camacho-Cruz, S. C. Holz, J. M. R. Benayas *et al.* 2007. Restauración de bosques en territorios indígenas de Chiapas: modelos ecológicos y estrategias de acción. *Boletín de la sociedad botánica de México*. Sociedad botánica de México, A.C. 80: 11-23.

Grenyer R., C. D. L. Orme, S. F. Jackson, G. H. Thomas, R. G. Davies *et al.* 2006. Global distribution and conservation of rare and threatened vertebrates. *Nature*. 444: 93-96.

Groves C. R. 2003. Drafting a conservation blueprint: A practitioner's guide to planning for biodiversity. Island Press. D.C., Washington. 480 pp.

Gurrutxaga M., P. J. Lozano & G. Del Barrio. 2010. GIS-based approach for incorporating the connectivity of ecological networks into regional planning. *Journal for nature conservation*. 18:318–326.

Herrera B. y B. Finegan. 2008. La planificación sistemática como instrumento para la conservación de la biodiversidad: experiencias recientes y desafíos en Costa Rica. *Recursos naturales y ambiente*. 54: 4-13.

Hobbs R. J., E. Higgs & J. A. Harris. 2009. Novel ecosystems: implications for Conservation and restoration. *Trends in ecology and evolution*. 24(11): 599-605.

- INE. 2003. Compilado por Velázquez A., A. Torres y G. Bocco. Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales. 595 pp.
- INEGI. 2004. Guía para la interpretación de cartografía edafología. Aguascalientes, México.
- INEGI. 2010. censo de población y vivienda.
- INEGI. 2012. Guía para la interpretación de cartografía. Uso del suelo y vegetación, serie IV. 132pp.
- Iñigo E., M. Ramos & F. González. 1987. Two recent records of neotropical eagles in southern Veracruz, México. The cooper ornithological Society, The condor. 89: 671-672.
- Irastorza P. 2006. Integración de la ecología del paisaje en la planificación territorial. Aplicación a la comunidad de Madrid. Tesis doctoral. Universidad politécnica de Madrid. 289 pp.
- Isasi-Catalá E. 2011. Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en la ecología de la conservación. Interciencia. 36(1): 31-36.
- IUSS Grupo de trabajo WRB. 2007. Base referencial mundial del recurso del suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre recursos mundiales del suelo N° 103. FAO. Roma. 117pp.
- Jordan W. R. 2003. The sunflower forest: ecological restoration and the new communion with nature. University of California Press. London, England. 260 pp.
- Jordan W. R., M. E. Gilpin & J. D. Aber. 1987. Restoration ecology: ecological restoration as a technique for basic research. En: W. R. Jordan, M. E. Gilpin & J. D. Aber. Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press. Cambridge. 3-22.
- Koleff P. y Urquiza-Hass. 2011. Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. CONABIO y CONANP. 244 pp.
- Koleff P., M. Tambutti, I. J. March, R. Esquivel, C. Cantú *et al.* 2009. Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México. En: Capital natural de México, Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO. México. 2: 651-718.
- Laborde J., S. Guevara & G. Sánchez-Ríos. 2008. Tree and shrub seed dispersal in pastures: The importance of rainforest trees outside forest fragments. Ecoscience. 15(1):6-16.
- Latofski-Robles M. 2012. Restoration priorities for Mexican islands. Thesis master of science. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 74pp.
- Liley D. & R. T. Clarke. 2003. The impact of urban development and human disturbance on the numbers of nightjar *Caprimulgus europaeus* on heathlands in Dorset, England. Biological conservation. 114(2): 219-230.

Lindig-Cisneros R. 2009. La Restauración Ecológica como una construcción social En: Grupo de restauración ecológica. Universidad Nacional de Colombia (GREUNAL). 2009. I congreso Colombiano de restauración ecológica y II Simposio nacional de experiencias de restauración ecológica. 14-15.

Llorente-Bousquets J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: Capital natural de México, conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México. 1: 283-322.

Londoño-Murcia M. C. y V. Sánchez-Cordero. 2011. Distribución y conservación de especies amenazadas en Mesoamérica, Chocó y Andes tropicales. Revista mexicana de biodiversidad. 82: 926-950.

Lugo H. J. y F. C. Córdova. 1992. Regionalización geomorfológica de la República Mexicana. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. N° 25: 25-63.

Margules C. R. & R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. Nature. 405: 243-253.

Margules C. R. y S. Sarkar. 2009. Planeación sistemática para la conservación. Universidad Nacional Autónoma de México y CONABIO. D.F., México. 304 pp.

Martínez-Gómez J. E. 1992. Raptor conservation in Veracruz, México. Journal of raptor research. 26:184-188.

McGarigal K. & S. Cushman. 2002. Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. Ecological applications. 12: 335-345.

McRae B. H., S. A. Hall, P. Beier & D. M. Theobald. 2012. Where to restore ecological connectivity? detecting barriers and quantifying restoration benefits. PLoS ONE 7(12): e52604. doi:10.1371/journal.pone.0052604.

Meyers C. B., S. L. Miller & L. Miller. 2002. Use of fragmented landscapes by marbled murrelets for nesting in southern Oregon. University of Wyoming. Conservation biology. 16 (3): 755-782.

Minor E. S. & D. L. Urban. 2007. Graph theory as a proxy for spatially explicit population models in conservation planning. Ecological applications. 17: 1771-1782.

Mittermeier R. y C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. En: Sarukhán J. y R. Dirzo (compilación). México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO. México.

Mittermeier R. A., N. Myers, J. B. Thompson, G. A. da Fonseca & S. Olivieri. 1998. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. Conservation biology. 12: 516-520.

Morera B. A. 2006. Restauración de ecosistemas degradados a través de la reforestación con especies nativas en Guanacaste, Costa Rica. Memoria del II congreso latinoamericano de la IUFRO,

IUFROLAT 2006: Bosques, la creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas. La Serena, Chile.

Myers N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. da Fonseca & J. Kents. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403: 853-848.

Nakazawa Y., A. T. Peterson, E. Martínez-Meyer & A. G. Navarro-Sigüenza. 2004. Seasonal niches of nearctic-neotropical migratory birds: implications for the evolution of migration. *The Auk*. 121(2):610-618.

Naughton-Treves L., Buck M. & K. Brandon. 2005. The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annual review of environment and resources*. 30: 219-252.

Navarro-Siguëenza A. G., A. Lira-Noriega, Arizmendi M. del C., H. Belanga, P. Koleff *et al.* 2011. Áreas para conservación de aves: hacia la integración de criterios de priorización. En: Koleff P. y Urquiza-Hass. 2011. Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. CONABIO y CONANP. 244 pp.

Navarro-Sigüenza A. G., A. T. Peterson & A. Gordillo-Martínez. 2003. Museums working together: the atlas of the birds of México. *Bull B.O.C.* 123:2007-2225.

NOM-059 SEMARNAT. 2010. Norma oficial mexicana, protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio y listado de especies en riesgo. Segunda sección. Diario oficial.

Noss R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*. Vol. 4: 355-364.

Noss R. F., P. Beier, W. W. Covington, R. E. Grumbine, D. B. Lindenmayer *et al.* 2006. Recommendations for integrating restoration ecology and conservation biology in Ponderosa pine forests of the southwestern United States. *Restoration ecology*. 14(1): 4-10.

Ortiz-Pulido R., J. Laborde y Sergio G. 2000. Frugívoría por aves en un paisaje fragmentado: consecuencias en la dispersión de semillas. *Biotropica*. 32(3): 473-488.

Peterson R. T. y E. L. Chalif. 1994. Aves de México, guía de campo, identificación de todas las especies encontradas en México, Guatemala, Belice y El Salvador. World Wildlife fund. Editorial Diana, México. 473 pp.

Pimentel D., L. Westra & R. F. Noss. 2000. Ecological integrity: integrating environment, conservation and health. Island Press. D.C., Washington. 448 pp.

Pronatura Veracruz, A.C. coordinación de proyectos eco-forestales. 2010. Identificación y tipificación de áreas potenciales para la restauración de manglares: el caso de los humedales de la cuenca del río Papaloapan, Veracruz, México. 64 pp.

Ramos-Fernández G., B. Ayala-Orozco, M. Bonilla-Boheno y E. García-Frapolli. 2005. Conservación comunitaria en Punta Laguna: fortalecimiento de instituciones locales para el desarrollo sostenible. Primer congreso internacional de casos exitosos de desarrollo sostenible en el trópico: Boca del Río, Veracruz, México.

Rayn-Villalba D. 2006. Factors affecting the efficacy of selected protected areas of central and southern México. Tesis de doctorado. University of East Anglia. United Kingdom.

Roberge J. M. & P. Angelstam. 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Conservation biology*. 18(1): 76-85.

Robles de Benito R. 2009. Las unidades de manejo para la conservación de vida silvestre y el corredor biológico mesoamericano México. CONABIO Corredor biológico mesoamericano México. Serie Acciones. N° 2.

Robles-Martínez B. 2009. Potencial de restauración del hábitat de mono aullador, *Alouatta palliata mexicana* (Merriam 1902), en un paisaje altamente fragmentado de los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Maestría. Manejo de fauna silvestre. Instituto de Ecología, A.C. 145 pp.

Rodríguez H. H y E. Boege. 2011. Contexto socio económico. Sección II. En: CONABIO. 2011. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. Volumen I. México. 546 pp.

Rodríguez-Estrella R. 2007. Land use changes affect distributional patterns of desert birds in the Baja California peninsula, México. *Diversity and distributions*. 13: 877-889.

Rodríguez-Estrella R., J. A. Donázar & F. Hiraldo. 1998. Raptors as indicators of environmental change in the scrub habitat of Baja California Sur, México. *Conservation biology*. 12:921-925.

Rzedowshi J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica mexicana. *Acta botánica mexicana*. 14:3-21.

Rzedowshi J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. 15:47-64.

Sánchez O., E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. portales *et al.* 2005. Temas sobre restauración ecológica. INE y SEMARNAT. 256 pp.

Sánchez-Cordero V., F. Figueroa, P. Illoldi-Rangel y M. Linaje. 2007. Efectividad de una selección de áreas protegidas para conservar la vegetación primaria y evitar el incremento de las áreas transformadas. En *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de*

México: espacios y especies. CONABIO, CONANP, Pronatura México, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 53-56.

Sánchez-Cordero V., F. Figueroa, P. Illoldi-Rangel y M. Linaje. Efectividad del sistema de áreas protegidas para conservar la vegetación natural. 2011. En: Koleff P. y Urquiza-Hass. 2011. Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. CONABIO y CONANP. 244 pp.

Sánchez-Cordero V., V. Cirelli, M. Munguia & S. Sarkar. 2005. Place prioritization for biodiversity representation using species ecological niche modeling. *Biodiversity informatics*. 2: 11-23.

Sánchez-Zapata J. A., M. Carrete, A. Gravilov, S. Sklyarenko, O. Ceballos *et al.* 2003. Land use changes and raptor conservation in Steppe habitats of eastern Kazakhstan. *Biological conservation*. 111: 71-77.

Sanderson E. W., J. Malanding, A. L. Marc, K. H. Redford, A. V. Wannebo *et al.* 2002. The Human Footprint and the Last of the Wild. *Bioscience*. 52(10): 891-904.

Sanderson E. W., K. H. Redford, A. Vedder, P.B. Coppolillo & S. E. Ward. 2002. A conceptual model for conservation planning based on landscape species requirements. *Landscapes and urban planning* 58: 41-56.

Sarkar S., A. Moffett, R. Sierra, T. Fuller, S. Cameron *et al.* 2004. Incorporating multiple criteria into the design of conservation area networks. *Endangered species*. 21(3): 100-107.

Sarkar S., R. L. Pressey, D. P. Faith, C. R. Margules, T. Fuller *et al.* 2006. Biodiversity conservation planning tools: present status and challenges for the future. *Annual review of environment and resource*. 31: 123-159.

SEMARNAT. 2005. Informe de la situación del medio ambiente en México; compendio de estadísticas ambientales. SEMARNAT y PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). D. F., México. 22pp.

SEMARNAT. 2006. Informe de la situación del medio ambiente en México. Subsecretaría de planeación y política ambiental, Dirección general de política ambiental e integración regional y sectorial, SEMARNAT. México.

Sergio F., I. Newton & L. Marchesi. 2005. Top Predators and Biodiversity. *Nature*. 436: 192.

Sergio F., I. Newton, & L. Marchesi. 2008. Top predators and biodiversity: much debate, few data. *Journal of applied ecology*. 45:992-999.

Siebe C., G. Bocco, J. Sánchez y A. Velázquez. 2003. Suelos: distribución, características y potencial de uso. En: Velásquez A., A. Torres y G. Bocco. 2003. Las enseñanzas de San Juan, Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales. INE-SEMARNAT. 127-163.

Smartwood. 2006. Resumen público de certificación de comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

Society for ecological restoration international science and policy working group. 2004. The SER International primer on ecological restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Stockwell D. R. & D. Peters. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International journal of geographical information science*. 2: 143-158.

Taylor P. D., L. Fahrig, K. Henein & G. Merriam. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68: 571-573.

Thiollay J. M. 1989. Area requirements for the conservation of rain forest raptors and game birds in French Guiana. *Conservation biology*. 31:128-137.

Thiollay J. M. 1993. Habitat segregation and the insular syndrome in two congeneric raptors in New Caledonia, The white-bellied goshawk, *Accipiter haplochrous* y the brown goshawk *A. fasciatus* Ibis. 135: 237-246.

Urquiza-Haas T., M. Kolb, P. Koleff, A. Lira-Noriega & J. Alarcón. 2009. Gap Analysis. Bulletin No. 16.

Urquiza-Hass T., P. Koleff, A. Lira-Noriega, M. Kolb y J. Alarcón. 2011. Selección de áreas prioritarias para la conservación de los vertebrados terrestres: ¿es posible usar un grupo como indicador? En: Koleff P. y Urquiza-Hass. 2011. Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. CONABIO y CONANP. 244 pp.

Van Teeffelen A. J. 2007. Where and how to conserve: extending the scope of spatial reserve network design. University of Heldinki. 29 pp.

Vargas O. 2007. Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque alto andino. Grupo de restauración ecológica. Universidad Nacional de Colombia. 194 pp.

Vargas-Ríos O., S. P. Reyes-Bejarano, P. A. Gómez-Ruiz y J. E. Díaz-Triana. 2010. Guías técnicas para la restauración de ecosistemas. Grupo de restauración ecológica. Universidad Nacional de Colombia. 92 pp.

Villalba S., H. Gulinck, G. Verbeylen & E. Matthysen. 1998. Relationship between patch connectivity and the occurrence of the European red squirrel, *Sciurus vulgaris*, in forest fragments within heterogeneous landscapes. En: Dover J. W. & Bunce R. G. H. Key concepts in landscape ecology. IALE, United Kingdom, Preston.

WCS. 2001a. Paisajes vivientes, un concepto innovador para la conservación en el siglo 21. Boletín 1.

WCS. 2001b. Paisajes vivientes, las especies paisaje para la conservación dada en un sitio. Boletín 2.

WCS. 2002a. Paisajes vivientes, los papeles que cumplen las especies paisaje en la conservación basada en el sitio. Boletín 3.

WCS. 2002b. La selección de especies paisaje. Boletín 4.

Young T. P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biological conservation*. 92: 73-83.

Zamora-Tovar C., J. L. Jiménez-Pérez, A. Cardona-Estrada, C.E. González-Romo, H.A. Garza-Torres *et al.* 2011. Participación comunitaria en la restauración ecológica de la laguna Madre, Tamaulipas. 21(3): 38-47.

CAPAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

CIPAMEX y CONABIO. 1999. Áreas de importancia para la conservación de las aves. Escala: 1:250 000. Financiado por CONABIO-FMCN-CCA. D.F., México.

CONABIO, AMP, A.C. y CONANP. 2012. Sitios prioritarios para la conservación de los primates mexicanos. Escala: 1:1 000 000. D. F, México.

CONABIO, CONANP, The Nature Conservancy, Programa México (TNC), Pronatura. 2007. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad. Escala: 1:1 000 000. D.F., México.

CONABIO. 2011. División política estatal, versión IV. Escala: 1:250 000. D.F., México.

CONABIO. 2008. Categoría de prioridad para la conservación del bosque mesófilo de montaña en México. Escala: 1:250 000. D.F. México.

CONAFOR. 2013. Zonificación Forestal I. Conservación. Escala: 1:250 000. Guadalajara, México.

CONAFOR. 2013. Zonificación Forestal I. Productividad. Escala: 1:250 000. Guadalajara, México.

CONAFOR. 2013. Zonificación Forestal I. Restauración. Escala: 1:250 000. Guadalajara, México.

CONANP. 2013. Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Morelia, México.

INEGI. 2010. Continuo nacional de la carta de uso del suelo y vegetación serie IV, basado en imágenes de satélite. 2007. Escala: 1:250 000. D.F., México.

INIFAP y CONABIO. 1995. Edafología. Escalas: 1:250 000 y 1:1 000 000. D.F., México.

SEMARNAT, Dirección de Geomática. 2004. Degradación del suelo en la república mexicana. Escala: 1:250 000. D. F. México.

Mapas de distribución potencial.

Navarro A. G. y A. T. Peterson 2007. *Micrastur semitorquatus* (halcón-selvático de collar) residencia permanente. Distribución potencial. Extraído del proyecto CE015: Mapas de las aves de México basados en WWW. Museo de zoología, Facultad de ciencias, UNAM y University of Kansas, Museum of natural history. Financiado por CONABIO. Escala 1:1000000. México.

Navarro A. G. y A. T. Peterson. 2007. *Accipiter bicolor* (gavilán bicolor) residencia permanente. Distribución potencial. Extraído del proyecto CE015: Mapas de las aves de México basados en WWW. Museo de zoología, Facultad de ciencias, UNAM y University of Kansas, Museum of natural history. Financiado por CONABIO. Escala 1:1000000. México.

Navarro A. G. y A. T. Peterson. 2007. *Geranospiza caerulescens* (gavilán zancón) residencia permanente. Distribución potencial. Extraído del proyecto CE015: Mapas de las aves de México basados en WWW. Museo de zoología, Facultad de ciencias, UNAM y University of Kansas, Museum of natural history. Financiado por CONABIO. Escala 1:1000000. México.

Navarro A. G. y A. T. Peterson. 2007. *Leucopternis albicollis* (aguililla blanca) residencia permanente. Distribución potencial. Extraído del proyecto CE015: Mapas de las aves de México basados en WWW. Museo de zoología, Facultad de ciencias, UNAM y University of Kansas, Museum of natural history. Financiado por CONABIO. Escala 1:1000000. México.

Navarro A. G. y A. T. Peterson. 2007. *Spizaetus tyrannus* (águila tirana) residencia permanente. Distribución potencial. Extraído del proyecto CE015: Mapas de las aves de México basados en WWW. Museo de zoología, Facultad de ciencias, UNAM y University of Kansas, Museum of natural history. Financiado por CONABIO. Escala 1:1000000. México.

Navarro A. G. y A. T. Peterson. 2007. *Spizastur melanoleucus* (águila blanquinegra) residencia permanente. Distribución potencial. Extraído del proyecto CE015: Mapas de las aves de México basados en WWW. Museo de zoología, Facultad de ciencias, UNAM y University of Kansas, museum of natural history. Financiado por CONABIO. Escala 1:1000000. México.

Navarro A. G. y A. T. Peterson. 2007. *Ciccaba nigrolineata* (búho blanquinegro) residencia permanente. Distribución potencial. Extraído del proyecto CE015: Mapas de las aves de México basados en WWW. Museo de zoología, Facultad de ciencias, UNAM y University of Kansas, Museum of natural history. Financiado por CONABIO. Escala 1:1000000. México.

APÉNDICES

Apéndice 1. Información Cartográfica.

Capa original	Siglas	Año	Publicación	Datos	Formato	Proyección	Unidades de distancia	Datum horizontal	Elipsoide	escala
División política estatal	DESTA250	2010	2011	Shapefile	Vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	WGS84	WGS84	1:250000
Áreas de importancia para la conservación de las aves	AICAS	1999	2001	Shapefile	Vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	WGS84	WGS84	1:250000
Vegetación y uso de suelos IV	USVS	2007	2010	Shapefile	Vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	ITRF92		1:250000
Categoría de prioridad para conservación de bosque mesófilo de montaña de México	PCBMM	2008	2013	Shapefile	vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	WGS87	WGS87	1:250000
Áreas naturales protegidas federales de México	ANP		2013	Shapefile	Vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	ITRF92	GRS80	
Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad terrestre	SPCT	2007	2009	Shapefile	vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	WGS87	WGS87	1:1000000
Sitios prioritarios para la conservación de primates mexicanos	PRIMATES	2012	2012	Shapefile	vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	WGS87	WGS87	1:1000000
Zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido	ZFC		2013	Shapefile	vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	WGS87	WGS87	1:250000
Zonas de restauración	ZFR		2013	Shapefile	vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	WGS87	WGS87	1:250000
Zonas de producción	ZFP		2013	Shapefile	vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	WGS87	WGS87	1:250000
Degradación del suelo en la República Mexicana	DSM	2004	2012	Shapefile	vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	ITRF92	GRS80	1:250000
Edafología	EDA	1995	2001	Shapefile	vectorial	Lambert Conformal Conic	metros	WGS87	WGS87	1:1000000

Apéndice 2. Información biológica de las especies de aves reportadas para Veracruz

Orden	Familia	Especies	Nombre Común	Tamaño (cm)	Hábitat	Dieta	NOM 059	IUCN	Cites	Residente	Distribución en México
ACCIPITRIFORMES											
	ACCIPITRIDAE										
		<i>Spizaetus ornatus</i>	Águila elegante	57.5	Bt	V	P	LC	II	permanente	Vertiente del golfo, S Tamaulipas, Veracruz hasta Oaxaca, N Chiapas, casual en Yucatán , vertiente pacífica de Colima Raro en Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Campeche, casual en Yucatán Vertiente del golfo desde el S Tamaulipas hasta Campeche, casual en Yucatán.
		<i>Spizaetus melanoleucus</i>	Águila ventriblanca	55	Bt	V	P		II	permanente	
		<i>Spizaetus tyrannus</i>	Águila tirana	62.5	Bt	V	P	LC	II	permanente	
ANSERIFORMES											
	ANATIDAE										
		<i>Aix sponsa</i>	Pato arcoiris	42.5	Va	A,S,I		LC		invierno	Sinaloa, Valle de México, San Luis Potosí, Tamaulipas
		<i>Anas acuta</i>	Pato golondrino	51.5	Va	A,S		LC		invierno	Ampliamente distribuido en el invierno
		<i>Anas americana</i>	pato chalcuan	45	Va	A,S,I		LC		invierno	Ampliamente distribuido en el invierno
		<i>Anas clypeata</i>	Pato cucharón	42.5	Va	A,S		LC		invierno	Ampliamente distribuido en el invierno
		<i>Anas cyanoptera</i>	Cerceta aliazul café	36.5	Va	A,S		LC		invierno/verano	Anida localmente en Baja California, Tamaulipas y C de México desde el S hasta Jalisco, en invierno en todas partes menos en Yucatán
		<i>Anas discors</i>	Cerceta aliazul clara	36.5	Va	A,S		LC		invierno	Visitante de invierno y migratorio, ampliamente distribuido
		<i>Anas fulvigula</i>	Pato tejano	50	Va	A,S,I	A	LC		invierno/verano	Invierna en San Luis Potosí
		<i>Anas strepera</i>	Pato friso	46.5	Va	A,S,I		LC		invierno	Invierna en Guerrero y Tabasco
		<i>Anser albifrons</i>	Ganso manchado	65	Va	A,I		LC		invierno	N y C, A veces al S hasta Tabasco en la costa E y hasta Chiapas en la costa del Pacífico, casual en Belice
		<i>Aythya affinis</i>	Pato boludo menor	37.5	Va	A,S,I		LC		invierno	Ampliamente en invierno, ocasional en verano
		<i>Aythya americana</i>	Pato cabecirrojo	45	Va	A,S,I		LC		invierno/verano	Invierna ampliamente hasta Guatemala
		<i>Aythya collaris</i>	Pato piquianillado	36.5	Va	A,I		LC		invierno	Invierna hasta Panamá
		<i>Aythya valisineria</i>	Pato coacoxtle	49	Va	A,I		LC		invierno	Invierno hasta c del país (Michoacán, Distrito Federal, Veracruz) raro en Guatemala

<i>Branta canadensis</i>	Ganso canadiense	55	Va	A,I	LC	I	invierno	Invierna	
<i>Bucephala albeola</i>	Patito crestiblanco	32.5	Va	A,I	LC		invierno	Invierna en la costa de Baja de California, Sonora, Sinaloa, Tamaulipas rara vez en tierras altas hasta el C y Yucatán	
<i>Cairina moschata</i>	Pato real	75	Va	A,I	P	LC	III	permanente	Vertientes costeras: O Sinaloa hasta Chiapas, Este Nuevo León y Tamaulipas hasta la península de Yucatán
<i>Anser caerulescens</i>	Ganso ceruleo (blanco)	62.5	Va	A,I	LC		invierno	Invierno hasta el Sur México	
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pato pijije aliblanco	50	Va	A,I	LC	III	permanente	Principales regiones costeras bajas, S Sonora hasta Chiapas, Tamaulipas hasta la península Yucatán ocasionalmente tierra adentro	
<i>Dendrocygna bicolor</i>	Pato pijije alioscuro	45	Va	A,I	LC		permanente	Tierras bajas, al E desde Tamaulipas hasta Campeche, O y S Sonora hasta Oaxaca, ocasionalmente N de Baja California, C México, Chiapas, Yucatán	
<i>Lophodytes cucullatus</i>	Pato mergo copeton	40	Va	A,I	LC		invierno	Baja California, Tamaulipas, Veracruz, Michoacán, Valle de México	
<i>Mergus serrator</i>	Pato mergo pechicastaño	49	Va	A,I	LC		invierno	Invierna en Baja California costa, Sonora, Sinaloa y Tamaulipas, Chihuahua	
<i>Nomonyx dominicus</i>	Pato zambullidor	30	Va	A,S,I	A	LC	permanente	Ampliamente distribuida	
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato rojizo alioscuro	36.5	Va	A,S,I	LC		invierno/verano	Pantanos de agua dulce en Baja California y tierras altas del C en invierno ampliamente distribuido en las costas	

APODIFORMES

TROCHILIDAE

<i>Amazilia tzacatl</i>	Amazilia tzacatl, colibrí	9	Bt,Bs,Bc,Be,Bm	N,I		II	permanente	S Tamaulipas, hacia el S de Chiapas y S de península de Yucatán
<i>Amazilia yucatanensis</i>	Amazalia del golfo	10	Bt,Bs, Bm,Bc	N,I		II	permanente	Tierras bajas semiáridas de vertientes del atlántico desde Coahuila y Tamaulipas hasta Yucatán
<i>Atthis heloisa</i>	Colibrí enano zumbador	7	Bq,Bp,Bm	N,I		II	permanente	Montañas de SO de Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas hacia el S hasta Veracruz y Oaxaca.
<i>Calothorax lucifer</i>	Colibrí tijereta altiplanero	9.5	Mx	N,I		II	permanente	Tierras altas, principalmente en las zonas del E y C, en O hasta Durango, Sonora Sinaloa, Jalisco, al E hasta Nuevo León, San Luis Potosí, Veracruz y al S por lo menos hasta Guanajuato
<i>Campylopterus curvipennis</i>	Chupaflor colicuña	12.5	Bt, Bs, Bm	N,I		II	permanente	Tierras bajas, vertientes del golfo desde Tamaulipas a través del N de Chiapas y Yucatán.
<i>Campylopterus hemileucurus</i>	Chupaflor morado	14	Bt, Bs, Bm	N,I		II	permanente	Tierras altas y estribaciones de montaña, Guerrero, Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas
<i>Colibri thalassinus</i>	Chupaflor orejivioleta verde	11.5	Bq,Bm,Za	N,I		II	permanente	Tierras altas desde Jalisco a San Luis Potosí hasta el S

		<i>Doricha eliza</i>	Colibri tijereta eliza	9	Bc,Be,Vh	N,I	P	II	permanente	Raro en el C de Veracruz, costas de Yucatán y Quintana Roo	
		<i>Eugenes fulgens</i>	Chupaflor coronimorado	11.5	Bp,Bq,Bm	N,I		II	permanente	Montañas desde el N de México a través de Chiapas, no se muestra en Baja California	
		<i>Eupherusa eximia</i>	Colibri colirrayado	9	Bt, Bs	N,I		II		Guerrero, Veracruz, Oaxaca, Chiapas	
		<i>Florisuga mellivora</i>	Chupaflor nuquiblanco	11.5	Bt, Bs	N,I		II	permanente	Veracruz, Oaxaca y Chiapas.	
		<i>Heliomaster longirostris</i>	Heliomáster flanquiverde	12.5	Bm,BS	N,I	Pr	II	permanente	Guerrero, Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Chiapas	
		<i>Hylocharis eliciae</i>	Colibrí colidorado	8.5	Bt, Bs,Bc,Bm	N,I		II	permanente	Tierras bajas de Veracruz y Chiapas.	
		<i>Lampornis amethystinus</i>	Chupaflor oscuro	11.5	Bm,Bq	N,I		II	Anida en invierno, no está en verano	Montañas de Nayarit, San Luis Potosí, S Tamaulipas hacia el S	
		<i>Lampornis clemenciae</i>	Chupaflor gorjiazul	11.5	Bp,Bq,Bm	N,I		II	permanente	En las tierras altas y la planicie central hacia el S hasta Oaxaca; rara vez en Chiapas	
		<i>Lamprolaima rhami</i>	Chupaflor alicastaño	11.5	Bm, Bq	N,I		II	permanente	Montañas de Guerrero, Estado de México, Veracruz, Oaxaca y Chiapas	
		<i>Lophornis helenae</i>	Coqueta crestinegra	6.5	Bt, Bs, Bm	N,I	Pr	II	permanente	Al S Veracruz, E Oaxaca y Chiapas	
		<i>Tilmatura dupontii</i>	Colibrí tijereta colipinto	6.5	Bm,Bs,Bq	N,I	A	II	permanente	En las tierras altas desde Jalisco, México, Veracruz hacia el S hasta Chiapas	
CAPRIMULGIFORMES											
	CAPRIMULGIDAE										
		<i>Caprimulgus salvini</i>	Tapacamino Taucuer	25	Bt,Bs,Bc,Be,Bm	I			permanente	Tierras bajas del E de México (Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz) y Yucatán	
	TROCHILIDAE										
		<i>Abeillia abeillei</i>	Picaflor peque	7.5	Bm	N,I	Pr	II	permanente	Tierras altas de Veracruz, Oaxaca y Chiapas	
CHARADRIIFORMES											
	CHARADRIIDAE										
		<i>Charadrius melodus</i>	Chorlito melodico	15	Va,Vh	I	P	NT		Invierno	Invierna hacia el S hasta la costa de Tamaulipas y el S Veracruz
	RECIRVIROSTRIDAE										
		<i>Recurvirostra americana</i>	Avoceta piquicurva	39	Va,Vh	I		LC		invierno	Anida en San Luis Potosí, no hay Yucatán
	SCOLOPACIDAE										
		<i>Bartramia longicauda</i>	Zarapito ganga	27.5	Va,Vh	I		LC		invierno	Migratorio de primavera y otoño, ausente en Baja California, Estados del NO y Yucatán
CICONIIFORMES											
	CICONIIDAE										
		<i>Jabiru mycteria</i>	Cigüeña jaribu	120	Va	V,I	P	LC	I	permanente	Visitante raro en Veracruz, Campeche, Chiapas, Quintana Roo. Anida en la delta del

		<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	80	Va	V,I	Pr	LC	permanente	rio Usumacinta, Tabasco y Campeche más frecuente en Belice Costa pacífica desde Chiapas a Sonora, N Baja California, Yucatán hasta Tamaulipas, Campeche, Quintana Roo y Belice
	THRESKIORNITHIDAE									
		<i>Platalea ajaja</i>	Espatula rosada	81	Va	I		LC	permanente	NE México
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE									
		<i>Claravis mondetoura</i>	Tortola oscura	20	Bt, Bm	S	A		permanente	Montañas altas de Veracruz y SE Chiapas.
		<i>Columbina passerina</i>	Tortolita pechipunteada	15	Za	S	A		permanente	Ampliamente distribuida
		<i>Geotrygon albifacies</i>	Paloma perdiz cuelliescamada	27.5	Bt, Bm	F,S	A		permanente	Montañas de C Guerrero, S San Luis Potosí, C Veracruz, N Oaxaca y Chiapas
		<i>Geotrygon carrikeri</i>	Paloma-perdiz tuxtleña	30	Bm	F,S	P	EN	permanente	Sierra de los Tuxtla al NE de Veracruz
		<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma perdiz común	25	Bt,Bs,Bc,Bm	F,S		LC	permanente	Desde el S Sonora en la vertiente del pacifico y el N Tamaulipas en la vertiente del golfo hacia el S y E a través de Chiapas y Yucatán
		<i>Patagioenas fasciata</i>	Paloma de collar	35	Bt,Bs	F,S		LC	invierno.-verano	Ampliamente distribuida
		<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma morada	30	Bt,Bs,Bc,Be	F,S		LC	permanente	Vertiente pacífica y del golfo, localidad tipo Veracruz
		<i>Patagioenas speciosa</i>	Paloma escamosa	32	Bt,Bs	F,S	Pr	LC	permanente	S México
		<i>Zenaida macroura</i>	Paloma huilota	27.5	Za	F,S,I		LC	invierno	S del istmo de Tehuantepec, anida en la sección principal de Chiapas, casual en Yucatán
CORACIIFORMES	MOMOTIDAE									
		<i>Electron carinatum</i>	Momoto piquiancho	33	Bt	F,V,I	P	VU	permanente	Tierras bajas del S, Veracruz, Tabasco y E Chiapas
		<i>Hylomanes momotula</i>	Momoto enano	16.5	Bt	I	A		permanente	Tierras bajas de Veracruz, N Oaxaca, Chiapas, Tabasco, S Quintana Roo
CUCULIFORMES	CUCULIDAE									
		<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	32.5	Za	I	E		permanente	Casi todo el país en bajas altitudes, excepto en Baja California y NO del país
FALCONIFORMES	ACCIPITRIDAE									
		<i>Accipiter bicolor</i>	Gavilán pequeño	35	Bt,Bs,BC, Bm, Bp	V,I	A	III	permanente	S Tamaulipas, hacia el S del Chiapas y E de península de Yucatán
		<i>Accipiter gentilis</i>	Gavilán azor	50	Bp	V	A	III	permanente	Bosque del SO de México menos en Baja California
		<i>Aquila chrysaetos</i>	Águila real	75	Za	V	A	II	permanente	N Baja California, Sonora hacia el E de Nuevo León y al S hasta el centro
		<i>Buteo albicaudatus</i>	Aguililla coliblanca	51.5	Za	V		II	permanente	S Sonora y Tamaulipas, ausente en tierras altas centrales del N y Baja California
		<i>Buteo brachyurus</i>	Aguililla braquiura	42.5	Bt, Bs, Bc, Be, P,	V		II	permanente	Tierras bajas desde el C, O Sinaloa, E

				Za					Veracruz, hasta Chiapas y Yucatán.
<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla colirrufa	47.5	Bp, Za	V,I			II	permanente	Desde Baja California al E, cruzando Tamaulipas en el N, al S localmente de bosques de pino de las tierras altas hasta Chiapas, en migración es rara en Yucatán
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	45	Bt, Bs, Bc, Va	V,I			II	permanente	Tierras bajas, laderas de colinas desde Sonora, Chihuahua y Tamaulipas hacia el S y E hasta Chiapas y Yucatán
<i>Buteogallus urubitinga</i>	Aguililla negra mayor	50	Bt, Bs, Bc, Va	V,I			II	permanente	Tierras bajas y estribaciones de las montañas desde Sonora, S Tamaulipas hacia el S y E.
<i>Geranospiza caerulescens</i>	Aguililla zanca	42.5	Va,Bt	V,I	A		II	permanente	S de sonora hasta Chiapas, S Tamaulipas hasta Yucatán
<i>Harpia harpyja</i>	Aguila harpia	85	Bt	V	P	NT	I	permanente	Veracruz, Chiapas y Campeche
<i>Harpyhaliaetus solitarius</i>	Aguila solitaria	65	Bt, Bs, Bc, Va	V	P		III	permanente	Al O o al S México, registros del SE Sonora hasta Chiapas
<i>Leptodon cayanensis</i>	Milano cabecigrís	45	Bt,Za	V,I	Pr		II	permanente	Tierras bajas del S de Tamaulipas hasta Chiapas y Yucatán
<i>Leucopternis albicollis</i>	Aguililla blanca	47.5	Bt, Bm	V,I	Pr		II	permanente	Oaxaca, S Veracruz hasta Chiapas
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Aguililla rojinegra	47.5	Za	V,I	Pr		II	permanente	Tierras bajas y estribaciones de las montañas desde Baja California y al límite N de México hacia el S hasta Veracruz y Chiapas
CATHARTIDAE									
<i>Sarcoramphus papa</i>	Carroñero rey	80	Bt	C	P		III	permanente	Desde el Istmo de Tehuantepec al E hasta Chiapas y parte baja de Yucatán. Rara vez al N hasta Sinaloa, Puebla y Veracruz
FALCONIDAE									
<i>Falco femoralis</i>	Halcon fajado	37.5	Bt,Bs,Bc,Be,Bm	V,I	Pr		II	permanente	Desde Sinaloa, Chihuahua, Tamaulipas hasta Chiapas y Yucatán, actualmente raro en N y O.
<i>Falco mexicanus</i>	Halcon palido	38	Za, Mx	V	A		II	permanente	Anida en baja california, invierna al C de México y rara vez en Oaxaca
<i>Falco rufifigularis</i>	Halcon enano	22.5	Bt,Bs,Bc,Be,Bm	V,I			II	permanente	Vertiente del pacifico (raro), SE Sonora hasta chipas, Vertiente del golfo del S de Tamaulipas al S de la península de Yucatán
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Halcón guaco	45	Bt,Bs,Bc,Be	V,I			II	permanente	En la vertiente del Pacifico desde Sinaloa (rara vez en Sonora) hacia el S; vertiente E desde Tamaulipas al S hasta la península de Yucatán. Muy local en el interior
<i>Micrastur ruficollis</i>	Halcón selvático menor	32.5	Bt,Bs,Bc,Be,Bm	V,I	Pr		II	permanente	Desde Puebla, Veracruz hacia el S y E hasta Chiapas y parte de SE de la península de Yucatán
<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón selvático mayor	48	Bt,Bs,Bc,Be,Bm	V,I	Pr		II	permanente	En las dos vertientes; Sinaloa y S Tamaulipas hacia el S y E hasta Chiapas y la península de Yucatán

GALLIFORMES	CRACIDAE	<i>Crax rubra</i>	Hocofaisan	75	Bt,Bs,Bc,Be,Bm	F,S,I	A	LR	III	permanente	Tierras bajas hasta los 900 msnm, Tamaulipas, San Luis Potosí al S hasta Chiapas y península de Yucatán
		<i>Penelope purpurascens</i>	Pava cojolita	85	Bt,Bs,Bc,Be,Bm	F,S,I	A		III	permanente	Las vertientes de la costa desde Sinaloa y S Tamaulipas hasta el S.
	ODONTOPHORIDAE										
		<i>Colinus virginianus</i>	Codorniz cotuí norteña	21.5	Za	S,I	P		I	permanente	Sonora también para la parte inferior de rio bravo en el NE México al S a lo largo de la llanura costera del golfo a través del S de México hasta Tabasco y Chiapas
		<i>Dendrortyx barbatus</i>	Perdiz veracruzana	25	Bm,Bp	F,S,I	P	VU		permanente	Montañas de San Luis Potosí y Veracruz (cofre de perote, pico de Orizaba, Xalapa y México)
		<i>Dendrortyx macroura</i>	Perdiz (mexicana) de los volcanes	22.5	Bp	F,S,I	Pr			permanente	Cañadas de altura y volcanes desde Jalisco hasta el C de Veracruz y hacia el S hasta Guerrero y Oaxaca
	PHASIANIDAE										
		<i>Meleagris gallopavo</i>	Guajolote norteño	90	Bc,Vh	F,S,I			LC	permanente	O tierras altas de Sonora, O Chihuahua, y hasta el S Michoacán, al E localmente Coahuila, S Nuevo León, Tamaulipas, E San Luis Potosí
GRUIFORMES	RALLIDAE	<i>Amaurolimnas concolor</i>	Ralo concolor	20	Va	I	A			permanente	Raro registrado en Veracruz, Oaxaca, Chiapas
		<i>Laterallus jamaicensis</i>	Ralito negruzco	12.5	Va	I,S	P	LR		permanente	Residente solo en el NO Baja California (San Quintín, San Ramón). Es probable que se encuentre en otras partes del país
PASSERIFORMES	CARDINALIDAE										
		<i>Rhodothraupis celaeno</i>	Picogrueso cuellirrufo	20	Bc,Be	I,F				permanente	Solo E México, Vertiente del Golfo en el S Nuevo León, S Tamaulipas, E San Luis Potosí, NE Puebla, N Veracruz
	CORVIDAE										
		<i>Aphelocoma unicolor</i>	Chara unicolor	30	Bp,Bm	V,I,F	P			permanente	Montañas del S y C de Guerrero, O Puebla y C Veracruz, Oaxaca y Chiapas
		<i>Corvus imparatus</i>	Cuervo mexicano	36.5	Bs,Be	V,I,F				permanente	Vertiente del pacífico desde el S de Sonora hasta Colima, San Luis Potosí y N de Veracruz
		<i>Cyanolyca cucullata</i>	Chara gorriazul	27.5	Bp	V,I,F	A			permanente	Vertiente del golfo desde el extremo de San Luis Potosí, Veracruz, Oaxaca, interior de Chiapas
		<i>Cyanolyca nana</i>	Chara enana	20	Bp	V,I,F	P	VU		permanente	Veracruz y Oaxaca
	COTINGIDAE										
		<i>Cotinga amabilis</i>	Cotinga azuleja Gorjiblanco	19	Bt	F,I	A			permanente	Tierras bajas del golfo desde el S de Veracruz, N de Oaxaca y N de Chiapas

DENDROCOLAPTIDAE	<i>Laniocera rufescens</i>	Papamoscas alazán fioié	20	Bt	F,I	Pr	permanente	Tierras bajas del Golfo, S Veracruz, N Oaxaca, N Chiapas.
	<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	Trepador	19	Bp,Bq,Bm	I		permanente	O y C México; Sonora y S Chihuahua hacia el S Oaxaca y Veracruz
	<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>	Trepador gigante	30	Bq,Bm	V,I	P	permanente	Guerrero, San Luis Potosí hasta el S hacia Chiapas
	<i>Xiphorhynchus erythrogygius</i>	Trepador manchado	20	Bq,Bm	V,I	A	permanente	San Luis Potosí, Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas
EMBERIZIDAE	<i>Aimophila mystacalis</i>	Gorrión oaxaqueño árida	15	Za	I,S		permanente	E Estado de México, S Puebla, C y O Veracruz, Oaxaca
	<i>Atlapetes albinucha</i>	Atlapetes corona blanquirrayada	17.5	Bm	I,S		permanente	Al E, San Luis Potosí, Puebla Veracruz, N Oaxaca y Chiapas
	<i>Atlapetes pileatus</i>	Atlapetes gorrirufo	14.5	Bp,Bq	I,S		permanente	Montañas desde el C Chihuahua, C Nuevo León, al s Oaxaca
	<i>Haplospiza rustica</i>	Pizarra	12.5	Bt,Bm	S	Pr	permanente	Tierras altas de Veracruz (Xalapa), Chiapas (volcán de Tacana),
	<i>Melospiza melodia</i>	Gorrion melodico	12.5	Za	I,S	P	permanente	Se reproduce al S y C Baja California, N Sonora y tierras altas hacia el S hasta Michoacán, Distrito Federal, estado de México y Puebla
	<i>Oriturus superciliosus</i>	Gorrion cachetioscuro serrano	15	Za	I,S		permanente	Altiplanicie Mexicana, desde el E Sonora y Chihuahua hacia el S Oaxaca y O Veracruz
FORMICARIIDAE	<i>Pipilo ocai</i>	Rascador pinto collarejo	20	Za	I,S		permanente	SE México, las montañas de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Puebla, O Veracruz y Oaxaca
	<i>Grallaria guatemalensis</i>	Hormiguero cholino	19	Bt	I	A	permanente	En montañas (hasta los 3500msnm) Jalisco, México, Veracruz hacia el sur a través de Chiapas
FRINGILLIDAE	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Carpodaco domestico	12.5	Za	I,S	E	permanente	Baja California, estados fronterizos al O y C Tamaulipas, S de la vertiente pacifica hasta Nayarit y en tierras altas hasta el C de Oaxaca
ICTERIDAE	<i>Icterus abeillei</i>	Bolsero norteño oscuro	19	Bt,Bs,Bc	I,F,N		Anida en invierno no está en verano	La parte del C México; S de la planicie central (Durango, Zacatecas y S Nuevo León al S hasta Oaxaca y Veracruz)
MIMIDAE	<i>Melanotis caerulescens</i>	Mulato comun	25	Bm,Bt,Bs	I,F	Pr	permanente	En México, tierras bajas y laderas de montañas desde el S Sonora, SO Chihuahua, S Tamaulipas hacia el Istmo de Tehuantepec
	<i>Toxostoma</i>	Cuitlacoche café	25	Bp,Bq,Mx	I,F		permanente	En la vertiente NE desde el E Coahuila al E

	<i>longirostre</i>	nororiental							hasta Tamaulipas y al S hasta Hidalgo, NE Puebla, C Veracruz
MOTACILLIDAE	<i>Toxostoma ocellatum</i>	Cuitlacoche manchado	27.5	Bp,Bq	I,F			permanente	Solo en tierras altas del S y C México (Guanajuato e Hidalgo hasta Oaxaca)
PARULIDAE	<i>Anthus spragueii</i>	Bisbita llanera	15.5	Za	S,I	VU		invierno	Invierna desde Sonora y N Tamaulipas al S hasta Guerrero, Puebla, Veracruz, principalmente en tierras bajas
	<i>Ergaticus ruber</i>	Chipe roja	12.5	Bp	I			permanente	Montañas altas, en el O desde el S de Chihuahua, Sinaloa al S, hasta Oaxaca, en el E desde Hidalgo hasta el O de Veracruz
	<i>Geothlypis flavovelata</i>	Mascarita norteña tampiqueña	12.5	Za,Vh	I	P	VU	permanente	NE México, S Tamaulipas, N Veracruz
	<i>Geothlypis nelsoni</i>	Mascarita matorralera	12.5	Za,Vh	I			permanente	Montañas del E (sierra madre oriental) desde Coahuila, Nuevo León hacia el S hasta Oaxaca
	<i>Geothlypis speciosa</i>	Mascarita transvolcanica	12.5	Za,Vh	I	P	EN	permanente	Tierras altas del S (macizo transversal) desde Michoacán, al E a través de México hasta Veracruz (montañas de Orizaba)
TITYRIDAE	<i>Pachyrhamphus aglaiae</i>	Mosquero cabezon degollado	16.5	Bt,Bs,Bc,Be,Bm	F,I		LC	permanente	
TROGLODYTIDAE	<i>Hylorchilus sumichrasti</i>	Troglodita selvatico cuevero	14	Bs, Bm	I	A	LR	permanente	Solo al SE México; C Veracruz (cerca de Presidio) y N Oaxaca, N Chiapas.
	<i>Salpinctes obsoletus</i>	Troglodita saltarroca	12.5	Bp,Mx	I	E		permanente	Desiertos bajos hasta zonas áridas más altas, Baja California, Sonora y en islas del O México; planicie central en las tierras altas del E al S hasta Chiapas. No se encuentra en la planicie del Golfo ni en la península Residente al S hasta el S Baja California (inicialmente en la isla Guadalupe);
	<i>Thryomanes bewickii</i>	Troglodita colinegro	12.5	Bp,Bq,Mx	I	E		permanente	ampliamente distribuido en las tierras altas y planicies hacia el S hasta Oaxaca; C Veracruz. También en la vertiente del Golfo en Nuevo León y Tamaulipas
TURDIDAE	<i>Catharus frantzii</i>	Zorzalito de frantzii	15	Bm	I,F	A		permanente	Montañas altas de Jalisco y San Luis potosí hasta Veracruz, Oaxaca y Chiapas
	<i>Catharus occidentalis</i>	Zorzalito piquioscuro	15	Bp,Bm	I,F			permanente	Montañas altas de Sinaloa, Chihuahua, San Luis Potosí, S Tamaulipas hasta S Oaxaca
	<i>Myadestes unicolor</i>	Clarín unicolor	17.5	Bp,Bm	I,F	A		permanente	Principalmente en la vertiente del Golfo, Hidalgo, Puebla, Veracruz, N Oaxaca y N Chiapas
	<i>Ridgwayia pinicola</i>	Zorzal pinto	21.5	Bp	I,F			permanente	Montañas del O y C desde S Chihuahua, Coahuila al S hasta Oaxaca y Veracruz

		<i>Turdus infuscatus</i>	Zorzal negro	21.5	Bp,Bm	I,F	A		permanente	Tierras altas del E y S México (SO Tamaulipas, E San Luis Potosí hacia el S hasta Guerrero, Oaxaca, Chiapas)
	TYRANNIDAE									
		<i>Empidonax affinis</i>	Empidonax afin	12.5	Bp	I			permanente	Anida en tierras altas y en planicie desde Sinaloa, S Chihuahua, S Coahuila, SO Tamaulipas hasta el S, partes sureñas de la planicie central (Guerrero, Puebla, O y C Veracruz)
	VIREONIDAE	<i>Onychorhynchus coronatus</i>	Mosquero real	15	Bt	I	P		permanente	Principalmente las tierras bajas del Golfo desde el C y S Veracruz, N Oaxaca, E a través del N Chiapas, Tabasco y Yucatán
		<i>Vireo brevipennis</i>	Vireo pizarra	11.5	Bq,Bp	F,I			permanente	S México, en las Montañas del S Jalisco, Morelos, C Guerrero, C Veracruz, O y C Oaxaca
PHOENICOPTERIFORMES	PHOENICOPTERIDAE									
		<i>Phoenicopterus ruber</i>	Flamenco comun	112.5	Va	I	A	II	permanente	Uno o dos colonias en la costa de Yucatán, pueden vagar al O hasta el S de Veracruz y al E hasta Quintana Roo
PICIFORMES	BUCCONIDAE	<i>Notharchus macrorhynchos</i>	Buco collarejo	23	Bt	I	A		permanente	Tierras bajas de Oaxaca, Chiapas, S Campeche, S Quintana Roo
	GALBULIDAE	<i>Galbula ruficauda</i>	Galbula comun	25	Bt	I	A		permanente	Tierras bajas de Veracruz, E Oaxaca, Chiapas, S de Campeche y S Quintana Roo
	PICIDAE	<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero alirrojo	25	Bp	I	E		permanente	
		<i>Picoides stricklandi</i>	Carpintero dorsicafe	18	Bp	I	Pr		permanente	NE Sonora, N Chihuahua hacia el S, hasta C México (Michoacán)
	RAMPHASTIDAE									
		<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Tucancillo verde	33	Bm,Bt	F,V,I	A		permanente	Montañas del E, C y S, residente local en tierras altas al E San Luis Potosí, Veracruz, Oaxaca, Hidalgo, Puebla, Guerrero, Chiapas y Quintana Roo.
		<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Tucán piquiverde	50	Bt,Bs,Bm	F,V,I	A	II	permanente	Desde Oaxaca, Puebla, Veracruz, hacia el S y E
PSITTACIFORMES	PSITTACIDAE	<i>Amazona auropalliata</i>	Loro nuquiamarillo	30	Bs, Bc	F,S	P		permanente	Vertiente del pacifico de O de Oaxaca hacia el sur
		<i>Amazona autumnalis</i>	Lorocariamarillo	30	Bt,Bs,Bm,Bc,Be,p	F,S		LC II	permanente	Tierras bajas del E y S desde el sur de Tamaulipas y E de San Luis Potosí, el S y E de Oaxaca, Chiapas, S de Campeche y N Quintana Roo

<i>Amazona farinosa</i>	Loro coroniazul	35	Bt, Bs	F,S	P	LC	II	permanente	Tierras bajas de Veracruz, Oaxaca, Chiapas y partes del S de Yucatán
<i>Amazona oratrix</i>	Lorocoroniamarill o	30	Bs,Bc, Be	F,S	P	EN	I	permanente	Vertiente pacífica desde colima hasta el S de Oaxaca, vertiente del golfo desde el S Nuevo León y C Tamaulipas, al S hasta Veracruz y Tabasco. no se encuentra en Yucatán
<i>Amazona viridigenalis</i>	Loro tamaulipeco	30	Bs,Bc, Be	F,S	P	EN	I	permanente	Tierras bajas, pie de colinas del S de Nuevo León, S Tamaulipas, E de San Luis Potosí y N de Veracruz
<i>Ara macao</i>	Guacamaya roja	85	Bt, Bs	F,S	P	LC	I	permanente	Tierras bajas tropicales del S de Veracruz, Oaxaca, Chiapas, S Tamaulipas y S Campeche
<i>Aratinga holochlora</i>	Perico aliverde	25	Bs, Bm	F,S,I	A	LC	II	permanente	S Sonora, NE Sinaloa, SO Chihuahua, e isla de socorro, al E desde Nuevo León, Tamaulipas hacia el S hasta Oaxaca y Chiapas
<i>Aratinga nana</i>	Perico pechusucio	22.5	Bt,Bs,Bc,Be, P	F,S,I	Pr	LC	II	permanente	Tierras bajas del E desde C de Tamaulipas, hacia el sur y E por Veracruz, N Oaxaca, N Chiapas y Yucatán
<i>Bolborhynchus lineola</i>	Periquito serrano	12.5	Bm,Bp	F,S	A	LC	II	permanente	Montañas de Veracruz, Guerrero y Chiapas
<i>Pionopsitta haematotis</i>	Loro cabecioscuro	20	Bt	F,S	P	LC	II	permanente	Tierras bajas del Golfo (hasta los 1000 msnm), Veracruz hasta el N Chiapas y Campeche
<i>Pionus senilis</i>	Loro coroniblanco	20	Bt, Bs, Bm	F,S	A	LC	II	permanente	Tierras bajas al E San Luis Potosí, S Tamaulipas a través de S y E México hasta Oaxaca, Chiapas y parte sureña de Yucatán
<i>Rhynchopsitta pachyrhyncha</i>	Cotorra serrana oriental	37.5	Bp	S	P	EN	I	permanente	Montañas de NO México sierra madre, se desvía hacia el S por la planicie central hasta Michoacán , antes esporádica en Arizona
STRIGIFORMES STRIGIDAE									
<i>Aegolius acadicus</i>	Tecolote abetero norteño	17.5	Bp	V,I	A			permanente	Al S, hasta Oaxaca y Veracruz
<i>Asio flammeus</i>	Búho cornicorto llanero	32.5	Za	V,I	Pr		II	permanente	Desde Baja California hasta el C en pastizales y áreas abiertas
<i>Asio stygius</i>	Búho cornado oscuro	37.5	Bp	V	Pr		II	permanente	NE Sinaloa, NO Durango, Veracruz y Chiapas
<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornado	45	Bp,Mx	V			II	permanente	Ampliamente distribuido, principalmente en tierras altas, y muy raro en Yucatán
<i>Ciccaba nigrolineata</i>	Búho blanquinegro	37.5	Bt	V,I	A			permanente	S de Veracruz, Oaxaca y Chiapas
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolotito bajoño	16.5	Bt,Bs,Bc,Bm,Be	V,I			II	permanente	Ampliamente distribuido, tierras bajas, estribaciones de montaña (debajo de 1200 msnm), raro en la planicie central y ausente en Baja California
<i>Glaucidium sanchezi</i>	Mochuelo tamaulipeco	13.5			P	LC	II	permanente	
<i>Lophostrix cristata</i>	Búho corniblanco	40	Bt,Bs	V,I	A		II	permanente	Tierras bajas de Veracruz, Oaxaca, Chiapas.
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Búho gorjiblanco	42.5	Bt	V,I	A		II	permanente	S Veracruz, E Oaxaca y Chiapas

TROGONIFORMES	TYTONIDAE	<i>Strix varia</i>	Buho listado	42.5	Bp	V	Pr	II	permanente	Montañas arboladas desde Durango hacia el S, hasta Oaxaca y Veracruz
	TROGONIDAE	<i>Tyto alba</i>	Lechuza de Campanario	35	ciudades, Za	V,I		II	permanente	Probablemente en todas las partes, incluyendo algunas islas del Pacífico.
		<i>Trogon massena</i>	Trogón colioscuro	31.5	Bt,Bs,Bm	F,I	A		permanente	La vertiente del Atlántico de Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche y Quintana Roo

Hábitat Bt: Bosque tropical perennifolio, Bs: Bosque tropical subcaducifolio, Bc: Bosque tropical caducifolio, Be: Bosque espinoso, Bq: Bosque de Quercus, P: Palmar, Bm: Bosque mesófilo de montaña, Bp: Bosque de coníferas. **NOM-059** Pr: Protección especial, A: Amenazada, P: En peligro de extinción. **CITES** I: amenazada de extinción, II: su comercio puede afectar su sobrevivencia, III: especie protegida. **UICN** VU: vulnerable, NT: no evaluado, EN: en peligro, LC: preocupación menor, LR: menor riesgo. **Dieta** V: Vertebrados terrestres, I: Invertebrados terrestres y acuáticos, Pe: Peces, C: Carroña, F: Frutas, N: Néctar y savia, S: Semillas.

Apéndice 3. Tipos de suelos en la solución sitios potenciales para la restauración en Veracruz

Tipos de suelo	Subunidad	Cobertura sitios potenciales		Cobertura suelo en Veracruz		Tipo de vegetación	Uso de suelo
		Área (km ²)	%	%	%		
Vertisol	Vertisol crómico	3557.4111	5.0693	27.4	Selva baja caducifolia	Caña de azúcar	
	Vertisol pélico				Selva alta subperennifolia	Cultivos de maíz	
					Selva mediana subperennifolia		
					Palmar inducido		
					Pastizal		
Feozem	Feozem calcárico	2205.1649	3.1423	13.7	Bosque encino	Cultivos de maíz	
	Feozem háplico				Selva baja caducifolia	Cultivos de frutales	
	Feozem lúvico				Selva baja subperennifolia		
Luvisol	Luvisol albico	1206.2636	1.7189	11.3	Bosque pino-encino	Cultivos de maíz	
	Luvisol crómico				Bosque pino	Cultivos de café	
	Luvisol férrico				Selva alta perennifolia		
	Luvisol órtico						
	Luvisol plíntico						
	Luvisol vértico						
Regosol	Regosol calcárico	1387.7852	1.9776	9.9	Selva alta perennifolia	Cultivos de maíz	
	Regosol dístrico				Selva alta subperennifolia	Cultivos de frutales	
	Regosol eútrico				Praderas de alta montaña	Cultivos de hortalizas	
Acrisol	Acrisol húmico	1270.3822	1.8103	8	Selva alta perennifolia	Cultivos de café	
	Acrisol órtico				Selva mediana subperennifolia	Cultivos de maíz	
	Acrisol plíntico				Bosque mesófilo de montaña	Cultivos de piña	
Cambisol	Cambisol cálcico	219.8170	0.3132	7.6	Bosque encino	Cultivos de maíz	
	Cambisol eútrico				Selva alta subperennifolia	Cultivos de cítricos	
	Cambisol ferrálico				Selva baja caducifolia		
	Cambisol Gleyico				Selva baja perennifolia		

Gleysol	Cambisol vértico	209.6141	0.2987	7.5	Humedales	Ganadería	
	Gleysol eútrico						Urbanización
	Gleysol mólico						
	Gleysol plíntico						
Gleysol vértico	Selva baja perennifolia						
Andosol	Andosol húmico	661.4350	0.9425	6.5	Pastizales	Cultivos de café	
					Bosque de oyamel		Cultivos de maíz
					Bosque pino-encino		Cultivos de papa
					Bosque pino		
					Bosque mesófilo de montaña		
					Selva baja caducifolia		
					Praderas de alta montaña		
Pastizal inducido							
Litosol	Litosol	505.8339	0.7208	2.1	Matorral desértico rosetófilo		
					Selva mediana subcaducifolia		
					Selva baja caducifolia		
Rendzina	Rendzina	388.4834	0.5536	1.9	Selva mediana subperennifolia	Cultivos de maíz	
					Palmar inducido	Cultivos de frutales	
Nitosol	Nitosol dístico	93.5795	0.1333	0.77	Selva alta perennifolia	Cultivos de café	
Solonchak	Solonchak gleyico	7.8565	0.0112	0.39	Selva alta perennifolia	Cultivos de maíz	
					Pastizal halófito	Actividad agropecuaria	
					Manglar		
Castañozem	Castañozem háplico	39.5685	0.0564	<1	Tular	Ganadería extensiva	
					Pastizal		Cultivo de granos
					Matorral		Cultivo de hortalizas
Fluvisol	Fluvisol eútrico	23.6642	0.0337	<1	Vegetación de galería	Agricultura	
					Fluvisol gleyico		

Apéndice 4. Comparación de las soluciones obtenidas con otros elementos cartográficos

Área y porcentaje ocupado por cada capa de información en los sitios prioritarios para la conservación y sitios potenciales para la restauración en Veracruz.

Clave capa	Información por capa		Soluciones (Área ocupada Km2)		Porcentajes (Área total Veracruz)	
	Categorías de cada capa		Conservación	Restauración	Conservación	Restauración
ANP	Parque Natural		534.52	110.94	0.76	0.16
	Reserva de la Biosfera		1138.01	137.15	1.62	0.20
	Total Área capa		1672.53	248.09	2.38	0.35
PCBMM	Critica		5426.16	2410.34	7.73	3.43
	Alta		3170.12	1020.52	4.52	1.45
	Media		893.72	305.96	1.27	0.44
	Total Área capa		9490.01	3736.83	13.52	5.32
SPCT	Extrema		1421.71	554.02	2.03	0.79
	Alta		6353.89	523.61	9.05	0.75
	Media		2683.86	1305.43	3.82	1.86
	Total Área capa		10715.03	2383.48	15.27	3.40
PRIMATES			3613.01	921.70	5.15	1.31
ZFC	IA		1215.93	198.35	1.73	0.28
	IC		232.98	15.52	0.33	0.02
	ID		102.91	27.03	0.15	0.04
	IE		1165.21	286.43	1.66	0.41
	IF		17.51		0.03	
	IG		3297.54	1502.57	4.70	2.14
	IH		338.31	97.79	0.48	0.14
	Total Área capa		6370.38	2127.68	9.08	3.03
	ZFP	IIA		311.17	53.94	0.44
IIB		748.29	406.28	1.07	0.58	

	IIC	542.79	384.42	0.77	0.55
	IID	12.04	29.66	0.02	0.04
	IIE	3645.59	3929.74	5.19	5.60
	IIF	2845.60	2085.19	4.05	2.97
ZFR	IIIC		1.18		0.00
	IIID	427.98	263.18	0.61	0.38
	IIIE	189.44	138.32	0.27	0.20
	Total Área capa	8105.49	6889.24	11.55	9.82
EDA	Cuerpo de agua	412.59	77.04	0.59	0.11
	Acrisol	2106.64	1270.38	3.00	1.81
	Andosol	3099.63	661.43	4.42	0.94
	Cambisol	385.52	219.82	0.55	0.31
	Castañozem	18.22	39.57	0.03	0.06
	Feozem	2045.64	2205.16	2.92	3.14
	Fluvisol	16.48	23.66	0.02	0.03
	Gleysol	462.08	209.61	0.66	0.30
	Litosol	404.27	505.83	0.58	0.72
	Luvisol	3102.53	1206.26	4.42	1.72
	Nitosol	419.12	93.58	0.60	0.13
	Planosol	0.92		0.00	
	Regosol	1245.27	1387.79	1.77	1.98
	Rendzina	283.37	388.48	0.40	0.55
	Solonchak	141.50	7.86	0.20	0.01
	Vertisol	2683.82	3557.41	3.82	5.07
	Total Área capa	16827.59	11853.89	23.98	16.89
DSM	Degradación física por compactación	3000.32	2795.72	4.28	3.98
	Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	4583.63	4429.04	6.53	6.31
	Erosión eólica con pérdida del suelo superficial por acción del viento	112.41	58.39	0.16	0.08
	Degradación física por pérdida de la función productiva	22.42	50.09	0.03	0.07

Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	17.71	3.11	0.03	0.004
Degradación química por polución		0.27		0.0004
Degradación química por salinización/alcalinización		3.24		0.004
Degradación química por eutrofización	10.07		0.01	
Total Área capa	7746.56	7339.85	11.04	10.46

IA áreas naturales protegidas, IC áreas localizadas arriba de los 3000msnm, ID terrenos con pendientes mayores al 100% o 45°, IE áreas cubiertas con vegetación de manglar o bosque mesófilo de montaña, IF áreas cubiertas por vegetación de galería, IG áreas cubiertas con selvas altas perennifolias, IH vegetación para la conservación. IIA terrenos forestales de productividad alta altura promedio de los arboles >= 17 m, IIB terrenos forestales de productividad media altura de arboles <16m, IIC terrenos forestales de productividad baja, IID terrenos con vegetación forestal de zonas áridas ,IIE terrenos adecuados para realizar forestaciones, IIF terrenos preferentemente forestales. IIIC terrenos forestales o preferentemente forestales con degradación media (cobertura de copa menor al 20% erosión severa y presencia de canalillos), IIID terrenos forestales o preferentemente forestales con degradación, IIIE Terrenos forestales o preferentemente forestales degradados que se encuentran sometidos a tratamientos de recuperación forestal.

Apéndice 5. Comparación de sitios prioritarios para la conservación con otros elementos cartográficos

Áreas de importancia para la conservación de aves mexicanas (AICAS)

Los SPCV coincidieron ampliamente con el conjunto de áreas de importancia para la conservación de aves mexicanas (Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000). Esta correspondencia espacial se presenta porque las AICAS fueron un elemento cartográfico importante, al ser usadas como parte de los costos (Figura 1). Esta coincidencia es valiosa para los SPCV ya que son áreas viables tanto para aves rapaces como para un conjunto amplio de especies correspondientes a este taxón, teniendo en cuenta que las AICAS son importantes para la conservación de aves en general, ya que fueron identificadas para secundar la conservación de especies que contribuyeran al mantenimiento de procesos ecológicos, y en Veracruz aporta a la selección de zonas las cuales albergan aproximadamente un 60% del grupo de las aves del total a nivel nacional (CONABIO 2011).

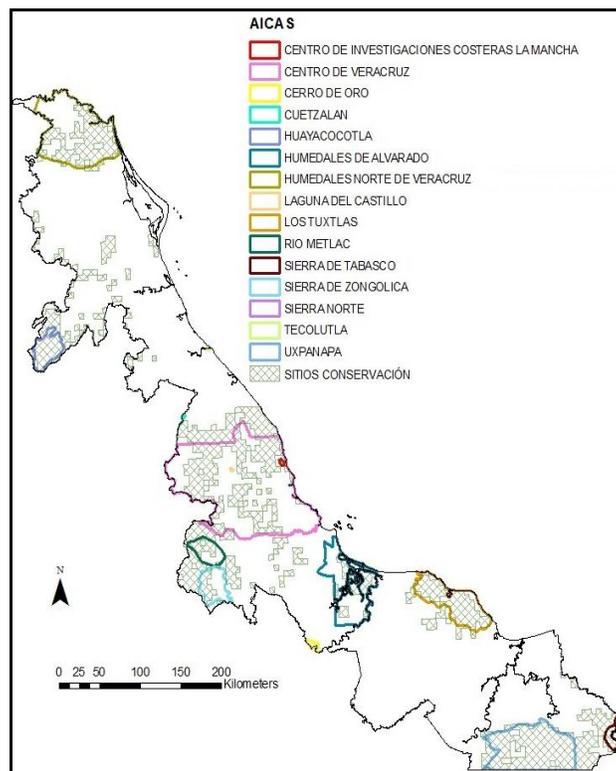


Figura 1. Comparación sitios prioritarios con AICAS.

La solución final coincide con casi todas las AICAS identificadas en Veracruz. Destaca la coincidencia en el Sistema Lagunar de Alvarado (Humedales de Alvarado en Figura 1), ya que es una de las AICAS más importantes por su extensión, sus humedales, vegetación circundante, y por alojar aproximadamente 270 especies de aves, tanto migratorias como residentes (Cruz-Carretero 1999). Otra correspondencia notable, es en el AICA que comprende la zona de selvas de Uxpanapa (Uxpanapa en Figura 1), aquí se han registrado un total de 520 especies de aves y sus

selvas son de gran importancia para el mantenimiento de procesos ecológicos regionales. En el extremo norte del estado que forma parte de la Planicie Costera Mexicana del Noreste, también muestra una significativa correspondencia espacial con el AICA número 88 (Humedales del Norte de Veracruz en Figura 1), la cual es catalogada como zona inundable con humedales perennes de gran importancia, albergando un total de 320 especies de aves (Cruz-Carretero 1999, CONABIO 2011).

Sitios prioritarios para primates mexicanos

Los sitios prioritarios para conservar coincidieron con la priorización nacional hecha para el grupo de los primates Mexicanos a través del programa Consnet a una resolución de análisis de 1 km². El 21% de las áreas identificadas para la conservación tuvieron correspondencia espacial con las áreas identificadas para la conservación de los primates en Veracruz (Figura 2). Lo cual indica que algunos sitios encontrados son importantes para los dos conjuntos de subgrupos porque son viables tanto para la conservación del grupo de especies de rapaces en este estudio, como para *Alouatta palliata* y *Ateles geoffroyi vellerosus*, consideradas especies prioritarias a conservar por el grado de amenaza que enfrentan sus poblaciones (NOM-059-SEMARNAT 2010).

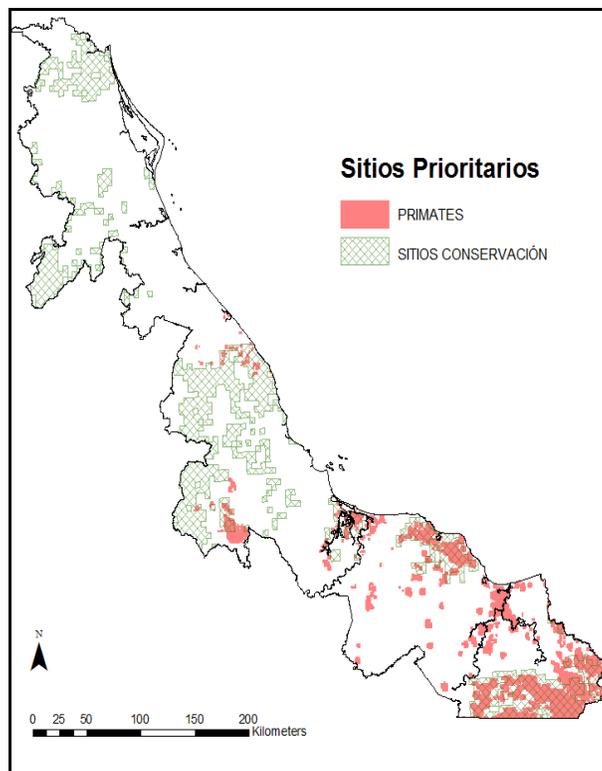


Figura 2. Comparación sitios prioritarios con Priorización de Primates Mexicanos

Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Un elemento regularmente usado para encontrar sitios prioritarios en la planeación para la conservación son las áreas protegidas. En este ejercicio se usaron únicamente para observar la correspondencia espacial con la red de SPCV. Al comparar el área ocupada por las ANPs en la solución dada, se encontró que las áreas protegidas coincidieron

con los SPCV en 10% (Figura 10). En Veracruz la representación de las ANPs ocupa el 3% del total del estado (CONANP 2007). Como podemos ver tanto la coincidencia como la representación de las ANPs, reflejan baja representatividad de diversos tipos de hábitat, extensión limitada en comparación con el territorio y la necesidad de fortalecer esta red de protección.

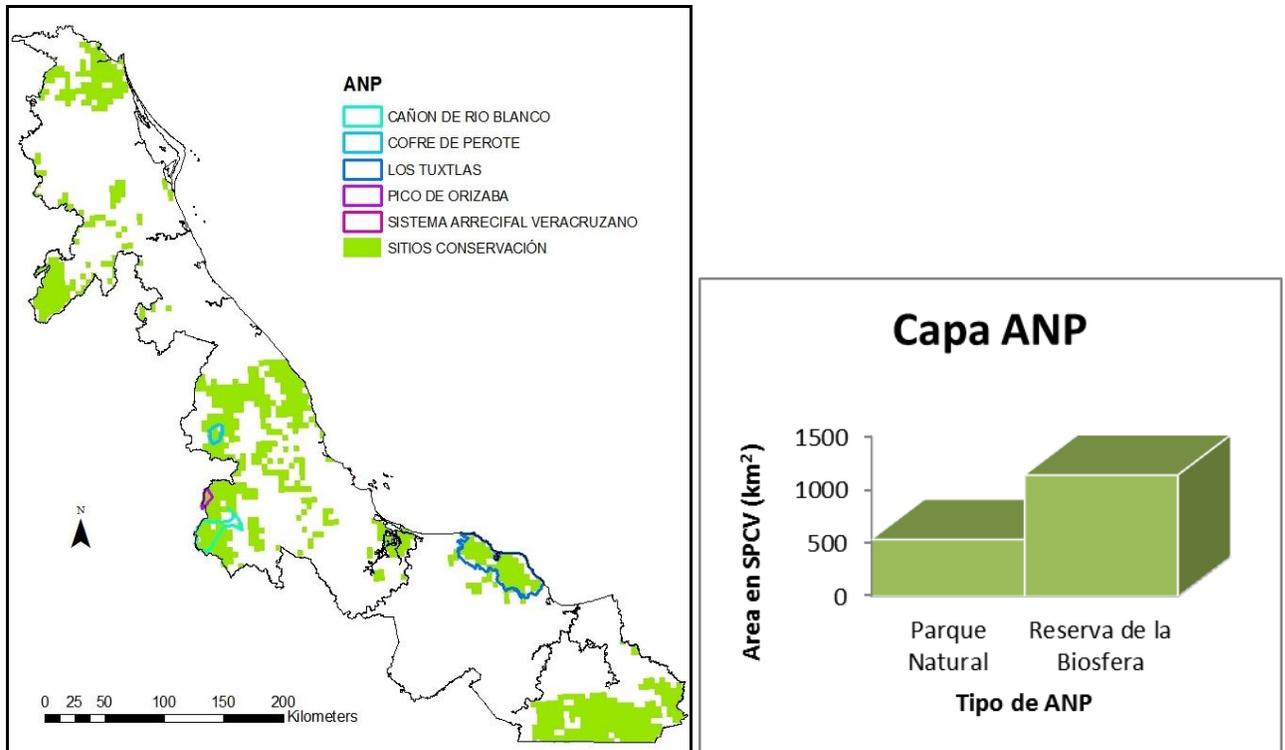


Figura 3. Comparación de sitios prioritarios con áreas naturales protegidas.

Tanto Sánchez-Cordero y colaboradores (2007) como Figueroa y su equipo (2011), en su evaluación nacional de la efectividad de las ANPs, encontraron que las ANPs que se pudieron analizar en Veracruz por la disponibilidad de información no son efectivas para proteger los tipos de vegetación. La ANP Cofre de Perote (Figura 3) fue catalogada como no efectiva-amenazada, debido a la mayor pérdida de vegetación en su interior en comparación con su entorno, y al incremento de su área transformada en relación con la ecorregión de la cual forma parte. Rayn-Villalba (2006) también evaluó la efectividad de las ANPs pero en términos de la tasa de cobertura forestal y encontró que la ANP de Los Tuxtlas (Figura 3) perdió significativamente su cobertura forestal durante el periodo 1970 a 1990; aunque en este caso la pérdida es menor dentro de la ANP que en su entorno. Como se puede ver, se hace necesario en Veracruz el fortalecimiento tanto en estrategias como en área ocupada por las ANPs. Al igual que en muchas ANPs del país, se carece de suficiente apoyo financiero y de personal dedicado a acciones de manejo, además de que presentan baja representatividad de ecosistemas naturales. Por lo tanto se ha considerado que las ANPs muestran poca viabilidad para la conservación a largo plazo de las especies y hábitats (Koleff y Urquiza-Hass 2011). Como alternativa se busca sugerir áreas mayores para la conservación y sitios para restaurar que fortalezcan las áreas importantes donde se distribuye la biodiversidad, a través de una selección de sitios más completa enfocada a frenar la pérdida

preocupante de vegetación natural en la entidad, en la cual las pocas ANPs no tienen mayor continuidad en el paisaje y por lo tanto no aseguran la permanencia de las especies que ahí habitan.

Sitios prioritarios para bosque mesófilo de montaña

Los bosques de niebla o bosques mesófilos de montaña (BMM) son elementos importantes para conservar, teniendo en cuenta que son los ecosistemas terrestres más amenazados en México y que albergan una extraordinaria biodiversidad (CONABIO 2010). Por lo tanto se realizó una priorización nacional de bosque mesófilo de montaña (PCBMM), la cual tuvo como objetivo fundamental identificar una red de sitios con diferentes niveles de prioridad (alto, medio y crítico) para aplicar acciones de conservación, manejo y restauración (CONABIO 2008).

La coincidencia de los sitios prioritarios para la conservación y los sitios para conservar el bosque mesófilo fue del 56%. En la Figura 4 observamos la coincidencia dividida en cuatro zonas: (1) la zona oeste, ubicada en Huayacocotla presenta buenas condiciones de conectividad natural entre los remanentes de BMM, sin embargo actualmente existen fuertes presiones a su calidad y permanencia que pueden afectarlo en el corto y mediano plazo (CONABIO 2008,2010), (2) la zona centro es la más notable y presenta tres niveles de priorización, de acuerdo al análisis de PCBMM, esta tiene áreas de bosques que ocupan fragmentos de gran tamaño, lo cual se refleja en una alta conectividad sobre todo en los remanentes pertenecientes a los municipios de Tlalnehuayocan, Acajete y Coatepec. Esta zona alberga gran cantidad de diversidad, riqueza y endemismos de especies. No obstante enfrenta amenazas como, el pastoreo y la tala selectiva ilegal que afectan la biodiversidad del sotobosque y del dosel (CONABIO 2010), (3) en la zona este, se presentan dos niveles de priorización: alta que corresponde al del Volcán de San Martín, estos fragmentos de BMM están muy conservados, poco degradados y bien conectados. Su principal amenaza a la permanencia es el cambio de uso de suelo debido a la expansión de la ganadería; el otro nivel de prioridad crítica corresponde a la Sierra de Santa Marta, la cual cuenta con bosques poco degradados y fragmentados, al igual que los BMM de San Martín, pero su valor es más alto por ser una zona de transición, alberga una alta riqueza de especies con bastantes endemismos y especies en *status* de protección. Las amenazas a la permanencia son mayores en estos bosques por la expansión de la ganadería y la agricultura (CONABIO 2010) y (4) la zona sur, presenta prioridad crítica ya que sus niveles de calidad son intermedios por la elevada degradación y fragmentación antropogénica, la ganadería, la tala ilegal y la sequía (CONABIO 2010).

Como se observó en general, los sitios semejantes entre las dos priorizaciones, presentan alta conectividad en comparación al resto de Veracruz, por lo tanto son valiosos para conservar y sirven para fortalecer el apoyo que deben tener ciertas áreas donde las estrategias de conservación y manejo son una prioridad a raíz de las amenazas que enfrentan, además de fortalecer áreas que sirven de albergue para diferentes especies como el grupo de las aves rapaces empleadas en la priorización.

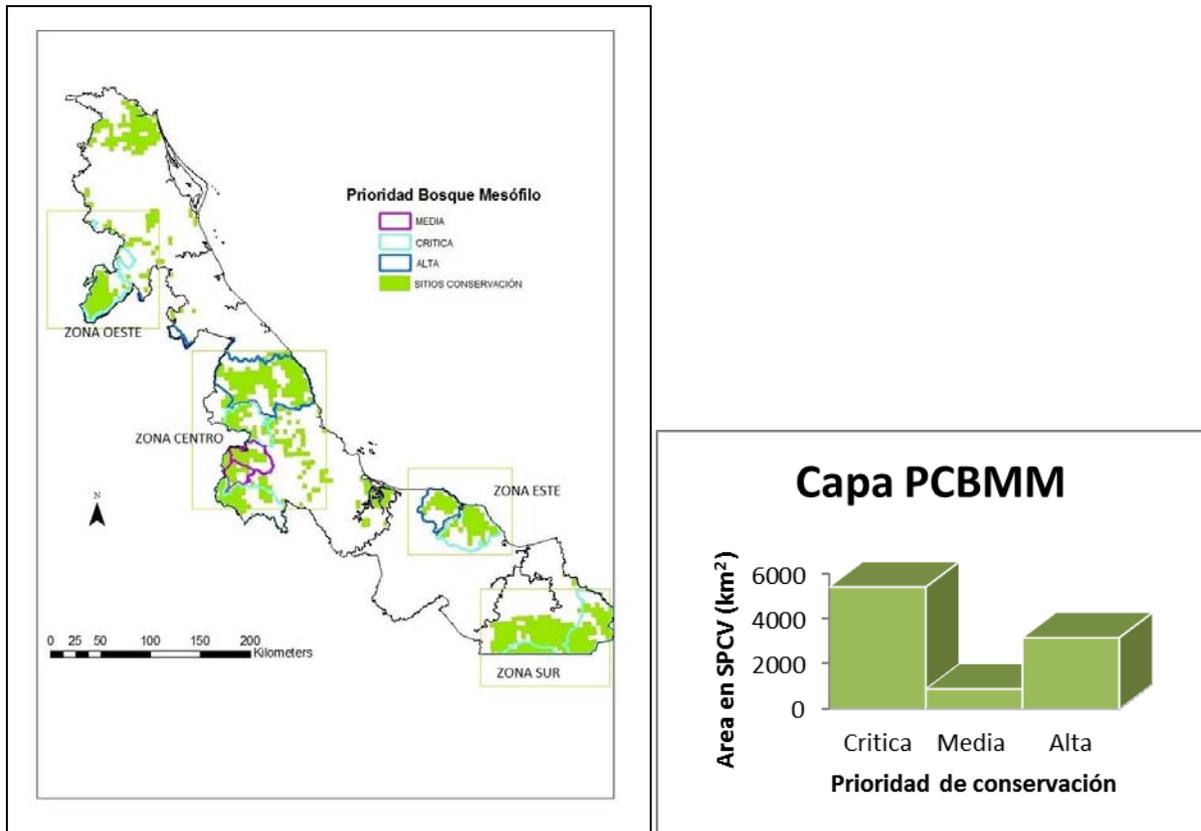


Figura 4. Comparación de sitios prioritarios con sitios prioritarios para la conservación de bosque mesófilo de montaña.

Sitios prioritarios para la biodiversidad terrestre en México

Los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre en México (SPCT) han sido de gran importancia en materia de conservación nacional, ya que ofrecen un primer panorama en la selección de áreas importantes para conservar o fortalecer ANPs; sin embargo, es muy importante realizar prioritizaciones a escala local con el fin de identificar sitios que por la resolución del análisis (256 km²) es difícil referir como importantes para la selección de áreas a conservar. Al comparar la prioritización realizada para Veracruz y los SPCT (Figura 5), se obtuvo una correspondencia del 64%. Esta coincidencia es importante teniendo en cuenta que la prioritización hecha a nivel nacional usó una gran cantidad de información biológica, a través de modelos de distribución potencial de aproximadamente 83.7% de anfibios, 86.4% de reptiles, 86% de aves y 87.3% de mamíferos, de las especies conocidas para México, además de una gran cantidad de especies de plantas (Koleff *et al.* 2009). Esto sugiere que la superposición de las diferentes soluciones es conveniente para la elección de zonas a conservar que involucre una gran cantidad de elementos. La mayor coincidencia se presentó con los sitios considerados con alta y extrema prioridad para conservar, los cuales son considerados como sitios insustituibles e irremplazables

para conservar la diversidad y cumplir las metas propuestas en los diferentes escenarios (Urquiza-Hass *et al.* 2009).

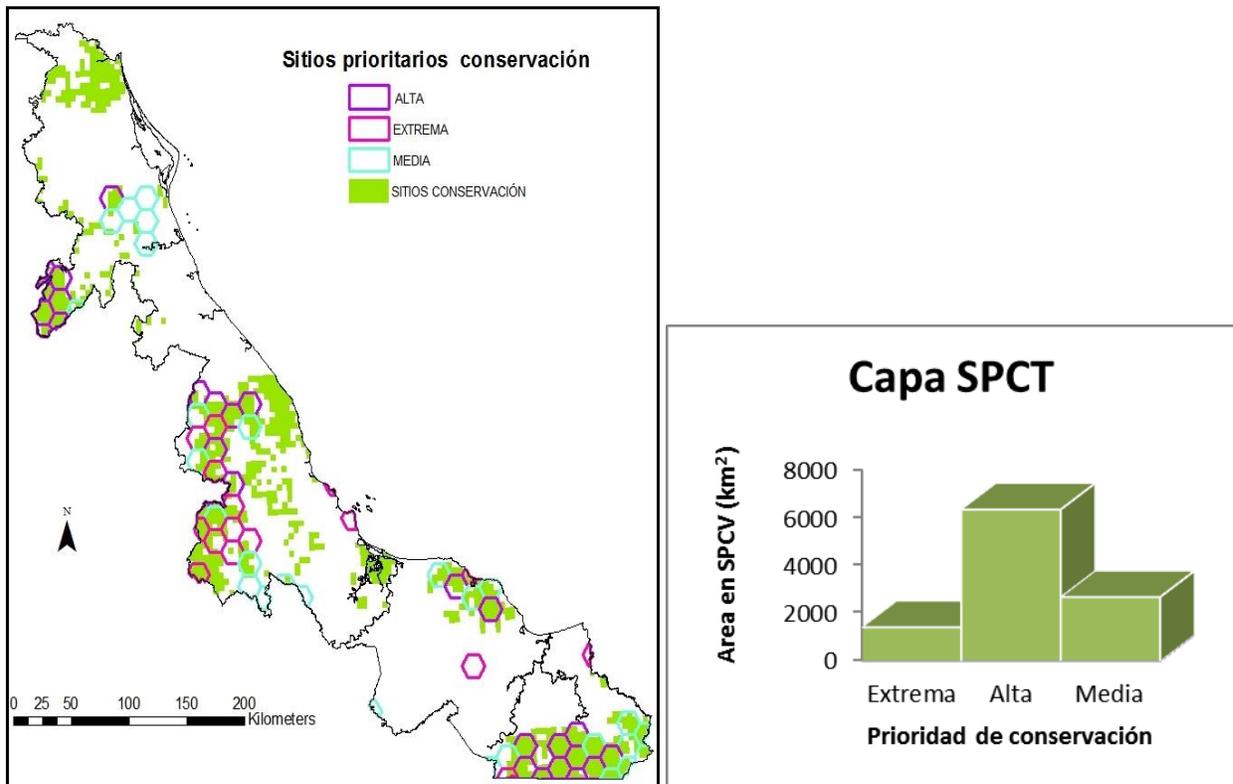


Figura 5. Comparación de sitios prioritarios con sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre en México.

Zonificación forestal para la conservación

La información cartográfica de las zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido (ZFC) usada, forma parte de tres zonificaciones (conservación, restauración y productividad) llevadas a cabo por la CONAFOR (2011), con el fin de mejorar la administración de los recursos y el desarrollo forestal identificando posibles zonas para el manejo, uso y cuidado de los recursos naturales forestales en la nación. La coincidencia de los sitios prioritarios para conservar con estas zonas fue de 38% (Figura 6). En la coincidencia, el mayor número de unidades superpuestas se observa entre zonas de vegetación que CONAFOR ha identificado para la conservación y zonas cubiertas con vegetación de manglar o bosque mesófilo de montaña, siendo todas importantes, ya que son prioritarias para ser conservadas teniendo en cuenta que estas áreas representan ANPs, áreas con alto riesgo biológico y áreas con elementos importantes de conservación que presentan alto riesgo de erosión de suelo (CONAFOR 2013).

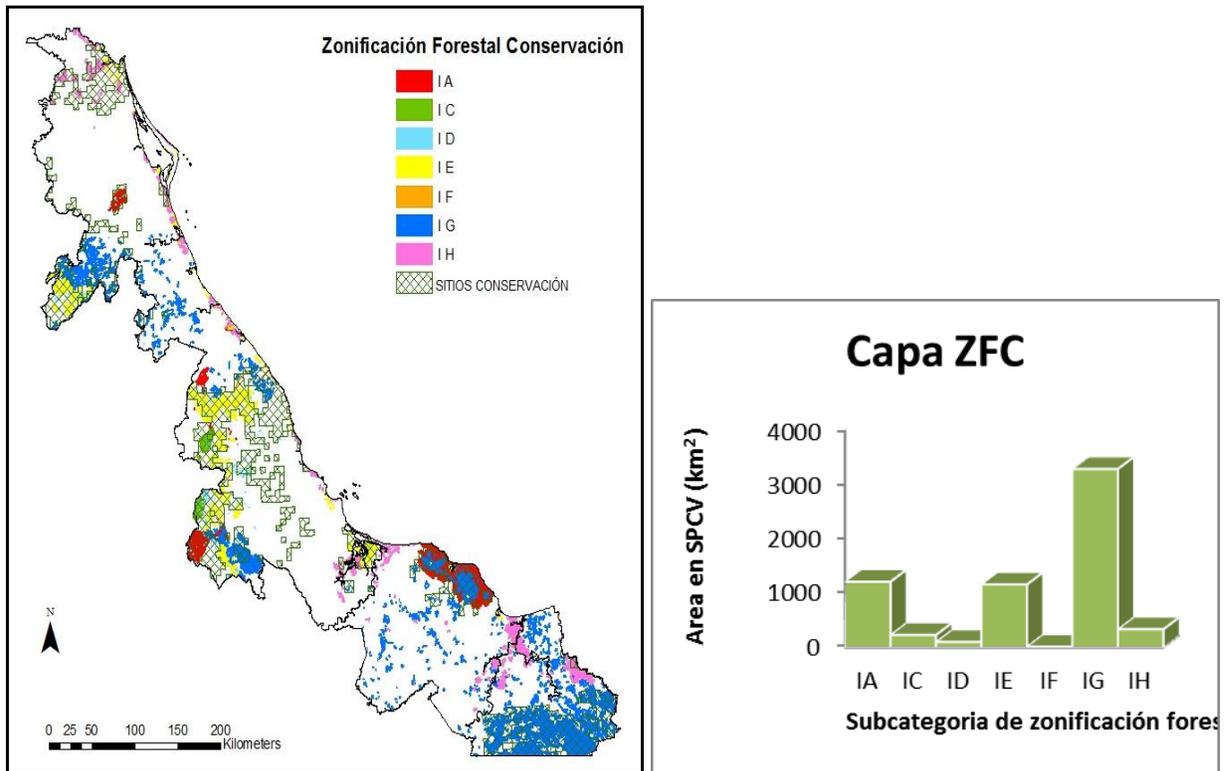


Figura 6. Comparación de sitios prioritarios con sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre en México. (IA áreas naturales protegidas, IC áreas localizadas arriba de los 3000msnm, ID terrenos con pendientes mayores al 100% o 45°, IE áreas cubiertas con vegetación de manglar o bosque mesófilo de montaña, IF áreas cubiertas por vegetación de galería, IG áreas cubiertas con selvas altas perennifolias, IH vegetación para la conserv