



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS
INSTITUTO DE ECOLOGÍA**

**ESTABLECIMIENTO DE REDES NATURALES DE CONSERVACIÓN EN
OAXACA, MÉXICO**

**TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTORA EN CIENCIAS**

**PRESENTA:
M. EN C. ALINA GABRIELA MONROY GAMBOA**

**TUTOR PRINCIPAL: DR. VÍCTOR SÁNCHEZ-CORDERO DÁVILA
(Instituto de Ecología)
MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR: DR. RAFAEL LIRA SAADE
(FES Iztacala)
DR. JOSÉ MANUEL MAASS MORENO
(Instituto de Ecología)**

MÉXICO, D. F. A MARZO DE 2016.



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.



INSTITUTO DE ECOLOGÍA

PDCB/grad/036/Jun/2015

DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ
DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR, UNAM
Presenta.

Nos permitimos informarte que el Comité Académico de **DOCTORADO EN CIENCIAS BIOMÉDICAS**, en su reunión **374** del 23 de septiembre de 2015, designó el siguiente jurado para examen de grado de **DOCTORA EN CIENCIAS** de **MONROY GAMBOA ALINA GABRIELA**, con número de cuenta: 400096348, con la tesis titulada: "**ESTABLECIMIENTO DE REDES NATURALES DE CONSERVACIÓN EN OAXACA, MÉXICO**", dirigida por el **DR. VÍCTOR SÁNCHEZ CORDERO DÁVILA**.

Presidente: Dr. Oswaldo Téllez Valdés
Vocal: Dr. Alejandro Casas Fernández
Vocal: Dra. Tania Escalante Espinosa
Vocal: Dr. Miguel Ángel Briones Salas
Secretario: Dr. Víctor Sánchez Cordero Dávila

El Comité Académico, aprobó que la integración del jurado se realizará a solicitud del alumno con cinco sinodales, en apego a la nueva normatividad, acogiéndose al artículo **QUINTO TRANSITORIO**, con base a lo establecido en el **Artículo 31** del Reglamento General de Estudios de Posgrado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 24 de septiembre de 2015


DR. DANIEL PIÑERO DALMAU
COORDINADOR


DRA. KARINA BOEGE PARÉ
RESPONSABLE DE ENTIDAD

s.c.d: Expediente alumno
JPD/KRF/ier

Unidad de Posgrado Coordinación del Posgrado en Ciencias Biomédicas Edificio B, 1er. Piso Circuito de Posgrados Cd. Universitaria Delegación Coyoacán C.P. 04510 México D.F. Tel: 5623 7001
<http://www.pdcB.unam.mx> E-mail: pdcB@unam.mx

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada No. 200469.

A los miembros del Comité Tutor: Dr. Víctor Sánchez-Cordero Dávila, Dr. Rafael Lira Saade y Dr. José Manuel Maass Moreno por su interés, ayuda y observaciones que fueron de gran importancia para este trabajo.

A los miembros del Comité Sinodal: Dr. Oswaldo Téllez Valdés, Dr. Alejandro Casas Fernández, Dra. Tania Escalante Espinosa, Dr. Miguel Ángel Briones Salas y Dr. Víctor Sánchez Cordero Dávila por sus valiosos y acertados comentarios a esta tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por mi formación académica y al Instituto de Biología.

A mis papás, Carmen y Alejandro que me han apoyado en todo momento, quienes con su amor y paciencia han hecho de mi la persona que soy.

A mi bichito, Cynthia Monroy, por ser mi compañera de vida y mi mejor amiga.

A Antonio Dávalos por casi canonizarte aguantándome en este largo proceso, dándome siempre ánimos para seguir adelante y apoyando todas mis decisiones. Por todo tu amor y vida compartida.

A mis hermanos Michael Humphrey, Alan Humphrey, Edgar Humphrey, Patricia Maestri y Rodrigo Chávez, a mi comadre Paula Pérez, Jessica Castañeda y mi cuñis Alejandra Tapia que a veces piensan que estoy loca, pero así me quieren.

A Carlos de la Barrera por ser la persona que siempre me entiende y tiene una sonrisa para dibujarme en la cara por muy mal que vayan las cosas.

A esas personas que ya no están físicamente, pero que fueron importantes en mi vida, por diferentes razones y que dejaron un hueco que se llena con bonitos recuerdos: Dolores Villanueva por ser una inspiración para mi, por tu fuerza, determinación y valor para encarar todas las adversidades con buena actitud. Marlene Gamboa por ser mi segunda mamá, cuidarme, regañarme, quererme y hasta ponerme nombre. Karen Pérez de León por ser una mujer ejemplar en todos los aspectos y que a pesar de todo siempre tenía una sonrisa para regalar. Alejandro Flores por todo lo que me enseñaste durante la maestría, académica y personalmente.

A Víctor Sánchez-Cordero por toda la confianza que me has dado, apoyo, amistad y cariño. ¡Gracias Conciencia!

A Miguel Briones por todos estos años de enseñanzas, amistad y pláticas amenas.

A Fernanda Figueroa por tu amistad y por ser mi “gurú” en muchos sentidos.

A los integrantes del Biodiversity and Biocultural Conservation Laboratory, Section of Integrative Biology de la University of Texas at Austin; en especial a Sahotra Sarkar por guiarme en el proceso de la Planeación Sistemática de la Conservación, a Blake Sissel por su apoyo logístico y Laurel Treviño por su apoyo y acogida en Austin.

A mis vecinos de laboratorio Rafael Lara y Aníbal Pérez de la Vega por todos esos días juntos, en los que reímos, “estudiamos”, bailamos, cantamos, nos dibujamos y a veces hasta lloramos.

A Tania Gutiérrez, por siempre ser un buen oído y apoyo.

A mis hermanos escogidos: Jessica Ponce de León, Sabrina Tafoya, Rosy Yáñez, Omar Morales, Óscar Sánchez y Sergio Marrero.

A Francisco Botello, a quien por tercera ocasión agradezco infinitamente su paciencia para explicarme las cosas de manera entendible para mi y por todo el tiempo.

A todos mis amigos de Oaxaca con los que me encanta trabajar: Gladys Reyes, María Delfina Luna, Mario Lavariega, Natalia Martín, Malinalli Cortés, Mireya Valdéz, Fernando Huerta, Gladys Manzanero y Mario Peralta.

A los Dres. Barsss: Dr. Iglesias, Dr. Tapia y Dr. Bolaños, por todos los talleres de micheladas.

A Alejandra Salazar por su apoyo en el último “jalón” de esta tesis.

A Dr. Amoeba Matusalem por la supervisión de este trabajo, por aguantar no tener mucho tiempo para ella y aún así llenarme de baba todos los días.

“Por mi raza hablará el espíritu”

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	VI
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN.....	3
NICHOS ECOLÓGICOS.....	4
PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA CONSERVACIÓN.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
CAPÍTULO I. LAS INICIATIVAS DE CONSERVACIÓN EN OAXACA.....	10
Representatividad de los tipos de vegetación en distintas iniciativas de conservación en Oaxaca, México.....	11
CAPÍTULO II. SUBROGADOS DE BIODIVERSIDAD Y SU REPRESENTACIÓN EN OAXACA.....	23
Terrestrial vertebrates as surrogates for selecting conservation areas in a biodiversity hotspot in Mexico.....	24
CAPÍTULO III. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN CON UN ENFOQUE MULTICRITERIO.....	92
Multi-criteria analysis for prioritizing conservation areas in a biodiversity hotspot in Mexico.....	93
CAPÍTULO IV. RED DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN PARA OAXACA.....	114
Connectivity for priority areas for Oaxaca, Mexico.....	115
DISCUSIÓN GENERAL.....	152
CONCLUSIONES GENERALES.....	158
RECOMENDACIONES.....	159
LITERATURA CITADA.....	160

Resumen

Oaxaca es considerado un *hotspot* en Mesoamérica debido a su excepcional biodiversidad, la cual se encuentra amenazada debido a la alta tasa de conversión de uso del suelo. El objetivo fue generar una red de áreas de conservación estatal, que garantice una adecuada representatividad de la biodiversidad en Oaxaca, usando la metodología de la Planeación Sistemática de la Conservación (PSC). En el Capítulo I, revisamos la representatividad de los tipos de vegetación en las diferentes iniciativas de conservación del estado. Encontramos que la sobreposición de las iniciativas de conservación fue del 19% con respecto a Oaxaca, y el bosque de pino-encino ocupó la mayor superficie. En el Capítulo II, evaluamos si, individualmente un taxón de vertebrados terrestres puede representar adecuadamente a todos los vertebrados terrestres o si es necesario usar varios taxones como subrogados de la biodiversidad, en las diferentes iniciativas de conservación del estado. Encontramos que los vertebrados terrestres, en conjunto, representan mejor a la biodiversidad oaxaqueña y que las áreas protegidas decretadas son insuficientes. En el Capítulo III, obtuvimos una solución óptima para reconocer áreas prioritarias de conservación por medio de un análisis general multicriterio de variables biológicas, climáticas, geográficas y socio-económicas. La mejor solución fue con áreas voluntarias de conservación *a priori*, pues presentó menos variables costosas. Finalmente, proponemos una red de áreas naturales acorde con la PSC. Se recomienda la inclusión de conectores, debido a que, no obstante ocupa una mayor superficie alberga una mayor cantidad de vertebrados terrestres, en comparación con la solución sin conectores.

Abstract

Oaxaca is considered a Mesoamerican hotspot because its exceptional biodiversity, that is threatened by a high rate of conversion of natural habitat. The aim of this thesis was to create a network of conservation areas to ensure the adequate representation of the exceptional biodiversity in Oaxaca, using a Systematic Conservation Planning (SCP) approach. In chapter I, I made a review of the representativity of vegetation types present in the different conservation initiatives in Oaxaca. The overlap of the area occupied by the conservation initiatives was 19% compared to the total area of Oaxaca. The type of vegetation with the most cover was the pine-oak forest. In chapter II, we assessed

whether a single-taxa properly represent the best terrestrial vertebrates or whether a multi-taxa approach was more appropriate in different conservation initiatives. I found that a multi-taxa approach performed best. Further, I also showed that current decreed protected areas are insufficient to represent even the 10% of the distribution of terrestrial vertebrates occurring in Oaxaca. In chapter III, an optimal solution is sought to recognize priority conservation areas using a multi-criteria analysis with biological, climatic, geographic and socio-economic variables. The best solution is the one that includes the voluntarily conservation areas *a priori*, that also presented less expensive costs. Finally, we proposed a network using a SCP approach. We recommend the use of connectors in our proposed conservation area network, despite it showed a larger area, but with a higher representativity of terrestrial vertebrates species.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Oaxaca es uno de los estados que muestra mayor diversidad biológica en México, lo que lo convierte en un *hotspot* en Mesoamérica. Esta excepcional biodiversidad está relacionada con su fisiografía y su diversa composición del sustrato. La paleografía muestra que el estado fue desplazado desde una latitud mayor a la actual, lo que junto con el intrincado relieve, la exposición a los sistemas meteorológicos que se desarrollan en el Golfo de México y en el Océano Pacífico, las corrientes marinas y la temperatura del océano, hacen que Oaxaca se distinga por su complejidad ambiental y variedad climática (Trejo, 2004).

Las características mencionadas ocasionan que Oaxaca albergue a una gran cantidad de vertebrados terrestres los cuales han sido ampliamente estudiados y colectados. Es el estado con mayor cantidad de herpetofauna (Casas-Andreu *et al.* 2004), aves (Navarro *et al.* 2004) y unos de los tres estados con mayor diversidad de mastofauna en el país (Fa y Morales 1993; Ramírez-Pulido *et al.* 1996; Arita y Ceballos 1997; Sánchez-Cordero 2001; Briones-Salas y Sánchez-Cordero 2004).

Sin embargo, una alta tasa de cambio de uso de suelo, los incendios forestales, la tala ilegal, las plagas y las enfermedades, son factores que propician que el 50% del territorio oaxaqueño sufra algún grado de perturbación (Anta *et al.* 2005). Si a ésta característica se le añade el mal uso y manejo del suelo, destrucción vegetal, pastoreo excesivo y explotación irracional de los bosques, el resultado más seguro es la pérdida de biodiversidad (Alfaro-Sánchez 2004). Muchos de estos ecosistemas son importantes pues proporcionan algún tipo de servicio ambiental, tienen valor paisajístico, son raros o bajo algún riesgo o son necesarios para la ciencia (Anta *et al.* 2005).

Por tales motivos, resulta de suma importancia proponer mecanismos para la conservación de la diversidad.

Biología de la conservación

La biología de la conservación emergió desde mediados de la década de los ochentas y desde entonces se ha centrado en entender, proteger y mantener en el tiempo la diversidad biológica en todas sus escalas y niveles organizacionales (Meine 2010). El deterioro ambiental es multicausal, por lo que es necesario dar respuestas y soluciones

multidisciplinarias, para lo cual la biología ha creado conexiones con otras disciplinas del área de las Ciencias Sociales, para comprender la dimensión humana de la conservación y hacerse más activa en la interfaz política (Wilshusen *et al.* 2002; Leff 2004; Boege 2008; Meine 2010). El resultado es que se han originado diversos campos de estudio de “fertilización cruzada” (Poteete *et al.* 2012) tales como la economía ecológica (valoración de los flujos de energía, materiales y servicios del medio ambiente, Martínez-Alier 1994), la ecología política (la cual considera los cambios ambientales y condiciones ecológicas como resultado de procesos políticos en entornos donde interactúan diversos actores políticos, Durand *et al.* 2012), la sociología rural, la antropología ecológica, el derecho ambiental, etc.; en los que se estudian los movimientos para descentralizar la gobernanza de los recursos naturales, que parten de un reacomodo de estructuras institucionales, redefinición de reglas, reformulación de relaciones y redistribución de poder (Raik *et al.* 2008).

Diversos estudios han demostrado que los procesos ambientales son parte de sistemas socio-ecológicos integrados y que, por lo tanto la conservación de la biodiversidad es un fenómeno que abarca aspectos tanto sociales como ecológicos, y que la sociedad y el ambiente están interconectados espacial y temporalmente, por lo que resulta necesario ligar la conservación de la biodiversidad con los problemas económicos, sociales, culturales, políticos, de manera local (Wells *et al.* 1992; Ghimire y Pimbert 1997; Wilshusen *et al.* 2002; Berkes 2004; Bürgi *et al.* 2004; Pretty y Smith 2004; Robson 2007).

Nicho ecológico

Todas las especies ocupan un lugar en el espacio, a lo que se le ha dado el nombre de nicho ecológico. Uno de los primeros autores en utilizar el concepto de nicho ecológico fue Joseph Grinnell (1917), quien lo denominaba como el lugar geográfico ocupado por una especie. Posteriormente, el mismo autor (1924), lo designa como un conjunto de factores que limitan la distribución de una especie. Posteriormente, Charles Elton (1927), describe al nicho ecológico de una manera funcional; como la posición de una especie en su comunidad.

Entre los años 1944 y 1958 George Evelyn Hutchinson, estudia al nicho ecológico y lo define como la suma de todos los factores ambientales que actúan sobre un

organismo; por lo que el nicho es definido como la región de un hiperespacio n -dimensional. A partir de esta definición se hace referencia a dos tipos de nicho; el nicho fundamental, que en este caso, se refiere al hiperespacio n -dimensional en ausencia de otras especies. Y, el nicho efectivo, materializado o realizado, que es un subconjunto del nicho fundamental, en el que las especies están restringidas por las interacciones bióticas interespecíficas e implica un lugar geográfico.

De manera que el nicho ecológico puede ser modelado y describe la idoneidad en el espacio ecológico, que típicamente se proyecta en un espacio geográfico. Las áreas que satisfacen las condiciones del nicho fundamental de una especie representa su distribución potencial, mientras que las áreas geográficas en las que habita constituyen su distribución realizada. Como se mencionó con anterioridad, el nicho realizado puede ser más pequeño que el nicho fundamental; y en este caso la distribución predicha será menor que la distribución total potencial; de modo que el modelo muestra precisamente el nicho fundamental (Phillips *et al.* 2006a).

El modelaje de distribución potencial resulta importante ya que los registros de las bases de datos existentes se han colectado de acuerdo a las necesidades de cada uno de los proyectos que van surgiendo, por lo que en ocasiones un grupo taxonómico o una región están mejor colectados que otros (Sarkar e Iloldi 2010). En el caso del estado de Oaxaca es notable que la mayoría de los registros pertenecen a la región de la Sierra Madre de Oaxaca debido a su cercanía y fácil acceso por la ciudad de Oaxaca (García-Mendoza *et al.* 2004). Debido a lo anterior, los modelos de distribución potencial de especies son una herramienta útil para ubicar y seleccionar áreas prioritarias para la conservación de especies (Peterson y Nakazawa 2007; Margules y Sarkar 2009), por medio de redes de áreas naturales.

Planeación Sistemática de la Conservación (PSC)

Oaxaca ha sido estudiado por investigadores nacionales e internacionales y se han realizado esfuerzos de conservación desde 1937; sin embargo, debido a su extensión, alta biodiversidad y multiculturalidad, hacen del estado un sitio complicado para su estudio y para dar adecuadas propuestas de manejo y conservación (García-Mendoza *et al.* 2004).

La Planeación Sistemática de la Conservación (PSC) es un método que consiste en una estructura de planeación que contempla trece pasos para la conservación, los cuales pueden ser retroalimentados, revisados y re-iterados (o reorientados) cuando y cuantas veces sea necesario, en cualquiera de sus fases. Es importante mencionar que en este enfoque se construyen sistemas o redes sobre la información y las acciones que ya existen; es decir, toma en cuenta las diferentes iniciativas de conservación disponibles (áreas naturales protegidas federales, estatales, municipales, áreas voluntarias de conservación) como base para construir un mejor sistema (Margules y Sarkar 2009; Sarkar e Illoldi 2010). Dicha planeación tienen dos metas principales que son: la representación y persistencia de la biodiversidad por medio de redes de áreas de conservación y un plan de costo-beneficio. Ello permite priorizar áreas que incluyan diferentes elementos de la biodiversidad (denominados subrogados de la biodiversidad o *surrogates*), el medio ambiente y cuestiones sociales como los asentamientos humanos, recreación, transformación del hábitat para la agricultura e industria (Sarkar *et al.* 2005; Moffett *et al.* 2006; Sarkar *et al.* 2006; Margules y Sarkar 2009; Sarkar e Illoldi 2010). Por lo anterior, este método que puede ayudar a dar propuestas adecuadas para la conservación de la biodiversidad del estado de Oaxaca.

Los pasos que componen el esquema de la PSC son dinámicos, por lo que pueden ser evaluados en cualquier momento y de ser necesario, regresar a pasos anteriores para modificarse y tomar mejores decisiones, los pasos a seguir son los siguientes (tomados de Margules y Sarkar 2009; Sarkar e Illoldi 2010):

1. *Elegir y demilimitar una región para la planeación.*

Se deben discutir los límites de la región desde el inicio para un correcto proceso de planeación. Los límites pueden ser ecológicos o políticos o aquel que sea el más conveniente.

2. *Identificar los actores sociales (stakeholders) de la región sujeta a planeación.*

Se requiere reconocer a las personas que dependen o que tienen influencia sobre los recursos naturales del lugar, esto para que la propuesta tenga más probabilidades de éxito (Sarkar 1999, Justus y Sarkar 2002). Así como a los expertos sobre la región y a los que se pueden comprometer para los planes de conservación; dichos actores pueden ser locales o globales. Los actores locales juegan un papel muy importante, debido a que generalmente, las prácticas productivas que realizan son con conocimientos

tradicionales y tienen relación a una interpretación de la naturaleza que ellos mismos dan (Boege 2008); por lo que se deben crear interacciones entre los diversos actores para tener un mejor panorama de la situación del lugar.

3. Compilar, evaluar y refinar los datos sobre la biodiversidad y socioeconómicos para la región.

Compilar todos aquellos datos disponibles sobre distribución geográfica, parámetros bióticos y ambientales, los socioambientales (valor de uso de los recursos, propiedad de los recursos, infraestructura, etc.). Antes de usar cualquier dato, debe evaluarse la autenticidad y confiabilidad del mismo. Para corregir sesgos en los datos deberán realizarse modelos de distribución geográfica.

4. Dar tratamiento a los datos y construir modelos de distribución geográfica acordes al proyecto.

Casi todos los datos deben ser sometidos a una revisión individual a menudo de índole taxonómica, así como de localidad. Posteriormente, se modelan distribuciones geográficas de las especies para que éstas puedan ser usadas como subrogados estimados (ver paso 5).

5. Identificar los subrogados de la biodiversidad para la región.

Existen dos tipos de subrogados o representantes de la biodiversidad, los “subrogados verdaderos” que pretenden representar a la biodiversidad general (o verdadera) y pueden ser: diversidad de rasgos o caracteres, diversidad de especies y los ensamblajes de especies, patrones del paisaje o la diversidad de las zonas. Desafortunadamente, la mayoría de las veces estos datos no se encuentran disponibles o no pueden recolectarse fácil y rápidamente, por lo que el problema se mitiga con los llamados “subrogados estimados” los cuales pretenden representar a los “subrogados verdaderos”.

6. Establecer objetivos y metas de conservación.

Es necesario establecer metas cuantitativas de cobertura para los subrogados, así como criterios de diseño, forma, tamaño y conectividad para la red.

7. Revisar el sistema existente de áreas de conservación.

Se debe estimar el alcance del sistema de áreas para la conservación existente, para el caso de México el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP 2015).

8. Priorizar las nuevas áreas potenciales para acciones de conservación y manejo.

A partir del sistema de áreas protegidas existentes se debe hacer un análisis para la elección de nuevas áreas con base en los principios de complementariedad, rareza,

endemismo, así como de algoritmos óptimos para obtener la mayor representatividad en el área menor posible. Para obtener mejor resultados, se deben cubrir las metas de representatividad pero también se deben incorporar costos socioeconómicos que estén relacionados con la configuración espacial.

9. Evaluar las áreas seleccionadas de acuerdo a su vulnerabilidad.

La persistencia de la biodiversidad en el lugar es de suma importancia, lo cual puede ser evaluado con un análisis basado en la viabilidad del hábitat y su vulnerabilidad.

10. Refinar los sistemas de áreas seleccionadas para las acciones de conservación.

Se debe hacer un análisis de jerarquización y excluir aquellas zonas que no aseguren la persistencia del hábitat para los subrogados.

11. Examinar la viabilidad de la ejecución del plan, con base en análisis multicriterio.

Elegir la mejor solución y descartar las demás, con criterios adecuados para las áreas potenciales.

12. Ejecutar el plan de conservación.

En este paso se decide la protección legal, plazo en el que se ejecutará y recursos financieros que se le asignarán a cada área priorizada para lograr la persistencia de los subrogados elegidos.

13. Reevaluar y monitorear el funcionamiento del sistema de redes.

Después de un cierto tiempo, se debe re-evaluar la red por medio del monitoreo de indicadores que permitan evaluar si los objetivos están siendo cumplidos, para saber si el proceso ha sido adecuado o no. Si no lo es, es necesario regresar a alguno de los pasos anteriores, puede ser para incluir a otros actores, subrogados o variables socio-económicas.

OBJETIVO GENERAL

Generar una red de áreas de conservación estatal que garantice una adecuada representatividad de la diversidad biológica en Oaxaca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar las distintas iniciativas de conservación existentes en Oaxaca, respecto a su extensión territorial y los tipos de vegetación que representan.
2. Evaluar la representación de los vertebrados terrestres como subrogados de la diversidad biológica del estado y comparar su representatividad.
3. Realizar un análisis multi-criterio en la selección de áreas prioritarias de conservación, empleando variables socio-político-económicas.
4. Generar propuestas sobre áreas prioritarias de conservación y su conectividad para el estado de Oaxaca.

CAPÍTULO I

LAS INICIATIVAS DE CONSERVACIÓN EN OAXACA

Monroy, G. A. G., V. Sánchez-Cordero, M. Briones-Salas, R. Lira-Saade, J. M. Maass. 2015. Representatividad de los tipos de vegetación en distintas iniciativas de conservación en Oaxaca, México. *Bosque* **36**(2):199-210 DOI: 10.4067/S0717-92002015000200006



Representatividad de los tipos de vegetación en distintas iniciativas de conservación en Oaxaca, México

Representativeness of vegetation types in different conservation initiatives in Oaxaca, Mexico

Alina Gabriela Monroy Gamboa ^{a*}, Víctor Sánchez-Cordero ^a, Miguel Briones-Salas ^b, Rafael Lira-Saade ^c, José Manuel Maass Moreno ^d

*Autor de correspondencia: ^a Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Zoología, Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Distrito Federal, México, C.P. 04510, tel.: (0052-55) 5622-9147, ext. 47846, beu_ribetzin@hotmail.com

^b Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Oaxaca, Laboratorio de Vertebrados Terrestres (Mastozoología), Oaxaca, México.

^c Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores-Iztacala, Laboratorio de Recursos Naturales, UBIPRO, Estado de México, México.

^d Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Ecosistemas-Morelia, Michoacán, México.

SUMMARY

Oaxaca shows an exceptional biodiversity, although a high rate of natural habitat loss threatens its conservation. Here we analyze different initiatives for conservation, their extension and vegetation representativeness in Oaxaca, until 2008. We compiled different initiatives from governmental, non-governmental, and academic and private institutions and analyzed their geographic overlap. Conservation initiatives were classified in three groups: two initiatives with support and recognition of the Mexican government (official conservation initiatives) and a third one stemming from indigenous communities known as voluntarily preserved areas. The results showed that the official conservation initiatives covered approximately 40 % of Oaxaca, showing 19 % of overlap. Official conservation initiatives adequately represented pine-oak forests; nonetheless, open forests, with secondary vegetation of shrubs and herbs are poorly represented. The conservation initiative showing the highest extension were communities supported by the Payment for Environmental Services Program, while the voluntarily preserved areas had the smallest extension in Oaxaca.

Key words: voluntarily preserved areas, initiatives of conservation, Mexico, vegetation types, biodiversity.

RESUMEN

El estado de Oaxaca al sur de México, posee una excepcional biodiversidad, pero una alta pérdida de hábitat natural amenaza su conservación. Este estudio presenta un análisis de las distintas iniciativas de conservación existentes, su extensión territorial y los tipos de vegetación que representan en Oaxaca, con base en consultas a diversas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, instituciones académicas y privadas, así como en literatura científica publicada hasta el año 2008. Se analizó, por medio de un sistema de información geográfica, la superposición de las diversas iniciativas de conservación. Estas iniciativas se clasificaron en tres grupos: dos iniciativas con respaldo y reconocimiento de parte del gobierno mexicano y una más constituida por iniciativas particulares de comunidades indígenas, denominadas áreas voluntarias para la conservación. Los resultados indicaron que los tres tipos de iniciativas de conservación, en conjunto, ocupan aproximadamente 40 % de la superficie de Oaxaca; se observó una sobreposición de 19 % de la superficie entre estas iniciativas, principalmente en tierras cubiertas por bosque de pino-encino. No se detectaron iniciativas de conservación en el bosque bajoabierto con vegetación secundaria arbustiva y herbácea. La iniciativa que abarcó la mayor extensión territorial en Oaxaca fue la de las comunidades apoyadas por el Programa de Pago por Servicios Ambientales, en tanto que las áreas voluntarias de conservación, se caracterizan por haber cubierto la menor extensión territorial de Oaxaca.

Palabras clave: áreas voluntarias de conservación, iniciativas de conservación, México, tipos de vegetación, biodiversidad.

INTRODUCCIÓN

La enorme pérdida de biodiversidad a nivel mundial, incrementa el interés por la generación de diversas iniciativas de conservación, principalmente en países megadiversos (Mittermeier *et al.* 1997). Entre estos países se encuen-

tra México que, desde hace varios años, ha decretado una serie de áreas naturales protegidas en gran parte de su territorio (CONANP 2008). La riqueza biológica de México se concentra, principalmente, en su parte correspondiente a la región Neotropical, donde se ubica Oaxaca, uno de los estados con mayor diversidad biológica del país. Oaxaca in-



cluye el 50 % de plantas vasculares, 19 % de invertebrados, 35 % de anfibios, 26 % de reptiles, 63 % de aves y 55 % de los mamíferos terrestres de México, así como 127 especies de peces continentales; adicionalmente, estas especies tienen una importancia socioeconómica relevante, ya que más de 500 especies de plantas y 85 especies de insectos comestibles son usados frecuentemente en Oaxaca (García-Mendoza *et al.* 2004). Se reconocen 26 diferentes tipos de vegetación agrupados bajo un criterio fisonómico-florístico (García-Mendoza *et al.* 2004). Sus diversos tipos de bosques cubren cerca del 64 % del estado (9,5 millones de hectáreas) y cerca del 70 % de este territorio corresponde a comunidades forestales, de las cuales 3,3 millones de hectáreas corresponden a bosques templados y 2,6 millones de hectáreas a bosques húmedos o bosques secos. El 82 % de ese territorio es propiedad de comunidades indígenas o mestizas (Martin *et al.* 2011). Oaxaca muestra un acelerado cambio de uso de suelo que ha resultado en una alta pérdida de la cobertura vegetal debido al pastoreo excesivo, la expansión agrícola, el crecimiento de los asentamientos humanos y la explotación irracional de los bosques, con la consecuente amenaza de pérdida de la biodiversidad. El deterioro de los ecosistemas puede resultar en extinción de especies y en la pérdida del uso sustentable de los recursos bióticos (García-Mendoza *et al.* 2004).

Las iniciativas de conservación de la biodiversidad que el gobierno federal ha establecido en el país y, consecuentemente, en Oaxaca son (1) áreas protegidas decretadas, consideradas como el instrumento de política de conservación de biodiversidad más importante en México, reguladas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, y que son porciones terrestres o acuáticas que representen ecosistemas relevantes, donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado o que produzca algún beneficio ecológico (LGEEPA 2012). Actualmente, existen 174 áreas naturales protegidas en el país, de las cuales, siete se encuentran en Oaxaca (CONANP 2007); (2) áreas protegidas, bajo el esquema de pagos por servicios ambientales, principalmente pago por servicios hidrológicos, captura de carbono y biodiversidad, administrados por la Comisión Nacional Forestal; bajo este esquema, las comunidades indígenas y campesinas, y pequeños propietarios son apoyados económicamente por ofrecer cuidados a sus bosques; estos pueden clasificarse en protección de la biodiversidad (no extracción ni cacería) e hidrológicos, destinados a mantener la cobertura vegetal y manejar adecuadamente los suelos para contribuir a la conservación y recarga de los acuíferos y (3) Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre, que buscan promover esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente, a través del uso racional, ordenado y planificado de los recursos naturales renovables contenidos en ellas, frenando o revertiendo los procesos de deterioro ambiental (LGEEPA 2012).

Además de estos esfuerzos federales de conservación,

(1) áreas protegidas estatales decretadas, que incluyen áreas con uno o más ecosistemas, que poseen belleza escénica, valor científico, educativo, recreacional, histórico y con flora y fauna, con aptitud para el desarrollo del turismo (CONANP 2007). Son decretadas y administradas enteramente por el gobierno estatal y hasta el momento, se pueden reconocer como ejemplo de este esquema de conservación: un monumento natural, dos santuarios y un área de protección de flora y fauna (Martin *et al.* 2011), y (2) áreas voluntarias de conservación, las cuales pertenecen a comunidades indígenas, campesinas, particulares y empresas que de manera voluntaria son destinadas a la conservación. Estas últimas están, a su vez, divididas en áreas de conservación certificadas, las cuales son reconocidas por la CONANP y se integran al sistema de áreas naturales de conservación en Oaxaca, sin que las comunidades pierdan el dominio, manejo o gobernanza de las tierras que destinan a conservación (Elizondo y López 2009) y, finalmente, áreas comunales protegidas, que son áreas comunitarias indígenas y campesinas, sin un registro o certificación oficial; en la mayoría de los casos estas áreas son seleccionadas de acuerdo con un sistema muy antiguo de “usos y costumbres”, a través de asambleas comunitarias.

Es importante mencionar que existen aproximadamente 150 áreas comunales protegidas en México, la mayoría de las cuales se ubican en Oaxaca (CONABIO 2008, Martin *et al.* 2011). Lo anterior resulta lógico, debido a que 80 % de la superficie forestal de Oaxaca, así como la biodiversidad que sus ecosistemas albergan se encuentran bajo el control de aproximadamente 1.400 comunidades indígenas¹ y ejidos² (Moguel y Toledo 1999, Sarukhán y Larson 2001, Martin *et al.* 2011, DOF 1992).

Este grupo de áreas comunales de conservación, están definidas por la *International Union for Conservation of Nature* como “ecosistemas naturales y/o modificados incluyendo valores de biodiversidad, beneficios ecológicos y valores culturales conservados voluntariamente por indígenas y comunidades locales, sedentarias y móviles, a través de leyes consuetudinarias y otros significados efectivos” (Borrini-Feyerabend *et al.* 2004). Dentro de esta categoría se pueden distinguir las áreas de conservación por manejo forestal, las reservas comunales campesinas, los sitios naturales sagrados, las áreas de conservación bajo cafetales, las áreas destinadas al ecoturismo, las áreas destinadas a

Comunidades indígenas: núcleos de poblaciones formados por el conjunto de tierras, bosques y aguas que fueron reconocidos o restituidos, y que han estado en posesión de esta población desde muchos años atrás, con costumbres y prácticas comunales.

Ejidos: parcelas de tierra, bosques o aguas que el gobierno reconoce como personalidad jurídica y protege su propiedad sobre la tierra, tanto para el asentamiento humano y regulará el aprovechamiento de tierras, bosques y aguas de uso común y la provisión de acciones de fomento necesarias para elevar el nivel de vida de sus pobladores.

Los derechos parcelarios se pueden transmitir entre los miembros del núcleo de población y el Estado fijará los requisitos y procedimientos



proyectos productivos y las áreas para servicios ambientales locales, entre otras (Borrini-Feyerabend *et al.* 2004). La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) ha promovido la certificación de aproximadamente 177 áreas desde 2002, ya sean comunitarias o privadas a solicitud de los dueños, en el marco normativo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, que establece que las comunidades indígenas y campesinas pueden establecer áreas de conservación de manera legal y voluntaria. En Oaxaca, existen 74 áreas de conservación certificadas, comunales o ejidales y 36 privadas (CONANP 2007, Ortega-del Valle *et al.* 2010). Estas iniciativas de conservación, en conjunto, intentan conocer, proteger y utilizar la biodiversidad de uno de los estados más ricos biológicamente de México. Sin embargo, no se sabe con exactitud su extensión y funcionalidad. En este sentido, se plantea como interrogante, si la iniciativa de conservación propuesta por el Gobierno Federal (Áreas Protegidas decretadas) es suficiente para representar, adecuadamente la diversidad de tipos de vegetación presentes en el estado de Oaxaca. El planteamiento alternativo es que es indispensable incluir a todas las diferentes iniciativas de conservación para representar adecuadamente la diversidad de tipos de vegetación de Oaxaca.

Los objetivos de este trabajo son (1) presentar un análisis cualitativo de la distribución geográfica, extensión territorial y representatividad de los tipos de vegetación de las distintas iniciativas de conservación en Oaxaca, (2) analizar la distribución geográfica de las iniciativas de conservación (áreas naturales protegidas, áreas apoyadas con pagos por servicios ambientales y áreas voluntarias de conservación) en las provincias fisiográficas del estado y los tipos de vegetación presentes en las zonas de superposición y de ausencia de iniciativas de conservación y, (3) analizar la contribución de las áreas voluntarias de conservación respecto a la representación de los tipos de vegetación de Oaxaca.

MÉTODOS

Oaxaca es el quinto estado más extenso en México, con una superficie de 95.364 km², que representa 4,8 % de la superficie del país. Sus coordenadas geográficas extremas son: 15° 39' – 18° 42' N y 93° 52' - 98° 32' O. La variación altitudinal oscila desde el nivel del mar hasta los 3.750 m s.n.m. y se caracteriza por su fisiografía accidentada, diversos tipos de clima y de suelos, que propicia una alta diversidad biológica y de comunidades vegetales. Se reconocen en el estado 26 diferentes tipos de vegetación, agrupados bajo un criterio fisonómico-florístico. La paleogeografía demuestra que el estado fue desplazado desde una latitud mayor a la actual, lo que junto con el intrincado relieve, la exposición a los sistemas meteorológicos que se desarrollan en el Golfo de México y en el Océano Pacífico, las corrientes marinas y la temperatura del océano, hacen que Oaxaca se distinga por tener una alta heterogeneidad

ambiental y variedad climática. Oaxaca también tiene una compleja historia edafológica; las condiciones de los suelos, los hacen vulnerables a la erosión natural, por sus ríos y microcuencas con pendientes pronunciadas (García-Mendoza *et al.* 2004).

Durante el año 2008, se realizaron consultas a quince instituciones involucradas en alguna acción de conservación dentro del estado, para obtener información biológica, estadística y geográfica de las áreas que cuentan con alguna de estas iniciativas. Dicha consulta, se hizo mediante entrevistas en las que los informantes hablaron libremente sobre el tema de las iniciativas de conservación en el estado y proporcionaron documentos que fueron revisados, como ordenamientos territoriales, mapas y polígonos de áreas de conservación. Del Gobierno Federal se consultaron documentos de ocho instituciones del sector ambiental: La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Instituto Nacional de Ecología, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la Comisión Nacional Forestal, la Comisión Nacional del Agua y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. De estas, solamente se utilizaron los datos de cuatro que cumplían con los objetivos del estudio y fueron más completos y confiables: la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y la Comisión Nacional Forestal.

En cuanto a instituciones no gubernamentales se realizaron consultas solamente en cuatro de ellas, las cuales contaban con información disponible: dos internacionales (World Wildlife Fund y Global Diversity Foundation) y dos nacionales (Geoconservación Asociación Civil y Estudios Rurales y Asesoría Campesina, Asociación Civil). De las instituciones educativas y centros de investigación, se visitaron las tres más importantes en cuanto a antigüedad y producción científica sobre el tema de las iniciativas de conservación en el estado de Oaxaca: el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional), el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca y a la Universidad Benito Juárez de Oaxaca; sin embargo, en estas últimas dos, la información fue escasa.

Los datos geográficos proporcionados por las diferentes instituciones, como los polígonos de las iniciativas de conservación, se analizaron por medio de un sistema de información geográfica, mediante el programa *ArcView* (3.2). En primer lugar, se proyectaron sobre el polígono del estado de Oaxaca. En el caso de áreas protegidas que además abarcan a otros estados, como la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, los polígonos se cortaron siguiendo el contorno del límite estatal para obtener la superficie que ocupan dentro de Oaxaca.

Todas las iniciativas de conservación identificadas se clasificaron en tres grandes grupos, considerando prin-



principalmente el tipo de administración: a) Áreas naturales protegidas: se incluyen aquellas áreas que cuentan con un decreto y son de administración estatal o federal; b) Áreas apoyadas con pagos por servicios ambientales, por el gobierno federal, durante los años 2003-2007 y por biodiversidad e hidrológicos durante 2008: agrupa a todas aquellas áreas que fueron propuestas por los dueños de los terrenos a cambio de un incentivo económico por parte del gobierno federal; y c) Áreas voluntarias para la conservación: incluye todas las áreas donde las comunidades indígenas o campesinas, así como particulares o empresas forestales decidieron proteger alguna parte de su territorio de manera voluntaria. Se incluyen aquellas áreas que han sido certificadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (comunales, ejidales y privadas o particulares) así como las que no cuentan con certificación. En ambos casos el cuidado, administración y uso están exclusivamente a cargo de los dueños de las áreas.

Para cada área identificada de manera individual se obtuvieron las coordenadas geográficas y, a partir de ellas se generó su respectivo polígono (en proyección cónica conforme de Lambert). Se cuantificó el número de áreas para cada categoría y se obtuvo la extensión territorial para el conjunto de ellas. Se cuantificó la superficie (km²) superpuesta de los polígonos entre las diversas iniciativas y el

porcentaje con respecto al territorio estatal. Así mismo, se proyectaron estas áreas sobre el mapa de uso de suelo y vegetación (serie III del Instituto Nacional de Estadística y Geografía; INEGI 2007) con lo que se obtuvo el porcentaje de superficie que correspondiente a cada tipo de vegetación, representados en las iniciativas de conservación. De las 45 categorías de vegetación que se encontraron representadas dentro del estado de Oaxaca, se eliminaron nueve (agricultura de humedad, agricultura de riego y riego eventual, agricultura de temporal con cultivos anuales, agricultura de temporal con cultivos permanentes y semi-permanentes, áreas sin vegetación aparente, asentamientos humanos, pastizal cultivado, pastizal inducido y cuerpos de agua) debido a que estas categorías no representan tipos de vegetación.

Por otra parte, se analizó la ubicación geográfica de las iniciativas de conservación en cada una de las 12 provincias fisiográficas del estado (figura 1; Ortíz-Pérez *et al.* 2004) y se cuantificó el número de ellas presentes en cada provincia, así como la extensión territorial que cuenta (o no) con iniciativas de conservación. Se analizó si existen diferencias significativas entre las extensiones que cubren los tipos de vegetación en las diferentes iniciativas de conservación, por medio de un análisis de Varianza de Medidas Repetidas. Posteriormente, para separar los grupos que difieren

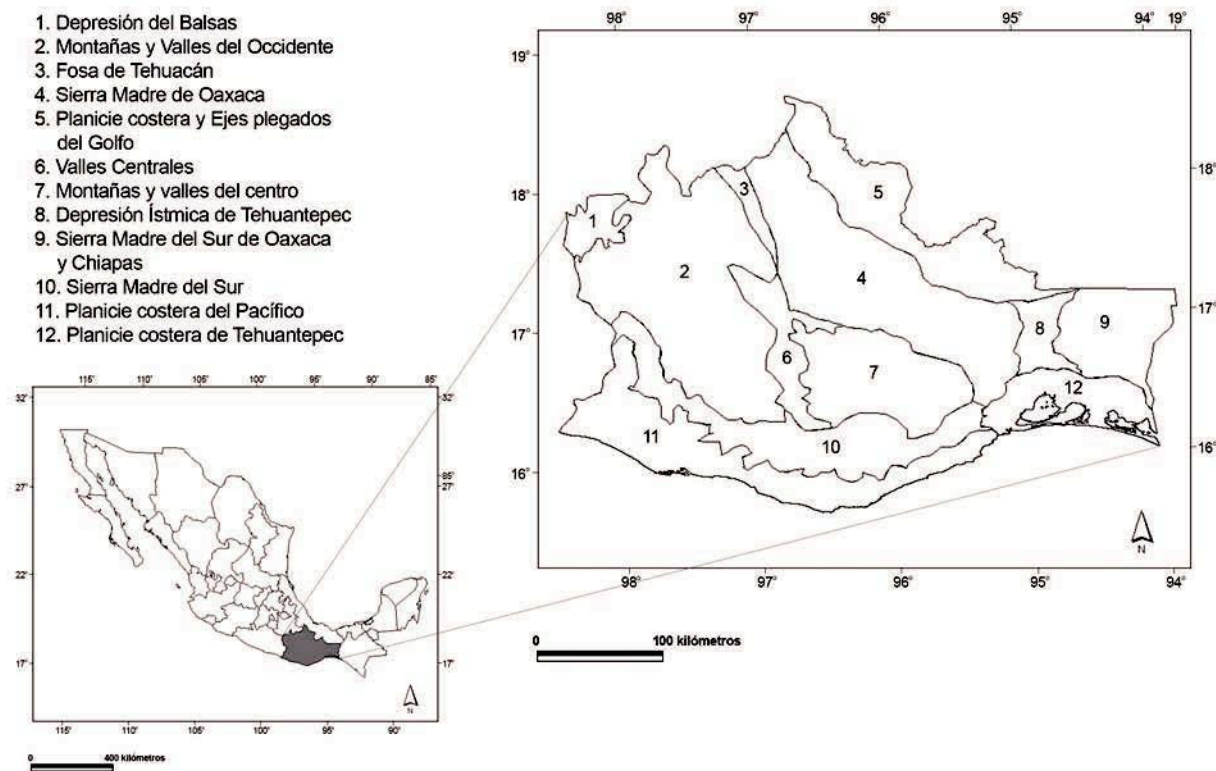


Figura 1. Ubicación geográfica de Oaxaca, México, y la división del estado en provincias fisiográficas. Modificado de Ortíz-Pérez *et al.* (2004).

Geographic localization of Oaxaca in Mexico and the state division by physiographic provinces. Modified from Ortíz-Pérez *et al.* (2004).



de otros, se realizó una comparación múltiple, utilizando la prueba de Student-Newman, con un nivel de probabilidad de $P < 0,05$, en el programa SigmaStat 3.5 (Zar 1984).

RESULTADOS

Se registró un total de 880 áreas bajo alguna iniciativa de conservación. La mayoría (337) de estas pertenecen a la categoría de comunidades apoyadas con pagos por servicios ambientales hidrológicos. Las comunidades apoyadas con pagos por servicios ambientales, cubrieron poco más de la mitad del territorio del estado (52,32 %). Por su parte, las áreas naturales protegidas decretadas por el gobierno federal, cubrieron 3.256,07 km² (3,41 % con respecto al estado). La extensión territorial de las áreas voluntarias de conservación sumó una superficie similar a la de las áreas naturales protegidas. Las áreas comunales protegidas sin certificación contribuyeron con 1.073,7 km² (1,1 % de Oaxaca), las áreas comunales o ejidales certificadas, un total de 921,3 km² (0,9 % de Oaxaca); en tanto que las áreas naturales protegidas decretadas por el gobierno estatal tuvieron una superficie de 41,75 km² (0,04 % de la superficie del estado) y finalmente las áreas certificadas privadas 9,9 km² (0,01 % de Oaxaca). El total de las tres iniciativas de conservación incluyeron un área de 54.621,1 km² que equivale poco más de la mitad del territorio Oaxaqueño (cuadro 1, figura 2).

La provincia conocida como Depresión del Balsas contó sólo con una iniciativa de conservación de pago por servicios ambientales hidrológicos, seguida de la planicie costera de Tehuantepec con dos iniciativas, la cual se considera una zona de gran importancia de distribución de especies vegetales y de fauna. En contraste, se encontró que la provincia de la Sierra Madre de Oaxaca es en la que

Cuadro 1. Superficie cubierta por las iniciativas de conservación en Oaxaca, México y su porcentaje con respecto a la superficie total del estado.

Area covered by conservation initiatives in Oaxaca, Mexico, and their percentage regarding the total state's area.

Iniciativa de Conservación	Superficie (km ²)	Porcentaje
Áreas apoyadas con pagos por servicios Ambientales	50.761,9	53,2
Áreas naturales Protegidas	3.927,8	3,5
Áreas voluntarias de Conservación	2.004,9	2,1
Total	54.621,1	57,3

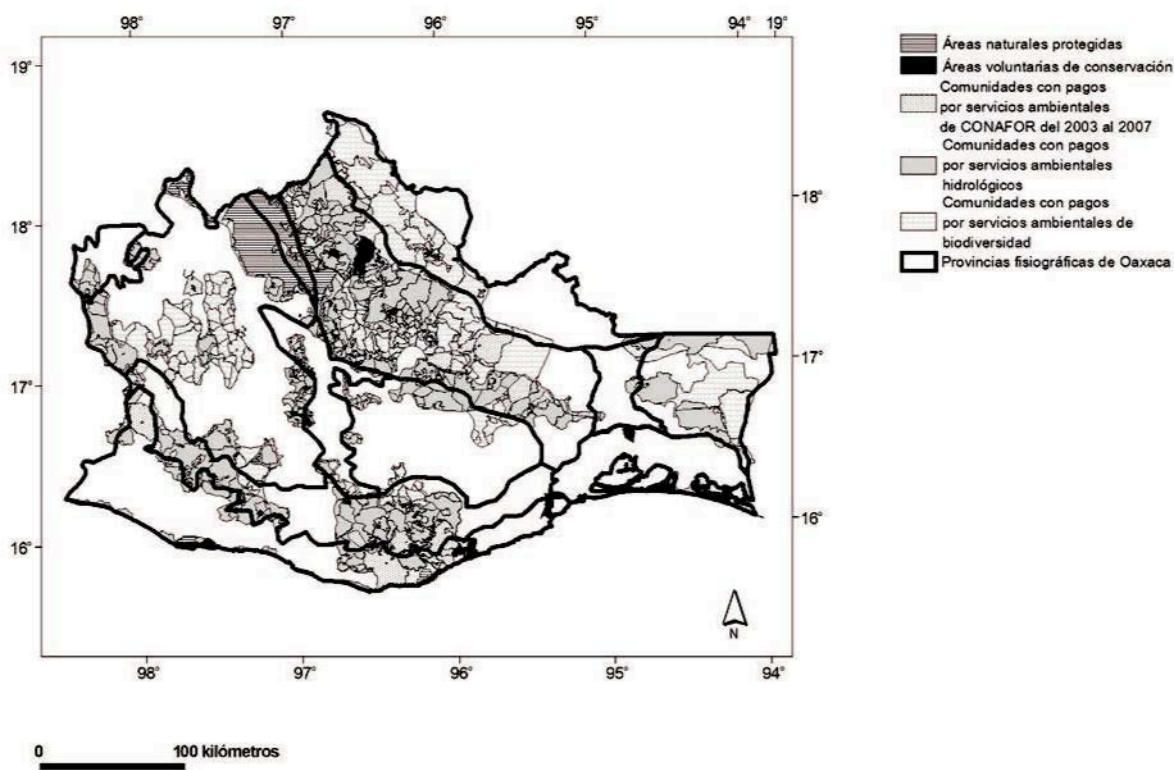


Figura 2. Localización de las iniciativas de conservación en el estado de Oaxaca, México.
 Localization of the conservation initiatives of Oaxaca, Mexico.



se conserva una superficie mayor y en ella estaban representadas todas las diferentes iniciativas de conservación (cuadro 2).

Las comunidades que recibieron pago por servicios ambientales hidrológicos, mostraron la mayor superposición con todas las demás iniciativas, seguidas por las comunidades que reciben pagos por servicios ambientales de biodiversidad. Las únicas iniciativas de conservación que no se superpusieron, fueron las áreas protegidas federales con las áreas voluntarias de conservación, debido a que estas últimas son de iniciativa y financiamiento comunal o ejidal (cuadro 3). La superposición de iniciativas de conservación mostró que los esfuerzos se multiplicaron en algunas áreas, como ocurrió en la Sierra Madre de Oaxaca y Sierra Madre del Sur, mientras que otras se encontraron relativamente desprotegidas, propiciando que algunas especies endémicas no contaran con este tipo de protección.

Cuadro 2. Superficie (km²) ocupada por las diferentes iniciativas de conservación para cada provincia fisiográfica y el número de las mismas (en paréntesis) en el estado de Oaxaca, México.

Surface (km²) of the different conservation initiatives for each physiographic province and the number of them (between brackets) at Oaxaca State, Mexico.

Provincia fisiográfica	Superficie total	Áreas naturales protegidas	Comunidades apoyadas con pagos por servicios ambientales (2003-2007)	Comunidades apoyadas con pagos por servicios Ambientales (Hidrológicos)	Comunidades apoyadas con pagos por servicios ambientales (Biodiversidad)	Áreas voluntarias de Conservación
Depresión del Balsas	1.660	0	0	412 (18)	0	0
Montañas y Valles del Occidente	19.993	1.695 (1)	348 (25)	3.237 (80)	5.416 (25)	0
Fosa de Tehuacán	1.068	865 (1)	85 (7)	83 (8)	917 (16)	0
Sierra Madre de Oaxaca	17.098	427 (1)	2.696 (115)	8.759 (136)	5.397 (25)	282 (6)
Planicie Costera y Ejes plegados del Golfo	9.713	0	193 (9)	190 (10)	4.354 (25)	6 (1)
Valles Centrales	3.400	0	178 (28)	581 (46)	205 (15)	0
Montañas y Valles del Centro	8.399	0	77 (7)	1.063 (37)	577 (15)	0
Depresión Istmica de Tehuantepec	2.054	0	8 (1)	221 (5)	130 (2)	3 (1)
Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas	6.211	0	40 (2)	1.698 (5)	1.971 (4)	0
Sierra Madre del Sur	9.544	0	1.148 (102)	4.786 (63)	641 (22)	14 (1)
Planicie Costera del Pacífico	11.182	176 (2)	1.464 (42)	2.360 (40)	445 (9)	226 (7)
Planicie Costera				327		60



Cuadro 3. Superficie de superposición y porcentaje respecto a la superficie total del estado, de las áreas protegidas en diferentes iniciativas de conservación.

Overlap surface and percentage in relation to the state's total surface, of the protected areas at different conservation initiatives.

	Áreas Protegidas		Áreas voluntarias de conservación		Biodiversidad		Hidrológicos		Comunidades con apoyo	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Áreas protegidas	-	-	0	0	2.687,9	4,92	572,9	1,05	133,6	0,24
Áreas voluntarias de conservación					6,4	0,01	289,9	0,53	1.924,0	2,01
Biodiversidad							100,2	0,18	1.234,8	2,26
Hidrológicos									4.170,4	7,63
Comunidades con apoyo									-	-

Cuadro 4. Porcentajes de los tipos de vegetación según la serie III del Inventario Nacional Forestal, representados en las iniciativas de conservación de Oaxaca, México.

Percentages of vegetation types according to the III series by the Inventario Nacional Forestal, represented in the conservation initiatives in Oaxaca, Mexico.

Tipo de vegetación	Áreas protegidas	Áreas voluntarias de conservación	Comunidades apoyadas 2003-2007	Pagos biodiversidad	Pagos Hidrológicos
	%				
Bosque bajo-abierto con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bosque de encino	19,80	0,00	3,56	9,80	5,32
Bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	5,02	0,00	2,20	2,37	3,44
Bosque de oyamel con ayarín y cedro	0,00	0,00	0,06	0,04	0,02
Bosque de pino	0,00	0,00	4,76	5,55	6,55
Bosque de pino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0,20	0,00	2,70	1,93	3,70
Bosque de pino-encino y encino-pino	7,13	1,05	22,21	21,27	22,11
Bosque de pino-encino y encino-pino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0,60	0,00	4,55	4,10	10,07
Bosque de táscate	1,81	0,00	0,01	0,57	0,00
Bosque de táscate con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0,32	0,00	0,00	0,05	0,00
Bosque mesófilo de montaña	0,13	24,56	12,65	3,67	9,86
Bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria arbustiva y Herbácea	0,03	3,77	6,52	6,10	6,45
Chaparral	0,18	0,00	0,55	0,20	0,01
Manglar	0,86	0,00	0,00	0,22	1,22
Matorral crasicuale	3,70	0,00	0,00	0,59	0,00
Matorral crasicuale con vegetación Secundaria	0,48	0,00	0,00	0,08	0,00
Matorral desértico rosetófilo	0,01	0,00	0,00	0,08	0,00
Matorral desértico rosetófilo con vegetación secundaria	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00



Continuación Cuadro 4

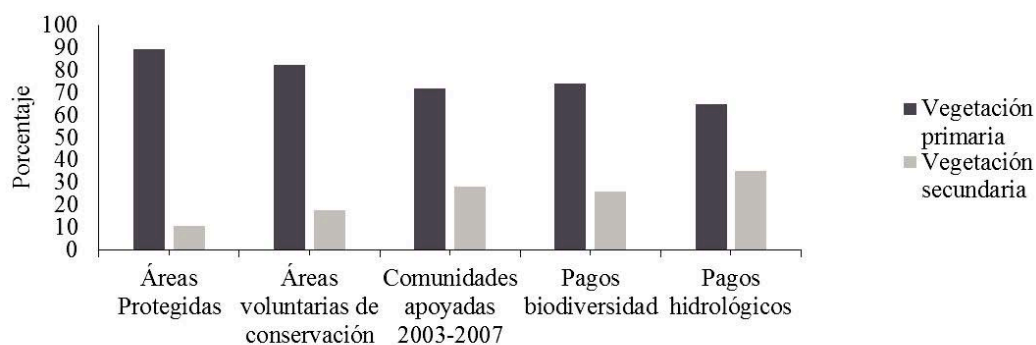
Matorral espinoso tamaulipeco	0,12	0,00	0,00	0,03	0,00
Palmar	1,14	0,16	0,02	0,95	0,02
Pastizal natural y pastizal-huizachal Popal-tular	3,24	0,00	0,00	0,65	0,00
Pradera de alta montaña	0,00	0,00	0,03	0,00	0,07
Sabana	0,00	0,00	3,03	0,00	0,70
Selva alta y mediana perennifolia	0,01	16,31	8,04	18,22	7,94
Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0,01	9,33	3,27	10,00	5,53
Selva alta y mediana subperennifolia	0,79	0,00	5,47	0,19	3,54
Selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	1,08	0,00	1,32	0,18	1,16
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	46,78	38,08	3,85	10,86	5,06
Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	2,70	4,49	0,69	0,75	2,24
Selva baja espinosa con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	2,91	1,20	7,77	1,20	2,13
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0,30	0,00	6,69	0,22	2,63
Vegetación con dunas costeras	0,39	0,12	0,00	0,07	0,12
Vegetación de galería con bosque, selva y vegetación de galería	0,20	0,00	0,03	0,05	0,00
Vegetación halófila y gipsófila	0,00	0,93	0,00	0,00	0,05

secundaria arbustiva y herbácea, popal-tular y matorral desértico rosetófilo con vegetación secundaria. Mientras que el bosque de pino-encino y la selva baja caducifolia y subcaducifolia se encontraron en más de 50 % (cuadro 4). Por otro lado, 16 tipos de vegetación estuvieron representados en las cinco diferentes iniciativas de conservación y tres tipos de vegetación (selva baja espinosa con vegetación secundaria y arbustiva y herbácea, popal-tular y matorral desértico rosetófilo con vegetación secundaria) estuvieron presentes en solamente una de las iniciativas de conservación (dos en las comunidades apoyadas con pagos por servicios ambientales hidrológicos y la otra en un área natural protegida; cuadro 4).

Las comunidades apoyadas con pagos por servicios ambientales por biodiversidad fueron las que representaron un mayor número de tipos de vegetación (29), así como las áreas naturales protegidas (28); en cambio, las que mostraron menor variedad de tipos de vegetación fueron las áreas voluntarias de conservación (11), esto debido a que ocupan

En la clasificación de los tipos de vegetación de acuerdo con su estado de conservación (vegetación primaria y vegetación secundaria) para cada tipo de iniciativa, se mostró que las áreas voluntarias de conservación albergan un mayor porcentaje de vegetación primaria dentro de sus superficies (89,2 %). Las comunidades con pagos por servicios ambientales hidrológicos son las que poseen el mayor porcentaje de vegetación secundaria (35, 2 %; figura 3).

Se analizaron los datos por medio de un análisis de Varianza de Medidas Repetidas y se encontraron diferencias significativas entre las coberturas de los tipos de vegetación en las diferentes iniciativas de conservación ($X^2 = 43,92$, g.l. 4, $P < 0,001$). Al aislar los diferentes grupos (iniciativas de conservación), no se encontraron diferencias significativas en dos de las comparaciones: por un lado, pagos por biodiversidad y pagos hidrológicos y, por otro lado entre áreas protegidas y comunidades apoyadas durante 2003-2007, mientras que en las restantes ocho comparaciones sí hubo diferencias significativas



Iniciativas de conservación

Figura 3. Porcentaje de cobertura vegetal según su estado de conservación.

Percentage of vegetal coverage referred to their conservancy mode.

DISCUSIÓN

El conjunto de iniciativas de conservación muestra una cobertura de aproximada del 40 % del estado (figura 2, cuadro 2). La representación de los tipos de vegetación presente en las iniciativas de conservación, en su conjunto, es notoriamente mayor, a la representatividad que se obtiene, al considerar solamente a las áreas protegidas decretadas. Esto demuestra, claramente, que es necesario incorporar iniciativas de conservación regionales o locales, para complementar adecuadamente la representatividad de los tipos de vegetación que cubren las áreas protegidas decretadas, conservando así una mayor biodiversidad (CONABIO *et al.* 2007). Para el caso de Oaxaca, la red de áreas protegidas decretadas no incluye todos los tipos de vegetación; por tanto, es necesario incorporar otras iniciativas de conservación, como las áreas voluntarias de conservación, que hacen una valiosa aportación de la re-representatividad de tipos de vegetación.

Las comunidades que reciben pagos por servicios ambientales por biodiversidad y por servicios hidrológicos, muestran una superposición importante con otras iniciativas de conservación, particularmente en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Oaxaca, debido a que esta parte del estado es donde existen una mayor cantidad de áreas voluntarias de conservación (figura 2). Las comunidades que reciben pagos por servicios ambientales son las que más se superponen con otras, debido a que son los que cuentan con mayor superficie (figura 2).

Las áreas voluntarias de conservación protegen una superficie mayor en Oaxaca, en comparación con las áreas naturales protegidas estatales, lo que resalta la importancia de las organizaciones comunitarias indígenas en la conservación estatal, ya que, además, se trata de áreas conservadas producto de la iniciativa de las propias comunidades, con lo que se atenúan los conflictos sociales y políticos, por el control y el uso de los recursos. Además, se estimu-

lan los procesos participativos, ya que a menudo no hacen distinción entre objetivos de conservación biológicos, económicos o sociales (Little 1994, Western y Wright 1994, Ghimire y Pimbert 1997, Wilshusen *et al.* 2002, Berkes 2009). Dichas áreas también resultan importantes ya que integran iniciativas de restauración ecológica donde hay vegetación secundaria (Alix-García *et al.* 2003).

Entre las áreas voluntarias de conservación, se han documentado algunos esfuerzos efectivos en cuanto a la conservación y restauración de ecosistemas. Un ejemplo es el caso de la Unión Zapoteca-Chinanteca (Sierra Madre de Oaxaca), en cuyas tierras se ha incrementado la cobertura forestal en 500 ha, después de 18 años de reforestación comunitaria y de la regulación de la agricultura en áreas boscosas (Bray *et al.* 2003). Otro ejemplo, es el de la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji (Sierra Madre de Oaxaca), donde en la década de 1950 se encontraba la fábrica de papel Tuxtepec, que tuvo por tres décadas la concesión del Estado para explotar los bosques de la comunidad.

En 1982, una vez terminado dicho plazo, la comunidad decidió revocar el permiso y formó una unidad propia de explotación forestal, con manejo sustentable, en donde establecieron un área dedicada a la conservación (Garnica *et al.* 2006). Estos casos exitosos sugieren que las áreas comunales de conservación generan tanto beneficios sociales como económicos (Bray *et al.* 2003).

Varios ordenamientos territoriales comunitarios se han desarrollado en comunidades que ya contaban con áreas protegidas previas, como en el caso de Santa María Tonameca, en el municipio de Pochutla, en la provincia de la Planicie Costera del Pacífico que, desde 2006, instauró una reserva natural comunitaria con apoyo del proyecto Conservación de la Biodiversidad por Comunidades Indígenas (COINBIO) de la Comisión Nacional Forestal. Esta reserva se encuentra dividida en siete secciones con una superficie total de 77,42 km² e incluye la participación de las comunidades de Juan Diego, Cerrón, San Antonio, Po-



trero-Mazunte, Corral de Piedra, Laguna Tonameca y Río Tonameca-San Francisco. Asimismo, algunas comunidades sin áreas protegidas han desarrollado otras acciones y avances importantes en conservación, como la comunidad Santa María Yucuhití, en el municipio de Tlaxiaco, en la provincia de Montañas y Valles de Occidente del estado (figura 1) que instauró una campaña de reforestación, debido a que existe un alto índice de deforestación causado por plagas, lo que además causa erosión del suelo y en la comunidad hacen uso del bosque para plantaciones de café orgánico, el cual comercializan (López 2010).

La provincia fisiográfica de la Depresión del Balsas, que es la segunda con menor extensión, presenta sólo una iniciativa de conservación, de pagos por servicios ambientales hidrológicos. Esto contrasta con la provincia de la Fosa de Tehuacán que es la de menor extensión y presenta cuatro de las cinco iniciativas de conservación (cuadro 2). Lo anterior demuestra la forma en que se da la redundancia de los esfuerzos de conservación en Oaxaca (cuadro 3) en algunas regiones, mientras que en otras ya zonas importantes sin ningún tipo de protección. Es importante resaltar que en la provincia de la Sierra Madre de Oaxaca se encuentran todos los tipos de iniciativas de conservación; esto se debe, además de su extensión (la segunda más grande después de la de Montañas y Valles de Occidente) y a que es una de las más estudiadas y conocidas por su proximidad y acceso a través de la capital del estado (figura 1).

Aún existen extensas regiones del estado que no incluyen o incluyen muy pocas iniciativas de conservación, como la provincia de la Planicie Costera de Tehuantepec, en donde se localizan exclusivamente áreas certificadas privadas, dedicadas al cultivo de café de sombra. Esta región contiene una alta concentración de especies endémicas de flora y de fauna, además de que es el límite de distribución de muchos vertebrados, debido a las características fisiográficas particulares del lugar (García-Mendoza *et al.* 2004).

Las iniciativas de conservación muestran una representatividad diferencial de los distintos tipos de vegetación.

Por ejemplo, 46,8 % de la superficie de las áreas naturales protegidas y 38,1 % de la de las áreas voluntarias de conservación protegen selva baja caducifolia y subcaducifolia. Es importante resaltar que en las áreas voluntarias de conservación se observa el porcentaje más alto de bosque mesófilo de montaña con 24,6 % y conservan en su mayoría bosques de pino-encino y selva baja caducifolia y subcaducifolia (cuadro 4; Ortega-del Valle *et al.* 2010). Las comunidades apoyadas por la Comisión Nacional Forestal del 2003 al 2007 y las de pagos por servicios ambientales de biodiversidad e hidrológicos, conservan en su mayoría bosque de pino-encino; esto se debe a que es el tipo de vegetación con mayor cobertura estatal y el de mayor interés para el aprovechamiento forestal (cuadro 4; Ortega del Valle *et al.* 2010).

Las diferentes iniciativas de conservación, en conjunto, conservan 35 de los 36 tipos de vegetación representados en Oaxaca (INEGI 2007), en tanto que, 35,5 % de los tipos de

vegetación del estado se encuentran en las cinco diferentes iniciativas de conservación (cuadro 4). Esto sugiere que el conjunto de las iniciativas ofrecen una mejor conservación de los tipos de vegetación que de manera separada y, de manera indirecta, de la biodiversidad de Oaxaca. Además, el conjunto de las iniciativas de conservación poseen más de 50 % de su superficie cubierta con vegetación primaria (figura 3). De los cuatro tipos de vegetación que cuentan con una extensión menor al 0,05 % en las diversas iniciativas de conservación, tres están mezcladas con vegetación secundaria por lo que esta subrepresentación no afecta de manera substancial; el otro tipo de vegetación es el tular-popal, que corresponde a un tipo de humedal asociado a aguas pantanosas o agua dulce estancada (INECC 2009).

La iniciativa que protege más tipos de vegetación son las comunidades apoyadas con pagos por servicios ambientales por biodiversidad (cuadro 4), aunque son las que poseen un mayor porcentaje de cobertura transformada (figura 3). Por otro lado, aunque las áreas voluntarias de conservación sólo albergan 11 tipos de vegetación, contribuyen de manera importante a la conservación del bosque mesófilo de montaña, que es uno de los ecosistemas probablemente más amenazado del país. Este ecosistema, además de albergar una gran diversidad de flora y fauna en relación a la reducida área que ocupa, contiene una alta endemidad y es un importante captador de recursos hidrológicos y de nutrientes (CONABIO 2010). Además este tipo de iniciativa de conservación es la que posee un mayor porcentaje de superficie con vegetación primaria (figura 3), lo que indica que estas áreas se encuentran en un buen estado de conservación. Es importante destacar que los diferentes tipos de vegetación son fuente crucial de recursos que son útiles económicamente, para la vida cotidiana de los pobladores que los habitan (maderables, medicinales, ceremoniales y alimentarios). Es por esto, que las áreas voluntarias de conservación son iniciativas de conservación que resaltan en importancia debido a que, en Oaxaca, la mayoría de los bosques son controlados y manejados por los residentes locales, lo que puede proponerse como un modelo para ser impulsado en otras regiones del país (Martin *et al.* 2011).

Este trabajo muestra que una visión integral de las diferentes iniciativas de conservación permite observar que éstas representan adecuadamente los tipos de vegetación primaria, aunque no hay evidencia de qué tanto conservan la biodiversidad de Oaxaca. En este estado se aprecian esfuerzos importantes en iniciativas de conservación, inclusive merecedoras de varios reconocimientos a nivel internacional y señaladas como modelo para otras áreas geográficas (Bray *et al.* 2003). En este contexto, es necesario reconocer la contribución de académicos, organizaciones no gubernamentales y los cuerpos técnicos de las comunidades indígenas, para incorporar su conocimiento a las actividades productivas de las comunidades y diversificarlas, a fin de lograr mejores perspectivas para la conservación de la biodiversidad y un manejo sustentable de los recursos naturales (Bocco *et al.* 2000, Berkes y Davidson-Hunt 2006).



AGRADECIMIENTOS

La primera autora agradece a CONACYT la beca (200469) otorgada para sus estudios de posgrado. Este trabajo es parte de la tesis doctoral de la primera autora en el Doctorado en Ciencias Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. MB-S agradece a la COFAA, EDI del IPN, el apoyo brindado. Se agradece a Salvador Anta (ex gerente regional de la Región 5) de la Comisión Nacional Forestal por la ayuda en la obtención de datos.

REFERENCIAS

Alix-García J, A de Janvry, E Sodoulet. 2003. A tale of two communities: explaining deforestation in Mexico. Department of Agricultural & Resource Economics, University of California at Berkeley *CUDARE Working Papers* 964: 1-37.

Berkes F. 2009. Community conserved areas: policy issues in historic and contemporary context. *Conservation Letters* 2: 19-24.

Berkes F, IJ Davidson-Hunt. 2006. Biodiversity, traditional management systems and cultural landscapes: examples from the Boreal forest of Canada. *International Social Science Journal* 58(187): 35-47.

Bocco G, A Velázquez, A Torres A. 2000. Ciencia, comunidades indígenas y manejo de recursos naturales. Un caso de investigación participativa en México. *Interciencia* 25(2): 64-70.

Borrini-Feyerabend G, A Kothari, G Oviedo. 2004. Indigenous and local communities and protected areas. Towards equality and enhanced conservation. World Commission on Protected Areas, Best Practice Protected Area Guidelines Series Nº 11. Cambridge, United Kingdom. IUCN-The World Conservation Union. 111 p.

Bray DB, L Merino, P Negreros-Castillo, G Segura-Warnholtz, JM Torres-Rojo, HFM Vester. 2003. Mexico's community-managed forests as a global model for sustainable landscapes. *Conservation Biology* 17(3): 672-677.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, MX). 2008. Áreas Protegidas en México. Consultado 12 jul. 2011. Disponible en <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/areasprot/enmexico.html>

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, MX). 2010. El bosque mesófilo de montaña en México: Amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Distrito Federal, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 197 p.

CONABIO, CONANP, TNC, Pronatura - FCF, UANL (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, MX - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, MX - The Nature Conservancy, US - Pronatura - Facultad de Ciencias Forestales, MX - Universidad Autónoma de Nuevo León, MX). 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestres de México: espacios y especies. México DF, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A. C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 127 p.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, MX). 2007. Listado de áreas certificadas. Consultado 20 nov. 2007. Disponible en http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/listado_areas.php

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, MX). 2008. Áreas Naturales Protegidas. Consultado 25 nov. 2008. Disponible en <http://www.conanp.gob.mx>

DOF (Diario Oficial de la Federación, MX). 1992. Ley Agraria. Secretaría de Gobernación. Estados Unidos Mexicanos. Consultado 26 jun. 2014. Disponible en <http://dof.gob.mx/ley-reg.php>

Elizondo C, D López. 2009. Las áreas voluntarias de conservación en Quintana Roo. Corredor Biológico Mesoamericano México. Serie acciones. Nº 6. México DF, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 126 p.

García-Mendoza AJ, MJ Ordoñez, M Briones-Salas eds. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. México DF, México. World Wildlife Fund, México. 605 p.

Garnica SZ, M Martínez, T Fuentes. 2006. Informe de evaluación para la certificación del manejo forestal de: Comunidad Santa Catarina Ixtepeji en Oaxaca. Oaxaca, México. Oficina Regional de Smartwood. 106 p.

Ghimire KB, MP Pimbert. 1997. Social change and conservation: an overview of issues and concepts. In Ghimire KB, MP Pimbert eds. Social change and conservation. London, UK. Earthscan. p. 1-45.

INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, MX). 2009. Los ecosistemas de México. Consultado 20 abr. 2015. Disponible en <http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/382-hc-ecosistemas-mexico>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, MX). 2007. Carta de uso de suelo y vegetación. Serie III. 1: 250000. México.

LGEEPA. 2012. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Últimas reformas publicadas DOF 29-05-2012. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis. Estados Unidos Mexicanos. Distrito Federal, México. 112 p.

Little PD. 1994. The links between participation and improved conservation: a review of issues and experiences. In Western D, RM Wright, SC Strum eds. Natural connections perspectives in community-based conservation. Washington DC, USA. Island Press. p. 347-372.

López LMD. 2010. Plan Municipal de Desarrollo 2011-2013. Municipio de Santa María Yucuhiti, Oaxaca. Oaxaca, México. Municipio de Santa María Yucuhiti. 119 p.

Martin GJ, CI Camacho, CA del Campo, S Anta, F Chapela, MA González. 2011. Indigenous and community conserved areas in Oaxaca, Mexico. *Management and Environmental Quality: An International Journal* 22(2): 250-260.

Mittermeier RA, P Robles, C Goettsch-Mittermeier. 1997. Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo. México DF, México. Cemex. 501 p.

Moguel P, VM Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13(1): 11-21.



Ortega-del Valle D, G Sánchez, C Solano, MA Huerta, V Meza, C Galindo-Leal. 2010. Áreas de conservación certificadas en el estado de Oaxaca. Oaxaca, México. World Wildlife Fund-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 131 p.

Ortiz-Pérez MA, JR Hernández, JM Figueroa. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. *In* García-Mendoza AJ, MA Ordoñez, M Briones-Salas eds. Biodiversidad de Oaxaca. México DF, México. Instituto de Biología, Uni-versidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaque-ño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. p. 43-54.

Sarukhán J, J Larson. 2001. When the commons become less tragic: land tenure, social organization, and fair trade in

Mexico. *In* Burger J, E Ostrom, R Norgaard, D Policansky, BD Goldstein eds. Protecting the commons: A framework for resource management in the Americas. Washington DC, USA. Island Press. 360 p.

Western D, RM Wright. 1994. The background to community based conservation. *In* Western D, RM Wright, SC Strum eds. Natural connections perspectives in community-based conservation. Washington DC, USA. Island Press. p. 1-14.

Wilshusen PR, SR Brechin, CL Fortwangler, PC West. 2002. Re-inventing a square wheel: critique a resurgent "protection paradigm" in International biodiversity conservation. *So-ciety and Natural resources* 15: 17-40.

Zar JH. 1984. Bioestatistical Analysis. 2 ed. New York, USA. Prentice-Hall, Englegood Cliffs. 718 p.

Recibido: 09.01.14

Aceptado: 25.02.15

CAPÍTULO II

SUBROGADOS DE BIODIVERSIDAD Y SU REPRESENTACIÓN EN OAXACA

Monroy, G. A. G., M. Briones-Salas, S. Sarkar and V. Sánchez-Cordero. (enviado). Terrestrial vertebrates as surrogates for selecting conservation areas in a biodiversity hotspot in Mexico. *Biodiversity and Conservation*.



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Alina Gabriela Monroy Gamboa¹, Miguel Briones-Salas², Sahotra Sarkar³, and Víctor Sánchez-Cordero¹

Terrestrial vertebrates as surrogates for selecting conservation areas in a biodiversity hotspot in Mexico

¹Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D.F. C.P. 04510

²Laboratorio de Vertebrados Terrestres y Colección Regional de Mamíferos, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional. Calle Hornos 1003 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71230

³Biodiversity and Biocultural Conservation Laboratory, Section of Integrative Biology, University of Texas at Austin, Austin, TX 78712-1180, USA.

Corresponding author: victor@ib.unam.mx, +52(55)5622-9065

Acknowledgments

The first author thanks the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología for a scholarship (200469) for postgraduate studies. This paper is part of the doctoral dissertation of the first author for the Doctorado en Ciencias Biomédicas of the Universidad Nacional Autónoma de México. We thank F. Botello for computational assistance; O. Flores Villela (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México) for the access to his amphibians and reptiles databases; A. Navarro Sigüenza (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México), for the access to his bird database; and G. Reyes Macedo, F. Botello, and R. Bolaños for the access to their databases of birds and mammals. We reviewed the following scientific collections: Birds: Colección Nacional de Aves (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México), University of Navarra Museum of Zoology, San Diego Natural History Museum, Provincial Museum of Alberta (Edmonton, Canada), Michigan State University Museum, Louisiana State University Museum of Natural Science, Museum of Southwestern Biology, Museum of Comparative Zoology (Harvard University), Santa Barbara Museum of Natural History, Royal Ontario Museum, Museum of Vertebrate Zoology; Sternberg Museum of Natural History; University of Michigan Museum of Zoology, University of Nebraska State Museum, University of Alaska Museum of the North, University of Minnesota Bell Museum of Natural History, UCD, UC Davis Wildlife Museum; Mammals: Colección Regional de Mamíferos (Centro Interdisciplinario de



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional); Colección Nacional de Mamíferos (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México); Colección de Fotocolectas Biológicas (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México); Cornell University Museum of Vertebrates; University of Michigan Museum of Zoology; Los Angeles County Museum of Natural History; University of Kansas Museum of Vertebrate Zoology, Museum of Southwestern Biology, Royal Ontario Museum; Museum of Texas Tech University; Florida Museum of Natural History; California Academy of Sciences, Museum of Comparative Zoology (Harvard University), Midwest Museum of Natural History.



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Abstract. Systematic conservation planning (SCP) aims to identify priority areas for conservation using surrogates (true or estimator) for adequate representation of biodiversity content. True surrogates can include endangered or endemic species intended to represent important elements for biodiversity conservation, but information available for these groups is usually incomplete. Estimator surrogates can include well-known taxonomic groups for which biological and distributional information is readily available. Most SCP studies include single well-known taxonomic groups as estimator surrogates for prioritizing conservation areas. Multi-taxa inclusion of well-known taxonomic groups as estimator surrogates should represent most important biodiversity components for prioritizing conservation areas, but this approach has been poorly explored. Here we quantitatively tested if single- or multi-taxa groups of terrestrial vertebrates serve best as estimator surrogates for representing a biodiversity hotspot in southern Mexico. We used the ConsNet software decision support tool to determine the representation of terrestrial vertebrates in decreed conservation areas established for this region. Over all, inclusion of all terrestrial vertebrates as estimator surrogates performed best representation of biodiversity compared to a single terrestrial vertebrate group in these conservation areas. We also showed that current decreed protected areas are insufficient for the representation of minimal distributions of the terrestrial vertebrates in this biodiversity hotspot. There was a significant increase in biodiversity representation when other established conservation initiatives as areas of sustainable forest management, areas of payment for environmental services and biodiversity were included. We conclude that SCP for biodiversity hotspots should include multi-taxa estimator surrogates, as well as all established conservation initiatives to identify priority areas for conservation with an adequate biodiversity representation.

Key words: systematic conservation planning, biodiversity surrogates, priority areas for conservation, Oaxaca.

Introduction

Systematic conservation planning (SCP) aims to identify priority areas for conservation using surrogates for adequate biodiversity representation. Surrogates for biodiversity (true or estimator) must satisfy the requirements of quantifiability and estimability (Margules and Sarkar 2007). True surrogates represent general biodiversity, and are usually subsets of species or taxa such as endangered species or endemics (Sarkar and Margules 2002). However, available biological and distributional information for true surrogates is usually limited or incomplete. One alternative is the inclusion of well-known taxonomic groups as estimator surrogates to overcome this limitation, assuming that



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

estimator surrogates adequately represent true surrogates (Margules and Sarkar 2007). Several SCP exercises have explored approaches for selecting estimator surrogates representing biodiversity content. Sarkar et al. (2005) showed the efficacy of environmental estimator surrogates for a variety of true surrogates in different regions of the world. Pawar et al. (2007) used amphibians and reptiles as estimator surrogates in the Eastern Himalayas of India. Tognelli (2005) used terrestrial mammals as estimator surrogates in South America, and concluded that geographically rare species are effective in identifying areas for all terrestrial mammals. Iloldi-Rangel et al. (2008) used terrestrial mammals as biodiversity surrogates in Mexico emphasizing the endangered and endemic species. However, few studies have quantitatively analyzed if single- or multi-taxa approaches serve best as estimator surrogates of biodiversity content of a region.

Recent studies have integrated the methodological approaches of using species distribution models (SDMs) and optimization algorithms for selecting priority areas for biodiversity conservation (Margules and Sarkar 2007). Briefly, SDMs use point locality occurrences of species with bioclimatic and other environmental layers to produce a species potential distribution using computational algorithms typically based on a GIS platform. Optimization algorithms usually involve computer programs designed for achieving complementarity in biodiversity representation for selecting conservation priority areas (Sarkar 2012). Selection of priority areas for conservation using complementarity may involve optimization to the extent easily feasible where maximal biodiversity content is represented in minimal area (Margules and Sarkar 2007). SDMs and optimization algorithms can further be used for exploring best estimator surrogates in selecting priority areas for biodiversity conservation. Priority areas for conservation can be produced and compared using a single- or multi-taxa approach.

The state of Oaxaca, located in southwest Mexico within the transition zone between the Nearctic and Neotropical biogeographic regions, is considered a Mesoamerican biodiversity hotspot for its exceptional floristic and faunistic species richness and endemism (Halffter 1965; García-Mendoza et al. 2004; Peterson et al. 2003; Sánchez-Cordero 2001). For example, Oaxaca, representing only 5% of Mexico's area, contains 35% of its amphibian species, 26% of its reptile species, 63% of its bird species, and 55% of its terrestrial mammal species (Briones and Sánchez-Cordero 2004; Flores-Villela and Geréz 1994; Peterson et al. 2003). However, Oaxaca holds few decreed protected areas which cover less than 3% of its total area that is clearly insufficient for adequately representing its exceptional 27



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

biodiversity (Iloldi-Rangel et al. 2008). Oaxaca also includes several conservation initiatives and instruments proposed by non-governmental organizations, local communities establishing protected areas for developing sustainable forestry programs, and international efforts to conserve specific areas with biodiversity value. Thus, it is important to determine their importance of complementing current decreed protected areas in representing Oaxaca's high biodiversity (Figueroa et al. 2009; García-Mendoza et al. 2004; Iloldi-Rangel et al. 2008).

Here we quantitatively tested (1) whether single- or multi-taxa use as estimator surrogates best represents biodiversity content in selecting priority areas for conservation when terrestrial vertebrates are the target, and (2) whether currently decreed protected areas are sufficient to conserve biodiversity content or whether complementing with additional conservation initiatives much improve biodiversity presentation in this Mesoamerican hotspot.

Methods

Study area

The study area comprised the state of Oaxaca in southern Mexico (latitude 18°39' – 15°39' N; longitude 93°52' – 98°32' W). Oaxaca with an area of 95,364 km² is the fifth largest state in Mexico, and includes a complex topography with several mountain ranges crossing its territory; the Sierra Madre del Sur, the Sierra Mazateca, the Sierra Mixteca, the Sierra Norte, and Los Chimalapas, showing high environmental heterogeneity and many types of climates and vegetation. Close to 80% (17) of the main vegetation types occurring in Mexico are represented in Oaxaca, including temperate humid montane forest, pine, pine-oak, and oak forests, tropical dry and humid forests, and xeric vegetation (García-Mendoza et al. 2004). Oaxaca ranks high in species richness and endemism in terrestrial vertebrates nationwide (CONABIO et al. 2007; Koleff and Urquiza-Haas 2011), and is considered a biodiversity hotspot in Mesoamerica because of exceptional species richness and endemism in different taxonomic groups (Iloldi-Rangel et al. 2008; Londoño-Murcia et al. 2010; Sarkar et al. 2008).

Data sets

The database for the analysis was constructed using available specimen information in national and international scientific collections, international databases such as GBIF, MaNIS (Mammals), and personal records (see Acknowledgements). Terrestrial vertebrates have been extensively collected in Oaxaca; 113 species recorded for amphibians (Casas-Andreu et al. 2004), 245 species recorded for reptiles (Casas-Andreu et al. 2004), 736 records for 28



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

birds (Navarro et al. 2004), and 194 species recorded for mammals (Alfaro et al. 2007; Botello et al. 2007; Briones-Salas and Sánchez-Cordero 2004). The database contained species names and geographic locations (latitude and longitude). Species names were taxonomically verified using specialized published references for amphibians and reptiles (Casas-Andreu et al. 2004), birds (Navarro et al. 2004), and mammals (Briones-Salas and Sánchez-Cordero 2004). Terrestrial vertebrates showing less than three unique locality record or with incomplete georeferenced localities were excluded (Phillips et al. 2006a; Phillips et al 2006b).

Species distribution models

We produced SDMs using the software MaxEnt version 3.2.1 (Phillips et al. 2006a; Phillips et al. 2006b), using 19 environmental layers of WorldClim (Hijmans et al. 2005), and four topographic layers (aspect, elevation, slope and compound topographic index) of the U.S. Geological Survey's Hydro-1K at 1 km² resolution. SDMs were validated with a modified confusion matrix (Fielding and Bell 1997), as well as with logistic models and AUC (area under the repeater operating curve) produced by MaxEnt (Phillips and Dudík 2008), following Pawar et al. (2007). We further refined SDMs into extant species distribution models by including only remnant natural habitat using the current land use and vegetation map of the National Institute of Geography and Informatics (INEGI) (Botello et al. 2015; Sánchez-Cordero et al. 2005; 2009).

Biodiversity representation in protected areas

We included federal, state and municipality decreed protected areas in Oaxaca (Monroy et al. 2015) as well as other established conservation initiatives, such as voluntarily established conservation areas protected by local communities (VA), areas established by the National Commission of Forestry (CONAFOR), areas of payment for biodiversity services, and areas of payment for hydrological services for our analyses (Table 1; Fig. 1). We used a 10% target for the extant species distribution models for the terrestrial vertebrate representation in the decreed conservation areas in Oaxaca, following published recommendations (Illoldi-Rangel et al. 2008; Pawar et al. 2007), using a 0.01° cell grid, representing approximately 1 km² in a GIS model. The result was a grid of 470 by 302 cells, totaling 141,940 cells for Oaxaca. We then overlapped extant species distribution models of terrestrial vertebrates with decreed protected areas and conservation initiatives to determine their representation of each terrestrial vertebrate group (Table 1).



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

We used the ConsNet decision support tool (Ciarleglio 2008; Ciarleglio et al. 2009) and, within it, an optional heuristic algorithms designed to select additional conservation priority areas primarily based on complementarity (an asymmetric measurement quantifying additional selected cells to the formerly selected areas [Sarkar 2012]). As complementarity does not explicitly differentiate geographically rare and common species, this ConsNet algorithm incorporates a rarity-complementarity approach in selecting area prioritization (Sarkar et al. 2002). ConsNet searches for an optimal solution of maximal biodiversity representation in a minimal area (Pawar et al. 2007).

We produced solutions with different proportions of species (25%, 50%, 75%, and 100%) for each taxonomic group of terrestrial vertebrates. This allowed determine which fraction of each terrestrial vertebrate group best represented the remaining groups (Margules and Sarkar 2007). Conservation solutions were initialized prioritizing geographical rarity (*ConsNet-RF4; adjacency*), and we run 400,000 iterations to minimize area and shape of the selected priority areas (*ConsNet-min cells and shape ITS*). We used a fixed representation of 10% target of species distributions for each surrogate, and further evaluated performance with surrogacy graphs (which are an extension of species accumulation graphs; see Garson et al. 2002; Sarkar et al. 2000), for determining the representation of each group of terrestrial vertebrates. Finally, we compared the representation of biodiversity surrogates with modified surrogacy graphs, by using one group against all terrestrial vertebrate groups. For example, birds (as true surrogate) against amphibians and reptiles, mammals and birds (as estimator surrogates), and determined the ability of each taxonomic group as an estimator surrogate (Sarkar et al. 2005).

Results

A total of 1,308 species of terrestrial vertebrates are reported for Oaxaca, of which 1,131 species (95%) contained sufficient data for producing robust SDMs. Single-taxa representation in decreed protected areas ranged from less than 0.5% (birds) to less than 5% (amphibians and reptiles). Decreed protected areas also performed poorly representing all terrestrial vertebrates, with less than 2% of species (Table 1, Fig. 1). Conservation areas proposed by local communities performed worst, representing less than 1% of species; birds and mammals were not represented at all. Conservation areas established by governmental agencies as CONAFOR, increased representation of single and all terrestrial vertebrates, ranging from 12% (birds) to 23% (mammals); terrestrial vertebrates were represented only 15%.

Conservation areas established by governmental and international agencies for providing biodiversity and



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

hydrological services, respectively, represented adequately single-taxa and all terrestrial vertebrates, ranging from 85% (amphibians and reptiles) to 99.6% (birds); terrestrial vertebrates were represented by 90% and 99% in areas for conserving biodiversity services, and hydrological services, respectively (Table 1). When areas of all conservation initiatives were superimposed, single-taxa and all terrestrial vertebrates reached close to or full representation (Table 1; Fig. 1).

Estimator surrogates

Multi-taxa estimator surrogates performed best in conservation areas, compared to single-taxon estimator surrogates, when representing 25%, 50%, 75% and 100% species of all terrestrial vertebrates. Birds ranked at the top as single-taxon estimator surrogates, followed by amphibians and reptiles; mammals ranked worst (Fig. 2). Interestingly, when 25% (283 species) of terrestrial vertebrates were included as estimator surrogates, they represented 90% (904 species) of all terrestrial vertebrates, similarly when 50%, 75% and 100% of the terrestrial vertebrates were included as estimator surrogates. A similar trend was observed in birds: when 25% (184 species) of birds were included as estimator surrogates, they represented close to 80% of all terrestrial vertebrates, similarly when 50%, 75% or 100% species of birds were included as estimator surrogates. Amphibians and reptiles performed less well as estimator surrogates when 25% (28 species) was included, representing close to 60% (678 species) of all terrestrial vertebrates. A significant increase representing all terrestrial vertebrates was observed when 50%, 75% and 100% species of amphibians and reptiles were included as estimator surrogates. Mammals performed worst as estimator surrogates for representing terrestrial vertebrates; a slight increase in representation was observed only when 75% (145 species) and 100% species of mammals were included as estimator surrogates for all terrestrial vertebrates (Fig. 2).

Birds performed best as estimator surrogates for all terrestrial vertebrates, ranging from 90 to 100%; even when 25% species of birds were included, they represented 90% species of all terrestrial vertebrates. Birds represented amphibians and reptiles poorly when 25% species of birds were included; an increase to 80% of representation of amphibians and reptiles was observed, when 50% species or more birds were included. Birds represented mammals worst; even when all bird species were included, they only represented 55% species of mammals (Fig 3a). Amphibians and reptiles performed similarly to birds as true surrogates for all terrestrial vertebrates, ranging from 90 to 100% species, even when only 25% of species were included. Amphibians and reptiles represented birds moderately,



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

ranging from 75 to 85%, but represented mammals poorly, reaching only 60% of species (Fig 3b). Mammals performed similarly as birds, and amphibians and reptiles as true surrogates for all terrestrial vertebrates, ranging from 90 to 100%, even when 25% species of mammals were included. Mammals represented birds moderately, ranging from 80 to 85% species of birds. A poor representation of only 60% species of amphibians and reptiles was observed when 25% species of mammals were included; an increase in representation of amphibians and reptiles to 80% of species was observed when all mammals were included as true surrogates (Fig. 3). Terrestrial vertebrates almost reached 100% of the estimator surrogates at these four different percentages of representation of true surrogates, including their own group as true surrogates (Fig. 3a-c).

Discussion

The IUCN (1996) has recommended a minimum of 10 to 15% area of a region or country for conserving biodiversity. Mexico holds a national system of decreed protected areas distributed nationwide that includes approximately 12% of its territory, but it lacks of an adequate representation of biodiversity content (Sarukhán et al. 2009). For example, several regions identified as biodiversity hotspots are highly under-represented and they are not included in decreed protected areas to conserve such exceptional biodiversity. Rather, many protected areas were decreed based on scenic value, environmental impact mitigation programs, ecotourism, etc., but not considering their biodiversity content. It is the case that an important number of protected areas in Mexico appear to have been decreed as *ad hoc* protected areas as indicated by their apparent low representation of the country's biodiversity (Brandon et al. 2005; Cantú et al. 2004; Sarukhán et al. 2009). A recent national gap analysis identifying priority areas for conservation provides coarse-grained information to decreed additional protected areas based on its biodiversity content (Sarukhán et al. 2009).

Decreed protected areas in Oaxaca, a Mesoamerican biodiversity hotspot, included only 3% of its territory with less than 2% of all terrestrial vertebrates represented. This clearly is insufficient for conserving its exceptional biodiversity (Illoldi-Rangel et al. 2008; Table 1). Thus, it is necessary to incorporate additional areas using alternative strategies and programs for increasing biodiversity representation in conservation areas in Oaxaca. Additional proposed conservation areas in Oaxaca must consider biodiversity content rather than simply reflecting governmental or political criteria as *ad hoc* protected areas (Margules and Sarkar 2009). This approach is particularly relevant in biodiversity hotspots where the biodiversity under-representation in decreed protected areas is likely very high (Margules and 32



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Sarkar 2007; Illodli et al. 2008; Table 1). Unfortunately, no quantitative studies exist exploring how established conservation programs or instruments contribute to increase biodiversity representation regionally or nationally (but see Sarukhán et al. 2009).

There are a number of conservation initiatives involving governmental agencies, NGOs, and local communities that have established conservation areas for specific objectives related to conserving biodiversity (Table 1). For example, there are 126 conservation areas proposed voluntarily by local communities as the “Unión de Comunidades Zapotecas-Chinantecas” located north of Oaxaca, and the “Sistema Comunitario para la Biodiversidad” in the coast, that have established very successful conservation programs recognized internationally (Bray et al. 2003; Martin et al. 2011; Ortega del Valle et al. 2010; Robson 2007; Robson 2009). The National Commission of Forestry (CONAFOR) established reforestation areas in Oaxaca from 2003 to 2007 that provide wide areas of vegetation cover of native trees and shrubs with its program Pro-Árbol (CONAFOR 2010). There are also programs of payment for conserving areas for their importance to provide biodiversity and environmental services, respectively (Bray et al. 2003; Martin et al. 2011; Robson 2007). Lastly, hydrologic areas are inland water systems of high importance financed via payments for conserving these hydrologic services (CONAFOR 2010). These conservation initiatives provide incentives to overcome the deficiency of decreed protected areas to conserve Oaxaca’s biodiversity. As our study shows, all conservation initiatives in Oaxaca appear to overcome such deficiency (Table 1; Fig. 1).

Single-taxa estimator surrogates showed high discrepancies in representing terrestrial vertebrates in conservation areas in Oaxaca. For example, bird species performed best as single-taxa estimator surrogates, followed by amphibians and reptiles; mammals performed worst (Fig. 2); when only a fraction of bird species (25% of species) was included as estimator surrogates, they represented almost 80% species of all terrestrial vertebrates. This high representation of terrestrial vertebrates held when a higher percentage of bird species as estimator surrogates were included. Amphibians and reptiles performed worse as estimator surrogates, when including only 25% of their species, reaching slightly higher than half of species of terrestrial vertebrates; an increase in terrestrial vertebrate species representation were observed when a higher percentage of amphibians and reptiles were included (Fig. 2). Mammals performed worst as estimator surrogates of terrestrial vertebrates; only when a high percentage of species of mammals were included (>75% of species) terrestrial vertebrate species representation was adequate (Fig. 2). Over all, multi- 33



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

taxa estimator surrogates performed best in conservation areas compared to single-taxa estimator surrogates, when representing different proportions of species of terrestrial vertebrates. For example, with only a fraction (25% of species) of terrestrial vertebrate as estimator surrogates, almost all vertebrate species were represented in conservation areas (Fig. 2).

Surrogacy graphs also showed marked differences in biodiversity representation between single-taxa groups of terrestrial vertebrates. Amphibians and reptiles, and birds and mammals performed best as true surrogates representing all terrestrial vertebrates with only 25% of their species. However, birds represented poorly mammals even when all bird species were included as true surrogates; amphibians and reptiles represented moderately birds, but poorly mammals. Mammals represented moderately birds, but poorly amphibians and reptiles. Terrestrial vertebrates as true surrogates represented best single-taxa groups, including their own group (Fig. 3). Surrogacy graphs comparing biodiversity representation in conservation areas between single-taxa groups and all terrestrial vertebrates showed that multi-taxa inclusion as true surrogates best represented single-taxa and overall terrestrial vertebrate biodiversity in conservation areas.

Our results clearly showed that multi-taxa estimator surrogates are best in representing terrestrial vertebrates in conservation areas in this Mesoamerican biodiversity hotspot. It is likely that when more taxa are considered as estimator surrogates, a higher diversity of habitat types is expected to be included thus representing better biodiversity in conservation areas. This idea is supported by the fact that birds performing best as single-taxa estimator surrogates cover a wider range of habitat types compared to other vertebrates (García-Mendoza et al. 2004), but this hypothesis needs to be tested more rigorously (Margules and Sarkar 2007). It would be interesting to expand this study to include other taxonomic groups as vascular plants, where information is already available in Oaxaca, and test if multi-taxa estimator surrogates still performed best compared to single-taxa estimator surrogates when a higher diversity of taxonomic groups is included.

An interesting result was that some terrestrial vertebrate groups performed much better as estimator surrogates in representing terrestrial vertebrate species in conservation areas compared to others. As mentioned, bird species performed best of all terrestrial vertebrates, and mammals performed worst. Both faunistic groups are typically included in representing biodiversity in surrogacy studies worldwide (Margules and Sarkar 2007; Iloldi-Rangel et al. 2008). 34



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Our results showed that a careful consideration of selecting specific faunistic or floristic groups as estimator surrogates for representing biodiversity in a specific region should be conducted *a priori*, particularly when analyzing regions considered as biodiversity hotspots (Illoldi-Rangel et al. 2008). In sum, our study showed that SCP exercises in biodiversity hotspots should include multi-taxa estimator surrogates, as well as all established conservation initiatives to identify priority areas for conservation with an adequate biodiversity representation.

References

- Alfaro AM, García-García JL, Santos-Moreno A (2007) The false vampire bat *Vampyrum spectrum* in Oaxaca, Mexico. *Bat research news* 46:145-146.
- Botello F, Illoldi-Rangel P, Linaje M, Sánchez-Cordero V (2007) New record of the rock squirrel (*Spermophilus variegatus*) in the state of Oaxaca, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 52(2):326-328.
- Botello F, Sarkar S, Sánchez-Cordero V (2015) Impact of habitat loss on distributions of terrestrial vertebrates in a high-biodiversity region in Mexico. *Biological Conservation* 184:59-65.
- Brandon K, Goenflo L, Rodrigues A, Waller R (2005) Reconciling conservation, people, protected areas, and agricultural suitability in México. *World Development* 33:1403-1418.
- Bray DB, Merino-Pérez L, Negreros-Castillo P, Segura-Warnholtz G, Torres-Rojo JM, Vester HFM (2003). Mexico's community-managed forests as a global model for sustainable landscapes. *Conservation Biology* 17(3):672-677.
- Briones-Salas MA, Sánchez-Cordero V (2004) Mamíferos. In: García-Mendoza AJ, Ordoñez MJ, Briones-Salas M (eds), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 423-447.
- Cantú C, Wright RG, Scott JM, Strand E (2004) Assessment of current and proposed nature reserves of Mexico based on their capacity to Project geophysical features and biodiversity. *Biological Conservation* 115:411-417.
- Casas-Andreu G, Méndez-de la Cruz FR, Aguilar-Miguel X (2004) Anfibios y reptiles. In: García-Mendoza AJ, Ordoñez MJ, Briones-Salas M (eds), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 375-390.

Ciarleglio M (2008) Modular Abstract Self-Learning Tabu Search (MASTS): Metaheuristic Search Theory and Practice. Dissertation, University of Texas at Austin.

Ciarleglio M, Barnes JW, Sarkar S (2009) ConsNet: new software for the selection of conservation area networks with spatial and multi-criteria analyses. *Ecography*, 32(2):205-209.

CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA-FCF, UANL (2007) Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestres de México: espacios y especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura México, A. C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Distrito Federal, México.

CONAFOR Comisión Nacional Forestal (2010) Servicios ambientales y cambio climático. Coordinación General de Producción y Productividad. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México.

Fielding AH, Bell FJ (1997) A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24(1):38-49.

Figueroa F, Sánchez-Cordero V, Meave JA, Trejo I (2009) Socioeconomic context of land use and land cover change in Mexican biosphere reserves. *Environmental Conservation* 36(3):180-191.

Flores-Villela O, Geréz P (2004) Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. 2ª. Ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.

García-Mendoza AJ, Ordoñez MJ, Briones-Salas M (eds), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Fund, México.

Garson J, Aggarwal A, Sarkar S (2002) Birds as surrogates of biodiversity: An analysis of a data set from Southern Québec. *Journal of Biosciences* 27(2):347-360.



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Halffter G (1965) Algunas ideas acerca de la zoogeografía de América. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 26:1-6.

Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.

Illoldi-Rangel P, Fuller T, Linaje M, Pappas C, Sánchez-Cordero V, Sarkar S (2008) Solving the maximum representation problem to prioritize areas for the conservation of terrestrial mammals at risk in Oaxaca. *Diversity and distributions* 14:493-508.

Koleff P, Urquiza-Haas T (coords.) (2011) Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Distrito Federal, México.

Londoño-Murcia MC, Téllez-Valdés O, Sánchez-Cordero V (2010) Environmental heterogeneity of World Wildlife Fund for Nature ecoregions and implications for conservation in Neotropical biodiversity hotspots. *Environmental Conservation* 37(2):116-127.

Margules, CR, Sarkar S (2007) *Systematic Conservation Planning*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.

Margules C, Sarkar S (2009) *Planeación Sistemática de la Conservación*. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México.

Martin GJ, Camacho CI, del Campo C, Anta S, Chapela F, González MA (2011) Indigenous and community conserved areas in Oaxaca, Mexico. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 22(2):250-266.

Monroy GAG, Sánchez-Cordero V, Briones-Salas M, Lira-Saade R, Maass JM (2015) Representatividad de los tipos de vegetación en distintas iniciativas de conservación en Oaxaca, México. *Bosque* 36(2):199-210.

Navarro SAG, García-Trejo EA, Peterson AT, Rodríguez-Contreras V (2004) Aves. In: García-Mendoza AJ, Ordoñez MJ, Briones-Salas M (eds), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 391-421.



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Ortega del Valle D, Sánchez G, Solano C, Huerta MA, Meza V, Galindo-Leal C (2010) Áreas de Conservación Certificadas en es estado de Oaxaca. WWF-CONANP. Oaxaca, México.

Pawar S, Koo MS, Kelley C, Ahmed MF, Chaudhuri S, Sarkar S (2007) Conservation assessment and prioritization of areas in Northeast India: Priorities for amphibian and reptiles. *Biological Conservation* 136:346-361.

Peterson GD, Carpenter SR, Brock WA (2003) Uncertainty and the management of multistate ecosystems: an apparently rational route to collapse. *Ecology* 84(6):1403-1411.

Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE 2006a. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.

Phillips SJ, Dudík M, Schapire R. 2006b. MaxEnt 3.0.4. AT&T Labs-Research, Princeton University, and the Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History.

<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>. Accessed 18 July 2008

Phillips SJ, Dudík M (2008) Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161-175.

Robson JP (2007) Local approaches to biodiversity conservation: Lessons from Oaxaca, Southern Mexico. *International Journal of Sustainable Development* 10:267-286.

Robson JP (2009) Out-migration and commons management: social and ecological change in a high biodiversity region of Oaxaca, Mexico. *International Journal of Biodiversity Science and Management* 5(1):21-34.

doi:10.1080/17451590902775137

Sánchez-Cordero V (2001) Small mammal diversity along elevational gradients in Oaxaca, Mexico. *Global ecology and Biogeography* 10:63-76.

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

Sánchez-Cordero V, Figueroa F, Illoldi-Rangel P, Linaje M (2009) Efectividad de las áreas naturales protegidas en México. In: CONABIO. Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Distrito Federal, México, pp. 394-397.



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Sarkar S (2012) Complementarity and the Selection of Nature Reserves: Algorithms and the Origins of Conservation Planning, 1980-1995. *Archive for History of Exact Sciences* 66:397-426.

Sarkar S, Justus J, Fuller T, Kelley C, Garson J, Mayfield M (2005) Effectiveness of environmental surrogates for the selection of Conservation Area Networks. *Conservation Biology* 19(3):815-825.

Sarkar S, Parker NC, Garson J, Aggarwal A, Haskell S (2000) Place prioritization for Texas using GAP data: the use of biodiversity and environmental surrogates with socio-economic constraints. *Gap Analysis Program Bulletin* 9:48-50.

Sarkar S, Aggarwal A, Garson J, Margules CR, Zeidler J (2002) Place prioritization for biodiversity content. *Journal of Biosciences* 27:339-346.

Sarkar S, Margules C (2002) Operationalizing biodiversity for conservation planning. *Journal of Biosciences* 27(2):339-34.

Sarkar S, Sánchez-Cordero V, Londoño MC, Fuller T (2008) Systematic conservation assessment for the Mesoamerica, Chocó, and Tropical Andes biodiversity hotspots: a preliminary analysis. *Biodiversity and Conservation* 18(7):1793-1828.

Sarukhán J, Koleff P, Carabias J, Soberón J, Dirzo R, Llorente-Bousquets J, Halffter G, González R, March I, Mohar A, Anta S, de la Maza J (2009) *Capital Natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México.

Tognelli MF (2005) Assessing the utility of indicator groups for the conservation of South American terrestrial mammals. *Biological Conservation* 121:409-417.

Figure captions

Fig. 1 Biodiversity representation using a target of 10% of terrestrial vertebrate species distributions in different conservation initiatives in Oaxaca. Decreed protected areas (a); conservation areas proposed voluntarily by local communities (b); reforestation areas decreed from 2003 to 2007 by the Mexican Commission of Forestry (c); specific



Monroy, G. A. G. (2016) *Redes de áreas de conservación en Oaxaca*

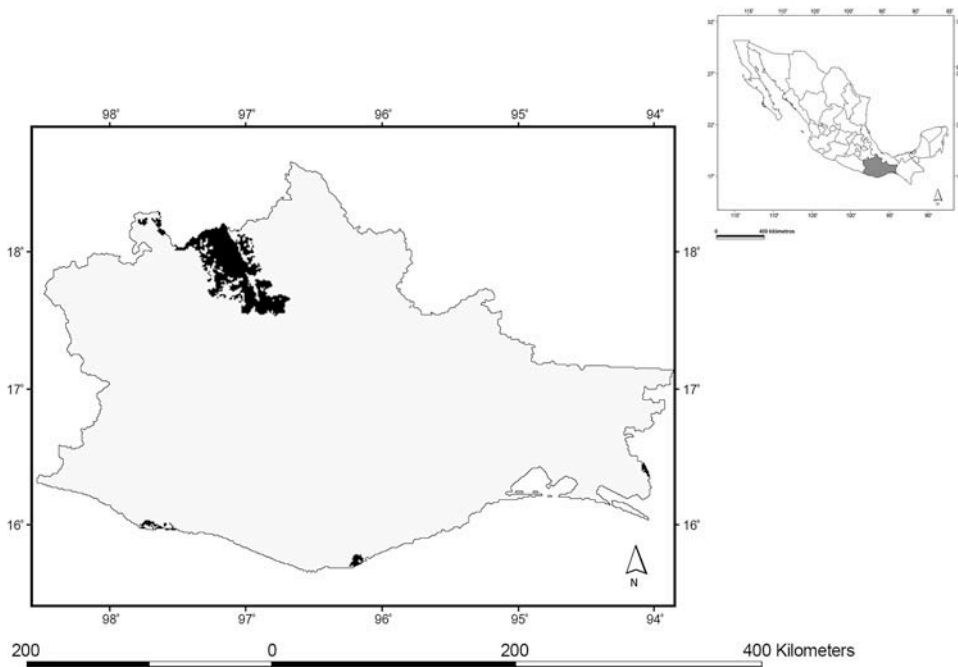
areas of payment for conserving environmental and biodiversity services (d); specific areas of payment for conserving hydrologic services (e); areas depicting all conservation initiatives in Oaxaca (f)

Fig. 2 Surrogacy graphs of terrestrial vertebrates in Oaxaca including different percentages of species representation. Lines connected with diamonds are amphibians and reptiles, with gray squares are birds, with triangles are mammals; lines connected with black squares include all terrestrial vertebrates

Fig. 3 Surrogacy graphs of terrestrial vertebrates in Oaxaca considering different proportion of species for each group. Surrogacy graph of amphibians and reptiles as estimator surrogates and the remaining terrestrial vertebrates as true surrogates (a). Surrogacy graph of birds as estimator surrogates and the remaining terrestrial vertebrates as true surrogates (b). Surrogacy graph of mammals as estimator surrogates and the remaining terrestrial vertebrates as true surrogates (c). Lines connected with diamonds are amphibians and reptiles, with gray squares are birds, with triangles are mammals; lines connected with black squares include all terrestrial vertebrates

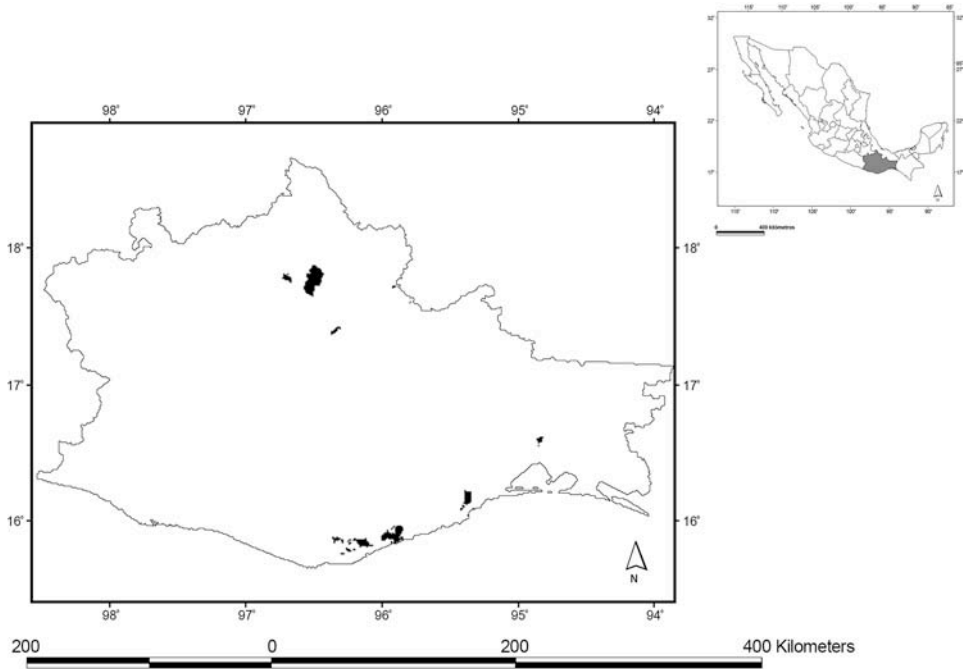
Figures

a

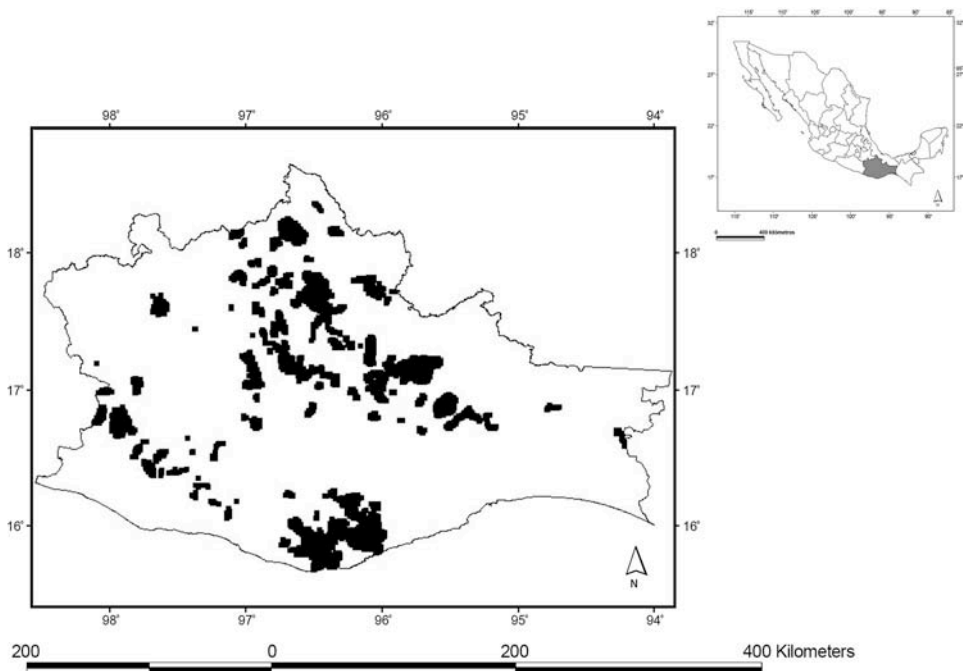




b

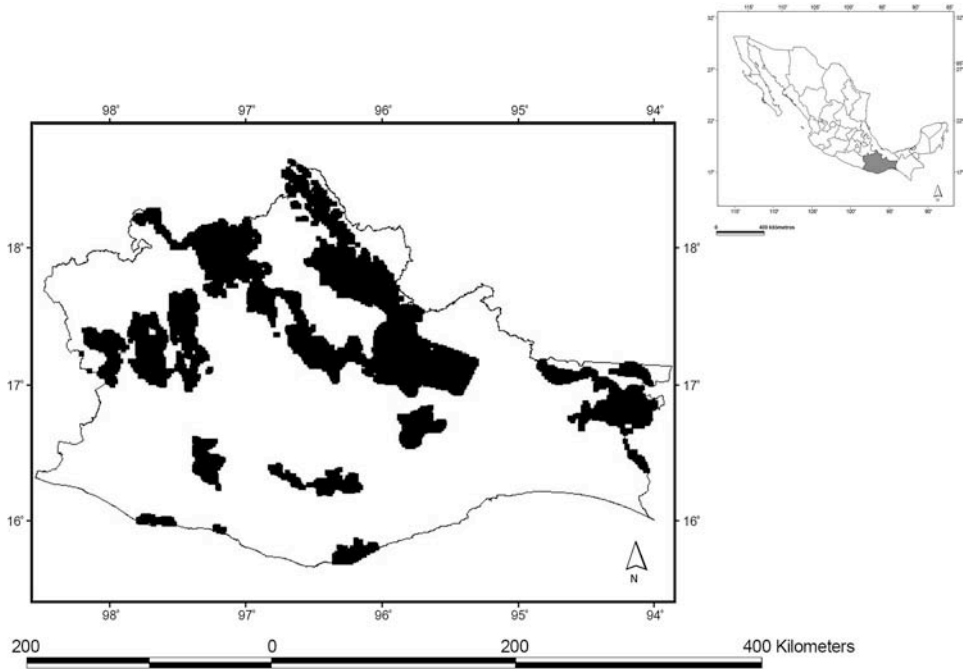


c

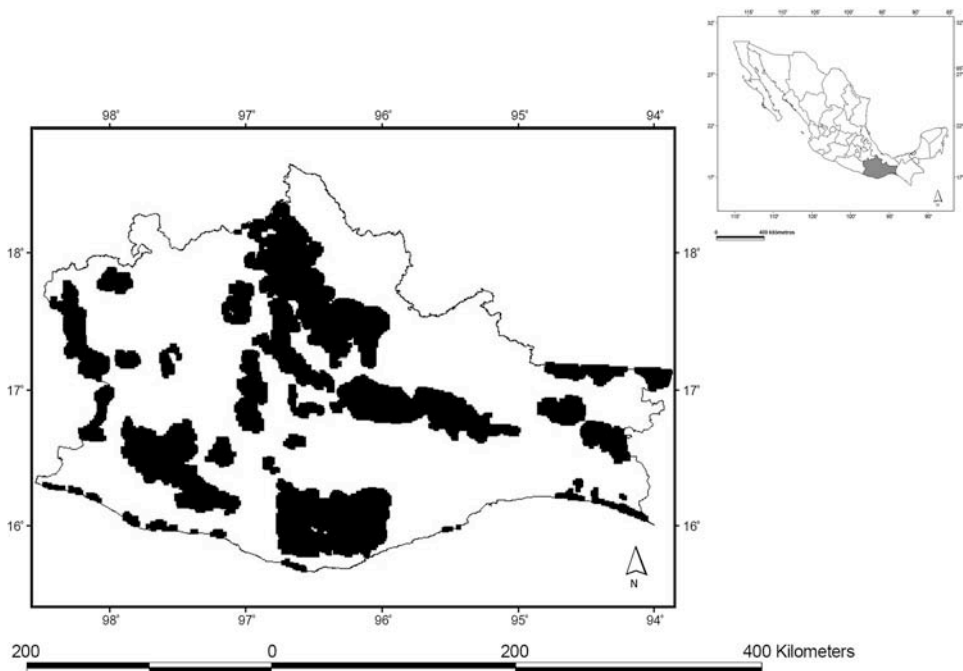




d

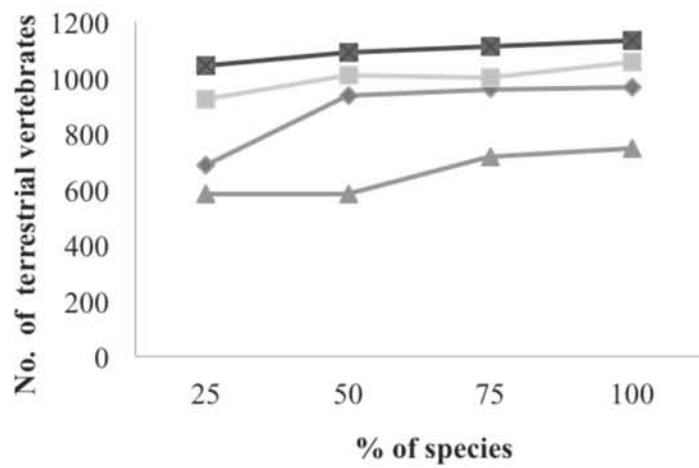
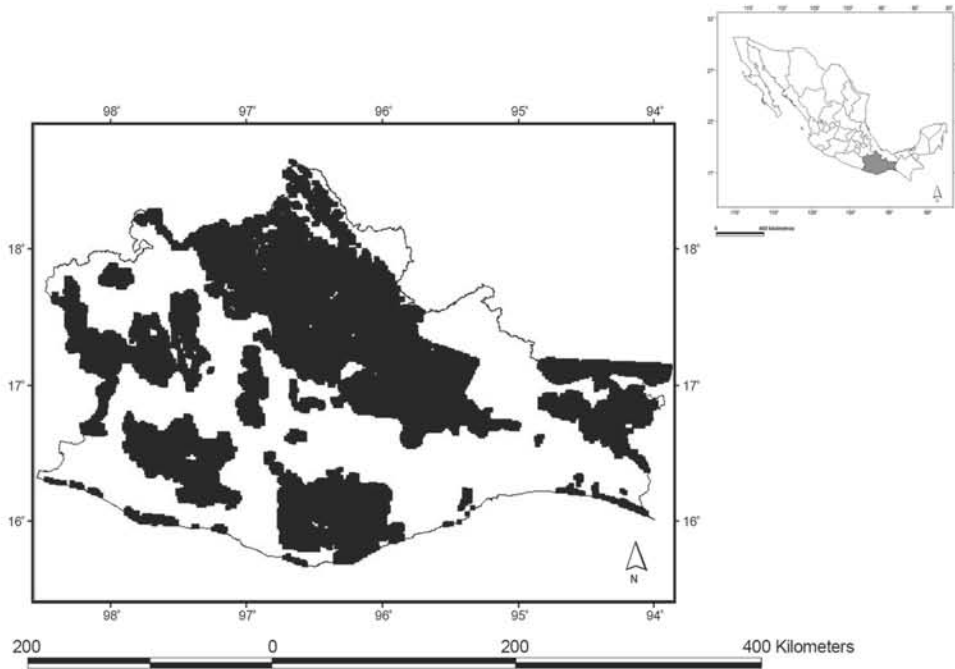


e



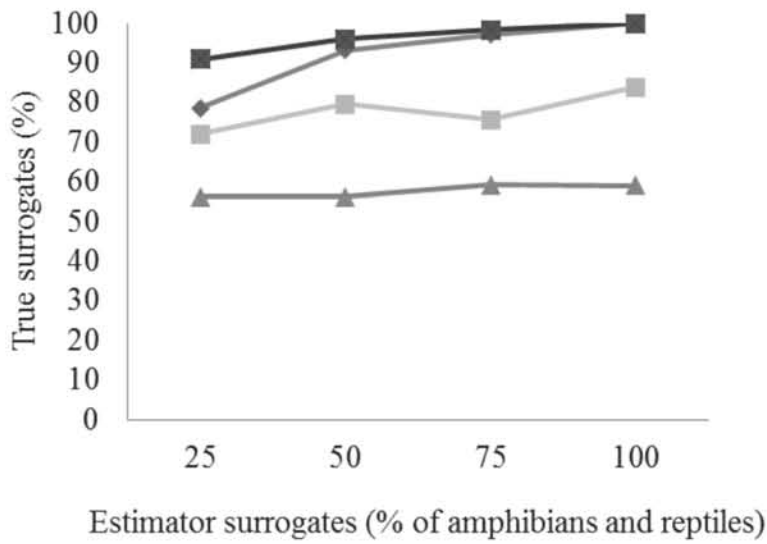


f

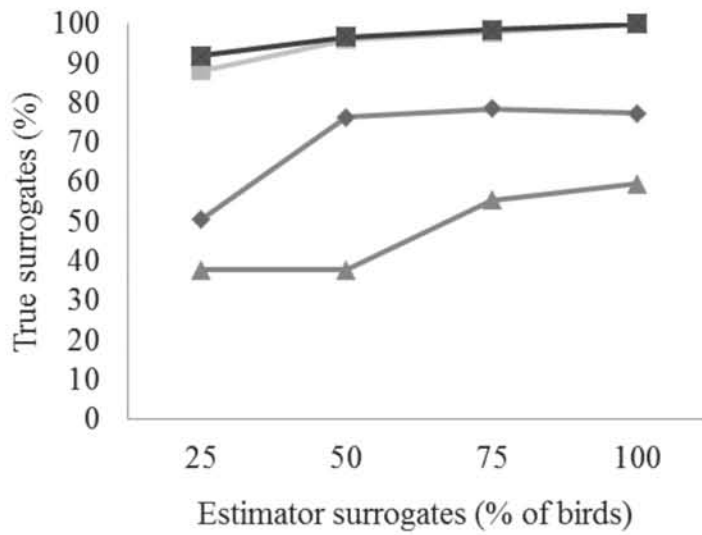




a

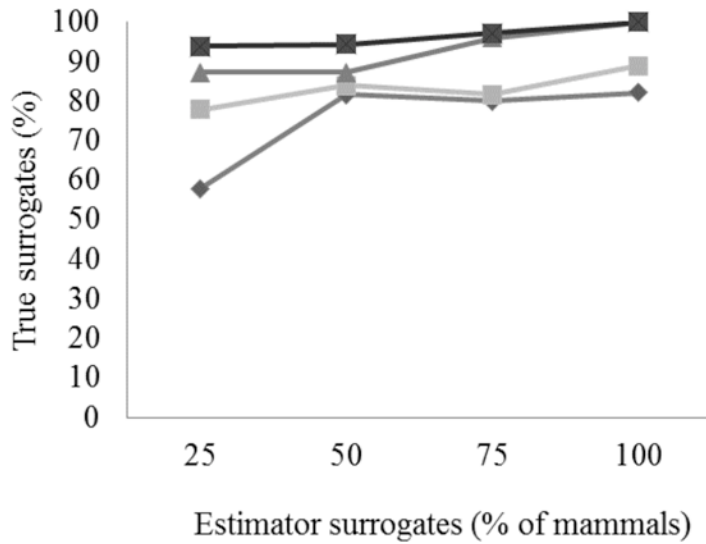


b





c



Tables

Table 1 Terrestrial vertebrate species representation using a 10% target of species distribution models in decreed protected areas and in other proposed conservation initiatives in Oaxaca, Mexico

	Amphibians and reptiles	Birds	Mammals	Terrestrial vertebrates
PA ^a	4.54%	0.33%	1.11%	1.76%
VA ^b	0.28%	0%	0%	0.08%
CONAFOR ^c	16.47%	12.04%	22.77%	15.13%
Biodiversity ^d	84.65%	92.04%	93.88%	90.26%
Hydrologic ^e	98.01%	99.66%	98.88%	99.02%
All conservation initiatives	99.71%	100%	99.44%	99.82%



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

a: decreed protected areas; b: conservation areas proposed voluntarily by local communities; c: reforestation areas proposed from 2003 to 2007 by the Mexican National Commission of Forestry; d: specific areas of payment for conserving environmental services; e: specific areas of payment for conserving hydrologic services.



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Terrestrial vertebrates as surrogates for selecting conservation areas in a biodiversity hotspot in Mexico

Biodiversity and Conservation

Alina Gabriela Monroy Gamboa, Miguel Briones-Salas, Sahotra Sarkar and Víctor Sánchez-Cordero*

*Corresponding author: Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D.F. C.P. 04510 victor@ib.unam.mx, +52(55)5622-9065

SUPPLEMENT

AMPHIBIANS AND REPTILES

Scientific name	# localities records	AUC
<i>Abronia bogerti</i>	3	0.968
<i>Abronia gramínea</i>	21	0.959
<i>Abronia latifasciatus</i>	9	0.961
<i>Abronia mixteca</i>	7	0.991
<i>Abronia oaxacae</i>	14	0.894
<i>Adelphicos latifasciatus</i>	8	0.842
<i>Adelphicos quadrivirgatus</i>	61	0.903
<i>Agalychnis callidryas</i>	83	0.932
<i>Agalychnis moreleti</i>	33	0.935
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	42	0.871
<i>Amastridium veliferum</i>	20	0.861
<i>Ameiva undulata</i>	841	0.900
<i>Anolis barkeri</i>	33	0.979
<i>Anolis biporcatus</i>	42	0.952
<i>Anolis breedlovei</i>	10	0.998



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Anolis compressicauda</i>	18	0.922
<i>Anolis cuprinus</i>	6	0.985
<i>Anolis cymbops</i>	4	0.978
<i>Anolis gadovi</i>	7	0.976
<i>Anolis laeviventris</i>	65	0.943
<i>Anolis lemuringus</i>	129	0.939
<i>Anolis megapholidotus</i>	6	0.939
<i>Anolis milleri</i>	13	0.942
<i>Anolis nebuloides</i>	57	0.818
<i>Anolis nebulosus</i>	193	0.915
<i>Anolis petersi</i>	36	0.900
<i>Anolis pygmaeus</i>	14	0.992
<i>Anolis quercorum</i>	54	0.954
<i>Anolis rodriguezi</i>	68	0.941
<i>Anolis schiedei</i>	3	0.978
<i>Anolis sericeus</i>	289	0.923
<i>Anolis subocularis</i>	11	0.987
<i>Anolis tropidonotus</i>	174	0.959
<i>Anolis uniformis</i>	58	0.976
<i>Anothea spinosa</i>	20	0.936
<i>Aspidoscelis communis</i>	73	0.906
<i>Aspidoscelis deppei</i>	499	0.952
<i>Aspidoscelis gularis</i>	1298	0.859
<i>Aspidoscelis guttatus</i>	411	0.963
<i>Aspidoscelis inornata</i>	256	0.921
<i>Aspidoscelis mexicana</i>	54	0.899



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Aspidoscelis motaguae</i>	24	0.990
<i>Aspidoscelis opatae</i>	6	0.945
<i>Aspidoscelis parvisocia</i>	55	0.987
<i>Aspidoscelis sackii</i>	647	0.843
<i>Atropoides nummifer</i>	31	0.911
<i>Barisia imbricata</i>	374	0.932
<i>Basiliscus vittatus</i>	501	0.938
<i>Boa constrictor</i>	226	0.869
<i>Bolitoglossa macrinii</i>	8	0.976
<i>Bolitoglossa mulleri</i>	6	0.998
<i>Bolitoglossa occidentalis</i>	40	0.957
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	119	0.969
<i>Bolitoglossa rufescens</i>	90	0.970
<i>Bothrops asper</i>	183	0.944
<i>Caiman crocodylus</i>	13	0.994
<i>Celestus enneagrammus</i>	23	0.966
<i>Celestus rozellae</i>	9	0.946
<i>Cerrophidion godmani</i>	33	0.993
<i>Charadrahyla chaneque</i>	11	0.874
<i>Chersodromus liebmanni</i>	16	0.967
<i>Chiropterotriton chiropterus</i>	189	0.986
<i>Claudius angustatus</i>	34	0.956
<i>Clelia clelia</i>	18	0.887
<i>Coleonyx elegans</i>	190	0.923
<i>Coluber bilineatus</i>	30	0.886
<i>Coluber constrictor</i>	32	0.837



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Coluber flagellum</i>	225	0.755
<i>Coluber mentovarius</i>	192	0.875
<i>Coniophanes bipunctatus</i>	35	0.922
<i>Coniophanes fissidens</i>	118	0.958
<i>Coniophanes imperialis</i>	129	0.906
<i>Coniophanes piceivittis</i>	46	0.854
<i>Coniophanes quinquevittatus</i>	17	0.851
<i>Conopsis vittatus</i>	66	0.964
<i>Conopsis acuta</i>	26	0.978
<i>Conopsis biserialis</i>	110	0.962
<i>Conopsis lineata</i>	482	0.956
<i>Conopsis megalodon</i>	29	0.922
<i>Conopsis nasus</i>	233	0.895
<i>Corytophanes cristatus</i>	16	0.926
<i>Corytophanes hernandesii</i>	95	0.946
<i>Corytophanes percarinatus</i>	4	0.752
<i>Craugastor alfredi</i>	46	0.971
<i>Craugastor augusti</i>	94	0.858
<i>Craugastor berkenbuschii</i>	61	0.983
<i>Craugastor decoratus</i>	54	0.965
<i>Craugastor lineatus</i>	15	0.969
<i>Craugastor mexicanus</i>	54	0.904
<i>Craugastor omiltemanus</i>	6	0.981
<i>Craugastor pygmaeus</i>	123	0.947
<i>Craugastor rhodopis</i>	316	0.958
<i>Craugastor rugulosus</i>	221	0.947



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Craugastor spatulatus</i>	15	0.836
<i>Crocodylus moreletii</i>	35	0.962
<i>Crotalus atrox</i>	217	0.835
<i>Crotalus basiliscus</i>	44	0.901
<i>Crotalus durissus</i>	103	0.841
<i>Crotalus intermedius</i>	27	0.986
<i>Crotalus molossus</i>	121	0.788
<i>Crotalus ravus</i>	63	0.985
<i>Crotalus triseriatus</i>	170	0.933
<i>Ctenosaura acanthura</i>	65	0.911
<i>Ctenosaura clarki</i>	25	0.947
<i>Ctenosaura pectinata</i>	199	0.932
<i>Ctenosaura quinquecarinata</i>	16	0.960
<i>Ctenosaura similis</i>	177	0.880
<i>Dendrophidion vinitor</i>	22	0.919
<i>Dendropsophus ebraccatus</i>	40	0.966
<i>Dendropsophus microcephalus</i>	113	0.945
<i>Dendropsophus robertmertensi</i>	48	0.968
<i>Dermophis mexicanus</i>	59	0.948
<i>Dermophis oaxacae</i>	7	0.900
<i>Diadophis punctatus</i>	40	0.934
<i>Diaglena spatulata</i>	11	0.929
<i>Dipsosaurus dorsalis</i>	97	0.948
<i>Dryadophis melanolomus</i>	188	0.913
<i>Drymarchon corais</i>	227	0.843
<i>Drymobius chloroticus</i>	33	0.924



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Drymobius margaritiferus</i>	279	0.866
<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	4	0.995
<i>Duellmanohyla schmidtorum</i>	22	0.950
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	215	0.953
<i>Eleutherodactylus albolabris</i>	8	0.788
<i>Eleutherodactylus leprus</i>	44	0.924
<i>Eleutherodactylus modestus</i>	13	0.799
<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	128	0.940
<i>Eleutherodactylus pipilans</i>	62	0.951
<i>Engystomops pustulosus</i>	104	0.947
<i>Enulius flavitorques</i>	33	0.950
<i>Epictia goudotii</i>	87	0.937
<i>Eretmochelys imbricata</i>	5	0.872
<i>Exerodonta melanoma</i>	22	0.968
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	43	0.963
<i>Exerodonta xera</i>	14	0.920
<i>Ficimia olivácea</i>	30	0.883
<i>Ficimia publia</i>	57	0.898
<i>Ficimia variegata</i>	7	0.892
<i>Gastrophryne usta</i>	122	0.964
<i>Geagras redimitus</i>	9	0.928
<i>Gehyra mutilata</i>	28	0.964
<i>Geophis carinosus</i>	7	0.920
<i>Geophis dubius</i>	6	0.780
<i>Geophis duellmani</i>	3	0.977
<i>Geophis sallaei</i>	3	0.997



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	224	0.888
<i>Gerrhonotus ophiurus</i>	32	0.895
<i>Gymnophthalmus speciosus</i>	12	0.973
<i>Heloderma horridum</i>	120	0.935
<i>Hemidactylus frenatus</i>	64	0.839
<i>Hemidactylus mabouia</i>	7	0.929
<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i>	40	0.934
<i>Hydrophis platurus</i>	21	0.903
<i>Hyla arenicolor</i>	182	0.831
<i>Hyla euphorbiacea</i>	51	0.931
<i>Hyla eximia</i>	391	0.903
<i>Hyla plicata</i>	90	0.986
<i>Hypopachus variolosus</i>	162	0.858
<i>Hypsiglena torquata</i>	165	0.752
<i>Iguana iguana</i>	131	0.936
<i>Imantodes cenchoa</i>	99	0.927
<i>Imantodes gemmistratus</i>	76	0.912
<i>Incilius canaliferus</i>	86	0.914
<i>Incilius cavifrons</i>	19	0.994
<i>Incilius cristatus</i>	57	0.916
<i>Incilius marmoreus</i>	155	0.939
<i>Incilius occidentalis</i>	270	0.902
<i>Incilius perplexus</i>	47	0.974
<i>Incilius valliceps</i>	903	0.900
<i>Kinosternon acutum</i>	11	0.897
<i>Kinosternon integrum</i>	215	0.875



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Kinosternon leucostomum</i>	71	0.957
<i>Kinosternon scorpioides</i>	106	0.897
<i>Laemanctus longipes</i>	25	0.900
<i>Lampropeltis triangulum</i>	216	0.828
<i>Lepidochelys olivacea</i>	5	0.990
<i>Lepidophyma flavimaculatum</i>	117	0.923
<i>Lepidophyma pajapanensis</i>	19	0.988
<i>Lepidophyma smithii</i>	54	0.917
<i>Lepidophyma tuxtlae</i>	60	0.994
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	436	0.907
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	271	0.916
<i>Leptodeira annulata</i>	137	0.940
<i>Leptodeira maculata</i>	188	0.928
<i>Leptodeira nigrofasciata</i>	15	0.950
<i>Leptodeira septentrionalis</i>	202	0.881
<i>Leptophis ahaetulla</i>	31	0.952
<i>Leptophis diplotropis</i>	61	0.866
<i>Leptophis mexicanus</i>	131	0.882
<i>Lithobates berlandieri</i>	479	0.854
<i>Lithobates forreri</i>	26	0.940
<i>Lithobates maculatus</i>	103	0.960
<i>Lithobates montezumae</i>	160	0.933
<i>Lithobates pustulosa</i>	698	0.772
<i>Lithobates sierramadrensis</i>	10	0.775
<i>Lithobates spectabilis</i>	67	0.965
<i>Lithobates vaillanti</i>	169	0.951



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Lithobates zweifeli</i>	26	0.885
<i>Loxocemus bicolor</i>	36	0.971
<i>Manolepis putnami</i>	55	0.917
<i>Marisora unimarginata</i>	176	0.917
<i>Megastomahyla mixomaculata</i>	21	0.972
<i>Mesaspis gadovi</i>	51	0.960
<i>Mesaspis juarezi</i>	5	0.968
<i>Mesaspis moreleti</i>	95	0.993
<i>Mesaspis viridiflava</i>	42	0.960
<i>Micrurus browni</i>	45	0.942
<i>Micrurus diastema</i>	96	0.887
<i>Micrurus elegans</i>	39	0.927
<i>Micrurus ephippifer</i>	17	0.996
<i>Micrurus fulvius</i>	67	0.914
<i>Micrurus laticollaris</i>	12	0.801
<i>Micrurus latifasciatus</i>	13	0.969
<i>Micrurus nigrocinctus</i>	31	0.979
<i>Mixcoatlus melanurus</i>	10	0.992
<i>Ninia diademata</i>	100	0.958
<i>Ninia sebae</i>	152	0.944
<i>Ophryacus undulatus</i>	15	0.969
<i>Oxybelis aeneus</i>	170	0.881
<i>Oxybelis fulgidus</i>	44	0.925
<i>Oxyrhopus petolarius</i>	33	0.948
<i>Pachymedusa dacnicolor</i>	145	0.936
<i>Phrynosoma asio</i>	31	0.970



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Phrynosoma braconnieri</i>	20	0.983
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	209	0.896
<i>Phrynosoma taurus</i>	24	0.950
<i>Phyllodactylus bordai</i>	41	0.979
<i>Phyllodactylus davisii</i>	16	0.996
<i>Phyllodactylus lanei</i>	87	0.958
<i>Phyllodactylus muralis</i>	56	0.998
<i>Phyllodactylus tuberculatus</i>	226	0.932
<i>Pituophis deppei</i>	188	0.893
<i>Pituophis lineaticollis</i>	37	0.953
<i>Plectrohyla arborescens</i>	28	0.955
<i>Plectrohyla bistincta</i>	32	0.893
<i>Plectrohyla guatemalensis</i>	23	0.970
<i>Plectrohyla matudai</i>	54	0.983
<i>Plectrohyla pentheter</i>	3	0.999
<i>Pleistodon brevirostris</i>	325	0.879
<i>Pleistodon copei</i>	106	0.976
<i>Pleistodon sumichrasti</i>	63	0.955
<i>Pliocercus elapoides</i>	94	0.921
<i>Porthidium dunni</i>	47	0.959
<i>Pseudoelaphe flavirufa</i>	45	0.833
<i>Pseudoeurycea bellii</i>	108	0.949
<i>Pseudoeurycea cephalica</i>	191	0.982
<i>Pseudoeurycea cochranii</i>	13	0.978
<i>Pseudoeurycea juarezi</i>	8	0.967
<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	159	0.994



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Pseudoeurycea parva</i>	5	1.000
<i>Pseudoeurycea smithi</i>	9	0.974
<i>Pseustes poecilonotus</i>	38	0.918
<i>Ptychohyala euthysanota</i>	52	0.954
<i>Ramphotyphlops braminus</i>	16	0.939
<i>Rhadinaea decorata</i>	91	0.955
<i>Rhadinaea fulvivittis</i>	19	0.977
<i>Rhadinaea taeniata</i>	23	0.944
<i>Rhadinella lachrymans</i>	20	0.941
<i>Rhinella marina</i>	548	0.877
<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	22	0.986
<i>Rhinoclemmys rubida</i>	20	0.913
<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	104	0.903
<i>Salvadora bairdi</i>	47	0.890
<i>Salvadora intermedia</i>	27	0.942
<i>Salvadora lemniscata</i>	47	0.974
<i>Salvadora mexicana</i>	51	0.945
<i>Scaphiodontophis annulatus</i>	44	0.908
<i>Sceloporus acanthinus</i>	48	0.950
<i>Sceloporus aeneus</i>	254	0.981
<i>Sceloporus bicanthalis</i>	61	0.994
<i>Sceloporus carinatus</i>	80	0.978
<i>Sceloporus edwardtaylori</i>	27	0.996
<i>Sceloporus formosus</i>	142	0.948
<i>Sceloporus gadoviae</i>	86	0.963
<i>Sceloporus grammicus</i>	809	0.905



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Sceloporus horridus</i>	346	0.940
<i>Sceloporus internasalis</i>	43	0.928
<i>Sceloporus jalapae</i>	129	0.984
<i>Sceloporus lundelli</i>	16	0.963
<i>Sceloporus megalepidurus</i>	84	0.976
<i>Sceloporus melanorhinus</i>	119	0.943
<i>Sceloporus mucronatus</i>	245	0.973
<i>Sceloporus ochoteranae</i>	38	0.975
<i>Sceloporus pyrocephalus</i>	78	0.980
<i>Sceloporus salvini</i>	9	0.973
<i>Sceloporus scalaris</i>	177	0.873
<i>Sceloporus serrifer</i>	243	0.916
<i>Sceloporus siniferus</i>	274	0.972
<i>Sceloporus spinosus</i>	425	0.906
<i>Sceloporus torquatus</i>	476	0.934
<i>Sceloporus undulatus</i>	226	0.826
<i>Sceloporus utiformis</i>	53	0.931
<i>Sceloporus variabilis</i>	1035	0.918
<i>Scinax staufferi</i>	297	0.918
<i>Scincella assatus</i>	138	0.956
<i>Scincella cherriei</i>	141	0.964
<i>Scincella gemmingeri</i>	127	0.932
<i>Scincella lateralis</i>	22	0.865
<i>Scincella silvicola</i>	98	0.949
<i>Senticolis triaspis</i>	101	0.860
<i>Sibon dimidiatus</i>	17	0.843



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Sibon nebulata</i>	38	0.891
<i>Smilisca baudinii</i>	756	0.887
<i>Smilisca cyanosticta</i>	37	0.972
<i>Spea hammondi</i>	214	0.861
<i>Spea multiplicata</i>	140	0.908
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	112	0.921
<i>Spilotes pullatus</i>	109	0.921
<i>Staurotypus salvini</i>	7	0.913
<i>Staurotypus triporcatus</i>	29	0.961
<i>Stenorrhina degenhardti</i>	38	0.918
<i>Stenorrhina freminvillei</i>	77	0.923
<i>Storeira storerioides</i>	97	0.946
<i>Symphimus leucostomus</i>	10	0.979
<i>Tantalophis discolor</i>	4	0.914
<i>Tantilla bocourti</i>	39	0.929
<i>Tantilla flavilineata</i>	4	1.000
<i>Tantilla jani</i>	6	0.997
<i>Tantilla rubra</i>	69	0.916
<i>Tantilla schistosa</i>	11	0.917
<i>Tantilla slavensi</i>	5	0.795
<i>Tantilla striata</i>	9	0.762
<i>Tantillita brevissima</i>	6	0.959
<i>Tantillita canula</i>	3	0.979
<i>Tantillita lintoni</i>	7	0.923
<i>Thamnophis chrysocephalus</i>	37	0.925
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	165	0.774



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Thamnophis eques</i>	316	0.856
<i>Thamnophis godmani</i>	5	0.992
<i>Thamnophis marcianus</i>	164	0.882
<i>Thamnophis melanogaster</i>	95	0.904
<i>Thamnophis proximus</i>	246	0.918
<i>Thamnophis scalaris</i>	101	0.984
<i>Thorius macdougalli</i>	4	0.814
<i>Thorius narisovalis</i>	15	0.986
<i>Thorius pulmonaris</i>	18	0.960
<i>Thorius schmidti</i>	6	0.992
<i>Tlalocohyla loquax</i>	57	0.942
<i>Tlalocohyla picta</i>	109	0.953
<i>Tlalocohyla smithii</i>	111	0.940
<i>Trachemys scripta</i>	107	0.823
<i>Trachycephalus venulosus</i>	182	0.949
<i>Trimorphodon biscutatus</i>	132	0.920
<i>Trimorphodon tau</i>	106	0.894
<i>Tropidodipsas fasciata</i>	40	0.880
<i>Tropidodipsas fischeri</i>	12	0.982
<i>Tropidodipsas sartorii</i>	90	0.900
<i>Urosaurus bicarinatus</i>	209	0.938
<i>Xenodon rabdocephalus</i>	32	0.945
<i>Xenosaurus grandis</i>	122	0.957
<i>Xenosaurus juarez</i>	13	0.984



BIRDS

Scientific name	# localities records	AUC
<i>Abeillia abeillei</i>	40	0.947
<i>Accipiter bicolor</i>	32	0.894
<i>Aegolius acadicus</i>	24	0.977
<i>Agamia agami</i>	18	0.978
<i>Agelaius phoeniceus</i>	389	0.782
<i>Aimophila botterii</i>	159	0.800
<i>Aimophila humeralis</i>	107	0.965
<i>Aimophila mystacalis</i>	49	0.993
<i>Aimophila notosticta</i>	3	0.932
<i>Aimophila rufescens</i>	329	0.883
<i>Aimophila ruficauda</i>	248	0.954
<i>Aimophila ruficeps</i>	275	0.775
<i>Aimophila sumichrasti</i>	48	0.998
<i>Amaurolimnas concolor</i>	15	0.915
<i>Amaurospiza concolor</i>	9	0.829
<i>Amazilia beryllina</i>	427	0.890
<i>Amazilia candida</i>	241	0.932
<i>Amazilia cyanocephala</i>	148	0.933
<i>Amazilia rutila</i>	278	0.952
<i>Amazilia tzacatl</i>	150	0.954
<i>Amazilia violiceps</i>	251	0.889
<i>Amazilia viridifrons</i>	97	0.959
<i>Amazilia yucatanensis</i>	262	0.903
<i>Amazona albifrons</i>	239	0.902



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Amazona auropalliata</i>	15	0.992
<i>Amazona autumnalis</i>	94	0.899
<i>Amazona farinosa</i>	26	0.927
<i>Amazona finschi</i>	87	0.941
<i>Amazona oratrix</i>	91	0.888
<i>Amblycercus holosericeus</i>	243	0.921
<i>Anabacerthia variegaticeps</i>	79	0.967
<i>Anas acuta</i>	76	0.771
<i>Anas americana</i>	51	0.813
<i>Anas clypeata</i>	75	0.809
<i>Anas crecca</i>	73	0.819
<i>Anas cyanoptera</i>	48	0.784
<i>Anas discors</i>	119	0.776
<i>Anhinga anhinga</i>	60	0.870
<i>Anthracothorax prevostii</i>	140	0.934
<i>Aphelocoma coerulescens</i>	185	0.870
<i>Aphelocoma unicolor</i>	68	0.993
<i>Ara macao</i>	20	0.975
<i>Ara militaris</i>	72	0.901
<i>Aramides cajanea</i>	91	0.939
<i>Aramus guarauna</i>	41	0.926
<i>Aratinga canicularis</i>	240	0.944
<i>Aratinga holochlora</i>	93	0.910
<i>Aratinga nana</i>	197	0.929
<i>Aratinga strenua</i>	23	0.982
<i>Archilochus colubris</i>	268	0.805



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Ardea alba</i>	256	0.828
<i>Ardea herodias</i>	194	0.790
<i>Arenaria interpres</i>	91	0.956
<i>Arremon aurantirostris</i>	62	0.964
<i>Arremonops rufivirgatus</i>	427	0.895
<i>Aspatha gularis</i>	37	0.979
<i>Atlapetes albinucha</i>	72	0.979
<i>Atlapetes pileatus</i>	252	0.947
<i>Atthis heloisa</i>	101	0.939
<i>Attila spadiceus</i>	323	0.878
<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	146	0.967
<i>Automolus ochrolaemus</i>	104	0.955
<i>Automolus rubiginosus</i>	66	0.965
<i>Aythya affinis</i>	66	0.775
<i>Aythya collaris</i>	19	0.855
<i>Baeolophus wollweberi</i>	178	0.818
<i>Basileuterus belli</i>	231	0.926
<i>Basileuterus culicivorus</i>	285	0.923
<i>Basileuterus rufifrons</i>	497	0.856
<i>Brotogeris jugularis</i>	36	0.994
<i>Buarremon brunneinucha</i>	213	0.968
<i>Bubulcus ibis</i>	175	0.869
<i>Burhinus bistriatus</i>	31	0.971
<i>Busarellus nigricollis</i>	21	0.919
<i>Buteo brachyurus</i>	43	0.865
<i>Buteo magnirostris</i>	354	0.909



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Buteo nitidus</i>	330	0.836
<i>Buteo platypterus</i>	65	0.914
<i>Buteogallus anthracinus</i>	176	0.830
<i>Buteogallus urubitinga</i>	94	0.875
<i>Butorides virescens</i>	275	0.823
<i>Cacicus melanicterus</i>	220	0.953
<i>Cairina moschata</i>	40	0.841
<i>Calidris alba</i>	127	0.898
<i>Calidris alpina</i>	41	0.922
<i>Calidris mauri</i>	114	0.827
<i>Calidris minutilla</i>	221	0.751
<i>Calocitta formosa</i>	231	0.962
<i>Calothorax lucifer</i>	126	0.842
<i>Calothorax pulcher</i>	11	0.995
<i>Campephilus guatemalensis</i>	328	0.847
<i>Camptostoma imberbe</i>	360	0.790
<i>Campylopterus curvipennis</i>	216	0.955
<i>Campylopterus excellens</i>	26	0.956
<i>Campylopterus hemileucurus</i>	150	0.970
<i>Campylopterus rufus</i>	24	0.991
<i>Campylorhynchus jocosus</i>	61	0.980
<i>Campylorhynchus megalopterus</i>	120	0.975
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	199	0.975
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	189	0.962
<i>Caprimulgus carolinensis</i>	31	0.896
<i>Caprimulgus ridgwayi</i>	123	0.865



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Caprimulgus salvini</i>	25	0.864
<i>Caprimulgus vociferus</i>	248	0.844
<i>Caracara cheriway</i>	181	0.805
<i>Cardellina rubrifrons</i>	81	0.891
<i>Cardinalis cardinalis</i>	583	0.799
<i>Carduelis notata</i>	187	0.894
<i>Carpodacus mexicanus</i>	624	0.799
<i>Caryothraustes poliogaster</i>	75	0.962
<i>Cathartes burrovianus</i>	27	0.969
<i>Catharus aurantiirostris</i>	328	0.888
<i>Catharus dryas</i>	34	0.975
<i>Catharus frantzii</i>	96	0.960
<i>Catharus fuscescens</i>	17	0.930
<i>Catharus guttatus</i>	408	0.792
<i>Catharus mexicanus</i>	98	0.974
<i>Catharus occidentalis</i>	272	0.944
<i>Catharus ustulatus</i>	266	0.848
<i>Celeus castaneus</i>	90	0.961
<i>Cercomacra tyrannina</i>	49	0.961
<i>Certhia americana</i>	279	0.891
<i>Chaetura pelagica</i>	36	0.905
<i>Chaetura vauxi</i>	135	0.835
<i>Charadrius alexandrinus</i>	67	0.872
<i>Charadrius collaris</i>	40	0.879
<i>Charadrius semipalmatus</i>	113	0.917
<i>Charadrius wilsonia</i>	104	0.941



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Chiroxiphia linearis</i>	72	0.990
<i>Chlidonias niger</i>	53	0.792
<i>Chloroceryle aenea</i>	115	0.961
<i>Chloroceryle amazona</i>	101	0.939
<i>Chloroceryle americana</i>	461	0.795
<i>Chlorophanes spiza</i>	24	0.976
<i>Chlorophonia occipitalis</i>	67	0.965
<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	221	0.969
<i>Chlorostilbon auriceps</i>	81	0.944
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	216	0.908
<i>Chondestes grammacus</i>	350	0.761
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	72	0.876
<i>Ciccaba nigrolineata</i>	28	0.825
<i>Ciccaba virgata</i>	244	0.860
<i>Cinclus mexicanus</i>	44	0.884
<i>Cistothorus palustris</i>	95	0.843
<i>Claravis mondetoura</i>	4	0.909
<i>Claravis pretiosa</i>	124	0.902
<i>Coccothraustes abeillei</i>	77	0.904
<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>	47	0.824
<i>Coccyzus minor</i>	77	0.907
<i>Cochlearius cochlearius</i>	96	0.939
<i>Coereba flaveola</i>	90	0.955
<i>Colaptes auratus</i>	472	0.805
<i>Colibri thalassinus</i>	162	0.952
<i>Colinus virginianus</i>	403	0.845



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Columbina inca</i>	505	0.804
<i>Columbina minuta</i>	46	0.919
<i>Columbina passerina</i>	423	0.791
<i>Columbina talpacoti</i>	320	0.922
<i>Contopus cinereus</i>	92	0.913
<i>Contopus cooperi</i>	105	0.776
<i>Contopus pertinax</i>	493	0.846
<i>Contopus virens</i>	145	0.853
<i>Coragyps atratus</i>	168	0.807
<i>Cotinga amabilis</i>	21	0.972
<i>Crax rubra</i>	66	0.892
<i>Crotophaga ani</i>	9	0.996
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	578	0.852
<i>Crypturellus boucardi</i>	58	0.968
<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	229	0.924
<i>Crypturellus soui</i>	29	0.967
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	141	0.926
<i>Cyanocitta stelleri</i>	289	0.909
<i>Cyanocompsa cyanooides</i>	95	0.957
<i>Cyanocompsa parellina</i>	321	0.879
<i>Cyanocorax morio</i>	357	0.952
<i>Cyanocorax yncas</i>	472	0.903
<i>Cyanolyca cucullata</i>	34	0.952
<i>Cyanolyca mirabilis</i>	21	0.990
<i>Cyanolyca nana</i>	22	0.964
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	266	0.930



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Cynanthus latirostris</i>	477	0.851
<i>Cynanthus sordidus</i>	98	0.977
<i>Cyrtonyx montezumae</i>	141	0.856
<i>Cyrtonyx ocellatus</i>	13	0.981
<i>Dactylortyx thoracicus</i>	78	0.920
<i>Deltarhynchus flammulatus</i>	32	0.957
<i>Dendrocincla anabatina</i>	125	0.955
<i>Dendrocincla homochroa</i>	123	0.950
<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	98	0.919
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	109	0.893
<i>Dendrocygna bicolor</i>	20	0.810
<i>Dendroica chrysoparia</i>	18	0.959
<i>Dendroica dominica</i>	86	0.873
<i>Dendroica fusca</i>	39	0.891
<i>Dendroica graciae</i>	149	0.858
<i>Dendroica magnolia</i>	239	0.927
<i>Dendroica nigrescens</i>	193	0.807
<i>Dendroica occidentalis</i>	178	0.844
<i>Dendroica pensylvanica</i>	48	0.881
<i>Dendroica petechia</i>	542	0.799
<i>Dendroica townsendi</i>	234	0.812
<i>Dendroica virens</i>	207	0.853
<i>Dendrortyx macroura</i>	43	0.973
<i>Diglossa baritula</i>	150	0.970
<i>Dives dives</i>	278	0.931
<i>Dromococcyx phasianellus</i>	46	0.913



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Dryocopus lineatus</i>	360	0.860
<i>Dumetella carolinensis</i>	238	0.914
<i>Egretta caerulea</i>	161	0.871
<i>Egretta rufescens</i>	116	0.917
<i>Egretta thula</i>	195	0.882
<i>Egretta tricolor</i>	149	0.901
<i>Elaenia flavogaster</i>	90	0.939
<i>Elanoides forficatus</i>	15	0.818
<i>Elanus leucurus</i>	84	0.892
<i>Electron carinatum</i>	9	0.961
<i>Empidonax affinis</i>	200	0.892
<i>Empidonax albigularis</i>	79	0.884
<i>Empidonax alnorum</i>	31	0.924
<i>Empidonax difficilis</i>	344	0.860
<i>Empidonax flavescens</i>	74	0.978
<i>Empidonax flaviventris</i>	159	0.887
<i>Empidonax fulvifrons</i>	228	0.866
<i>Empidonax hammondi</i>	269	0.851
<i>Empidonax minimus</i>	576	0.827
<i>Empidonax oberholseri</i>	260	0.764
<i>Empidonax occidentalis</i>	202	0.873
<i>Empidonax traillii</i>	172	0.805
<i>Empidonax virescens</i>	35	0.881
<i>Eremophila alpestris</i>	263	0.793
<i>Ergaticus ruber</i>	169	0.954
<i>Eucometis penicillata</i>	87	0.951



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Eudocimus albus</i>	125	0.918
<i>Eugenes fulgens</i>	342	0.895
<i>Eumomota superciliosa</i>	118	0.963
<i>Eupherusa cyanophrys</i>	38	0.998
<i>Eupherusa eximia</i>	57	0.945
<i>Eupherusa poliocerca</i>	29	0.984
<i>Euphonia affinis</i>	283	0.892
<i>Euphonia elegantissima</i>	197	0.871
<i>Euphonia gouldi</i>	64	0.944
<i>Euphonia hirundinacea</i>	291	0.914
<i>Euthlypis lachrymosa</i>	196	0.897
<i>Falco femoralis</i>	25	0.878
<i>Falco rufigularis</i>	139	0.876
<i>Florisuga mellivora</i>	24	0.979
<i>Formicarius analis</i>	122	0.941
<i>Fregata magnificens</i>	104	0.969
<i>Galbula ruficauda</i>	61	0.963
<i>Gallinula chloropus</i>	78	0.820
<i>Gelochelidon nilotica</i>	60	0.920
<i>Geococcyx velox</i>	176	0.880
<i>Geothlypis nelsoni</i>	37	0.933
<i>Geothlypis poliocephala</i>	215	0.893
<i>Geothlypis trichas</i>	468	0.774
<i>Geotrygon albifacies</i>	73	0.968
<i>Geotrygon montana</i>	93	0.906
<i>Geranospiza caerulescens</i>	50	0.859



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Glaucidium brasilianum</i>	588	0.859
<i>Glaucidium gnoma</i>	99	0.824
<i>Glaucidium griseiceps</i>	8	0.903
<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	52	0.948
<i>Grallaria guatemalensis</i>	84	0.934
<i>Granatellus sallaei</i>	84	0.961
<i>Granatellus venustus</i>	68	0.941
<i>Habia fuscicauda</i>	386	0.933
<i>Habia rubica</i>	303	0.919
<i>Haematopus palliatus</i>	125	0.949
<i>Harpagus bidentatus</i>	27	0.921
<i>Harpia harpyja</i>	6	0.998
<i>Harpyhaliaetus solitarius</i>	11	0.880
<i>Heliomaster constantii</i>	147	0.908
<i>Heliomaster longirostris</i>	92	0.939
<i>Heliornis fulica</i>	31	0.837
<i>Helmitheros vermivorum</i>	88	0.886
<i>Henicorhina leucophrys</i>	147	0.956
<i>Henicorhina leucosticta</i>	181	0.948
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	139	0.892
<i>Himantopus mexicanus</i>	155	0.832
<i>Hylocharis eliciae</i>	24	0.917
<i>Hylocharis leucotis</i>	429	0.895
<i>Hylocichla mustelina</i>	131	0.919
<i>Hylomanes momotula</i>	80	0.963
<i>Hylophilus decurtatus</i>	125	0.950



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Hylophilus ochraceiceps</i>	92	0.959
<i>Hylorchilus sumichrasti</i>	7	0.994
<i>Icterus bullockii</i>	138	0.797
<i>Icterus chrysater</i>	81	0.969
<i>Icterus cucullatus</i>	406	0.773
<i>Icterus dominicensis</i>	116	0.942
<i>Icterus galbula</i>	257	0.820
<i>Icterus graduacauda</i>	233	0.906
<i>Icterus gularis</i>	406	0.910
<i>Icterus maculialatus</i>	22	0.971
<i>Icterus mesomelas</i>	108	0.943
<i>Icterus parisorum</i>	184	0.806
<i>Icterus pectoralis</i>	64	0.978
<i>Icterus pustulatus</i>	534	0.928
<i>Icterus spurius</i>	358	0.822
<i>Icterus wagleri</i>	205	0.824
<i>Ictinia plumbea</i>	54	0.903
<i>Jacana spinosa</i>	174	0.909
<i>Junco phaeonotus</i>	434	0.888
<i>Lampornis amethystinus</i>	181	0.947
<i>Lampornis clemenciae</i>	192	0.901
<i>Lampornis viridipallens</i>	56	0.978
<i>Lamprolaima rhami</i>	57	0.970
<i>Lanio aurantius</i>	60	0.964
<i>Lanius ludovicianus</i>	426	0.760
<i>Larus argentatus</i>	43	0.932



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Larus delawarensis</i>	77	0.924
<i>Laterallus ruber</i>	47	0.924
<i>Legatus leucophaeus</i>	63	0.950
<i>Lepidocolaptes affinis</i>	201	0.953
<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	185	0.910
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	104	0.956
<i>Leptodon cayanensis</i>	38	0.919
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	61	0.972
<i>Leptotila rufaxilla</i>	84	0.940
<i>Leptotila verreauxi</i>	542	0.840
<i>Leucophaeus atricilla</i>	178	0.903
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	49	0.819
<i>Leucopternis albicollis</i>	46	0.976
<i>Limnodromus griseus</i>	51	0.843
<i>Limnodromus scolopaceus</i>	87	0.758
<i>Limnothlypis swainsonii</i>	26	0.960
<i>Limosa fedoa</i>	41	0.882
<i>Limosa lapponica</i>	25	0.857
<i>Lipaugus unirufus</i>	36	0.983
<i>Lophornis helenae</i>	24	0.968
<i>Lophostrix cristata</i>	16	0.799
<i>Loxia curvirostra</i>	119	0.933
<i>Manacus candei</i>	54	0.974
<i>Megaceryle torquata</i>	157	0.876
<i>Megarynchus pitangua</i>	309	0.912
<i>Megascops cooperi</i>	21	0.995



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Megascops guatemalae</i>	84	0.823
<i>Megascops trichopsis</i>	118	0.813
<i>Melanerpes aurifrons</i>	863	0.852
<i>Melanerpes chrysogenys</i>	271	0.970
<i>Melanerpes formicivorus</i>	486	0.816
<i>Melanerpes hypopolius</i>	66	0.981
<i>Melanerpes pucherani</i>	61	0.970
<i>Melanotis caerulescens</i>	425	0.887
<i>Melospiza melodia</i>	251	0.992
<i>Melospiza kieneri</i>	183	0.943
<i>Micrastur ruficollis</i>	73	0.906
<i>Micrastur semitorquatus</i>	104	0.906
<i>Microrhophias quixensis</i>	31	0.969
<i>Mimus gilvus</i>	162	0.964
<i>Mionectes oleagineus</i>	162	0.949
<i>Mionectes olivaceus</i>	7	0.986
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	313	0.906
<i>Mniotilta varia</i>	403	0.803
<i>Molothrus aeneus</i>	483	0.799
<i>Molothrus ater</i>	298	0.763
<i>Momotus mexicanus</i>	375	0.915
<i>Momotus momota</i>	346	0.911
<i>Morococcyx erythropygus</i>	135	0.954
<i>Myadestes occidentalis</i>	397	0.894
<i>Myadestes unicolor</i>	77	0.934
<i>Myiarchus cinerascens</i>	583	0.752



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Myiarchus crinitus</i>	119	0.890
<i>Myiarchus nuttingi</i>	290	0.862
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	761	0.808
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	406	0.792
<i>Myiobius barbatus</i>	83	0.974
<i>Myioborus miniatus</i>	384	0.906
<i>Myioborus pictus</i>	249	0.790
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	359	0.841
<i>Myiodynastes maculatus</i>	48	0.951
<i>Myiopagis viridicata</i>	266	0.857
<i>Myiozetetes similis</i>	545	0.868
<i>Notharchus macrorhynchos</i>	29	0.977
<i>Numenius americanus</i>	120	0.866
<i>Numenius phaeopus</i>	53	0.863
<i>Nyctanassa violacea</i>	152	0.820
<i>Nyctibius jamaicensis</i>	74	0.901
<i>Nycticorax nycticorax</i>	106	0.816
<i>Nyctidromus albicollis</i>	474	0.871
<i>Nyctiphrynus mcleodii</i>	21	0.858
<i>Odontophorus guttatus</i>	50	0.934
<i>Oncostoma cinereigulare</i>	192	0.949
<i>Onychorhynchus coronatus</i>	114	0.933
<i>Onychorhynchus fuscatus</i>	23	0.816
<i>Oporornis formosus</i>	127	0.924
<i>Oporornis philadelphia</i>	44	0.890
<i>Oporornis tolmiei</i>	305	0.815



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Oriturus superciliosus</i>	174	0.936
<i>Ornithion semiflavum</i>	31	0.966
<i>Ortalis poliocephala</i>	72	0.949
<i>Ortalis vetula</i>	308	0.891
<i>Oryzoborus funereus</i>	30	0.939
<i>Otus flammeolus</i>	60	0.816
<i>Oxyura jamaicensis</i>	71	0.846
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	627	0.837
<i>Pachyramphus cinnamomeus</i>	23	0.974
<i>Pachyramphus major</i>	134	0.886
<i>Pandion haliaetus</i>	119	0.841
<i>Panyptila sanctihieronymi</i>	13	0.947
<i>Parabuteo unicinctus</i>	102	0.781
<i>Pardirallus maculatus</i>	15	0.880
<i>Parula americana</i>	82	0.917
<i>Parula pitiaiyumi</i>	187	0.836
<i>Parula superciliosa</i>	207	0.915
<i>Passerculus sandwichensis</i>	351	0.789
<i>Passerina caerulea</i>	516	0.783
<i>Passerina ciris</i>	362	0.815
<i>Passerina cyanea</i>	384	0.839
<i>Passerina leclancherii</i>	168	0.982
<i>Passerina rositae</i>	56	0.946
<i>Passerina versicolor</i>	423	0.835
<i>Patagioenas fasciata</i>	137	0.849
<i>Patagioenas flavirostris</i>	269	0.861



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Patagioenas nigrirostris</i>	49	0.955
<i>Patagioenas speciosa</i>	40	0.941
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	73	0.910
<i>Penelope purpurascens</i>	103	0.875
<i>Penelopina nigra</i>	46	0.954
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	123	0.752
<i>Peucedramus taeniatus</i>	231	0.884
<i>Phaethornis longirostris</i>	108	0.951
<i>Phaethornis striigularis</i>	83	0.967
<i>Phaethornis superciliosus</i>	45	0.979
<i>Phainopepla nitens</i>	163	0.791
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	133	0.852
<i>Pharomachrus mocinno</i>	25	0.861
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	208	0.863
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	506	0.818
<i>Piaya cayana</i>	535	0.851
<i>Picoides villosus</i>	304	0.870
<i>Piculus auricularis</i>	74	0.954
<i>Piculus rubiginosus</i>	301	0.908
<i>Pionopsitta haematotis</i>	40	0.966
<i>Pionus senilis</i>	92	0.926
<i>Pipilo albicollis</i>	43	0.986
<i>Pipilo fuscus</i>	564	0.846
<i>Pipilo maculatus</i>	421	0.860
<i>Pipilo ocai</i>	89	0.964
<i>Pipra mentalis</i>	132	0.965



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Piranga bidentata</i>	239	0.910
<i>Piranga erythrocephala</i>	92	0.939
<i>Piranga flava</i>	530	0.830
<i>Piranga leucoptera</i>	133	0.947
<i>Piranga ludoviciana</i>	294	0.787
<i>Pitangus sulphuratus</i>	574	0.863
<i>Platalea ajaja</i>	102	0.933
<i>Platyrinchus cancrorninus</i>	164	0.949
<i>Platyrinchus mystaceus</i>	11	0.942
<i>Plegadis chihi</i>	70	0.829
<i>Pluvialis dominica</i>	20	0.897
<i>Pluvialis squatarola</i>	99	0.963
<i>Podilymbus podiceps</i>	147	0.843
<i>Poecile sclateri</i>	224	0.898
<i>Poecilotriccus sylvia</i>	26	0.968
<i>Polioptila albiloris</i>	155	0.969
<i>Porphyrio martinica</i>	49	0.887
<i>Porzana carolina</i>	91	0.793
<i>Progne chalybea</i>	102	0.906
<i>Progne subis</i>	101	0.774
<i>Psaltriparus minimus</i>	401	0.825
<i>Psarocolius montezuma</i>	83	0.926
<i>Psarocolius wagleri</i>	29	0.960
<i>Pseudoscops clamator</i>	21	0.964
<i>Pteroglossus torquatus</i>	174	0.949
<i>Ptilogonys cinereus</i>	247	0.900



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Pulsatrix perspicillata</i>	33	0.949
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	696	0.856
<i>Quiscalus mexicanus</i>	732	0.788
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	150	0.954
<i>Ramphocaenus melanurus</i>	128	0.952
<i>Ramphocelus passerinii</i>	37	0.966
<i>Ramphocelus sanguinolentus</i>	120	0.964
<i>Recurvirostra americana</i>	89	0.793
<i>Regulus calendula</i>	382	0.775
<i>Rhynchocyclus brevirostris</i>	144	0.928
<i>Rhytipterna holerythra</i>	24	0.971
<i>Ridgwayia pinicola</i>	55	0.805
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	46	0.951
<i>Rynchops niger</i>	92	0.887
<i>Saltator atriceps</i>	374	0.907
<i>Saltator coerulescens</i>	331	0.909
<i>Saltator maximus</i>	91	0.955
<i>Sarcoramphus papa</i>	25	0.907
<i>Sayornis phoebe</i>	126	0.782
<i>Schiffornis turdina</i>	69	0.951
<i>Sclerurus guatemalensis</i>	15	0.985
<i>Sclerurus mexicanus</i>	54	0.957
<i>Seiurus aurocapilla</i>	236	0.861
<i>Seiurus motacilla</i>	158	0.816
<i>Seiurus noveboracensis</i>	188	0.852
<i>Selasphorus platycercus</i>	182	0.850



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Selasphorus rufus</i>	161	0.785
<i>Setophaga ruticilla</i>	214	0.866
<i>Sialia sialis</i>	271	0.872
<i>Sitta carolinensis</i>	250	0.835
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	308	0.921
<i>Sphyrapicus varius</i>	239	0.772
<i>Spiza americana</i>	77	0.798
<i>Spizaetus melanoleucus</i>	10	0.913
<i>Spizaetus ornatus</i>	39	0.891
<i>Spizaetus tyrannus</i>	21	0.894
<i>Spizella atrogularis</i>	130	0.842
<i>Spizella pallida</i>	236	0.759
<i>Sporophila americana</i>	31	0.960
<i>Sporophila minuta</i>	31	0.990
<i>Sporophila torqueola</i>	521	0.859
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	333	0.782
<i>Stellula calliope</i>	43	0.773
<i>Sterna forsteri</i>	83	0.852
<i>Sterna hirundo</i>	39	0.860
<i>Streptoprocne rutila</i>	45	0.921
<i>Streptoprocne zonaris</i>	95	0.923
<i>Strix varia</i>	10	0.869
<i>Sturnella magna</i>	343	0.846
<i>Synallaxis erythrothorax</i>	133	0.958
<i>Tachybaptus dominicus</i>	137	0.887
<i>Tachycineta albilinea</i>	102	0.935



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Tangara larvata</i>	32	0.967
<i>Tapera naevia</i>	54	0.957
<i>Taraba major</i>	43	0.977
<i>Terenotriccus erythrurus</i>	8	0.995
<i>Thalasseus maximus</i>	143	0.925
<i>Thamnistes anabatinus</i>	8	0.889
<i>Thamnophilus doliatus</i>	319	0.918
<i>Thraupis abbas</i>	237	0.933
<i>Thraupis episcopus</i>	113	0.957
<i>Thryomanes bewickii</i>	434	0.822
<i>Thryothorus felix</i>	190	0.929
<i>Thryothorus maculipectus</i>	400	0.924
<i>Thryothorus modestus</i>	54	0.969
<i>Thryothorus pleurostictus</i>	214	0.963
<i>Thryothorus rutilus</i>	4	0.898
<i>Thryothorus sinaloa</i>	198	0.943
<i>Tiaris olivaceus</i>	173	0.926
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	90	0.865
<i>Tilmatura dupontii</i>	74	0.926
<i>Tinamus major</i>	41	0.938
<i>Tityra inquisitor</i>	67	0.930
<i>Tityra semifasciata</i>	406	0.897
<i>Todirostrum cinereum</i>	63	0.961
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	223	0.944
<i>Toxostoma ocellatum</i>	47	0.978
<i>Tringa melanoleuca</i>	104	0.767



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Tringa semipalmata</i>	182	0.913
<i>Troglodytes aedon</i>	678	0.783
<i>Trogon citreolus</i>	201	0.959
<i>Trogon collaris</i>	191	0.930
<i>Trogon elegans</i>	300	0.851
<i>Trogon massena</i>	66	0.959
<i>Trogon melanocephalus</i>	176	0.933
<i>Trogon mexicanus</i>	246	0.915
<i>Trogon violaceus</i>	225	0.927
<i>Turdus assimilis</i>	447	0.905
<i>Turdus grayi</i>	539	0.910
<i>Turdus infuscatus</i>	55	0.938
<i>Turdus migratorius</i>	401	0.837
<i>Turdus plebejus</i>	11	0.992
<i>Turdus rufopalliatus</i>	325	0.926
<i>Tyrannus couchii</i>	143	0.903
<i>Tyrannus crassirostris</i>	223	0.897
<i>Tyrannus forficatus</i>	130	0.877
<i>Tyrannus melancholicus</i>	542	0.868
<i>Tyrannus savana</i>	33	0.942
<i>Tyrannus tyrannus</i>	70	0.898
<i>Tyrannus vociferans</i>	359	0.795
<i>Uropsila leucogastra</i>	224	0.939
<i>Veniliornis fumigatus</i>	184	0.923
<i>Vermivora peregrina</i>	85	0.914
<i>Vermivora pinus</i>	67	0.934



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Vermivora ruficapilla</i>	298	0.794
<i>Vermivora virginiae</i>	57	0.870
<i>Vireo atricapilla</i>	43	0.912
<i>Vireo brevipennis</i>	22	0.957
<i>Vireo cassinii</i>	74	0.848
<i>Vireo flavifrons</i>	61	0.874
<i>Vireo flavoviridis</i>	308	0.862
<i>Vireo gilvus</i>	388	0.794
<i>Vireo griseus</i>	324	0.906
<i>Vireo huttoni</i>	396	0.865
<i>Vireo hypochryseus</i>	147	0.932
<i>Vireo leucophrys</i>	25	0.936
<i>Vireo nelsoni</i>	19	0.938
<i>Vireo olivaceus</i>	97	0.899
<i>Vireo philadelphicus</i>	37	0.907
<i>Vireo plumbeus</i>	61	0.819
<i>Vireo solitarius</i>	60	0.774
<i>Vireolanius melitophrys</i>	97	0.970
<i>Vireolanius pulchellus</i>	41	0.969
<i>Volatinia jacarina</i>	434	0.875
<i>Wilsonia canadensis</i>	54	0.905
<i>Wilsonia citrina</i>	170	0.943
<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	93	0.759
<i>Xenops minutus</i>	82	0.966
<i>Xenotriccus mexicanus</i>	30	0.951
<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>	40	0.989



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Xiphorhynchus erythropygius</i>	67	0.949
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	651	0.878

MAMMALS

Scientific name	# localities records	AUC
<i>Anoura geoffroyi</i>	318	0.892
<i>Artibeus aztecus</i>	117	0.904
<i>Artibeus intermedius</i>	597	0.858
<i>Artibeus jamaicensis</i>	1918	0.881
<i>Artibeus lituratus</i>	575	0.881
<i>Artibeus phaeotis</i>	717	0.926
<i>Artibeus toltecus</i>	437	0.889
<i>Artibeus watsoni</i>	33	0.992
<i>Ateles geoffroyi</i>	62	0.909
<i>Baiomys musculus</i>	1407	0.946
<i>Balantiopteryx io</i>	215	0.977
<i>Balantiopteryx plicata</i>	1691	0.916
<i>Bassariscus astutus</i>	265	0.900
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	40	0.934
<i>Bauerus dubiaquercus</i>	14	0.905
<i>Caluromys derbianus</i>	12	0.946
<i>Carollia perspicillata</i>	724	0.948
<i>Carollia sowelli</i>	646	0.944
<i>Carollia subrufa</i>	445	0.948
<i>Centurio senex</i>	156	0.905



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Chiroderma salvini</i>	49	0.819
<i>Chiroderma villosum</i>	41	0.921
<i>Chironectes minimus</i>	11	0.979
<i>Choeroniscus godmani</i>	14	0.935
<i>Choeronycteris mexicana</i>	249	0.823
<i>Chrotopterus auritus</i>	13	0.931
<i>Conepatus leuconotus</i>	100	0.897
<i>Conepatus semistriatus</i>	4	0.930
<i>Corynorhinus townsendii</i>	43	0.800
<i>Cryptotis goldmani</i>	49	0.955
<i>Cryptotis magna</i>	83	0.998
<i>Cryptotis mexicana</i>	104	0.968
<i>Cryptotis parva</i>	50	0.922
<i>Cryptotis peregrina</i>	40	0.975
<i>Cuniculus paca</i>	31	0.875
<i>Cyclopes didactylus</i>	10	0.929
<i>Cynomys mexicanus</i>	20	0.991
<i>Dasyprocta mexicana</i>	17	0.991
<i>Dasypus novemcinctus</i>	92	0.876
<i>Desmodus rotundus</i>	1999	0.865
<i>Diclidurus albus</i>	27	0.918
<i>Didelphis marsupialis</i>	84	0.895
<i>Didelphis virginiana</i>	326	0.860
<i>Diphylla ecaudata</i>	112	0.901
<i>Dipodomys phillipsii</i>	34	0.931
<i>Eira barbara</i>	21	0.880



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Enchisthenes hartii</i>	32	0.934
<i>Eptesicus furinalis</i>	157	0.900
<i>Eumops underwoodi</i>	22	0.859
<i>Galictis vittata</i>	5	0.994
<i>Glaucomys volans</i>	47	0.965
<i>Glossophaga commissarisi</i>	189	0.932
<i>Glossophaga leachii</i>	667	0.958
<i>Glossophaga morenoi</i>	228	0.966
<i>Glossophaga soricina</i>	2519	0.880
<i>Habromys chinanteco</i>	8	0.999
<i>Habromys ixtlani</i>	183	0.988
<i>Habromys lepturus</i>	186	0.995
<i>Heteromys desmarestianus</i>	296	0.942
<i>Hodomys alleni</i>	114	0.871
<i>Hylonycteris underwodi</i>	47	0.924
<i>Lamproncycteris brachyotis</i>	37	0.892
<i>Lasiurus cinereus</i>	234	0.828
<i>Lasiurus intermedius</i>	100	0.820
<i>Leopardus pardalis</i>	27	0.802
<i>Leopardus wiedii</i>	33	0.865
<i>Leptonycteris curasoae</i>	618	0.879
<i>Leptonycteris nivalis</i>	195	0.787
<i>Lepus callotis</i>	59	0.794
<i>Lepus flavigularis</i>	128	0.999
<i>Liomys irroratus</i>	1367	0.892
<i>Liomys pictus</i>	1756	0.935



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Liomys salvini</i>	5	0.977
<i>Lonchorhina aurita</i>	88	0.967
<i>Lontra longicaudis</i>	33	0.956
<i>Lynx rufus</i>	97	0.788
<i>Macrotus waterhousii</i>	566	0.911
<i>Marmosa mexicana</i>	85	0.919
<i>Mazama americana</i>	61	0.915
<i>Megadontomys cryophilus</i>	335	0.997
<i>Megasorex gigas</i>	7	0.998
<i>Mephitis macroura</i>	163	0.847
<i>Micronycteris microtis</i>	242	0.870
<i>Microtus mexicanus</i>	1052	0.974
<i>Microtus oaxacensis</i>	96	0.970
<i>Microtus quasiater</i>	45	0.981
<i>Microtus umbrosus</i>	61	1.000
<i>Mimon cozumelae</i>	37	0.930
<i>Molossus aztecus</i>	60	0.878
<i>Molossus rufus</i>	133	0.921
<i>Mormoops megalophylla</i>	444	0.768
<i>Mustela frenata</i>	52	0.892
<i>Myotis californicus</i>	36	0.824
<i>Myotis fortidens</i>	174	0.821
<i>Myotis keaysi</i>	117	0.873
<i>Myotis nigricans</i>	123	0.835
<i>Myotis thysanodes</i>	56	0.829
<i>Myotis velifer</i>	262	0.805



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Nasua narica</i>	276	0.876
<i>Natalus stramineus</i>	520	0.870
<i>Neotoma mexicana</i>	228	0.856
<i>Noctilio leporinus</i>	140	0.914
<i>Nyctinomops aurispinosus</i>	26	0.839
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	126	0.937
<i>Nyctomys sumichrasti</i>	135	0.954
<i>Odocoileus virginianus</i>	296	0.832
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	157	0.888
<i>Orthogeomys cuniculus</i>	8	0.997
<i>Orthogeomys grandis</i>	146	0.938
<i>Orthogeomys hispidus</i>	227	0.848
<i>Oryzomys alfaroi</i>	547	0.944
<i>Oryzomys chapmani</i>	457	0.973
<i>Oryzomys couesi</i>	835	0.889
<i>Oryzomys rostratus</i>	33	0.871
<i>Panthera onca</i>	55	0.762
<i>Pecari tajacu</i>	345	0.878
<i>Peromyscus aztecus</i>	612	0.965
<i>Peromyscus beatae</i>	379	0.993
<i>Peromyscus difficilis</i>	560	0.921
<i>Peromyscus furvus</i>	260	0.966
<i>Peromyscus gratus</i>	134	0.910
<i>Peromyscus leucopus</i>	550	0.822
<i>Peromyscus levipes</i>	1579	0.961
<i>Peromyscus maniculatus</i>	523	0.837



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Peromyscus megalops</i>	498	0.977
<i>Peromyscus melanocarpus</i>	1547	0.997
<i>Peromyscus melanophrys</i>	636	0.905
<i>Peromyscus melanurus</i>	80	0.977
<i>Peromyscus mexicanus</i>	1587	0.956
<i>Peropteryx macrotis</i>	109	0.856
<i>Philander opossum</i>	107	0.966
<i>Phyllostomus discolor</i>	147	0.964
<i>Platyrrhinus helleri</i>	67	0.944
<i>Potos flavus</i>	98	0.891
<i>Pteronotus davyi</i>	609	0.829
<i>Pteronotus parnellii</i>	892	0.893
<i>Pteronotus personatus</i>	539	0.883
<i>Puma concolor</i>	50	0.815
<i>Puma yagouaroundi</i>	41	0.852
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	546	0.787
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	314	0.845
<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	331	0.967
<i>Reithrodontomys microdon</i>	59	0.949
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	306	0.948
<i>Rheomys mexicanus</i>	56	0.916
<i>Rhogeessa alleni</i>	11	0.805
<i>Rhogeessa gracilis</i>	12	0.874
<i>Rhogeessa parvula</i>	102	0.940
<i>Rhogeessa tumida</i>	83	0.821
<i>Rhynchonycteris naso</i>	53	0.977



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Saccopteryx bilineata</i>	270	0.941
<i>Sciurus aureogaster</i>	822	0.932
<i>Sciurus deppei</i>	124	0.929
<i>Sigmodon alleni</i>	118	0.964
<i>Sigmodon hispidus</i>	969	0.851
<i>Sigmodon leucotis</i>	20	0.867
<i>Sigmodon mascotensis</i>	198	0.926
<i>Sorex saussurei</i>	83	0.974
<i>Sorex ventralis</i>	17	0.983
<i>Sorex veraepacis</i>	72	0.963
<i>Sphiggurus mexicanus</i>	50	0.934
<i>Spilogale gracilis</i>	144	0.840
<i>Spilogale pygmaea</i>	34	0.903
<i>Sturnira lilium</i>	1794	0.878
<i>Sturnira ludovici</i>	789	0.915
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	26	0.977
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	128	0.936
<i>Sylvilagus floridanus</i>	239	0.819
<i>Tamandua mexicana</i>	59	0.920
<i>Tapirus bairdii</i>	12	0.856
<i>Tayassu pecari</i>	14	0.846
<i>Tlacuatzin canescens</i>	149	0.939
<i>Trachops cirrhosus</i>	112	0.960
<i>Tylomys nudicaudus</i>	77	0.940
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	544	0.774
<i>Uroderma bilobatum</i>	102	0.970



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Uroderma magnirostrum</i>	9	0.986
<i>Vampyressa thylene</i>	25	0.931
<i>Vampyrodes caraccioli</i>	48	0.986
<i>Vampyrum spectrum</i>	6	0.955

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN CON UN ENFOQUE MULTICRITERIO

Monroy, G. A. G., V. Sánchez-Cordero and S. Sarkar. (sent). Multi-criteria analysis for prioritizing conservation areas in a biodiversity hotspot in Mexico. *Biological Conservation*.

Multi-criteria analysis for prioritizing conservation areas in a biodiversity hotspot in Mexico.

Alina Gabriela Monroy Gamboa^{a*}, Víctor Sánchez-Cordero^a and Sahotra Sarkar^b

^aDepartamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 70-153, 04510 México, D.F., México. +52 (55) 56229147 ext. 47846. e-mail: beu_ribetzin@hotmail.com; victor@ib.unam.mx

^bBiodiversity and Biocultural Conservation Laboratory, Section of Integrative Biology, University of Texas at Austin, Austin, TX 78712-1180, USA. e-mail: sarkar@mail.utexas.edu

*Corresponding author

Abstract

A network of natural areas was proposed according to a Systematic Conservation Planning protocol, to ensure the representation and conservation of most species in the smallest possible area. A solution connecting priority areas and decreed protected areas and another without them were conducted were performed. The solution of a conservation areas network had a larger area, but prioritized 21% more species of terrestrial vertebrates species than conservation areas *per se*; this demonstrates the need of include connectors between selected priority areas.

Key words: multi-criteria, Oaxaca, terrestrial vertebrates, systematic conservation planning.

1. Introduction

Loss of biodiversity is a worldwide problem usually linked to human-induced factors that demand urgent actions of conservation strategies at the landscape, regional or national scales. Conservation strategies require selection of priority areas devoted for conservation for maximal biodiversity representation, optimal resource allocation and inclusion of socioeconomic factors at the different geographical scales. In this sense, systematic conservation planning (SCP) provides a theoretical and methodological approach to address these challenges (Margules and Sarkar 2007). Conservation strategies for reducing the increased loss of biodiversity involves an efficient allocation of limited resources. The design and implementation of conservation area networks (CAN) to allocate limited resources for biodiversity conservation and management is central to systematic conservation planning (Margules and Pressey 2000; Margules and Sarkar 2007). Prioritizing areas for planning CAN commonly involves biological and/or environmental representation, where targets and goals are established for surrogate coverage, considering in conjunction spatial configuration criteria as size, shape, dispersion, connectivity, alignment, and replication of selected priority areas (Cerdeira et al. 2005; Franco et al 2009; Fuller et al 2006; Peralvo et al 2007; Sarkar et al 2009).

Major threats to biodiversity loss are increasingly related to human activities as deforestation, illegal hunting, pollution and urbanization, among others (Soulé 1991). Biodiversity conservation strategies should encourage sustainable management of natural

resources towards benefitting local stakeholders and land owners (Margules and Sarkar 2007). Protected areas (PA) constitute important national and international instruments for conservation and management of biodiversity and natural resources (United Nations 2008). This is particular true in some developing countries holding exceptionally high biodiversity, where PA become increasingly important for biodiversity conservation (Naughton-Treves et al 2005). However, PA are insufficient for adequately represent biodiversity globally and locally, so additional priority areas for conservation must be selected in establishing conservation area networks (Margules and Sarkar 2007).

The inclusion of socio political and economic criteria to set targets in the selection of priority areas for conservation has been explicitly recognized (Cowling et al. 2003; Faith et al. 1996; Faith and Walker, 1996; Margules and Pressey 2000; Margules and Sarkar 2007; Moffett et al. 2005; Williams et al. 2003). There is a wide range of methods for approaching multi-criteria problems, and the appropriate method depends on the context of analysis (Margules and Sarkar 2007; Moffett and Sarkar 2006; Sarkar et al. 2005). Despite extensive transformation of natural ecosystems to different land use activities (Ellis and Ramankutty 2008; Haberl et al. 2007; Sanderson 2002), many rural landscapes still provide important suitable habitat conditions for many species to persist (Arroyo-Mora et al 2005). The ability of transformed and untransformed landscapes to harbor biodiversity depends basically on the size and spatial configuration of remnant natural habitat, as well as the type of human activities in these landscapes (Geneletti 2007).

The State of Oaxaca located in southwest Mexico, is recognized as a Mesoamerican biodiversity hotspot holding high species richness and endemism. Unfortunately, the region shows an increasing deforestation that results in a high loss of vegetation cover due to extensive cattle raising, crop expansion, human settlements and a disproportionate exploitation of forests (Monroy et al. 2015). Conversely, Oaxaca shows a wide range of successful conservation strategies involving local communities that have combined conservation of natural habitats and species with traditional knowledge linked to the use and management of the natural resources (García-Mendoza et al. 2004). In addition, areas devoted for conservation as payment for conserving biodiversity and environmental services, areas of reforestation by federal governmental and international agencies have prevented loss of remnant natural habitats (Illoldi-Rangel et al. 2008; Londoño et al. 2010; Monroy et al. 2015).

Previous studies at Oaxaca proposing conservation priority areas have limit analyses on single taxonomic groups as biodiversity surrogates (Illoldi-Rangel et al. 2008). Few studies have incorporated non biological criteria as spatial design and human impact measurements for selecting additional priority conservation areas to currently decreed protected areas (Fandiño and van Wyngaarden 2005; Fuller et al 2006; Sierra et al. 2002).

No previous studies exist prioritizing conservation areas in Mexico combining social and land use information with biological data or multi-criteria analysis at this regional scale, despite the urgent need to produce conservation scenarios with social opportunities for sustainable use of resources while preventing loss of biodiversity (Cameron and Williams 2008). Here we prioritize protected areas and other conservation instruments in Oaxaca. Specifically, we prioritize conservation areas by complementing the biological representation objective based on the assessment of social and land use information. The allocation of⁹⁴

conservation areas considers land use patterns in transformed landscapes, opportunities for involvement of rural communities in conservation actions.

2. Materials and Methods

2.1. Study area

The state of Oaxaca is the fifth in extension nationwide. The extent of the area (15°39' to 18°42' S, and from 93°52' to 98°32' W) is approximately 95,364 km². Altitudinal range includes from sea level to mountain peaks of more than 3 750 m. Oaxaca has a characteristic physiography and a complex environmental and climatic high diversity of vegetation communities; also a complex environment and climatic variation. Equally, extraordinary is the ethnic and linguistic diversity, with 16 of the 56 ethnics groups of Mexico; and they represent the 60% of the total population of Oaxaca (García-Mendoza et al. 2004, Figure 1). Oaxaca had a total population of close to four million people in 2010, showing 1% annual rate of population growth. Oaxaca has high levels of social inequality; the unemployed rate was 6.34% in 2010, a high emigration rate of 21.6% in 2009, with a GDP per capita in 2008 of 36.25%, and is considered the third poorest state nationwide (INEGI, 2013). Further, high ethnic diversity including indigenous (cuicatecos, chinantecos, zapotecos, mixtecos, zoques and mixes) represent a significant proportion of rural communities (García-Mendoza et al. 2004). This socioeconomic complexity challenges traditional static conservation strategies as depending solely on protected areas, which are insufficient to conserve the exceptional biodiversity of Oaxaca (Illoldi-Rangel et al. 2008; Monroy et al., 2015). To propose a conservation area networks including protected areas, additional conservation instruments, remnant natural habitat, and agrosystems in rural landscapes provides a more plausible and dynamic alternative (Harvey et al. 2008; Margules and Sarkar, 2007). Conservation actions based on sustainable use of natural resources can contribute to reduce poverty while supporting biodiversity conservation in a systematic conservation planning context (Margules and Sarkar 2007; Roe 2008).

2.2 Fundamental objectives and objectives hierarchy

We constructed a scenario with the main objective to propose biodiversity conservation areas in a minimal area, including the extant conservation areas; related to fundamental objectives in systematic conservation planning as landscape preservation (local communities inhabiting inside protected areas are interested in the preservation of their natural resources for subsistence), human development (for many local communities lack of main urban services reflected in a wrong use of the natural resources), and employment and subsistence. In order to reach this fundamental objective, we assumed that local communities are advocated to find job opportunities in accordance with avoiding malpractices of conservation as deforestation, hunting, traffic of native species or abandon their lands (Margules and Sarkar 2007). For each fundamental objective, we constructed the objectives hierarchy, relating means objectives with a given set of quantitative attributes that can be easily measure. These quantitative attributes were obtained from the census of 2010 by INEGI for each municipality in the state of Oaxaca. Initially, we compiled 100 attributes; using a Kolmogorov-Smirnov test to determine the

normality of the data. We used Spearman correlation (SPSS 10.01) to correlate attributes; the autocorrelated were disregarded to avoid redundancy; only 25 quantitative attributes were included for the hierarchy analyses (Figure 2).

2.3. Biological and non-biological information

2.3.1. Species distribution models and environmental domains.

For the construction of the species distribution models and the environmental domain classifications, the following environmental variables were used: aspect, digital elevation model (DEM), slope and topographic index; also 19 bioclimatic variables from WorldClim, all with a resolution of 1 km². These bioclimatic variables are calculated from monthly temperature and rainfall values, representing annual trends, seasonality and extreme or limiting environmental factors (Hijmans et al. 2005). Aspect, digital elevation model (DEM), slope and topographic index were obtained from the U.S. Geological Survey's Hydro-1K data set (USGS 1998). The dimensions of the grid were 470 x 302 cells, with a total of 141 940 cells for Oaxaca.

Historic point occurrence data for 1 131 terrestrial vertebrate species (353 amphibians and reptiles, 598 birds and 180 mammals) were obtained from several national and international scientific collections (see Appendix1). We used MaxEnt software package version 2.2 (Phillips et al. 2006) to build species distribution models. MaxEnt has shown to be robust for modeling distributions from presence-only data (Elith et al. 2006). Species distribution model accuracy was evaluated by constructing the models randomly using 50% of the available records, with the other 50% used for testing, as most species showed an adequate number of point localities. Following Pawar et al. (2007), all selected species distribution models showed an AUC > 0.75 and a *P*-value < 0.05 (for the sensitivity and specificity tests). Expert opinions were considered to exclude species distribution models that showed systematically over-prediction (species distribution models that show a larger distribution of the species and the expert knows that in the field is not real, because many species are endemic). All species distribution models were reclassified into 0 and 1 values, using the training presence threshold (Phillips et al. 2006).

2.3.2. Socioeconomic, land use and risk variables.

Land use-cover data were obtained from the National Forestry Inventory (Inventario Nacional Forestal III series; INEGI 2000) in order to locate cells with data of degradation or perturbation (induced grasslands, human settlements, without apparently vegetation, agriculture and cattle activity zone, induced palms and urban zones). We excluded these areas from further analyses.

The socioeconomic variables were obtained from the 2010 census by INEGI, by each municipality. These were: hectares of forests, total population, area reforested, tons of garbage, indigenous population, marginality, analphabetism, communication (roads and airports), agricultural area, area with economic government supports (e.g., PROCAMPO, a direct support program for the field), heads of cattle (cows, sheep, goats, horses, pigs, hens and rabbits), forestry management, tourism (tourists and hotels), GDP, manufacture, immigrants, and mining. All cells were used in the selection process for the remaining variables.

2.4. Site selection modeling

The site selection process for each scenario was produced with ConsNet (Ciarleglio et al. 2009), which is a comprehensive software package for designing and analyzing conservation area⁹⁶

networks. ConsNet is built on a Modular Abstract Self-Learning Tabu Search framework. Tabu search is a meta-heuristic framework that relies on memory structures to organize and navigate the search space (Ciarleglio 2008). Initial solutions were built to solve the minimum area problem for a 10% representation target for each of the 1 131 species and 23 environmental domains, and giving preference for adjacency between cells. ConsNet constructs 3 initial solutions based on three different algorithms: MDS2 adjacency, RF4 adjacency and ILV4 adjacency. Although these initial solutions are not optimal, they allow a fast assessment of the problem and provide the maximum and minimum values for each variable that are needed in the multi-criteria analysis (Ciarleglio et al. 2009). As these initial solutions are the initial step for the search of the solution of the different scenarios, the threat and implementation scenarios do assure the appropriate representation of species and environmental domain distributions.

The best solution for each scenario was obtained using a General Multi-Criteria Analysis (GMCA). ConsNet uses a modified Analytic Hierarchy Process (AHP; Moffett et al. 2006), to create a general multi-criteria objective function. The modification makes the process consistent with multi-attribute value theory (MAVT) (Moffett et al. 2006) and, thus, with classical economic analysis (the results are different from what would be obtained using the AHP, but the transparent elicitation process of the AHP can still be used). The GMCA objective is a weighted linear combination of several variables, where maximization or minimization of each variable is indicated, and fixed minimum and maximum values are used to scale the variable values, as they represent the range of acceptable values obtained from the initial solution. Maximum and minimum values of variables correspond to the sum of the values of the selected cells in the solution. To search for the maximization of a variable, the input minimum value in the GMCA was the maximum value obtained in the initial solution, and the maximum value in the GMCA was the total variable sum across all cells in the analysis. To search for the minimization of a variable, the maximum values in the GMCA was the minimum value obtained in the initial solutions, and the minimum values in the GMCA was either 0 if PA were not included, or the sum per variable in the cells that correspond to the PA.

We determine the importance of each variable through a series of pair-wise comparisons, assigning equal weights to each variable. Using the weights and the range defined for each variable (maximum and minimum values), a score was assigned to each solution; higher scores represented better solutions. In a typical iteration, one cell in the analysis area changes status (from off to on or on to off). Thus, a thorough search will have at least as many iterations as there are cells in the study area (Ciarleglio et al. 2009). We made solutions for four different scenarios: including protected areas a priori, including VCA a priori, including protected areas and VCA a priori, and excluding both. For each scenario and variable, the best solution was searched independently. All best solutions met a 10% representation target for each of the 1 131 species and 23 environmental domains, while minimizing the perimeter-area relationship. We conducted a search to obtain the minimum possible area.

3. Results

3.1. Protected area performance

Selected areas for solutions excluding protected areas and VCA were coincident with the existing VCA (Figure 3). Solutions meeting the 10% target representation excluding protected areas and VCA were less costly in area (11 781 km²) than the VCA (11 805 km²). The most costly scenario was when protected areas and VCA were included (11 285 km²). The variables with the highest cost were the airports, tourism (commodities and number of tourists) and highways. The trash is a variable with a medium cost in all the scenarios, and the total population only is costly at two scenarios, with the VCA a priori and the scenario excluding protected areas and VCA (Table 1).

3.2. Conservation area network

To fulfill the 10% target of biological representation not achieved by the decreed protected areas, additional conservation areas needed to be included. The scenarios with protected areas, and with protected areas and VCA, was more costly in number of variables (16) than the scenarios with VCA, and the scenario excluding both of them (14). Its remarkable the similitude of the costs of the variables between the scenarios with protected areas, and protected areas and VCA, and the scenarios with VCA, and the scenarios excluding both of them; even in the number of costly variables (16 and 14 each; Table 1). The variable of total population was costly in the scenarios with VCA a priori and the scenario excluding protected areas and VCA, given that the size of the selected areas were too small.

The main differences in the conservation area network solutions with VCA and the scenario excluding conservation area are that in the VCA; there were more selected areas in the region of the Sierra Norte and the selected areas for the Isthmus of Tehuantepec were different (Figure 3). In the protected area scenario, the percentage for the selected area additional to the protected areas was 68.8%. For the VCA scenario, the percentage of the extra selected area was 90.9%. For the protected area and VCA scenario, the additional selected area percentage was 62.5%, and for the scenario excluding protected areas or VCA, the additional selected area percentage was 99.4% (Figure 3).

4. Discussion

Our study provides an approach on systematic conservation planning for the state of Oaxaca, a biodiversity hotspot in Mesoamerica. We illustrate how systematic conservation planning integrates socio-economic aspects without compromising efficiency and adequate representation of biodiversity. Regional biodiversity conservation planning can further use complementarity for promoting “regional sustainability” regulating social demands for resources by allocating areas to diverse activities of land use to maximize net benefits to rural communities and local land owners, where two or more “ecosystem and environmental services” can be achieved in a single area (Faith and Walker 2002).

The four scenarios showed different trends across variables, reflecting the complex interactions and trade-offs between the socio-economic context, patterns of land use and biodiversity conservation (Geist and Lambin 2002; Lambin et al. 2001; Luck 2007). Increasing⁹⁸

our understanding of the conservation-development binomial should help to assign more realistic threshold values and weights in our analyses, thus improving solutions for the proposed scenarios (Figueroa et al. 2009). The concurrence of conservation and development still remains a challenge for its complexity, as successful conservation and development demands the active involvement of stakeholders, professional of diverse fields, governmental institutions, non-governmental organizations, and local communities, among others (Figueroa et al. 2009; Figueroa and Sánchez-Cordero 2008).

Conservation actions are ultimately implemented at a local scale. Our study provides an approximation for local conservation planning, by identifying potential sites for land use management and resource allocation, as well as priority areas for biodiversity conservation (Figure 3). Conservation and development goals can be established using our coarse-grained framework at a local scale, although detailed analyses relating socio-economic, land use and conservation contexts for each particular site are necessary. For example, Figueroa et al (2009) analyzed the socioeconomic conditions in Mexican Biosphere reserves, adjacent areas and ecoregions of locations, related to land use activities as agriculture, livestock grazing, and forestry. The authors concluded the urgency to include socioeconomic conditions in reserve management and rural development planning for improving strategies for the confluence of conservation and development goals (Figueroa et al. 2009). Our study provides a framework for sustainability, identifying areas that are globally and regionally important, and linking planning strategies (Faith and Walker 2002). It would be interesting to expand Figueroa et al. (2009) study for other PA in other states of Mexico, linking their analyses with our study. We believe such exercise will contribute to merge conservation and development goals, in benefit of rural communities and local stakeholders and landowners.

PA only protects a fraction of the global biodiversity (Chan and Daily 2008; Ervin 2003; Rodrigues et al. 2004), and this is the case for the state of Oaxaca. Consequently, complementary conservation areas need to be incorporated into the conservation and management planning (Cunningham et al. 2008; Chan and Daily 2008; Geneletti 2007; Margules and Sarkar, 2007). We identified several high priority areas for allocating resources to sustainable programs in conservation area networks, by including a regional perspective for site selection where management plans range for biodiversity conservation (Figure 3). For example, selected areas in the region of the Sierra Norte that the scenario of the VCA result important for the conservation of some endemic species like the *Habromys chinanteco*, and the Istmo are very important for the conservation of the species, because there is the limit of distribution of many of the species that occur in Oaxaca, and there are a few conservation initiatives, and the region needs more attention (Monroy et al. 2015). Selected areas in the VCA and the one without conservation areas *a priori* at the region of Mixteca are remarkable because these is the zone with the minor terrestrial vertebrate records of the state. Although it is remarkable the fact that in the scenario without PA and VCA, there is not selected area for the National Park of Huatulco at the west coast of the state (Figure 3). These areas represent potential opportunities for the involvement of local stakeholder and landowners in conservation initiatives with economic benefits and concomitantly improving habitat quality. Although a high proportion of the population is moving to urban settlements, poverty remains concentrated in rural areas. Rural poverty is often coincident with areas holding high biodiversity (Naughton-⁹⁹

Treves et al. 2005). Frequently the programs as payment for environmental services (PES) or reducing emissions from deforestation and degradation (REDD) focus in some regions, like the Sierra Norte and lack another potential areas (Monroy et al. 2015). This study can help to the stakeholders to recognize regions that can be suitable and convenient for implementation in the selected areas PES and REDD programs, as well as new decreed PA.

5. Conclusions

The landuse/land cover change, size, time since decreed, management are relevant as PA seem to be effective in deterring habitat transformation (Bruner et al 2001; Figueroa and Sánchez-Cordero 2008; Figueroa et al 2009). Conservation actions across the landscape matrix of PA, complementary selected priority areas, agrosystems, areas prone for restoration, and rural and urban settlements need to be integrated and complemented in a conservation area network (Margules and Sarkar 2007). Local and regional conservation programs should aimed for achieving the benefit of local stakeholders and land owners (Margules and Sarkar 2007; Naughton-Treves et al. 2005).

A significant increase in decreed PA has happened in the last 20 years (Naughton-Treves et al. 2005). However, our results show the low efficiency of PA in representing biodiversity at the state of Oaxaca, Mexico.

6. Acknowledgments

A. G. Monroy thanks Posgrado de Doctorado en Ciencias Biomédicas of Universidad Nacional Autónoma de México, and to Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología for her scholarship (200469) during her postgraduate studies. This work is part of AGMG dissertation.

7. References

Arroyo-Mora, J. P., Sánchez-Azofeifa, G. A., Rivard, B., Calvo, J. C., Janzen, D. H., 2005. Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica from 1960 to 2000. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 106, 27-39.

doi:10.1016/j.agee.2004.07.002

Bruner, A. G., Gullison, R. E., Rice, R. E., da Fonseca G. A. B., 2001. Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity. *Science*. 291, 125-128.

doi:10.1126/science.291.5501.125

Cameron, S. E., Williams, K. J., 2008. Efficiency and Concordance of Alternative Methods for Minimizing Opportunity Costs in Conservation Planning. *Conservation Biology*. 22, 886-896. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.00982.x.

Cerdeira, J. O., Gaston, K. J., Pinto, L. S., 2005. Connectivity in priority area selection for conservation. *Environmental Modeling and Assessment*. 10, 183-192. doi: 10.1007/s10666-05-9008-4

Chan, K., Daily, G. C., 2008. The payoff of conservation investments in tropical countryside. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 105, 19342-19342. doi: 10.1073/pnas.0810522105

Ciarleglio, M. 2008., *Modular Abstract Self-Learning Tabu Search (MASTS): Metaheuristic Search Theory and Practice [dissertation]*. University of Texas at Austin, Texas.

Ciarleglio, M., Barnes, J. W., Sarkar, S., 2009. ConsNet: new software for the selection of conservation area networks with spatial and multi-criteria analyses. *Ecography*. 13, 205-209. doi: 10.1111/j.1600-0587.2008.05721.x

Cowling, R. M., Pressey, R. L., Rouget, M., Lombard, A. T., 2003. A conservation plan for a global biodiversity hotspot-the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation*. 112, 191-216. doi:10.1016/S0006-3207(02)00425-1

Cunningham, R. B., Lindenmayer, D. B., Crane, M., Michael, D., MacGregor, C., Montague-Drake, R., Fischer, J., 2008. The combined effects of remnant vegetation and tree planting on farmland birds. *Conservation Biology*. 22, 742-752. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.00924.x

Elith, J., Graham, H., Anderson, P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, J., Huettmann, F., Leathwick, R., Lehmann, A., 2006. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. *Ecography*. 29, 129-151. doi: 10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x

Ellis, E. C., Ramankutty, N., 2008. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 6, 439-447. doi: 10.1890/070062

Ervin, J., 2003. Protected Area Assessments in Perspective. *BioScience*. 53, 819-822. doi: [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0819:PAAIP\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0819:PAAIP]2.0.CO;2)

Faith, D. P., Walker, P. A., 1996. Integrating conservation and development: effective trade-offs between biodiversity and cost in the selection of protected areas. *Biodiversity and Conservation*. 5, 431-446.

Faith, D., Walker, P., 2002. The role of trade-offs in biodiversity conservation planning: Linking local management, regional planning and global conservation efforts. *Journal of Biosciences*. 27, 393-407.

Faith, D. P., Walker, P. A., Ive, J. R., Belbin L., 1996. Integrating conservation and forestry production: exploring trade-offs between biodiversity and production in regional land-use assessment. *Forest Ecology and Management*. 85, 251-260. doi:10.1016/S0378-1127(96)03762-0

Fandiño, M. T., van Wyngaarden, W., 2005. Prioridades de conservación biológica para Colombia. Grupo ARCO 186 pp.

Figueroa, F., Sánchez-Cordero, V., 2008. Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 17, 3223-3240. doi: 10.1007/s10531-008-9423-3

Figueroa, F., Sánchez-Cordero, V., Meave, J. A., Trejo, I., 2009. Socioeconomic context of land use and land cover change in Mexican biosphere reserves. *Environmental Conservation*. 36(3), 180-191. doi:<http://dx.doi.org/10.1017/S0376892909990221>

Franco, A. M. A., Anderson, B. J., Roy, D. B., Gillings, S., Fox, R., Moilanen, A., Thomas, C. D., 2009. Surrogacy and persistence in reserve selection: landscape prioritization for multiple taxa in Britain. *Journal of Applied Ecology*. 46, 82-91. doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01598.x

Fuller, T., Munguía, M., Mayfield, M., Sánchez-Cordero, V., Sarkar, S., 2006. Incorporating connectivity into conservation planning: A multi-criteria case study from central Mexico. *Biological Conservation*. 133, 131-142. doi:10.1016/j.biocon.2006.04.040

García-Mendoza A. J., Ordoñez, M. J., Briones-Salas, M. (Eds.), 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. 605 pp.

Geist, H. J., Lambin, E. F., 2002. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *BioScience*. 52, 143-150. doi: 10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CP;2

Geneletti, D., 2007. An approach based on spatial multicriteria analysis to map the nature conservation value of agricultural land. *Journal of environmental management*. 83, 228-235. doi:10.1016/j.jenvman.2006.03.002

Haberl, H., Erb, K. H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., Gingrich, S., Lucht, W., Fischer-Kowalski, M., 2007. Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 104, 12942-12947. doi: 10.1073/pnas.0704243104

Harvey, C. A., Komar, O., Chazdon, R., Ferguson, B. G., Finegan, B., Griffith, D. M., Martínez-Ramos, M., Morales, H., Nigh, R., Soto-Pinto, L., 2008. Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. *Conservation Biology*. 22,8-8. doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00863.x

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25, 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276

Illoldi-Rangel, P., Fuller, T., Linaje, M., Pappas, C., Sánchez-Cordero, V., Sarkar, S., 2008. Solving the maximum representation problem to prioritize areas for the conservation of terrestrial mammals at risk in Oaxaca. *Diversity and distributions*. 14, 493-508. doi: 10.1111/j.1472-4642.2007.00458.x

INEGI. 2000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Inventario Nacional Forestal. Tipos de vegetación forestal y de suelos. Comisión Nacional Forestal. Sistema Nacional de Información Forestal. http://148.223.105.188:2222/snif_portal/index.php?option=com_contentandtask=viewandid=69andItemid=73 05/07/2008 14:20 hrs.

Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., Coomes, O. T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P. S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E. F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P. S., Richards, J. F., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G. D., Svedin, U., Veldkamp, T. A., Vogel, C., Xu, J., 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*. 11, 261-269. doi:10.1016/S0959-3780(01)00007-3

Londoño-Murcia, M. C., Téllez-Valdés, O., Sánchez-Cordero, V., 2010. Environmental heterogeneity of World Wildlife Fund for Nature ecoregions and implications for conservation in Neotropical biodiversity hotspots. *Environmental Conservation*. 37(2), 116-127. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0376892910000391>

Luck, G. W. 2007. A review of the relationships between human population density and biodiversity. *Biological Reviews*. 82, 607-645.

Margules, C. R., Pressey, R. L., 2000. Systematic conservation planning. *Nature*. 405, 243-253. doi:10.1038/35012251

Margules, C. R., Sarkar, S., 2007. Systematic Conservation Planning. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Moffett, A., Dyer, J. S., Sarkar, S., 2006. Integrating biodiversity representation with multiple criteria in North-Central Namibia using non-dominated alternatives and a modified analytic hierarchy process. *Biological Conservation*. 129, 181-191.

doi:10.1016/j.biocon.2005.10.033

Moffett, A., Garson, J., Sarkar, S., 2005. MultCSync: a software package for incorporating multiple criteria in conservation planning. *Environmental Modelling and Software*. 20, 1315-1322. doi: 10.1016/j.envsoft.2004.10.001

Moffett, A., Sarkar, S., 2006. Incorporating multiple criteria into the design of conservation area networks: a minireview with recommendations. *Diversity and Distributions*. 12(2), 125-137. doi: 10.1111/j.1366-9516.2005.00202.x

Monroy G. A. G., Sánchez-Cordero, V., Briones-Salas, M., Lira-Saade, R., Maass, J. M., 2015. Representatividad de los tipos de vegetación en distintas iniciativas de conservación en Oaxaca, México. *Bosque*. 36(2), 199-210. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000200006>

Naughton-Treves, L., Holland, M. B., Brandon, K., 2005. The Role of Protected Areas in Conserving Biodiversity and Sustaining Local Livelihoods. *Annual Review of Environment and Resources*. 30, 219-252. doi: 10.1146/annurev.energy.30.050504.164507

Pawar, S., Koo, M. S., Kelley, C., Ahmed, M. F., Chaudhuri, S., Sarkar S., 2007. Conservation assessment and prioritization of areas in Northeast India: priorities for amphibians and reptiles. *Biological Conservation*. 136, 346-361. doi: 10.1016/j.biocon.2006.12.012

Peralvo, M., Sierra, R., Young, K., Ulloa, C., 2007. Identification of Biodiversity Conservation Priorities using Predictive Modeling: An Application for the Equatorial Pacific Region of South America. *Biodiversity and Conservation*. 16, 2649-2675. doi: 10.1007/s10531-006-9077-y

Phillips, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190, 231-259. doi:10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Rodrigues, A. S. L., Andelman, S. J., Bakarr, M. I., Boitani, L., Brooks, T. M., Cowling, R. M., Fishpool, L. D. C., da Fonseca, G. A. B. , Gaston, K. J. , Hoffmann, M., Long, J. S., Marquet, P. A., Pilgrim, J. D., Pressey, R. L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S. N., L. G. Underhill, L. G., Waller, R. W., Watts, M. E. J., Yan, X., 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*. 428, 640-643. doi:10.1038/nature02422

Roe, D., 2008. The origins and evolution of the conservation-poverty debate: a review of key literature, events and policy processes. *Oryx*. 42,491-503. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0030605308002032>

Sanderson, E. W., 2002. The human footprint and the last of the wild. *BioScience*. 52, 891-903. doi: [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0891:THFATL\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0891:THFATL]2.0.CO;2)

Sarkar, S., Justus, J., Fuller, T., Kelley, C., Garson, J., Mayfield, M., 2005. Effectiveness of environmental surrogates for the selection of Conservation Area Networks. *Conservation Biology*. 19(3), 815-825.

Sarkar, S., Sánchez-Cordero, V., Londoño, M. C., Fuller, T., 2009. Systematic conservation assessment for the Mesoamerica, Chocó, and Tropical Andes biodiversity hotspots: a preliminary analysis. *Biodiversity and Conservation*. 18,1793-1828. doi: 10.1007/s10531-008-9559-1

Sierra, R., Campos, F., Chamberlin, J., 2002. Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. *Landscape and Urban Planning*. 59, 95-110. doi:10.1016/S0169-2046(02)00006-3

Soulé, M. E., 1991. Conservation: Tactics for a Constant Crisis. *Science*. 253, 744-750. doi: 10.1126/science.253.5021.744

United Nations 2008. Millennium Development Goals Report 2008. United Nations Educational. USA.

USGS. 1998. GTOPO30 Global 30 arc-second digital elevation model. <https://ita.cr.usgs.gov/GTOPO30> 17/02/2008 10:18 hrs.

Williams, P. H., Moore, J. L., Toham, A. K., Brooks, T. M., Strand, H., D'Amico, J., Wisz, M., Burgess, N. D., Balmford, A., Rahbek, C., 2003. Integrating biodiversity priorities with conflicting socio-economic values in the Guinean-Congolian forest region. *Biodiversity and Conservation*. 12, 1297-1320.

Figure legends:

Figure 1. Location of the state of Oaxaca, Mexico with its regions.

Figure 2: Objectives hierarchy developed for the three fundamental objectives: landscape preservation, human development and employment and subsistence

Figure 3: Selected areas in the four different scenarios: a) Decreed PA included *a priori*, b) VCA included *a priori*, c) Decreed PA plus VCA included *a priori* and d) Without conservation initiatives.

Figure 1. Location of the state of Oaxaca, Mexico with its regions

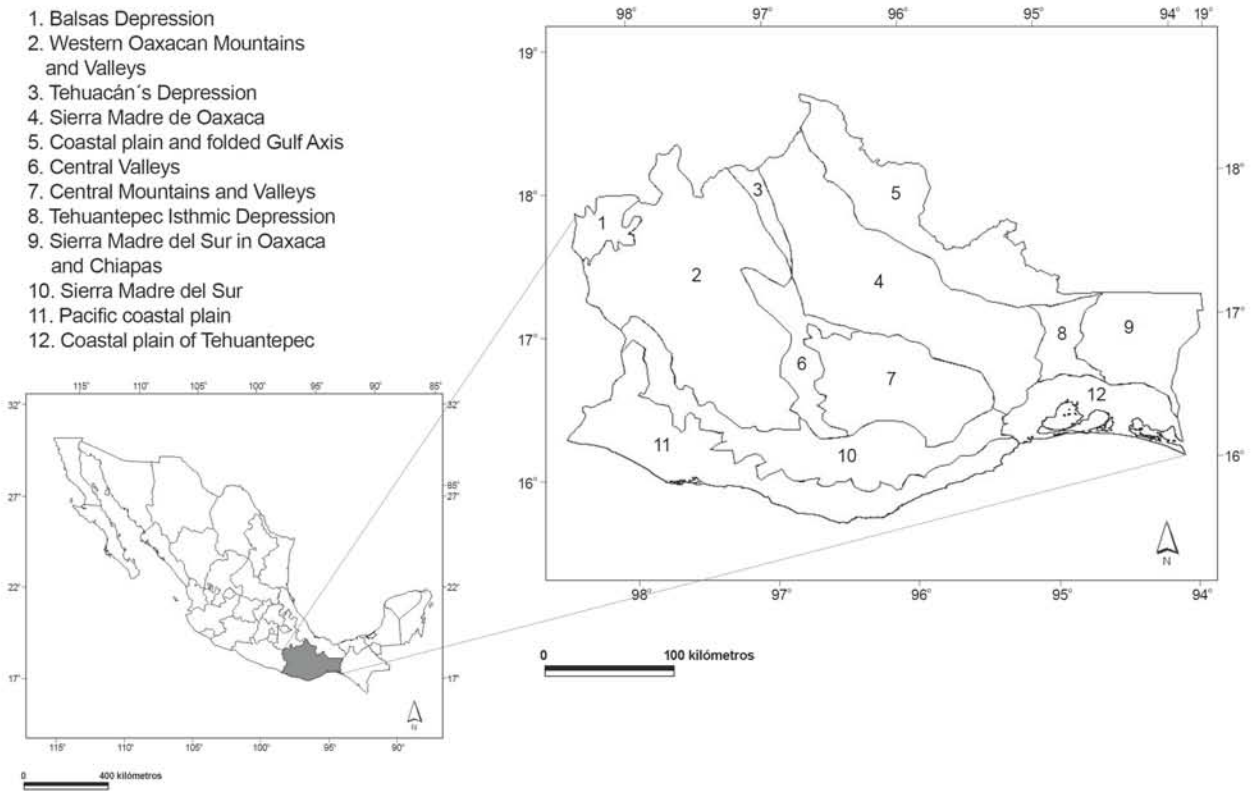




Figure 2: Objectives hierarchy developed for the fundamental objective of representation of biodiversity.

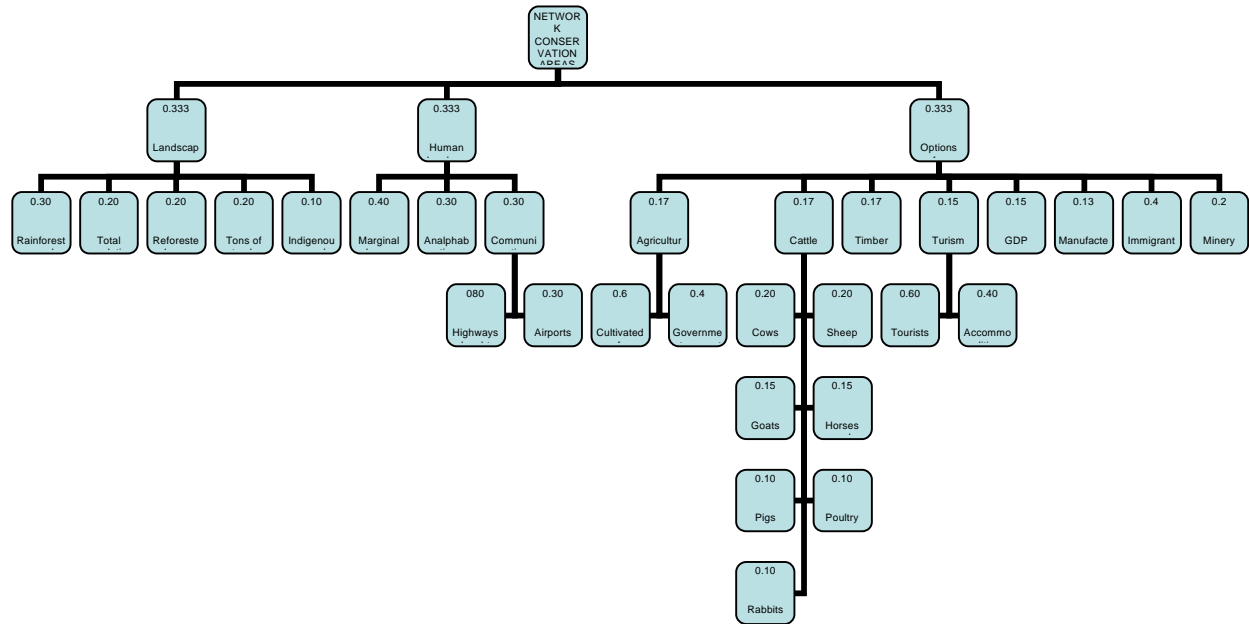
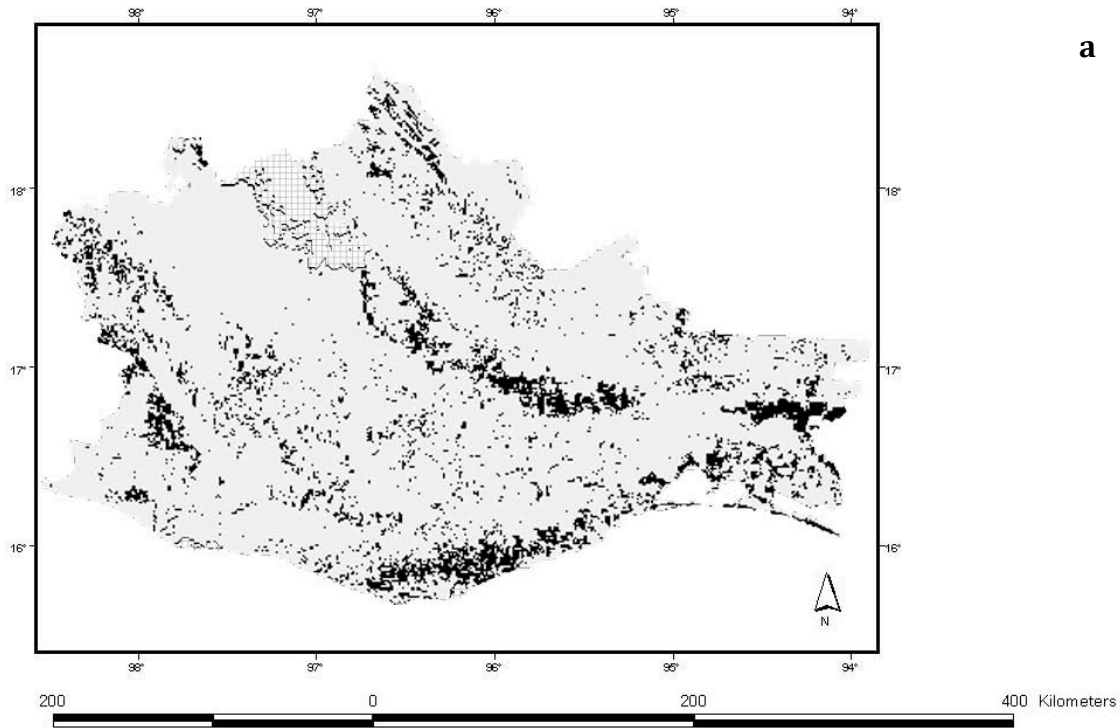
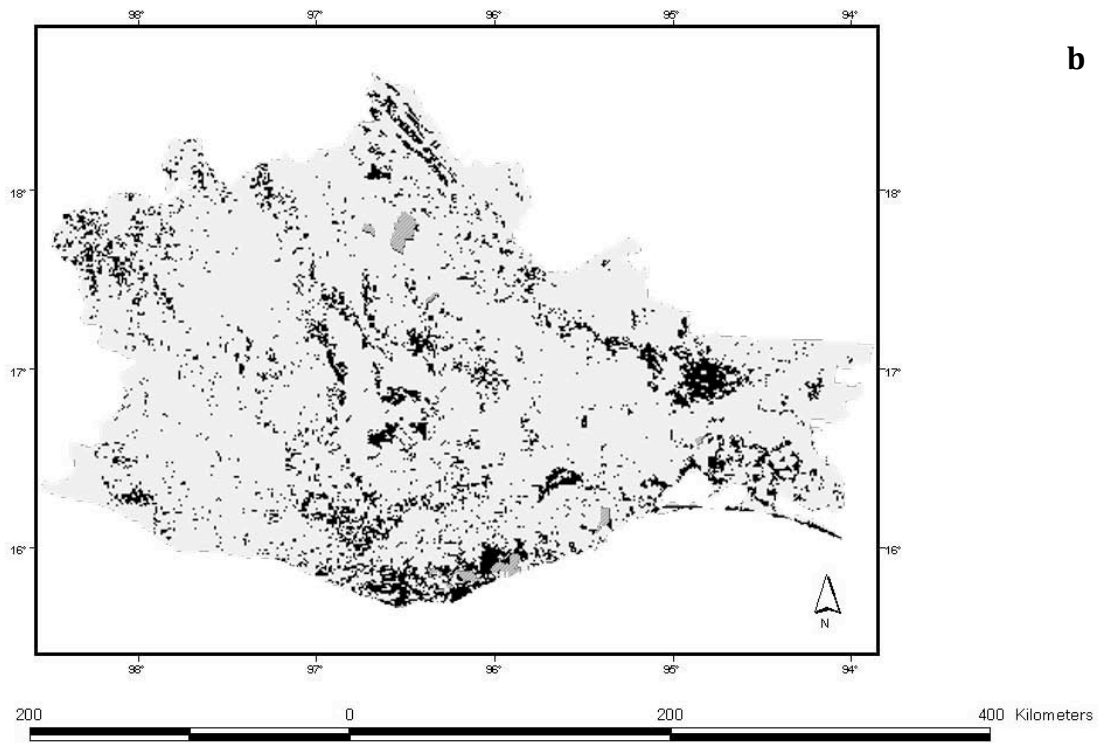
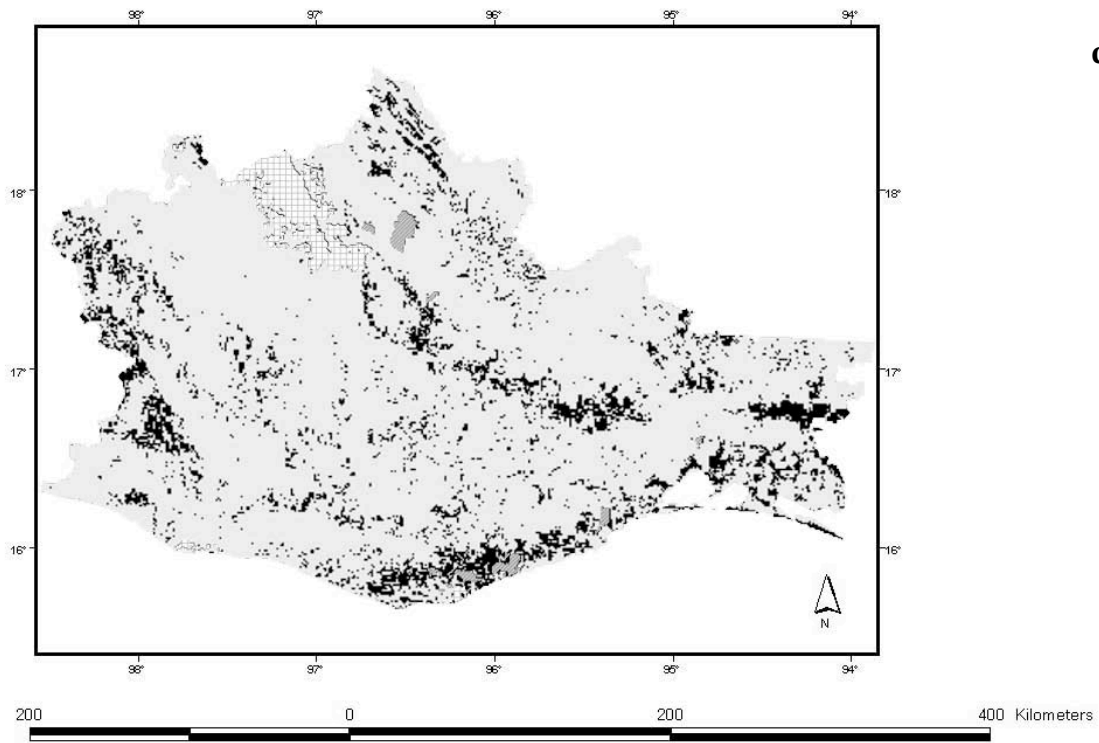




Figure 3: Selected areas in the four different scenarios: a) Decreed PA included *a priori*, b) VCA included *a priori*, c) Decreed PA plus VCA included *a priori* and d) Without conservation initiatives. The solid areas are the selected areas for prioritization, the area with squares are the PA and the area with lines are the VCA.







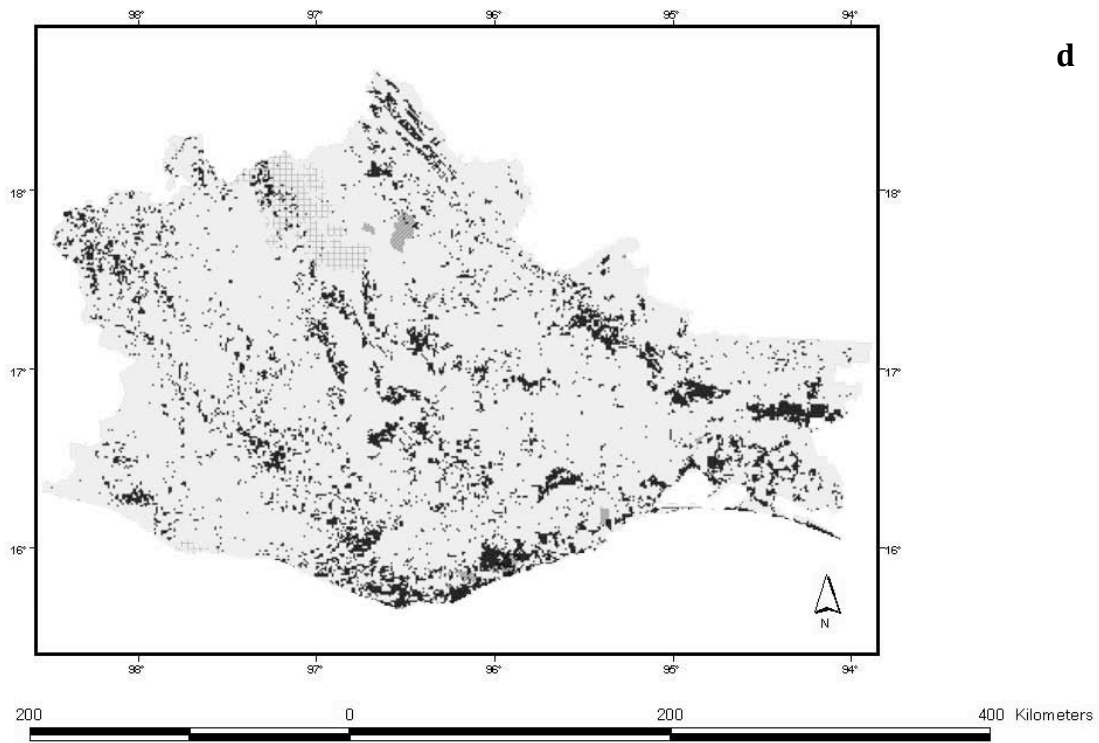




Table 1. Values of the costs obtained for each socioeconomic variable in the best solution for each of the four scenarios.

	Solution including PA	Solution including VCA	Solution including PA + VCA	Solution excluding PA and VCA
Airports	14.05	16.85	15	12.45
Timber	0.49	0.6	0.44	0.6
Analphabetism	0	0	0	0
Poultry	0	0.28	0	0.24
Trash	2	2.5	2.34	2.41
Cows	1.92	2.87	1.94	1.36
Goats	0	0	0	0
Highways	62.49	23.6	62.42	24.04
Rabbits	0	0	0	0
Horses and donkeys	0	0	0	0
Accommodities	16.18	22.77	17.37	18.18
Indigenous population	0	0	0	0
Manufacturer	2.16	2.15	2.97	3.12
Marginal degree	0	0	0	0
Immigrants	0	0	0	0
Mining	0	0	0	0
Sheep	0	0	0	0
GDP	0	0	0	0
Total population	0	0.54	0	0.48
Porks	0	0	0	0
Government support	0	0	0	0
Rainforests and forests	0	0	0	0
Cultivated Surface	2.17	2.11	2.17	3.29
Reforested área	0	0	0	0
Turists	21.23	29.33	23.93	20.88
Area	13,304.61	11,805.04	13,352.04	11,781.31



Appendix I

Scientific collections reviewed

Amphibians and reptiles

- Colección personal Dr. Oscar Flores Villela (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México)

Birds

- Records by Dr. Adolfo Navarro Sigüenza (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México)
- Records by M. en C. Gladys Reyes Macedo (VIDAS, A. C., Vinculación Interdisciplinaria para el Desarrollo Ambiental y lo Social, A. C.)
- Colección Nacional de Aves (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México)
- University of Navarra, Museum of Zoology
- San Diego Natural History Museum
- Provincial Museum of Alberta, Edmonton, Canada
- Michigan State University Museum
- Louisiana State University Museum of Natural Science
- Museum of Southwestern Biology
- Museum of Comparative Zoology, Harvard University
- Santa Barbara Museum of Natural History
- Royal Ontario Museum
- Museum of Vertebrate Zoology
- Sternberg Museum of Natural History
- University of Michigan Museum of Zoology
- University of Nebraska State Museum
- University of Alaska Museum of the North
- University of Minnesota Bell Museum of Natural History
- UCD, UC Davis Wildlife Museum

Mammals

- Colección Regional de Mamíferos (CIIDIR-Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional)
- Colección Nacional de Mamíferos (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México)
- Colección de Fotocolectas Biológicas (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México)
- Records by Dr. Francisco Javier Botello López (CONBIODES, Conservación Biológica y Desarrollo Social, A. C.)
- Records by Pas. de Biól. Ricardo Martínez Bolaños (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México)
- Cornell University Museum of Vertebrates
- University of Michigan Museum of Zoology



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

- Los Angeles County Museum of Natural History
- University of Kansas
- Museum of Vertebrate Zoology
- Museum of Southwestern Biology
- Royal Ontario Museum
- Museum of Texas Tech University
- Florida Museum of Natural History
- California Academy of Sciences
- Museum of Comparative Zoology, Harvard University
- Midwest Museum of Natural History

CAPÍTULO IV
RED DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN PARA OAXACA

Monroy, G. A. G. and V. Sánchez-Cordero. (sent). Connectivity for priority areas for Oaxaca, Mexico. *Biological Conservation*.



Connectivity for priority areas for Oaxaca, Mexico

Alina Gabriela Monroy Gamboa^{a*} and Víctor Sánchez-Cordero^a

^aDepartamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 70-153, 04510 México, D.F., México. +52 (55) 56229147 ext. 47846. e-mail: beu_ribetzin@hotmail.com; victor@ib.unam.mx

*Corresponding author

Abstract

Fragmentation of the habitats may isolate ecosystems and faunal populations; therefore, it is a problem that requires special treatment at global scale. Oaxaca is one of the most biodiverse states of Mexico, but it also has high anthropogenic pressures that threatens such biodiversity. This study aims to propose a conservation areas network for the terrestrial vertebrates of the state of Oaxaca. We use potential distribution models of the terrestrial vertebrates (1131 species) in protected areas (with federal decree and voluntarily conservation areas) costs of socio-economic variables (25 variables) and neighborhoods between the prioritized cells in order to identify connectors between areas that represent at least 10% of the distribution of the terrestrial vertebrates of the state. The solution without connectors only include 75.95% of the 1131 terrestrial vertebrates that occur in Oaxaca, whereas that in the solution with connectors include the 96.99%. The most costly variable is the presence of highways (65.85). The connectors solution shows the connectivity between regions: Sierra Madre de Oaxaca with Tehuacan Depression, Tehuantepec Isthmus Depression with Sierra Madre del Sur in Oaxaca and Chiapas, Sierra Madre del Sur with the west zone of Pacific coastal plain and all the east zone of the Pacific coastal plain. The protected areas are insufficient to conserve most of the biodiversity. It is important to identify the priority regions and their connectivity through the steps of the systematic conservation planning, in order to conserve in the long term the biodiversity of terrestrial vertebrates of Oaxaca.

Keywords: Conservation Planning, Conservation Areas Network, Biodiversity Representation, Terrestrial vertebrates.

1. Introduction

The habitat fragmentation determines loss of original habitats, reduction on habitat patch size and increasing isolation of habitat patches that could drive into the extinction of some species. Also, it implies the loss of habitat that produces isolation effects influencing the population size of the species and the richness and biological diversity (André 1994).

The fragmentation promotes a patchy landscape, and the size of the patches and the distance between them are important concerning to biodiversity conservation (MacArthur and Wilson 1967, Brown 1971, Diamond and May 1981, Harris 1984). Conservation strategies for fragmented landscapes require special treatments, most of the Protected Areas (PA) are isolated and it explains their failure at the long time (Margules et al. 1994). The design and establishment of conservation area networks to decide where to allocate resources for biodiversity conservation and management is



central to systematic conservation planning (Margules & Pressey 2000; Margules & Sarkar 2007). The prioritization of areas for planning conservation area networks are very important, because the connectors between the prioritized areas could be functional for the habitat restoration, the maintenance of successional stages. The network commonly involves biological and/or environmental representation where targets and goals are established for surrogate coverage and total area, although seldom applied in conjunction with spatial configuration criteria as size, shape, dispersion, connectivity, alignment, and replication of selected priority areas (Berkes and Davidson-Hunt 2006; Ceredira et al. 2005; Franco et al. 2009; Fuller et al. 2006; Peralvo et al. 2007; Sarkar et al. 2009).

Two primary components are used for connectivity (Bennett 1999; Tischendorf and Fahring 2000): the physical, the spatial arrangement of different types of habitat or other elements in the landscape; and the functional or behavioral, which depends on the response of an individual, species or process to the ecosystem (Crooks and Sanjayan 2006).

The connectivity is crucial for the species persistence, because it maintains the ecological processes like migration, vagility or escape routes in stochastic events (e.g. fire); and helps to avoid the extinction by recolonizing with some species (Margules and Sarkar 2009). Also the behavior of the species is important because they could change it and their habits (Sutherland 1998). Thus, the connectivity is important when we select priority sites for complex functional landscapes (Poiani et al. 2000).

The objective of this paper is to propose a conservation areas network for the terrestrial vertebrates of the state of Oaxaca, Mexico.

2. Materials and Methods

2.1 Study area

The state of Oaxaca is the fifth most extensive in Mexico. The extent of the area (15°39' to 18°42' S, and from 93°52' to 98°32' W) is approximately 95,364 km² (9,536,400 ha). Altitudinal range includes from sea level to peaks of more than 3,750 m. The state has a characteristic physiography and a high diversity of vegetation communities; also a complex environment and climatic variation. Equally, extraordinary is the ethnic and linguistic diversity, with 16 of the 56 ethnic groups of Mexico; and they represent the 60% of the total population of Oaxaca (García-Mendoza et al. 2004). According with the topography, geology, geomorphology and physiographic arrangement of the state, are recognized twelve subprovinces (Ortíz-Pérez et al 2004, Figure 1).

2.2 Background

The Mexican state of Oaxaca is recognized as a biodiversity hotspot with high species richness and endemics. Unfortunately, the region showed an accelerated change in the use of the soil that result in a high loss of vegetal cover principally at the forests because to the extensive cattle, human settlements and irrational exploitation of the forests. It also endures to the habitat fragmentation and consequently the extinction of species and traditional knowledge linked to the use and management of the natural resources (García-Mendoza et al. 2004). Remnants of natural habitats are possible thanks to the voluntarily conservation areas; which are very important for the conservation at the state in spite of the little area that them occupy (Monroy et al. 2015) providing effectiveness for the communities conservation efforts (Martin et al. 2010).



There are studies that implies the selection of priority areas for an specific group of vertebrates, like the terrestrial mammals in Mexico. Fuller et al. (2006), select priority conservation areas in the Transverse Volcanic Belt, using the PA and add connectors between the selected areas as priority. Illoldi-Rangel et al. (2008), not only select priority conservation areas for the terrestrial mammals in the state of Oaxaca, they also propose a conservation area network by connectors between the priority selected areas. Also, the state of Oaxaca faces socioeconomic challenges, further, high ethnic diversity including indigenous (cuicatecos, chinantecos, zapotecos, mixtecos, zoques and mixes) represent a high proportion of rural communities also there are mestizo and foreign groups (García-Mendoza et al. 2004). This socioeconomic complexity challenges static conservation strategies. Monroy et al. (sent) show an approximation for local conservation planning in Oaxaca by identifying potential sites for biodiversity conservation with detailed analyses relating socio-economic conditions.

2.3 Biological and non-biological information

2.3.1 Species distribution models and environmental domains.

For the construction of the species distribution models and the environmental domain classifications, the following environmental variables were used: aspect, digital elevation model (DEM), slope and topographic index obtained from the U.S. Geological Survey's Hydro-1K data set (USGC 1998); also 19 bioclimatic variables from WorldClim (Hijmans et al. 2005) that are basically temperature and rainfall, this combination correlates effectively the species physiological tolerance (Martínez-Meyer 2005); all the variables have a resolution of 1 km². The dimensions of the grid were 470 x 302 cells, with a total of 141,940 cells for the Oaxaca state.

Point occurrence data for 1,131 species (353 amphibians and reptiles, 598 birds and 180 mammals) were obtained from several national and international scientific collections for terrestrial vertebrates (Supplement 1) and were completed with personal records. In order to estimate the patterns of distribution of the species, we used MaxEnt software package version 2.2 (Phillips et al. 2006) to build models and create a conservation strategy. MaxEnt has shown to be robust for modeling distributions from presence-only data (Elith et al. 2006). Species distribution model accuracy was evaluated by constructing the models randomly using 50% of the available records, with the other 50% used for testing, because there were a robust number of data occurrences. Following Pawar et al. (2007), all selected distribution models for further analysis showed an AUC > 0.75 and a *P*-value < 0.05 (for the sensitivity and specificity tests). Expert knowledge was used to drop species distribution models that showed systematic over-prediction. All species distribution models were reclassified into 0 and 1 values, using the training presence threshold (Phillips et al. 2006).

2.4 Socioeconomic, land use and risk variables.

Land use-cover data were obtained from the Inventario Nacional Forestal III series (INEGI, 2000) in order to locate cells with data of degradation or perturbation (induced grasslands, human settlements, without apparently vegetation, agriculture and cattle activity zone, induced palms and urban zones); these cells identified with these attributes are excluded from the analysis.

The socioeconomic variables were obtained from the 2010 census by INEGI per municipality; the variables considered were: hectares of forests, total population, reforested surface, tons of garbage, indigenous population, marginality, illiteracy, communication vias (roads and airports), agricultural surface, surface with government



supports (PROCAMPO, direct support program for the field), heads of cattle (cows, sheeps, goats, horses, pigs, hens and rabbits), forestry management, tourism (tourists and hotels), GDP, manufacture, immigrants and mining.

2.5 Site selection modelling

The site selection process for each scenario is produced with ConsNet (Ciarleglio et al. 2009), which is a comprehensive software package for designing and analyzing conservation area networks. ConsNet is built on a Modular Abstract Self-Learning Tabu Search framework. Tabu search is a meta-heuristic framework that relies on memory structures to organize and navigate the search space (Ciarleglio 2008). All best solutions are built to solve the minimum area problem for a 10% representation target for each of the 1,131 species and 23 environmental domains, and giving preference for adjacency between cells, while minimizing the perimeter-area relationship. The search was conducted in order to obtain the minimum possible area, with a maximum iteration of 400,000. The cells occupied by the protected areas (PA) and the voluntarily conservation areas (VCA) are permanently included. We follow the procedure of general multi-criteria analyses (GMCA) of Monroy et al. (sent) where the objectives were a weighted linear combination of several variables that have a hierarchy developed for the fundamental objective of representation of biodiversity.

2.6 Connectivity

One the more common kinds of measure of the isolation of the patches, is by the distance between the closer patches or the distance of the closest neighbors (Delin and Andrés 1999, Haig et al. 2000, Hargis et al. 1999). The patches with the less distances between the neighbors are the ones where have more habitat.

In this case, we choose the advanced option of the neighborhood strategy, that add cells to find the neighborhood between selected cells, in order to create connectors between them. The program adds the cells that have the same characteristics of the priority conservation areas to connect the habitat and avoid the areas already transformed and vulnerable.

3. Results

The best solution is an area of 18,530.43 ha that is divided by 15,670 cells. The terrestrial vertebrates were represented on 4,702 cells with a 10% target (Figure 2).

The added cells connect subprovinces of the state. We can identify connections between the Sierra Madre de Oaxaca and the Tehuacan's Depression, Tehuantepec Isthmic Depression and Sierra Madre del Sur in Oaxaca and Chiapas, Sierra Madre del Sur and the West of the Pacific coastal plain and one more at the East of the Pacific coastal plain (Figure 2). The area occupied by the added cells is 5,178.39 ha in respect with the selected areas without neighborhood (Figure 1).

Nine of the 25 socio-economic variables were costly, the highways are the most costly followed by the tourists (65.85 and 21.57 respectively, Figure 1).

The solution with the connectors includes the 96.99% of total of the terrestrial vertebrates occurring in Oaxaca with at least 10% of their representation and the solution without the connectors includes 75.95% of the terrestrial vertebrates. The taxonomic group with the most species included are the mammals (98.33%) in both solutions. The birds is the group with the fewest species included in the solution without connectors (70.06%) and the amphibians and reptiles are the ones in the solution with connectors (94.90%; Figure 2, Supplement 1).



4. Discussion

The patches on an habitat are part of a landscape mosaic and the species presence could be a function of it and there are many causes involved like the patch size, the isolation of them and the neighborhood between the habitat patches (Andrén 1994).

The systematic conservation planning propose to obtain the minimum possible area for the solutions; even though the solution with the connectors is bigger in surface than the one without the connectors (by 5,178.39 ha), this surface is needed for the conservation of more species of terrestrial vertebrates in Oaxaca (238 species more that represent 21.04%, Figure 2).

The inclusion of the protected areas (with federal decree and the voluntarily conservation areas) and their neighborhood is noteworthy because the external events around them (mainly the anthropogenic ones) could isolate the protected areas and reduce the habitat for the species, restricting their movements, homeranges and territories, like the birds and particularly to the predators (Halfpter 1995).

Although amphibians and reptiles are the most diverse groups at Mexico and Oaxaca, the efforts for their conservation are diminished, and the comprehension of their interaction at the different trophic levels result important, many of them are efficient plague controllers. In addition they are excelent biological indicators of the environmental degradation because their high skin sensibility for the toxic substances (Canseco-Márquez and Gutiérrez-Mayén 2010). Also, educational programs have to be implemented because many of the people of the state believe that almost all the amphibians and reptiles are poisonous and long term monitoring in order to know more information about the biology of the rare species (Canseco-Márquez and Gutiérrez-Mayén 2010; Martín-Regalado et al. 2012; Rioja-Paradela et al. 2013). The solution without connectors exclude 72 species and the solution with connectors only 18 species (Supplement 1). The excluded species in the solution without connectors comprehend endemic species for the state like *Sceloporus edwardtaylori* that is classificated as Least Concern (LC) by the IUCN (2015) and *Micrurus ephippifer* classificated with a special protection at the NOM-059 (SEMARNAT 2010) and Vulnerable (VU) by the IUCN (2015). Also exclude *Abronia mixteca* that occurs at the Mixteca at the Western Oaxacan Mountains and Valleys region where the pine forests and pine-oak forests have a discontinuous distribution and could isolate the populations of this reptile (Martín-Regalado et al. 2012), fortunately the indigenous population do a sustainable managment of the forest that contribute to the habitat conservation for *A. Mixteca* at the region (Bray and Merino 2005, Martín-Regalado et al. 2012).

The solution with connectors shows the connection in the Tehuantepec Isthmic Depression that have the forth place of endemic species of amphibians and reptiles, 13 of them occur at the locality of Sierra Guiengola (Figure 1, 2, Casas-Andreu et al. 2004, Martín-Regalado et al. 2011). The region with more endemic species of amphibians and reptiles is the Sierra Madre de Oaxaca, followed by Sierra Madre del Sur and Sierra Madre del Sur in Oaxaca and Chiapas, these regions are also the regions that have connectors (Figure 1, 2, Casas-Andreu et al. 2004) demonstrating the importance of the use of the connectors for the conservation of the species.

The localities with the most richness of birds are at the regions of the Coastal Plain of Tehuantepec, Sierra Madre de Oaxaca and Sierra Madre del Sur in Oaxaca and Chiapas also the regions that show connections (Figure 1, 2, Navarro et al. 2004). The



solution without the connectors excludes 179 species and the one with the connectors only 13 (Appendix 1).

There are four cuasi-endemic species for the state of Oaxaca: *Eupherusa cyanophrys* (included in both solutions), *Passerina rositae* (included in the solution without connectors), *Aimophila notosticta* (included in the solution with connectors) and *Peucaea sumichrasti* (excluded in both solutions, Supplement 1). Three of the four species (except *Aimophila notosticta* distributed at the Central Valleys region) are distributed on the south of the Coastal Pacific Plain and the Coastal Plain of Tehuantepec, it shows the importance of the region for the birds.

Many of the excluded species in both solutions are aquatic birds (Supplement 1), the reason is that in this study we use only terrestrial variables, and the richness patterns among aquatic birds and landbirds differ and also the prioritization of places for their conservation (Ramírez-Bastida et al. 2008).

For the mammals, in the solution without connectors 21 species are excluded, 11 of them are bats (Supplement 1), these are very important for the diversity of the state (Briones-Salas et al. 2005) and for the conservation because of their multiple requirements of the habitat and they can be studied at level of landscape (Moreno 2007); each species of bat react different to the processes of the habitat fragmentation that impact directly on the population genetic structure (Galindo-González 2007). Also two carnivores (*Conepatus semistratus* and *Galictis vittata*, Supplement 1) are excluded in the solution without connectors. The carnivores are recognized as key species because their role in the ecosystems and their removal indicate structural and productivity changes at the ecosystem that drive into the loss of biodiversity, some of them are more sensitive to the environmental changes and the exploitation (Miller and Rabinowitz 2002; Noss et al. 1996).

The Tehuantepec Isthmic Depression, the Coastal Plain of Tehuantepec and the south of the Pacific Coastal Plain compose the zone with the most richness and endemism of terrestrial vertebrates in Mexico because there is a biogeographic barrier for some species and the union of two biogeographic kingdoms: the Neotropical and the Nearctic (Casas-Andreu et al. 2004, Pérez-García et al 2001). Also in this area is located the International Airport of Bahías de Huatulco, and the airports are one of the most costly variables in the solutions (Chart 1), so it is very important to concentrate the efforts of conservation at this zone of the state.

5. Conclusions

The solution with connectors is congruent with the initiative of the Mesoamerican Biological Corridor that is coordinated by the politics of conservation of Northamerica and Southamerica in order to maintain the connectivity between the ecosystems and in Mexico occupied the southern states of Chiapas, Quintana Roo, Yuacatán, Campeche, Tabasco and Oaxaca (Álvarez-Icaza 2013).

The generalist species can survive at little patches because they can use the resources around them and not only the ones that are inside the patch (Andrén 1994).

The protected areas are necessary, but they are not sufficient to conserve all or most of the biodiversity (Soulé and Terborgh 1999); is important to identify the priority regions and their connectivity through the steps of the systematic conservation planning, to conserve in the long term the biodiversity of terrestrial vertebrates of Oaxaca.



6. Acknowledgments:

A. G. Monroy thanks Posgrado de Doctorado en Ciencias Biomédicas of Universidad Nacional Autónoma de México, and CONACyT for the full time scholarship. This work is part of AGMG dissertation.

7. References:

- Álvarez-Icaza, P. 2013. Corredor Biológico Mesoamericano en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. *Biodiversitas* 110:1-5.
- Andrén, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71:355-366.
- Berkes, F. and I. J. Davidson-Hunt. 2006. Biodiversity, traditional management systems and cultural landscapes: examples from the Boreal forest of Canada. *International Social Science Journal* 58(187):35-47.
- Bray, D. and L. Merino. 2005. *La experiencia de las comunidades forestales en México, veinticinco años de silvicultura y construcción de empresas forestales comunitarias*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología-Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible-Fundación Ford. Distrito Federal, México. 271 pp.
- Briones-Salas, M., Sánchez-Cordero, V. and Santos-Moreno, A. 2005. Diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. In: Sánchez-Cordero, V. and Medellín, R. A. (eds.) *Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa*. Instituto de Biología-UNAM, Instituto de Ecología-UNAM y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México. Pp. 67-76.
- Brown, J. H. 1971. Mammals on mountain tops: nonequilibrium insular biogeography. *American Naturalist* 105:467-478.
- Canseco-Márquez, L. and M. G. Gutiérrez-Mayén. 2010. *Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México. 302 pp.
- Casas-Andreu, G., F. R. Méndez-de la Cruz and X. Aguilar-Miguel. 2004. Anfibios y reptiles. In: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 375-390.
- Crooks, K. R., and M. Sandjayan. 2006. Connectivity conservation: maintaining connections for nature. In: K. R. Crooks and M. Sanjayan. *Connectivity Conservation*. Conservation Biology 14. Cambridge Press. 712 pp.
- Delin, A. E. and H. Andrén. 1999. Effects of habitat fragmentation on Eurasian red squirrel (*Sciurus vulgaris*) in a forest landscape. *Landscape Ecology* 14:67-72.
- Diamond, J. M. and R. M. May. 1981. Island biogeography and the design of nature reserves. In: May R. M. (ed.), *Theoretical ecology: principles and applications*. 2nd. Ed. Blackwell, Oxford. Pp. 228-252.
- Galindo-González, J. 2007. Efectos de la fragmentación del paisaje sobre poblaciones de mamíferos; el caso de los murciélagos de Los Tuxtlas, Veracruz. In: Sánchez-Rojas, G. and Rojas-Martínez, A. (eds.) *Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos*. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Hidalgo, México. Pp. 97-114.



García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. 605 pp.

Haig, A. R., U. Mathes y D. W. Larson. 2000. Effects of natural habitat fragmentation on the species richness, diversity and composition of cliff vegetation. *Canadian Journal of Botany* 78:786-797.

Halffter, G. 1995. Reservas de la biósfera y conservación de la biodiversidad en el siglo XXI. *Ciencias* 39:9-13

Hargis, C. D., J. A. Bissonette and D. L. Turner. 1999. The influence of forest fragmentation and landscape pattern on American martens. *Journal of Applied Ecology* 36:157-172.

Harrison, S., S. J. Ross and J. H. Lawton. 1992. Beta diversity and geographic gradient in Britain. *Journal of Animal Ecology* 61:151-158.

Illoldi-Rangel, P., T. Fuller, M. Linaje, C. Pappas, V. Sánchez-Cordero and Sarkar. 2008. Solving the maximum representation problem to prioritize areas for the conservation of terrestrial mammals at risk in Oaxaca. *Diversity and distributions* 14:493-508.

INEGI. 2000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Inventario Nacional Forestal. Tipos de vegetación forestal y de suelos*. Comisión Nacional Forestal. Sistema Nacional de Información Forestal.
http://148.223.105.188:2222/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=69&Itemid=73 05/07/2008 14:20 hrs.

INEGI. 2013. Instituto Nacional de Estadística y geografía. *México en cifras*.
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras> 06/11/2013 12:18 hrs.

IUCN. 2015. International Union for Conservation of Nature. *The IUCN Red List of Threatened Species 2015.2*. www.iucnredlist.org 20/07/2015 20:21 hrs.

MacArthur, R. H. and E. O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, United States of America. 224 pp.

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

Margules, C. R. and S. Sarkar. 2007. *Systematic Conservation Planning*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

Martin, G. J., C. I. Camacho and C. A. del Campo. 2010. Indigenous and community conserved areas in Oaxaca, Mexico. *Management and environmental quality: An international Journal* 22(2):250-266.

Martín-Regalado, C. N., R. M. Gómez-Ugalde and M. E. Cisneros-Palacios. 2011. Herpetofauna del Cerro Guiengola, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)* 27(2):359-376.

Martín-Regalado, C. N., M. C. Lavariega and R. M. Gómez-Ugalde. 2012. Registros nuevos de *Abronia mixteca* (Sauria: Anguidae) en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 859-863.

Martínez-Meyer, E. 2005. Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species' potential distributions. *Biodiversity informatics* 2:42-55.

Miller, B. and Rabinowitz, A. 2002. ¿Por qué conservar al jaguar? In: Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewicz, C. B. L., Crawshaw, P. G., Rabinowitz, A. Redford, K. H., Robinson, J. G., Sanderson, E. W. And Taber, A. B. (eds). *El jaguar en el nuevo*



milenio. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México and Wildlife Conservation Society. Distrito Federal, México. Pp. 303-315.

Moffett, A., J. S. Dyer and S. Sarkar. 2006. Integrating biodiversity representation with multiple criteria in North-Central Namibia using non-dominated alternatives and modified analytic hierarchy process. *Biological Conservation* 129:181-191.

Moffett, A., J. Garson and S. Sarkar. 2005. MultiSync: a software package for incorporating multi criteria in conservation planning. *Environmental modelling & software* 20:1315-1322.

Monroy, G. A. G., V. Sánchez-Cordero, M. Briones-Salas, R. Lira-Saade y J. M. Maass. 2015. Representatividad de los tipos de vegetación en distintas iniciativas de conservación en Oaxaca, México. *Bosque* 36(2):199-210.

Monroy, G. A. G., V. Sánchez-Cordero and S. Sarkar. sent. Multi-criteria analysis for prioritizing conservation areas in a biodiversity hotspot in Mexico. *Biological conservation*.

Moreno, C. E. 2007. Diversidad de especies a escala de paisaje: un ejemplo con ensamblajes de murciélagos neotropicales. In: Sánchez-Rojas, G. and Rojas-Martínez, A. (eds.) *Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos*. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Hidalgo, México. Pp. 81-96.

Navarro, S. A. G., E. A. García-Trejo, A. T. Peterson and V. Rodríguez-Contreras. 2004. Aves. In: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 391-421.

Noss, R. F., Quigley, H. B., Hornocker, M. G., Merrill, T. And Paquet, P. C. 1996. Conservation Biology and carnivore conservation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology* 10(4):949-963.

Ortíz-Pérez, M. A., J. R. Hernández y J. M. Figueroa. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. In: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 43-54.

Pawar, S., M. S. Koo, C. Kelley, M. F. Ahmed, S. Chaudhuri and S. Sarkar. 2007. Conservation assessment and prioritization of areas in Northeast India: priorities of amphibians and reptiles. *Biological conservation* 136:346-361.

Pérez-García, E. A., J. Meave and C. Gallardo. 2001. Vegetación y Flora de la region de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botánica Mexicana* 56:19-88.

Poiani, K. A., B. D. Richter, M. G. Anderson and H. E. Richter. 2000. Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes, and networks. *BioScience* 50(2):133-146.

Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.

Ramírez-Bastida, P., A. G. Navarro-Sigüenza and A. T. Peterson. 2008. Aquatic bird distribution in Mexico: designing conservation approaches quantitatively. *Biodiversity Conservation* DOI 10.1007/s10531-008-93-98-0.

Rioja-Paradela, T., A. Carrillo-Reyes, G. Castañeda and S. López. 2013. Diversidad herpetofaunística al Norte de la Laguna Inferior, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 29(3):574-595.



Roe, D. 2008. The origins and evolution of the conservation-poverty debate: a review of key literature, events and policy processes. *Oryx* 42:491-503.

SEMARNAT. 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial* (segunda sección) Jueves 30 de diciembre 2010.79 pp.

Soulé, M. E. and J. Terborgh. 1999. *Continental conservation: Scientific foundations of regional reserve networks*. Island Press. Washington, United States of America. 227 pp.

Sutherland, W.J. 1998. The importance of behavioural studies in conservation biology. *Animal behaviour* 56:801-809.

Figure legends:

Figure 1. Location of the state of Oaxaca, Mexico with its physiographic regions. Modified from Ortíz-Pérez et al 2004.

Figure 2: Conservation areas Network for Oaxaca, Mexico

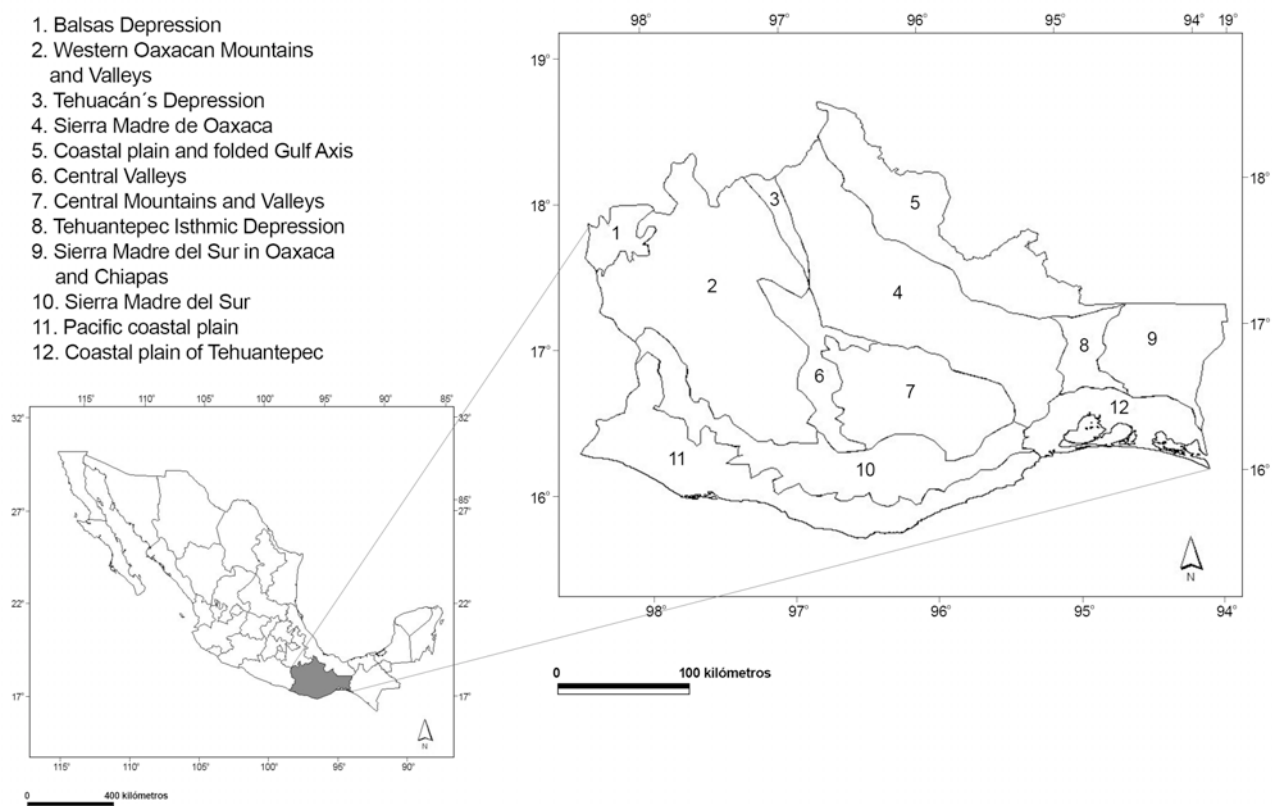


Figure 1. Location of the state of Oaxaca, Mexico with its physiographic regions

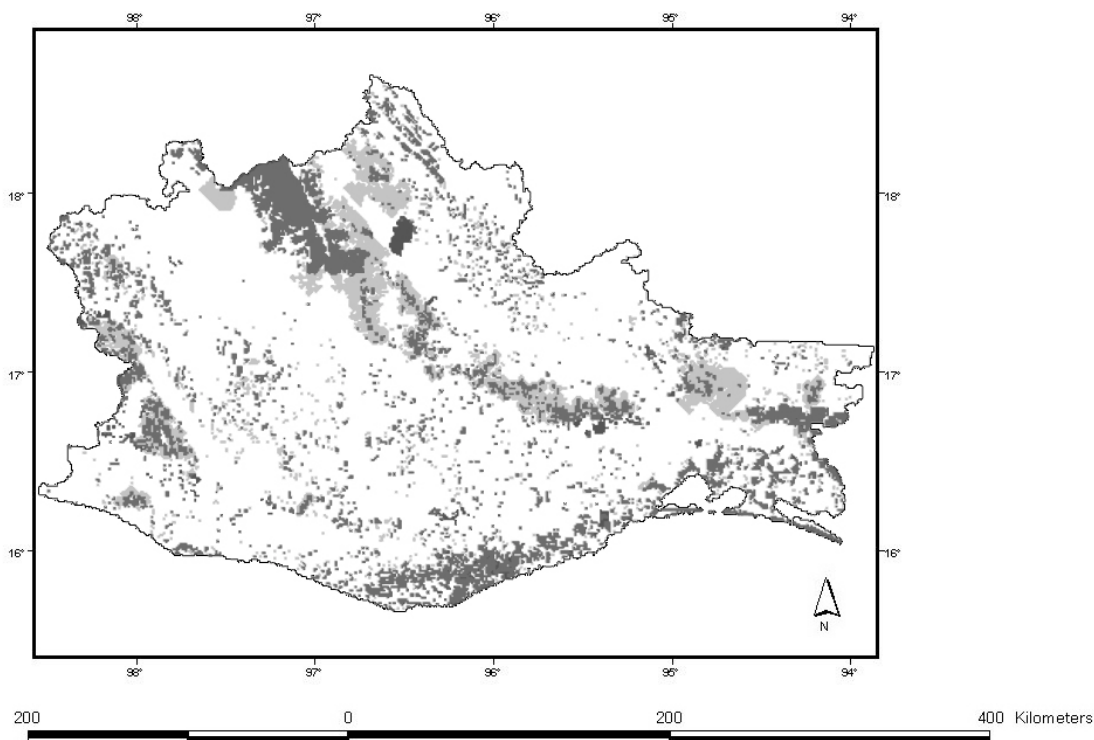


Figure 2: Conservation Areas Network for Oaxaca, Mexico. (Light gray area the selected areas with neighborhood and dark gray are the ones without neighborhood).

Chart 1. Costs of the socio-economic variables

	Solution excluding connectors	Solution including connectors
Airports	15	14.05
Timber	0.44	1.1
Analphabetism	0	0
Poultry	0	0
Trash	2.34	2
Cows	1.94	3.15
Goats	0	0
Highways	62.42	65.85
Rabbits	0	0
Horses & donkeys	0	0
Accommodities	17.37	16.14
Indigenous population	0	0
Manufacturer	2.97	2.16
Marginal degree	0	0



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

Immigrants	0	0
Mining	0	0
Sheep	0	0
GDP	0	0
Total population	0	0
Porks	0	0
Government support	0	0
Rainforests and forests	0	0
Cultivated Surface	2.17	2.16
Reforested área	0	0
Turists	23.93	21.57
Area	13,352.04 ha	18,530.43 ha

Chart 2. Number of species by taxonomic group representating the 10% of their distribution and their percentage respect the total species of terrestrial vertebrates of Oaxaca

	Solution excluding connectors		Solution including connectors	
Amphibians and reptiles	281	79.60%	335	94.90%
Birds	419	70.06%	585	97.82%
Mammals	159	88.33%	177	98.33%
Total	859	75.95%	1097	96.99%



APPENDIX I.

Species of terrestrial vertebrates with at least 10% of their representation in the state of Oaxaca.

1=include

0=exclude

AMPHIBIANS AND REPTILES

Scientific name	Without connectors	With connectors
<i>Abronia bogerti</i>	0	0
<i>Abronia gramínea</i>	1	1
<i>Abronia latifasciatus</i>	1	1
<i>Abronia mixteca</i>	0	1
<i>Abronia oaxacae</i>	1	1
<i>Adelphicos latifasciatus</i>	0	1
<i>Adelphicos quadrivirgatus</i>	1	1
<i>Agalychnis callidryas</i>	0	1
<i>Agalychnis moreleti</i>	1	1
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	1	1
<i>Amastridium veliferum</i>	1	1
<i>Ameiva undulata</i>	1	1
<i>Anolis barkeri</i>	1	1
<i>Anolis biporcatus</i>	1	1
<i>Anolis breedlovei</i>	1	1
<i>Anolis compressicauda</i>	1	1
<i>Anolis cuprinus</i>	1	1
<i>Anolis cymbops</i>	1	1
<i>Anolis gadovi</i>	0	1
<i>Anolis laeviventris</i>	1	1
<i>Anolis lemurinus</i>	1	1
<i>Anolis megapholidotus</i>	1	1
<i>Anolis milleri</i>	1	1
<i>Anolis nebuloides</i>	0	1
<i>Anolis nebulosus</i>	1	1
<i>Anolis petersi</i>	1	1
<i>Anolis pygmaeus</i>	1	1
<i>Anolis quercorum</i>	1	1
<i>Anolis rodriguezi</i>	1	1
<i>Anolis schiedei</i>	0	1
<i>Anolis sericeus</i>	1	1
<i>Anolis subocularis</i>	0	1
<i>Anolis tropidonotus</i>	1	1
<i>Anolis uniformis</i>	1	1
<i>Anothea spinosa</i>	1	1
<i>Aspidoscelis communis</i>	1	1
<i>Aspidoscelis deppei</i>	1	1
<i>Aspidoscelis gularis</i>	1	1



<i>Aspidoscelis guttatus</i>	1	1
<i>Aspidoscelis inornata</i>	1	1
<i>Aspidoscelis mexicana</i>	1	1
<i>Aspidoscelis motaguai</i>	1	1
<i>Aspidoscelis opatae</i>	1	0
<i>Aspidoscelis parvisocia</i>	1	1
<i>Aspidoscelis sackii</i>	1	1
<i>Atropoides nummifer</i>	1	1
<i>Barisia imbricata</i>	1	1
<i>Basiliscus vittatus</i>	1	1
<i>Boa constrictor</i>	0	1
<i>Bolitoglossa macrinii</i>	0	1
<i>Bolitoglossa mulleri</i>	1	1
<i>Bolitoglossa occidentalis</i>	1	1
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	0	1
<i>Bolitoglossa rufescens</i>	1	1
<i>Bothrops asper</i>	1	1
<i>Caiman crocodylus</i>	1	1
<i>Celestus enneagrammus</i>	1	1
<i>Celestus rozellae</i>	1	1
<i>Cerrophidion godmani</i>	1	1
<i>Charadrahyla chaneque</i>	1	1
<i>Chersodromus liebmanni</i>	1	1
<i>Chiropterotriton chiropterus</i>	1	1
<i>Claudius angustatus</i>	0	1
<i>Clelia clelia</i>	0	1
<i>Coleonyx elegans</i>	1	1
<i>Coluber bilineatus</i>	1	1
<i>Coluber constrictor</i>	1	1
<i>Coluber flagellum</i>	1	1
<i>Coluber mentovarius</i>	1	1
<i>Coniophanes bipunctatus</i>	1	1
<i>Coniophanes fissidens</i>	1	1
<i>Coniophanes imperialis</i>	1	1
<i>Coniophanes piceivittis</i>	1	1
<i>Coniophanes quinquevittatus</i>	1	1
<i>Conophis vittatus</i>	1	1
<i>Conopsis acuta</i>	1	1
<i>Conopsis biserialis</i>	0	1
<i>Conopsis lineata</i>	1	1
<i>Conopsis megalodon</i>	1	1
<i>Conopsis nasus</i>	1	1
<i>Corytophanes cristatus</i>	0	1
<i>Corytophanes hernandesii</i>	1	1
<i>Corytophanes percarinatus</i>	0	1
<i>Craugastor alfredi</i>	1	1
<i>Craugastor augusti</i>	1	1



<i>Craugastor berkenbuschii</i>	1	1
<i>Craugastor decoratus</i>	1	1
<i>Craugastor lineatus</i>	1	1
<i>Craugastor mexicanus</i>	1	1
<i>Craugastor omiltemanus</i>	1	0
<i>Craugastor pygmaeus</i>	1	1
<i>Craugastor rhodopis</i>	1	1
<i>Craugastor rugulosus</i>	1	1
<i>Craugastor spatulatus</i>	0	1
<i>Crocodylus moreletii</i>	1	1
<i>Crotalus atrox</i>	1	0
<i>Crotalus basiliscus</i>	1	1
<i>Crotalus durissus</i>	1	1
<i>Crotalus intermedius</i>	1	1
<i>Crotalus molossus</i>	1	1
<i>Crotalus ravus</i>	0	1
<i>Crotalus triseriatus</i>	1	1
<i>Ctenosaura acanthura</i>	0	1
<i>Ctenosaura clarki</i>	1	1
<i>Ctenosaura pectinata</i>	1	1
<i>Ctenosaura quinquecarinata</i>	0	0
<i>Ctenosaura similis</i>	0	1
<i>Dendrophidion vinitor</i>	0	1
<i>Dendropsophus ebraccatus</i>	0	1
<i>Dendropsophus microcephalus</i>	0	1
<i>Dendropsophus robertmertensi</i>	1	1
<i>Dermophis mexicanus</i>	1	1
<i>Dermophis oaxacae</i>	1	1
<i>Diadophis punctatus</i>	1	1
<i>Diaglena spatulata</i>	1	0
<i>Dipsosaurus dorsalis</i>	1	1
<i>Dryadophis melanolomus</i>	1	1
<i>Drymarchon corais</i>	1	1
<i>Drymobius chloroticus</i>	1	1
<i>Drymobius margaritiferus</i>	1	1
<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	1	1
<i>Duellmanohyla schmidtorum</i>	1	1
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	1	1
<i>Eleutherodactylus albolabris</i>	1	1
<i>Eleutherodactylus leprus</i>	0	1
<i>Eleutherodactylus modestus</i>	0	0
<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	1	1
<i>Eleutherodactylus pipilans</i>	1	1
<i>Engystomops pustulosus</i>	0	1
<i>Enulus flavitorques</i>	1	1
<i>Epictia goudotii</i>	1	1
<i>Eretmochelys imbricata</i>	0	0



<i>Exerodonta melanomma</i>	1	1
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	1	1
<i>Exerodonta xera</i>	1	1
<i>Ficimia olivácea</i>	1	1
<i>Ficimia publia</i>	1	1
<i>Ficimia variegata</i>	0	1
<i>Gastrophryne usta</i>	0	1
<i>Geagras redimitus</i>	0	0
<i>Gehyra mutilata</i>	0	1
<i>Geophis carinosus</i>	1	1
<i>Geophis dubius</i>	1	1
<i>Geophis duellmani</i>	1	1
<i>Geophis sallaei</i>	1	1
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	1	1
<i>Gerrhonotus ophiurus</i>	1	1
<i>Gymnophthalmus speciosus</i>	1	1
<i>Heloderma horridum</i>	1	1
<i>Hemidactylus frenatus</i>	1	1
<i>Hemidactylus mabouia</i>	0	1
<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i>	1	1
<i>Hydrophis platurus</i>	0	0
<i>Hyla arenicolor</i>	1	1
<i>Hyla euphorbiacea</i>	1	1
<i>Hyla eximia</i>	1	1
<i>Hyla plicata</i>	1	1
<i>Hypopachus variolosus</i>	1	1
<i>Hypsiglena torquata</i>	1	1
<i>Iguana iguana</i>	1	1
<i>Imantodes cenchoa</i>	1	1
<i>Imantodes gemmistratus</i>	1	1
<i>Incilius canaliferus</i>	1	1
<i>Incilius cavifrons</i>	1	1
<i>Incilius cristatus</i>	1	1
<i>Incilius marmoreus</i>	1	1
<i>Incilius occidentalis</i>	1	1
<i>Incilius perplexus</i>	0	1
<i>Incilius valliceps</i>	1	1
<i>Kinosternon acutum</i>	0	1
<i>Kinosternon integrum</i>	1	1
<i>Kinosternon leucostomum</i>	0	1
<i>Kinosternon scorpioides</i>	1	1
<i>Laemanctus longipes</i>	1	1
<i>Lampropeltis triangulum</i>	1	1
<i>Lepidochelys olivacea</i>	0	1
<i>Lepidophyma flavimaculatum</i>	1	1
<i>Lepidophyma pajapanensis</i>	1	1
<i>Lepidophyma smithii</i>	1	1



<i>Lepidophyma tuxtlae</i>	1	1
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	1	1
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	1	1
<i>Leptodeira annulata</i>	1	1
<i>Leptodeira maculata</i>	1	1
<i>Leptodeira nigrofasciata</i>	0	1
<i>Leptodeira septentrionalis</i>	1	1
<i>Leptophis ahaetulla</i>	1	1
<i>Leptophis diplotropis</i>	1	1
<i>Leptophis mexicanus</i>	1	1
<i>Lithobates berlandieri</i>	1	1
<i>Lithobates forreri</i>	1	1
<i>Lithobates maculatus</i>	1	1
<i>Lithobates montezumae</i>	0	1
<i>Lithobates pustulosa</i>	1	1
<i>Lithobates sierramadrensis</i>	0	1
<i>Lithobates spectabilis</i>	1	1
<i>Lithobates vaillanti</i>	1	1
<i>Lithobates zweifeli</i>	1	1
<i>Loxocemus bicolor</i>	0	0
<i>Manolepis putnami</i>	1	1
<i>Marisora unimarginata</i>	1	1
<i>Megastomahyla mixomaculata</i>	0	1
<i>Mesaspis gadovi</i>	1	1
<i>Mesaspis juarezi</i>	1	1
<i>Mesaspis moreleti</i>	1	1
<i>Mesaspis viridiflava</i>	1	1
<i>Micrurus browni</i>	1	1
<i>Micrurus diastema</i>	1	1
<i>Micrurus elegans</i>	1	1
<i>Micrurus ephippifer</i>	0	1
<i>Micrurus fulvius</i>	1	1
<i>Micrurus laticollaris</i>	0	1
<i>Micrurus latifasciatus</i>	1	0
<i>Micrurus nigrocinctus</i>	1	1
<i>Mixcoatlus melanurus</i>	1	1
<i>Ninia diademata</i>	1	1
<i>Ninia sebae</i>	1	1
<i>Ophryacus undulatus</i>	1	1
<i>Oxybelis aeneus</i>	1	1
<i>Oxybelis fulgidus</i>	1	1
<i>Oxyrhopus petolarius</i>	0	1
<i>Pachymedusa dacnicolor</i>	1	1
<i>Phrynosoma asio</i>	1	1
<i>Phrynosoma braconnieri</i>	0	1
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	1	1
<i>Phrynosoma taurus</i>	1	1



<i>Phyllodactylus bordai</i>	1	1
<i>Phyllodactylus davisii</i>	0	0
<i>Phyllodactylus lanei</i>	1	1
<i>Phyllodactylus muralis</i>	0	1
<i>Phyllodactylus tuberculatus</i>	1	1
<i>Pituophis deppei</i>	1	1
<i>Pituophis lineaticollis</i>	1	1
<i>Plectrohyla arborescandens</i>	1	1
<i>Plectrohyla bistincta</i>	1	1
<i>Plectrohyla guatemalensis</i>	1	1
<i>Plectrohyla matudai</i>	1	1
<i>Plectrohyla pentheter</i>	1	1
<i>Pleistodon brevirostris</i>	1	1
<i>Pleistodon copei</i>	1	1
<i>Pleistodon sumichrasti</i>	0	1
<i>Pliocercus elapoides</i>	1	1
<i>Porthidium dunni</i>	0	1
<i>Pseudelaphe flavirufa</i>	1	1
<i>Pseudoeurycea bellii</i>	1	1
<i>Pseudoeurycea cephalica</i>	1	1
<i>Pseudoeurycea cochranae</i>	1	1
<i>Pseudoeurycea juarezi</i>	1	1
<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	1	1
<i>Pseudoeurycea parva</i>	1	1
<i>Pseudoeurycea smithi</i>	1	1
<i>Pseustes poecilonotus</i>	1	1
<i>Ptychohyla euthysanota</i>	1	1
<i>Ramphotyphlops braminus</i>	1	1
<i>Rhadinaea decorata</i>	1	1
<i>Rhadinaea fulvivittis</i>	1	1
<i>Rhadinaea taeniata</i>	1	1
<i>Rhadinella lachrymans</i>	1	1
<i>Rhinella marina</i>	1	1
<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	1	1
<i>Rhinoclemmys rubida</i>	1	1
<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	0	1
<i>Salvadora bairdi</i>	1	1
<i>Salvadora intermedia</i>	1	1
<i>Salvadora lemniscata</i>	0	0
<i>Salvadora mexicana</i>	0	1
<i>Scaphiodontophis annulatus</i>	1	1
<i>Sceloporus acanthinus</i>	1	1
<i>Sceloporus aeneus</i>	1	1
<i>Sceloporus bicanthalis</i>	1	1
<i>Sceloporus carinatus</i>	1	1
<i>Sceloporus edwardtaylori</i>	0	1
<i>Sceloporus formosus</i>	1	1



<i>Sceloporus gadoviae</i>	1	1
<i>Sceloporus grammicus</i>	1	1
<i>Sceloporus horridus</i>	1	1
<i>Sceloporus internasalis</i>	1	1
<i>Sceloporus jalapae</i>	1	1
<i>Sceloporus lundelli</i>	0	1
<i>Sceloporus megalepidurus</i>	1	1
<i>Sceloporus melanorhinus</i>	1	1
<i>Sceloporus mucronatus</i>	0	1
<i>Sceloporus ochoterena</i>	0	1
<i>Sceloporus pyrocephalus</i>	0	1
<i>Sceloporus salvini</i>	1	1
<i>Sceloporus scalaris</i>	1	1
<i>Sceloporus serrifer</i>	0	1
<i>Sceloporus siniferus</i>	1	1
<i>Sceloporus spinosus</i>	1	1
<i>Sceloporus torquatus</i>	1	1
<i>Sceloporus undulatus</i>	1	1
<i>Sceloporus utiformis</i>	1	1
<i>Sceloporus variabilis</i>	1	1
<i>Scinax staufferi</i>	1	1
<i>Scincella assatus</i>	1	1
<i>Scincella cherriei</i>	1	1
<i>Scincella gemmingeri</i>	1	1
<i>Scincella lateralis</i>	1	1
<i>Scincella silvicola</i>	1	1
<i>Senticolis triaspis</i>	1	1
<i>Sibon dimidiatus</i>	1	1
<i>Sibon nebulata</i>	1	1
<i>Smilisca baudinii</i>	1	1
<i>Smilisca cyanosticta</i>	1	1
<i>Spea hammondii</i>	0	1
<i>Spea multiplicata</i>	1	1
<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	0	1
<i>Spilotes pullatus</i>	1	1
<i>Staurotypus salvini</i>	0	1
<i>Staurotypus triporcatus</i>	0	1
<i>Stenorrhina degenhardti</i>	1	1
<i>Stenorrhina freminvillei</i>	1	1
<i>Storeira storerioides</i>	1	1
<i>Symphimus leucostomus</i>	1	0
<i>Tantalophis discolor</i>	0	1
<i>Tantilla bocourti</i>	1	1
<i>Tantilla flavilineata</i>	0	1
<i>Tantilla jani</i>	0	1
<i>Tantilla rubra</i>	1	1
<i>Tantilla schistosa</i>	1	1



<i>Tantilla slavensi</i>	0	0
<i>Tantilla striata</i>	1	0
<i>Tantillita brevissima</i>	1	1
<i>Tantillita canula</i>	1	1
<i>Tantillita lintoni</i>	1	1
<i>Thamnophis chrysocephalus</i>	1	1
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	1	1
<i>Thamnophis eques</i>	1	1
<i>Thamnophis godmani</i>	1	1
<i>Thamnophis marcianus</i>	1	0
<i>Thamnophis melanogaster</i>	1	1
<i>Thamnophis proximus</i>	1	1
<i>Thamnophis scalaris</i>	1	1
<i>Thorius macdougalli</i>	1	1
<i>Thorius narisovalis</i>	1	1
<i>Thorius pulmonaris</i>	1	1
<i>Thorius schmidtii</i>	1	1
<i>Tlalocohyla loquax</i>	1	1
<i>Tlalocohyla picta</i>	1	1
<i>Tlalocohyla smithii</i>	1	1
<i>Trachemys scripta</i>	0	1
<i>Trachycephalus venulosus</i>	0	1
<i>Trimorphodon biscutatus</i>	1	1
<i>Trimorphodon tau</i>	1	1
<i>Tropidodipsas fasciata</i>	1	1
<i>Tropidodipsas fischeri</i>	1	1
<i>Tropidodipsas sartorii</i>	1	1
<i>Urosaurus bicarinatus</i>	1	1
<i>Xenodon rabdocephalus</i>	1	1
<i>Xenosaurus grandis</i>	1	1
<i>Xenosaurus juarez</i>	1	1

BIRDS

Scientific name	Without connectors	With connectors
<i>Abeillia abeillei</i>	1	1
<i>Accipiter bicolor</i>	1	1
<i>Aegolius acadicus</i>	1	1
<i>Agamia agami</i>	0	1
<i>Agelaius phoeniceus</i>	1	1
<i>Aimophila botterii</i>	1	1
<i>Aimophila notosticta</i>	0	1
<i>Aimophila rufescens</i>	1	1
<i>Aimophila ruficeps</i>	1	1
<i>Amaurolimnas concolor</i>	0	1
<i>Amaurospiza concolor</i>	1	1
<i>Amazilia beryllina</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Amazilia candida</i>	1	1
<i>Amazilia cyanocephala</i>	1	1
<i>Amazilia rutila</i>	1	1
<i>Amazilia tzacatl</i>	0	1
<i>Amazilia violiceps</i>	1	1
<i>Amazilia viridifrons</i>	1	1
<i>Amazilia yucatanensis</i>	1	1
<i>Amazona albifrons</i>	0	1
<i>Amazona auropalliata</i>	0	1
<i>Amazona autumnalis</i>	0	1
<i>Amazona farinosa</i>	0	1
<i>Amazona finschi</i>	1	1
<i>Amazona oratrix</i>	1	1
<i>Amblycercus holosericeus</i>	1	1
<i>Anabacerthia variegaticeps</i>	1	1
<i>Anas acuta</i>	0	1
<i>Anas americana</i>	1	1
<i>Anas clypeata</i>	0	1
<i>Anas crecca</i>	1	1
<i>Anas cyanoptera</i>	0	1
<i>Anas discors</i>	0	1
<i>Anhinga anhinga</i>	0	1
<i>Anthracothorax prevostii</i>	0	1
<i>Aphelocoma coerulescens</i>	1	1
<i>Aphelocoma unicolor</i>	1	1
<i>Ara macao</i>	0	1
<i>Ara militaris</i>	1	1
<i>Aramides cajanea</i>	0	1
<i>Aramus guarauna</i>	1	1
<i>Aratinga canicularis</i>	1	1
<i>Aratinga holochlora</i>	1	1
<i>Aratinga nana</i>	0	1
<i>Aratinga strenua</i>	1	1
<i>Archilochus colubris</i>	1	1
<i>Ardea alba</i>	0	1
<i>Ardea herodias</i>	1	1
<i>Arenaria interpres</i>	0	1
<i>Arremon aurantirostris</i>	0	1
<i>Arremonops rufivirgatus</i>	1	1
<i>Aspatha gularis</i>	1	1
<i>Atlapetes albinucha</i>	1	1
<i>Atlapetes pileatus</i>	1	1
<i>Atthis heloisa</i>	1	1
<i>Attila spadiceus</i>	1	1
<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	1	1
<i>Automolus ochrolaemus</i>	1	1
<i>Automolus rubiginosus</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Aythya affinis</i>	0	1
<i>Aythya collaris</i>	1	1
<i>Baeolophus wollweberi</i>	1	1
<i>Basileuterus belli</i>	1	1
<i>Basileuterus culicivorus</i>	1	1
<i>Basileuterus rufifrons</i>	1	1
<i>Brotogeris jugularis</i>	0	1
<i>Buarremon brunneinucha</i>	1	1
<i>Bubulcus ibis</i>	0	1
<i>Burhinus bistriatus</i>	1	1
<i>Busarellus nigricollis</i>	0	1
<i>Buteo brachyurus</i>	1	1
<i>Buteo magnirostris</i>	0	1
<i>Buteo nitidus</i>	1	1
<i>Buteo platypterus</i>	1	1
<i>Buteogallus anthracinus</i>	1	1
<i>Buteogallus urubitinga</i>	1	1
<i>Butorides virescens</i>	1	1
<i>Cacicus melanicterus</i>	1	1
<i>Cairina moschata</i>	0	1
<i>Calidris alba</i>	0	1
<i>Calidris alpina</i>	0	0
<i>Calidris mauri</i>	0	1
<i>Calidris minutilla</i>	0	1
<i>Calocitta formosa</i>	1	1
<i>Calothorax lucifer</i>	1	1
<i>Calothorax pulcher</i>	0	1
<i>Campephilus guatemalensis</i>	1	1
<i>Camptostoma imberbe</i>	1	1
<i>Campylopterus curvipennis</i>	0	1
<i>Campylopterus excellens</i>	1	1
<i>Campylopterus hemileucurus</i>	1	1
<i>Campylopterus rufus</i>	1	1
<i>Campylorhynchus jocosus</i>	0	1
<i>Campylorhynchus megalopterus</i>	1	1
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	1	1
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	1	1
<i>Caprimulgus carolinensis</i>	1	1
<i>Caprimulgus ridgwayi</i>	1	1
<i>Caprimulgus salvini</i>	0	1
<i>Caprimulgus vociferus</i>	1	1
<i>Caracara cheriway</i>	1	1
<i>Cardellina rubrifrons</i>	1	1
<i>Cardinalis cardinalis</i>	1	1
<i>Carduelis notata</i>	1	1
<i>Carpodacus mexicanus</i>	1	1
<i>Caryothraustes poliogaster</i>	0	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Cathartes burrovianus</i>	0	1
<i>Catharus aurantiirostris</i>	1	1
<i>Catharus dryas</i>	1	1
<i>Catharus frantzii</i>	1	1
<i>Catharus fuscescens</i>	0	1
<i>Catharus guttatus</i>	1	1
<i>Catharus mexicanus</i>	1	1
<i>Catharus occidentalis</i>	1	1
<i>Catharus ustulatus</i>	1	1
<i>Celeus castaneus</i>	1	1
<i>Cercomacra tyrannina</i>	0	1
<i>Certhia americana</i>	1	1
<i>Chaetura pelagica</i>	0	1
<i>Chaetura vauxi</i>	1	1
<i>Charadrius alexandrinus</i>	0	1
<i>Charadrius collaris</i>	0	1
<i>Charadrius semipalmatus</i>	0	1
<i>Charadrius wilsonia</i>	0	0
<i>Chiroxiphia linearis</i>	1	1
<i>Chlidonias niger</i>	0	1
<i>Chloroceryle aenea</i>	0	1
<i>Chloroceryle amazona</i>	0	1
<i>Chloroceryle americana</i>	1	1
<i>Chlorophanes spiza</i>	1	1
<i>Chlorophonia occipitalis</i>	1	1
<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>	1	1
<i>Chlorostilbon auriceps</i>	1	1
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1	1
<i>Chondestes grammacus</i>	1	1
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	1	1
<i>Ciccaba nigrolineata</i>	0	1
<i>Ciccaba virgata</i>	1	1
<i>Cinclus mexicanus</i>	1	1
<i>Cistothorus palustris</i>	1	1
<i>Claravis mondetoura</i>	0	1
<i>Claravis pretiosa</i>	0	1
<i>Coccothraustes abeillei</i>	1	1
<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>	1	1
<i>Coccyzus minor</i>	1	1
<i>Cochlearius cochlearius</i>	0	1
<i>Coereba flaveola</i>	0	1
<i>Colaptes auratus</i>	1	1
<i>Colibri thalassinus</i>	1	1
<i>Colinus virginianus</i>	1	1
<i>Columbina inca</i>	1	1
<i>Columbina minuta</i>	0	1
<i>Columbina passerina</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Columbina talpacoti</i>	0	1
<i>Contopus cinereus</i>	0	1
<i>Contopus cooperi</i>	1	1
<i>Contopus pertinax</i>	1	1
<i>Contopus virens</i>	1	1
<i>Coragyps atratus</i>	1	1
<i>Cotinga amabilis</i>	1	1
<i>Crax rubra</i>	1	1
<i>Crotophaga ani</i>	0	0
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	1	1
<i>Crypturellus boucardi</i>	1	1
<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	1	1
<i>Crypturellus soui</i>	0	1
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	1	1
<i>Cyanocitta stelleri</i>	1	1
<i>Cyanocompsa cyanoides</i>	1	1
<i>Cyanocompsa parellina</i>	1	1
<i>Cyanocorax morio</i>	0	1
<i>Cyanocorax yncas</i>	1	1
<i>Cyanolyca cucullata</i>	1	1
<i>Cyanolyca mirabilis</i>	0	1
<i>Cyanolyca nana</i>	1	1
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	1	1
<i>Cynanthus latirostris</i>	1	1
<i>Cynanthus sordidus</i>	0	1
<i>Cyrtonyx montezumae</i>	1	1
<i>Cyrtonyx ocellatus</i>	1	1
<i>Dactylortyx thoracicus</i>	1	1
<i>Deltarhynchus flammulatus</i>	1	0
<i>Dendrocincla anabatina</i>	0	1
<i>Dendrocincla homochroa</i>	1	1
<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	1	1
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	0	1
<i>Dendrocygna bicolor</i>	0	1
<i>Dendroica chrysoparia</i>	1	1
<i>Dendroica dominica</i>	1	1
<i>Dendroica fusca</i>	1	1
<i>Dendroica graciae</i>	1	1
<i>Dendroica magnolia</i>	1	1
<i>Dendroica nigrescens</i>	1	1
<i>Dendroica occidentalis</i>	1	1
<i>Dendroica pensylvanica</i>	0	1
<i>Dendroica petechia</i>	1	1
<i>Dendroica townsendi</i>	1	1
<i>Dendroica virens</i>	1	1
<i>Dendrortyx macroura</i>	1	1
<i>Diglossa baritula</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Dives dives</i>	1	1
<i>Dromococcyx phasianellus</i>	1	1
<i>Dryocopus lineatus</i>	1	1
<i>Dumetella carolinensis</i>	0	1
<i>Egretta caerulea</i>	0	1
<i>Egretta rufescens</i>	0	1
<i>Egretta thula</i>	0	1
<i>Egretta tricolor</i>	0	1
<i>Elaenia flavogaster</i>	0	1
<i>Elanoides forficatus</i>	1	1
<i>Elanus leucurus</i>	0	1
<i>Electron carinatum</i>	0	1
<i>Empidonax affinis</i>	1	1
<i>Empidonax albigularis</i>	1	1
<i>Empidonax alnorum</i>	1	1
<i>Empidonax difficilis</i>	1	1
<i>Empidonax flavescens</i>	1	1
<i>Empidonax flaviventris</i>	1	1
<i>Empidonax fulvifrons</i>	1	1
<i>Empidonax hammondi</i>	1	1
<i>Empidonax minimus</i>	1	1
<i>Empidonax oberholseri</i>	1	1
<i>Empidonax occidentalis</i>	1	1
<i>Empidonax traillii</i>	1	1
<i>Empidonax virescens</i>	1	1
<i>Eremophila alpestris</i>	0	1
<i>Ergaticus ruber</i>	1	1
<i>Eucometis penicillata</i>	1	1
<i>Eudocimus albus</i>	0	1
<i>Eugenes fulgens</i>	1	1
<i>Eumomota superciliosa</i>	0	1
<i>Eupherusa cyanophrys</i>	1	1
<i>Eupherusa eximia</i>	1	1
<i>Eupherusa poliocerca</i>	1	1
<i>Euphonia affinis</i>	1	1
<i>Euphonia elegantissima</i>	1	1
<i>Euphonia gouldi</i>	0	1
<i>Euphonia hirundinacea</i>	1	1
<i>Euthlypis lachrymosa</i>	1	1
<i>Falco femoralis</i>	1	1
<i>Falco rufigularis</i>	1	1
<i>Florisuga mellivora</i>	1	1
<i>Formicarius analis</i>	1	1
<i>Fregata magnificens</i>	0	0
<i>Galbula ruficauda</i>	0	1
<i>Gallinula chloropus</i>	0	1
<i>Gelochelidon nilotica</i>	1	0



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Geococcyx velox</i>	1	1
<i>Geothlypis nelsoni</i>	1	1
<i>Geothlypis poliocephala</i>	1	1
<i>Geothlypis trichas</i>	1	1
<i>Geotrygon albifacies</i>	1	1
<i>Geotrygon montana</i>	1	1
<i>Geranospiza caerulescens</i>	1	1
<i>Glaucidium brasilianum</i>	1	1
<i>Glaucidium gnoma</i>	1	1
<i>Glaucidium griseiceps</i>	1	1
<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	0	1
<i>Grallaria guatemalensis</i>	1	1
<i>Granatellus sallaei</i>	0	1
<i>Granatellus venustus</i>	1	1
<i>Habia fuscicauda</i>	0	1
<i>Habia rubica</i>	1	1
<i>Haematopus palliatus</i>	0	0
<i>Harpagus bidentatus</i>	1	1
<i>Harpia harpyja</i>	0	1
<i>Harpyhaliaetus solitarius</i>	1	1
<i>Heliomaster constantii</i>	1	1
<i>Heliomaster longirostris</i>	1	1
<i>Heliornis fulica</i>	0	1
<i>Helmitheros vermivorum</i>	1	1
<i>Henicorhina leucophrys</i>	1	1
<i>Henicorhina leucosticta</i>	1	1
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	1	1
<i>Himantopus mexicanus</i>	0	1
<i>Hylocharis eliciae</i>	1	1
<i>Hylocharis leucotis</i>	1	1
<i>Hylocichla mustelina</i>	1	1
<i>Hylomanes momotula</i>	1	1
<i>Hylophilus decurtatus</i>	1	1
<i>Hylophilus ochraceiceps</i>	0	1
<i>Hylorchilus sumichrasti</i>	0	1
<i>Icterus bullockii</i>	1	1
<i>Icterus chrysater</i>	1	1
<i>Icterus cucullatus</i>	1	1
<i>Icterus dominicensis</i>	0	1
<i>Icterus galbula</i>	1	1
<i>Icterus graduacauda</i>	1	1
<i>Icterus gularis</i>	1	1
<i>Icterus maculialatus</i>	1	1
<i>Icterus mesomelas</i>	0	1
<i>Icterus parisorum</i>	1	1
<i>Icterus pectoralis</i>	1	1
<i>Icterus pustulatus</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Icterus spurius</i>	1	1
<i>Icterus wagleri</i>	1	1
<i>Ictinia plumbea</i>	0	1
<i>Jacana spinosa</i>	0	1
<i>Junco phaeonotus</i>	1	1
<i>Lampornis amethystinus</i>	1	1
<i>Lampornis clemenciae</i>	1	1
<i>Lampornis viridipallens</i>	1	1
<i>Lamprolaima rhami</i>	1	1
<i>Lanio aurantius</i>	0	1
<i>Lanius ludovicianus</i>	1	1
<i>Larus argentatus</i>	0	1
<i>Larus delawarensis</i>	1	1
<i>Laterallus ruber</i>	1	1
<i>Legatus leucophaeus</i>	1	1
<i>Lepidocolaptes affinis</i>	1	1
<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	1	1
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	1	1
<i>Leptodon cayanensis</i>	0	1
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	0	1
<i>Leptotila rufaxilla</i>	1	1
<i>Leptotila verreauxi</i>	1	1
<i>Leucophaeus atricilla</i>	0	1
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	1	1
<i>Leucopternis albicollis</i>	1	1
<i>Limnodromus griseus</i>	0	1
<i>Limnodromus scolopaceus</i>	0	1
<i>Limnothlypis swainsonii</i>	0	1
<i>Limosa fedoa</i>	0	1
<i>Limosa lapponica</i>	0	1
<i>Lipaugus unirufus</i>	1	1
<i>Lophornis helenae</i>	1	1
<i>Lophotrix cristata</i>	1	1
<i>Loxia curvirostra</i>	1	1
<i>Manacus candei</i>	0	1
<i>Megaceryle torquata</i>	0	1
<i>Megarynchus pitangua</i>	1	1
<i>Megascops cooperi</i>	1	1
<i>Megascops guatemalae</i>	1	1
<i>Megascops trichopsis</i>	1	1
<i>Melanerpes aurifrons</i>	1	1
<i>Melanerpes chrysogenys</i>	1	1
<i>Melanerpes formicivorus</i>	1	1
<i>Melanerpes hypopolius</i>	1	1
<i>Melanerpes pucherani</i>	0	1
<i>Melanotis caerulescens</i>	1	1
<i>Melospiza melodia</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Melospiza kieneri</i>	1	1
<i>Micrastur ruficollis</i>	1	1
<i>Micrastur semitorquatus</i>	1	1
<i>Microrhophias quixensis</i>	0	1
<i>Mimus gilvus</i>	1	1
<i>Mionectes oleagineus</i>	1	1
<i>Mionectes olivaceus</i>	0	1
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	1	1
<i>Mniotilta varia</i>	1	1
<i>Molothrus aeneus</i>	1	1
<i>Molothrus ater</i>	1	1
<i>Momotus mexicanus</i>	1	1
<i>Momotus momota</i>	1	1
<i>Morococcyx erythropygus</i>	1	1
<i>Myadestes occidentalis</i>	1	1
<i>Myadestes unicolor</i>	1	1
<i>Myiarchus cinerascens</i>	1	1
<i>Myiarchus crinitus</i>	1	1
<i>Myiarchus nuttingi</i>	1	1
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	1	1
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	1	1
<i>Myiobius barbatus</i>	0	1
<i>Myioborus miniatus</i>	1	1
<i>Myioborus pictus</i>	1	1
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	1	1
<i>Myiodynastes maculatus</i>	1	1
<i>Myiopagis viridicata</i>	1	1
<i>Myiozetetes similis</i>	1	1
<i>Notharchus macrorhynchos</i>	0	1
<i>Numenius americanus</i>	0	1
<i>Numenius phaeopus</i>	1	1
<i>Nyctanassa violacea</i>	0	1
<i>Nyctibius jamaicensis</i>	1	1
<i>Nycticorax nycticorax</i>	1	1
<i>Nyctidromus albicollis</i>	1	1
<i>Nyctiphrynus mcleodii</i>	1	1
<i>Odontophorus guttatus</i>	1	1
<i>Oncostoma cinereigulare</i>	0	1
<i>Onychorhynchus coronatus</i>	0	1
<i>Onychorhynchus fuscatus</i>	23	1
<i>Oporornis formosus</i>	1	1
<i>Oporornis philadelphia</i>	1	1
<i>Oporornis tolmiei</i>	1	1
<i>Oriturus superciliosus</i>	1	1
<i>Ornithion semiflavum</i>	0	1
<i>Ortalis poliocephala</i>	1	1
<i>Ortalis vetula</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Oryzoborus funereus</i>	0	1
<i>Otus flammeolus</i>	1	1
<i>Oxyura jamaicensis</i>	1	1
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	1	1
<i>Pachyramphus cinnamomeus</i>	0	1
<i>Pachyramphus major</i>	1	1
<i>Pandion haliaetus</i>	1	1
<i>Panyptila sanctihieronymi</i>	1	1
<i>Parabuteo unicinctus</i>	1	1
<i>Pardirallus maculatus</i>	0	1
<i>Parula americana</i>	0	1
<i>Parula pitiayumi</i>	1	1
<i>Parula superciliosa</i>	1	1
<i>Passerculus sandwichensis</i>	1	1
<i>Passerina caerulea</i>	1	1
<i>Passerina ciris</i>	1	1
<i>Passerina cyanea</i>	1	1
<i>Passerina leclancherii</i>	1	1
<i>Passerina rositae</i>	1	0
<i>Passerina versicolor</i>	1	1
<i>Patagioenas fasciata</i>	1	1
<i>Patagioenas flavirostris</i>	1	1
<i>Patagioenas nigrirostris</i>	0	1
<i>Patagioenas speciosa</i>	0	1
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	0	1
<i>Penelope purpurascens</i>	1	1
<i>Penelopina nigra</i>	1	1
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	1	1
<i>Peucaea humeralis</i>	0	1
<i>Peucaea mystacalis</i>	0	1
<i>Peucaea ruficauda</i>	1	1
<i>Peucaea sumichrasti</i>	0	0
<i>Peucedramus taeniatus</i>	1	1
<i>Phaethornis longirostris</i>	1	1
<i>Phaethornis striigularis</i>	0	1
<i>Phaethornis superciliosus</i>	1	1
<i>Phainopepla nitens</i>	1	1
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	0	1
<i>Pharomachrus mocinno</i>	1	1
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	1	1
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	1	1
<i>Piaya cayana</i>	1	1
<i>Picoides villosus</i>	1	1
<i>Piculus auricularis</i>	1	1
<i>Piculus rubiginosus</i>	1	1
<i>Pionopsitta haematotis</i>	1	1
<i>Pionus senilis</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Pipilo albicollis</i>	1	1
<i>Pipilo fuscus</i>	1	1
<i>Pipilo maculatus</i>	1	1
<i>Pipilo ocai</i>	1	1
<i>Pipra mentalis</i>	0	1
<i>Piranga bidentata</i>	1	1
<i>Piranga erythrocephala</i>	1	1
<i>Piranga flava</i>	1	1
<i>Piranga leucoptera</i>	1	1
<i>Piranga ludoviciana</i>	1	1
<i>Pitangus sulphuratus</i>	1	1
<i>Platalea ajaja</i>	0	1
<i>Platyrinchus cancrominus</i>	1	1
<i>Platyrinchus mystaceus</i>	1	1
<i>Plegadis chihi</i>	0	1
<i>Pluvialis dominica</i>	1	1
<i>Pluvialis squatarola</i>	0	0
<i>Podilymbus podiceps</i>	1	1
<i>Poecile sclateri</i>	1	1
<i>Poecilatriccus sylvia</i>	1	1
<i>Polioptila albiloris</i>	1	1
<i>Porphyrio martinica</i>	0	1
<i>Porzana carolina</i>	1	1
<i>Progne chalybea</i>	0	1
<i>Progne subis</i>	0	1
<i>Psaltriparus minimus</i>	1	1
<i>Psarocolius montezuma</i>	1	1
<i>Psarocolius wagleri</i>	1	1
<i>Pseudoscops clamator</i>	1	1
<i>Pteroglossus torquatus</i>	0	1
<i>Ptilonotus cinereus</i>	1	1
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	0	1
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	1	1
<i>Quiscalus mexicanus</i>	1	1
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	1	1
<i>Ramphocaenus melanurus</i>	0	1
<i>Ramphocelus passerinii</i>	1	1
<i>Ramphocelus sanguinolentus</i>	0	1
<i>Recurvirostra americana</i>	0	1
<i>Regulus calendula</i>	1	1
<i>Rhynchocyclus brevirostris</i>	1	1
<i>Rhytipterna holerythra</i>	1	1
<i>Ridgwayia pinicola</i>	1	1
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	0	1
<i>Rynchops niger</i>	0	1
<i>Saltator atriceps</i>	1	1
<i>Saltator coerulescens</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Saltator maximus</i>	0	1
<i>Sarcoramphus papa</i>	0	1
<i>Sayornis phoebe</i>	1	1
<i>Schiffornis turdina</i>	0	1
<i>Sclerurus guatemalensis</i>	0	1
<i>Sclerurus mexicanus</i>	1	1
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1	1
<i>Seiurus motacilla</i>	1	1
<i>Seiurus noveboracensis</i>	1	1
<i>Selasphorus platycercus</i>	1	1
<i>Selasphorus rufus</i>	1	1
<i>Setophaga ruticilla</i>	1	1
<i>Sialia sialis</i>	1	1
<i>Sitta carolinensis</i>	1	1
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	1	1
<i>Sphyrapicus varius</i>	1	1
<i>Spiza americana</i>	1	1
<i>Spizaetus melanoleucus</i>	1	1
<i>Spizaetus ornatus</i>	1	1
<i>Spizaetus tyrannus</i>	1	1
<i>Spizella atrogularis</i>	0	1
<i>Spizella pallida</i>	1	1
<i>Sporophila americana</i>	1	1
<i>Sporophila minuta</i>	0	0
<i>Sporophila torqueola</i>	1	1
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	1	1
<i>Stellula calliope</i>	0	1
<i>Sterna forsteri</i>	0	0
<i>Sterna hirundo</i>	0	1
<i>Streptoprocne rutila</i>	1	1
<i>Streptoprocne zonaris</i>	1	1
<i>Strix varia</i>	1	1
<i>Sturnella magna</i>	1	1
<i>Synallaxis erythrothorax</i>	0	1
<i>Tachybaptus dominicus</i>	0	1
<i>Tachycineta albilinea</i>	0	1
<i>Tangara larvata</i>	0	1
<i>Tapera naevia</i>	0	1
<i>Taraba major</i>	0	1
<i>Terenotriccus erythrurus</i>	0	1
<i>Thalasseus maximus</i>	0	0
<i>Thamnistes anabatinus</i>	1	1
<i>Thamnophilus doliatus</i>	0	1
<i>Thraupis abbas</i>	1	1
<i>Thraupis episcopus</i>	0	1
<i>Thryomanes bewickii</i>	1	1
<i>Thryothorus felix</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Thryothorus maculipectus</i>	1	1
<i>Thryothorus modestus</i>	1	1
<i>Thryothorus pleurostictus</i>	1	1
<i>Thryothorus rutilus</i>	0	1
<i>Thryothorus sinaloa</i>	1	1
<i>Tiaris olivaceus</i>	1	1
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	0	1
<i>Tilmatura dupontii</i>	1	1
<i>Tinamus major</i>	0	1
<i>Tityra inquisitor</i>	0	1
<i>Tityra semifasciata</i>	1	1
<i>Todirostrum cinereum</i>	0	1
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	0	1
<i>Toxostoma ocellatum</i>	1	1
<i>Tringa melanoleuca</i>	0	1
<i>Tringa semipalmata</i>	0	1
<i>Troglodytes aedon</i>	1	1
<i>Trogon citreolus</i>	1	1
<i>Trogon collaris</i>	1	1
<i>Trogon elegans</i>	1	1
<i>Trogon massena</i>	0	1
<i>Trogon melanocephalus</i>	0	1
<i>Trogon mexicanus</i>	1	1
<i>Trogon violaceus</i>	1	1
<i>Turdus assimilis</i>	1	1
<i>Turdus grayi</i>	1	1
<i>Turdus infuscatus</i>	1	1
<i>Turdus migratorius</i>	1	1
<i>Turdus plebejus</i>	1	1
<i>Turdus rufopalliatus</i>	0	1
<i>Tyrannus couchii</i>	0	1
<i>Tyrannus crassirostris</i>	0	1
<i>Tyrannus forficatus</i>	1	1
<i>Tyrannus melancholicus</i>	1	1
<i>Tyrannus savana</i>	0	1
<i>Tyrannus tyrannus</i>	1	1
<i>Tyrannus vociferans</i>	1	1
<i>Uropsila leucogastra</i>	0	1
<i>Veniliornis fumigatus</i>	1	1
<i>Vermivora peregrina</i>	1	1
<i>Vermivora pinus</i>	0	1
<i>Vermivora ruficapilla</i>	1	1
<i>Vermivora virginiae</i>	1	1
<i>Vireo atricapilla</i>	1	1
<i>Vireo brevipennis</i>	1	1
<i>Vireo cassinii</i>	1	1
<i>Vireo flavifrons</i>	1	1



<i>Vireo flavoviridis</i>	1	1
<i>Vireo gilvus</i>	1	1
<i>Vireo griseus</i>	1	1
<i>Vireo huttoni</i>	1	1
<i>Vireo hypochryseus</i>	1	1
<i>Vireo leucophrys</i>	1	1
<i>Vireo nelsoni</i>	1	1
<i>Vireo olivaceus</i>	1	1
<i>Vireo philadelphicus</i>	1	1
<i>Vireo plumbeus</i>	1	1
<i>Vireo solitarius</i>	1	1
<i>Vireolanius melitophrys</i>	1	1
<i>Vireolanius pulchellus</i>	1	1
<i>Volatinia jacarina</i>	1	1
<i>Wilsonia canadensis</i>	0	1
<i>Wilsonia citrina</i>	0	1
<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	1	1
<i>Xenops minutus</i>	0	1
<i>Xenotriccus mexicanus</i>	0	1
<i>Xiphocolaptes promeropyrhynchus</i>	1	1
<i>Xiphorhynchus erythropygius</i>	1	1
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	1	1

MAMMALS

Scientific name	Without connectors	With connectors
<i>Anoura geoffroyi</i>	1	1
<i>Artibeus aztecus</i>	1	1
<i>Artibeus intermedius</i>	1	1
<i>Artibeus jamaicensis</i>	1	1
<i>Artibeus lituratus</i>	1	1
<i>Artibeus phaeotis</i>	1	1
<i>Artibeus toltecus</i>	1	1
<i>Artibeus watsoni</i>	1	1
<i>Ateles geoffroyi</i>	1	1
<i>Baiomys musculus</i>	1	1
<i>Balantiopteryx io</i>	0	1
<i>Balantiopteryx plicata</i>	1	1
<i>Bassariscus astutus</i>	1	1
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	1	1
<i>Bauerus dubiaquercus</i>	1	1
<i>Caluromys derbianus</i>	1	1
<i>Carollia perspicillata</i>	1	1
<i>Carollia sowelli</i>	1	1
<i>Carollia subrufa</i>	1	1
<i>Centurio senex</i>	1	1
<i>Chiroderma salvini</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Chiroderma villosum</i>	1	1
<i>Chironectes minimus</i>	1	1
<i>Choeroniscus godmani</i>	1	1
<i>Choeronycteris mexicana</i>	1	1
<i>Chrotopterus auritus</i>	1	1
<i>Conepatus leuconotus</i>	1	1
<i>Conepatus semistriatus</i>	0	1
<i>Corynorhinus townsendii</i>	1	1
<i>Cryptotis goldmani</i>	1	1
<i>Cryptotis magna</i>	1	1
<i>Cryptotis mexicana</i>	1	1
<i>Cryptotis parva</i>	1	1
<i>Cryptotis peregrina</i>	0	1
<i>Cuniculus paca</i>	1	1
<i>Cyclopes didactylus</i>	0	1
<i>Cynomys mexicanus</i>	0	1
<i>Dasyprocta mexicana</i>	1	1
<i>Dasypus novemcinctus</i>	1	1
<i>Desmodus rotundus</i>	1	1
<i>Diclidurus albus</i>	0	1
<i>Didelphis marsupialis</i>	1	1
<i>Didelphis virginiana</i>	1	1
<i>Diphylla ecaudata</i>	1	1
<i>Dipodomys phillipsii</i>	0	1
<i>Eira barbara</i>	1	1
<i>Enchisthenes hartii</i>	1	1
<i>Eptesicus furinalis</i>	1	1
<i>Eumops underwoodi</i>	1	1
<i>Galictis vittata</i>	0	1
<i>Glaucomys volans</i>	1	1
<i>Glossophaga commissarisi</i>	1	1
<i>Glossophaga leachii</i>	1	1
<i>Glossophaga morenoi</i>	1	1
<i>Glossophaga soricina</i>	1	1
<i>Habromys chinanteco</i>	1	1
<i>Habromys ixtlani</i>	1	1
<i>Habromys lepturus</i>	1	1
<i>Heteromys desmarestianus</i>	1	1
<i>Hodomys alleni</i>	0	1
<i>Hylonycteris underwodi</i>	1	1
<i>Lampronnycteris brachyotis</i>	0	1
<i>Lasiurus cinereus</i>	1	1
<i>Lasiurus intermedius</i>	1	1
<i>Leopardus pardalis</i>	1	1
<i>Leopardus wiedii</i>	1	1
<i>Leptonycteris curasoae</i>	1	1
<i>Leptonycteris nivalis</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Lepus callotis</i>	1	1
<i>Lepus flavigularis</i>	1	0
<i>Liomys irroratus</i>	1	1
<i>Liomys pictus</i>	1	1
<i>Liomys salvini</i>	0	0
<i>Lonchorhina aurita</i>	0	1
<i>Lontra longicaudis</i>	1	1
<i>Lynx rufus</i>	1	1
<i>Macrotus waterhousii</i>	1	1
<i>Marmosa mexicana</i>	1	1
<i>Mazama americana</i>	1	1
<i>Megadontomys cryophilus</i>	1	1
<i>Megasorex gigas</i>	0	1
<i>Mephitis macroura</i>	1	1
<i>Micronycteris microtis</i>	1	1
<i>Microtus mexicanus</i>	1	1
<i>Microtus oaxacensis</i>	1	1
<i>Microtus quasiater</i>	1	1
<i>Microtus umbrosus</i>	1	1
<i>Mimon cozumelae</i>	0	1
<i>Molossus aztecus</i>	1	1
<i>Molossus rufus</i>	0	1
<i>Mormoops megalophylla</i>	1	1
<i>Mustela frenata</i>	1	1
<i>Myotis californicus</i>	1	1
<i>Myotis fortidens</i>	1	1
<i>Myotis keaysi</i>	1	1
<i>Myotis nigricans</i>	1	1
<i>Myotis thysanodes</i>	1	1
<i>Myotis velifer</i>	1	1
<i>Nasua narica</i>	1	1
<i>Natalus stramineus</i>	1	1
<i>Neotoma mexicana</i>	1	1
<i>Noctilio leporinus</i>	0	1
<i>Nyctinomops aurispinosus</i>	1	1
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	1	1
<i>Nyctomys sumichrasti</i>	1	1
<i>Odocoileus virginianus</i>	1	1
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	1	1
<i>Orthogeomys cuniculus</i>	0	0
<i>Orthogeomys grandis</i>	1	1
<i>Orthogeomys hispidus</i>	1	1
<i>Oryzomys alfaroi</i>	1	1
<i>Oryzomys chapmani</i>	1	1
<i>Oryzomys couesi</i>	1	1
<i>Oryzomys rostratus</i>	1	1
<i>Panthera onca</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Pecari tajacu</i>	1	1
<i>Peromyscus aztecus</i>	1	1
<i>Peromyscus beatae</i>	1	1
<i>Peromyscus difficilis</i>	1	1
<i>Peromyscus furvus</i>	1	1
<i>Peromyscus gratus</i>	1	1
<i>Peromyscus leucopus</i>	1	1
<i>Peromyscus levipes</i>	1	1
<i>Peromyscus maniculatus</i>	1	1
<i>Peromyscus megalops</i>	1	1
<i>Peromyscus melanocarpus</i>	1	1
<i>Peromyscus melanophrys</i>	1	1
<i>Peromyscus melanurus</i>	1	1
<i>Peromyscus mexicanus</i>	1	1
<i>Peropteryx macrotis</i>	0	1
<i>Philander opossum</i>	1	1
<i>Phyllostomus discolor</i>	1	1
<i>Platyrrhinus helleri</i>	1	1
<i>Potos flavus</i>	1	1
<i>Pteronotus davyi</i>	1	1
<i>Pteronotus parnellii</i>	1	1
<i>Pteronotus personatus</i>	1	1
<i>Puma concolor</i>	1	1
<i>Puma yagouaroundi</i>	1	1
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	1	1
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	1	1
<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	1	1
<i>Reithrodontomys microdon</i>	1	1
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	1	1
<i>Rheomys mexicanus</i>	0	1
<i>Rhogeessa alleni</i>	0	1
<i>Rhogeessa gracilis</i>	1	1
<i>Rhogeessa parvula</i>	1	1
<i>Rhogeessa tumida</i>	1	1
<i>Rhynchonycteris naso</i>	0	1
<i>Saccopteryx bilineata</i>	0	1
<i>Sciurus aureogaster</i>	1	1
<i>Sciurus deppei</i>	1	1
<i>Sigmodon alleni</i>	1	1
<i>Sigmodon hispidus</i>	1	1
<i>Sigmodon leucotis</i>	1	1
<i>Sigmodon mascotensis</i>	1	1
<i>Sorex saussurei</i>	1	1
<i>Sorex ventralis</i>	1	1
<i>Sorex veraepacis</i>	1	1
<i>Sphiggurus mexicanus</i>	1	1
<i>Spilogale gracilis</i>	1	1



Monroy, G. A. G. (2016) Redes de áreas de conservación en Oaxaca

<i>Spilogale pygmaea</i>	1	1
<i>Sturnira lilium</i>	1	1
<i>Sturnira ludovici</i>	1	1
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	1	1
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	1	1
<i>Sylvilagus floridanus</i>	1	1
<i>Tamandua mexicana</i>	1	1
<i>Tapirus bairdii</i>	1	1
<i>Tayassu pecari</i>	1	1
<i>Tlacuatzin canescens</i>	1	1
<i>Trachops cirrhosus</i>	1	1
<i>Tylomys nudicaudus</i>	1	1
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	1	1
<i>Uroderma bilobatum</i>	1	1
<i>Uroderma magnirostrum</i>	1	1
<i>Vampyressa thylene</i>	1	1
<i>Vampyrodes caraccioli</i>	1	1
<i>Vampyrum spectrum</i>	1	1

DISCUSIÓN GENERAL

Las áreas protegidas en México cubren 6.61% del territorio nacional (SINAP 2015), las cuales han sido establecidas por diferentes razones, como por su belleza escénica, servicios ambientales prestados o por oportunismo, pero no se hicieron evaluaciones previas para saber si en las áreas designadas realmente se representaba a la biodiversidad del país que se encuentra bajo alguna categoría de riesgo (Koleff y Urquiza-Hass 2011a). Actualmente, se han realizado diversos estudios que demuestran que las áreas protegidas establecidas no están siendo efectivas ni suficientes para conservar a las diferentes especies de flora y fauna del país (Cantú *et al.* 2004, Briones-Salas *et al.* 2007, Pyke 2007, Figueroa and Sánchez-Cordero 2008, Illoldi-Rangel *et al.* 2008).

No existen recursos financieros ni tiempo para conservar especie por especie, por lo que los esfuerzos de conservación deben extenderse y maximizarse (Eken *et al.* 2004). Sin embargo, hay que hacerlo con cautela, ya que como se demostró en el Capítulo I, las iniciativas de conservación pueden replicarse y sobreponerse en un mismo espacio geográfico, como es el caso de la región de la Sierra Madre de Juárez en el estado de Oaxaca y dejando a otros lugares importantes para la conservación sin iniciativas o con muy pocas de éstas, como la región de la Planicie Costera de Tehuantepec. Es importante resaltar que para este capítulo se usó la información que se encontraba disponible hasta el año de 2008; actualmente, las iniciativas se han incrementado a 13 áreas protegidas para el estado (6 con decreto federal y 7 con decreto estatal), 134 áreas voluntarias de conservación y 337 comunidades apoyadas con PSA por CONAFOR. Para esta última iniciativa actualmente, se cuenta con polígonos delimitados del área geográfica a la que se aplica este apoyo dentro de una localidad o municipio, pues anteriormente los polígonos eran más generales y el polígono abarcaba toda la localidad o inclusive el municipio que fue como se utilizaron en este trabajo (Briones-Salas *et al.* en prensa).

Uno de los factores principales para que un diseño de red de áreas de conservación sea exitoso o del establecimiento de un área protegida, es la elección correcta de subrogados o indicadores de la biodiversidad (Cabeza y Moilanen 2001). Gracias al uso de tecnología y nuevas técnicas de monitoreo, se han registrado en Oaxaca varias especies en regiones de las cuales no se tenía registro histórico (Lavariega *et al.* 2012, Cortés-Marcial *et al.* 2014), lo que ayuda a dar un mejor sustento a los modelos de distribución de las especies (Ortíz-Martínez *et al.* 2008).

Se han realizado diversos estudios sobre el uso de subrogados o indicadores de la biodiversidad para seleccionar áreas para la conservación (Petit y Petit 2003, Tognelli 2005, Loyola *et al.* 2007, Pawar *et al.* 2007, Illoldi-Rangel *et al.* 2008, Botello 2015). Sin embargo, Lawler y colaboradores (2003) encontraron que usando un solo grupo taxonómico, es posible representar a otras especies (61 al 82%) pero no a las que se encuentran bajo algún criterio de riesgo, debido a que poseen un área de distribución más restringido y la probabilidad de que fueran elegidas estas áreas era menor. En el análisis realizado en el Capítulo II, se encontró que en el estado de Oaxaca, el grupo taxonómico de las aves que fue el mejor subrogado estimado por si solo, usando solo el 25% de las especies, puede representar al 80% de los vertebrados terrestres en conjunto, seguido de los anfibios y reptiles y finalmente los mamíferos. En cambio al usar solo el 25% de los vertebrados terrestres en conjunto, el 90% (904 especies) estuvo representado en las áreas de conservación. Debido a lo anterior es mejor usar a todos los vertebrados terrestres en su conjunto como subrogados para evitar que especies como las de distribución restringida queden fuera de la propuesta de conservación, lo cual podría ocasionar vacíos funcionales que conlleven a ecosistemas degradados o simplificados (Soulé *et al.* 2003).

Adicionalmente, para que no fueran sesgadas algunas especies, se usó el software ConsNet (Ciarleglio 2008, 2009), el cual utiliza algoritmos heurísticos diseñados para seleccionar sitios con base en la complementariedad (medida asimétrica que describe cuantos rasgos nuevos

agrega un área a los que ya se encuentra disponible, en un conjunto de áreas seleccionadas). La complementariedad no distingue de manera explícita entre atributos raros y comunes por lo que usa de manera conjunta a la rareza geográfica (de manera que prefiere la incorporación de especies endémicas en el proceso de selección de áreas; Sarkar *et al.* 2002). Su *et al.* (2003) encontraron que la incongruencia de la riqueza de especies entre taxones no necesariamente descarta la identificación de subrogados para la biodiversidad, por lo que se sugiere que para proponer áreas de conservación es necesario ver al ecosistemas en su conjunto y no simplemente medir la representatividad.

La conservación no puede ser exitosa por sí misma, debido a que dentro de los ecosistemas se encuentran inmersas variables de diferentes tipos (biológicas, económicas, sociales, políticas y culturales), de modo que resulta necesario hacer alianzas entre los diferentes actores e incluir diferentes las diferentes variables que componen al ecosistema para dar propuestas apropiadas de manejo y toma de decisiones (Johns 2003, Boege 2008, Margules y Sarkar 2009, Kandziana *et al.* 2013). Sobre todo para un estado como lo es Oaxaca, ya que no solo posee una gran biodiversidad, también es poseedora de una gran diversidad étnica (compuesta por 16 grupos) y lingüística, lo que ha resultado en una gran variedad de prácticas de conocimiento de los ecosistemas locales (FOCN 2004).

La conservación de la biodiversidad tiene un costo, que puede ir incrementando con el tiempo, debido a que conforme más se degrade el hábitat serán necesarios más recursos financieros y humanos para restaurarlo y detener el cambio del uso del suelo (Fuller *et al.* 2007).

En el Capítulo III se analizó la inclusión de variables multicriterio (socio-económicas) a las cuales se les impuso un costo para la conservación. Se encontró que la variable más costosa en todas las soluciones fue la de carreteras, debido a que éstas fragmentan el hábitat y afectan directamente a las poblaciones de vertebrados terrestres, en sus movimientos y requerimientos de hábitat, incluso aunque sean caminos angostos y poco

transitados (Develey y Stouffer 2001); además se han identificado otros efectos, todos negativos para los ecosistemas y en específico para los vertebrados terrestres se menciona la mortalidad por colisiones con vehículos, modificaciones de conducta y dispersión de especies exóticas (Trombulak y Frissell 2000).

Es necesario como se mencionó en la introducción, que se hagan revisiones periódicas a estas propuestas de redes, ya que algunas variables van cambiando, por ejemplo, actualmente, se expandió el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec en la región de la Depresión Istmica de Tehuantepec y la Planicie Costera de Tehuantepec, lo que ha modificado el hábitat resultando en una disminución de la diversidad de fauna como lo menciona Cortés (2010) para el caso de los mamíferos terrestres en La Venta; además de las variables sociales, políticas y económicas de los municipios que conforman estas regiones, pues se han creado problemas de tenencia de tierras y por lo tanto se ha modificado el tejido social (Castillo 2012).

Otra variable socio-económica que en el presente trabajo no se le dio mucho peso jerárquico y por lo tanto un costo menor fue a la minería, aunque Oaxaca es un estado rico en plata, cobre, hierro, grafito, carbón, yeso y travertino (GEO 2011). En 2009 aumentaron en un 25% las concesiones a mineras extranjeras (principalmente canadienses) en territorios indígenas, por parte del gobierno mexicano, sin consultas previas. Lo cual implica costos ambientales, sociales, culturales y económicos (Fuente y Barkin 2013); hasta el 2013, el 8% del territorio oaxaqueño (779,000 ha) tienen concesiones mineras (GEO 2011).

Por otro lado, la urbanización también es uno de los grandes problemas de la conservación de la biodiversidad, por este motivo, las áreas urbanas se excluyeron en este trabajo. En un futuro, probablemente no se podrán dejar las áreas urbanas de lado y se tendrán que incluir en estos sistemas de redes, propiciando que por medio del manejo estos espacios sostengan de manera

simultánea la biodiversidad, las actividades económicas y los estilos de vida de sus habitantes (Margules y Sarkar 2009).

Debido a las actividades económicas que se realizan, es necesario hacer una revisión continua de las políticas públicas y de las estrategias que se implementan para el uso de los recursos naturales, pues prácticamente éstas han propiciado la devastación y fragmentación de los ecosistemas (Koleff y Urquiza-Hass 2011b). Además hay que aceptar los costos que el consumo excesivo de recursos naturales ha producido a través del tiempo en los ecosistemas (Margules y Sarkar 2009).

Actualmente, ya no existe la vegetación prístina, por lo que lugares que posean vegetación secundaria pueden ser restaurados para usarlos como conectores entre las áreas prioritarias de conservación tomando en cuenta los costos de las variables socio-económicas, por lo que estos conectores no son simplemente lugares por donde los vertebrados terrestres pueden movilizarse de un parche a otro, también son sitios propicios para la restauración de los ecosistemas (Fuller *et al.* 2006).

De tal manera que en el Capítulo IV se analizó la conectividad de las áreas prioritarias de conservación para el estado de Oaxaca. Se mostró conectividad entre las regiones de la Depresión Istmica de Tehuantepec, la Planicie Costera de Tehauntepec y el sur de la Planicie Costera del Pacífico los cuales poseen alta riqueza y endemismo de vertebrados terrestres. Este resultado concuerda con la política ambiental nacional del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), el cual abarca los estados de Chiapas, Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco y Oaxaca (Álvarez-Icaza 2013). Además del CBM no existe en México otra propuesta de conectividad entre áreas protegidas o áreas prioritarias para la conservación, lo que puede poner en riesgo a la diversidad, debido a las presiones antropogénicas externas a las áreas protegidas, que las convierten en islas o parches.

Existen diversas metodologías para seleccionar áreas prioritarias para la conservación, en el presente trabajo se usó la Planeación Sistemática de la

Conservación la cual tiene un enfoque estructurado mediante el cual se pueden medir y cartografiar la biodiversidad, retroalimentar y revisar las áreas de conservación, gracias al uso de algoritmos, haciendo el proceso transparente, flexible y replicable (Margules y Pressey 2000, Rodrigues *et al.* 2000, Sarkar *et al.* 2006, Margules y Sarkar 2009). Oaxaca es el estado con más sitios prioritarios de calidad extrema en México (37, Morales-Guerrero y Alarcón 2011), por medio de este trabajo las autoridades del estado de Oaxaca pueden apoyarse para la toma de decisiones sobre la conservación de la biodiversidad, incluso para conocer cuáles son los lugares en los que se deben iniciar estrategias de manejo o restauración del hábitat.

Además de que se reconozca el esfuerzo de las comunidades forestales que ayudan a la conservación por medio de la designación de áreas voluntarias para la conservación, que se designan muchas veces en defensa de sus recursos frente al saqueo del exterior (Bray *et al.* 2003, Boege 2008, Pérez-García *et al.* 2010). Y focalizar mejor los apoyos financieros para que se cubra la mayor extensión de áreas prioritarias y de esta manera también ayudar a los habitantes a tener una mejor calidad de vida (Boege 2008, Merino 2012).

CONCLUSIONES GENERALES

- 🐾 En Oaxaca existen importantes iniciativas de conservación, las cuales albergan a 35 de los 36 tipos de vegetación que se encuentran en el estado, siendo el bosque de pino-encino el tipo de vegetación con mayor superficie. Desafortunadamente, estas iniciativas se sobreponen geográficamente en un (19%), y deja a algunas regiones sin iniciativas, por lo que este análisis ayuda a una mejor definición de áreas prioritarias para la conservación.
- 🐾 El conjunto de los vertebrados terrestres funciona mejor como subrogado de la biodiversidad, ya que con solo el 25% de ellos representa al 90% del total.
- 🐾 Para poder proponer sitios prioritarios de conservación que sean persistentes en el tiempo, hay que tomar en cuenta la vulnerabilidad y esto se puede hacer por medio de incluir en la selección variables socio-político-económicas y considerar que en algunas áreas pueden ser más costosas algunas variables debido a su extensión.
- 🐾 Conforme a las condiciones biológicas, sociales, económicas y culturales del estado, se propuso una adecuada red de áreas naturales de conservación que comprende la distribución geográfica del 96.99% de los vertebrados terrestres que se encuentran en Oaxaca, con una superficie mínima y conectores entre las áreas elegidas como prioritarias. Esta propuesta incluye costos para la conservación por lo que asegura la persistencia a largo plazo para las especies.
- 🐾 Oaxaca es uno de los estados que alberga mayor biodiversidad, donde existe una alta probabilidad de éxito en el largo plazo, si se implementa adecuadamente una red de áreas de conservación.

RECOMENDACIONES

- ✦ De acuerdo a la Planeación Sistemática de la Conservación, esta propuesta debe ser evaluada cada cierto tiempo, para poder modificar variables, situaciones y costos que vayan cambiando que aumenten la vulnerabilidad de las áreas seleccionadas.
- ✦ Así mismo, el presente documento puede ser un apoyo para las autoridades responsables de la toma de decisiones sobre la conservación de los recursos naturales del estado de Oaxaca.

LITERATURA CITADA

- Alfaro-Sánchez, G. 2004. Suelos, en: en: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.) *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. pp. 55-65.
- Álvarez-Icaza, P. 2013. Corredor Biológico Mesoamericano en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. *Biodiversitas* 110:1-5.
- Anta, S., I. Piña, G. Sánchez, F. García, R. Gutiérrez y A. Sánchez. 2005. *Estrategias para la conservación de Áreas Naturales Protegidas en el estado de Oaxaca*. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT
- Arita, H. W. y G. Ceballos. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. *Revista mexicana de mastozoología* 2:33-71.
- Berkes, F. 2004. Rethinking community-based conservation. *Conservation Biology* 18(3):621-630.
- Boege, E. 2008. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia y Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México, D. F. 342 pp.
- Botello, L. F. J. 2015. *Cuantificación de la disminución de la biodiversidad asociada a la pérdida de hábitat natural*. Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. 80 pp.
- Bray, D. B., L. Merino, P. Negreros-Castillo, G. Segura-Warnholtz, J. M. Torres-Rojo and H. F. M. Vester. 2003. Mexico's community-managed forests as a global model for sustainable landscapes. *Conservation and Biology* 17(3):672-677.
- Briones-Salas, M. A., C. Ballesteros y M. Cortés. 2007. Importancia de las áreas comunales en la protección de los mamíferos en Oaxaca, México. *Mesoamericana* 11(3):54-55.
- Briones-Salas, M., M. C. Lavariega, M. Cortés-Marcial, A. G. Monroy y C. A. Mases. En prensa. Iniciativas de conservación para los mamíferos de Oaxaca, México, en: M. Briones-Salas, J. E. Sosa-Escalante, Y. Hortelano, G. Magaña-Cota y G. Sánchez-Rojas (eds.) *Diversidad y conservación de los mamíferos mexicanos con una visión estatal*. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C.

- Briones-Salas, M. A. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. en: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Fund, México. pp. 423-447.
- Bürgi, M., A. Hersperger and N. Schneeberger. 2004. Driving forces of landscape change-current and new directions. *Landscape Ecology* 8:857-868.
- Cabeza, M. y A. Moilanen. 2001. Design of reserve networks and the persistence of biodiversity. *TRENDS in Ecology and Evolution* 16(5):242-248.
- Cantú, C., R. G. Wright, J. M. Scott and 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.
- Casas-Andreu, G. F. R. Méndez-de la Cruz y X. Aguilar-Miguel. 2004. Anfibios y reptiles, en: A. J. García-Mendoza M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Fund, México. pp. 375-390.
- Castillo, J. E. 2012. Problemática en torno a la construcción de parques eólicos en el Istmo de Tehuantepec. *Revista Desarrollo Local Sostenible* 4(12):1.14.
- Ciarleglio, M. 2008. *Modular Abstract Self-Learning Tabu Search (MASTS): Metaheuristic Search Theory and Practice* Dissertation. University of Texas at Austin, Texas, E. U. A.
- Ciarleglio, M., J. W. Barnes, and S. Sarkar, S. 2009. ConsNet: new software for the selection of conservation area networks with spatial and multi-criteria analyses. *Ecography*, 32(2):205-209.
- Cortés, M. M. 2010. Diversidad de mamíferos medianos y grandes en dos sitios con diferente grado de conservación en La Venta, Juchitán, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México. 46 pp.
- Cortés-Marcial, M., Y. M. Martínez-ayón y M. Briones-Salas. 2014. Diversity of large and medium mammals in Juchitán, Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. *Animal Biodiversity and Conservation* 31(1):1-12.

- Develey, P. F. and P. C. Stouffer. 2001. Effects of roads on movements by understory birds in mixed-species flocks in Central Amazonian Brazil. *Conservation Biology* 15(5):1416-1422.
- Durand, L., F. Figueroa y M. Guzmán. 2012. Introducción. Hacia una ecología política Mexicana, en: L. Durand, F. Figueroa y M. Guzmán (eds.) *La naturaleza en contexto. Hacia una ecología política Mexicana*. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH)-UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM)-UNAM y el Colegio de San Luis, A. C. México, Distrito Federal. pp. 21-31.
- Eken, G., L. Bennun, T. M. Brooks, W. Darwall, L. D. C. Fishpool, M. Foster, D. Knox, P. Langhammer, P. Matiku, E. Radford, P. Salaman, W. Sechrest, M. L. Smith, S. Spector and A. Tardoff. 2004. Key biodiversity areas as site conservation targets. *Bioscience* 54:1110-1118.
- Elton, C. 1927. *Animal ecology*. Sidgwick and Jackson, London, England.
- Fa, J. and J. L. Morales. 1993. Patterns of mammalian diversity in Mexico, in: T. P. Rammamorthy, R. Bye, A. Lot and J. Fa (eds.), *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford University Press, Oxford. 812 pp.
- Figueroa, F. and V. Sánchez-Cordero. 2008. Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 17:3223–3240.
- FOCN. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. 2004. Un parteaguas en el conocimiento de la diversidad de Oaxaca, en: A. J. García-Mendoza M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Fund, México. pp. 13-14.
- Fuente, M. E. y D. Barkin. 2013. La minería como factor de desarrollo en la Sierra Juárez de Oaxaca. Una valoración ética. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía* 44(172):123-144.
- Fuller, T., M. Munguía, M. Mayfield, V. Sánchez-Cordero and S. Sarkar. 2006. Incorporating connectivity into conservation planning: A multi-criteria case study from central Mexico. *Biological Conservation* 133:131-142.
- Fuller, T., V. Sánchez-Cordero, P. Iloldi-Rangel, M. Linaje y S. Sarkar. 2007. The cost of postponing biodiversity conservation in Mexico. *Biological Conservation* 134:593-600.

- García-Mendoza, A. J., M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas. 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund. México, Distrito Federal. 605 pp.
- GEO. Gobierno del Estado de Oaxaca. 2011. *Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Oaxaca 2011-2016*. Oaxaca, México. 389 pp.
- Ghimire, K. B. and M. P. Pimbert (eds.) 1997. *Social change and conservation: environmental politics and impacts of National Parks and Protected Areas*. Earthscan Books. London, United Kingdom. 342 pp.
- Grinnell, J. 1917. The niche relationships of the California thrasher. *Auk* 34:427-433.
- Hutchinson, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symp. Quantitative Biology* 22: 415–427.
- Illoldi-Rangel, P., T. Fuller, M. Linaje, C. Pappas, V. Sánchez-Cordero and S. Sarkar. 2008. Solving the maximum representation problem to prioritize areas for the conservation of terrestrial mammals at risk in Oaxaca. *Diversity and distributions* 14:493-508.
- Johns, D. M. 2003. Growth, conservation, and the necessity of new alliances. *Conservation Biology* 17(5):1229-1237.
- Justus, J. and S. Sarkar. 2002. The principle of complementarity in the design of reserve networks to conserve biodiversity: a preliminary history. *Journal of Biosciences* 27(Suppl.2):421-435.
- Kandziora, M., B. Burkhard and F. Müller. 2013. Interactions of ecosystems properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators-A theoretical exercise. *Ecological Indicators* 28:54-78.
- Koleff, P. y T. Urquiza-Hass. 2011a. Conservación de la biodiversidad de México: planeación, prioridades y perspectivas, en: P. Koleff y T. Urquiza-Hass (coords.) *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestres en México: retos de un país megadiverso*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Distrito Federal, México. pp. 11-19.

- Koleff, P. y T. Urquiza-Hass. 2011b. Conservación de la diversidad terrestre: planeación, reflexiones y lecciones aprendidas, en: P. Koleff y T. Urquiza-Hass (coords.) *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestres en México: retos de un país megadiverso*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Distrito Federal, México. pp. 173-201.
- Lavariaga, M. C., M. Briones-Salas y R. M. Gómez-Ugalde. 2012. Mamíferos medianos y grandes de la Sierra de Villa Alta, Oaxaca, México. *Mastozoología Neotropical* 19(2):163-178.
- Lawler, J. J., D. White, J. C. Sifneos and L. L. Master. 2004. Rare species and the use of indicator groups for conservation planning. *Conservation Biology* 17(3):875-882.
- Leff, E. 2004. *Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. 4a. edición. Siglo XXI editores, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades(CEIICH)-UNAM y Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Distrito Federal, México. 414 pp.
- Loyola, R. D., U. Kubota y T. M. Lewinsohn. 2007. Endemic vertebrates are the most effective surrogates for identifying conservation priorities among Brazilian ecoregions. *Diversity and Distributions* 13:389-396.
- Margules, C. R. y R. L. Pressey. 2000. Systematic Conservation Planning. *Nature* 405:243-253.
- Margules, C. y S. Sarkar. 2009. *Planeación Sistemática de la Conservación*. (Trad. V. Sánchez-Cordero y F. Figueroa). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 304 pp. (Original en inglés, 2007).
- Martínez-Alier, J. 1994. *De la Economía Ecológica al Ecologismo Popular*. Icaria Editorial. 2a. ed. Barcelona, España. 362 pp.
- Meine, C. 2010. Conservation biology: past and present. Pp. 7-26. In: N. S. Sodhi and P. R. Ehrlich (eds.) *Conservation Biology for All*. Oxford University Press Inc., New York, United States of America.

- Merino, L. 2012. Las condiciones de las comunidades forestales mexicanas y la política pública. Recuento de desencuentros, en: L. Durand, F. Figueroa y M. Guzmán (eds.) *La naturaleza en contexto. Hacia una ecología política Mexicana*. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH)-UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM)-UNAM y el Colegio de San Luis, A. C. México, Distrito Federal. pp. 33-63.
- Moffett, A., J. S. Dyer and S. Sarkar. 2006. Integrating biodiversity representation with multiple criteria in North-Central Namibia using non-dominated alternatives and a modified analytic hierarchy process. *Biological conservation* 129:181-191.
- Morales-Guerrero, N. y J. Alarcón. 2011. Apéndice. Síntesis por estados, en: P. Koleff y T. Urquiza-Hass (coords.) *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestres en México: retos de un país megadiverso*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Distrito Federal, México. pp. 204-240.
- Navarro, S. A. G., E. A. García-Trejo, A. T. Peterson y V. Rodríguez-Contreras. 2004. Aves, en: A. J. García-Mendoza M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Fund, México. pp. 391-421.
- Ortíz-Martínez, T., V. Rico-Gray y E. Martínez-Meyer. 2008. Predicted and verified distributions of *Ateles geoffroyi* and *Allouatta palliata* in Oaxaca, Mexico. *Primates* 49:186-194.
- Pawar, S., M. S. Koo, C. Kelley, M. F. Ahmed, S. Chaudhuri and S. Sarkar. 2007. Conservation assessment and prioritization of areas in Northeast India: priorities of amphibians and reptiles. *Biological conservation* 136:346-361.
- Pérez-García, E., J. Meave y S. Salas. 2010. Nizanda, Oaxaca, en: G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury y R. Dirzo (eds.) *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México. pp.538-542.
- Peterson, A. T. y Y. Nakazawa. 2007. Environmental data sets matter in ecological niche modeling: an example with *Solenopsis invicta* and *Solenopsis richteri*. *Global Ecology and Biogeography*. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2007.00347.x

- Petit, L. J. y D. R. Petit. 2003. Evaluating the importance of human-modified lands for neotropical birds conservation. *Conservation Biology* 17(3):687-694.
- Phillips S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- Poteete, A. R., M. O. Janssen y E. Ostrom. 2012. *Trabajar juntos. Acción colectiva, bienes comunes y múltiples métodos en la práctica*. Traducción de L. Buj y L. Merino. UNAM, CEIICH, CRIM, FCPS, FE, IIEc, IIS, PUMA; IASC, CIDE, Colsan, CONABIO, CCMSS, FCE, UAM. Distrito Federal, México. 565 pp.
- Pretty, J. y D. Smith. 2004. Social capital in biodiversity conservation and management. *Conservation Biology* 18(3):631-638.
- Pyke. C. R. 2007. The implications of global priorities for biodiversity and ecosystem services associated with protected areas. *Ecology and Society* 12(1):4.
- Raik, D. B., A. L. Wilson y D. J. Decker. 2008. Power in natural resources management: An application of theory. *Society and Natural Resources* 21(8):729-739.
- Ramírez-Pulido, J., A. Castro-Campillo, J. Arroyo-Cabrales y F. A. Cervantes. 1996. Lista taxonómica de los mamíferos terrestres de México. *Ocasional Papers of the Museum of Texas Tech University* 158:1-62.
- Robson, J. P. 2007. Local approaches to biodiversity conservation: Lessons from Oaxaca, Southern Mexico. *International Journal of Sustainable Development* 10:267-286.
- Rodrigues, A. S. L., J. O. Cerdeira y K. J. Gaston. 2000. Flexibility, efficiency, and accountability: Adapting reserve selection algorithms to more complex conservation problems. *Ecography* 23:565-574.
- Sánchez-Cordero, V. 2001. Small mammal diversity along elevational gradients in Oaxaca, Mexico. *Global ecology and Biogeography*. 10:63-76.
- Sarkar, S. 1999. Wilderness preservation and biodiversity conservation-keeping divergent goals distinct. *BioScience*:405-412.
- Sarkar, S., A. Aggarwal, J. Garson, C. R. Margules and J. Zeidler. 2002. Place prioritization for biodiversity content. *Journal of Biosciences* 27:339-346.

- Sarkar, S. and P. Iloldi-Rangel. 2010. Systematic Conservation Planning: an updated protocol. *Natureza & Conservação* 8(1):19-26. DOI: 10.4322/natcon.00801003
- Sarkar, S., J. Justus, T. Fuller, C. Kelley, J. Garson and M. Mayfield. 2005. Effectiveness of environmental surrogates for the selection of Conservation Area Networks. *Conservation Biology* 19(3):815-825.
- Sarkar, S., R. L. Pressey, D. P. Faith, C. R. Margules, T. Fuller, D. M. Stoms, A. Moffett, K. A. Wilson, K. J. Williams, P. H. Williams and S. Andelman. 2006. Biodiversity conservation planning tools: Present status and challenges for the future. *Annual Review of Environment and Resources*. 31:123-159.
- SINAP. Sistema Nacional de Áreas Protegidas. 2015. http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/sinap.php
- Soulé, M. E., J. A. Estes, J. Berger and C. Martínez del Río. 2003. Ecological effectiveness: conservation goals for interactive species. *Conservation Biology* 17(5):1238-1250.
- Su, J. C., D. M. Debinski, M. E. Jakubauskas and K. Kindscher. 2003. Beyond species richness: community similarity as a measure of cross-taxon congruence for coarse-filter conservation. *Conservation Biology* 18(1):167-173.
- Tognelli, M. F. 2005. Assessing the utility of indicator groups for the conservation of South American terrestrial mammals. *Biological Conservation* 121:409-417.
- Trombulak, S. C. and C. A. Frissell. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14(1):18-30.
- Wells, M., K. Brandon and H. Lee. 1992. *People and Parks: Linking protected areas management with local communities*. World Bank. Washington, D. C. United States of America. 116 pp.
- Wilshusen, P. R., S. R. Brechin, C. L. Fortwangler and P. C. West. 2002. Reinventing a square wheel: critique of a resurgent "protection paradigm" in international Biodiversity Conservation. *Society and Natural Resources* 15:17-40.