



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACION PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
UNIDAD OAXACA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE  
RECURSOS NATURALES**

**ACADÉMIA DE PATRONES Y PROCESOS DE LA BIODIVERSIDAD DEL  
NEOTRÓPICO**

**Diversidad beta de los anfibios del estado de Oaxaca**

**Tesis**

**Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias**

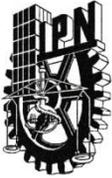
**Presenta**

**Biól. Alba Lilia Santiago Cruz**

**Director**

**Dr. Matthias Rös**

**Junio de 2019**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca siendo las 13:00 horas del día 8 del mes de mayo del 2019 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR OAXACA para examinar la tesis titulada:  
"Diversidad beta de los anfibios del estado de Oaxaca"

Presentada por el alumno:

Santiago Cruz  
Apellido paterno Apellido materno  
Nombre(s) Alba Lilia

Con registro: 

A	1	7	0	3	7	3
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis

Dr. Matthias Rös

Dr. Miguel Ángel Briones Salas

M. en C. Graciela Eugenia  
González Pérez

Dr. Emilio Martínez Ramírez

Dr. Aniceto Rodolfo Solano Gómez

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESION DE DERECHOS**

En la Ciudad de Oaxaca el día 30 del mes de mayo del año 2019, el (la) que suscribe **Alba Lilia Santiago Cruz** alumno(a) del Programa de Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales con número de registro A170373, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Matthias Rös y cede los derechos del trabajo intitulado **“Diversidad beta de los anfibios del estado de Oaxaca”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [amanecer1013@live.com.mx](mailto:amanecer1013@live.com.mx). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Alba Lilia Santiago Cruz

Nombre y firma



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.

*Dedicatoria*

*A Aylin Sophia y Augusto quienes son mi impulso y fortaleza para seguir adelante y ser mejor  
cada día.*

## ***Agradecimientos***

*Al Dr. Matthias Rös por la oportunidad de desarrollar mi proyecto bajo su dirección, gracias por su tiempo, enseñanzas y recomendaciones profesionales.*

*Al CONACYT por la beca otorgada para realizar mis estudios de Maestría*

*Al comité tutorial y de revisión de tesis Dr. Miguel Ángel Briones Salas, Dr. Jhon Williams, M. en C. Graciela González Pérez, Dr. Rodolfo Solano Gómez, Dr. Emilio Ramírez Martínez y Dra. Demetria Mondragón Chaparro por sus excelentes comentario para el desarrollo del proyecto de tesis y mejora del documento final.*

*A Aylin y Augusto por toda su paciencia, amor, compañía y apoyo incondicional durante todo este tiempo, sin su apoyo y comprensión nada hubiera sido posible.*

*Al Sr. Lucio y Sra. Gloria, Eli y Kari, por su cariño y ayuda incondicional aun en tiempos difíciles.*

*A mis padres Estanislao y Ofelia, y hermanos Edik, Julio y Ernesto por su amor, sus palabras de aliento y compañía en este proceso.*

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE CUADROS .....	9
Resumen .....	10
Abstract .....	11
INTRODUCCIÓN .....	12
ANTECEDENTES .....	14
JUSTIFICACIÓN .....	17
OBJETIVO .....	17
MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
Área de estudio .....	18
Obtención de datos .....	19
Análisis de datos .....	20
Análisis general de registros y localidades únicas de colecta .....	20
Análisis por subprovincias fisiográficas .....	20
Análisis por rango altitudinal .....	24
Análisis por tipo de vegetación .....	25
Estatus de conservación .....	26
Estimación de la diversidad $\beta$ .....	26
Índice de Jaccard .....	26
Índice de complementariedad .....	27
Método de cuadrículas .....	27
Análisis de la cobertura de áreas naturales protegidas .....	28
Conformación de la base de datos .....	29
Análisis de datos .....	29
Análisis general de registros y localidades únicas de colecta .....	29
Registros de especies por año .....	32
Estatus de conservación .....	33
Distribución en las provincias fisiográficas .....	35
Distribución por rango altitudinal .....	37
Distribución por tipo de vegetación .....	42
Estimación de la diversidad $\beta$ .....	43

Diversidad $\beta$ entre provincias fisiográficas .....	43
Diversidad $\beta$ por rango altitudinal.....	46
Diversidad $\beta$ por rango altitudinal potencial .....	47
Diversidad $\beta$ por tipo de vegetación.....	49
Método por Cuadrículas .....	50
Análisis de la cobertura de las áreas naturales protegidas del estado de Oaxaca .....	52
DISCUSIÓN.....	54
Base de datos .....	54
Análisis de datos.....	54
Diversidad $\beta$ .....	56
Diversidad $\beta$ por subprovincia fisiográfica .....	56
Diversidad $\beta$ por rango altitudinal.....	57
Diversidad $\beta$ por tipo de vegetación.....	58
Cuadrículas.....	58
Áreas protegidas .....	58
CONCLUSIONES .....	60
LITERATURA CITADA.....	61
ANEXOS.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación del estado de Oaxaca dentro de la República Mexicana (INEGI, 2018)</i> .....	19
Figura 2. <i>Subprovincias fisiográficas del estado de Oaxaca propuestas por Ortiz-Pérez et al. (2004)</i> .....	24
Figura 3. <i>Modelo de Elevación de 90m del INGEI, 2018</i> .....	25
Figura 4. <i>Áreas naturales protegidas federales, estatales y áreas destinadas voluntariamente a la conservación, datos obtenidos de CONABIO, 2018</i> .....	28
Figura 5. <i>Conteo del total de especies por intervalos de registros.</i> .....	30
Figura 6. <i>Número de registros por familia</i> .....	30
Figura 7. <i>Conteo de registros por género de anfibios del estado de Oaxaca</i> .....	31
Figura 8. <i>Mapa de las localidades de colecta de anfibios del estado de Oaxaca</i> .....	32
Figura 9. <i>Curva de acumulación de especies y registros, datos acumulados durante periodos de 20 años a partir de los primeros registros en 1700 hasta el 2017.</i> .....	33
Figura 10. <i>Número de especies en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-057-SEMARNAT-2010.</i> .....	34
Figura 11. <i>Especies en categoría de riesgo de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza (IUCN)</i> .....	35
Figura 12. <i>Número de registros por provincia fisiográfica</i> .....	35
Figura 13. <i>Número de localidades de colecta por provincia fisiográfica</i> .....	36
Figura 14. <i>Número de especies por provincia fisiográfica</i> .....	36
Figura 15. <i>Provincias fisiográficas con el mayor número de especies, registros y localidades de colecta.</i> .....	37
Figura 16. <i>Muestra el número de localidades de colecta contabilizadas por cada rango altitudinal</i> .....	38
Figura 17 . <i>Número de especies por cada rango altitudinal.</i> .....	38
Figura 18. <i>Número de registros por cada rango altitudinal.</i> .....	39
Figura 19. <i>Localidades de registros en el rango de altitud de 0-500 msm, en el cual la riqueza de especies fue mayor en comparación con los demás rangos de altitud (87 especies y 546 localidades de colecta, 2669 registros).</i> .....	39
Figura 20. <i>Localidades de registros en el rango de altitud de 2501-3000 m s.n.m donde se encuentran el mayor número de registros de anfibios en el estado de Oaxaca (32 especies, 3340 registros y 182 localidades de colecta)</i> .....	40
Figura 21. <i>Localidades de registros en el rango altitudinal de 1001-1500 m s.n.m, en el cual fue mayor el número de especies endémicas de anfibios de Oaxaca (84 especie de las cuales 59 son endémicas, 223 localidades de colecta)</i> .....	41
Figura 22. <i>Número de especies en cada agrupación de vegetación.</i> .....	42
Figura 23. <i>Localidades de colecta por cada agrupación de vegetación</i> .....	43
Figura 24. <i>Dendrograma de similitud del índice de Jaccard para las provincias fisiográficas.</i> ...45	
Figura 25. <i>Mapa de las asociaciones entre las provincias fisiográficas resultado del Clúster jerárquico basado en el índice de similitud de Jaccard visto en la figura 19.</i> .....	45
Figura 26. <i>Dendrograma de similitud resultado del análisis de clúster jerárquico basado en el Índice de Jaccard del rango altitudinal</i> .....	47
Figura 27. <i>Dendrograma de similitud para el rango potencial resultado del clúster jerárquico basado en los resultados del índice de Jaccard mostrados en el cuadro 3.</i> .....	48
Figura 28. <i>Dendrograma de similitud para la vegetación, resultado del clúster jerárquico basado en los resultados del índice de Jaccard mostrados en el cuadro 4.</i> .....	50
Figura 29. <i>Cuadrícula de 25*25 km y puntos de colecta de anfibios de Oaxaca</i> .....	51

Figura 30. *Mapa que muestra las cuadrículas con más de diez registros de especies en el estado, la cuadrícula de color verde contiene el mayor número de especies (43).*.....52

Figura 31. *Mapa de las Áreas Naturales Protegidas federales, estatales y destinadas voluntariamente a la conservación y localidades de registro de anfibios dentro de las áreas protegidas, datos de las Áreas Naturales Protegidas tomados de CONABIO, 2018.* .....53

**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. *Valores del índice Jaccard (abajo izquierda) y Complementariedad (arriba derecha) entre provincias fisiográficas*..... 44

Cuadro 2. *Valores del Índice de Jaccard (abajo izquierda) y Complementariedad(arriba derecha) entre rangos altitudinale*..... 46

Cuadro 3. *Valores del índice de Jaccard por rango altitudinal potencial*..... 48

Cuadro 4. *Valores del Índice de Jaccard (abajo izquierda y Complementariedad (arriba derecha) por tipo de vegetación*..... 49

## **Resumen**

El estado de Oaxaca contiene una gran riqueza de vertebrados terrestres, ocupa el primer lugar en riqueza de anfibios. Esta riqueza se ha visto amenazada por distintos factores como enfermedades y la destrucción de su hábitat debido a la actividad antropogénica. El cálculo de la diversidad en sus distintos componentes y en distintos gradientes geográficos nos proporciona información para la creación de estrategias de conservación adecuadas para este grupo. En este trabajo se calculó la diversidad alfa (riqueza) y beta (índice de Jaccard) en tres divisiones espaciales: subprovincias fisiográficas, altitud y vegetación. Además, se evaluó la información de los anfibios dentro de las áreas protegidas del estado. Para los análisis se usaron la base de SNIB-CONABIO complementada con datos de Gbif y publicaciones. Con un total de 11673 registros en 1754 localidades de colecta, se analizó la distribución de 149 especies de anfibios de Oaxaca. La Sierra Madre de Oaxaca contuvo el mayor número de especies, seguido por la Sierra Madre del Sur y las Montañas y Valles de Oaxaca, encontrándose en cada una de ellas alrededor de un tercio de las especies. La diversidad beta entre las provincias definió dos grandes zonas de distribución de los anfibios, una hacia el pacífico (desde los Valles Centrales hasta la Costa) y otra hacia el golfo de México (desde la Sierra Madre de Oaxaca, las provincias del Istmo y Planicie del Golfo). En cuanto a la altitud se pueden definir dos zonas, una por encima de los 2000 m s.n.m donde los valores de similitud son menores; la otra zona por debajo de los 2000m s.n.m donde los valores de similitud en general son más altos. En cuanto a los datos de vegetación y de las áreas protegidas del estado los resultados no fueron consistentes debido a la falta de registros. Se concluye que los datos de las bases usadas, permiten una evaluación congruente que refleja patrones de diversidad espacial de los anfibios del estado de Oaxaca.

**Palabras clave:** *Índice de Jaccard, provincias fisiográficas, altitud, vegetación*

## **Abstract**

The state of Oaxaca contains a great richness of terrestrial vertebrates, occupies the first place in amphibian richness. However, this richness has been threatened by different factors such as diseases and the destruction of their habitat due to anthropogenic activity. Under this situation, the calculation of diversity in its different components and in different geographical gradients provides us with information for the creation of conservation strategies suitable for this group. In this work, alpha (richness) and beta (Jaccard index) diversity were calculated in three spatial divisions: physiographic subprovinces, altitude and vegetation. In addition, information on amphibians in protected areas of the state was evaluated. For the analyzes, the base of SNIB-CONABIO complemented with Gbif data and publications were used. With a total of 11673 records in 1754 collection locations, the distribution of 149 amphibian species of Oaxaca was analyzed. The Sierra Madre de Oaxaca contained greatest number of species, followed by the Sierra Madre del Sur and the Montañas y Valles de Oaxaca, with around one third of the species found in each of them. The beta diversity among the provinces defined two large distribution zones of the amphibians, one towards the Pacific (from the Central Valleys to the Coast) and another toward the Gulf of Mexico (from the Sierra Madre de Oaxaca, the provinces of the Isthmus and Planicie of the Gulf). In terms of altitude, two zones can be defined, one above 2000 m.a.s.l. where the similarity values are lower; the other zone below 2000 m.a.s.l. where the values of similarity in general are higher. For the vegetation data and the protected areas of the state, the results were not consistent due to the lack of records. It is concluded that the data of the bases used allow a congruent evaluation that reflects the spatial diversity patterns of the amphibians of the State of Oaxaca.

**Key words:** *Jaccard index, physiographic subprovinces, altitude, vegetation*

## INTRODUCCIÓN

El estado de Oaxaca presenta una gran diversidad fisiográfica, climática, florística y faunística, razones por las que se le ha considerado un estado megadiverso; cuenta con el mayor número de vertebrados terrestres a nivel nacional, ocupando el primer lugar en cuanto a riqueza de anfibios en nuestro país con 154 especies (Ordóñez y Rodríguez, 2008; Mata-Silva *et al.* 2015; Lavariega *et al.* 2017).

La gran riqueza del estado de Oaxaca se ha visto amenazada por distintos factores, como la explosión demográfica, la destrucción o modificación de su hábitat entre otros (González-Pérez *et al.* 2004). Estas afectaciones se han visto reflejadas mayormente en especies altamente sensibles a cambios en su ambiente, poca movilidad y de distribución reducida como los anfibios (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006).

Se considera que los anfibios están sufriendo la peor crisis de extinción de toda su historia (Wake y Vredenburg, 2008). Los factores causantes del declive de anfibios son de diferente índole, como la destrucción de su hábitat, explotación, introducción de especies exóticas, así como el efecto del cambio climático y enfermedades emergentes (Collins y Storfer, 2003; Daszak *et al.* 2003; Lips *et al.* 2008).

Bajo esta problemática, las áreas protegidas han sido una herramienta para conservar las especies, contribuyendo a la provisión de servicios a largo plazo y la conservación de los hábitats y ecosistemas (FAO, 2017), además de equilibrar la conservación y el uso de los recursos naturales (Roux *et al.* 2008).

Existen diferentes tipos de áreas naturales protegidas (ANP), entre las que se encuentran las ANP's de decreto federal, estatal y las áreas destinadas voluntariamente a la conservación o áreas comunitarias (ADVC). En Oaxaca se encuentran ocho áreas naturales protegidas con decreto federal, y seis áreas con decreto estatal (Anexo I), además de 150 áreas destinadas voluntariamente a la conservación (CONABIO, 2018).

A nivel nacional, presentan problemáticas como una elección no adecuada del área, elegidas por su valor cultural y no justamente por su diversidad biológica; o por territorio insuficiente, falta de planes de manejo y población inmersa en ellas, así como tala ilegal y caza (CONANP, 2001).

Una forma correcta de proponer estrategias de conservación es midiendo la diversidad en sus distintos componentes, así la diversidad alfa mide la riqueza de especies de un ensamble local; mientras que la beta, el grado de diferencia entre las comunidades (Halffter y Moreno, 2005;

Koleff y Soberón, 2008). La diversidad alfa, de la cual la riqueza de especies es la medida más visible, es quizás el aspecto más estudiado de la diversidad (Cardoso *et al.* 2010). Sin embargo, la diversidad beta, o recambio en la composición de especies entre sitios, es un criterio importante para alcanzar una adecuada representación de la biodiversidad regional en sistemas de áreas protegidas (Kattan *et al.* 2006).

La alta diversidad beta de muchos grupos biológicos en nuestro país tiene importantes implicaciones para la biología de la conservación y el manejo y planeación estratégica de identificación de sitios prioritarios para preservar nuestro patrimonio biológico (Sarukhán *et al.* 1996), pues implica que para la conservación de una parte representativa de la biodiversidad se requiere un red de áreas protegidas con mayor número de sitios (Koleff y Soberón, 2008).

Una forma de conocer la diversidad de especies es a través del uso de bases de datos creadas por medio de inventarios, donde se catalogan los datos existentes en un tiempo dado, en un área geográficamente delimitada (Dennis y Ruggiero, 1996).

En nuestro país, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) es la instancia encargada de coordinar, apoyar y promover el conocimiento y uso adecuado de la diversidad biológica, así como organizar la información resultante de diversos proyectos de investigación sobre diversidad (Halfpter *et al.* 2001), dicha información puede ser utilizada para analizar los patrones de distribución de las especies, así como la medición de la diversidad en sus distintos componentes.

## ANTECEDENTES

Los trabajos sobre anfibios en el estado de Oaxaca han estado enfocados en el estudio de la riqueza, distribución y estado de conservación del este grupo (Casas-Andreu *et al.* 1996, Casas-Andreu *et al.* 2004; Castro, 2011; Caviedes ,2009; Illescas ,2012; Martín-Regalado *et al.* 2011; Martínez, 2011; Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006; Rivera *et al.* 2009; Torres-Barragán, 2012; Vega-Trejo, 2010), sin embargo, el componente  $\beta$  de la diversidad de este grupo ha sido poco estudiado.

Dentro de los trabajos sobre diversidad  $\beta$  están el de Quian (2009) quien realizó un estudio a nivel de regiones biogeográficas del mundo y encontró que la diversidad  $\beta$  de reptiles y anfibios es mayor en comparación con otros grupos de vertebrados.

En México se han desarrollado distintos trabajos sobre el estudio del recambio de especies en diferentes localidades, relacionado directamente con la sobre posición de áreas de distribución de especies dentro de una región de estudio, es decir estudios sobre el componente  $\beta$  de la diversidad (Halffter *et al.* 2005).

Para el grupo de los mamíferos a escala nacional, se encuentra el trabajo de Rodríguez (1999), quien evaluó la riqueza y la diversidad beta de este grupo en distintos componentes espaciales, encontró que la distribución de los mamíferos en el gradiente latitudinal del país se explica fundamentalmente por la diversidad alfa, y que la diversidad beta no contribuye al gradiente altitudinal pero si explica la gran riqueza del orden Rodentia. Por otra parte, en su análisis por orden de mamíferos, encontró que el gradiente latitudinal del diversidad alfa está influido por el orden Chiroptera y el patrón de diversidad beta es generado por todos los órdenes. Por último indica que para los Carnívoros que son un grupo con baja diversidad beta se necesitan pocas áreas para su conservación, de lo contrario para el Orden Rodentia de alta diversidad beta se necesita un complejo de áreas protegidas dispersas por todo el país.

Arita y Rodríguez (2002), utilizando un modelo de cuadrantes anidados, estudiaron los roles que juegan las escalas en la definición de los patrones de diversidad de los mamíferos. Encontraron que la diversidad regional de especies y el rango de distribución promedio de las especies son datos básicos necesarios para la predicción de patrones en el escalamiento de la diversidad de especies.

Rodríguez *et al.* (2003), estudiaron el componente beta de la riqueza de especies utilizando bandas latitudinales, consideran que este componente es el más importante para explicar la

extraordinaria diversidad en el ámbito nacional. En el trabajo, encontraron un patrón de variación de la diversidad beta respecto a la latitud similar para quirópteros y mamíferos terrestres. Sin embargo, el recambio de especies es un componente mayormente asociado a los mamíferos terrestres.

Para el grupo de las aves se encuentra el trabajo de Lira-Noriega (2006), donde analizó los patrones de diversidad alfa, beta y gama en una región de centro de México, a través de datos de distribución puntual y potencial, cinco resoluciones espaciales. Los resultados de este trabajo mostraron que con datos de presencia observada hay una subestimación de la diversidad alfa y gamma, y una sobreestimación de la diversidad beta; y que los cambios en las escalas afectan significativamente las estimaciones de la diversidad.

Rodríguez (2007), analizó los patrones biogeográficos de la avifauna del Istmo de Tehuantepec mediante la regionalización del área. Con base en un análisis de simplicidad de Endemismos (PAE) y la evaluación del recambio espacial de especies, obtuvo que ambos análisis, sugieren que la avifauna del Oeste de México es distinta al resto del área que estudió, además distinguió cinco regiones geográficas para las aves de Istmo de Tehuantepec.

Para la herpetofauna del país se encuentran las investigaciones de Flores-Villela *et al.* (2005), que estudiaron la diversidad beta como el recambio de especies de los anfibios y reptiles entre unidades de muestreo adyacentes, en seis transectos de distintas regiones del país. Los autores encontraron que la Sierra Madre Occidental y la Península de Yucatán presentaron los valores más altos de diversidad beta, mientras que la mayor riqueza se encuentra en el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. También obtuvieron una relación significativa entre el número de registros y la riqueza de especies en cada transecto.

Ochoa-Ochoa y Flores-Villela (2006), analizaron las áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana usando bases de datos de registros de anfibios y reptiles de distintas instituciones y cuadrículas de distintas escalas. Encontraron que los estados con mayor riqueza y endemismos se ubican en la porción sur del país, sin embargo encontraron cuadros al norte del país con una importante riqueza así como endemismo, los cuales se encuentran fuera (aunque cerca) de áreas protegidas.

Pineda *et al.* (2005), compararon las afectaciones sobre las diversidades alfa y beta de ranas, escarabajos y murciélagos en la transformación del bosque de niebla en cafetales con sombra, en un paisaje del centro de Veracruz; encontraron que, los tres grupos responden de manera distinta

a las afectaciones del hábitat; los anfibios presentaron una clara disminución de su riqueza en los cafetales, mientras que los escarabajos tuvieron mayor riqueza y abundancia; para los murciélagos la composición fue la misma entre el bosque de niebla y los cafetales. Las disimilitudes en los ensambles de especies las atribuyen a las características propias de cada grupo, también mencionan que los cafetales con sombra conforman una matriz que envuelve los fragmentos de bosque de niebla y los conectan con otros hábitats del paisaje.

Urbina-Cardona y Reynoso (2005), analizaron el recambio de especies en el gradiente potrero-borde-interior en los Tuxtlas, México. Encontraron que la riqueza de anfibios y reptiles tiende a aumentar en el borde de la selva. Hacia el interior de la selva aumentan las especies de anfibios pequeños con desarrollo directo y preferencia por hábitats fosoriales y arborícolas. Los sitios de potrero e interior de la selva presentaron el mayor grado de recambio de especies de anfibios y reptiles.

En un meta-análisis realizado para México sobre diversidad con distintos grupos taxonómicos; encontraron que aquellos grupos conformados por especies que tienden a distribuirse en áreas pequeñas, como los anfibios, presentan una mayor diversidad  $\beta$  que los grupos conformados por especies que se distribuyen en áreas más amplias, como las aves (Rodríguez, 2009).

En el estado de Oaxaca, se ha realizado un análisis de diversidad  $\beta$  para el grupo de los mamíferos terrestres del estado con base en las ocho regiones político-administrativas, las cuencas hidrológicas y un gradiente de vegetación (Monroy-García, 2009), también un análisis del componente beta para la herpetofauna de Oaxaca (Casas-Andreu *et al.* 1996; Mata-Silva *et al.* 2015), sin embargo para el grupo de los anfibios no está reportado un análisis de diversidad  $\beta$ .

Si bien se han definido zonas de importancia de conservación a través de un grupo de estudio como son los mamíferos, de acuerdo con Urquiza-Haas *et al.* (2011) en su trabajo sobre selección de áreas prioritarias para el país a través de un grupo indicador, encontraron que los anfibios logran representar una mayor proporción de especies comparado con los otros grupos con un total de 753 (80.3%) en comparación con los reptiles, las aves y los mamíferos

## **JUSTIFICACIÓN**

Estudios muestran las altas tasas de disminución de las poblaciones de anfibios, incluso la extinción de algunas especies, no solo en zonas habitadas por el hombre, sino también en zonas protegidas principalmente tropicales, todo esto, consecuencia del cambio climático inducido por la actividad antropogénica (Tejedo, 2003), tales como la destrucción y fragmentación del hábitat (Knutson *et al.* 1999), así como el aumento de radiación UV (Lizana y Pedraza, 1998) y la introducción de especies exóticas (Knapp y Matthews, 2000); las infecciones e indudablemente la contaminación ambiental (Sparling *et al.* 2001 en Marco, 2002) como lo es la contaminación de cursos de agua y zonas húmedas, lo cual afecta directamente a fases acuáticas de anfibios adultos así como etapas embrionarias y larvarias (Marco, 2002). Por esto, es de importancia conocer la distribución de estos organismos, así como medir la diversidad en sus distintos componentes y a distintas escalas geográficas, lo que nos dará mayor conocimiento de las zonas de importancia de estos organismos, con el objeto de construir estrategias adecuadas para su conservación.

## **OBJETIVO**

Calcular la diversidad beta de los anfibios del estado de Oaxaca en distintas divisiones espaciales para analizar la cobertura de las áreas naturales protegidas del estado.

### **Objetivos específicos**

- Recopilar información de riqueza de especies y distribución de los anfibios del estado de Oaxaca.
- Determinar la diversidad  $\alpha$  y  $\beta$  de los anfibios a nivel de provincias fisiográficas, rangos altitudinales, tipos de vegetación del estado de Oaxaca y cuadrículas de 0.25 grados
- Analizar la cobertura de las áreas naturales protegidas en relación a las zonas de importancia de diversidad  $\alpha$  y  $\beta$ .

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estado de Oaxaca se encuentra en la porción sur-sureste de la República Mexicana entre las coordenadas 16° 40' y 15° 39' N y 96° 0' y 98° O. Se encuentra en un rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 3750 m s.n.m. Tiene una extensión de 95 364 km<sup>2</sup>, ocupando el 5to lugar a nivel nacional (INEGI, 2018; Fig. 1).

El 47% de la superficie del estado presenta clima cálido subhúmedo que se localiza en toda la zona costera y hacia el este, el 22% presenta clima cálido húmedo localizado principalmente en la región norte, el 16% presenta clima templado húmedo en las partes altas orientales de los cerros Volcán Prieto y Humo Grande, el 11% presenta clima seco y semi-seco en la región centro sur y noroeste, el restante 4% presenta clima templado subhúmedo hacia el sur y noroeste del estado en zonas con altitudes entre 2000 y 3000 m (Trejo, 2004).

En cuanto a su geografía, Oaxaca es uno de los estados más accidentados del país, aquí se combinan intrincadas serranías, planicies, playas y cañadas, es uno de los estados más montañosos del territorio mexicano en el cual se cruzan la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur (Dalton, 1994).

La vegetación de Oaxaca contiene una importante riqueza y diversidad biológica representada en 26 tipos: Bosque de abetos u oyameles, Bosque de enebros, Bosque caducifolio, Bosque mesófilo de montaña, Encinares, Pinares, Cardonales y Tetecheras, Chaparral, Matorral espinoso, Izotal, Selva alta perennifolia, Selva alta o media subcaducifolia, Selva baja caducifolia, Selva Baja espinosa caducifolia, Selva mediana caducifolia, Manglar, Popal, Tular y Carrizal, Vegetación flotante y sumergida, Bosque de galería, Palmar, Pastizal, Sabana, Vegetación de dunas costeras, y Agrupaciones de halófitos (Torres-Colín, 2004).



Figura 1 *Ubicación del estado de Oaxaca dentro de la República Mexicana (INEGI, 2018)*

**Obtención de datos.** Se creó una base de datos sobre registros de anfibios en el estado de Oaxaca, obtenidos principalmente de la base de anfibios del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB) solicitada a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). También se obtuvieron datos del portal web Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Por otra parte, se buscaron registros de algunas especies en literatura especializada, con el fin de tener representadas el mayor número de especies (Canseco-Márquez *et al.* 2017a; Canseco-Márquez *et al.* 2017b; García-Vázquez *et al.* 2016; Lynch, 1967; Meik *et al.* 2006).

Con ayuda de Arc Gis10.3 se le asignó a cada registro municipio, provincia fisiográfica, rango altitudinal, y tipo de vegetación, para conocer la distribución de estos organismos en los distintos gradientes ambientales.

## **Análisis de datos.**

### **Análisis general de registros y localidades únicas de colecta**

Se contabilizaron para el estado el número de registros de anfibios por especie, género y familia; además de contabilizar el número de localidades únicas de colecta que se encuentran en el estado de Oaxaca, dentro de las provincias fisiográficas, rango altitudinal y vegetación, estas localidades únicas se encontraron a través del cálculo de un número único entre las coordenadas de colecta de las especies de anfibios.

### **Análisis por subprovincias fisiográficas**

El análisis de la distribución espacial de los anfibios en el Estado, se basó en la propuesta de subprovincias fisiográficas de Ortiz-Pérez *et al.* (2004). De acuerdo con los autores, la regionalización fisiográfica constituye el esqueleto básico de la expresión del conjunto de formaciones y deformaciones de la corteza terrestre, mismo conjunto, crea las variaciones de los factores físico-geográficos tales como clima, aguas superficiales y subterráneas, suelo, vegetación y paisajes.

Esta propuesta se modificó con la ayuda de una imagen satelital de orografía del Estado obtenida con ayuda del programa SAS.Planet; se utilizaron dos imágenes las cuales se sobrepusieron para ajustar el dibujo de las provincias a la orografía y obtener menor sesgo en los datos, este proceso se realizó en el programa Arc GIS 10.3 (Fig. 2).

Las subprovincias fisiográficas son:

1. **Depresión del Balsas\_(DB):** Se extiende por extremo noroccidental del estado. Limita al Norte con el estado de Puebla, al oeste y al sur con las montañas y Valles del Occidente de Oaxaca y al Oeste con el estado de Guerrero, cuenta con una superficie de 1788.17 km<sup>2</sup>. Esta provincia forma parte de la cuenca alta del río Balsas. Está estructurada en dos subcuencas altas, de las que destaca la del río mixteco. Coincide territorialmente con su homónima de la regionalización fisiográfico-florística del estado, realizada por García-Mendoza y Torres (1999) mismos que indican que las comunidades de vegetación más características consisten en las selvas bajas caducifolias, diferentes tipos de matorrales y algunos encinares.

2. **Montañas y Valles del Occidente de Oaxaca\_(MVO):** Al norte colinda con el estado de Puebla; al noreste con las estribaciones del pilar tectónico del flanco occidental de la Fosa de Tehuacán; al sureste con los Valles Centrales; al sur con el grupo meridional de la Sierra Madre del Sur, y al oeste con el estado de Guerrero. Por su superficie constituye la subprovincia fisiográfica de mayor extensión con 21 262.73 km<sup>2</sup>. Esta subprovincia se corresponde con la subprovincia florística de la Mixteca alta, propuesta por García-Mendoza y Torres (1999).
3. **Fosa de Tehuacán\_(FT):** Colinda al norte con el estado de Puebla, continuando con la misma configuración de fosa; al este, con el pilar tectónico de las sierras Mazateca y de Monteflor, pertenecientes a la Sierra Madre de Oaxaca, localmente conocida como Sierra Juárez; al oeste, con el grupo septentrional de la subprovincia de las Montañas y Valles del occidente de Oaxaca; al sur con el parte, aguas de la sierra, que divide la fosa de la unidad de los Valles Centrales, esta subprovincia posee una superficie de 1 134.21 km<sup>2</sup>. En relación con las unidades florísticas, esta provincia coincide con la subprovincia de Teuacán-Cuicatlán, donde reina un clima semiárido, con predominio de las selvas bajas caducifolias y diversos tipos de matorrales.
4. **Sierra Madre de Oaxaca\_(SMO):** Abarca una superficie de 17519.95 km<sup>2</sup>. Limita al norte-noroeste con el estado de Puebla, al norte y este, con la planicie costera del Golfo, y al oeste con la fosa de Tehuacán; al sur con los Valles Centrales y Montañas y Valles del Centro de Oaxaca. Coincide con la subprovincia florística de la Sierra Madre de Oaxaca según García-Mendoza y Torres (1999), y en ella predominan el bosque mesófilo de montaña, bosque de *Quercus*, *Pinus* y *Abies*, así como pequeñas zonas de matorral.
5. **Planicie costera del Golfo\_(PCG):** limita por el occidente y el suroeste con la Sierra Madre de Oaxaca; al norte y al oriente con la Planicie de Veracruz y al noreste, con el estado de Puebla, cubre una extensión de 7 975.92 km<sup>2</sup>. El relieve de esta unidad coincide con la provincia costera del Golfo (García-Mendoza y Torres, 1999), donde predominan las selvas altas y medianas perennifolias, distribuidas en los sectores bajos de los ríos Tonto, Santo Domingo, Valle Nacional, Cajonos, La Lana, Jaltepec y Coatzacoalcos. Además, se encuentran intercaladas pequeñas áreas con sabanas, encinares y pinares tropicales.

6. **Valles Centrales de Oaxaca\_(VCO):** Colinda al norte con la Sierra Madre de Oaxaca; al este, con la región de las Montañas y Valles del Centro; al Oeste con las Montañas y Valles del Occidente, específicamente la Sierra de Nochixtlán y al sur con la Sierra Madre del Sur. Una característica notable de esta región es la existencia de una gran estructura circular, constituida por elementos del relieve anulares (en forma de anillo), en la que destaca el cerro El Labrador, con una altitud de 3000 m, como núcleo de la estructura. De acuerdo con García-Mendoza y Torres (1999), en esta zona se encuentran llanuras con cultivos y formaciones herbáceas, mientras que en los cerros y cadenas circulares se desarrollan bosques de *Quercus* y de *Pinus*.
7. **Montañas y Valles del Centro\_(MVC):** Al norte y al noroeste colinda con la Sierra Madre de Oaxaca; al oeste, con Valles Centrales, y al sur, con la Sierra Madre del Sur. Abarca una superficie de 6 662.62 km<sup>2</sup>. Una característica de esta subprovincia es la presencia de un conjunto de montañas, premontañas y lomeríos aislados. La Sierra más notable es la de Tehuantepec, con una altitud de 2 800 m en el cerro Piedra Larga (Yautepec). Esta serranía comprende uno de los nudos estructurales del relieve más complejos en todo el estado. Esta subprovincia queda contemplada en el extremo noreste de la Sierra Madre del Sur, según la clasificación de García-Mendoza y Torres (1999). De acuerdo con las investigaciones de estos autores, la vegetación dominante es el bosque de *Quercus-Pinus*, mesófilo de montaña, selva mediana subperenifolia y, en áreas restringidas, matorral y selva baja caducifolia.
8. **Depresión Istmica de Tehuantepec\_(DIT):** Limita al oeste con la Sierra Madre de Oaxaca, y al este con la Sierra Madre de Chiapas(región de los chimalapas), al norte con la Planicie Costera del Golfo, y al sur, con la Planicie Costera de Tehuantepec. Su superficie es de las más pequeñas, con 2 144.12 km<sup>2</sup>. García-Mendoza y Torres (1999) indican que esta zona está compuesta por selvas bajas caducifolias espinosas, sabanas, matorrales, y pequeñas áreas con bosques de *Quercus* y *Pinus*.
9. **Sierra Madre de Chiapas\_(SMCH):** Este sistemas montañoso colinda al norte con la Planicie Costera del Golfo, al este con la frontera de Chiapas; al oeste, con la Depresión Istmica de Tehuantepec y abarca 5 816.08 km<sup>2</sup> . Más del 20% de la superficie se encuentra por encima de los 1000m de altitud, poco menos del 50% de la región corresponde a las montañas de altura media y baja. El sistema hidrográfico es alimentado

por medio del río Uxpanapa, y el escurrimiento de la zona central se da mediante afluentes del río Coatzacoalcos. García-Mendoza y Torres (1999) mencionan que los tipos de vegetación son selvas altas, medianas subperenifolias, bosques mesófilos de montaña y selvas bajas perennifolias.

10. **Sierra Madre del Sur\_(SMS):** Estas montañas limitan al norte con las Montañas y Valles del Occidente, mediante el contacto del río Verde, los Valles Centrales y las Montañas y Valles del Centro de Oaxaca. Por todo el flanco sur limita con la Planicie Costera del Pacífico; posee una extensión de 12 350.15 km<sup>2</sup>. En esta región prevalecen los bosques de *Quercus* y *Pinus*, el mesófilo de montaña, selvas mediana subperenifolias y en áreas muy restringidas matorrales y selvas bajas caducifolias (García-Mendoza y Torres, 1999).
11. **Planicie Costera del Pacífico (PCP): Limita** al norte con la Sierra Madre del Sur, y al sur, con el Océano Pacífico. De carácter alargado y estrecho, ocupa 9 262 km<sup>2</sup>. Según García-Mendoza y Torres (1999) existen tres tipos de comunidades vegetales: Selvas medianas subcaducifolias y manglares en la línea costera.
12. **Planicie Costera de Tehuantepec\_(PCT):** Limita al norte con la Depresión del Istmo de Tehuantepec y la Sierra Madre de Chiapas; al suroeste parcialmente con la Planicie Costera del Pacífico y al sur con el Océano Pacífico. La subprovincia refleja una amplia distribución de sabanas, matorrales y manglares con vegetación subacuática en sus lagunas costeras, donde sobresalen las lagunas Superior, Inferior y Mar Muerto.

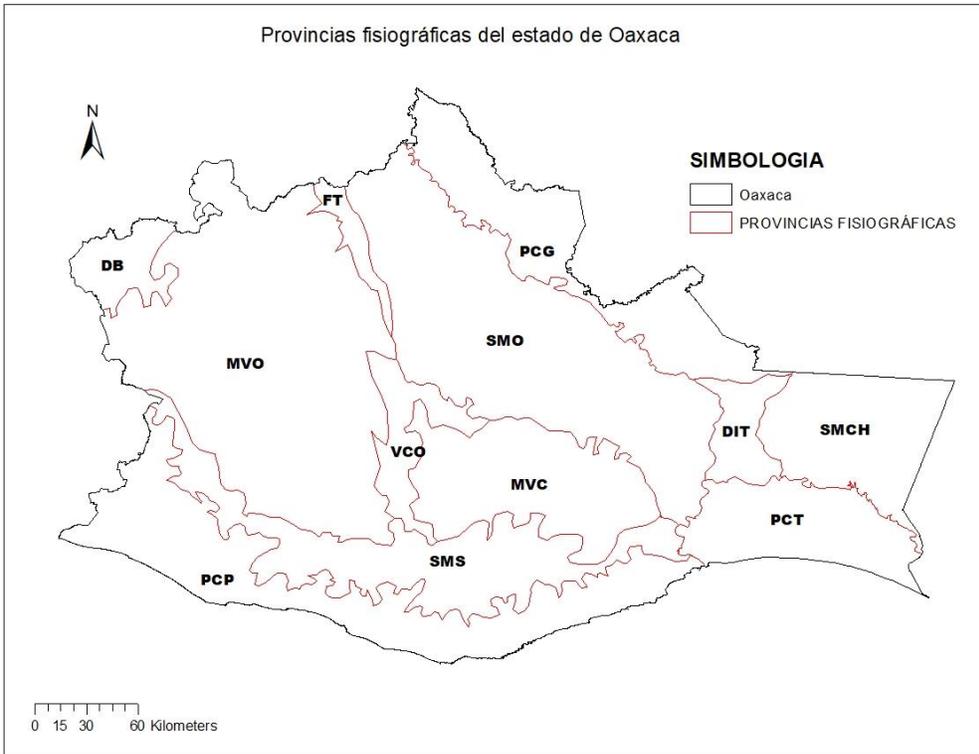


Figura 2. Subprovincias fisiográficas del estado de Oaxaca propuestas por Ortiz-Pérez et al. (2004) y modificadas en ArgGis 10.3 (proceso anteriormente descrito, para los nombres de las subprovincias ver el texto de arriba)

### **Análisis por rango altitudinal**

Para analizar la distribución de los anfibios por rangos altitudinales, se clasificó la altitud en siete rangos con un intervalo de 500 m s.n.m cada uno, el valor de altitud para cada registro de especies en la base de datos fue asignado de acuerdo con el Modelo de Elevación de 90 m del INEGI (MDE, Fig.3).

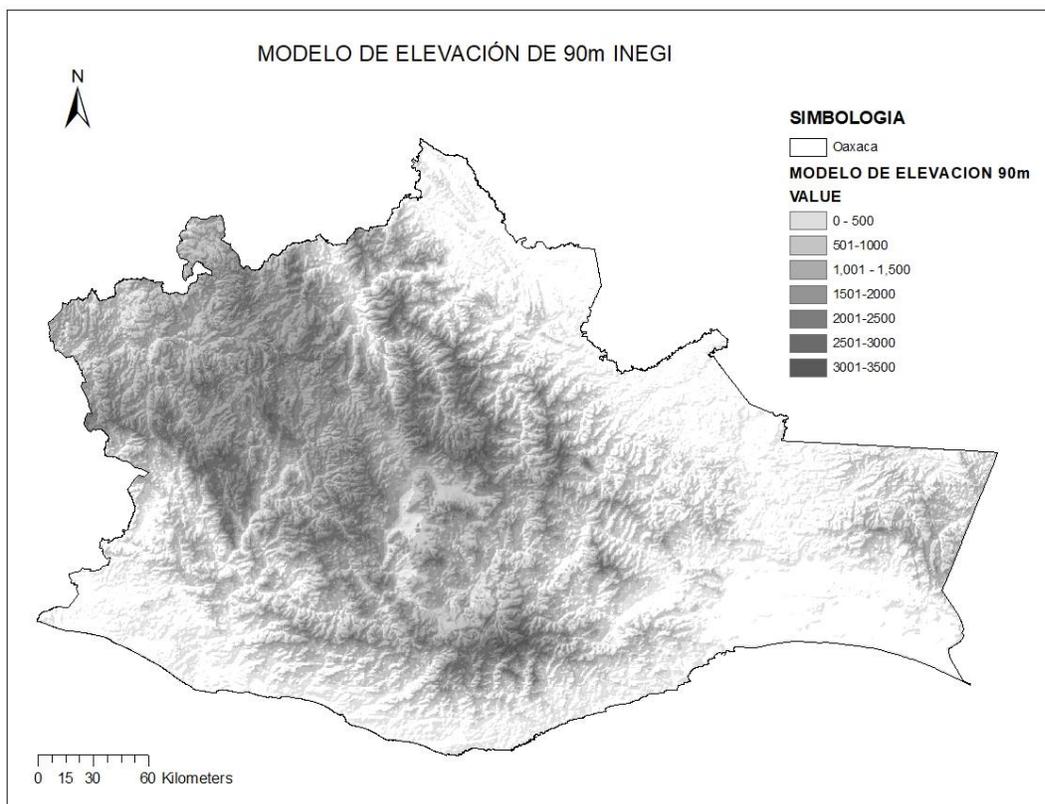


Figura 3. *Modelo de Elevación de 90m del INEGI, 2018*

Se construyeron dos matrices de presencia ausencia de las especies de anfibios que se distribuyen en cada rango altitudinal. La primera presenta la distribución actual y se construyó con los datos de la presencia de los anfibios en cada rango. La segunda matriz presenta una distribución altitudinal potencial; en ésta, se rellenaron los huecos de las distribuciones suponiendo que si están en una distribución menor y una mayor, esta especie podría encontrarse en medio de estas dos distribuciones (Anexo III; Anexo IV).

La primer matriz se utilizó para el análisis del número de especies total y especies endémicas por rango altitudinal, las dos matrices fueron utilizadas en lo posterior para el análisis de diversidad beta, comparando el resultado de la diversidad beta de la distribución normal de los anfibios y la diversidad beta potencial (segunda matriz).

### **Análisis por tipo de vegetación**

Para el análisis por tipo de vegetación se utilizaron las series I a VI del continuo de Uso de suelo y vegetación (USV) de libre acceso publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía

(INEGI, 1985; 1993; 2002; 2007; 2011; 2014), estas series permiten seguir la cobertura variable de doce ecosistemas vegetales, 58 tipos de vegetación e información sobre su estado sucesional, dando cerca de 200 diferentes categorías (INEGI, 2017).

Se relacionaron los periodos de cada serie de USV con los datos que correspondían a esa serie en la base de anfibios (Anexo II), para los datos anteriores a la creación de las Series de Uso de Suelo y Vegetación se utilizó la Serie I. Después se agrupo la vegetación teniendo como resultado 12: Agricultura(AGRI), Agua(AGUA), Bosques (BQ), Chaparral (CHAP), Manglar (MNG), Matorrales (MAT), Pastizal (PAST), Sabanoide (SAB), Selvas (SEL), Sin vegetación aparente (SVAP), Urbano construido (UC) y Vegetación secundaria (VS).

### **Estatus de conservación**

Para conocer el estatus de conservación de los anfibios del estado de Oaxaca se tomó como referencia la norma oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT, 2010) y la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2018).

### **Estimación de la diversidad $\beta$**

#### **Índice de Jaccard**

Se calculó la diversidad beta a nivel de provincias fisiográficas, altitud y vegetación. Se analizaron las matrices de presencia-ausencia para cada caso utilizando el coeficiente de similitud de Jaccard, el cual relaciona el número de especies compartidas con el número de especies exclusivas entre dos sitios:

$$J = j / (a + b - j)$$

Dónde:

j=especies encontradas en ambos sitios

a=Número de especies en el sitio A

b=Número de especies en el sitio B

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Magurran, 1988).

## **Índice de complementariedad**

La diversidad beta también se puede definir como el grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de muestras. Este grado de disimilitud lo expresa el índice de complementariedad, el cual relaciona el número de especies en el Sitio A, con el número de especies en el sitio B y el número de especies en común entre A y B (Colwell y Coddington, 1994), de esta manera se define la riqueza total ( $S$ ) para ambos sitios combinados como:

$$S_{AB} = a + b - c$$

Dónde:

a=número de especies del sitio A

b=número de especies del sitio B

c=número de especies en común entre los sitios A y B

El número de especies únicas ( $U$ ) a cualquiera de los dos sitios es:

$$U_{AB} = a + b - 2c$$

A partir de estos dos valores se calcula el índice de complementariedad ( $C$ ) de los sitios A y B:

$$C_{AB} = U_{AB} / S_{AB}$$

Los valores obtenidos a partir de este índice de complementariedad varían entre 0 cuando ambos sitios son idénticos en cuanto a composición de especies, hasta 1 cuando las especies de ambos sitios son completamente distintas.

Los cálculos para el índice de Jaccard se llevaron a cabo en el programa PAST y para el índice de complementariedad se usó el programa EXCEL.

## **Método de cuadrículas**

Para conocer la diversidad beta dentro de las provincias fisiográficas, se dividió al estado de Oaxaca en cuadrículas de 25km\*25km (1/4 de grado aprox.), se calculó la diversidad beta promedio con los índices de Jaccard y Complementariedad para las cuadrículas que contenían datos dentro de cada una de las provincias fisiográficas. Este método ha sido utilizado para analizar la diversidad beta y detectar zonas de importancia para la conservación para anfibios y reptiles a escala estatal (Aguilar-Miguel *et al.* 2009), así también, para analizar patrones de distribución de mamíferos a escala nacional (Rodríguez *et al.* 2003) y aves en regiones biogeográficas (Castro-Torreblanca *et al.* 2014)

### **Análisis de la cobertura de áreas naturales protegidas**

El análisis de la cobertura de las áreas naturales protegidas (ANPs), se realizó a través de mapas de las ANPs federales, estatales y de ADVC (CONABIO, 2018), se analizó cuales áreas contienen o no especies, además de ser de mayor importancia por poseer un alto número de especies y endemismos, y se analizó que áreas se encuentran o no inmersas dentro de las regiones fisiográficas de mayor diversidad  $\beta$  (Fig. 4).

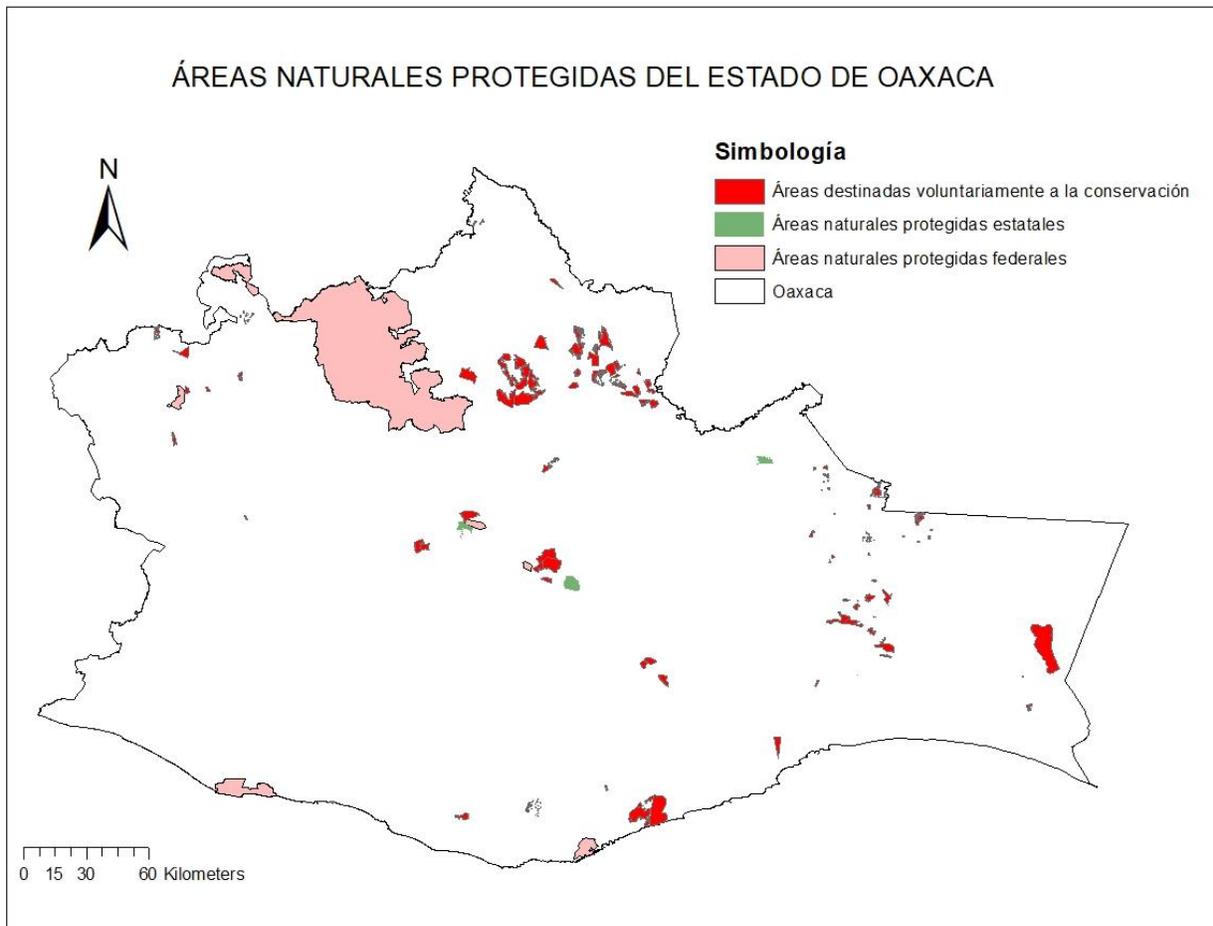


Figura 4. *Áreas naturales protegidas federales, estatales y áreas destinadas voluntariamente a la conservación, datos obtenidos de CONABIO, 2018*

## RESULTADOS

**Conformación de la base de datos.** La base SNIB sobre anfibios del estado de Oaxaca, está conformada de 10775 registros, que corresponden a 144 especies, estos datos pertenecen a un periodo de registros desde 1700 hasta el 2014. Esta base es una compilación de registros de distintos organismos gubernamentales e instituciones dedicadas a la investigación científica.

Debido a la agrupación de los datos, estos tienen sesgos de información como la falta de nombre de localidades de colecta, especies registradas cuya distribución no corresponde al Estado de Oaxaca y falta de georreferencia en puntos de colecta. Para disminuir estos sesgos, se rectificaron el nombre y ubicación de las localidades de colecta, punto por punto, proceso por el cual la base quedó conformada de 10610 registros de 134 especies.

En la plataforma Global Biodiversity Information Facility (GBIF), se encontraron 1143 registros que corresponden a 15 especies no presentes en la base SNIB.

Registros que corresponden a cinco especies más fueron ubicados en la bibliografía especializada (Canseco-Márquez *et al.* 2017a; Canseco-Márquez *et al.* 2017b; García -Vázquez *et al.* 2016; Lynch, 1967; Meik *et al.* 2006).

### Análisis de datos.

#### Análisis general de registros y localidades únicas de colecta

Se contabilizan en la base de datos 11763 registros sobre los anfibios del estado de Oaxaca, los cuales pertenecen a 3 ordenes, 13 familias, 35 géneros y 149 especies, exceptuando *Thorius maxilobrochus* y *Plectrohyla hartwegie* reportados por Mata-Silva *et al.*(2015), de las cuales no se encontró material para ubicar su localidad de colecta.

El mayor número de registros por especie corresponde a *Pseudoeurycea smithi* con 1817 registros en 54 localidades de colecta, seguido de *Thorius macdougalli* con 1185 registros en 65 localidades, cabe mencionar que estas dos especies son las únicas que presentan más de 1000 registros en el estado. Hay 24 especies que tienen entre 100-500 registros de las cuales 52% pertenecen a salamandras del género *Thorius* y *Pseudoeurycea*. Se encontraron 71 especies que están representadas con registros de entre once y 100; y 52 especies tienen un número de registros de entre uno y diez, de estas 14 tienen un solo registro (Fig.5).

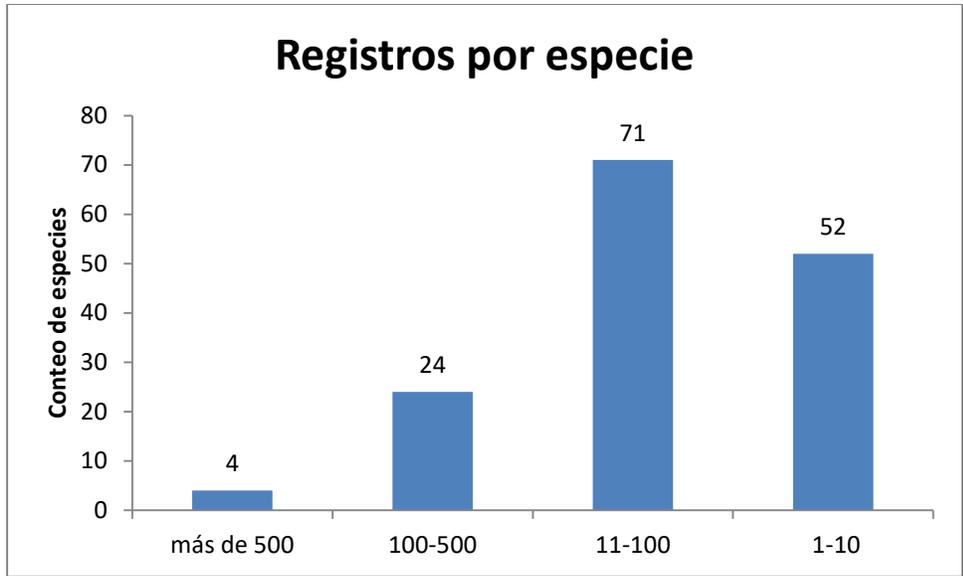


Figura 5. Conteo del total de especies por intervalos de registros.

De las 13 familias de anfibios, Plethodontidae es la que cuenta con el mayor número de registros con 6333, seguida de Hylidae con 2378 y Bufonidae con 1168. La familia con el menor número de registros pertenece a los cecilidos (Dermophiidae), con únicamente 12 registros en todo el estado de Oaxaca (Fig. 6). En cuanto a las localidades de colecta, la familia Hylidae es la que se encuentra en más localidades de colecta (623), seguida de Pletodonthidae (532) y Bufonidae (431).

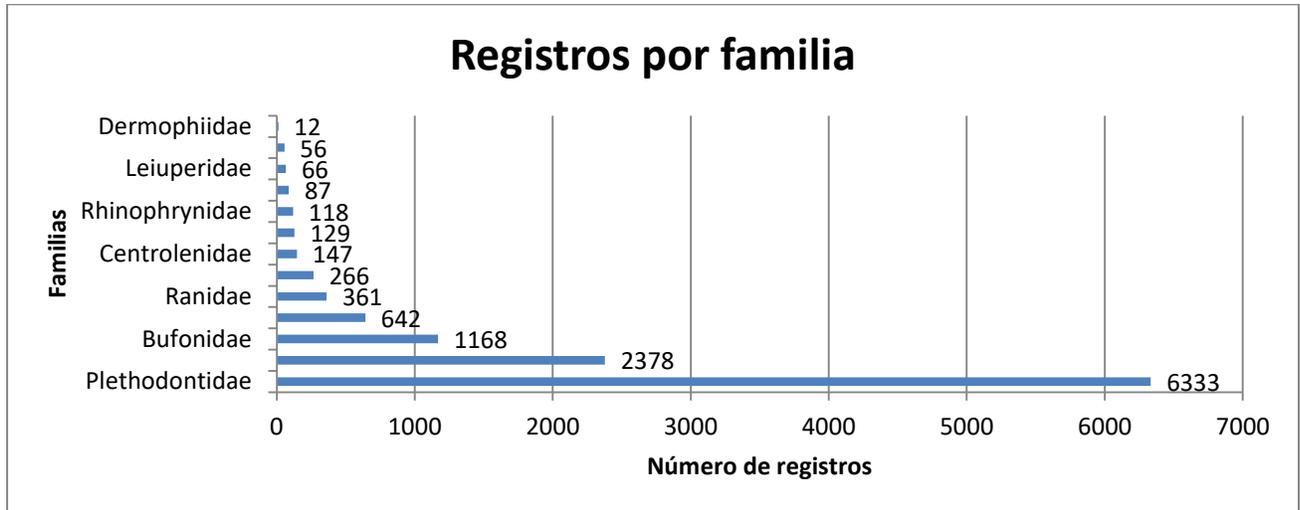


Figura 6. Número de registros por familia

Se registraron 35 géneros de anfibios, el género *Thorius* tiene mayor representatividad con 3018 registros, seguido del género *Pseudoeurycea* con 2784 registros, cabe mencionar que estos dos géneros son los únicos que sobrepasan los 2000 registros en el Estado, los géneros restantes oscilan en un rango que va de diez hasta 900 registros, entre estos se encuentran los géneros *Dermophis* (doce), *Duellmanohyla* (once), *Anoteca* (diez) y *Diaglena* (diez) con el menor número de registros (Fig. 7). Respecto a las localidades de colecta, el género *Incilius* se ubica con mayor número de localidades (346) seguido de *Thorius* (268) y *Craugastor* (233).

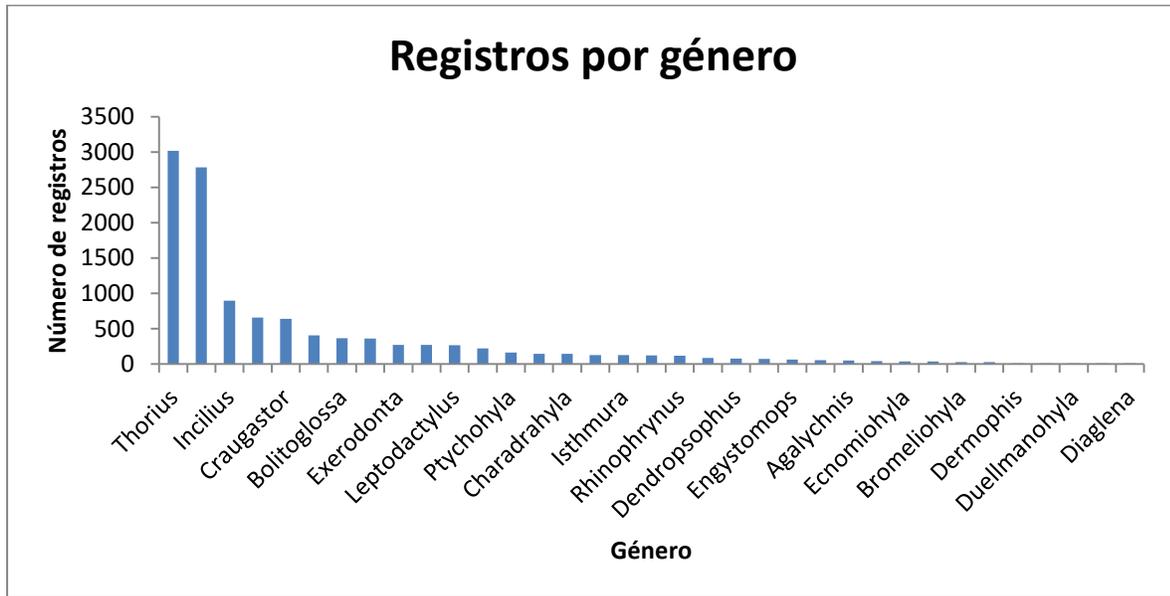


Figura 7. Conteo de registros por género de anfibios del estado de Oaxaca

Se contabilizaron 1754 localidades únicas de colecta, de las cuales el Paraje “La Cumbre” que pertenece al Cerro San Felipe, contiene el mayor número de registros, sin embargo, éstos solo pertenecen a dos especies que son *Pseudoeurycea smithi* y *Thorius narisovalis* (Fig.8).

La especie que se encuentra en más localidades de colecta es *Dryophytes euphorbiaceus* (136), seguida de *Incilius occidentalis* (129) y *Rhinella marina* (126). La localidad con mayor número de especies (13) se encuentra a 12 km al norte del cerro San Felipe, al sur de Ixtlán de Juárez, y se encuentra en la provincia de la Sierra Madre de Oaxaca.

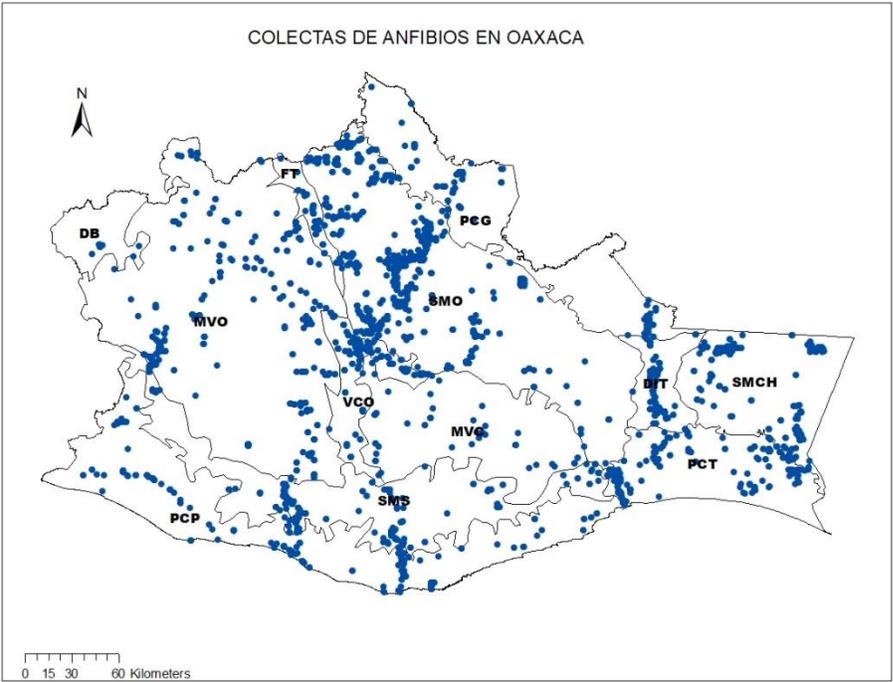


Figura 8. Mapa de las localidades de colecta de anfibios del estado de Oaxaca

**Registros de especies por año**

Se tiene registro de anfibios del año de 1700 hasta el 2017, durante el año 1999 se obtuvieron el mayor número de registros de especies con 113 y también el mayor número de datos con 2250, de acuerdo con los datos recabados, los años de 1937, 1939, 1944, 1948, 1959 y 2006 solo se registró una especie por año (Fig. 9).

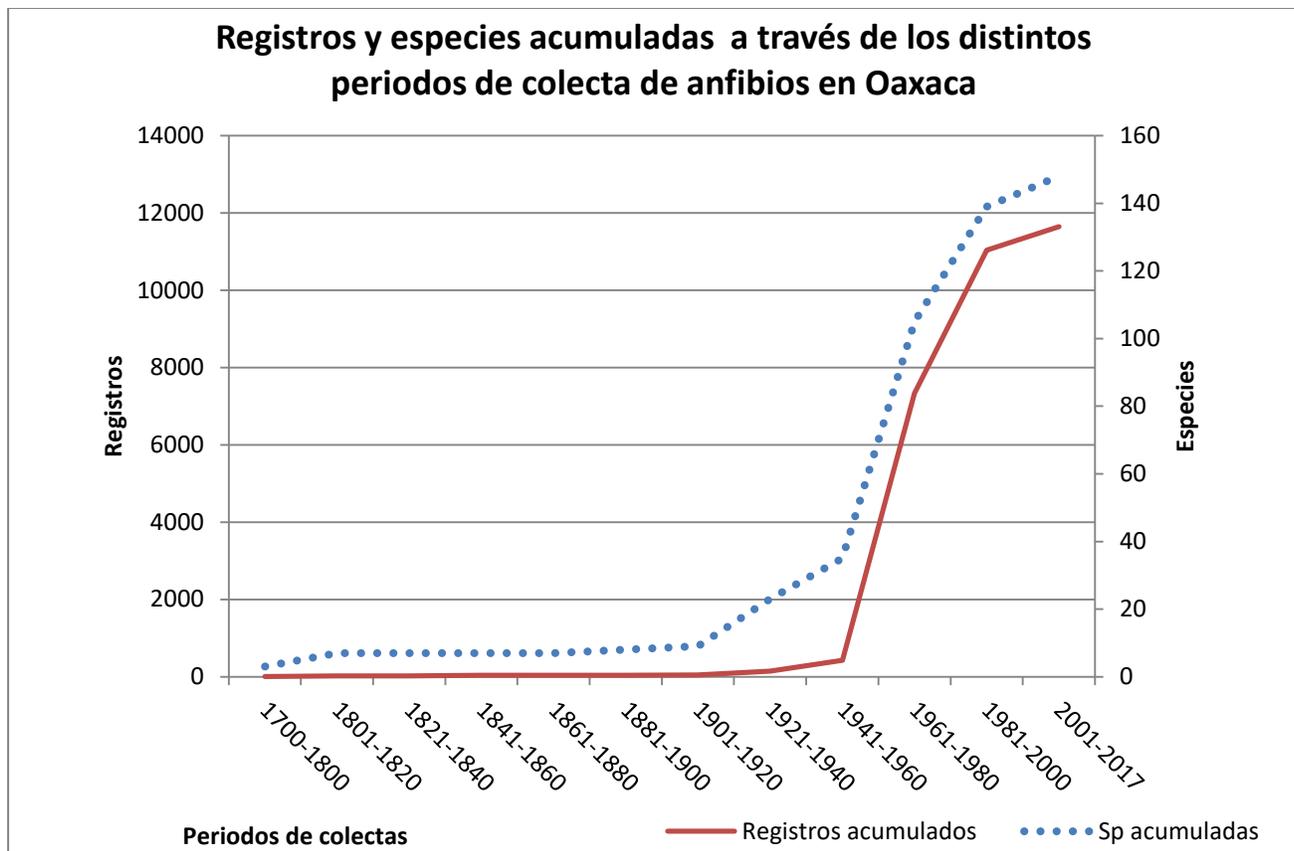


Figura 9. Curva de acumulación de especies y registros, datos acumulados durante periodos de 20 años a partir de los primeros registros en 1700 hasta el 2017.

De acuerdo con los datos se tiene registro de 20 especies que no han sido reportadas a partir de 1990 a la fecha, entre ellas se encuentran *Bromeliohyala dendroscarta*, *Charadrahyla altipotens*, *Plectrohyla calvicollina*, *Plectrohyla celata*, *Plectrohyla cembra*, *Plectrohyla crassa*, *Plectrohyla cyanomma* y *Plectrohyla siopela* que de acuerdo a IUCN (2018), algunas de ellas únicamente son conocidas en sus localidades de colecta.

### Estatus de conservación.

De las 149 especies registradas en la base de datos y de acuerdo con la Norma oficial Mexicana-059 (SEMARNAT-2010), 43 son endémicas de México, 60 endémicas de Oaxaca y 44 son de amplia distribución o No endémicas, dos especies no se encuentran en ningún estatus de conservación debido a que son recientemente descritas (*Ptychohyala zoque* y *Charadrahyla esperancensis*).

Destaca que, los anfibios endémicos de Oaxaca cuentan con el mayor número de registros (6749), en comparación con los de amplia distribución (2233) y los endémicos de México (2779).

De los géneros endémicos de México el más representativo es *Driophytes* con 660 registros en el Estado, el género *Thorius* es el que ha sido más registrado de los anfibios endémicos de Oaxaca. La Norma Mexicana ubica a las especies en distintas categorías de riesgo, dentro de éstas 16 especies están en categoría de Amenazadas (A), 44 están Sujetas a Protección especial (Pr), y 100 no se encuentran en ninguna categoría de riesgo (Fig. 10).

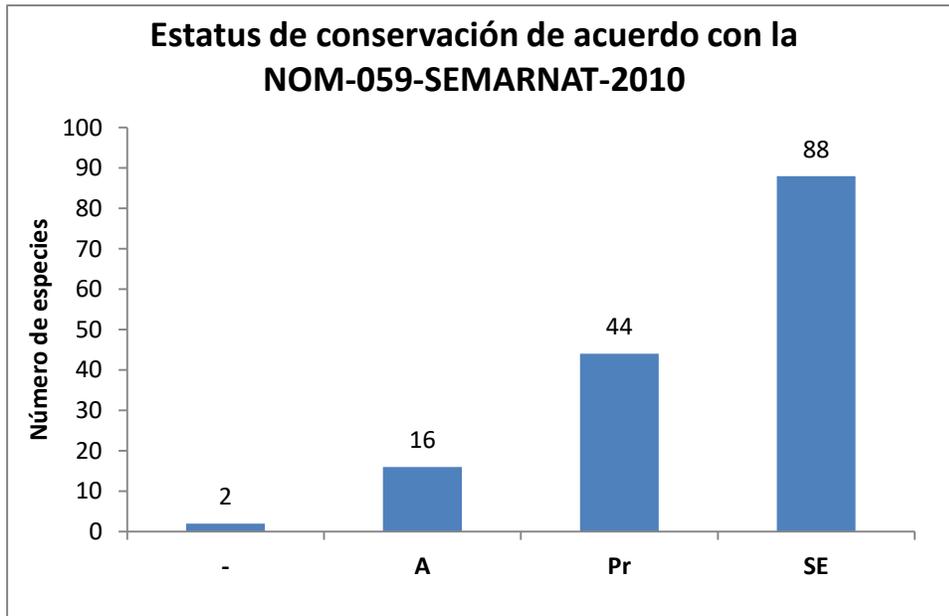


Figura 10. Número de especies en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-057-SEMARNAT-2010 donde A= Amenazadas, Pr=Sujetas a protección especial, SE=Sin estatus en la norma y (-)= especies recientemente descritas.

En relación con la Lista Roja de especies de la Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza (IUCN, 2018), 47 especies se encuentran en categoría de Preocupación menor (LC, por sus siglas en inglés), 32 en Peligro crítico (CR), 26 en Peligro de extinción (EN), 20 se clasifican como especies Vulnerables (VU), ocho especies se clasifican como Casi amenazadas(NT) y doce se consideran con Deficiencia de datos (DD) para conocer su estatus , cuatro no se encuentran en esta lista (SR) (Fig. 11).

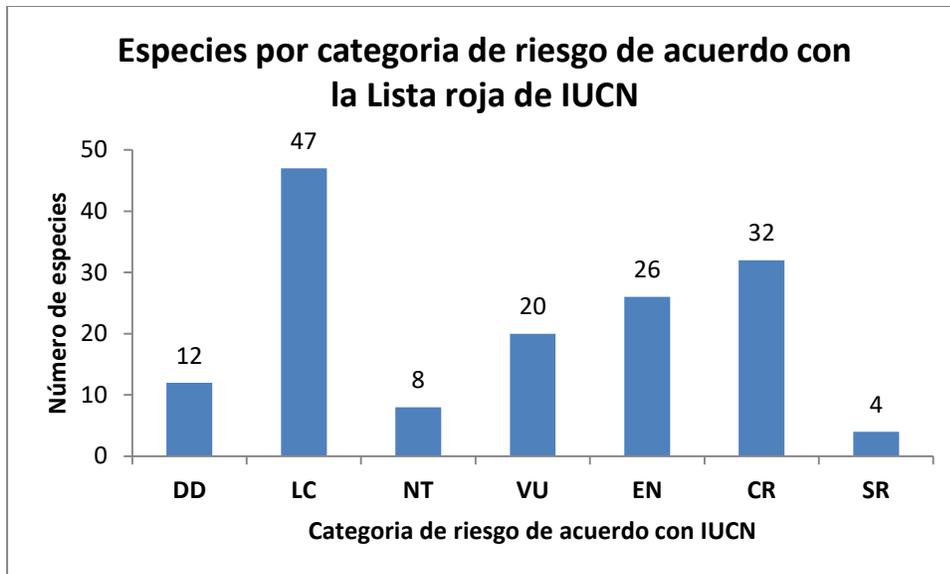


Figura 11. *Especies en categoría de riesgo de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza (IUCN), referencias de siglas en el texto.*

### Distribución en las provincias fisiográficas

Con el análisis de distribución en las provincias fisiográficas, se encontró que la Sierra Madre de Oaxaca tiene el mayor número de registros, con 6772, seguida de las Montañas y Valles del Occidente con 1116, las regiones con el menor número de registros fueron las Montañas y Valles del Centro con 75 y la Depresión del Balsas con 58 (Fig.12).

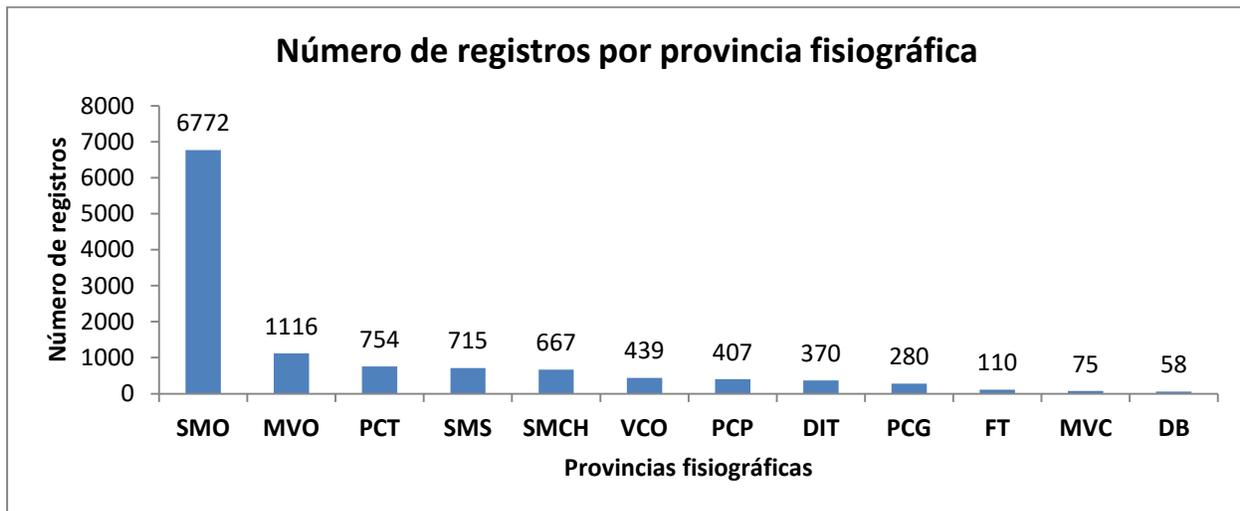


Figura 12. *Número de registros por provincia fisiográfica, SMO=Sierra Madre de Oaxaca, MVO=Montañas y Valles de Oaxaca, PCT=Planicie costera de Tehuantepec, SMS=Sierra Madre del Sur, SMCH=Sierra Madre de Chiapas, VCO=Montañas y Valles del Occidente, PCP=Planicie costera del pacífico, DIT=Depresión Ístmica de Tehuantepec, FT=Fosa de Tehuacán, MVC=Montañas y Valles del Centro, DB=Depresión del Balsas.*

Las Sierra Madre de Oaxaca ha sido la mejor muestreada con 652 sitios de colecta, seguida de las Montañas y Valles del Occidente con 220, la Depresión del Balsas fue la provincia con el menor número de localidades de colectas con solo seis sitios (Fig.13).

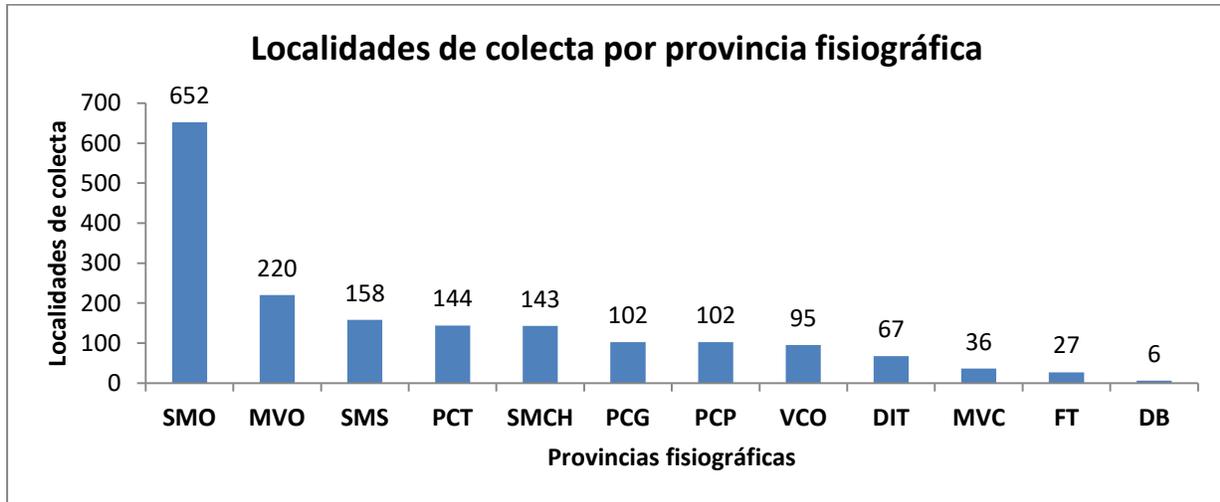


Figura 13. *Número de localidades de colecta por provincia fisiográfica*

La distribución de las especies de anfibios en las provincias fisiográficas oscila entre 95 en la Sierra Madre de Oaxaca y cuatro en la Depresión del Balsas; la Sierra Madre de Oaxaca contiene 95 especies, las Montañas y Valles del Occidente 53 especies y la Sierra Madre del Sur 51 especies, podrían señalarse estas regiones como importantes en consideración de tener el mayor número de especies en comparación con las otras regiones; por otra parte se encontró que en la Depresión del Balsas y la Fosa de Tehuacán está el menor número de especies (Fig. 14, Fig. 15).

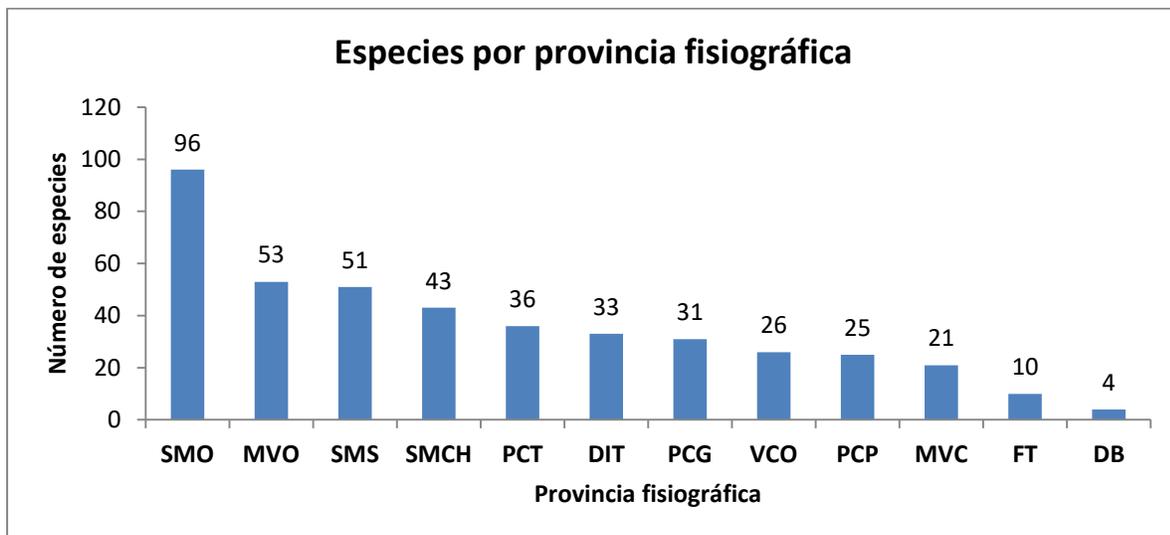


Figura 14. *Número de especies por provincia fisiográfica*

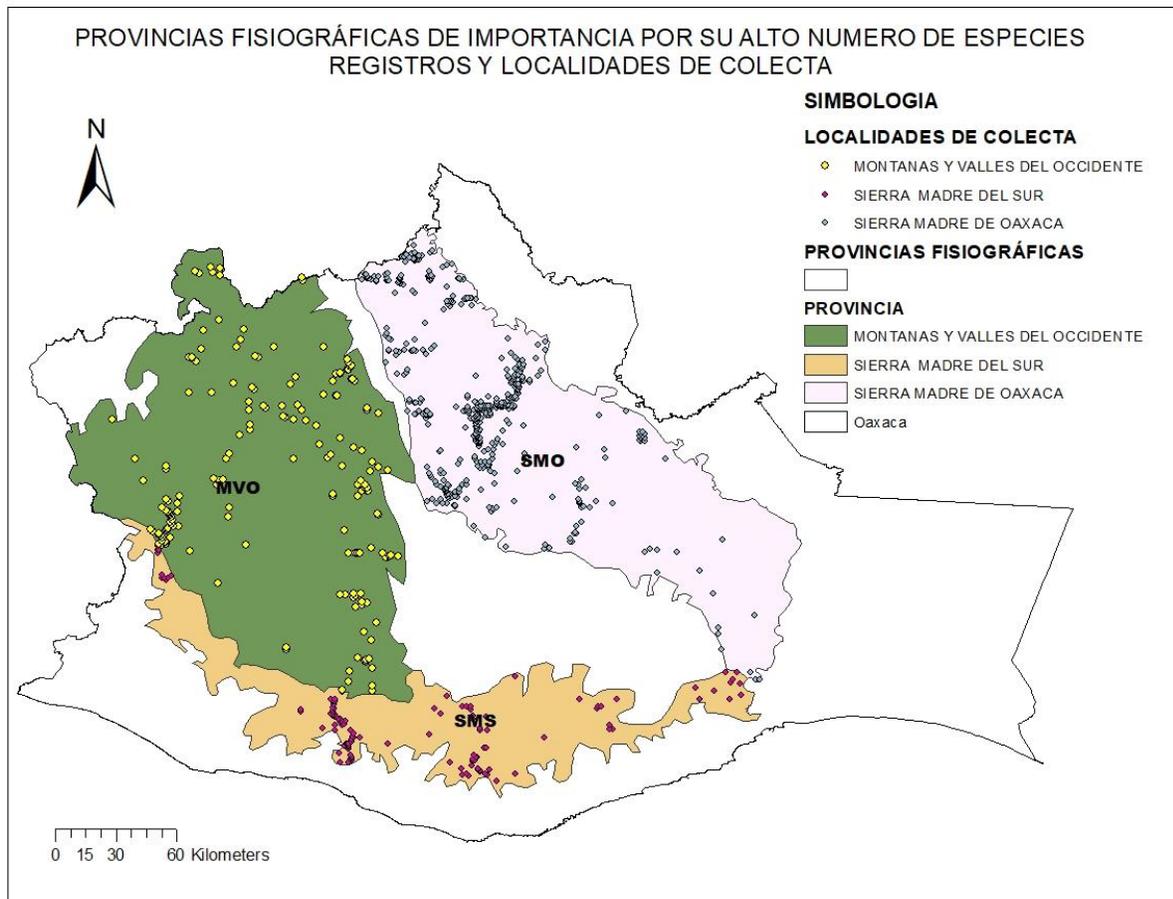


Figura 15. Provincias fisiográficas con el mayor número de especies, registros y localidades de colecta.

La especie con más amplia distribución entre las regiones fisiográficas es *Rhinella marina*, tiene registros en once de las doce regiones, seguida de *Exerodonta sumichrasti*, *Leptodactylus melanonotus* y *Smilisca baudini*, las cuales se encuentran en diez regiones; 31 especies se encuentran en dos regiones, 54 especies pueden considerarse de distribución restringida ya que solamente se han encontrado en una región del Estado.

### **Distribución por rango altitudinal.**

Los anfibios de Oaxaca se distribuyen en un rango que va de 0 hasta 3293 m s.n.m. En cuanto a las localidades de colecta el rango con mayor número de localidades es de 0-500 m s.n.m (564), seguido del rango de 1501-2000 m s.n.m con 295 localidades, el rango menos muestreado es entre los 3001-3500 m s.n.m con solo 24 localidades (Fig.16).

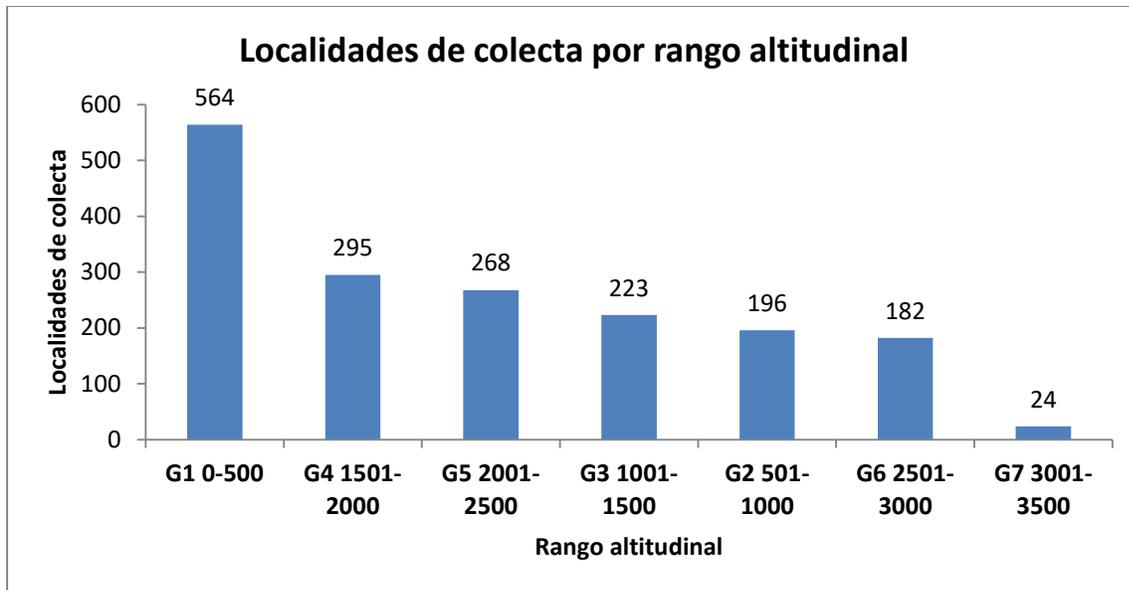


Figura 16. Muestra el número de localidades de colecta contabilizadas por cada rango altitudinal

El rango con mayor riqueza de especies es entre 0-500 m s.n.m con 87 especies y 2669 registros, en este rango se encuentran 45 especies endémicas y 41 no endémicas, las familias de anfibios que caracterizan este rango son los Hylidos y Bufonidos (Fig. 17, Fig. 18, Fig. 19).

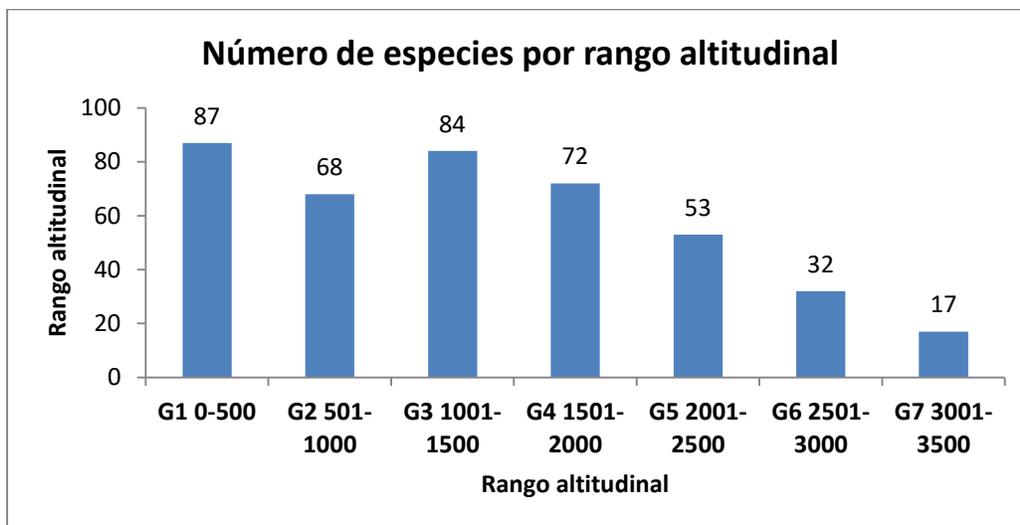


Figura 17 . Número de especies por cada rango altitudinal.

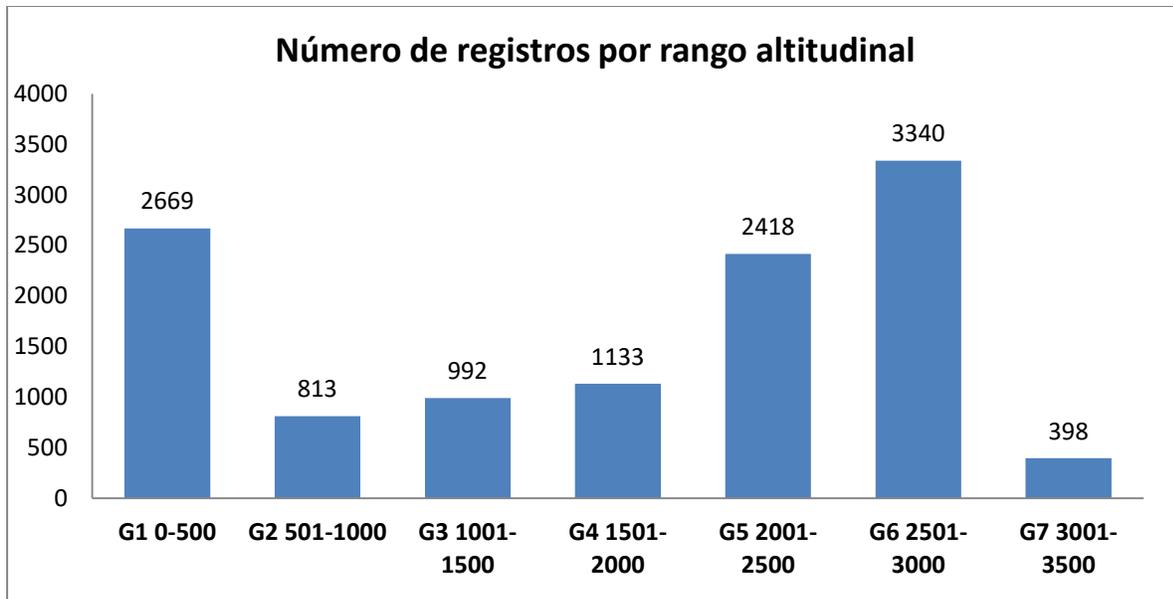


Figura 18. Número de registros por cada rango altitudinal.

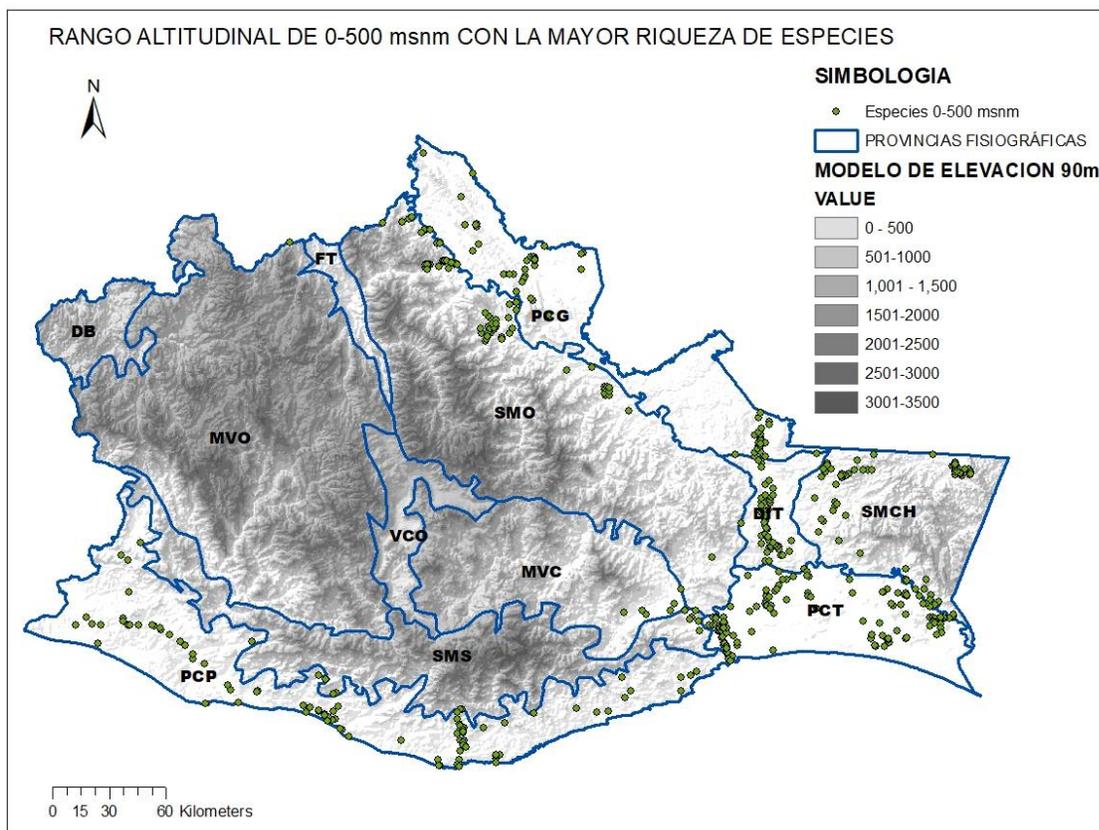


Figura 19. Localidades de registros en el rango de altitud de 0-500 msm, en el cual la riqueza de especies fue mayor en comparación con los demás rangos de altitud (87 especies y 546 localidades de colecta, 2669 registros).

El rango de 2501-3000 contiene el mayor número de registros con 3340, aunque contiene menor número de especies (32), aquí se pueden encontrar 21 especies endémicas de Oaxaca (Fig. 20).

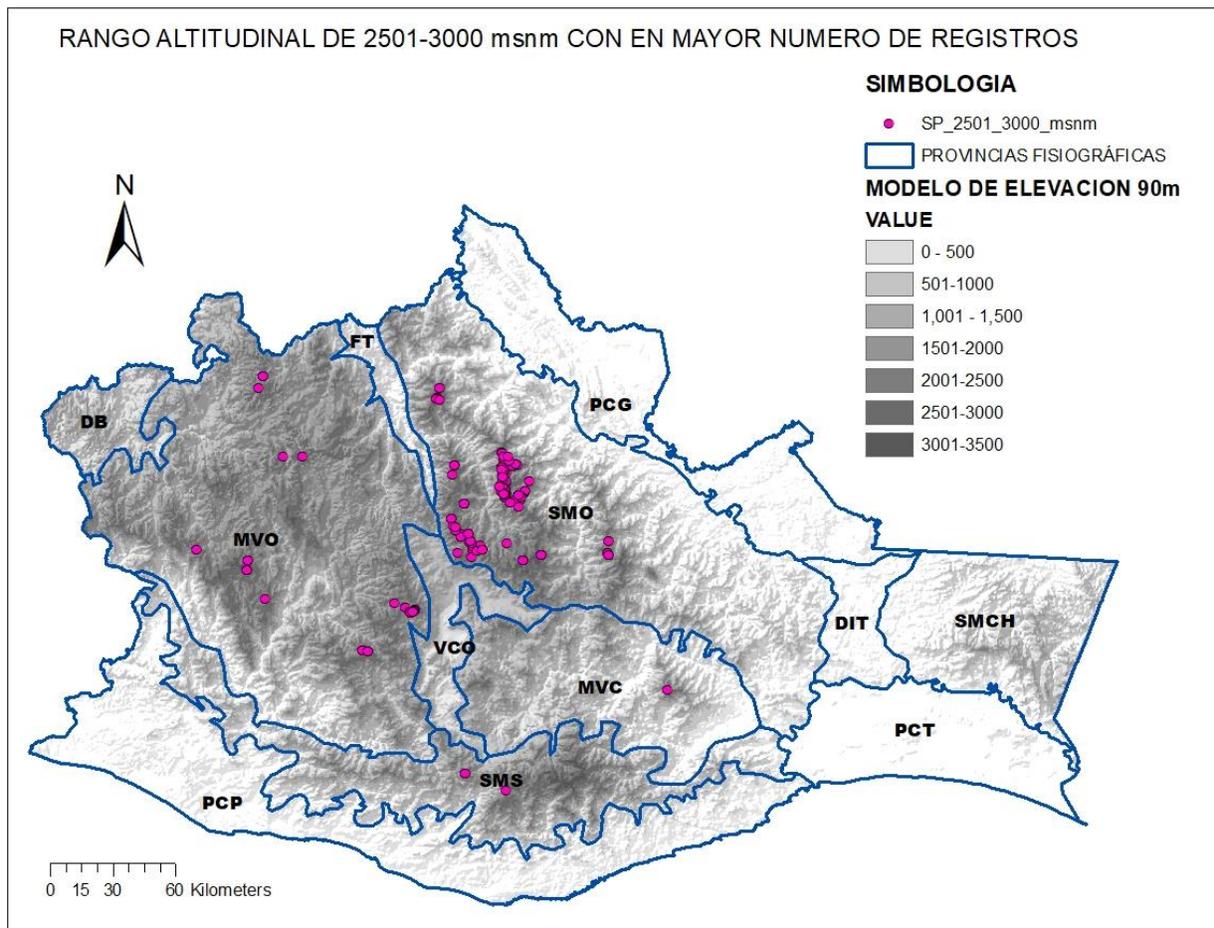


Figura 20. Localidades de registros en el rango de altitud de 2501-3000 m s.n.m donde se encuentran el mayor número de registros de anfibios en el estado de Oaxaca (32 especies, 3340 registros y 182 localidades de colecta)

El rango con menor riqueza de especies corresponde al de mayores altitudes que va de 3001-3500, con 17 especies.

El rango con mayor número de endemismos corresponde a 1001-1500, 59 de las 84 especies que se encuentran distribuidas en este rango son endémicas (Fig. 21).

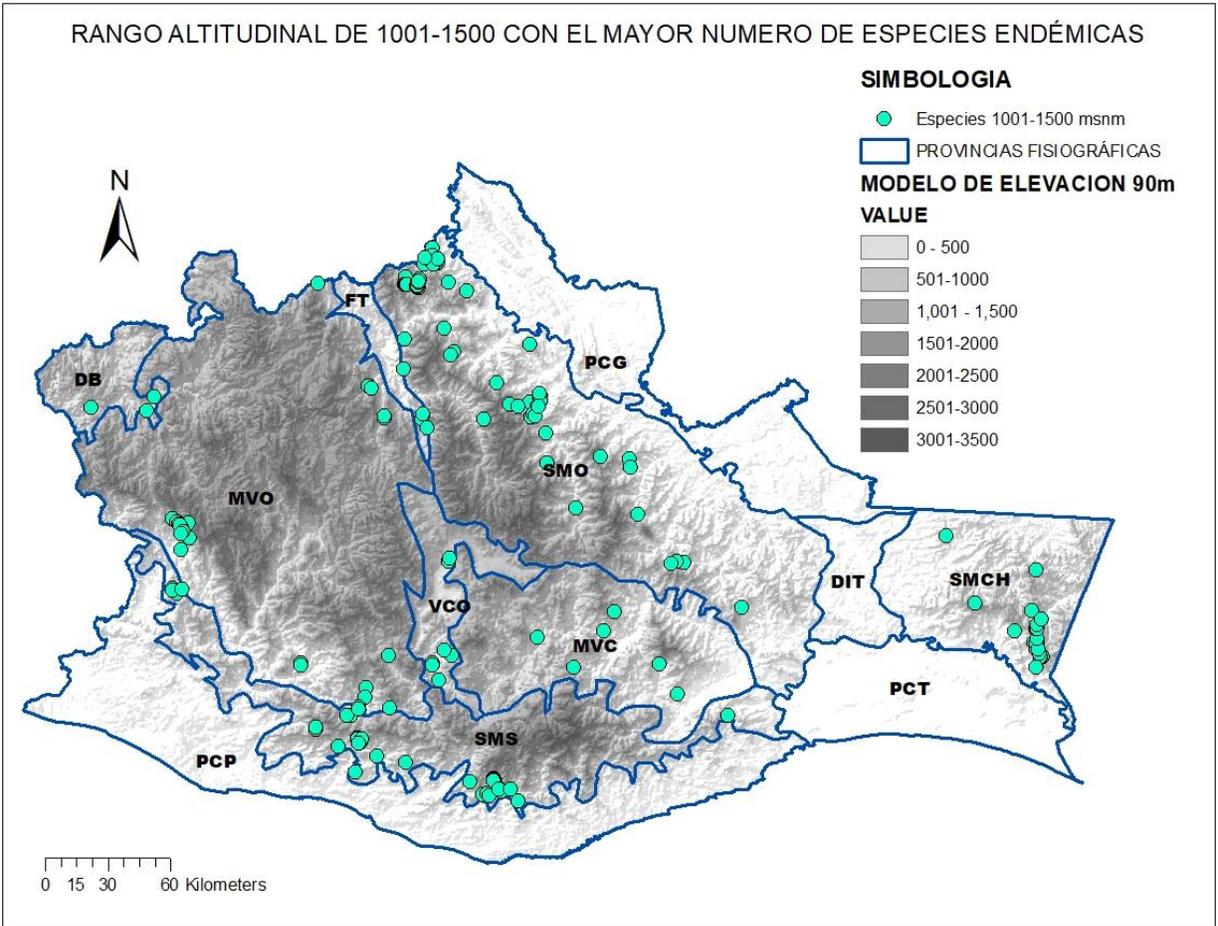


Figura 21. Localidades de registros en el rango altitudinal de 1001-1500 m s.n.m, en el cual fue mayor el número de especies endémicas de anfibios de Oaxaca (84 especie de las cuales 59 son endémicas, 223 localidades de colecta)

De las 149 especies de anfibios registradas para este trabajo, 47 se han registrado en un intervalo único de altitud, de las cuales 20 se distribuyen de manera exclusiva entre los 0-500 m s.n.m, *Craugastor uno* y *Incilius cycladen* se encuentran solo entre los 501-1000 m s.n.m, seis especies se pueden encontrar entre los 1001-1500 m s.n.m, estas son *Bolitoglossa chinanteca*, *Craugastor polymniae*, *Exerodonta pinorum*, *Megastomatohyla mixe*, *Plectrohyla ephemera* y *Pseudoeurycea orchileucos*, entre los 1501-2000 se encuentran *Bolitoglossa oaxacensis*, *Bolitoglossa zapoteca*, *Charadrahyla esperancensis*, *Exerodonta xera*, *Plectrohyla calthula* y *Thorius insperatus*, para el rango de 2001-2500 se ubicaron diez especies restringidas a este nivel altitudinal, *Plectrohyla calvicollina*, *Pseudoeurycea aurantia* y *Pseudoeurycea werleri* se

restringen únicamente a 2501-3000, por último, ninguna especie es exclusiva del rango de mayor altitud, que corresponde a 3000-3500 m s.n.m.

Se encontraron cuatro especies que pueden considerarse de amplia distribución en relación con el rango altitudinal ya que se ubican en las siete categorías de altitud, estas especies son *Charadrahyla chaneque*, *Craugastor mexicanus*, *Dryophytes euphorbiaceus* y *Eleutherodactylus nitidus*.

Por último, de acuerdo con los datos recabados, 14 especies se encontraron con distribución altitudinal no uniforme, por ejemplo *Agalychnis moreletti* se encuentran distribuida desde los 0 hasta los 1000 m s.n.m, y los datos sobre su distribución presentan un hueco entre los 1001 a los 1500, reapareciendo de nuevo entre los 1501-2000 m s.n.m, lo que podría deberse a la falta de estudios en estas zonas con este gradiente altitudinal.

### Distribución por tipo de vegetación.

La vegetación secundaria cuenta con el mayor número de especies (122), seguida de las zonas de agricultura (113) y pastizales (73); por otra parte, se encuentran menos especies en zonas de agua, manglares y matorrales con cuatro especies cada uno, y chaparrales con dos especies (Fig. 22).

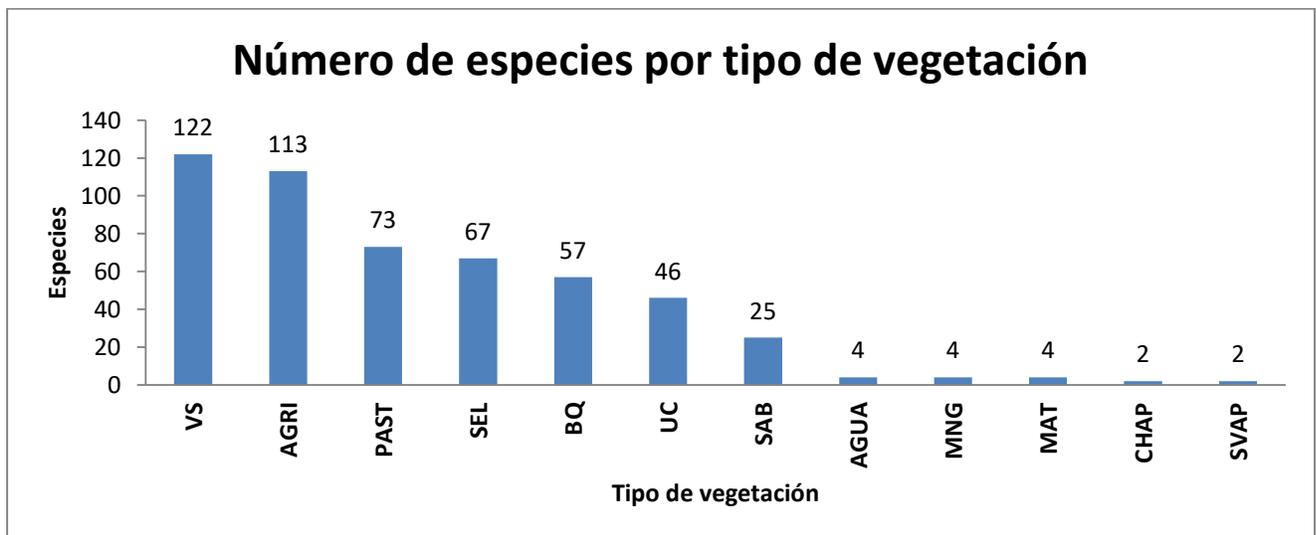


Figura 22. Número de especies en cada agrupación de vegetación, donde VS=Vegetación secundaria; AGRI=Agricultura; PAST=Pastizales; SEL=Selva; BQ=Bosque; UC=Urbano construido, SAB=Sabanoide; AGUA; MNG=Manglar; MAT=Matorrales; CHAP=Chaparrales; SVAP=Sin vegetación aparente.

La especie con más amplia distribución dentro de los tipos de vegetación propuestos fue *Leptodactylus melanonotus* la cual se encuentra en nueve de los doce tipos de vegetación, seguida de *Incilius marmoreus*, *Incilius occidentalis*, *Rhinella marina* y *Smilisca baudinii* en ocho tipos de vegetación.

Para la vegetación propuesta, la vegetación secundaria tuvo el mayor número de localidades de colecta con 558, seguido de agricultura (474) y bosques con 225 (Fig.23).

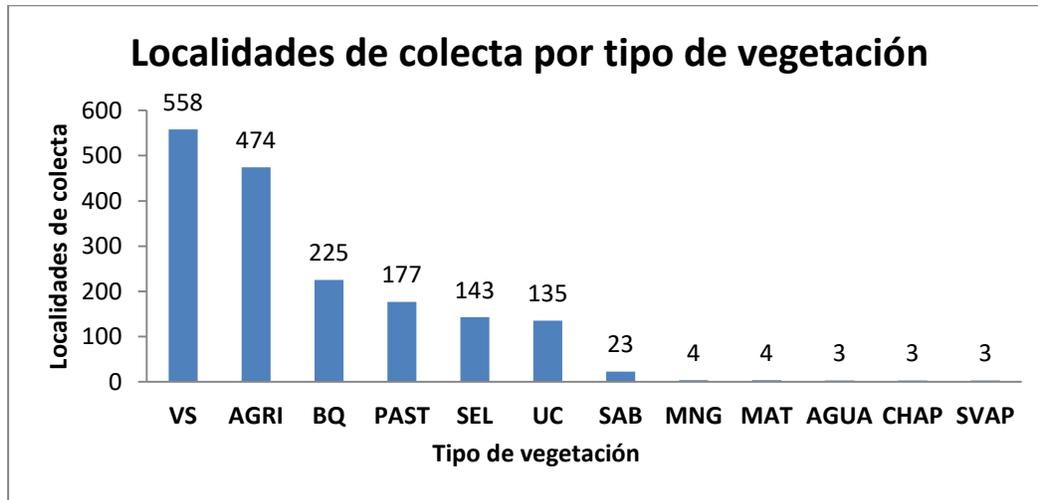


Figura 23. Localidades de colecta por cada agrupación de vegetación. AGRI=Agricultura; PAST=Pastizales; SEL=Selva; BQ=Bosque; UC=Urbano construido, SAB=Sabanoide; AGUA; MNG=Manglar; MAT=Matorrales; CHAP=Chaparrales; SVAP=Sin vegetación aparente.

Los datos presentados para la vegetación no son del todo claros, debido a la poca concordancia del periodo de las series de Uso de suelo y Vegetación con los datos históricos, ya que la vegetación es un elemento del ambiente que presenta cambios continuos a través del tiempo.

## Estimación de la diversidad $\beta$

### Diversidad $\beta$ entre provincias fisiográficas

Los resultados de la medición de la diversidad beta entre las provincias fisiográficas mediante el índice de Jaccard muestran que entre la región de la Planicie Costera del Golfo (PCG) y la Depresión Istmica de Tehuantepec (DIT) existe la mayor similitud con un valor de  $J= 0.51$ , seguido de la Sierra Madre de Chiapas (SMCH) y la Planicie Costera de Tehuantepec (PCT) con una similitud de 0.50.

En caso contrario los resultados más bajos del valor de Jaccard se encuentran entre las Montañas y Valles del Centro (MVC) y la Depresión Ístmica de Tehuantepec (DIT) con 0.17, la Sierra madre de Oaxaca (SMO) y la Fosa de Tehuacán (FT) con 0.08, la Fosa de Tehuacán y Montañas y Valles del Centro con 0.19 (Cuadro 1, Fig. 24, Fig. 25).

Cuadro 5. Valores del índice Jaccard (abajo izquierda) y Complementariedad (arriba derecha) entre provincias fisiográficas

<b>Jaccard / Complementariedad</b>												
	<b>DB</b>	<b>DIT</b>	<b>FT</b>	<b>MVC</b>	<b>MVO</b>	<b>PCT</b>	<b>PCG</b>	<b>PCP</b>	<b>SMCH</b>	<b>SMO</b>	<b>SMS</b>	<b>VCO</b>
<b>DB</b>		1.00	0.83	0.91	0.94	1.00	0.97	0.97	1.00	0.97	0.98	0.96
<b>DIT</b>	0.00		0.95	0.83	0.85	0.60	0.49	0.76	0.60	0.78	0.77	0.84
<b>FT</b>	0.17	0.05		0.81	0.83	0.93	0.90	0.92	0.96	0.92	0.90	0.79
<b>MVC</b>	0.09	0.17	0.19		0.70	0.79	0.86	0.57	0.87	0.87	0.64	0.61
<b>MVO</b>	0.06	0.15	0.17	0.30		0.88	0.87	0.74	0.91	0.75	0.51	0.66
<b>PCT</b>	0.00	0.40	0.07	0.21	0.13		0.67	0.75	0.50	0.84	0.76	0.83
<b>PCG</b>	0.03	0.51	0.10	0.14	0.13	0.33		0.79	0.62	0.73	0.83	0.87
<b>PCP</b>	0.03	0.24	0.08	0.43	0.26	0.25	0.21		0.79	0.86	0.64	0.77
<b>SMCH</b>	0.00	0.40	0.04	0.13	0.09	0.50	0.38	0.21		0.77	0.86	0.86
<b>SMO</b>	0.03	0.22	0.08	0.13	0.25	0.16	0.27	0.14	0.23		0.82	0.80
<b>SMS</b>	0.02	0.23	0.10	0.36	0.49	0.24	0.17	0.36	0.14	0.18		0.71
<b>VCO</b>	0.04	0.16	0.21	0.39	0.34	0.17	0.13	0.23	0.14	0.20	0.29	

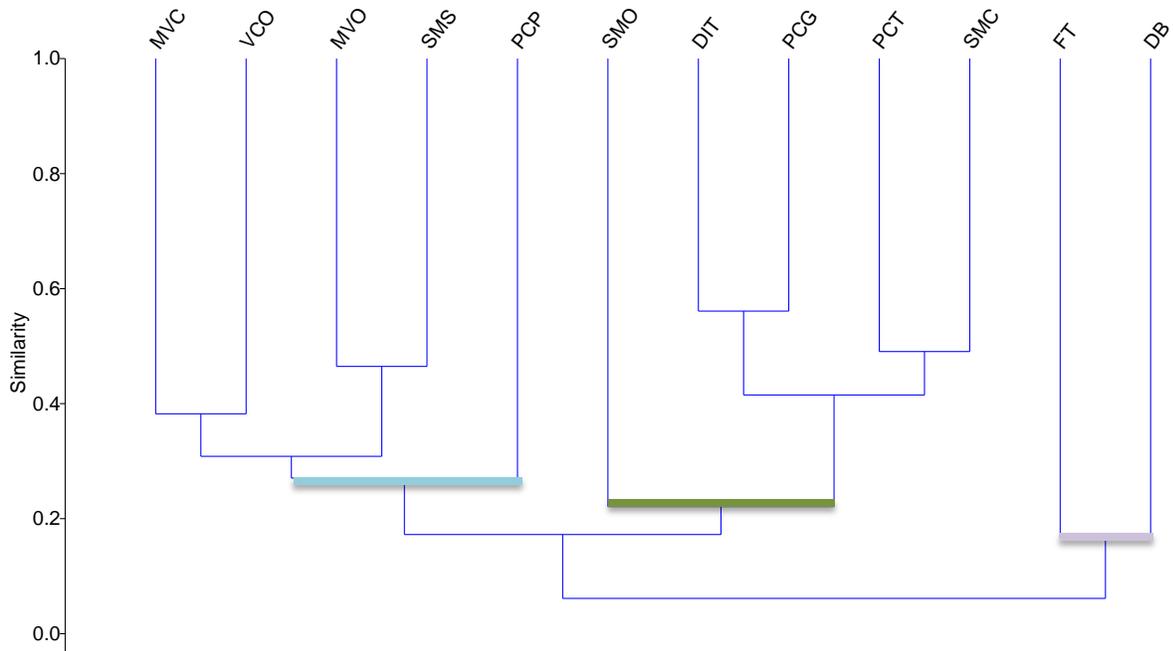


Figura 24. Dendrograma de similitud del índice de Jaccard para las provincias fisiográficas.

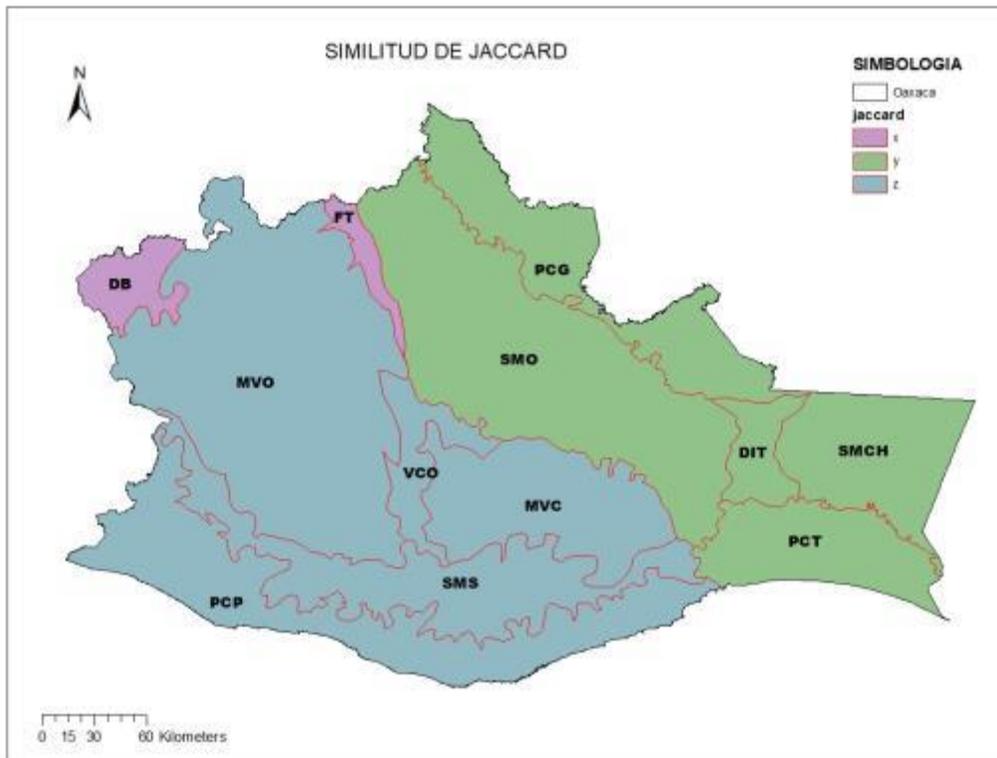


Figura 25. Mapa de las asociaciones entre las provincias fisiográficas resultado del Clúster jerárquico basado en el índice de similitud de Jaccard visto en la figura 19.

### Diversidad $\beta$ por rango altitudinal

En relación a los rangos altitudinales se obtuvo mayor similitud entre los rangos de 1001-1500 y 1501-2000 m s.n.m con un valor de 0.56, en segundo lugar se encuentra el valor de similitud de 0.52 que corresponde a los rangos de 501-1000 y 1001-1500

Los valores más bajos de similitud se encontraron entre 0-500, 501-1000 y 3001-3500 y entre 3001-3500 con un valor de Jaccard de 0.09, lo que nos dice que las especies que se encuentran en estos rangos son muy diferentes. En promedio la similitud entre los distintos rangos es de 0.39 (Cuadro 2, Fig. 26)

Cuadro 6. Valores del Índice de Jaccard (abajo izquierda) y Complementariedad (arriba derecha) entre rangos altitudinales, donde G1\_0-500; G2\_501-1000; G3\_1001-1500; G4\_1501-2000; G5\_2001-2500; G6\_2501-3000; G7\_3001-3500

Jaccard / Complementariedad							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
G1		0.51	0.59	0.65	0.81	0.86	0.91
G2	0.49	-	0.48	0.57	0.77	0.88	0.91
G3	0.41	0.52	-	0.44	0.70	0.80	0.87
G4	0.35	0.43	0.56	-	0.61	0.73	0.78
G5	0.19	0.23	0.30	0.39	-	0.63	0.70
G6	0.14	0.12	0.20	0.27	0.37	-	0.56
G7	0.09	0.09	0.13	0.22	0.30	0.44	-

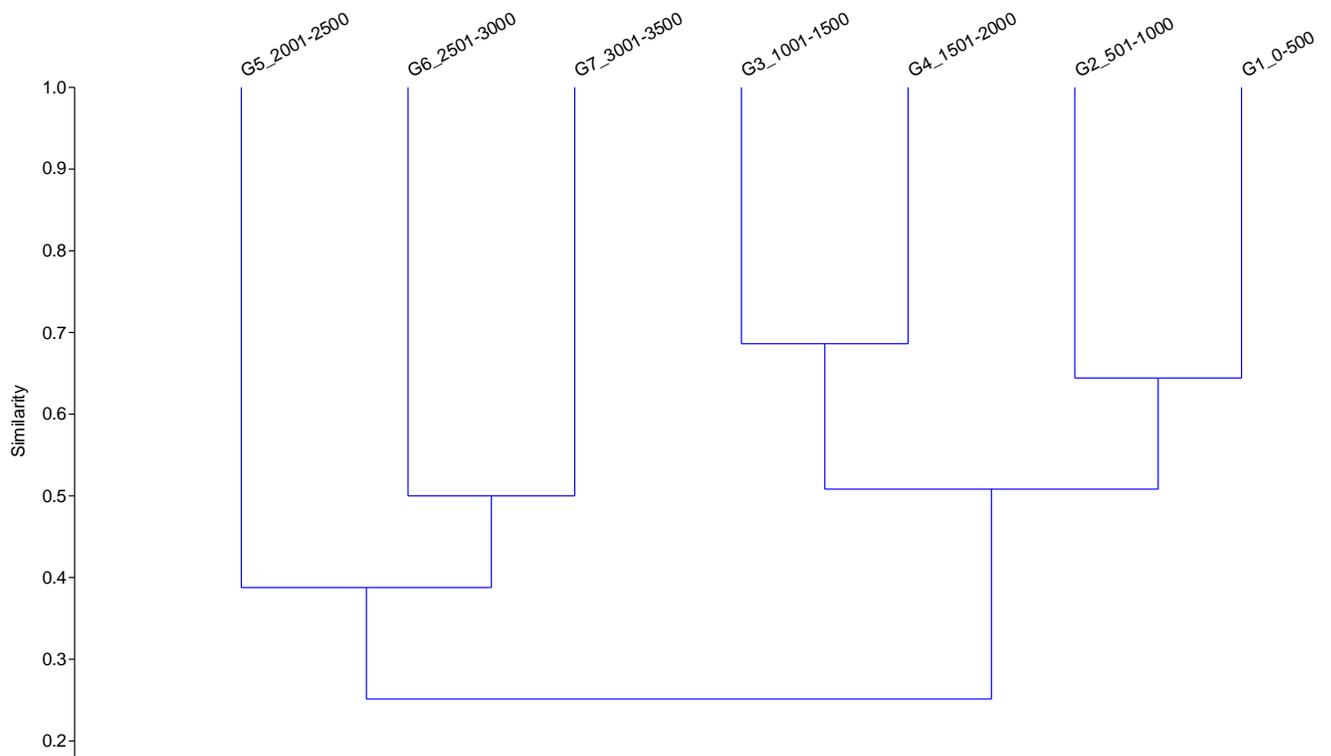


Figura 26. Dendrograma de similitud resultado del análisis de clúster jerárquico basado en el Índice de Jaccard del rango altitudinal

### Diversidad $\beta$ por rango altitudinal potencial

Para el rango potencial se obtuvo que la mayor similitud se encuentra entre los rangos que van de 501-1000 y 1001-1500 con un valor de Jaccard de 0.69, seguido de los rangos 0-500 y 501-1000 con un valor de Jaccard de 0.64, los rangos con menor similitud se encuentran entre 0-500 y 3001-3500 con un valor de Jaccard de 0.09 (Cuadro 3, Fig. 27).

Cuadro 7. Valores del índice de Jaccard por rango altitudinal potencial, donde G1\_0-500; G2\_501-1000; G3\_1001-1500; G4\_1501-2000; G5\_2001-2500; G6\_2501-3000; G7\_3001-3500

Jaccard							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
G1	-	0.64	0.46	0.36	0.24	0.15	0.09
G2	0.64	-	0.69	0.52	0.32	0.20	0.13
G3	0.46	0.69	-	0.69	0.40	0.26	0.16
G4	0.36	0.52	0.69	-	0.51	0.33	0.22
G5	0.24	0.32	0.40	0.51	-	0.49	0.28
G6	0.15	0.20	0.26	0.33	0.49	-	0.50
G7	0.09	0.13	0.16	0.22	0.28	0.50	-

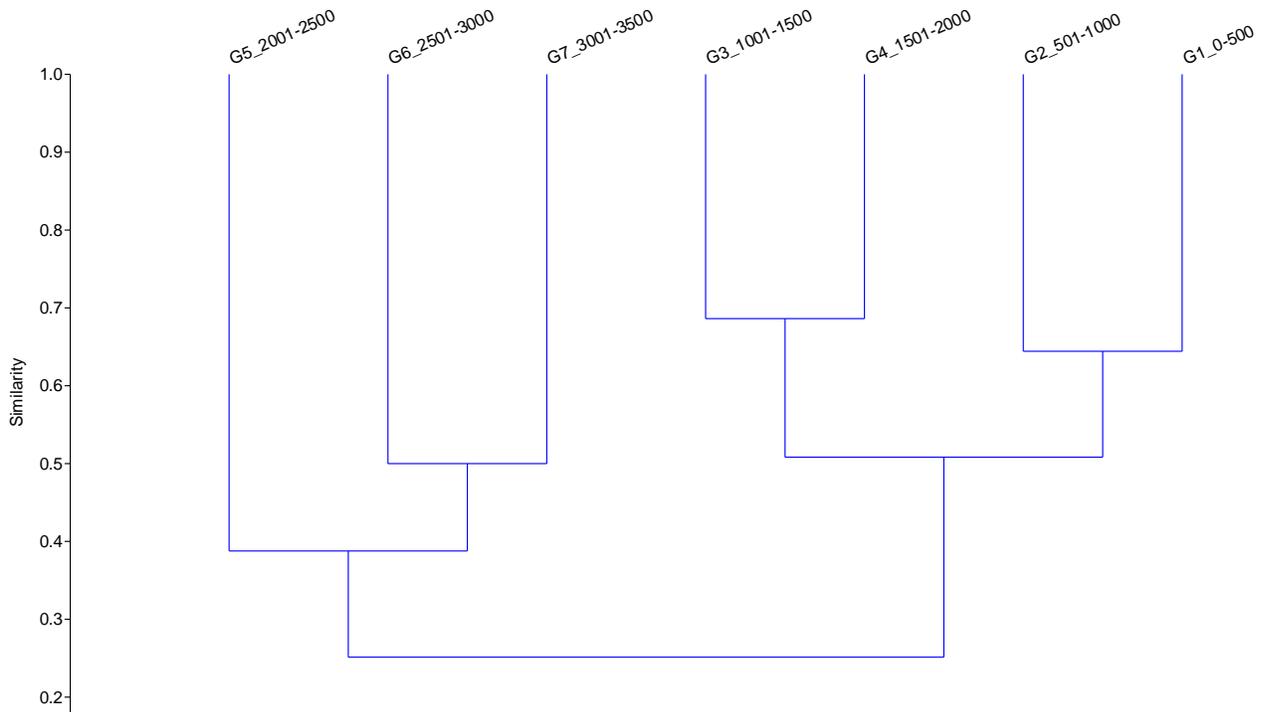


Figura 27. Dendrograma de similitud para el rango potencial resultado del clúster jerárquico basado en los resultados del índice de Jaccard mostrados en el cuadro 3.

### Diversidad $\beta$ por tipo de vegetación

En cuanto a la diversidad  $\beta$  en los tipos de vegetación, el valor de similitud de Jaccard más alto, es decir de menor diversidad beta, se encontró entre la vegetación secundaria y la agricultura con  $J=0.72$ , seguida del agua y los manglares con un valor de  $J=0.67$ , otro valor de alta similitud es entre la agricultura y pastizales con  $J=0.58$

Los valores con menos similitud se encuentran entre matorrales y agricultura con  $J=0.3$ , los bosques y los manglares con  $J=0.3$ , las selvas y los chaparrales con  $J= 0.3$

Se puede observar que los bosques y las selvas son un elemento importante de diversidad beta para los anfibios ya que los índices en relación con los diferentes tipos de vegetación en su mayoría son bajos (Cuadro 4, Fig. 28).

Cuadro 8. Valores del Índice de Jaccard (abajo izquierda y Complementariedad (arriba derecha) por tipo de vegetación.

Jaccard/ Complementariedad												
	AGRI	AGUA	BQ	CHAP	MNG	MAT	PAST	SAB	SEL	SVAP	UC	VS
AGRI		0.96	0.63	0.98	0.96	0.97	0.42	0.84	0.49	0.98	0.65	0.28
AGUA	0.04		0.98	1.00	0.40	1.00	0.95	0.88	0.94	0.50	0.91	0.97
BQ	0.38	0.03		0.96	0.98	0.97	0.65	0.83	0.67	1.00	0.82	0.61
CHAP	0.03	0.14	0.05		1.00	0.80	0.97	1.00	0.99	1.00	0.96	0.98
MNG	0.04	0.67	0.03	0.14		1.00	0.95	0.93	0.94	0.80	0.94	0.97
MAT	0.03	0.11	0.05	0.33	0.11		0.96	1.00	0.97	1.00	0.94	0.97
PAST	0.58	0.07	0.36	0.04	0.07	0.05		0.78	0.51	0.97	0.53	0.48
SAB	0.17	0.15	0.18	0.04	0.11	0.03	0.23		0.77	0.92	0.73	0.83
SEL	0.52	0.07	0.34	0.03	0.07	0.04	0.49	0.24		0.97	0.65	0.57
SVAP	0.03	0.60	0.02	0.20	0.33	0.14	0.04	0.12	0.04		0.96	0.98
UC	0.35	0.11	0.19	0.06	0.08	0.08	0.48	0.28	0.35	0.06		0.67
VS	0.72	0.04	0.39	0.02	0.04	0.04	0.53	0.17	0.44	0.02	0.34	

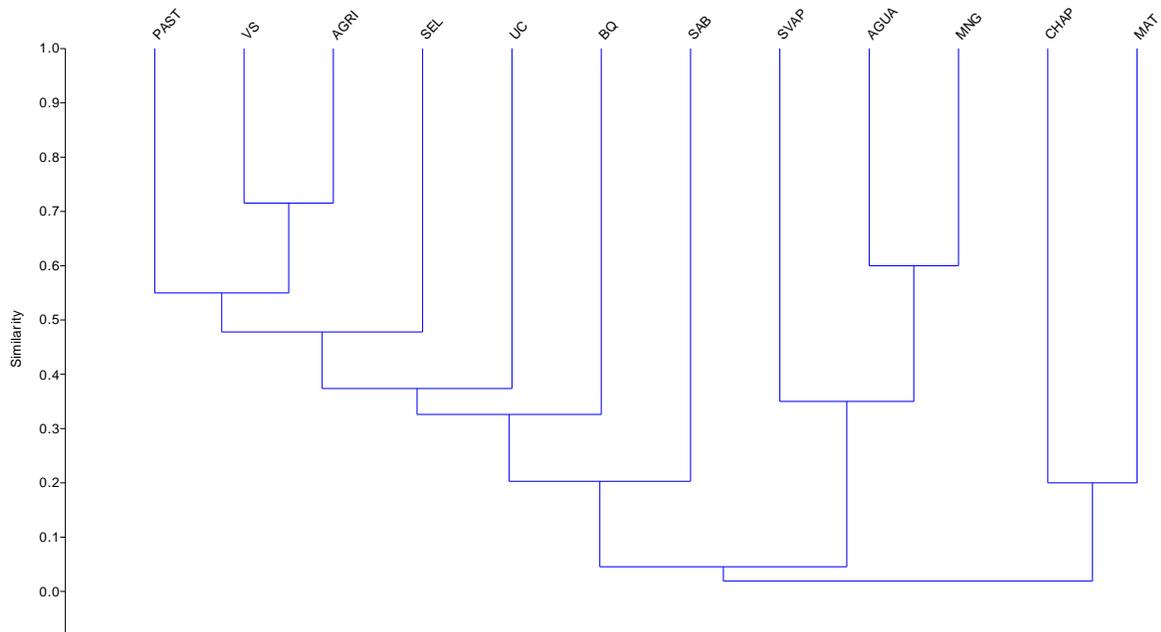


Figura 28. *Dendrograma de similitud para la vegetación, resultado del clúster jerárquico basado en los resultados del índice de Jaccard mostrados en el cuadro 4.*

Dado el resultado sobre la forma en que fue asignada la vegetación a los datos, se consideran no muy confiables los resultados de la diversidad beta por tipo de vegetación.

### **Método por Cuadrículas**

Se dividió al Estado en 162 cuadrículas de 25\*25 km, de las cuales 127 contienen datos de presencia de anfibios, la cuadrícula con el mayor número de especies se encuentra ubicada en la Sierra Madre de Oaxaca y contiene 43 especies de anfibios, el resto de las cuadrículas varían entre una y 30 especies (Fig.29).

Se calculó la diversidad beta promedio con el Índice de Jaccard y complementariedad entre las cuadrículas de cada una de las provincias fisiográficas.

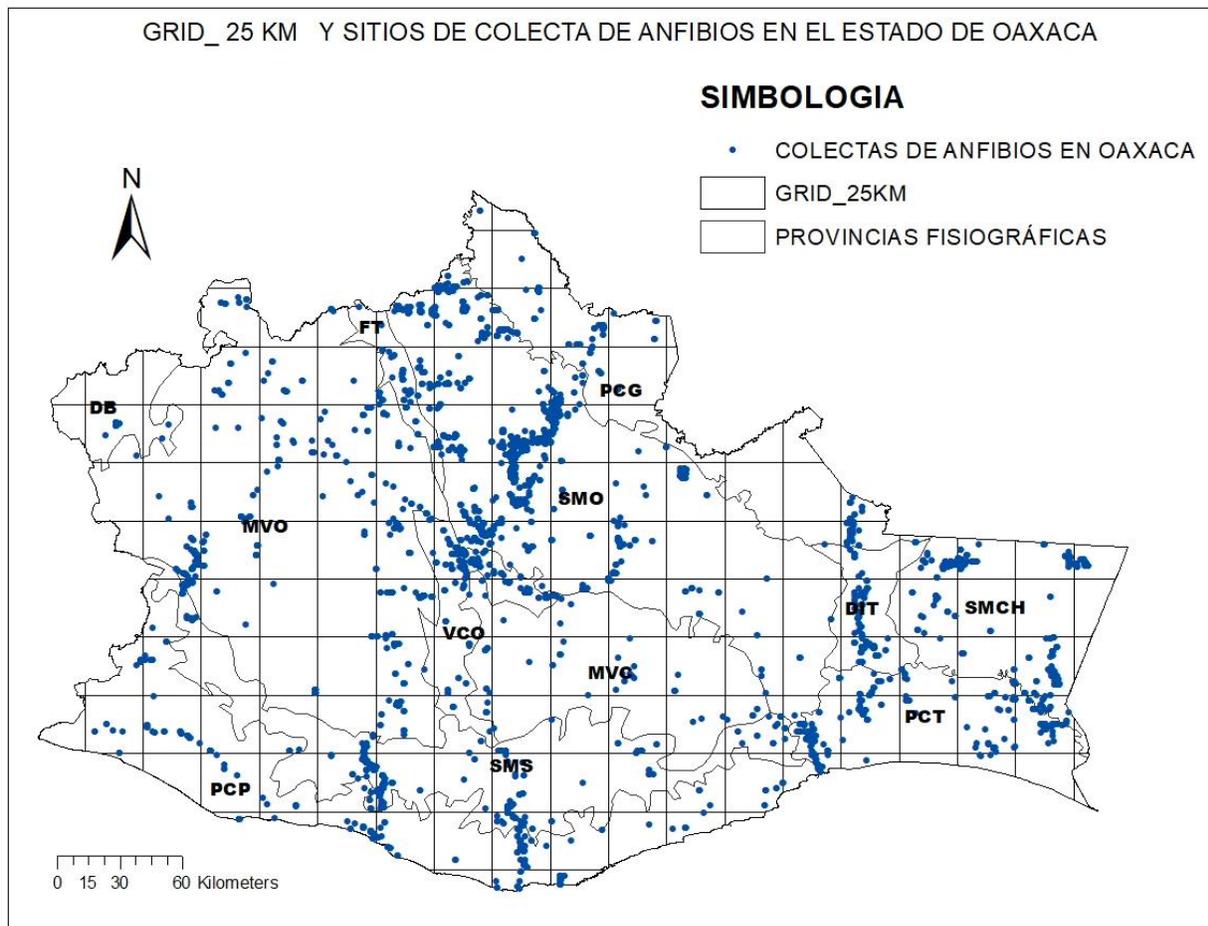


Figura 29. Cuadrícula de 25\*25 km y puntos de colecta de anfibios de Oaxaca

Con este proceso, se encontró que la provincia con menor diversidad beta promedio es la Depresión del Balsas con un valor promedio de  $J=0.50$ , las provincias con mayor diversidad beta, son la Sierra madre de Oaxaca con un valor del índice de Jaccard de 0.10, seguida de la Sierra Madre del Sur con un promedio del Índice de Jaccard de 0.14, en tercer lugar se encuentran las Montañas y Valles de Oaxaca y Planicie Costera del Pacifico con un valor de Jaccard de 0.16. Se calculó la diversidad beta promedio con todas las cuadrículas que tenían registros de anfibios con lo que se obtuvo un valor de Jaccard de 0.07, al calcular la diversidad beta promedio excluyendo aquellas cuadrículas con menos de diez registros se obtuvo un valor promedio del índice de Jaccard de 0.15 (Fig.30).

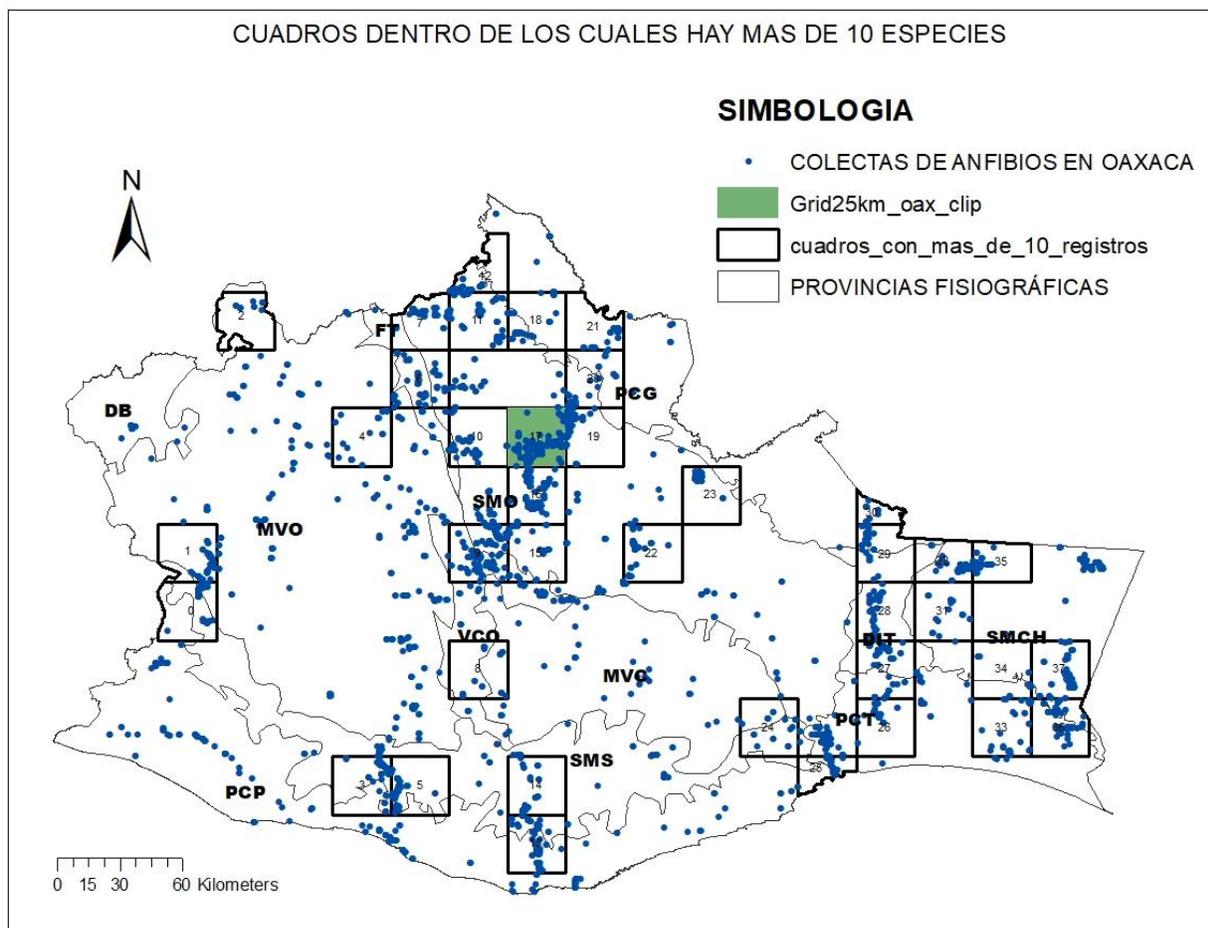


Figura 30. Mapa que muestra las cuadrículas con más de diez registros de especies en el estado, la cuadrícula de color verde contiene el mayor número de especies (43).

### **Análisis de la cobertura de las áreas naturales protegidas del estado de Oaxaca**

De las seis áreas protegidas estatales solo se tienen registro de anfibios en dos de ellas, en el parque estatal “Hierbe el Agua” y en la zona de preservación ecológica ubicada en el Municipio de Oaxaca de Juárez, protegiendo así a cuatro especies de anfibios, una endémica de Oaxaca y tres endémicas de México, en total se tienen nueve registros en estas áreas.

En relación a las ocho áreas protegidas federales, se tienen 285 registros, de 22 especies de anfibios, los cuales se encuentran en cuatro áreas naturales protegidas, Monumento Natural Yagul, Parque Nacional Benito Juárez, Parque Nacional Lagunas de Chacahua y Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, de estas especies, dos se encuentran Amenazadas y cinco sujetas a protección especial en la NOM-059. Las zonas federales protegen a once especies endémicas de México, tres endémicas de Oaxaca y ocho especies no endémicas; de acuerdo con

IUCN todas las especies se encuentran en alguna categoría de la Lista Roja, sin embargo la mayoría en un estatus de preocupación menor, por tanto, solo en el 50 % de la áreas protegidas federales se tienen registro de anfibios.

En relación con las áreas destinadas voluntariamente a la conservación (ADVC), se tienen 172 registros de 27 especies de anfibios, en solamente ocho áreas de conservación, de estas especies seis se encuentran en la NOM-059 como Amenazadas y siete sujetas a protección especial, y 14 especies sin estatus de conservación; en la lista roja de la IUCN, 17 especies se encuentran en riesgo (Fig. 31).

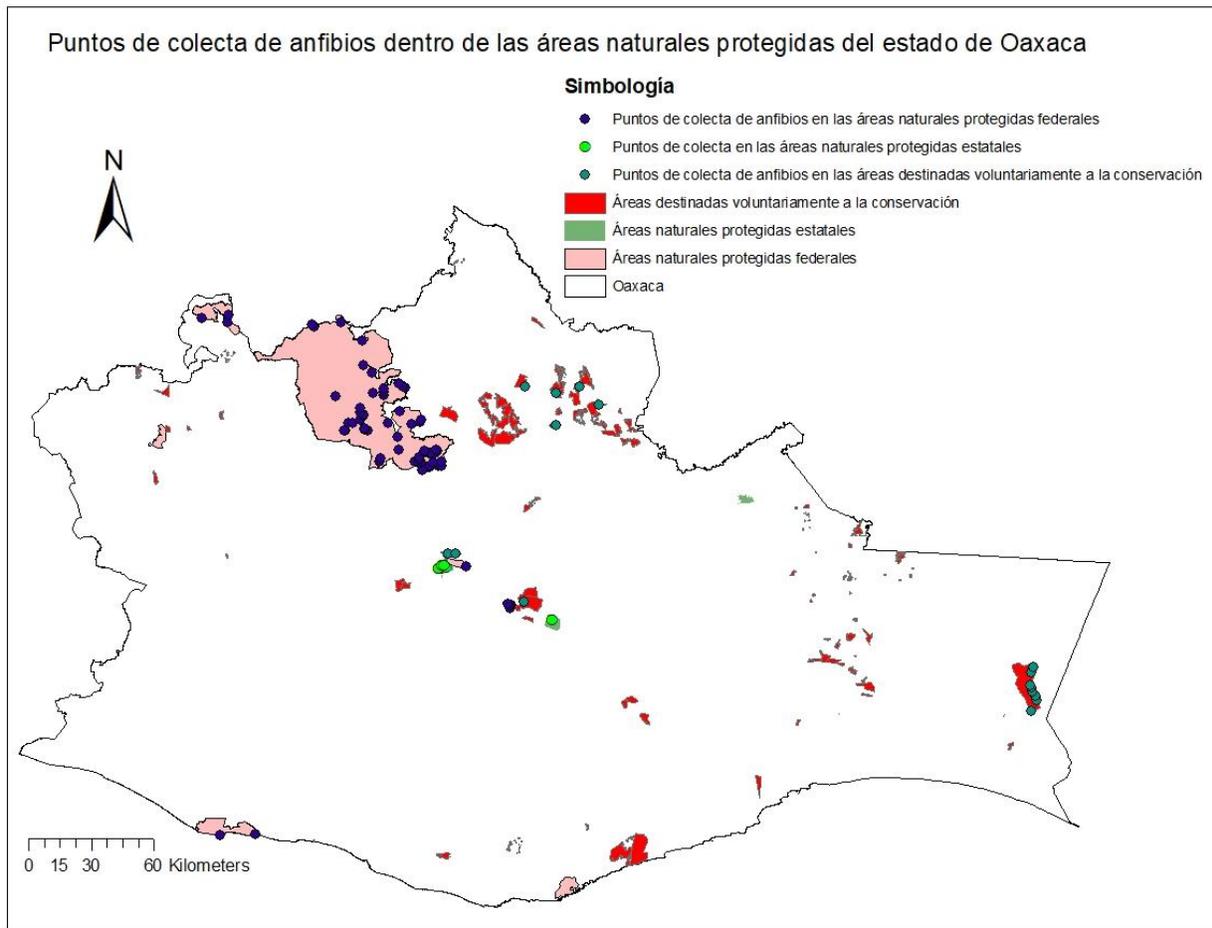


Figura 31. Mapa de las Áreas Naturales Protegidas federales, estatales y destinadas voluntariamente a la conservación y localidades de registro de anfibios dentro de las áreas protegidas, datos de las Áreas Naturales Protegidas tomados de CONABIO, 2018.

## **DISCUSIÓN**

Para los análisis se utilizaron tres divisiones espaciales de las cuales las subprovincias fisiográficas y los rangos altitudinales tuvieron resultados consistentes. En cuanto a la vegetación no se obtuvieron resultados confiables debido a que es un elemento que cambia continuamente, incluso de manera acelerada por la actividad antrópica a través del tiempo, por lo que no fue posible concordar de manera adecuada los datos de los años de colecta con la vegetación correspondiente. En cuanto a los índices usados ambos presentan el mismo patrón de datos y de acuerdo con Koleff (2005) el índice de similitud de Jaccard con el índice de Complementariedad presentan perfecta correlación negativa, razón por la cual no se menciona el índice de Complementariedad en lo consecuente.

### **Base de datos**

Las bases de datos sobre registros de especies conforman una guía importante para analizar la distribución de especies en distintos gradientes ambientales. La existencia de diversos sistemas públicos de información, entre los que destacan el SNIB de CONABIO y GBif, así como los sistemas de información geográfica y estadística del INEGI son buenas herramientas que nos proporcionan información sobre los componentes de la biodiversidad (CONABIO, 2014).

A pesar de la importancia de la información contenida en bases de datos, ésta aún es insuficiente (Escobar *et al.* 2009). En caso de los anfibios de Oaxaca, existen registros de especies que no se encuentran incluidos en la base de datos. Así mismo, existe información producida localmente y contenida en trabajos de tesis, la cual no está a disposición de los interesados (Plascencia *et al.* 2011).

Se puede decir que las bases de datos que se crean a partir de la unión de datos de colecciones biológicas como las que fueron usadas para este trabajo (SNIB-CONABIO y GBIF) representan herramientas de apoyo primarias para diferentes aspectos de análisis y creación de estrategias de conservación.

### **Análisis de datos**

Para este trabajo se utilizaron 149 especies de las 154 registradas (Lavariaga *et al.* 2017) por lo tanto se tienen representadas el 96.7% del total de anfibios conocidos para el estado de Oaxaca. En cuanto a la procedencia de los registros el 99.5 % de ellos provienen de las bases SNIB y GBif, y el 0.5% de la literatura.

En el ordenamiento ecológico de Oaxaca (POERTEO, 2011), se dice que la región con mayor importancia por su riqueza de anfibios es el Istmo de Tehuantepec con 66 especies; sin embargo, la regionalización usada, fueron las ocho regiones político-administrativas, donde solo el Istmo de Tehuantepec abarca tres regiones fisiográficas (SMCH, PCT y DIT) en correspondencia con la regionalización usada en este trabajo. Por lo anterior los datos no coinciden en cuanto a la región con mayor importancia por el número de especies; cabe mencionar que al igual que en este trabajo, en el POERTEO utilizaron datos de SNIB-CONABIO y GBif.

Para el presente estudio, la región de la Sierra Madre de Oaxaca es una zona importante para los anfibios, ya que cuenta con la mayor riqueza de especies en comparación con las otras regiones, además de ser también la más estudiada ya que contó con el mayor número de localidades de colecta y registros; este mismo patrón se observa también en otros grupos como los mamíferos y reptiles, donde la Sierra Madre de Oaxaca contiene un alto número de especies (Casas-Andreu *et al.* 2004; Briones-Salas *et al.* 2015).

Por otra parte, se encontró como zona poco estudiada la Depresión del Balsas, por su bajo número de localidades de colecta, especies y registros, esta situación podría deberse a que esta subprovincia forma parte de la Cuenca del Balsas, la cual está conformada por varios estados de la república (INE, 2007) y donde la parte Oaxaqueña representa una porción pequeña, por lo cual se podría tener un número pequeño de datos.

De acuerdo con los resultados, cada una de las subprovincias de Montañas y Valles de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur, contienen alrededor de un tercio de las especies reportadas para el estado, sin embargo, no han recibido tanta atención en cuanto a la investigación (García-Grajales *et al.* 2016), como la Sierra Madre de Oaxaca.

Otro punto importante, es que a través de los años en los que se han registrado las especies, a partir de 1990 a 2017, 20 especies de anfibios habían sido reportadas únicamente en su localidad de colecta, algunas de estas especies han sido consideradas por IUCN (2018) como especies posiblemente extintas, sin embargo, Caviedes- Solís *et al.* (2015) reportaron el redescubrimiento de algunas de estas especies entre las que se encuentran *Plectrohyla celata*, *P. cembra* y *P. crassa*.

Estos datos nos indican que para realizar los análisis debemos tomar en cuenta el mayor número de especies aunque solo estén representadas por un registro, ya que la ausencia de datos sobre su presencia en otros sitios podría deberse a la falta de estudios en esas zonas o bien a la deficiencia

en la compilación de los datos por los organismos públicos y no justamente a su extinción (Hanski *et al.* 2009; Rös y Pineda, 2009).

## **Diversidad $\beta$**

### **Diversidad $\beta$ por subprovincia fisiográfica**

Los valores de similitud calculados con el Índice de Jaccard indican que la diversidad beta de los anfibios entre las subprovincias fisiográficas va de media a alta, encontrando valores máximos de Jaccard de 0.51, dado que el intervalo del índice va de 0 cuando son distintas a 1 cuando son semejantes (Magurran, 1988).

La similitud de Jaccard agrupa a las especies de anfibios en tres zonas, una conformada por la Depresión del Balsas y la Fosa de Tehuacán, otro hacia la vertiente del golfo conformada por DIT, PCG, PCT, SMCH y SMO, y un tercer grupo conformado hacia la vertiente del pacífico agrupando a MVC, PCP, MVO, SMS y VCO. Esta agrupación es distinta a la presentada por Casas-Andreu *et al.* (1996), evaluando 118 especies, ellos usaron las diez regiones llamadas entonces fisiográfico-florísticas, con las cuales obtuvieron que la Depresión del Balsas y el Valle de Tehuacán tenían mayor similitud con la Mixteca Alta y los Valles Centrales.

Mata-Silva *et al.* (2015) utilizaron un coeficiente de semejanza biogeográfico (CBR) y las mismas subprovincias fisiográficas del presente trabajo; encontraron una regionalización con cuatro agrupaciones, donde la Depresión del Balsas se encuentra separada de los otros tres nodos, y donde la Fosa de Tehuacán tiene mayor similitud con las MVO y VCO; las otras dos agrupaciones, son parecidas a las encontradas en este trabajo. Sin embargo, hay que aclarar que su trabajo lo elaboraron para la herpetofauna de Oaxaca en su conjunto y no solo para los anfibios, lo que podría generar distintos resultados de similitud a los aquí presentados.

Los valores bajos de similitud entre las subprovincias indican, en su mayoría, que existe un alto recambio de especies de anfibios, también implica que cada una de las regiones contiene especies características, por tanto, la suma de la riqueza de las provincias resulta en la alta diversidad del estado en relación con los anfibios, este mismo patrón ha sido observado en otros grupos, como aves y mamíferos, que han explicado la alta diversidad beta en México y particularmente en Oaxaca (Koleff y Soberón, 2008; Rodríguez, Soberón y Arita, 2003).

Resalta la separación de la Fosa de Tehuacán y la Depresión de Balsas de los dos grupos principales, esto puede deberse a que estas zonas, en una escala mayor, pertenecen a la provincia

Cuenca del Balsas (Morrone, 2001), lo cual denota que contienen características distintas a las zonas que conforman los otros dos grupos. En relación con la Depresión del Balsas, la baja similitud también podría deberse a la falta de registros de esa zona al igual que en el trabajo de Mata-Silva *et al.* (2015).

Para los anfibios del estado, la mayor similitud se encuentra entre PCG y DIT, diferente a los que se observa en los mamíferos, donde la mayor similitud se encuentra entre la SMS y PCP (Briones-Salas *et al.* 2015), es decir que para los anfibios las especies con amplia distribución se encuentran en las planicies, a diferencia de los mamíferos de los cuales hay especies de amplia distribución tanto en zonas montañosas como en partes bajas.

### **Diversidad $\beta$ por rango altitudinal**

Al analizar el rango altitudinal, se pueden ubicar dos grupos en cuanto a su distribución, uno por debajo de los 2000 m s.n.m. y otro por encima de este rango. Por debajo de los 2000 m se encuentran distribuidas mayor número de especies. De manera contraria, por encima de los 2000 m, además de encontrarse menor número de especies, se encuentran índices de similitud más bajos. Al respecto Koleff y Soberon (2008) indican que los biomas que se encuentran a mayor altura, principalmente en picos montañosos de Oaxaca y Chiapas ubicados por encima de los 1500 m s.n.m, contienen más especies con áreas de ocupación reducidas lo cual genera alta diversidad beta.

Por su parte, Valdujo *et al.* (2013) también reportaron que la altitud tiene una contribución altamente significativa en los patrones de diversidad beta en anfibios del Cerrado en Brasil; Poynton *et al.* (2006) encontraron que existe un incremento en el recambio de especies de anfibios conforme aumenta el gradiente altitudinal en una región de África ecuatorial.

Comparando los resultados que se obtienen del análisis potencial de la altitud, con la altitud original, se observa que no existe diferencia en cuanto a los resultados de similitud de los rangos analizados, ya que ambos dendrogramas agrupan de la misma forma los rangos, por lo cual se pueden definir dos grandes zonas de distribución de los anfibios de Oaxaca, además, este procedimiento nos ayuda a corroborar que a pesar de tener vacíos en los datos, los resultados son consistentes.

### **Diversidad $\beta$ por tipo de vegetación**

En cuanto a la vegetación, no se pudieron obtener datos claros en cuanto a la diversidad beta, debido a la dificultad de coincidir los datos históricos de los anfibios con los tipos de vegetación descritos por INEGI, ya que al principio de las recolectas no existía la descripción de la vegetación como ahora se conoce, y al quitar aquellos datos anteriores a las series de vegetación y uso de suelo del INEG, se quitarían cerca del 70 % de los registros, por lo cual no se pudo obtener un análisis de similitud confiable. Por otra parte, muchos registros de anfibios fueron colectados en zonas donde existía un cierto tipo de vegetación y ahora ya no la hay debido al cambio en la vegetación a través de los años.

### **Cuadrículas**

Se sabe que la escala es un elemento que afecta directamente los valores de la diversidad, ya que es bien conocido que tanto la riqueza de especies como la diversidad beta son sensibles a la extensión y la resolución usada para algún análisis (Lira-Noriega *et al.* 2007).

Con los promedios entre cuadrículas se observó que las provincias con mayor diversidad beta promedio son la Sierra Madre de Oaxaca ( $J=0.10$ ) y la Sierra Madre del Sur ( $J=0.14$ ), la provincia de la Sierra Madre del Sur no se vio reflejada al principio como una zona con alta diversidad beta, sin embargo al interior de ella si hay niveles bajos de similitud de especies.

Por otra parte, al realizar el cálculo de la diversidad beta entre todos los cuadros que tenían especies y luego, solo entre aquellos cuadros que tenían más de 10 especies, se observó que el valor de similitud disminuye cuando se realiza el cálculo con todos los cuadros, es decir, la diversidad beta aumenta cuando se toman en cuenta aquellas especies raras o con pocos registros. Al respecto Arita y Rodríguez (2002) mencionan que para mamíferos en México, la presencia de especies exclusivas y endémicas incrementan notablemente los valores de diversidad beta a distintos niveles espaciales, lo que podría observarse también para los anfibios de Oaxaca.

### **Áreas protegidas**

En su trabajo, Santos-Barrera *et al.* (2004) sugieren que en México hay cinco sitios importantes para la protección de los anfibios, dentro de estos se encuentra la reserva de la Biosfera Tehucacán-Cuicatlán, que, de acuerdo con los autores, contiene 51 especies. Sin embargo, en el trabajo aquí presentado la Fosa de Tehucacán, que forma parte de esta reserva, solo presenta diez

especies, lo que podría deberse a que la parte Oaxaqueña de la Reserva Tehucán-Cuicatlán tiene menos registros.

Gual-Díaz y Goyenechea (2014) indican que en México, hay territorios más reducidos que las entidades federativas, los cuales, potencialmente albergan gran número de especies que aún desconocemos. Tal podría ser el caso de las áreas protegidas de Oaxaca, de las cuales el 50% de ellas no contienen registros de anfibios, sin embargo, esto es un indicio de la falta de muestreo en estas zonas.

El desconocimiento de las especies que se encuentran en las áreas protegidas no es posible realizar un buen cálculo de la diversidad beta entre las áreas protegidas, ni una buena evaluación de la función que tienen estas áreas en la protección de los anfibios del estado.

## **CONCLUSIONES**

Con los datos obtenidos, se puede ver la alta diversidad alfa y beta de los anfibios del estado de Oaxaca en las distintas unidades ambientales, tanto en y entre las subprovincias fisiográficas como en el gradiente ambiental.

Las especies endémicas de anfibios están más asociadas a las zonas por arriba de los 2000 m s.n.m y, aquellas especies con distribución más amplia se encuentran por debajo de este rango. También se puede hablar de dos zonas respecto al rango altitudinal, una por debajo de los 2000 m s.n.m y otra por encima de este rango.

Se pueden definir dos grandes zonas de distribución en relación con las provincias fisiográficas, una hacia la zona del pacífico y otra hacia la zona del golfo.

El efecto de la escala tiene importantes implicaciones debido a que si se consideran escalas más pequeñas de análisis se generan más huecos de información, por lo que para este trabajo las escalas más grandes como el análisis entre provincias fisiográficas y análisis altitudinal tuvieron resultados más consistentes, ya que en estos dos análisis el sesgo de la información interfiere en menor medida en los análisis.

En cuanto al método de vegetación y el cálculo de la diversidad beta con el índice de complementariedad, así como el método de cuadrículas, no tuvieron resultados relevantes para este estudio.

Sobre la evaluación de las áreas protegidas, debido a la ausencia de datos en la mayoría de las áreas protegidas, no fue posible realizar una evaluación sobre la función que cumplen en cuanto a la protección de los anfibios.

Por último se muestra la utilidad e importancia de las bases de datos nacionales e internacionales para el conocimiento de la diversidad de especies en sus distintos componentes.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Miguel, X. G. Casas-Andreu, P.J. Cárdenas-Ramos y E. Castellano de Rosas. 2009. Análisis espacial y conservación de los anfibios y reptiles del Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 16(2): 171-180.
- Arita, H.T. y P. Rodríguez. 2002. Geographic range, turnover rate and the scaling of species diversity. *Ecography* 25:541-541.
- Briones-Salas, M., M. Cortés-Marcial y M.C. Lavariega. 2015. Diversidad y distribución geográfica de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 685-710.
- Cardoso, P., Borges, P. A. V., Dinis, F. y Gaspar, C. 2010. Patterns of alpha and beta diversity of epigeal arthropods at contrasting land-uses of an oceanic island (Terceira, Azores). *En: A.R.M. Serrano, P.A.V. Borges, M. Boieiro y P. Oromí (Eds.). Terrestrial arthropods of Macaronesia. Biodiversity, Ecology and Evolution. Lisboa: Sociedad Portuguesa de Entomología. p. 73-88.*
- Canseco-Márquez, L., J. L. Aguilar-López, R. Luría-Manzano, E. Pineda -Arredondo, and I. W. Caviedes- Solís. 2017a. A new species of treefrog of the genus *Ptychohyala* (Anura: Hylidae) from southern Mexico. *Zootaxa* 4317: 279–290.
- Canseco-Márquez, L., C. G. Ramírez-González, and E. González-Bernal. 2017b. Discovery of another new species of *Charadrahyla* (Anura, Hylidae) from the cloud forest of northern Oaxaca, México. *Zootaxa* 4329: 64–72.
- Casas-Andreu, G., F. R. Méndez de la Cruz y J. L. Camarillo. 1996. Anfibios y reptiles de Oaxaca. Lista, distribución y conservación. *Acta Zoológica Mexicana* 89: 1-35.
- Casas-Andreu, G., F. R. Méndez-De la Cruz y X. Aguilar-Miguel. 2004. Anfibios y Reptiles. *En: Biodiversidad de Oaxaca, A. J. García-Mendoza, M. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México. p. 375-390.*
- Castro, Z. 2011. Distribución de los Anfibios y Reptiles de la Mixteca de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F., 103p.
- Castro-Torreblanca, M., E. Blancas-Calva, G. M. Rodríguez-Mirón y D.N. Espinosa-Organista. 2014. Patrones espaciales de distribución y diversidad de la avifauna en la provincia del Balsas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 823-830.
- Caviedes-Solis, I.W. 2009. Estudio Herpetofaunístico del Municipio de Pluma Hidalgo, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F., 82p

CONABIO. 2018. Geo-portal del Sistema Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Consulta el 24 de agosto de 2018.

CONANP. 2001. Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2001-2006.

Collins, J.P. y A. Storfer. 2003. Global amphibians declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9: 89-98.

Colwell, R.K. y J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 345:101-118.

Daszak, P., A. Cunningham y A. Hyatt. 2003. Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity and Distributions* 9: 141-150

Dennis, J.G. y M.A. Ruggiero. 1996. Biodiversity inventory: building an inventory at scales from local to global. En: R.C. Szaro y D. Johnston (eds.). *Biodiversity in managed landscapes*. Oxford University Press. Oxford.

Escobar F, Koleff P, and Rös M. 2009. Evaluación de capacidades para el conocimiento: El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) como un estudio de caso. En: CONABIO-PNUD, (ed.). México: Capacidades para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 23 - 49.

FAO. 2017. Áreas Naturales Protegidas. <http://www.fao.org/biodiversity/asuntos-intersectoriales/areas-protegidas/es/> Consulta 09 de Diciembre de 2017.

García-Grajales, J. 2008. Herpetología- Notas para el estudio de los anfibios y reptiles en Oaxaca. *Ciencia y Mar* 7(34): 47-56.

García-Vázquez, U. O., T. J. Devitt, A. Nieto-Montes de Oca, S. M. Rovito, I. W. Caviedes-Solis, and G. Parra-Olea. 2016. New occurrence records of *Eleutherodactylus syristes* in Guerrero and Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 1149–1152.

González-Pérez, G., M. Briones-Salas y A. Alfaro. 2004. Integración del conocimiento faunístico del Estado. En: *Biodiversidad de Oaxaca*, A. J. García-Mendoza, M. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México. p. 449.

Gual-Díaz, M. y I. Goyenechea Mayer-Goyenechea. 2014. Anfibios en el Bosque mesófilo de Montaña en México. En: *Bosques mesófilos de Montaña en México, diversidad, ecología y manejo*. M. Gual-Díaz y A. Rendón-Correa (comps.). CONABIO. 249-262p.

Halffter, G., E. Moreno y E. Pineda. 2001. Manual para la evaluación de la Biodiversidad en Reservas de la Biosfera. Manuales y Tesis. SEA, Zaragoza.

Halffter, G. y E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. En: Sobre diversidad biológica: Significado de las diversidad alfa beta y gamma. G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic(eds.). Monografías tercer milenio, Sociedad entomológica Aragonesa, Zaragoza. p. 5-18.

Hanski, I., E. Meyke y M. Miinala. 2009. Deforestation and tropical insect extinctions. *Biology letters*.

Illescas, M. 2012. Diversidad y riqueza herpetofaunística asociada al bosque de manejo forestal y áreas modificadas, en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad de la Sierra Juárez. 84p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEG). 1985. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie I escala 1:250000.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEG). 1993. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie II escala 1:250000.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEG). 2002. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie III escala 1:250000.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEG). 2007. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV escala 1:250000.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEG). 2011. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie V escala 1:250000.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEG). 2014. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI escala 1:250000.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEG). 2017. Comunicado de prensa núm. 535/17. 11p.

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2007. La Cuenca del Río Balsas. <https://web.archive.org/web/20070727055419/http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/402/cuencabalsas.html>. Consulta 23 de abril 2019.

IUCN. 2018. Red List of Threatened Species. Versión 2018.2. <<https://www.iucnredlist.org>>

Kattan, G., Franco, P., Saavedra, C. A., Valderrama, C., Rojas, V., Osorio, D. & Martínez, J. 2006. Spatial components of bird diversity in the Andes of Colombia: implications for designing a regional reserve system. *Conservation Biology*, 20: 1203-1211.

Knapp, R. A. y K. R. Matthews. 2000. Non-native fish introductions and the decline of the mountain Yellow-Legged Frog from within Protected Areas. *Conservation Biology* 14(2): 428-438.

Knutson, M.G., J.R. Sauer, D.A. Olsen, M.J. Mossman, L.M. Hemesath y M.J. Lannoo. 1999. Effects of Landscape Composition and Wetland Fragmentation on Frog and Toad Abundance and Species Richness in Iowa and Wisconsin, U.S.A. *Conservation Biology* 13(6): 1473-1446.

Koleff, P. 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. En: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic(eds.). *Sobre diversidad Biológica: El significado de las diversidades Alfa, Beta y Gamma*. m3m-Monografías. CONABIO, Grupo diversitas y CONACYT. Zaragoza. Pp. 19-40.

Koleff, P. y J. Soberón. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. En: *Capital Natural de México: Vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad*. J. Soberón, G. Halfter y J. Llorente-Bousquets (Comps.). p. 323-364.

Lavariega, M.C., N. Martin-Regalado, A. Monroy-Gamboa y M. Briones-Salas. 2017. Estado de Conservación de los vertebrados terrestres de Oaxaca, México. *Ecosist. Recur. Agropec* 4(10): 135-146.

Lira-Noriega, A. 2006. Diversidad beta de las aves de México. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, UNAM, México.

Lips, K.R., J. Diffendorfer, J.R. Mendelson III y M.W. Sears. 2008. Rinding the wave: Reconciling the roles of disease and climate change in amphibian declines. *PLOS Biology* 6(3): 0441-0454.

Lynch, J. D. 1967. Two new *Eleutherodactylus* from western Mexico (Amphibia: Leptodactylidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 80: 211–218.

Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Springer, Dordrecht. 179 p.

Marco A. 2002. Contaminación global por nitrógeno y declive de anfibios. *Revista Española de Herpetofauna*. 97-109

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

Martínez, M. 2011. Herpetofauna de la Cuenca baja del Rio Verde, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar, Puerto escondido, Oaxaca. 93p.

- Mata-Silva, V., J. D. Jhonson, L.D. Wilson y E. García-Padilla. 2015. The herpetofauna of Oaxaca, México: composition, physiographyc distribution, and conservation status. *Mesosamerican Herpetology* 2(1): 5-62
- Meik, J. M., E. N. Smith, L. Canseco-Márquez, and J. A. Campbell. 2006. New species of the *Plectrohyla bistincta* group (Hylidae: Hylinae; Hylini) from Oaxaca, Mexico. *Journal of Herpetology* 40: 304–309
- Monroy-García, Y. 2009. Diversidad beta de la mastofauna terrestre del estado de Oaxaca, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Oaxaca. 56p.
- Morrone, J.J. 2001. Biogeografía de América Latina y El Caribe. T-Manuales & Tesis SEA, vol. 3. Zaragoza, 148 pp.
- Ochoa-Ochoa, L. M. y O. Flores-Villela. 2006. Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. UNAM-CONABIO, México, D.F. 211 p.
- Ordóñez, M. y P. Rodríguez. 2008. Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultural de México y sus productores rurales. *Ciencias* 91: 54-64
- Ortiz-Pérez, M., J. R.Hernandez-Santana y J.M. Figueroa-Mah-Eng. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En: Biodiversidad de Oaxaca, A. J. García-Mendoza, M. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México. p. 43-54.
- Pineda, E., G. Halffter, C.E. Moreno y F. Escobar. 2005. Transformación del bosque de niebla en agroecosistemas cafetaleros; cambios en las diversidades alfa y beta de tres grupos faunísticos. En: Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.) Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, p. 177-190.
- Plascencia, R., A. Castañón y A. Raz-Guzmán. 2011. La biodiversidad en México, su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias* 101:36-43.
- Quian, H. 2009. Global comparisons of beta diversity among mammals, birds, reptiles, and amphibians across spatial scales and taxonomic ranks. *Journal of Sistematics and Evolution* 47(5): 509-514.
- Rivera, J.E., A. Espinosa, M. Neri, G. Alcántara, D. Almaraz y A. Vergara. 2009. Biodiversidad de Santiago Laollaga, Oaxaca. Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S.C. y Planeación y Trabajo Ambiental, S.C. 60p.
- Rodríguez, P. 1999. Patrones geográficos de la diversidad alfa y beta en los mamíferos de México. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Rodríguez, P., J. Soberón y H.T Arita. 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 89:241-259.

Rodríguez, V. 2007. El papel del Istmo de Tehuantepec en los patrones biogeográficos de la avifauna mesoamericana. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Roux, D., L. Jeanne, P. Ashtona, A. Deacon, F. de Moord, D. Hardwick, L. Hilla, C. Kleynhans, G. Maree, J. Moolman y R. Scholes. 2008. Designing protected areas to conserve riverine biodiversity: Lessons from hypothetical redesign of the Kruger National Park. *Biological Conservation* 41: 100-117.

Rös, M. y E. Pineda. 2009. Apparent extinction or insufficient sampling?: Comment on Deforestation and apparent extinctions of endemic forest beetles in Madagascar. *Biology letters* 5:651-652.

Sarukán, J., J. Soberón y J. Larson. 1996. Biological conservation in a high beta diversity country. En: F. diCasta y T. Younes (eds.). *Biodiversity, science and development: toward a new partnership*. pp. 246-263.

SEMARNAT. 2010. 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. 78 p.

Tejedo, M. 2003. El declive de los anfibios. La dificultad de separar las variaciones naturales del cambio global. *MUNIBE* 16: 20-43.

Torres-Barragán, C.A. 2012. Estudio de la herpetofauna del Monumento Natural Yagul, Tlacolula, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias-Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Oaxaca de Juárez, Oax., 131p.

Torres-Colín, R. 2004. Vegetación. En: *Biodiversidad de Oaxaca*, A. J. García-Mendoza, M. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México. p. 105-117.

Trejo, I. 2004. Clima. En: *Biodiversidad de Oaxaca*, A. J. García-Mendoza, M. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF, México. p. 67-85.

Urbina-Cardona, J.N., y V.H. Reynoso. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en Los Tuxtlas, Veracruz, México, En: *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. G. Halfpeter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). *Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza*, p. 191-207.

Urquiza-Haas, T., P. Koleff, A. Lira-Noriega, M. Kolb y J. Alarcón. 2011. Selección de Áreas Prioritarias para la conservación de los vertebrados terrestres: ¿Es posible usar un grupo como

indicador?. En: Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. P. Koleff y T. Urquiza-Hass (Coords.). CONABIO-CONANP. p. 151-172.

Vega-Trejo, R. 2010. Estudio Herpetofaunístico en la comunidad de Santa María Yavesía, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM. 97p.

Wake, D.B. y V.T. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. PNAS 105(1): 11466-11473.

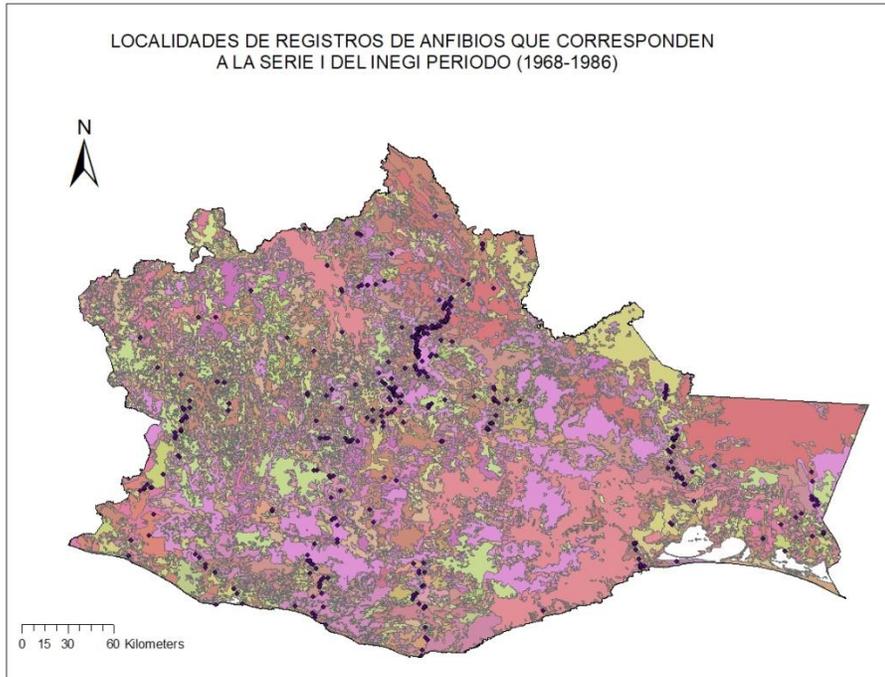
## ANEXOS

### ANEXO I. Áreas Naturales Protegidas Federales y estatales de Oaxaca, de acuerdo con CONABIO 2018

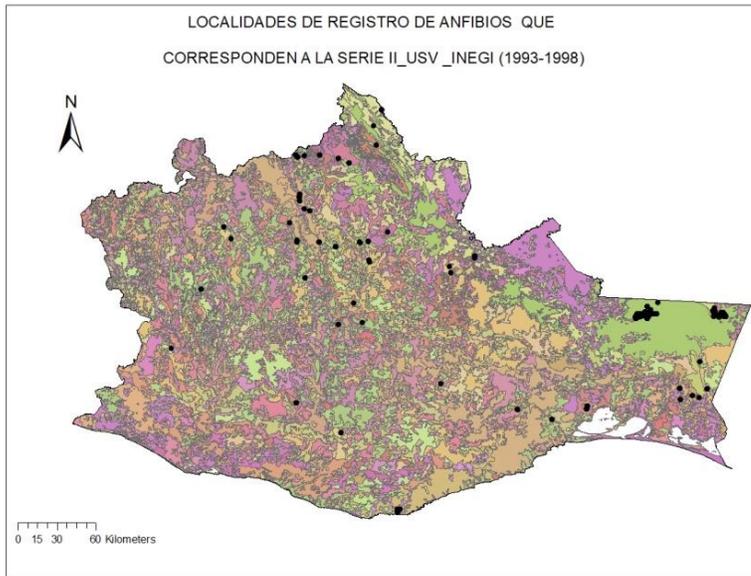
Áreas Naturales Protegidas Estatales						
Estado	Municipio	Fecha de decreto	Nombre	CATEGORIA	COOR_CENTRO	área (Ha)
Oaxaca	Oaxaca de Juárez	25-dic-10	No se especifica	Zona de Preservación Ecológica	No Disponible	2353.934
Oaxaca	San Juan Cotzocon	14-abr-07	La Sabana	Reserva Estatal	17° 24' 20" y 95° 25' 50"	2044.709
Oaxaca	Oaxaca de Juárez	30-oct-04	Cerro del Fortín	Parque Estatal	17° 04' 28" y 96° 44' 07"	90.465
Oaxaca	El Espinal	17-jun-00	Parque Ecológico Regional del Istmo	Reserva Ecológica	16° 28' 52" y 95° 01' 47"	37.562
Oaxaca	San Juan Bautista Cuicatlán	27-sep-97	Cerro Ta-mme	Parque Estatal	17° 48' 57" y 96° 59' 10"	20.104
Oaxaca	San Lorenzo Albarradas	06-dic-97	Hierve El Agua	Parque Estatal	16° 52' 40" y 96° 15' 35"	4124.985

Áreas Naturales Protegidas Federales					
NOMBRE	CATEGORIA	ESTADOS	MUNICIPIOS	SUPERFICIE	FECHA DE DECRETO
Benito Juárez	Parque Nacional	Oaxaca	Oaxaca de Juárez, San Andrés Huayapam y Tlalixtac de Cabrera	2591.51566	30/12/1937
Huatulco	Parque Nacional	Oaxaca	Santa María Huatulco	11890.98	24/07/1998
Lagunas de Chacahua	Parque Nacional	Oaxaca	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	14896.0734	09/07/1937
Yagul	Monumento Natural	Oaxaca	Villa Díaz Ordaz y Tlacolula de Matamoros	1076.06386	24/05/1999
Boquerón de Tonalá	Área de protección de Flora y Fauna	Oaxaca	Santo Domingo Tonalá y San Marcos Arteaga	3912.31581	22/09/2008
Tehuacán-Cuicatlán	Reserva de la Biosfera	Puebla y Oaxaca	Abarca 18 municipios de Puebla y 32 de Oaxaca	490186.875	18/09/1998
Playa de Escobilla	Santuario	Oaxaca	Santa María Tonameca	146.094552	29/10/1986
Playa de la Bahía de Chacahua	Santuario	Oaxaca	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	92.650654	29/10/1986

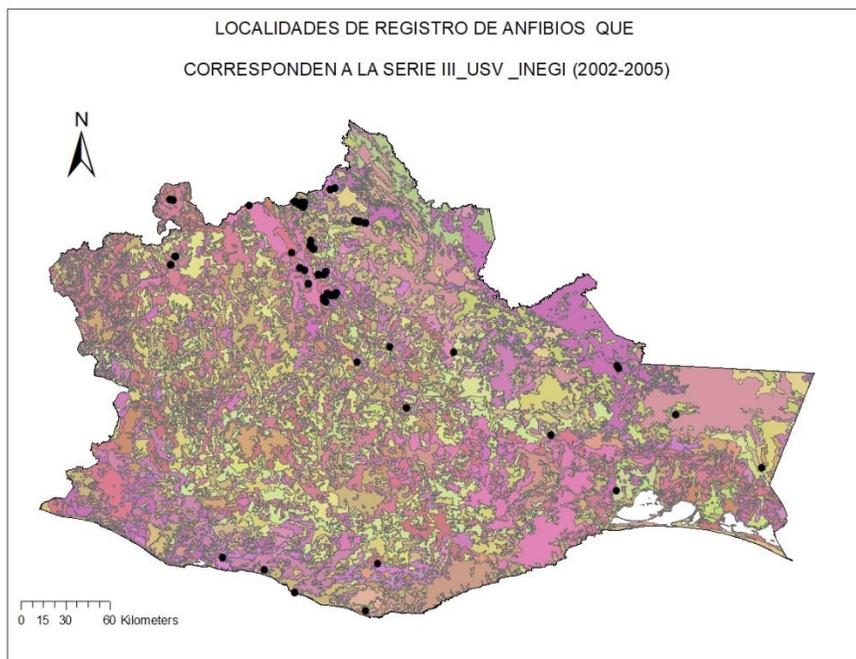
ANEXO II. Mapas de las series I a VI del Continuo de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI donde se muestran los puntos de colecta registrados en la base de anfibios correspondientes a cada serie.



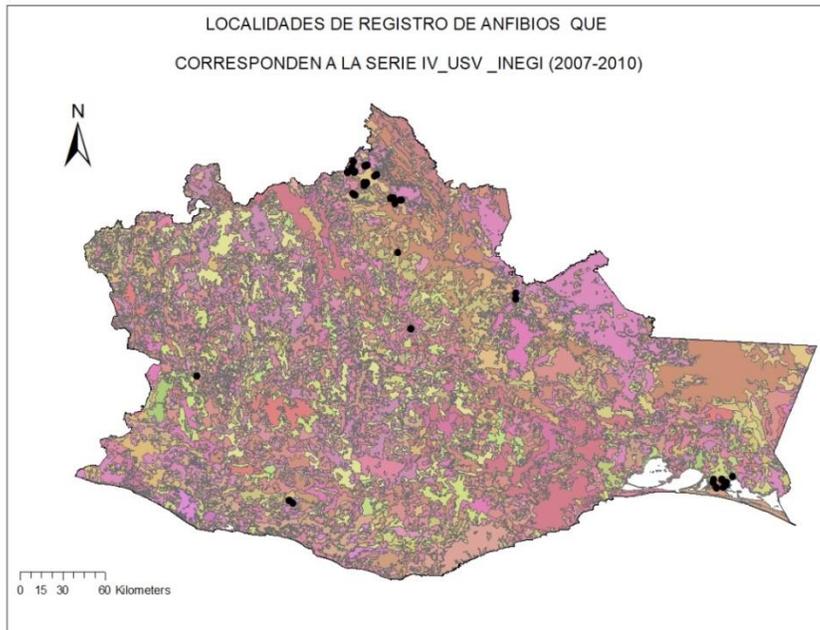
Mapa 1. Muestra las localidades de registros de anfibios que corresponden al periodo de 1968-1986, mismo periodo de la Serie I del Uso de Suelo y Vegetación del INEGI.



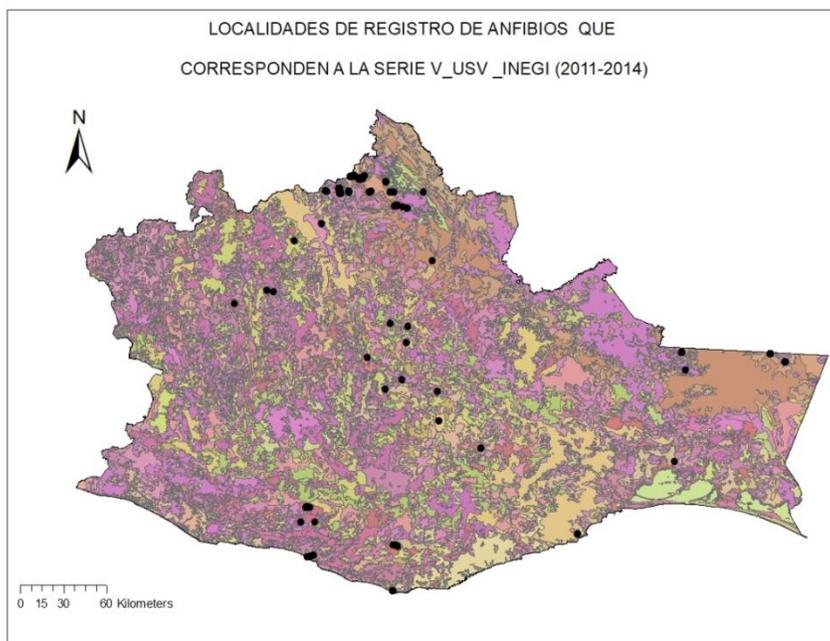
Mapa 2. Muestra las localidades de registros de anfibios que corresponden al periodo de 1993-1996, periodo de la serie II del Uso de Suelo y Vegetación del INEGI



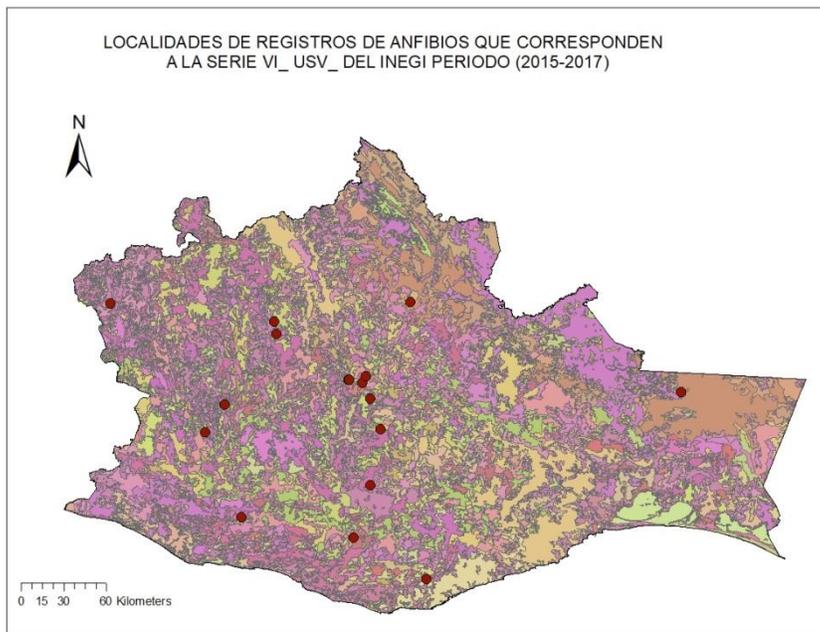
Mapa 3. Muestra las localidades de registros de anfibios correspondientes al periodo de 2002 a 2005, periodo de la Serie III del Uso de Suelo y Vegetación del INEGI.



Mapa 4. Muestra las localidades de registro de anfibios del periodo comprendido entre 2007 y 2010, periodo correspondiente a la Serie IV del Uso de Suelo y Vegetación del INEGI



Mapa 5. Muestra las localidades de registros de anfibios del periodo comprendido entre 2011 y 2014, periodo que corresponde a la Serie V del Uso de Suelo y Vegetación del INEGI



Mapa 6. Localidades de registros de anfibios que corresponden al periodo comprendido entre 2015 y 2017, periodo que corresponde a la Serie VI del Uso de Suelo y Vegetación del INEGI.

ANEXO III. BASE PRESENCIA- AUSENCIA PARA EL RANGO ALTITUDINAL

NORMAL

<i>Especie-Rango altitudinal</i>	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
<i>Agalychnis callidryas</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Agalychnis dacnicolor</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Agalychnis moreletii</i>	1	1	0	1	0	0	0
<i>Anotheca spinosa</i>	1	0	1	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa alberchi</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa chinanteca</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa macrinii</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Bolitoglossa oaxacensis</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bolitoglossa occidentalis</i>	1	0	1	1	0	0	0
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa riletti</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa rufescens</i>	1	1	1	0	0	1	0
<i>Bolitoglossa veracruzis</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa zapoteca</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bromeliohyla dendroscarta</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Charadrahyla esperancensis</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Charadrahyla altipotens</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Charadrahyla chaneque</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Charadrahyla nephila</i>	1	0	0	1	0	1	0
<i>Craugastor alfredi</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Craugastor augusti</i>	1	1	0	1	0	0	0
<i>Craugastor berkenbuschii</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Craugastor decoratus</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Craugastor lineatus</i>	1	0	1	0	0	0	0
<i>Craugastor loki</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Craugastor mexicanus</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Craugastor polymniae</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Craugastor pygmaeus</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Craugastor rhodopsis</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Craugastor rugulosus</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Craugastor silvicola</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Craugastor spatulatus</i>	0	0	1	1	0	1	0
<i>Craugastor uno</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus ebraccatus</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus microcephalus</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus robertmertensi</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus sartori</i>	1	0	0	0	0	0	0

<i>Dermophis mexicanus</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Dermophis oaxacae</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Diaglena spatulata</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dryophytes euphorbiaceus</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Duellmanohyla schmidtorum</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Ecnomiohyla echinata</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Eleutherodactylus leprus</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eleutherodactylus pipilans</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Eleutherodactylus syrisites</i>	1	1	1	1	0	1	0
<i>Engystomops pustulosus</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Exerodonta abdivita</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Exerodonta chimalapa</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Exerodonta juanita</i>	0	1	1	1	1	0	0
<i>Exerodonta melanomma</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Exerodonta pinorum</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Exerodonta xera</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Hyla arenicolor</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Hypopachus ustus</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Hypopachus variolosus</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Incilius canaliferus</i>	1	0	1	0	0	1	0
<i>Incilius coccifer</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Incilius cycladen</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Incilius gemmifer</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Incilius macrocristatus</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Incilius marmoreus</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Incilius occidentalis</i>	1	1	1	1	1	1	0
<i>Incilius perplexus</i>	1	0	0	1	0	1	0
<i>Incilius spiculatus</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Incilius tutelarius</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Incilius valliceps</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Isthmura bellii</i>	0	1	1	1	1	1	1
<i>Isthmura boneti</i>	0	0	1	0	1	1	0
<i>Isthmura maxima</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Ixalotriton parvus</i>	1	0	1	1	0	0	0
<i>Leptodactylus fragilis</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	1	1	1	1	1	0	0

<i>Lithobates berlandieri</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Lithobates brownorum</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Lithobates forreri</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Lithobates maculatus</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Lithobates sierramadrensis</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Lithobates spectabilis</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Lithobates vaillanti</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Lithobates zweifeli</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Megastomatohyla mixe</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Megastomatohyla pellita</i>	0	0	1	1	1	0	0
<i>Plectrohyla miahuatlanensis</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla ameibothalame</i>	0	1	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla bistincta</i>	0	0	1	1	1	0	1
<i>Plectrohyla calthula</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Plectrohyla calvicollina</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Plectrohyla celata</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla cembra</i>	0	0	0	0	1	1	0
<i>Plectrohyla crassa</i>	1	0	1	1	0	0	1
<i>Plectrohyla cyanomma</i>	0	0	0	0	1	1	0
<i>Plectrohyla cyclada</i>	0	0	0	0	1	1	0
<i>Plectrohyla ephemera</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Plectrohyla hazelae</i>	1	0	0	1	1	1	1
<i>Plectrohyla labedactyla</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla matudai</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Plectrohyla pentheter</i>	0	1	1	1	1	0	0
<i>Plectrohyla psarosema</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla sabrina</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Plectrohyla siopela</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla thorectes</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Pseudoeurycea anitae</i>	0	0	1	0	1	0	0
<i>Pseudoeurycea aquatica</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudoeurycea aurantia</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pseudoeurycea cochranae</i>	0	0	1	1	1	1	1
<i>Pseudoeurycea conanti</i>	0	0	1	0	1	0	0
<i>Pseudoeurycea juarezi</i>	1	0	1	1	1	1	1
<i>Pseudoeurycea mixteca</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudoeurycea mystax</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudoeurycea obesa</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudoeurycea orchileucos</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pseudoeurycea papenfussi</i>	0	0	0	1	1	1	1
<i>Pseudoeurycea ruficauda</i>	0	0	0	0	1	0	0

<i>Pseudoeurycea saltator</i>	1	0	0	1	1	0	0
<i>Pseudoeurycea smithi</i>	0	0	0	1	1	1	1
<i>Pseudoeurycea unguidentis</i>	1	0	0	0	1	1	1
<i>Pseudoeurycea werleri</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ptychohyla acrochorda</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ptychohyla euthysanota</i>	1	0	1	0	0	0	0
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Ptychohyla zophodes</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Ptychohyla zoque</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Rhinella marina</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Scinax staufferi</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Smilisca baudinii</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Smilisca cyanosticta</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Spea multiplicata</i>	1	1	0	1	1	0	0
<i>Thorius adelos</i>	0	0	1	1	1	1	0
<i>Thorius arboreus</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Thorius aureus</i>	0	1	0	1	1	1	1
<i>Thorius boreas</i>	1	0	1	1	1	1	0
<i>Thorius insperatus</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Thorius macdougalli</i>	1	0	1	1	1	1	1
<i>Thorius minutissimus</i>	0	0	1	1	1	0	0
<i>Thorius narisovalis</i>	0	1	1	1	1	1	1
<i>Thorius papalaoe</i>	0	1	1	1	1	1	0
<i>Thorius pulmonaris</i>	0	0	1	1	1	1	1
<i>Thorius smithi</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Tlalocohyla loquax</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Tlalocohyla picta</i>	1	0	1	0	0	0	0
<i>Tlalocohyla smithii</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Trachycephalus typhonius</i>	1	0	0	0	0	0	0

ANEXO IV. BASE PRESENCIA AUSENCIA PARA EL RANGO ALTITUDINAL

POTENCIAL

<i>Especie-Rango altitudinal</i>	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
<i>Agalychnis callidryas</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Agalychnis dacnicolor</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Agalychnis moreletii</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Anotheca spinosa</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa alberchi</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa chinanteca</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa macrinii</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Bolitoglossa oaxacensis</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bolitoglossa occidentalis</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa riletii</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa rufescens</i>	1	1	1	1	1	1	0
<i>Bolitoglossa veracruzis</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Bolitoglossa zapoteca</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bromeliohyla dendroscarta</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Charadrahyla esperancensis</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Charadrahyla altipotens</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Charadrahyla chaneque</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Charadrahyla nephila</i>	1	1	1	1	1	1	0
<i>Craugastor alfredi</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Craugastor augusti</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Craugastor berkenbuschii</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Craugastor decoratus</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Craugastor lineatus</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Craugastor loki</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Craugastor mexicanus</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Craugastor polymniae</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Craugastor pygmaeus</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Craugastor rhodopis</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Craugastor rugulosus</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Craugastor silvicola</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Craugastor spatulatus</i>	0	0	1	1	1	1	0
<i>Craugastor uno</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus ebraccatus</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus microcephalus</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus robertmertensi</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus sartori</i>	1	0	0	0	0	0	0

<i>Dermophis mexicanus</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Dermophis oaxacae</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Diaglena spatulata</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dryophytes euphorbiaceus</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Duellmanohyla schmidtorum</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Ecnomiohyla echinata</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Eleutherodactylus leprus</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eleutherodactylus pipilans</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Eleutherodactylus syrisites</i>	1	1	1	1	1	1	0
<i>Engystomops pustulosus</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Exerodonta abdivita</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Exerodonta chimalapa</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Exerodonta juanitae</i>	0	1	1	1	1	0	0
<i>Exerodonta melanomma</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Exerodonta pinorum</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Exerodonta xera</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Hyla arenicolor</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Hypopachus ustus</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Hypopachus variolosus</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Incilius canaliferus</i>	1	1	1	1	1	1	0
<i>Incilius coccifer</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Incilius cycladen</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Incilius gemmifer</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Incilius macrocristatus</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Incilius marmoreus</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Incilius occidentalis</i>	1	1	1	1	1	1	0
<i>Incilius perplexus</i>	1	1	1	1	1	1	0
<i>Incilius spiculatus</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Incilius tutelarius</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Incilius valliceps</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Isthmura bellii</i>	0	1	1	1	1	1	1
<i>Isthmura boneti</i>	0	0	1	1	1	1	0
<i>Isthmura maxima</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Ixalotriton parvus</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Leptodactylus fragilis</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	1	1	1	1	1	0	0

<i>Lithobates berlandieri</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Lithobates brownorum</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Lithobates forreri</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Lithobates maculatus</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Lithobates sierramadrensis</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Lithobates spectabilis</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Lithobates vaillanti</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Lithobates zweifeli</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Megastomatohyla mixe</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Megastomatohyla pellita</i>	0	0	1	1	1	0	0
<i>Plectrohyla miahuatlanensis</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla ameibothalame</i>	0	1	1	1	1	0	0
<i>Plectrohyla bistincta</i>	0	0	1	1	1	1	1
<i>Plectrohyla calthula</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Plectrohyla calvicollina</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Plectrohyla celata</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla cembra</i>	0	0	0	0	1	1	0
<i>Plectrohyla crassa</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Plectrohyla cyanomma</i>	0	0	0	0	1	1	0
<i>Plectrohyla cyclada</i>	0	0	0	0	1	1	0
<i>Plectrohyla ephemera</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Plectrohyla hazelae</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Plectrohyla labedactyla</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla matudai</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Plectrohyla pentheter</i>	0	1	1	1	1	0	0
<i>Plectrohyla psarosema</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla sabrina</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Plectrohyla siopela</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Plectrohyla thorectes</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>Pseudoeurycea anitae</i>	0	0	1	1	1	0	0
<i>Pseudoeurycea aquatica</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudoeurycea aurantia</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pseudoeurycea cochranae</i>	0	0	1	1	1	1	1
<i>Pseudoeurycea conanti</i>	0	0	1	1	1	0	0
<i>Pseudoeurycea juarezi</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pseudoeurycea mixteca</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudoeurycea mystax</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudoeurycea obesa</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudoeurycea orchileucos</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pseudoeurycea papenfussi</i>	0	0	0	1	1	1	1
<i>Pseudoeurycea ruficauda</i>	0	0	0	0	1	0	0

<i>Pseudoeurycea saltator</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Pseudoeurycea smithi</i>	0	0	0	1	1	1	1
<i>Pseudoeurycea unguidentis</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pseudoeurycea werleri</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ptychohyla acrochorda</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ptychohyla euthysanota</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Ptychohyla leonhardschultzei</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Ptychohyla zophodes</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Ptychohyla zoque</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Rhinella marina</i>	1	1	1	1	0	0	0
<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Scinax staufferi</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Smilisca baudinii</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Smilisca cyanosticta</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Spea multiplicata</i>	1	1	0	1	1	0	0
<i>Thorius adelos</i>	0	0	1	1	1	1	0
<i>Thorius arboreus</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Thorius aureus</i>	0	1	1	1	1	1	1
<i>Thorius boreas</i>	1	1	1	1	1	1	0
<i>Thorius insperatus</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Thorius macdougalli</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Thorius minutissimus</i>	0	0	1	1	1	0	0
<i>Thorius narisovalis</i>	0	1	1	1	1	1	1
<i>Thorius papalaoe</i>	0	1	1	1	1	1	0
<i>Thorius pulmonaris</i>	0	0	1	1	1	1	1
<i>Thorius smithi</i>	0	1	1	1	0	0	0
<i>Tlalocohyla loquax</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Tlalocohyla picta</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Tlalocohyla smithii</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Trachycephalus typhonius</i>	1	0	0	0	0	0	0