

UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ESCONDIDO



Propuestas de preservación y conservación del hábitat de reptiles
en una zona de aprovechamiento de material aluvial del río
Tehuantepec, Oaxaca, México

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestra en Ciencias en Manejo de Fauna Silvestre

Presenta:

Aressia Esmeralda García Mello

Director de Tesis:

Dr. Héctor Santiago Romero

Puerto Escondido, Oaxaca 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi director de tesis, el Dr. Héctor Santiago Romero, por el tiempo que dedicó a mejorar mi proyecto, por su disponibilidad para ser partícipe de las actividades de campo, por su paciencia y todos los aportes hacia mi tesis.

De igual forma agradezco a mi comité tutorial conformado por el Dr. Carlos García Estrada y el Dr. Noé Ruiz García, quienes a lo largo de este trayecto aportaron mucho con sus comentarios y revisiones a mejorar mi tesis. Así también agradezco la participación del Dr. José Luis Arcos García, M. en C. Helisama Colín Martínez y M. en C. María del Rosario Barragán Vázquez por su colaboración como revisores. Además agradezco al Dr. Jaime Manuel Calderón Patrón, quien sin ser parte de mi comité aportó también valiosas ideas y comentarios durante la elaboración de la tesis.

Mi gratitud al Comisariado de Bienes Comunales de Santa Cruz Tagolaba, conformado por los señores Alfredo Martínez Gutiérrez, Mario Barrera Flores y Gerardo Hernández Ruíz, quienes tuvieron la inquietud de iniciar el proyecto de aprovechamiento de material aluvial y nos dieron todas las facilidades para poder desarrollar éste estudio. Igualmente un especial agradecimiento a los señores Gildardo y Vidal por su grata compañía durante los recorridos, por ayudarnos en los muestreos y aportar información sobre la fauna y la vegetación de la localidad.

Gracias a los técnicos de promoción al desarrollo Omar Alonso Herrera y Vladimir Silva Patiño, así como a los estudiantes de Biología Carlos Daniel Juárez Santiago y Esli Salim Pablo Chávez, quienes con mucho entusiasmo y disposición me apoyaron en la realización de los muestreos.

Agradezco a mis padres, por guiarme, inspirarme y mostrarme el camino correcto. Gracias por impulsarme a estudiar la maestría y por permitirme siempre soñar y volar tan lejos.

Un especial agradecimiento a Jaime Magaña Benítez, mi compañero incondicional durante una etapa importante en la historia de mi vida. Gracias por la ayuda en campo, por tu paciencia y por apoyarme siempre a seguir mis metas y mejorar como persona.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	JUSTIFICACIÓN	3
III.	OBJETIVOS	4
3.1.	Objetivo general	4
3.2.	Objetivos específicos	4
IV.	HIPÓTESIS	4
V.	ANTECEDENTES	5
5.1.	Impactos de la extracción de material aluvial sobre la fauna silvestre	5
5.2.	Vulnerabilidad de vertebrados silvestres durante las actividades de extracción de material aluvial.....	5
5.3.	Vulnerabilidad de los reptiles durante las actividades de extracción de material aluvial	7
5.4.	Extracción de materiales aluviales en México y otros países	9
5.5.	Evaluación de la diversidad.....	13
5.6.	Manejo de fauna y su hábitat	14
VI.	ÁREA DE ESTUDIO	15
6.1.	Componentes del río.....	16
6.2.	Vegetación	17
6.3.	Clima.....	18
VII.	MATERIAL Y MÉTODOS	19
7.1.	Eficiencia de muestreo y curvas de acumulación de especies	19
7.2.	Inventarios de reptiles	20
7.3.	Evaluación de la diversidad de las comunidades de reptiles	22
7.3.1.	Diversidad alfa	23
7.3.2.	Diversidad beta.....	25
7.4.	Caracterización de los sitios de estudio	27
7.4.1.	Caracterización de la vegetación	27
7.4.2.	Caracterización del suelo.....	27
7.5.	Identificación de los factores del hábitat relevantes para los reptiles.....	28
7.6.	Identificación de impactos y propuestas de buenas prácticas ambientales	29
7.7.	Análisis para la gestión del territorio.....	30
VIII.	RESULTADOS	32

8.1.	Eficiencia de muestreo	32
8.2.	Inventario de reptiles	34
8.3.	Evaluación de la diversidad de las comunidades de reptiles	36
8.3.1.	Diversidad alfa	36
8.3.2.	Diversidad beta	40
8.4.	Caracterización de los sitios de estudio	41
8.5.	Factores del hábitat identificados como relevantes para los reptiles	47
8.6.	Impactos identificados a causa de las actividades de extracción	50
8.7.	Guía de acciones para las buenas prácticas ambientales	52
8.8.	Guía de prácticas de convivencia con los reptiles	57
8.9.	Análisis para la gestión del territorio	59
8.10.	Propuestas para las áreas de preservación y conservación	61
8.11.	Propuestas para la conservación de corredores riparios	62
8.12.	Propuesta para las áreas aprovechamiento de materiales	63
IX.	DISCUSIÓN	65
9.1.	Eficiencia de muestreo	65
9.2.	Inventario de reptiles	66
9.3.	Evaluación de la diversidad alfa y beta de las comunidades de reptiles	68
9.4.	Identificación de los factores del hábitat relevantes para los reptiles	72
9.5.	Guía de buenas prácticas ambientales	73
9.6.	Muestreo en caminos de acceso	74
9.7.	Establecimiento de áreas mínimas de preservación y conservación	75
X.	CONCLUSIONES	77
XI.	BIBLIOGRAFÍA	79
XII.	ANEXOS	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes hidrogeomorfológicos del río Tehuantepec.....	17
Figura 2. Polígono del proyecto de extracción en Santa Cruz Tagolaba, Tehuantepec y ubicación de los sitios de muestreo (imagen tomada de Google Earth, 2018).	21
Figura 3. Curva de acumulación de especies con esfuerzo de muestreo hora-hombre.	33
Figura 4. Abundancia (A) y riqueza (B) registrada por tipo de hábitat.....	36
Figura 5. Diversidad verdadera por tipo de hábitat en temporada seca y de lluvia.	38
Figura 6. Dendogramas de similitud de Jaccard y Sorensen entre tipos de hábitat durante la temporada seca y de lluvia.	40
Figura 7. Aaálisis de correspondencia canónica. Sitios con vegetación en verde y sitios con extracción en amarillo.....	49
Figura 8. Fragmentos de vegetación identificados en el polígono del proyecto y área riparia a preservar.	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de los sitios de muestreo	20
Tabla 2. Valores de los modelos asintóticos evaluados para la estimación de la riqueza de especies en la zona de muestreo.....	33
Tabla 3. Listado de especies y nombres comunes por hábitat y temporada	34
Tabla 4. Índice de Shannon y equidad por tipo de hábitat.	36
Tabla 5. Valores de la prueba T de Hutcheson en los tipos de hábitat.....	37
Tabla 6. Diversidad verdadera de orden uno (¹ D) con sus intervalos de confianza al 95%.	39
Tabla 7. Índice de Shannon y diversidad verdadera por temporada.	39
Tabla 8. Variables que explican la mayor proporción de la varianza en los primeros tres componentes principales.	47
Tabla 9. Especies con alguna categoría de acuerdo con las normas nacionales e internacionales y factores de riesgo.	59
Tabla 10. Extensión del ámbito hogareño y área mínima viable de algunas especies registradas en el polígono del proyecto.	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Formato de entrevistas dirigidas a los comuneros de Santa Cruz Tagolaba.	103
Anexo II. Formato de entrevista dirigida a trabajadores involucrados en el proyecto de aprovechamiento de material aluvial.	107
Anexo III. Matriz de identificación de impactos ambientales en los sitios de extracción	110
Anexo IV. Datos proyectados por el programa R al realizar el análisis de correlación canónica (CCA).	112

RESUMEN

La extracción de materiales aluviales es una actividad que implica pérdida y perturbación de hábitats de fauna silvestre; donde las comunidades de reptiles son las más afectadas en cuanto a su diversidad debido a su ámbito hogareño reducido y desplazamiento lento. Por lo anterior el objetivo de esta tesis fue analizar la diversidad de reptiles e identificar los factores más relevantes de sus hábitats con la finalidad de encontrar y diseñar propuestas para la preservación y conservación de sus hábitats. Se realizaron cuatro muestreos, dos veces en temporada seca, abril-mayo y dos en temporada de lluvia, agosto-octubre. La búsqueda activa de reptiles, se realizó durante tres días consecutivos sobre transectos de 300 m de longitud y 25 m de ancho. Se evaluaron: eficiencia de muestreo con curvas de acumulación de especies; diversidad alfa con el índice de Shannon; análisis de diversidad verdadera de orden uno y diversidad beta con el índice de Jaccard y Sorensen. Se reportaron 1 594 individuos y 27 especies. Se obtuvo una eficiencia del muestreo del 84.4% con modelo de Clench. La mayor riqueza (26 especies) y diversidad ($H'=1.83$ y ${}^1D=6.26$) se obtuvo en la temporada de lluvia en sitios con vegetación. Los sitios con vegetación en la temporada de lluvia y los sitios con extracción en la temporada seca, reportaron una reducción en número efectivo de especies del 55.67%. En la diversidad beta, la mayor similitud se presentó entre sitios con extracción durante la temporada de lluvia y seca ($I_{s_{cuant}}= 0.83$). Se concluye que los cambios debidos a la extracción de materiales aluviales disminuyen la calidad de los hábitats disponibles para los reptiles, reflejado en la disminución de su diversidad. Finalmente, se identificaron 6 variables del hábitat relevantes para los reptiles y 17 impactos generados por la extracción del material aluvial. Se realizaron 22 propuestas de buenas prácticas ambientales que inciden sobre el manejo del hábitat de reptiles y 4 propuestas de buena convivencia con los reptiles durante la actividad de extracción.

Palabras clave: reptiles, riqueza, diversidad verdadera.

SUMMARY

The extraction of alluvial materials is an activity that implies loss and disturbance of wildlife habitats. Reptile communities are the most affected in terms of their diversity due to their reduced home environment and slow displacement. Therefore, the objective of this thesis was to analyze the diversity of reptiles and identify the most relevant factors of their habitats in order to find and design proposals for the preservation and conservation of their habitats. Four samplings were carried out, two in the dry season (April-May) and two in the rainy season (August-October). The active search for reptiles was carried out over three consecutive days on transects of 300m in length and 25m in width. The following were evaluated: sampling efficiency with species accumulation curves; alpha diversity with the Shannon index; true diversity analysis of order one, and beta diversity with the Jaccard and Sorensen index. 1,594 individuals and 27 species were reported. A sampling efficiency of 84.4% was obtained with the Clench model. The highest richness (26 species) and diversity ($H' = 1.83$ and $1D = 6.26$) was obtained during the rainy season in sites with vegetation. Sites with vegetation in the rainy season and sites with extraction in the dry season reported a reduction in effective number of species of 55.67%. In beta diversity, the greatest similarity was between sites with extraction during the rainy and dry season ($I_{scuant} = 0.83$). It is concluded that the changes due to the extraction of alluvial materials diminish the quality of the habitats available for reptiles, reflected in the decrease of their diversity. Finally, 6 habitat variables relevant to reptiles and 17 impacts generated by the extraction of alluvial material were identified. 22 proposals were made for good environmental practices that affect the management of reptile habitat and four proposals were made for good coexistence with reptiles during the extraction activity.

Keywords: reptiles, richness, true diversity.

I. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento desmedido de los recursos aluviales (arena, grava y cantos rodados) de los ríos, no solo ha puesto en riesgo la existencia de los mismos, sino que también ha causado la fragmentación de los hábitats naturales, lo que impacta a la fauna silvestre asociada a ellos. La fragmentación del hábitat ha sido identificada como una de las principales causas de la actual crisis de la biodiversidad faunística (Santos y Tellería 2006), lo cual ha provocado la disminución de sus poblaciones y sus áreas de distribución; ya que la fragmentación, obliga a la fauna a refugiarse en zonas que difícilmente cubren sus necesidades, por lo cual su sobrevivencia se ve amenazada (Primack 2002, Fahrig 2003, Crooks y Sanjayan 2006, Galindo-González 2007).

La extracción de materiales aluviales es una actividad que modifica la estructura del hábitat, ya que se deterioran los lechos de los ríos, se elimina el suelo y la cobertura vegetal adyacente (Chehébar 1990, Valderrama 1992), por lo cual se afecta a todas las especies de fauna silvestre que ahí habitan; sin embargo repercute más en aquellos grupos de menor talla, con movilidad reducida y de lento desplazamiento; tal como los reptiles, los cuales se ven limitados en su movilidad hacia otras áreas y quedan expuestos a factores climáticos extremos (Fahrig 2003). Los márgenes de los ríos y sus planicies de inundación se caracterizan por ser altamente productivas, con una elevada biodiversidad (Hausammann 2008, OMM-GWP 2006), lo cual denota su alto valor para la fauna silvestre, ya que además de proveer fuentes de alimento y refugio, también actúan como corredores biológicos (Granados-Sánchez *et al.* 2006, Miller *et al.* 2001).

El río Tehuantepec, en el estado de Oaxaca, es un reservorio importante de recursos bióticos; específicamente, la cuenca baja del río Tehuantepec es un área de gran importancia biológica, ya que aún conserva a lo largo de su cauce y márgenes, diversos ecosistemas e importantes fragmentos de vegetación riparia y selva baja caducifolia (Gómez 2005), los cuales sirven de corredores biológicos y

proporciona hábitat para una gran diversidad de fauna, de la cual se presenta alto nivel de endemismo (Meave *et al.* 2012), como es el caso de los reptiles, ya que en dicha zona se ha registrado la mayor riqueza de reptiles del estado de Oaxaca (Casas-Andreu *et al.* 2004).

Sin embargo en los últimos años en la cuenca baja del río Tehuantepec, en términos económicos se han valorizado más los recursos abióticos, en especial los bancos de material aluvial en detrimento de los recursos biológicos. Esto, como resultado de la implementación de diversos programas de desarrollo para la región del Istmo de Tehuantepec, en donde se promueve: la creación de infraestructura como carreteras, establecimientos de corredores comerciales, construcción de parques eólicos y modernización de los complejos industriales relacionados con el puerto petrolero de Salina Cruz (García 1998, Chelton *et al.* 2000); con ello se incrementó la demanda de arena, grava y cantos rodados, como material primordial para la construcción.

Debido a que el aprovechamiento de los materiales aluviales, podría ser una alternativa para el desarrollo de la comunidad de Santa Cruz Tagolaba, en donde algunas familias todavía registran un alto grado de marginación y pobreza (CONEVAL 2012). Es necesario encontrar un modo de aprovechamiento del material aluvial, que considere la conservación de la vida silvestre como parte del valor ecológico y cultural del río Tehuantepec. Bajo este contexto, esta tesis busca contribuir a que los comuneros de Santa Cruz Tagolaba encuentren un esquema de extracción de materiales aluviales compatible con la preservación y conservación del hábitat de los reptiles.

II. JUSTIFICACIÓN

Como parte de la gestión de los recursos naturales en México, es necesario realizar una evaluación de impacto ambiental, con la finalidad de calcular el efecto de las actividades humanas sobre el ambiente. Sin embargo, dichas evaluaciones no integran estudios sobre la diversidad faunística a nivel de comunidad, ya que por lo general se limitan a listar las especies encontradas durante muestreos breves; es decir, no se evalúa el impacto real sobre la diversidad faunística. Por otro lado, en el país existen pocos estudios que ayuden a establecer medidas de manejo de hábitat para la fauna silvestre, y tampoco existen estudios específicos para zonas de extracción de materiales aluviales en los márgenes de los ríos. Debido a lo anterior, en los proyectos de extracción de material aluvial, no se contempla la implementación de planes de manejo del hábitat, como una acción de mitigación o compensación (Torres-Mura *et al.* 2014).

Es por ello, que se busca resaltar la importancia de los estudios de diversidad biológica como una herramienta de gran utilidad durante las evaluaciones de impacto ambiental (Casas *et al.* 2017), porque los componentes de la diversidad como: riqueza, abundancia, dominancia y frecuencia, son resultado de las interacciones entre organismos y su ambiente, por lo que son un buen indicador del impacto de las actividades humanas (Moreno *et al.* 2011, SCDB 2006). Además dichos estudios aportan las bases necesarias para plantear medidas de conservación exitosas en beneficio de la fauna silvestre, para lo cual es inminente desarrollar estrategias de manejo del hábitat.

Con el propósito de contar con las bases objetivas, para realizar propuestas de protección de hábitats en áreas de aprovechamiento de materiales aluviales, es necesario generar información sobre las especies que conforman la comunidad de reptiles, tanto en sitios de extracción de material aluvial como en sitios sin esta actividad.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Realizar propuestas para la preservación y conservación de hábitats de reptiles que sean compatibles con el aprovechamiento de materiales aluviales del río Tehuantepec, Oaxaca.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar un inventario de reptiles en el área del proyecto de extracción de material aluvial.
- Evaluar y comparar la diversidad alfa y beta de las comunidades de reptiles.
- Identificar los factores del hábitat que son relevantes para los reptiles.
- Proponer áreas mínimas para la preservación y conservación de hábitats de reptiles.
- Realizar propuestas para las buenas prácticas de aprovechamiento de material aluvial que sean amigables con la preservación de hábitats de reptiles.

IV. HIPÓTESIS

Se espera encontrar mayor diversidad de reptiles en sitios con vegetación que en sitios con extracción de material aluvial, debido a que la extracción de material aluvial es una actividad que genera perturbación y pérdida de hábitats para los reptiles.

V. ANTECEDENTES

5.1. Impactos de la extracción de material aluvial sobre la fauna silvestre

Los impactos provocados por la extracción de material aluvial pueden ser clasificados en tres categorías de acuerdo con Ponce *et al.* (2000): 1) de tipo físico, 2) calidad del agua y 3) ecológicos. El impacto de tipo físico ocurre cuando la extracción se realiza a gran escala e incide principalmente en la erosión del lecho y los bancos de material, los cuales generan cambios en los tipos de hábitat y en las corrientes de agua. El impacto en la calidad del agua sucede por la acumulación y eliminación no controlada de material de desecho, los derrames de productos químicos y combustibles que pueden causar deterioro en la calidad del agua para uso doméstico y el envenenamiento de la vida acuática. El impacto ecológico acontece debido a la eliminación de la vegetación; estos impactos tienen efecto en la pérdida directa de hábitat, el disturbio de especies que habitan las zonas de extracción, reducción en la producción primaria y consecuentemente una reducción de oportunidades de alimentación para las especies que habitan la zona.

Los tres tipos de impactos mencionados afectan directamente a la fauna silvestre, debido a la pérdida de sus hábitats o reducción en la calidad de los mismos, por la destrucción de sitios de alimentación, refugio y reproducción. Adicionalmente, el tránsito de maquinaria pesada y el ruido provocan el desplazamiento de los vertebrados con mayor movilidad o de ámbitos de hogar amplios, como el grupo de las aves y los mamíferos medianos y grandes (Torres-Mura *et al.* 2014).

5.2. Vulnerabilidad de vertebrados silvestres durante las actividades de extracción de material aluvial

Las actividades de extracción de material aluvial, generan la fragmentación y pérdida del hábitat, afectando a todos los vertebrados que ahí viven. Sin embargo cada grupo de vertebrados tiene capacidad de dispersión distinta, así como

requerimientos específicos, por lo tanto la pérdida de hábitat incide de distinta forma en cada grupo. Ante la pérdida de hábitat, los mamíferos medianos y grandes, pueden desplazarse a otro hábitat con mayor diversidad y cobertura vegetal, que les brinde mayor protección contra los depredadores y alimento (López *et al.* 2009). Sin embargo en el caso de los roedores, debido a su menor talla y menor capacidad de dispersión; la necesidad de desplazarse los expone a mayor riesgo de mortalidad, ya que implica el desplazamiento a lo largo de los componentes del paisaje sin cobertura arbórea o arbustiva (Muñoz *et al.* 2000). Además debido a sus requerimientos especiales de hábitat, no soportan alto grado de fragmentación (Horváth *et al.* 2001).

Ante la destrucción del hábitat las aves también se ven obligadas a desplazarse, de tal forma que se reduce su densidad alrededor de dichas fuentes (Manci *et al.* 1988). Sin embargo, debido a su capacidad de volar largas distancias y a su comportamiento huidizo, las aves pueden desplazarse en busca de mejores hábitats que cubran sus requerimientos alimenticios, climáticos y reproductivos (Verea *et al.* 2000); garantizando de esta forma su sobrevivencia.

La modificación del hábitat tiene efectos negativos en los reptiles (Suazo-Ortuño 2009), debido a que son un grupo conformado por especies en su mayoría de tamaño pequeño, de lento desplazamiento y por su condición ectotérmica. Por lo que son más susceptibles a cambios en el entorno que afectan la temperatura, fuerza y dirección del viento, humedad, pH del suelo, entre otros (Schlaepfer y Gavin 2001). Por tales razones los reptiles son altamente sensibles a los sutiles cambios de las comunidades ecológicas de las que forman parte, puesto que están íntimamente ligados a ecosistemas particulares y a las cadenas tróficas que existen en ellos (Belamendia 2010). Debido a lo anterior, los reptiles son susceptibles a extinguirse localmente, ya que la reducida capacidad de dispersión de algunas especies condiciona sus posibilidades de mantenimiento en un paisaje fragmentado (Tellería *et al.* 2011).

Para el caso de los anfibios, se han reportado respuestas negativas a la alteración del hábitat, reflejados en una menor diversidad (Vallan 2000, Pineda y Halffter

2004) y abundancia (Marsh y Perman 1997). Además son especies de ámbitos hogareños reducidos y en general tienen reducida tolerancia a modificaciones de las condiciones del hábitat, ya que presentan piel permeable y dependen de cuerpos de agua o zonas húmedas para su reproducción. Por ello son afectados principalmente por la eliminación de la vegetación riparia y por la desecación o contaminación de cuerpos de agua, debido a que la mayor parte de los anfibios dividen sus ciclos de vida entre el medio acuático y terrestre (Rueda-Almonacid 1999).

Durante las actividades de extracción de material aluvial los peces se ven afectados cuando se realizan alteraciones directamente en los cuerpos de agua, en el caso de los ríos el ensanchamiento de su cauce disminuye la profundidad del canal y produce un sistema de flujo inestable, lo que dificulta el movimiento de los peces. Los cauces se vuelven más uniformes en profundidad debido al relleno de las partes profundas con grava y otros sedimentos, reduciendo la complejidad del hábitat, la estructura del cauce y por lo tanto la comunidad de peces disminuye (Ponce *et al.* 2000).

5.3. Vulnerabilidad de los reptiles durante las actividades de extracción de material aluvial

Se ha identificado que los agentes causales de la declinación de los reptiles, a nivel mundial, se agrupan en tres clases: 1) la destrucción y degradación de los hábitats naturales; 2) la captura o sacrificio de individuos, así como la recolección de huevos con fines comerciales y de subsistencia; y 3) problemas indirectos provocados por la introducción de especies exóticas, la contaminación, la muerte accidental y la mortalidad no dirigida, como la que se genera con el tráfico vehicular, la agricultura mecanizada, entre otros (Mittermeier *et al.* 1992). Otros autores como Gardner *et al.* (2007), también han realizado una clasificación de las amenazas para los reptiles, sin embargo concuerdan en que la deforestación y fragmentación de los hábitats naturales son las principales causantes de la declinación de las poblaciones de reptiles.

Los agentes causales anteriormente mencionados son identificados durante las actividades de extracción de materiales aluviales; ya que se elimina por completo la vegetación y la capa superficial del suelo, por lo que se incurre en la destrucción, fragmentación y degradación del hábitat, sumado a la posible mortalidad por atropello debido al uso de maquinaria pesada y el incremento del tráfico vehicular, o por problemas indirectos como la contaminación del suelo y cuerpos de agua (Gardner *et al.* 2007).

Los efectos de la fragmentación y pérdida del hábitat son variables y no actúan directamente sobre el ensamblaje completo de especies, sino de manera particular sobre cada especie (Pineda y Halffter 2004). Ya que la respuesta de las especies depende de las características del taxón, tales como su movilidad, tamaño del ámbito hogareño y rangos de tolerancia fisiológica (Buhlmann 1995, Burke y Gibbons 1995), así como de sus propios requerimientos en cuanto a refugio, alimentación, espacio, condiciones climáticas, entre otros (Suazo-Ortuño 2009).

Los reptiles en los trópicos pueden presentar respuestas positivas, negativas o neutras ante la perturbación de su hábitat y dichas respuestas se ven reflejadas sobre la composición de las comunidades (Suazo-Ortuño 2009). Algunas especies se muestran tan sensibles a la fragmentación al grado de desaparecer en dichas zonas (Cosson *et al.* 1999, Mac Nally y Brown 2001, Driscoll 2004). Mientras que en otros casos la respuesta es positiva, por lo que algunas especies experimentan un incremento en su abundancia en zonas alteradas (Goldingay *et al.* 1996, Fredericksen y Fredericksen 2002). Sin embargo algunos autores han encontrado que las especies que tienden a aumentar son generalistas, como el caso de lagartijas del genero *Mabuya* (Vitt *et al.* 1998, Lima *et al.* 2001).

En el grupo de los Saurios (lagartijas) se han reportado diferentes respuestas a la fragmentación o alteraciones del hábitat. Jellinek *et al.* (2004) en su estudio con lagartijas en Hobart, Australia, reportaron que en remanentes de vegetación urbana la riqueza y abundancia de lagartijas no fue afectada por la fragmentación del hábitat o el tamaño del fragmento, sin embargo sí influyó la estructura y tipo de vegetación. Mientras que Macip-Ríos y Muñoz-Alonso (2008), durante su estudio

en agroecosistemas en Chiapas, reportaron que la mayor abundancia de lagartija arcoíris (*Holocosus undulatus*), se presentó en ambientes con perturbación media en comparación con ambientes conservados, como los bosques mesófilos y selvas medianas. En tanto que Suazo-Ortuño *et al.* (2008) encontraron una respuesta similar al estudio anterior, ya que en su trabajo en la costa de Jalisco, reportaron que la riqueza, diversidad y abundancia de lagartijas aumentaron en los bosques perturbados debido al incremento de lugares para termorregular.

Para el suborden Serpentes (serpientes) se ha documentado que las de mayor tamaño son más vulnerables a la fragmentación (Luiselli y Capizzi 1997). En tanto que Suazo-Ortuño *et al.* (2008) encontraron que la estructura y composición de serpientes es similar entre sitios perturbados y conservados. Mientras que Urbina-Cardona y Reynoso (2005), describieron que algunas especies de serpientes usan microhábitats puntuales y poseen requerimientos fisiológicos y de comportamiento específicos, lo que contribuye a la baja capacidad de adaptación de las mismas en sistemas alterados.

En el caso del suborden Testudines (tortugas), el deterioro y fragmentación de hábitats aqueja principalmente a las especies con escasa movilidad, ámbitos de distribución geográfica muy reducidos y de bajas densidades poblacionales (Medem 1996). Por lo tanto la respuesta a la fragmentación suele ser negativa, tal como lo reportaron Suazo-Ortuño *et al.* (2008), quienes encontraron que la diversidad de tortugas disminuye en los sitios perturbados.

5.4. Extracción de materiales aluviales en México y otros países

El aprovechamiento de bancos aluviales ya sea de forma artesanal o industrial, deteriora los lechos de ríos, suelos, la cobertura vegetal y provoca erosión, según la tecnología y las condiciones locales (Chehébar 1990, CDEA 1992, Valderrama 1992). Por tal razón este tipo de aprovechamiento se debe realizar en el marco de un enfoque de manejo integral, de manera que el uso y consumo de cualquier tipo

de recurso no afecte la estabilidad de los ecosistemas, que no cause impactos severos sobre la biodiversidad, la seguridad y la salud de la población involucrada.

A principios de 1970, pocos países contaban con leyes para regular el manejo del ambiente y de los recursos naturales. Sin embargo, años más adelante a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en 1972 y la Conferencia de Río en 1992 se dirigieron las políticas públicas en cuestión de medio ambiente y recursos naturales en todo el mundo (ICES 2003).

En la Unión Europea para la extracción de sedimentos marinos, se publicó en 2003 un documento denominado "Orientaciones de ICES (Internacional Council for the Exploration of the Sea) para la gestión de sedimentos marinos", en él se establece el marco legal bajo el cual se debe realizar la extracción de sedimentos, los estudios de impacto ambiental necesarios y las acciones preventivas y mitigadoras necesarias. De las acciones mitigadoras cabe resaltar que se propone la zonificación espacial y temporal de las áreas de extracción, así como el establecimiento de zonas de exclusión para proteger hábitats o especies importantes u otras áreas sensibles. Otra norma que se ha tomado es la de establecer zonas ecológicas o reservas naturales en donde el hábitat original de fauna y flora es recuperado (ICES 2003).

En las últimas décadas, en varios países Sudamericanos la extracción de material aluvial se convirtió en una actividad en crecimiento, debido al incremento de construcciones, infraestructura y a la facilidad con que los concesionarios realizan su explotación con poco o ningún control de las instancias pertinentes, sin embargo no existen normas cautelares legales necesarias que obliguen a emplear normas para conservar y preservar el hábitat natural (Lalangui 2013, SIAR 2012, Saldías *et al.* 2001).

En el caso de Bolivia existe una guía técnica para el aprovechamiento de áridos (material rocoso, arena o grava, empleados como materia prima en la construcción) en cauces de ríos y afluentes, cuyos objetivos son funcionar como una herramienta técnica y regulatoria para la planificación de explotación de áridos

y agregados. Así como para la elaboración de los planes de manejo de ríos y cuencas de los municipios. Además de ser una guía para técnicos y operadores que trabajan en el área de la explotación de áridos (ACDI 2010). Sin embargo, no se menciona información respecto a las normas de conservación de los hábitats para fauna silvestre.

En Chile existen estrategias de planificación del uso del territorio y la protección del medio ambiente, tales como recuperar y dar uso a las áreas deterioradas por extracción de áridos (partículas granulares de material pétreo de origen fluvial, en yacimientos o canteras). Además se realiza el rescate y traslado de ejemplares de fauna encontrados en el área del proyecto, hacia un hábitat no alterado. A partir de un convenio entre el Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo y la Cámara Chilena de la Construcción (Convenio MOP-MINVU-C. Ch. C.), se han establecido las políticas para el Manejo Integral del Recurso Árido y se han realizado estudios sobre el régimen legal de los áridos en Chile, así como de la sistematización de antecedentes técnicos y ambientales (Saldías *et al.* 2001).

En México, las leyes y normas que regulan el aspecto ambiental surgen a partir de 1970, pues aunque ya había leyes que se referían al uso de recursos naturales no tomaban en consideración los aspectos relacionados con la conservación y la recuperación de los recursos biológicos (Meixueiro 2006). En 1988 se promulgó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que fue pionera en América Latina y es la base de la política ambiental del país (Meave y Carabias 2005). Sus aspectos básicos fueron establecer disposiciones para la protección de las áreas naturales, prevención y control de la contaminación, control en el manejo de residuos peligrosos; la clasificación de las fuentes de contaminación y las sanciones para quienes infringieran las disposiciones contenidas en la ley. Por lo que bajo esta ley se rigen las actividades de extracción de material aluvial.

La evaluación de impacto ambiental, constituye la principal herramienta para prevenir los efectos negativos de las actividades humanas sobre el ambiente,

integrando la conservación de este con el desarrollo socioeconómico (De la Maza 2007). Sin embargo, en los proyectos de aprovechamiento de material aluvial, estos estudios son realizados de manera integral y a profundidad únicamente para grandes explotaciones, por lo que se ha dejado fuera, la evaluación de los efectos ambientales causados por la extracción de materiales aluviales de explotaciones pequeñas y medianas. De tal forma que se han ignorado los daños ocasionados.

De la revisión de algunos manifiestos de impacto ambiental (MIA) de proyectos de extracción de material aluvial, se constató que no se establecen planes de aprovechamiento zonificado para reducir los impactos negativos hacia la fauna silvestre y su hábitat, además de que solo se incluyen normas de mitigación o correctivas de los impactos provocados a la fauna, dichas normas se limitan a la prohibición de la sustracción, caza o alteración de cualquier especie de fauna existente en el área del proyecto y en cuanto al hábitat solo proponen programas de reforestación en las áreas intervenidas cuando el proyecto es concluido (CCGAC 2004, Bioconsultores Asociados 2005, Pavimentos de la laguna, S.A. de C.V. 2006, Rea Consultores Ambientales 2012).

En México únicamente el estado de Guanajuato cuenta con una Norma Técnica Ecológica NTE-IEG-002/98 (Arriaga 1998), que establece las condiciones para la localización de bancos de materiales pétreos en el estado, así como sus parámetros de diseño, explotación y normas de regeneración ambiental. En materia de fauna silvestre únicamente se prohíbe la cacería, captura, colecta, comercialización y tráfico de especies de fauna silvestre tanto del área de explotación como en sus caminos de acceso y colindancias. Con respecto al hábitat ésta norma propone dejar una franja de amortiguamiento de 20 metros de terreno, como mínimo perimetral al área de explotación del banco, para conservar intacta la vegetación original y la capa edáfica, la cual puede ser utilizada como zona de reubicación de ejemplares de flora que se detecten en el predio a explotar o zona de reforestación con especies nativas.

Varios países han documentado los impactos producidos por la extracción de materiales aluviales y proponen criterios de prevención y mitigación, cuya finalidad

es evitar el deterioro del hábitat natural. Sin embargo, México se mantiene rezagado al respecto, ya que no existen normas o reglamentos que exijan a los concesionarios establecer acciones de manejo de hábitat para la fauna silvestre con el objetivo de preservarla y conservarla.

5.5. Evaluación de la diversidad

El mantenimiento de la diversidad es fundamental para asegurar la sostenibilidad de los recursos naturales. Altos niveles de biodiversidad permiten buen funcionamiento de los ecosistemas, una elevada capacidad de reacción a presiones externas y una óptima adaptación a un ambiente cambiante. La evaluación de la diversidad de especies, es una herramienta útil en Biología de la conservación, debido a que se ve modificada como resultado de las actividades humanas (Moreno *et al.* 2011). Por ello, cuando se requiere gestionar los recursos naturales, es necesario identificar las zonas que poseen más diversidad, las especies que integran esta diversidad y en qué medida; dicha información es fundamental para plantear normas de conservación exitosas (Casas *et al.* 2017) y justificar acciones de protección (Moreno *et al.* 2011).

Para evaluar los componentes de la diversidad se utilizan diversos índices. En especial los índices de diversidad alfa estiman el grado de homogeneidad entre las especies y la abundancia relativa de éstas (Baczkowski *et al.* 1997). Tradicionalmente para evaluar la diversidad alfa, se utiliza el índice de Shannon, dicho índice mide la entropía o grado de incertidumbre, es decir que predice a que especie pertenece un individuo seleccionado al azar de una comunidad (Magurran 1988), por lo cual una comunidad donde todas las especies tienen la misma abundancia tendrá alta entropía, lo que se ha traducido como una alta diversidad (Moreno *et al.* 2011).

Se ha mencionado que el índice de Shannon no es adecuado para realizar comparaciones entre comunidades, ya que no cumple con la propiedad de duplicación (Jost 2006, Moreno *et al.* 2011, Jost y González-Oreja 2012), por lo

que al calcular el índice de Shannon para una comunidad B con el doble de especies que una comunidad A, se observa que el valor obtenido no es el doble del valor medido en la comunidad A (Jost y González-Oreja 2012). Dicho inconveniente trae consigo errores al comparar la magnitud de la diferencia en la diversidad de dos comunidades ya que no representa los cambios reales.

Debido a lo anterior se ha propuesto otra forma de interpretar la diversidad bajo el enfoque de la medida de diversidad verdadera, propuesta por Jost (2006) y cuya unidad de medición es el número efectivo de especies (especies con iguales valores de abundancia que presentaría una comunidad), dicha medida conserva la propiedad de duplicación y linealidad, además con ella es posible efectuar comparaciones entre diferentes ambientes y bajo diferentes condiciones, ya que muestra la magnitud de la diferencia en la diversidad de dos comunidades en términos de especies efectivas.

5.6. Manejo de fauna y su hábitat

Debido a la estrecha relación entre la fauna y su hábitat, el manejo de la fauna silvestre debe considerar todas las características y condiciones requeridas por las especies de interés y tomar en cuenta que las poblaciones de animales también pueden incrementar, disminuir o mantenerse a través del manejo adecuado del hábitat (Gallina 2011). Por lo tanto un manejo exitoso del hábitat depende del conocimiento de los requerimientos de la fauna tales como alimentación, vegetación, estructura física terrestre, entre otros.

En América Latina el manejo de la fauna y su hábitat está iniciando, en comparación con Estados Unidos y con otros países desarrollados. Las acciones en materia de fauna silvestre han derivado solo a partir de los episodios de caza comercial destructiva por lo que las leyes establecidas suelen caer en el proteccionismo, a la vez que se adoptan planes de conservación y manejo de modelos foráneos (Lund 1995). El manejo de la fauna en América Latina se encuentra desfasado al menos por medio siglo en comparación con los países

desarrollados (Ojasti y Dallmeier 2000). A pesar de ésta marcada diferencia, en México no se debe permanecer como espectador del deterioro de la fauna y sus hábitats sino que se deben buscar soluciones viables para evitarlo.

Una forma de evitar el deterioro de la fauna es mediante el manejo de hábitat, el cual resulta mejor cuando se realiza de forma preventiva, especialmente en un entorno donde ocurren cambios en el uso de suelo o a partir del aprovechamiento de recursos naturales que modifiquen el estado natural del hábitat y causen perturbaciones tales como ruido, tránsito vehicular, entre otros (Ojasti y Dallmeier 2000).

En condiciones naturales, para mejorar las condiciones de poblaciones silvestres de reptiles se recurre a realizar el manejo indirecto mediante la conservación, restauración y mejoramiento del hábitat nativo local, además del mantenimiento o recuperación de la continuidad de ese hábitat con espacios silvestres vecinos. Con ello usualmente se busca asegurar el mantenimiento de la heterogeneidad ambiental natural y favorecer la disponibilidad de aquellos tipos de microhábitat que son críticos para la alimentación, el refugio, cortejo, apareamiento, anidación y sobre todo, el crecimiento de crías y su reclutamiento (Sánchez 2011).

Además para dar un buen manejo a una población silvestre se debe proveer suficiente espacio, de tal forma que un grupo local de individuos pueda funcionar efectivamente como población. Cuando el área es menor al espacio requerido y el hábitat se halla significativamente alterado, es posible que el grupo de organismos presentes en él no necesariamente formen una población viable, especialmente cuando se trata de especies con alta movilidad y/o requerimientos de amplios espacios silvestres (Sánchez 2011).

VI. ÁREA DE ESTUDIO

El río Tehuantepec tiene una longitud de 240 km, tiene su origen en el extremo este de la Sierra Madre del Sur y desemboca en el Golfo de Tehuantepec, en el Océano Pacífico. Poco antes de su desembocadura recibe las aguas del río

Tequisistlán, y en la confluencia de ambas corrientes se localiza la presa Benito Juárez.

El área de estudio tiene una superficie de 4.95 km² (495 ha), y está bajo la jurisdicción de la comunidad Santa Cruz Tagolaba, perteneciente al municipio de Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca. Se localiza entre las coordenadas 16°19'37" y 16°17'10" de latitud norte y entre los 95°13'54" y 95°11'13" de longitud oeste. Esta área forma parte de las llanuras de inundación del río Tehuantepec; donde se depositan grandes cantidades de materiales aluviales durante cada temporada de lluvias. Los materiales son acarreados desde la parte alta de la cuenca del río Tehuantepec y por los afluentes del río Tequisistlán.

6.1. Componentes del río

Con base a los conceptos hidrogeomorfológicos de Malavoi y Bravard (2010), la cuenca baja del río Tehuantepec está compuesto por tres unidades que son: 1) lecho inferior, el cual corresponde al lecho en forma de canal donde fluye el agua durante el estiaje, en el bajo río Tehuantepec tiene una anchura promedio de 10 m; 2) lecho medio, es la parte del río con flujos de agua comprendidos entre el flujo de estiaje y las crecidas; está constituido por bancos de materiales aluviales, que pueden ser removidos y renovados en cada evento hidrológico fuerte; en el bajo río Tehuantepec, el lecho medio generalmente tiene una cobertura de vegetación riparia; 3) el lecho superior, corresponde a la llanura de inundación durante las grandes crecientes en el nivel del agua (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Desde el aspecto hidrológico y geomorfológico, el lecho superior se considera como un espacio o planicie de inundación temporal formada por diferentes materiales de origen aluvial. El lecho superior en la cuenca baja del río Tehuantepec, generalmente se cubre de agua debido al desfogue de la presa Benito Juárez o cuando ocurren fuertes lluvias generadas por ciclones tropicales en la región del Pacífico Sur de México, que son de una frecuencia media a rara

(Gómez 2005). Por estas razones, el lecho superior presenta una cobertura vegetal de selva baja caducifolia en grado de sucesión secundaria y terciaria, así como parches de matorral espinoso, también muy perturbado. El conjunto de estas unidades espaciales están interconectadas por una red de corrientes superficiales y subterráneas donde el origen, la estructura y su evolución están ligados a la dinámica fluvial pasada (antes de la construcción de la presa Benito Juárez) y actual del río Tehuantepec.



Figura 1. Componentes hidrogeomorfológicos del río Tehuantepec.

6.2. Vegetación

De acuerdo con los tipos de vegetación descritos por Torres-Colín (2004), la vegetación presente en el área de estudio corresponde a matorral espinoso, selva mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia. El matorral espinoso se caracteriza por arboles bajos o arbustos de leguminosas en un estrato de 1 a 5 m de altura, suele desarrollarse en terrenos planos con suelos aluviales. Predominan especies como: *Acacia farnesiana* (huizache), *A. cochliacantha* (huizache), *Prosopis laevigata* (mezquite), *Guaiacum coulteri* (guayacán azul), *Caesalpinia pulcherrima* (maravilla, gachupín). La selva mediana subcaducifolia está presente

en pequeños relictos y se desarrolla sobre suelos arenosos. En su fisonomía intervienen árboles que alcanzan entre 15 y 30 m de altura como *Hymenaea courbaril* (guapinol), *Enterolobium cyclocarpum* (parota), *Licania arborea* (cacahuananche) y *Ceiba pentandra* (ceiba). La vegetación de selva baja caducifolia se caracteriza por establecerse en suelos someros, pedregosos y pobres en materia orgánica. Las especies arbóreas miden de 8 a 10 m y es frecuente encontrar: *Bursera simaruba* (palo mulato), *B. fagaroides* (palo xixote), *Conzattia multiflora* (guayacan), *Lysiloma acapulcensis* (tepehuaje), *L. divaricata* (mauto), *Ceiba aesculifolia* (algodoncillo), *C. parvifolia* (pochote), *Euphorbia schlechtendalii* (medicina de las gallinas), *Gyrocarpus mocinoi* (tambula), *Plumeria rubra* (cacalosúchil), entre otras.

6.3. Clima

Con base en el sistema de clasificación climática de Köppen, modificada por García (1981) para las condiciones de la República Mexicana, el tipo de clima que predomina en la región de la población de Santo Domingo Tehuantepec es Awig, es decir, cálido subhúmedo con lluvias en verano; el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano; la amplitud térmica entre el mes más frío que es enero con temperatura promedio de 26.5°C y, el mes más cálido es mayo con temperatura promedio de 30°C es de tipo isotermal (la diferencia entre los valores antes citados es menor de 5°C). La temperatura promedio anual es de 28.4°C y la precipitación promedio anual es de 884.7 mm. La temporada de lluvias por lo general se establece en el mes de mayo y termina en el mes de octubre; mientras que la temporada seca va de noviembre a abril. Estas características climáticas están fuertemente influenciadas por los “Nortes”, vientos que provienen del Golfo de México, y que impiden la formación de nubes en el Golfo de Tehuantepec y sus desplazamientos hacia el continente, los que durante los meses de octubre a marzo pueden alcanzar velocidades de hasta 200 km/h, recibiendo localmente el nombre de vientos “Tehuano” (Bozada 2008).

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1. Eficiencia de muestreo y curvas de acumulación de especies

El esfuerzo de muestreo se calculó como el número total de horas invertidas por persona (horas-hombre). Para verificar si el esfuerzo de muestreo fue suficiente para alcanzar una estimación aceptable de la riqueza de especies, se realizó una curva de acumulación de especies. Dicha curva se ajustó al modelo de Clench para encontrar su asíntota y pendiente, con la intención de verificar la calidad del muestreo (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). El modelo de Clench es recomendado para los muestreos en territorios amplios, heterogéneos y cuando la presencia de especies raras es muy alta (Soberón y Llorente, 1993).

Los datos fueron aleatorizados 100 veces para evitar que el orden en el que las muestras se añadieron afectara la forma de la curva. Además para suavizar la curva se utilizó el algoritmo Mao Tau, dichos procedimientos se realizaron con el programa EstimateS (Colwell 2009). Posteriormente se construyeron las curvas de acumulación con el programa Species Accumulation Functions, versión Beta (CIMAT 2003).

Estimadores de riqueza

Para estimar la riqueza de reptiles del polígono del proyecto, se utilizaron los estimadores Chao 2 (formula corregida) y Jackknife de primer orden, dichos estimadores se basan en técnicas estadísticas a partir de muestras y de técnicas de captura-recaptura (Colwell y Coddington 1994). El estimador Chao2 se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra y las que ocurren en dos muestras, dicho estimador provee valores menos sesgados para muestras pequeñas. El estimador Jackknife de primer orden se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra y con él se reduce la subestimación del verdadero número de especies en una comunidad con base en el número representado en una muestra reduciendo el sesgo del orden (Moreno

2001). Ambos estimadores fueron calculados con el programa EstimateS (Colwell 2009).

7.2. Inventarios de reptiles

Se definieron y trazaron seis transectos cuya longitud fue de 300 m con un ancho de 25 m, cada uno cubrió una pista de observación de 7500 m² (0.75 ha). Tres transectos se ubicaron en hábitats con vegetación que en adelante serán nombrados como Veg1, Veg2 y Veg3 (Tabla 1). La selección de dichos transectos se realizó con base en criterios de fitosociología del paisaje, se consideraron hábitats con vegetación a los sitios con presencia de alguna serie de vegetación primaria, secundaria o terciaria, o alguna combinación de ellas y sin actividades de extracción. Adicionalmente se ubicaron tres sitios en hábitats con actividades de extracción de materiales y que en adelante serán nombrados como Ext1, Ext2 y Ext3 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 1. Coordenadas de los sitios de muestreo

Sitios	Inicio		Fin	
	X	Y	X	Y
Veg1	16°18'37.2"	95°13'07.8"	16°18'28.4"	95°13'05.5"
Veg2	16°18'18.2"	95°12' 44.7"	16°18'10.5"	95°12'41.0"
Veg3	16°17' 30.7"	95°11'36.3"	16°17'38.8"	95°11'44.7"
Ext1	16°19'11.2"	95°13'27.9"	16°19' 01.9"	95°13'25.0"
Ext2	16°17' 23.9"	95°11'48.4"	16°17'27.9"	95°11'42.3"
Ext3	16°17'24.4"	95°11'40.7"	16°17'33.5"	95°11'42.3"

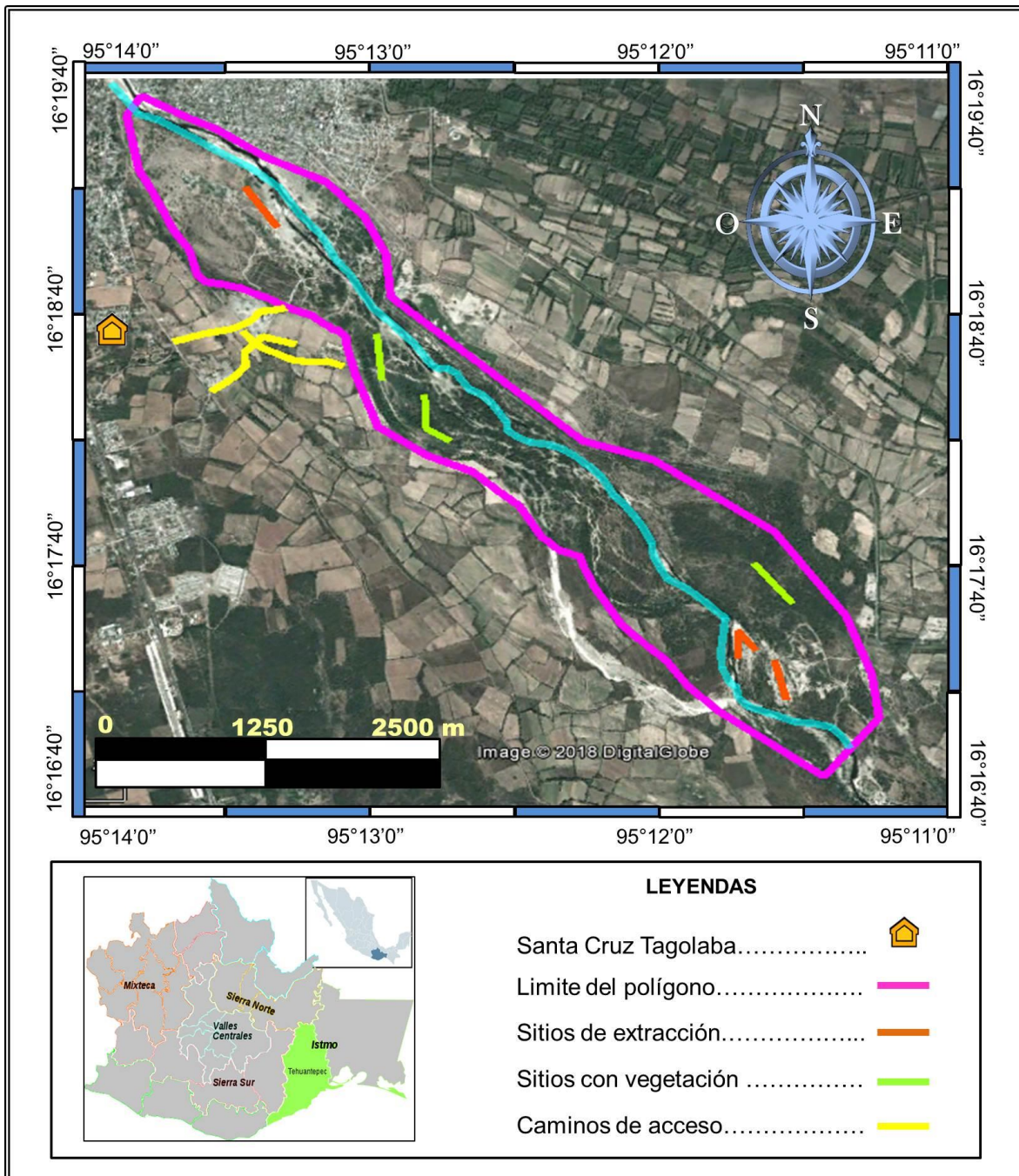


Figura 2. Polígono del proyecto de extracción en Santa Cruz Tagolaba, Tehuantepec y ubicación de los sitios de muestreo (imagen tomada de Google Earth, 2018).

Los transectos se muestrearon cuatro veces entre los meses de abril y octubre del 2014. Climatológicamente éste año fue atípico: uno de los más cálidos en los últimos 10 años, se presentaron sequías en la región y con ello el comienzo tardío

de las lluvias (CONAGUA 2014). Por tal razón, los muestreos realizados entre abril y junio correspondieron a los dos muestreos de la temporada seca, mientras que los muestreos entre agosto-octubre, correspondieron a los dos muestreos de la temporada de lluvias.

Los muestreos se realizaron durante tres días efectivos y consecutivos. Las actividades se iniciaron tres horas después del amanecer y hasta el medio día ya que estas son las horas cuando los reptiles tienen mayor actividad (Jones 1986, Reynoso-Rosales *et al.* 2005). Los transectos se recorrieron a pie y se realizó la búsqueda activa de reptiles, así como el registro por observación directa e indirecta (avistamiento de huevos, muda de piel, restos óseos, entre otros). Cuando fue necesario para su identificación, los individuos fueron capturados con la ayuda de un gancho herpetológico o una red entomológica y se liberaron lo más pronto posible en el sitio de captura.

Adicionalmente por transecto se colocaron seis trampas de caída, cada una separada por 50 m. Las trampas se dejaron activas durante 24 horas y se revisaron durante las primeras horas del amanecer. Los individuos capturados se identificaron hasta especie y se liberaron en el sitio de captura. Para identificar a las especies se utilizaron las claves de anfibios y reptiles de México de Casas-Andreu y McCoy (1979), la recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México de Flores-Villela *et al.* (1995) y la guía de reptiles de Centro América de Köhler (2003).

7.3. Evaluación de la diversidad de las comunidades de reptiles

Para evaluar la diversidad alfa, se estimó el índice de Shannon, el índice de equidad de Pielou, así como el estimador de diversidad verdadera. Además se evaluó la diversidad beta entre hábitats, aplicando los índices de similitud de Jaccard y Sorensen cuantitativo. Los índices se calcularon por tipo de hábitat y entre temporadas.

7.3.1. Diversidad alfa

La diversidad alfa o local es la medida del número de especies que viven en un hábitat homogéneo (Morton, 1993). Los índices de diversidad alfa son medidas de la abundancia y riqueza de especies, así como del grado de homogeneidad en la abundancia relativa de éstas y son usados para realizar comparaciones entre localidades o hábitats y en diferentes temporadas (Baczkowski *et al.* 1997).

Índice de Shannon

El índice de Shannon (H') manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie, los valores que se obtienen van de 0.5 a 3, siendo los valores más altos los que indican una mayor diversidad en la comunidad. Para calcular el índice de Shannon se aplicó la siguiente formula:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dónde: p_i = abundancia proporcional de la especie i

Para comparar los valores del índice de Shannon y determinar diferencias entre la diversidad se aplicó una prueba de t modificada por Hutcheson (Zar 1996), los análisis se realizaron con el programa Past 3.04 (Hammer *et al.* 2001). Posteriormente se realizó la corrección de los valores de p para comparaciones múltiples con la prueba de Holm (Holm 1979) con el programa R. 3.1.2 (R Core Team 2014).

Índice de equidad de Pielou

El índice de equidad (J') mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada cuando todas las especies de la muestra son perfectamente equitativas, y se obtuvo con la siguiente formula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde H'_{max} corresponde al logaritmo natural del total de especies registradas. El valor de este índice oscila entre 0 y 1, acercándose a la unidad cuando más homogénea sea la distribución de las especies (Magurran 1988).

Diversidad verdadera

La medida de diversidad verdadera también llamada número efectivo de especies, permite obtener una interpretación intuitiva y fácilmente comparable de la diversidad de especies (Moreno *et al.* 2011), debido a que la diversidad verdadera hace referencia a la cantidad de especies con igual abundancia que presentaría una comunidad. El número efectivo de especies (Jost 2006) se obtiene de la siguiente manera:

$${}^qD = \left(\sum_{i=1}^s p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

Donde qD es igual a la diversidad verdadera; p_i es la abundancia relativa de la especie i , es decir, la abundancia de la especie i dividida entre la suma total de abundancias de las S especies que integran la comunidad; el exponente q determina el orden de la diversidad o la sensibilidad del índice a las abundancias relativas de las especies comunes o las especies raras en la medida de la diversidad (Moreno *et al.* 2011).

La diversidad de orden uno (1D) corresponde a la medida en la cual todas las especies son incluidas con un peso exactamente proporcional a su abundancia en la comunidad. El cálculo directo de la fórmula de diversidad verdadera con valor de $q = 1$ se obtuvo calculando el exponencial de índice de entropía de Shannon (Jost 2006).

$${}^1D = \exp(H') = \exp \left[- \left(\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \right) \right]$$

Los valores de diversidad verdadera se contrastaron estadísticamente con los intervalos de confianza al 95%, los cuales se obtuvieron a través de técnicas de remuestreo (bootstrap) con la función de perfiles de diversidad del software Past 3.04 (Hammer *et al.* 2001).

Reducción en la diversidad verdadera entre comunidades

Se calculó la reducción en diversidad en porcentaje, entre pares de comunidades, considerando lo siguiente: si una comunidad *A* tiene una diversidad D_A mayor que la diversidad D_B de la comunidad *B*, entonces la comunidad *B* tendrá solamente un porcentaje de la diversidad que tiene la comunidad *A* (Moreno *et al.* 2011).

$$\%Reducción = \frac{(D_B * 100)}{D_A}$$

Para mostrar la reducción en la diversidad entre pares de comunidades, se realizó la siguiente operación: $100 - \%Reducción$.

7.3.2. Diversidad beta

La diversidad beta hace referencia al grado de reemplazo de especies entre sitios y las diferencias en su composición, dichas diferencias en composición se pueden evaluar con base en índices o coeficientes de similitud. Por ello se calculó el índice de similitud cualitativo de Jaccard y cuantitativo de Sorensen, dichos índices muestran el grado en que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa del índice de diversidad beta (Moreno 2001), es decir, que la similitud decrece conforme aumenta el recambio de especies (Chao *et al.* 2005). A partir del valor de similitud (*s*) se puede calcular la disimilitud (*d*) entre dos muestras: $d = 1 - s$ (Magurran, 1988), indicando la tasa de recambio entre pares de sitios o diversidad beta (Moreno 2001, Magurran 2004).

El índice de similitud de Jaccard cualitativo (I_J) indica la diferencia en composición de especies con datos de presencia-ausencia. Dicho índice se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde a es el número de especies presentes en el sitio A; b el número de especies presentes en el sitio B; y c el número de especies presentes en ambos sitios A y B.

El intervalo de valores para este índice va de cero cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta uno cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

El índice de similitud de Sorensen cuantitativo (I_{Scuant}), también conocido como el índice de Bray-Curtis, considera la similitud a partir de las abundancias y se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$I_{Scuant} = \frac{2pN}{aN + bN}$$

Donde aN es el número total de individuos en el sitio A; bN es el número total de individuos en el sitio B; pN es la sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios.

Dichos índices se obtuvieron con el programa EstimateS 8.2.0 (Colwell 2009). Con los valores de similitud se construyeron dendogramas para mostrar los resultados de forma simple y gráfica, para ello se utilizó el programa BioDiversity Professional (McAleece *et al.* 1997).

7.4. Caracterización de los sitios de estudio

Para realizar las propuestas de preservación y conservación de hábitats de reptiles compatible con el aprovechamiento de materiales aluviales se realizó el reconocimiento y caracterización de los componentes del paisaje ecológico presentes en los transectos de muestreo.

7.4.1. Caracterización de la vegetación

Para caracterizar la vegetación se utilizó el método de cuadrantes los cuales se ubicaron a lo largo de los transectos de muestreo de reptiles. Para el muestreo de árboles se utilizaron rectángulos de 10 x 50 m, para arbustos de 5 x 25 m y para hierbas de 2 x 4 m (Mostacedo y Fredericksen 2000).

Los parámetros tomados de la vegetación fueron: altura (m), la cual se midió con un dendrómetro (marca Haga ®); perímetro a la altura del pecho (cm), el cual se midió con una cinta métrica; cobertura (m²), la cual se estimó midiendo dos diámetros transversales de la copa en caso de árboles o superficie ocupada en caso de hierbas y arbustos. La cobertura se expresó en porcentaje con respecto a la proporción cubierta por unidad de superficie de cada cuadrante; el tipo de estrato se categorizó de acuerdo con el tipo de vida de la vegetación como arbóreo, arbustivo o herbáceo (Rangel-Ch y Velázquez 1997).

7.4.2. Caracterización del suelo

Para la caracterización del suelo se excavaron tres pozos por transecto, con una profundidad de aproximadamente 60 cm. En cada pozo se determinó el número de horizontes presentes, su textura (arenosa, limosa, arcillosa), el porcentaje de humedad, la pendiente y el pH, para lo cual se utilizaron tiras de papel indicador de pH con escala 0 a 14, con 3 almohadillas (marca MERCK ®). Además se determinó la presencia de carbonatos de calcio aplicando ácido clorhídrico a una muestra de suelo, considerando que mucha efervescencia, indica que hay más de

un 10% de carbonatos, y poca efervescencia indica menos de 0.5% de carbonatos. Para determinar la presencia de materia orgánica se aplicó agua oxigenada a una muestra de suelo. El desprendimiento de gases y efervescencia indica la presencia de materia orgánica.

Para estimar el porcentaje de humedad, se tomaron tres muestras de suelo en cada pozo. Las muestras fueron llevadas al laboratorio donde se midió el peso inicial de las muestras con una balanza digital y después se llevaron a una estufa de secado de convección mecánica (marca LAB-LINE modelo 35L6M), donde se mantuvieron a 115° C por 24 horas, hasta que alcanzaron un peso constante, consecutivamente fueron pesadas y con las diferencias de peso se obtuvo el porcentaje de humedad de las muestras.

7.5. Identificación de los factores del hábitat relevantes para los reptiles

En los sitios donde se constató la presencia de reptiles se registraron los siguientes factores del hábitat: tipo de microhábitat (hojarasca, troncos caídos, riparia, terrestre, arborícola, saxícola), el tipo predominante de sustrato (arena, grava, arcilla, cantos rodados, limos), la presencia de señales de quema, el porcentaje de superficie expuesta al sol (Ojasti y Dallmeier 2000, Sánchez 2011), distancia a cuerpos de agua, el tipo de vegetación presente (arbórea, arbustiva o herbácea), pH del suelo y porcentaje de humedad.

Con los datos recabados se construyeron dos matrices de datos; la matriz principal se compuso con las variables de respuesta, es decir, las especies con sus abundancias por sitio de muestreo. La segunda matriz se formó por las variables explicativas, correspondiendo a los factores de hábitat por sitio de muestreo. Se usó un análisis de componentes principales para reducir los factores de hábitat y se seleccionaron los componentes que más varianza explicaron en el menor número de ejes para agrupar los resultados de manera más sencilla. Una vez que se redujo el número de variables, se realizó un análisis de correlación

canónica (Ter-Braak 1987), para examinar la influencia de los factores del hábitat de las unidades del paisaje sobre la abundancia de los reptiles (Hofer *et al.* 2000).

Los resultados se plasmaron en un gráfico de dos ejes (biplot), en donde se expresó la relación entre variables ambientales y las especies, ya sea positiva o negativa. Los análisis se realizaron con el programa R. 3.1.2 (R Core Team 2014) y el paquete Vegan (Oksanen *et al.* 2015).

7.6. Identificación de impactos y propuestas de buenas prácticas ambientales

Para determinar las buenas prácticas ambientales, en primer lugar se identificaron los impactos provenientes de las actividades de extracción de materiales aluviales, así como algunos impactos potenciales, dicha información se obtuvo mediante tres criterios:

a) Se realizaron entrevistas dirigidas a los comuneros y trabajadores involucrados en el proyecto de aprovechamiento (Anexo I y II). La entrevista se dirigió a personas que tuvieran como mínimo 2 años involucrados en dicha actividad y se cubrió una población muestral de 37 personas. El sondeo cubrió tres segmentos: aprovechamiento de recursos abióticos (aprovechamiento de arena, grava, cantos rodados, agua); recursos bióticos (aprovechamiento de plantas y fauna silvestre) y cultural. Los datos se analizaron utilizando estadística descriptiva. Adicionalmente se realizó una búsqueda bibliográfica sobre los factores de riesgo para las especies registradas.

b) Durante las visitas realizadas al área del proyecto se observaron y registraron los impactos causados en zonas de extracción de material aluvial. Para ello se enlistaron los factores ambientales impactados, tomando como referencia la matriz de Leopold *et al.* (1971) (Anexo III). La información se complementó con datos bibliográficos considerando los lineamientos establecidos en la LGEEPA 2012 y la

norma oficial mexicana para la protección de especies silvestres NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010).

c) Se determinó la mortalidad de reptiles por atropellos en los caminos de acceso al área de estudio. Para ello se establecieron tres transectos con una longitud de 1 km en caminos de acceso a graveras ya existentes y en funcionamiento. Los transectos se muestrearon mediante caminatas en forma de zigzag, tratando siempre de cubrir el ancho del camino, así como sus márgenes y taludes. Cada muestreo se realizó durante tres días consecutivos en horario de 15:00 a 17:00 horas.

Con los datos recabados se realizaron algunas propuestas para las buenas prácticas ambientales, en la cual se incluyeron acciones específicas relacionadas con la protección de los reptiles, mejorar los hábitos de trabajo, así como acciones preventivas o correctivas para evitar impactos potenciales a los reptiles y sus hábitats, para que los concesionarios, trabajadores y maquinistas las practiquen durante las actividades de extracción.

7.7. Análisis para la gestión del territorio

Análisis de los sitios de interés ecológico y extensión mínima

Para seleccionar las áreas a preservar en el polígono del proyecto se analizó la estructura del paisaje y se consideró el método propuesto por Mañosa y Herrando (2002), el cual fue modificado para al área del proyecto.

- a) Como primer paso se identificaron las zonas de interés ecológico en función de varios criterios: 1) Tipo de especies registradas, dando mayor importancia a las zonas donde se registró el mayor número de especies en alguna categoría de protección a nivel nacional o internacional, así como especies endémicas de Oaxaca. 2) Zonas que cumplieran con los requerimientos ecológicos necesarios (tipo de vegetación, tipo de suelo, tipos de microhábitat, área mínima viable) (Jones 1986), o factores del

hábitat fuertemente relacionados con los reptiles. 3) Sitios con mayor diversidad y riqueza.

- b) Se determinó la extensión mínima de las áreas a preservar en base a el ámbito hogareño y área mínima viable potencial para mantener una población viable de 1000 individuos (Mañosa y Herrando 2002). Para ello se utilizaron los datos bibliográficos sobre el ámbito hogareño de algunas especies de mayor tamaño.

Selección de fragmentos

Para la delimitación de los fragmentos de vegetación existentes se siguieron los lineamientos propuestos por Bentrup (2008), para el diseño de zonas de conservación y corredores. Para ello se utilizó una imagen satelital en la que se calculó para cada fragmento lo siguiente:

- a) Área total: se delimitaron los fragmentos con vegetación y se estimó su área total en hectáreas.
- b) Área con efecto de borde: a partir del límite exterior de cada fragmento se dibujó una franja de 50 m la cual correspondió al área con efecto de borde (Murcia 1995, Jose *et al.* 1996, William-Linera 1998).
- c) Área interna sin efecto de borde: al área total de cada fragmento se le restó el área con efecto de borde y se obtuvo su área interna.
- d) Categorización de fragmentos de vegetación según sus formas: regulares (formas circulares o geométricas), irregulares (formas complejas de bordes irregulares o con más salientes) y oblonga (forma alargada o en corredor).

Propuestas para la preservación y conservación del hábitat de reptiles

Para la realización de las propuestas de preservación y conservación de los hábitats, se realizó el análisis integral de los siguientes aspectos: la forma y área efectiva de los fragmentos de vegetación, áreas de mayor interés biológico, áreas

con mayor diversidad, además se consideraron los factores del hábitat fuertemente correlacionados con la presencia de reptiles y los requerimientos de hábitat mínimos viables.

Además se propuso delimitar un corredor ripario con su zona de amortiguamiento como un área de preservación. Para ello se siguieron los lineamientos propuestos por Bentrup (2008) para el establecimiento de corredores riparios. Dichos lineamientos recomiendan para el caso específico de reptiles, mantener corredores con un ancho mínimo de 30 m, ya que con ello se logra el mantenimiento de los componentes biológicos de los ríos y áreas inundadas. Además se consideraron los planes de manejo enfocados a proteger y conservar bosques ribereños, donde se ha establecido que las franjas de amortiguamiento aledañas a los corredores de vegetación riparia, deben ser de al menos 20 m de ancho (Gómez *et al.* 2011).

VIII. RESULTADOS

8.1. Eficiencia de muestreo

Curvas de acumulación de especies

Con un esfuerzo de muestreo de 144 horas-hombre, se encontró que la curva de acumulación de especies tuvo un incremento creciente, sin embargo no se alcanzó la asíntota al término de los muestreos (Figura 3).

El estimador de Clench mostró que la representatividad del muestreo fue del 87% mostrando un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.990$, indicando un buen ajuste de los datos al modelo. De acuerdo con el modelo la asíntota se alcanzaría con 31 especies, mientras que en los muestreos se registraron 27 especies (Tabla 2).

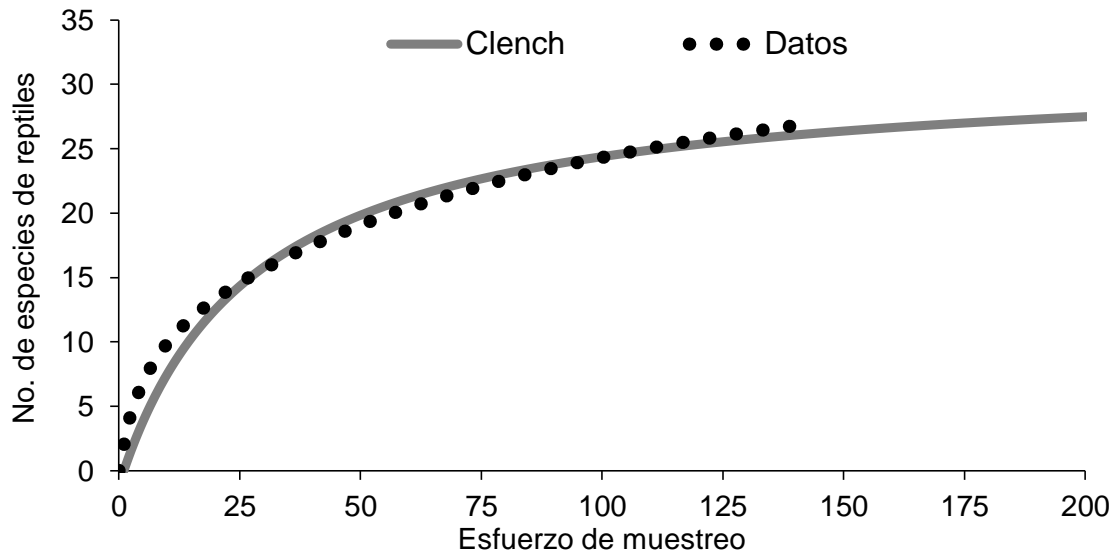


Figura 3. Curva de acumulación de especies con esfuerzo de muestreo hora-hombre.

Tabla 2. Valores de los modelos asintóticos evaluados para la estimación de la riqueza de especies en la zona de muestreo

Modelo	a	b	r ²	Asíntota	t _q
Clench	1.158	0.037	0.990	31	2647

a y b = parámetros ajustados; r² = coeficiente de determinación; t_q = esfuerzo de muestreo requerido en horas-persona.

Estimadores de riqueza

De acuerdo con los estimadores no paramétricos Jackknife de primer orden y Chao2, se registró entre el 79 y 90% de las especies esperadas, respectivamente. El estimador Chao2, predijo una riqueza de 30 especies y Jackknife de primer orden predijo un máximo de 34 especies, ambos estimadores pronosticaron una mayor riqueza en comparación con las 27 especies registradas.

8.2. Inventario de reptiles

La abundancia total de reptiles fue de 1 594 individuos, correspondientes a 27 especies y 10 familias, siendo la familia Colubridae la mejor representada con siete especies, seguida de la Teiidae con cinco especies. Las especies más abundantes en los hábitats con vegetación fueron: *Aspidoscelis deppei* con 763 individuos, *Sceloporus siniferus* con 121 y *Basiliscus vittatus* con 69 individuos. En los hábitats con extracción las especies más abundantes fueron: *A. deppei*, *B. vittatus* y *Holocosus undulatus*, con 255, 76 y 27 individuos, respectivamente (Tabla 3).

Se encontraron 13 especies que fueron exclusivas de los sitios con vegetación, de las cuales: seis especies se registraron únicamente durante la temporada seca (*Masticophis mentovarius*, *Oxybelis fulgidus*, *Trimorphodon biscutatus*, *Anolis isthmicus*, *Anolis sericeus* y *Coleonyx elegans*), mientras que cinco especies se registraron únicamente en temporada de lluvia (*Boa constrictor*, *Drymobius margaritiferus*, *Oxybelis aeneus*, *Ctenosaura oaxacana* y *Mabuya brachypoda*) y dos especies se reportaron en ambas temporadas en los sitios con vegetación (*Sceloporus edwardtaylori* y *Sceloporus siniferus*).

Tabla 3. Listado de especies y nombres comunes por hábitat y temporada

Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábitat con vegetación		Hábitat con extracción	
			Lluvia	Seca	Lluvia	Seca
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa	1	-	-	-
	<i>Drymobius margaritiferus</i>	Petatilla o ranera	1	-	-	-
Colubridae	<i>Leptophis diplotropis</i>	Culebra perico gargantilla	1	-	1	-
	<i>Masticophis mentovarius</i>	Chirrionera café	-	2	-	-
	<i>Oxybelis fulgidus</i>	Culebra bejuquilla verde	-	1	-	-
	<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquilla parda	1	-	-	-
	<i>Salvadora lemniscata</i>	Culebra parchada del Pacífico	-	1	1	-
	<i>Trimorphodon biscutatus</i>	Culebra-lira cabeza negra	-	1	-	-
	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Basilisco café	32	37	25
<i>Anolis isthmicus</i>		Anolis tehuano	-	2	-	-
Dactyloidae	<i>Anolis lemurinus</i>	Lagartija de sombra	-	2	-	3
	<i>Anolis sericeus</i>	Anolis sedoso	-	7	-	-

Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábitat con vegetación		Hábitat con extracción	
			Lluvia	Seca	Lluvia	Seca
Eublepharidae	<i>Coleonyx elegans</i>	Cuija yucateca	-	1	-	-
Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Gecko de casa	21	5	3	1
Iguanidae	<i>Ctenosaura oaxacana</i>	Iguana	1	-	-	-
	<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana espinosa-mexicana	1	1	2	1
	<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	-	1	3	-
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus edwardtaylori</i>	Lagartija espinosa del istmo de Tehuantepec	23	14	-	-
	<i>Sceloporus siniferus</i>	Lagartija espinosa de cola larga	25	96	-	-
	<i>Sceloporus variabilis</i>	Lagartija espinosa panza rosada	5	9	-	1
	<i>Urosaurus bicarinatus</i>	Lagartija arbolera	45	23	2	2
Scincidae	<i>Mabuya brachypoda</i>	Salamanqueza vivípara	3	-	-	-
Teiidae	<i>Holocosus undulatus</i>	Lagartija metálica	10	37	17	10
	<i>Aspidoscelis deppei</i>	Lagartija verdiazul	180	583	122	133
	<i>Aspidoscelis guttata</i>	Huico mexicano	4	1	1	-
	<i>Aspidoscelis mexicanus</i>	Huico mexicano	-	-	1	-
	<i>Aspidoscelis motaguae</i>	Huico gigante	2	25	7	3
Abundancia			355	849	185	205
Riqueza por temporada			17	20	13	9
Riqueza general			26		14	

En los sitios con vegetación se encontró la mayor riqueza (26 especies) y abundancia (1 204 individuos), siendo la temporada seca la mejor representada con 849 individuos y 20 especies. Mientras que los hábitats con extracción registraron menor riqueza (14 especies) y abundancia (390 individuos), siendo en temporada de lluvia donde se registró la menor abundancia con 185 individuos, en tanto que en temporada seca se registró la menor riqueza con nueve especies (Figura 4).

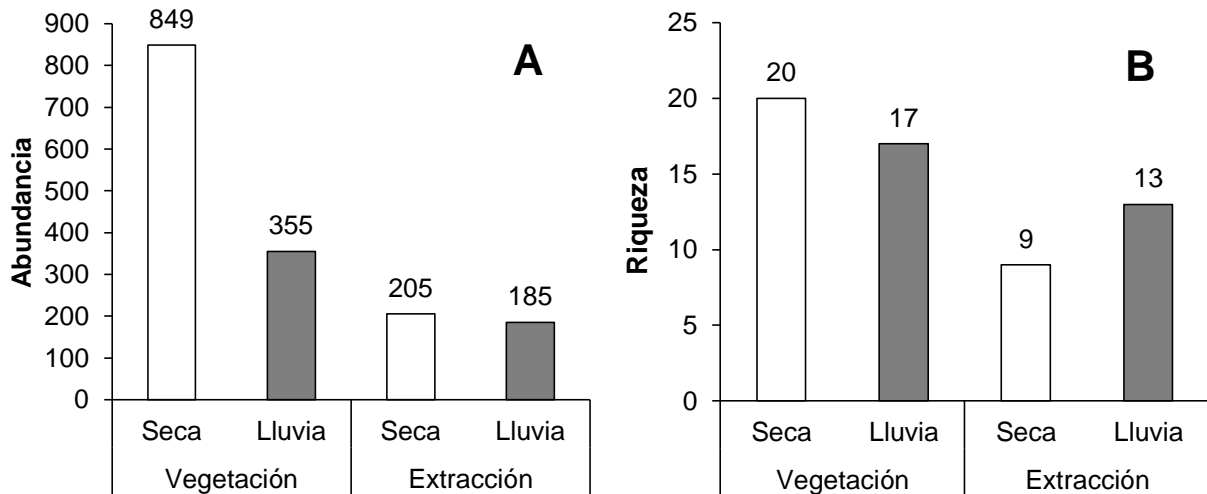


Figura 4. Abundancia (A) y riqueza (B) registrada por tipo de hábitat.

8.3. Evaluación de la diversidad de las comunidades de reptiles

8.3.1. Diversidad alfa

Con el índice de Shannon se encontró, que los hábitats con vegetación en ambas temporadas climáticas registraron la mayor diversidad con valores de $H' = 1.73$ y $H' = 1.26$, respectivamente. Mientras que los hábitats con extracción mantuvieron valores de diversidad menores (Tabla 4). En cuanto a los análisis de equidad, se encontró el valor más alto en los hábitats con vegetación ($J' = 0.61$) durante la temporada de lluvia, mientras que en temporada seca la equidad en ambos tipos de hábitat es menor a 0.5 (Tabla 4).

Tabla 4. Índice de Shannon y equidad por tipo de hábitat.

Temporada	Seca		Lluvia	
	Vegetación	Extracción	Vegetación	Extracción
Shannon H'	1.26	1.02	1.73	1.23
Equidad (J')	0.42	0.46	0.61	0.50

La prueba de Hutcheson mostró que la diversidad de los hábitats con vegetación en temporada de lluvia, fue mayor significativamente ($p < 0.05$) que la diversidad de los hábitats con extracción. De igual forma en la temporada seca los hábitats con vegetación tuvieron una diversidad significativamente mayor que los hábitats con extracción ($p < 0.05$). Los hábitats con extracción en temporada de lluvia y en temporada seca, no difirieron significativamente ($p = 0.16$) (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de la prueba T de Hutcheson en los tipos de hábitat

Temporada	Hábitat		Lluvia		Seca	
			Vegetación	Extracción	Vegetación	Extracción
Lluvia	Vegetación	<i>t</i>	-	2.41	2.40	2.40
		<i>g.l.</i>	-	360.54	774.14	475.5
		<i>p</i>	-	*8.2 ⁻⁵	* 8.9 ⁻⁸	* 2.7 ⁻¹¹
	Extracción	<i>t</i>	-	-	2.41	2.41
		<i>g.l.</i>	-	-	294.83	361.88
		<i>p</i>	-	-	0.78	0.16
Seca	Vegetación	<i>t</i>	-	-	-	2.41
		<i>g.l.</i>	-	-	-	402.64
		<i>p</i>	-	-	-	* 0.02
	Extracción	<i>t</i>	-	-	-	-
		<i>g.l.</i>	-	-	-	-
		<i>p</i>	-	-	-	-

t = valor obtenido en la prueba T de Hutcheson; *g.l.* = grados de libertad; *p* = valores de *p* corregidos por número de comparaciones; *= diferencias significativas.

Diversidad verdadera por tipo de hábitat

Al analizar los datos con la medida de diversidad verdadera, se encontró que los sitios con vegetación en temporada de lluvia, tuvieron la mayor diversidad con 5.65 especies efectivas, mientras que el hábitat con extracción registró 3.43 especies efectivas. De igual forma, en la temporada seca los hábitats con vegetación presentaron mayor diversidad ($p < 0.05$), con 3.54 especies efectivas en comparación con los hábitats con extracción, con 2.78 especies efectivas (Figura 5).

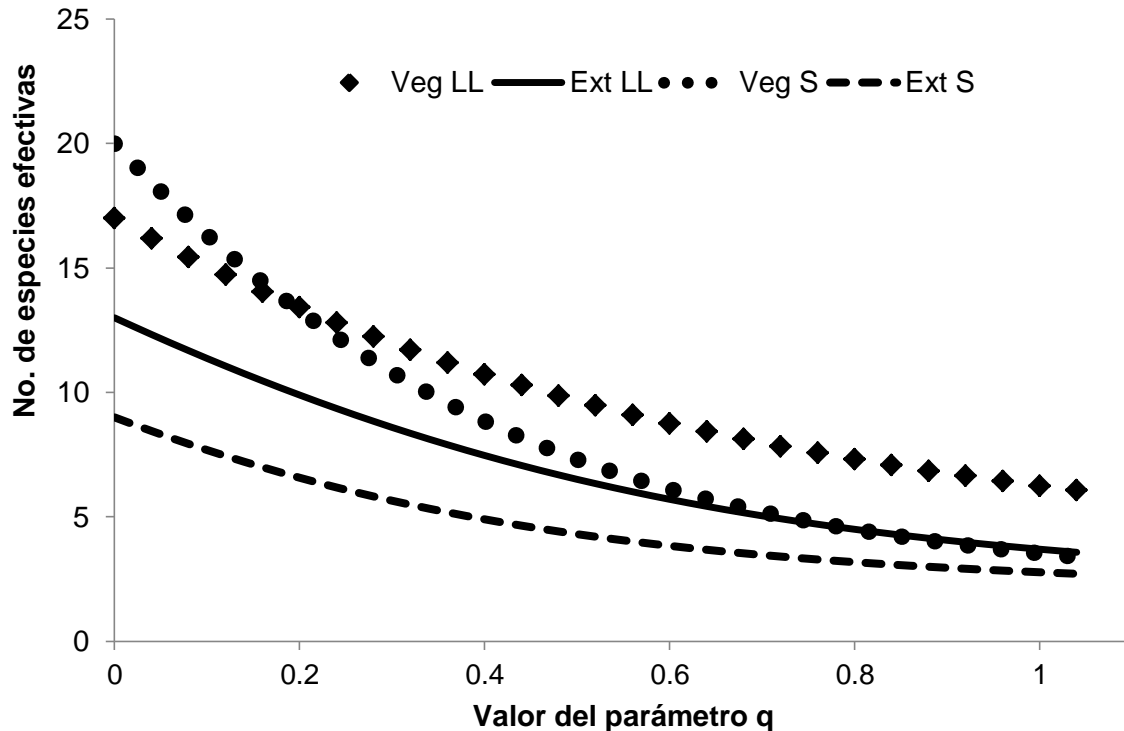


Figura 5. Diversidad verdadera por tipo de hábitat en temporada seca y de lluvia.

De acuerdo con los intervalos de confianza, en temporada de lluvia los hábitats con vegetación fueron diferentes significativamente ($p < 0.05$) de los hábitats con extracción de material aluvial, y lo mismo ocurre en la temporada seca (Tabla 6).

La mayor diferencia en diversidad ocurrió entre los hábitats con vegetación y con extracción durante la temporada de lluvia. Ya que los hábitats con extracción tuvieron menor número de especies efectivas, por lo que registraron el 60.7% de la diversidad alcanzada en los hábitats con vegetación, lo cual nos indica una reducción en diversidad del 39%. En la temporada seca también los hábitats con extracción tuvieron el menor número de especies efectivas y la reducción fue del 21% (Tabla 6).

Tabla 6. Diversidad verdadera de orden uno (1D) con sus intervalos de confianza al 95%.

Temporada	Hábitat	1D	Intervalos de confianza (1D)		Reducción en diversidad
Lluvia	Vegetación	5.65	4.82	6.27	39%
	Extracción	3.43	2.77	3.99	
Seca	Vegetación	3.54	3.20	3.87	21%
	Extracción	2.78	2.34	3.12	

Diversidad alfa por temporada

Al analizar la diversidad por temporada se obtuvo que el valor más alto se alcanzó durante la temporada de lluvia ($H' = 1.67$). Mientras que en temporada seca se obtuvo una diversidad de $H' = 1.28$ (Tabla 7). Además, ambas temporadas mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). De igual forma en temporada de lluvia la equidad fue mayor ($J' = 0.56$) en comparación con la temporada seca ($J' = 0.43$).

Con los análisis de diversidad verdadera el valor más alto se registró en temporada de lluvia, con 5.32 especies efectivas, mientras que en temporada seca se obtuvo un valor de 3.59 especies efectivas. Ambas temporadas mostraron diferencias ($p < 0.05$) con respecto a los intervalos de confianza (Tabla 7). En temporada seca se registró el 67.4% de la diversidad que se observó en temporada de lluvia, lo cual indica una reducción de la diversidad del 32.6% y un efecto de la temporalidad sobre la diversidad de especies.

Tabla 7. Índice de Shannon y diversidad verdadera por temporada.

Temporada	Shannon H'	1D (MLE)	Intervalos de confianza (1D)	
Lluvia	1.67	5.32	4.65	5.83
Seca	1.28	3.59	3.25	3.87

8.3.2. Diversidad beta

Al evaluar la similitud por tipo de hábitat con el índice de Jaccard, se encontró que los hábitats con extracción tuvieron la mayor similitud ($I_J = 0.5$). Mientras que los valores de similitud más bajos se presentaron entre los hábitats con vegetación en temporada de lluvia y vegetación en temporada seca ($I_J = 0.42$), lo cual indica que hay un remplazo de especies o disimilitud de 0.58 (Figura 6).

Con el índice de Sorensen la mayor similitud de especies se registró entre los hábitats con extracción en lluvia y con extracción en seca ($I_{S_{cuant}} = 0.83$). La menor similitud ocurrió entre los hábitats con extracción en temporada de lluvia y con vegetación en temporada seca ($I_{S_{cuant}} = 0.34$) y una disimilitud o reemplazo de especies de 0.66 (Figura 6).

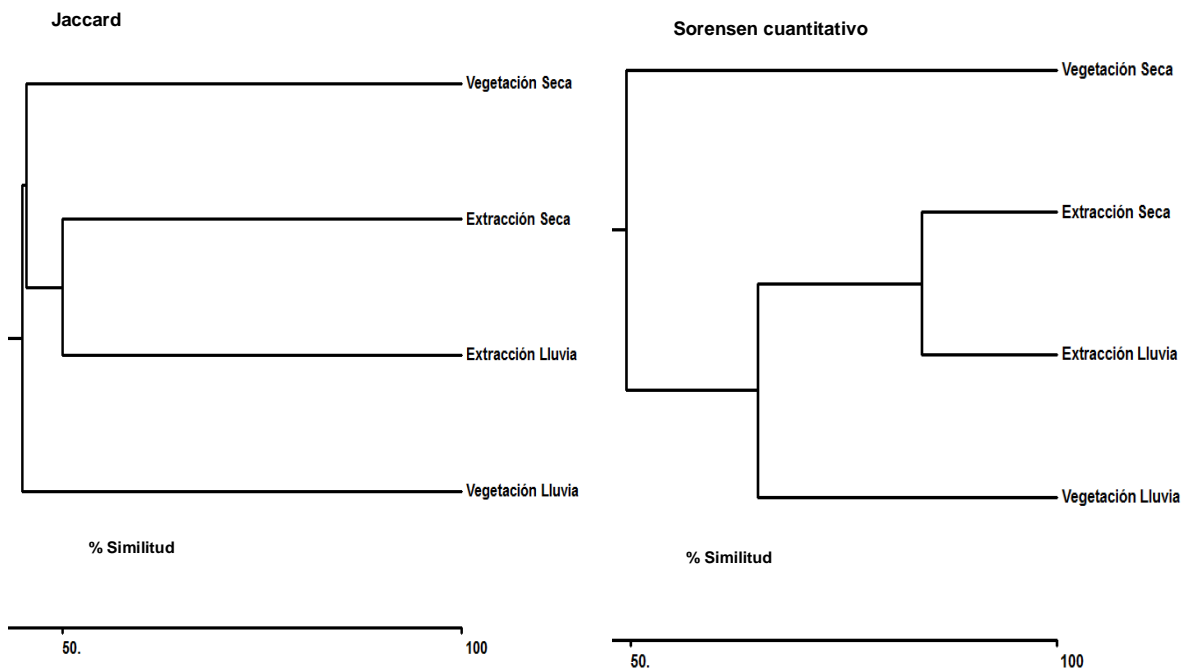


Figura 6. Dendrogramas de similitud de Jaccard y Sorensen entre tipos de hábitat durante la temporada seca y de lluvia.

Al analizar la similitud entre la temporada seca y de lluvia con el índice de Jaccard se registró un valor de similitud $I_J = 0.48$, mientras que con el índice de Sorensen

se obtuvo un valor de $I_{scuant} = 0.60$. Los valores obtenidos con el índice de Jaccard y Sorensen nos indican un efecto de la estacionalidad marcada ya que entre ambas temporadas el recambio de especies fue de 0.40 a 0.52.

8.4. Caracterización de los sitios de estudio

Sitio uno con vegetación (Veg1)

El área coincidió con el inicio de una depresión natural, que corresponde con el límite de la llanura aluvial con terrenos agrícolas, en promedio presento una pendiente de 11.9%. Hidrológicamente es una zona de captación de agua y su pendiente favorece a un buen drenaje hacía un afluente Yazoo (canal de agua paralelo al río principal), que actualmente se utiliza como un canal de aguas urbanas. Hacia el lado oeste limitó con un talud natural que da origen a una planicie de terrenos usados para cultivos agrícolas; hacia el lado éste y de forma paralela al transecto es delimitado por el afluente Yazoo antes mencionado.

Suelo y sedimentos

El suelo fue limo-arenoso, con un pH promedio de 6.4 (6.05 en temporada seca y 6.75 en temporada de lluvias). Durante la aplicación de ácido clorhídrico presentó abundante efervescencia, lo cual indica que hay más de un 10% de carbonatos en el suelo, la reacción al agua oxigenada fue abundante lo cual indica abundante presencia de materia orgánica. El promedio del contenido de humedad fue del 3.4% en temporada seca y del 20% en temporada de lluvia.

Vegetación

La vegetación fue de tipo ripario y cubrió de forma homogénea todo el transecto. Las especies arbóreas encontradas fueron: *Salix bonplandiana* (sauce), *Ceiba sp.* (pochote), *Enterolobium cyclocarpum* (parota), *Parmentiera sp.* (cuajilote) y *Ficus sp.* (amate). La vegetación arbustiva estuvo constituida por *Arundo donax* (carrizo), *Mimosa sp.* (uña de gato) y *Podopterus sp.* (rompe capa). La vegetación herbácea estuvo formada por *Cynodon dactylon* (pasto grama) y *Portulaca sp.*

(verdolaga). La cobertura arbórea cubrió en un 100% el transecto tanto en temporada seca como en lluvia, y su altura promedio fue de 4.1 m. La cobertura arbustiva tuvo una altura promedio de 1.0 m y cubrió el 28.4% del transecto en temporada seca, mientras que en temporada de lluvia aumento, cubriéndolo en un 42.7%. La vegetación herbácea tuvo una altura promedio de 0.3 m y su cobertura fue del 69.8% en temporada seca, mientras que en temporada de lluvia la vegetación herbácea fue nula.

Sitio dos con vegetación (Veg2)

El área donde se ubicó correspondió a una planicie aluvial con presencia de microdepresiones, que fueron formadas por corrientes de agua, durante las últimas temporadas de lluvias. La pendiente del terreno fue variable, ya que los valores más bajos oscilaron entre el 7% y 18%, mientras que los valores más altos fueron del 38%, los cuales correspondieron a las zonas que colindaron con taludes naturales. Hidrológicamente, es una zona con buen drenaje superficial y el sustrato presento buena permeabilidad. Aproximadamente a unos 200 m del inicio del transecto, se encontró una depresión en donde se forman algunas charcas, y durante la temporada de lluvia, la cadena de charcas se unió formando un canal de agua.

Suelo

El suelo tuvo un espesor promedio de 47 cm, su textura fue areno-limoso. Además el transecto presentó zonas sin suelo, es decir zonas cubiertas sólo por material aluvial, y una zona de depresiones donde se formó un canal en la temporada de lluvia, prácticamente estaba cubierto por depósitos de grava y cantos rodados. Se registró un pH promedio de 6.12 (5.8 en temporada seca y 6.6 en lluvia). Se encontró que hay más de un 10% de carbonatos en el suelo y la materia orgánica fue abundante. El contenido promedio de humedad fue del 3.03% en temporada seca y del 16.43% en temporada de lluvia.

Vegetación

La vegetación fue de sucesión secundaria, conformada por árboles oportunistas como *Pithecellobium dulce* (guamúchil), *Acacia cornigera* (cornezuelo), *Parmentiera sp.* y *Leucaena lanceolata* (guaje cimarrón), intercalados con vegetación arbustiva, principalmente conformada por *Arundo donax*. La vegetación arbórea tuvo una altura promedio de 5.2 m y su cobertura fue del 77.1% en temporada seca y del 72.7% en temporada de lluvia. La vegetación arbustiva tuvo una altura promedio de 0.7 m y su cobertura fue del 20% en temporada seca y del 30.8% en temporada de lluvia. La vegetación herbácea tuvo una altura promedio de 0.2 m y su cobertura fue del 8.1% en temporada seca y del 85.5% en temporada de lluvia. Algunas de las especies herbáceas fueron *Cynodon dactylon* y *Mentzelia sp* (pega ropa).

Sitio tres con vegetación (Veg3)

El área correspondió a una planicie de inundación fluvial, con presencia de microdepresiones. La pendiente promedio del terreno fue de 6.3%. Hidrológicamente corresponde a una zona de captación de agua y el sustrato presenta buen drenaje mediante canalillos de escorrentía superficiales. En dirección oeste del transecto, a una distancia de aproximadamente 300 m pasa el cauce principal del río Tehuantepec, mientras que la parte éste del transecto es un continuo de la planicie aluvial.

Suelo

La capa de suelo fue muy delgada, con un espesor promedio de 17 cm. La textura del suelo fue principalmente areno-limoso con presencia de grava, el pH promedio del suelo fue de 5.6 (5.5 en secas y 5.7 en lluvias). Presentó más de un 10% de carbonatos en el suelo, ya que se observó abundante reacción al ácido clorhídrico y las capas más superficiales tuvieron abundante materia orgánica. La humedad promedio fue del 1% en temporada seca y del 10% en temporada de lluvia.

Vegetación

La vegetación fue de sucesión secundaria, conformada principalmente por árboles de *P. dulce*, *A. farnesiana*, *Parmentiera sp.* *L. lanceolata*, *Gliricida sepium* (cacaguanano) y *Guaiacum coulteri* (guayacán). La vegetación arbórea tuvo una altura promedio de 5.6 m y una cobertura del 75.4% en temporada seca, mientras que en temporada de lluvia fue del 68.6%, dicha reducción se debió a la caída de algunos árboles. La vegetación arbustiva estuvo conformada principalmente de *A. donax* y *Cnidoscolus sp.* (mala mujer), con una altura promedio de 1.7 m, una cobertura del 19.2% en temporada seca y 30.5% en temporada de lluvia, mientras que la vegetación herbácea estuvo compuesta por *Cynodon nlemfuensis* (pasto estrella), con una altura promedio de 0.4 m, una cobertura del 1.9% en temporada seca y del 59% en temporada de lluvia.

Sitio uno con extracción (Ext1)

El área donde se ubicó pertenece a una depresión de alrededor de 2 m, la cual fue causada por la extracción de material en años anteriores. Dicha área funciona como una zona captadora de agua, pero como es muy permeable no se forman cuerpos de agua permanentes. Hacia el lado oeste colindó con un banco de arena cuya talud tuvo una pendiente del 100%, hacia el lado este limitó con un camino de terrecería. La pendiente promedio del terreno fue del 7.6%.

Suelo

En este transecto la presencia de suelo fue nula, se encontraron sedimentos aluviales compuestos por cantos rodados, grava, arena y limos. La parte del talud estuvo conformada en su mayoría por arena fina con escasa presencia de grava. Los sedimentos, presentaron un pH promedio de 6.7, además de abundante reacción al ácido clorhídrico, lo cual indicó la presencia de carbonatos de calcio, así como poca presencia de materia orgánica. La humedad promedio en temporada seca fue del 2.3% y en temporada de lluvia del 3.7%.

Vegetación

La vegetación fue escasa, presentó manchones esporádicos de árboles y arbustos. La vegetación arbórea estuvo conformada por *A. farnesiana*; la arbustiva por *Cyperus sp.* (chintul); y la herbácea por *C. dactylon*, *C. nlemfuensis* y *Heliotropium sp.* La cobertura arbórea cubrió el 5% del transecto en temporada seca y el 6.6% en temporada de lluvia y su altura promedio fue de 2.2 m. La cobertura arbustiva tuvo una altura promedio de 0.4 m y cubrió el 3.2% del transecto en temporada seca, mientras que en temporada de lluvia fue nula. La cobertura herbácea tuvo una altura promedio de 0.1 m y cubrió el 40.7% en temporada seca y en temporada de lluvia disminuyó cubriendo solo un 8.7% de la superficie.

Sitio dos con extracción (Ext2)

La parte sur del transecto se encontró aproximadamente a 40 m del cauce del río, por lo que colindó con una franja de vegetación riparia conformada por sauce. Hubo presencia de montículos de material que corresponden al nivel original del terreno y debido a la extracción de materiales, la elevación se ha reducido entre 1 y 2 m, generando la presencia de depresiones. En las depresiones formadas se observó la acumulación de agua de lluvia, formando pequeños cuerpos de agua. La pendiente promedio del terreno fue del 37%).

Suelo

En este transecto la presencia de suelo fue nula, se observaron sedimentos como arena, limos, grava y cantos rodados. Presentó un pH promedio de 5.9 (5.6 en temporada seca y 6.1 en temporada de lluvia). Se encontró que hay más de un 10% de carbonatos en el suelo y poca materia orgánica. La humedad promedio en temporada seca fue del 6.05% y en temporada de lluvia del 11.4%.

Vegetación

La vegetación fue escasa, con presencia de pocos árboles en su mayoría de *P. dulce* y *S. bonplandiana*; no hay presencia de arbustos y en cuanto a herbáceas

se observó *Cynodon dactylon*, *Portulaca sp.* y *Senna sp* (cacahuatillo). La vegetación arbórea tuvo una altura promedio de 2.4 m, con una cobertura del 41.4% en temporada seca y del 43.6% en temporada lluviosa. La vegetación arbustiva fue nula en ambas temporadas, mientras que la vegetación herbácea tuvo una altura promedio de 0.11 m y su cobertura fue del 0.04% en temporada seca y del 5.6% en temporada de lluvia.

Sitio tres con extracción (Ext3)

El sitio estuvo bordeado por montículos de material de hasta tres metros de altura. Debido a la extracción excesiva se han formado depresiones que llegan al nivel del manto freático, formando cuerpos de agua permanentes. La pendiente promedio del terreno en el lecho o base de la depresión fue del 16%, mientras que en otras zonas fue de hasta el 45%.

Suelo

En el sitio no hubo presencia de suelo, sino sólo sedimentos de tipo areno-limoso con abundante proporción de grava, además de tener buen drenaje y permeabilidad; presentó un pH promedio de 6.05 (5.9 en temporada seca y 6.3 en temporada de lluvia). Los sedimentos presentaron abundante reacción al ácido clorhídrico y poca reacción al agua oxigenada, lo cual nos indicó que hay más de un 10% de carbonatos en el suelo y existió poca materia orgánica. La humedad promedio en temporada seca fue del 2.6% y en temporada de lluvia del 4.2%.

Vegetación

Durante la temporada de lluvia la vegetación fue de tipo terciaria o pionera; la presencia de árboles fue escasa y estuvo compuesta por *P. dulce*, la altura promedio de los árboles fue de 1.2 m. La vegetación arbustiva estuvo conformada por *A. donax*, *Mentzelia sp.* y *Porophyllum sp.* (pápalo) con una altura promedio de 0.2 m, su cobertura en temporada seca fue del 3.2% y en temporada de lluvia del 47.3%. La vegetación herbácea estuvo compuesta por especies como

Heliotropium sp. (cola de alacrán), *C. dactylon*, *Senna sp.* y *Portulaca sp.* Dicha vegetación tuvo una altura promedio de 0.17 m, su cobertura fue del 43.7% en temporada seca y del 86.1% en temporada de lluvia.

8.5. Factores del hábitat identificados como relevantes para los reptiles

Con el análisis de componentes principales se logró reducir el número de variables del hábitat, además se mostró que los tres primeros componentes explicaron el 94.5% de la varianza. El primer componente principal (PC1) explicó el 61.3% de la varianza y las variables que se asociaron con mayor peso fueron la humedad media del suelo (HuMed), seguida de la ausencia de señales de quema (QNo) y el microhábitat terrestre (Mterr). El segundo componente principal (PC2) explicó el 24.1% de la varianza y la variable con mayor peso fue la distancia a cuerpos de agua (Distag). El tercer componente (PC3) explicó el 9% de la varianza y las variables con mayor peso fueron la alta humedad del suelo (HuAlt) y el suelo de tipo arcilloso (Sarc) (Tabla 8). Las primeras seis variables fueron las que mejor describieron el componente físico del hábitat.

Tabla 8. Variables que explican la mayor proporción de la varianza en los primeros tres componentes principales.

Variables	PC1	PC2	PC3
Mterr	0.36	-0.21	0.17
Sarc	0.16	-0.01	0.59
Sliarc	0.25	0.04	-0.17
QNo	0.46	0.06	0.19
Vher	0.22	-0.02	0.03
FuerAci	0.23	0.12	-0.06
ExpMed	0.21	0.00	0.03
HuAlt	-0.09	0.11	0.61
HuMed	0.63	-0.05	-0.28
Cobar	0.11	0.05	0.29
Distag	0.05	0.96	-0.06

Variabes	PC1	PC2	PC3
Varianza explicada	61.3	24.13	9.071
Varianza explicada acumulada	61.3	85.43	94.501

PC1= componente principal uno, PC2= componente principal dos, PC3= componente principal tres; Variables: Mterr= microhábitat terrestre, Sarc= suelo arcilloso, Sliarc= suelo limo-arcilloso, QNo= sin señales de quema, Vher= vegetación herbácea; FuerAci= suelo fuertemente ácido, ExpMed= exposición media al sol, HuAlt= humedad alta del suelo, HuMed= humedad media del suelo, Cobar= cobertura arbórea, Distag= distancia a cuerpos de agua.

De acuerdo con el análisis de correlación canónica, la variable que más aportó al eje fue la distancia a cuerpos de agua (Distag) (Anexo IV. Tabla A5), además esta variable se relacionó de manera positiva con el sitio más distantes de los cuerpos de agua, que en éste estudio fue el sitio tres con vegetación (VegS3 y VegLL3), mientras que en sentido negativo se relacionó con el sitio de extracción dos (ExtS2 y ExtLL2) (Anexo IV. Tabla A4). Las especies que se relacionaron positivamente con la distancia a los cuerpos de agua fueron: *Sceloporus siniferus* y *Urosaurus bicarinatus*, mientras que en sentido negativo se relacionó fuertemente el *Basiliscus vittatus* (Anexo IV. Tabla A3), debido a que dicha especie se observó cercana a los cuerpos de agua (Figura 7).

Las variables que más aportaron al eje dos fueron: suelo con humedad alta en sentido negativo; suelos con humedad media, ácidos y limo-arcillosos en sentido positivo. El sitio que mejor se relacionó con dichas variables en sentido positivo fue el sitio tres con vegetación en temporada seca, mientras que en temporada lluviosa se relacionó de manera negativa (Anexo IV. Tabla A4). Las especies que más aportaron al eje dos y se relacionaron de forma negativa fueron: *Ctenosaura oaxacana*, *Mabuya brachypoda* y *Oxybelis fulgidus* (Figura 7).

Se identificó una fuerte relación entre algunas especies con los sitios con vegetación, tal es el caso de *Ctenosaura oaxacana*, *Mabuya brachypoda* y *Oxybelis aeneus* con el sitio VegLL3; *Coleonyx elegans* y *Trimorphodon biscutatus* con el sitio VegS3; *Boa constrictor* y *Drymobius margaritiferus* con el sitio VegLL2; *Oxybelis fulgidus* con el sitio VegS2 y *Aspidoscelis mexicanus* con el sitio ExtLL3.

Las especies más cercanas al origen (*A. deppei*, *Sceloporus variabilis*, *H. undulatus*) no presentaron una fuerte correlación con alguno de los factores del hábitat ni con los sitios de muestreo (Figura 7).

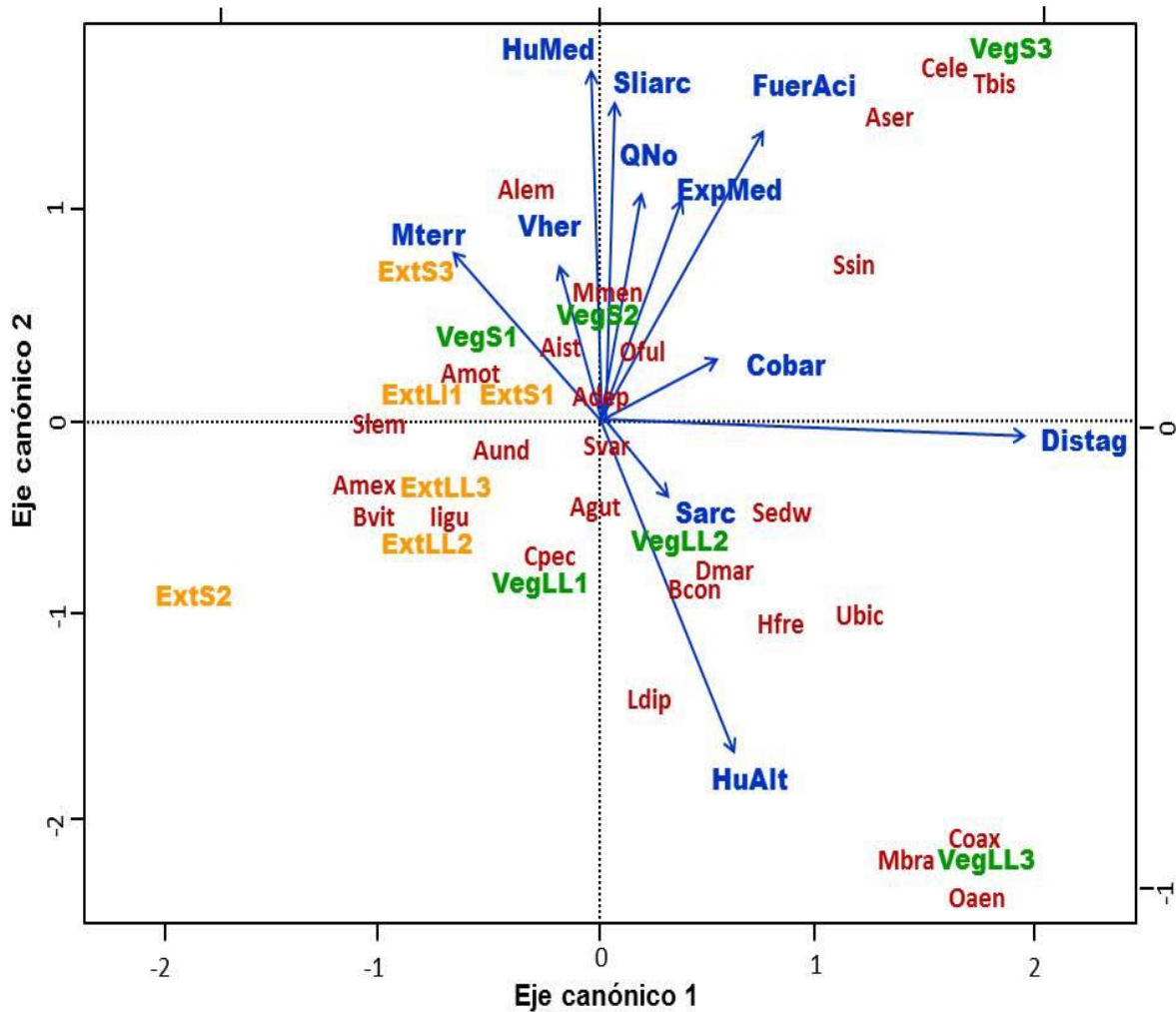


Figura 7. Análisis de correspondencia canónica. Sitios con vegetación en verde y sitios con extracción en amarillo. Factores del hábitat en azul: Mter= Microhábitat terrestre, Sarc= Suelo arcilloso, Sliarc= Suelo limo-arcilloso, QNo= Sin señales de quema, Vher= Vegetación herbácea, FuerAci= Suelo ácido, ExpMed= Exposición media al sol, HuAlt= Suelo con alta humedad, HuMed= Suelo con humedad media, Cobar= Cobertura arbórea, Distag= Distancia a cuerpos de agua. Especies en rojo: Adep= *A. deppei*, Agut= *A. guttata*, Amex= *A. mexicanus*, Amot= *A. motaguae*, Aist= *A. isthmicus*, Alem= *A. lemurinus*, Aser= *A. sericeus*, Houn= *H. undulatus*, Bcon= *B. constrictor*, Bvit= *B. vittatus*, Cele= *C. elegans*, Coax= *C. oaxacana*, Cpec= *C. pectinata*, Dmar= *D. margaritiferus*, Hfre= *H. frenatus*, ligu= *I. iguana*, Ldip= *L. diplotropis*, Mbra= *M. brachypoda*, Mmen= *M. mentovarius*, Oful= *O. fulgidus*, Oaen= *O. aeneus*, Sedw= *S. edwardtaylori*, Slem= *S. lemniscata*, Ssin= *S. siniferus*, Svar= *S. variabilis*, Tbis= *T. biscutatus*, Ubic= *U. bicarinatus*.

8.6. Impactos identificados a causa de las actividades de extracción

- Se observó que los tres caminos de acceso a las graveras, no cuentan con pavimento, por lo cual la circulación de los vehículos ocurre a una velocidad menor a 40 km/h. Dichos caminos no mostraron tener impacto en la mortalidad de reptiles ya que únicamente se observó un ejemplar atropellado de *Urosaurus bicarinatus*. Sin embargo existe un riesgo potencial si la circulación se realizara a velocidades mayores a los 40 km/h, ya que algunos reptiles de tamaño pequeño y lento desplazamiento no lograrían evadir los vehículos.
- De acuerdo las entrevistas, se encontró que el 48% de las personas relacionadas con actividades de extracción de material aluvial, realizan aprovechamiento de fauna silvestre dentro de sus áreas de trabajo; siendo los reptiles los que más se aprovechan en un 44%.
- El 56% de los trabajadores aceptaron matar a las serpientes cuando las encuentran en sus áreas de trabajo, ya que las consideran peligrosas. Los trabajadores afirmaron matar a la serpiente de cascabel (*Crotalus* spp.) y la serpiente cantil (*Agkistrodon* spp.).
- El 96% de los trabajadores de las graveras afirmaron que cuando observan una lagartija en su área de trabajo, la ignoran; mientras que solo el 4% las ahuyenta. Por ello son el grupo menos vulnerables al exterminio.
- Con respecto a las personas que aceptaron realizar cacería de reptiles dentro de sus áreas de trabajo se encontró, que el 45% cazan iguanas de las especies *Ctenosaura pectinata* e *Iguana iguana*, las cuales son aprovechadas como alimento. Otro 25% caza tortugas (*Trachemys* sp., *Kinosternon* sp. y *Rhinoclemmys* sp.), las cuales son aprovechadas como alimento y mascota. Con respecto a las serpientes, un 17% aprovecha la víbora de cascabel (*Crotalus* spp.) para uso medicinal y 13% a la culebra sorda (*Boa constrictor*), la cual es usada en la peletería para la elaboración de cinturones.
- De acuerdo con la literatura los principales factores de riesgo para los reptiles son: la perturbación y pérdida de hábitat, el exterminio, los atropellos y la captura para consumo. Para las serpientes el principal factor de riesgos es el

exterminio. En el caso de las lagartijas, el principal factor de riesgo es la perturbación del hábitat, especialmente para especies de tamaño pequeño y con limitada capacidad de desplazamiento como en el caso de *Anolis isthmicus*, *Coleonyx elegans*, *Sceloporus edwardtaylori* y *Aspidoscelis mexicanus*. Para los iguánidos los principales factores de riesgo fueron la pérdida del hábitat y la captura de ejemplares para consumo humano.

- En algunas zonas de extracción se observaron taludes con pendientes verticales o con inclinación mayor al 45%, lo cual puede representar una barrera para el desplazamiento de reptiles y otros vertebrados de reducida vagilidad, repercutiendo en su libertad de movimiento para la obtención de alimento, refugio o sitios de reproducción.
- Durante el inicio de las actividades de extracción, una etapa esencial es la realización de actividades de despalme o descapote, es decir que se remueve la capa superficial de suelo, esto contribuye a la nula colonización vegetal y a la pérdida de hábitat para algunos reptiles de hábitos terrestres, ya que suelen cavar huecos en el suelo para anidar, refugiarse o termorregular.
- El material resultante del despalme es desechado en áreas no adecuadas, por lo que se forman montículos de material que por efecto de la lluvia y el viento es arrastrado al cauce del río, además de que dichos montículos pueden obstruir el paso de la fauna.
- Durante las actividades de eliminación de la vegetación o desmonte, se reducen las fuentes de alimento, sitios de anidación y refugio para los reptiles. Además, cuando la remoción se realiza con maquinaria pesada, se pueden causar daños tanto a ejemplares arbóreos que no se tiene previsto afectar, como a los reptiles de reducida vagilidad, ya que no se les da oportunidad de desplazarse, por lo que se les puede herir o causar la muerte.
- Durante la remoción y acarreo de material se generan nubes de polvo, las cuales se depositan en la vegetación, generando una disminución en la función fotosintética y respiratoria de las plantas y por lo tanto en la producción primaria. Además la generación de polvo afecta principalmente a vertebrados cuya piel es permeable.

- En el área de estudios se observó que la extracción ilegal y desorganizada de material aluvial, ha propiciado la apertura de caminos en áreas arboladas y la destrucción de las mismas. Por lo cual se ha perdido la continuidad entre fragmentos de vegetación que impiden la dispersión de la fauna con reducido desplazamiento.
- Se observó que durante el transporte de material los choferes atraviesan con maquinaria pesada por el cauce del río, lo cual genera el enturbiamiento y contaminación del agua, así como la modificación de la estructura del río y la perturbación de la fauna acuática.
- Durante los recorridos se observaron manchas de aceite en las zonas de extracción de material. El derrame de aceites, combustibles o anticongelantes, procedentes de los vehículos y maquinaria, generan contaminación del suelo y el agua, ya que se infiltran en los mantos freáticos o cuerpos de agua adyacentes.
- Se encontró que debido a la excesiva extracción de material, en algunos sitios se ha llegado hasta el nivel del manto freático, lo cual favorece su contaminación.
- Se constató que debido a la imposibilidad de acceder a retretes o letrinas, los trabajadores de los bancos de material y las zonas de extracción defecan al aire libre. Esto representa un foco de posibles enfermedades a los trabajadores y de contaminación para el suelo y el agua superficial.
- En las zonas de extracción se observó el desecho inadecuado de residuos sólidos, los cuales son depositados en el suelo y el cauce del río.

8.7. Guía de acciones para las buenas prácticas ambientales

Las actividades de extracción de material aluvial, deberán desarrollarse bajo el cumplimiento de las normas medioambientales en vigor. Sin embargo también es imprescindible fomentar la aplicación de buenas prácticas ambientales entre los trabajadores, para conseguir la minimización de las afecciones al entorno natural.

Las buenas prácticas ambientales se deben apoyar en la mejora de los hábitos cotidianos del trabajador, por lo que la sensibilización es clave para su implementación. A continuación se muestran algunas propuestas para mejorar las prácticas de extracción y los hábitos de los trabajadores:

- 1) Las áreas de extracción se deberán ubicar únicamente en el lecho superior del río Tehuantepec. En ningún caso se deberá extraer material del lecho medio e inferior, debido a que esto contribuye a debilitar el cauce del río; es decir genera la compactación del suelo y afecta la estabilidad de los taludes. Además, las excavaciones deberán efectuarse en franjas paralelas al eje del cauce y por ningún motivo se orientarán en dirección transversal a éste, seccionándolo.
- 2) En el perímetro de las áreas de extracción de material aluvial, se deberá dejar una franja de amortiguamiento. El ancho mínimo de la franja será de 20 metros, y en ella se conservará intacta la vegetación original y el suelo (Arriaga 1998). Asimismo, en dicha franja se deberán realizar los trabajos de reforestación para inducir el desarrollo de especies nativas de la zona o se podrán trasplantar ejemplares de flora que se hubiesen detectado en el predio a explotar. En la franja de amortiguamiento se deberán instalar bordos o estructuras de desvío de escurrimientos pluviales para favorecer la infiltración y purificación natural del agua y la recarga de acuíferos, en las zonas colindantes del banco de material.
- 3) No se deberá molestar, cazar, capturar, coleccionar, comercializar y traficar con la fauna en general, tanto en el área de extracción como en los caminos de acceso y colindancias, será necesario poner letreros alusivos a esta práctica y realizar pláticas de concientización dirigidas a los trabajadores, así como darles a conocer las normas ambientales que prohíben la caza y captura de algunas especies en alguna categoría de riesgo.
- 4) Para evitar una mayor afectación y pérdida de vegetación, será necesario restringir las zonas de circulación de vehículos y de extracción, delimitando las zonas de trabajo y evitando el movimiento innecesario de maquinaria y personal fuera de las áreas establecidas.

- 5) Para evitar atropellos de fauna se deberá moderar la velocidad de circulación a un máximo de 40 km/h. En caso de que los caminos interfirieran con el movimiento natural de los reptiles, deberán realizarse pasos de fauna específicos para favorecer el cruce de animales a ambos lados del camino.
- 6) Para evitar la generación de nubes fugitivas de polvo, durante la circulación de vehículos y por la acción del viento, se propone humedecer sistemáticamente los caminos. El riego se deberá realizar mediante camiones pipa, adaptados con los implementos necesarios para llevar a efecto un riego en cascada.
- 7) Para evitar que los camiones dispersen polvos y partículas durante el transporte de material, la caja deberá ser cubierta con lonas o costales húmedos durante su trayecto. De igual forma, deberán humedecer y barrer el interior de la caja de los vehículos de transporte de materiales una vez que hayan terminado su recorrido o hayan descargado los materiales respectivos, para evitar que escapen polvos, desperdicios o residuos sólidos, durante el recorrido de regreso.
- 8) Otra alternativa para retener y reducir las partículas de polvo generadas, es la reforestación con árboles de huizache (*Acacia farnesiana*), de los cuales se ha reportado que tienen una gran capacidad de retención de partículas que son transportadas en el entorno, ya que se adhieren con gran facilidad a sus hojas (Alcalá-Jáuregui *et al.* 2010). Dicha reforestación se deberá realizar principalmente en orillas de caminos y los límites de las áreas de extracción o donde se generen nubes de polvo.
- 9) Las actividades del desmonte de la vegetación, deberán realizarse de forma gradual y conforme al avance del proyecto, para permitir el desplazamiento de los reptiles. Para evitar la afectación de zonas arboladas aledañas, los árboles se deberán podar antes de ser talados, dichas labores se deberán realizar de forma manual (machetes o hachas) o mecánica (motosierra), evitando el uso de maquinaria pesada. No se deberán realizar actividades de quema, ni la utilización de herbicidas o productos químicos para la limpieza del terreno.
- 10) Se deberá minimizar la generación de ruido y contaminantes, para ello los vehículos automotores, la maquinaria y equipo a utilizar, deberán estar

afinados y en buen estado mecánico, además de que las actividades se deberán realizar únicamente en horario diurno (07:00 a 18:00 horas).

- 11) El cauce del río no deberá de ser modificado, por ello no se deberá depositar material de extracción o residuos sólidos en el cauce. Para mejorar y recuperar las riberas del río se deberá realizar un programa de reforestación de los márgenes o reforzar la vegetación existente. Dichos sitios servirán para ampliar los recursos de los reptiles durante la temporada seca.
- 12) Se deberán organizar los caminos ya existentes y en su caso realizar actividades de mantenimiento y rehabilitación, de tal forma que se evite la apertura de nuevos caminos en zonas arboladas. No se les deberá aplicar carpeta asfáltica, para permitir la infiltración del agua pluvial. Además deberán contar con obras de drenaje suficientes para permitir el flujo natural de las aguas pluviales y evitar afectaciones en áreas aledañas y la interrupción de drenajes naturales (Arriaga 1998).
- 13) Para evitar la contaminación del suelo y cuerpos de agua, no se deberán realizar actividades de reparación de maquinaria o vehículos en la zona de extracción. Se recomienda que el mantenimiento preventivo o correctivo de vehículos y maquinaria se realice en talleres especializados o de lo contrario se deberá destinar un área para realizar el mantenimiento del equipo. Dicha área deberá contar con geomembranas especiales para la recuperación de aceites, o con piso de concreto con un grosor igual o mayor a 10 cm de espesor y con una superficie mínima que garantice la permanencia del equipo pesado, para evitar la infiltración de aceites y grasas al subsuelo. De ser necesaria la reparación fuera del área destinada, se deberán emplear charolas para la recuperación de derrames, las cuales se colocarán abajo del equipo para evitar contaminar el suelo, subsuelo y cuerpos de agua. El material recolectado deberá ser manejado como residuo peligroso.
- 14) Los residuos generados deberán ser depositados en contenedores etiquetados y cubiertos para evitar su dispersión. Los residuos como grasas, aceites, anticongelantes, combustibles deben ser separados y tratados como

- residuos peligrosos. Los residuos deberán ser depositados en lugares establecidos por las autoridades competentes y no podrán ser quemados.
- 15) Deberán realizarse campañas ecológicas entre los obreros, con la finalidad de fomentar una educación ambiental de respeto, protección y conservación de la naturaleza.
 - 16) Para mejorar los hábitats aledaños a las zonas de extracción, se recomienda dejar algunos troncos y ramas en los límites de dichos hábitats, con la finalidad de que sirvan como sitios de refugio, anidación o termorregulación para los reptiles.
 - 17) Se recomienda mantener corredores arbolados que pongan en contacto las zonas de extracción con las áreas de preservación y ambientes riparios, con la finalidad de favorecer procesos de dispersión y colonización los cuales son vitales para la conservación de los reptiles y la demás fauna existente.
 - 18) Se deberá formar una barrera física que impida el arrastre de material hacia el cauce del río, dicha barrera deberá construirse de materiales diferentes a la arena, grava, tepojal, tezontle o tepetate, pudiéndose emplear cualquier tipo de rocas de gran tamaño, o inclusive utilizando especies vegetales.
 - 19) Se deberá mantener una zona especial de conservación que incluya zonas en mejor estado, donde la alteración y destrucción del hábitat se deberán evitar o minimizar al máximo.
 - 20) El despalme del suelo se deberá realizar durante la temporada seca, con la finalidad de disminuir la posibilidad de que las lluvias acarreen sedimentos hacia las partes bajas y hacia el cauce del río. Dicha práctica también permitirá evitar la afectación de reptiles que anidan en el suelo durante la temporada lluviosa.
 - 21) El material resultante de las actividades de despalme, deberá mantenerse y utilizarse posteriormente para arroje de taludes o para la restauración de zonas de extracción abandonadas.
 - 22) No deberá trabajarse más de un área de extracción a la vez en el mismo predio.

- 23) No existen normas o leyes en la comisión Nacional del Agua que establezcan un volumen fijo de extracción de material, ni la profundidad de dichas extracciones. Sin embargo se debe evitar dejar al descubierto el nivel del manto freático, por lo cual es necesario calcular la cantidad de material a extraer de acuerdo con la información topográfica, hidrológica, e hidráulica de cada área de extracción.
- 24) Una vez que se terminen las actividades en un área de extracción, se deberán realizar actividades de restauración del suelo y reforestación con vegetación nativa. Para ello se deberá colocar una capa de suelo con una profundidad de al menos 80 cm y posteriormente se deberán sembrar plantas herbáceas para reforzar el suelo y evitar su erosión (Saldías *et al.* 2001).

8.8. Guía de prácticas de convivencia con los reptiles

- 1) En caso de que los trabajadores tengan encuentros con serpientes, se recomienda permitirles la huida y no intentar manipularlas, matarlas o reubicarlas. El encuentro con serpientes venenosas es un evento raro, ya que menos del 20% son venenosas (Pérez-Higareda *et al.* 2007). Pocos accidentes son producidos por pisar a las serpientes. Los casos de accidentes suelen ser resultado de personas que intentan matar a la serpiente o manipularla, ya que las serpientes suelen huir ante cualquier enemigo, especialmente si es humano. Si se les molesta, la respuesta defensiva de emergencia es la mordedura (Calderón-Mandujano *et al.* 2008). Por ejemplo, los accidentes con coralillos son raros, debido que su boca es de tamaño pequeño y por lo cual únicamente se dan casos de envenenamiento cuando alcanzan a morder los dedos. Dichos accidentes ocurren cuando se les intenta capturar y manipular, o al introducir las manos en cavidades de troncos o huecos en el suelo (Lazcano-Barrero *et al.* 1992).
- 2) Para evitar accidentes con serpientes venenosas se recomienda lo siguiente:
 - i) utilizar ropa adecuada, como pantalón de tela gruesa, holgado, y botas altas, en especial si es necesario realizar actividades en zonas con vegetación que

no permita ver claramente el suelo. ii) Mirar bien el suelo en que se pisa o en el que se descansa. iii) No mover con las manos desnudas rocas, troncos caídos, hojarasca, ni meter las manos en grietas u orificios. iv) No molestar ni manipular serpientes, ya que es la principal causa de accidentes, pues la serpiente tratará de defenderse (Vázquez y Quintero 2005).

- 3) Antes de iniciar con las actividades de remoción de la vegetación y el suelo, se recomienda realizar actividades de perturbación controlada. Dicha práctica tiene por objetivo provocar el abandono o inducir el desplazamiento gradual de los reptiles de baja movilidad, desde su lugar de origen hacia zonas inmediatamente adyacentes. Dichas actividades se deben realizar previamente a la intervención por parte del proyecto y consiste en remover de forma gradual los refugios de las especies de interés, como cúmulos de rocas, troncos o vegetación arbustiva (Torres-Mura *et al.* 2014). La perturbación controlada se deberá realizar en áreas menores a 3 hectáreas y en forma gradual 1-5 días antes del inicio de las actividades del proyecto, para conceder un margen de tiempo de escape y evitar también la recolonización del área intervenida o el regreso de los animales (Torres-Mura *et al.* 2014, Sullivan *et al.* 2014).
- 4) No se recomienda realizar traslocaciones (rescate y reubicación) de reptiles, ya que dichos procedimientos implican la presencia de personal capacitado. Además se ha documentado que las traslocaciones en reptiles tienen una baja tasa de éxito, ya que generan una serie de efectos negativos sobre los individuos traslocados, como la pérdida de masa corporal, desorientación, incremento en la mortalidad al intentar regresar al sitio de captura (Germano y Bishop 2008, Sullivan *et al.* 2014, Fontúrbel y Simonetti 2011), o por estrés durante la manipulación, el transporte y liberación.

8.9. Análisis para la gestión del territorio

Identificación de los sitios de interés ecológico

En función de las especies registradas, así como de la riqueza y diversidad de los sitios de muestreo, se encontró que los sitios de mayor interés ecológico son los sitios con vegetación, debido a que en ellos se obtuvo mayor riqueza, abundancia y diversidad de reptiles en comparación con los sitios de extracción. Además fue en los sitios con vegetación en donde se registró el mayor número de especies en alguna categoría de riesgo. Ya que diez especies están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, asimismo la *Ctenosaura oaxacana* se encuentra en peligro crítico de extinción de acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2015). Conjuntamente, de las especies registradas en los sitios con vegetación, cuatro son endémicas de Oaxaca (*A. isthmicus*, *C. oaxacana*, *S. edwardtaylori*, *A. mexicanus*) (Tabla 9).

Se identificó que los sitios con vegetación cumplen con la mayoría de los requerimientos de hábitat de las especies, ya que de acuerdo con la literatura, estas prefieren sitios con dosel variado, con presencia de formaciones rocosas, así como la cercanía a cuerpos de agua, suelos arcillosos y arenosos, y la presencia de troncos secos. En tanto que los factores de hábitat que se relacionaron con mayor fuerza a la presencia de reptiles fueron: la cercanía a los cuerpos de agua, la presencia de cobertura arbórea, suelos arcillosos o limo-arcillosos, con pH ácido y alto porcentaje de humedad, todos estos factores son característicos de los sitios con vegetación.

Tabla 9. Especies con alguna categoría de acuerdo con las normas nacionales e internacionales y factores de riesgo.

Nombre científico	NOM-059	UICN	Endémico	Amenazas	Correlación	
					Factor del hábitat	Sitio
<i>Boa constrictor (Ap.II)</i>	A	-	-	Per, Ext, Atr, Cap	Cobar	VegLL2
<i>Drymobius margaritiferus</i>	-	-	-	Ext	Cobar	VegLL2

Nombre científico	NOM-059	UICN	Endémico	Amenazas	Correlación	
					Factor del hábitat	Sitio
<i>Leptophis diplotropis</i>	A	-	-	Per, Ext, Atr	HuAlt	VegLL3
<i>Masticophis mentovarius</i>	-	-	-	Ext, Atr	Mterr	VegS2
<i>Oxybelis fulgidus</i>	-	-	-	Per, Ext		VegS2
<i>Oxybelis aeneus</i>	-	-	-	Per, Ext	Distag	VegLL3
<i>Salvadora lemniscata</i>	Pr	-	-	Ext, Atr	HuAlt	ExtS3
<i>Trimorphodon biscutatus</i>	Pr	-	-	Per, Ext	Distag	VegS3
<i>Anolis isthmicus</i>	Pr	-	E.Oax	Per	Distag	VegS2
<i>Coleonyx elegans</i>	A	-	-	Per, Ext, Cap	Distag	VegS3
<i>Ctenosaura oaxacana</i>	A	CR	E.Oax	Per, Cap	Distag, HuMed	VegLL3
<i>Ctenosaura pectinata</i>	A	-	-	Per, Cap, Atr	HuAlt	VegLL1
<i>Iguana iguana</i>	Pr	-	-	Per, Cap, Atr	HuAlt	ExtS3
<i>Sceloporus edwardtaylori</i>	-	-	E.Oax	Per	Cobar	VegLL3
<i>Aspidoscelis mexicanus</i>	Pr	-	E.Oax	Per	Cobar	ExtS2

NOM-059-SEMARNAT-2010: A= amenazado, Pr= sujeta a protección especial. UICN: CR= peligro crítico de extinción. Endémica: E.Mex= Endémica de México, E.Oax= Endémica de Oaxaca. Factores de riesgo: Capt= captura para consumo, Atr= atropellos, Per= perturbación y pérdida del hábitat, Ext= exterminio. Factor del hábitat: Cobar= cobertura arbórea, Distag= distancia a cuerpos de agua, HuAlt= humedad alta en el suelo, HuMed= humedad media en el suelo, Mterr= microhábitat terrestre. Sitios: VegS2= sitio dos con vegetación en secas, VegS3= sitio tres con vegetación en secas, VegLL2= sitio dos con vegetación en lluvias, VegLL3= sitio tres con vegetación en lluvias. ExtS3= sitio tres con extracción en secas.

Extensión de las áreas mínimas en relación al ámbito hogareño y área mínima viable

Considerando los datos de ámbito hogareño y áreas mínimas viables potenciales de algunas especies de mayor tamaño, se determinó el área necesaria para la preservación de los reptiles. Se encontró respecto al ámbito hogareño, que dichas especies ocupan un área de entre 0.66 a 25 ha (Tabla 10). Mientras que de las áreas mínimas viables potenciales, se encontró información para *Boa constrictor*,

Trimorphodon biscutatus e *Iguana iguana*. Estos datos indican que para mantener una población mínima viable (1000 individuos) de dichas especies, es necesario preservar hábitats de buena calidad y continuos, con una extensión de 20 a 164 ha. Considerando la información anterior se determinó que el área mínima necesaria para la preservación de los reptiles debe ser preferentemente mayor a 20 ha, con la finalidad de mantener el mayor número de especies posibles.

Tabla 10. Extensión del ámbito hogareño y área mínima viable de algunas especies registradas en el polígono del proyecto.

Nombre científico	Tamaño del ámbito hogareño	Área mínima estimada para 1000 ejemplares
<i>Boa constrictor</i>	10-25 ha (Lanser 2014)	164 ha (Sánchez 2011)
<i>Drymobius margaritiferus</i>	2-4 ha (Borer 2009)	-
<i>Oxybelis aeneus</i>	0.037-0.57 ha (Madrid 2008)	-
<i>Trimorphodon biscutatus</i>	2-4 ha (Goode 2007)	20 ha (Goode 2007)
<i>Iguana iguana</i>	0.66-0.92 ha (Morales-Mavil et al. 2007, Rand 1989)	149 (Sánchez 2011)

8.10. Propuestas para las áreas de preservación y conservación

Para el establecimiento de las áreas mínimas y para el caso específico de este estudio, se analizó la estructura del paisaje. La matriz al interior está dominada por vegetación autóctona perturbada en sucesión primaria y secundaria, cuenta con algunos fragmentos de vegetación en sucesión terciaria, corredores discontinuos de vegetación riparia presentes en los márgenes del río Tehuantepec, fragmentos sin vegetación en los que se realiza extracción de materiales aluviales y canales de agua.

Se identificaron 19 fragmentos con vegetación arbórea en sucesión secundaria, los cuales suman una superficie total de 93.55 ha. Considerando el tamaño y forma de cada fragmento se encontró que únicamente tres de ellos son adecuados para ser seleccionados como áreas mínimas de preservación, ya que tienen forma

regular y un área de 16, 22.5 y 29.6 ha, por lo cual ofrecen hábitat interno donde la perturbación del efecto borde es menor. De los fragmentos restantes, 13 tuvieron formas irregulares y una superficie menor a 3 ha. Otros tres fragmentos se caracterizaron por tener forma oblonga y tuvieron una superficie de entre 3.73 y 4.4 ha. Tanto los fragmentos menores a 3 ha como los fragmentos oblongos no ofrecen hábitat interno, ya que se encuentran en su totalidad expuestos al efecto borde (Figura 8).

Considerando el ámbito hogareño de algunas de las especies de mayor tamaño (Tabla 10) se obtuvo que las áreas a preservar deben tener una extensión de entre 20 a 164 ha, dichos hábitats deberán ser buena calidad y continuos. Por ello se propone mantener los tres fragmentos con área mayor a 16 ha, los cuales serán considerados áreas de preservación. También se propone mantener los tres fragmentos de forma alargada ya que pueden funcionar como corredores y permitir el movimiento de los individuos entre los distintos fragmentos. En las áreas de preservación se deberá permitir la restauración natural del área. Para este proceso, se dejará que la vegetación de la zona se regenere de manera natural. Además se deberá evitar la tala de árboles y la excavación de fosas de quema para la producción de carbón vegetal.

8.11. Propuestas para la conservación de corredores riparios

Se propone que a cada lado del río se establezca un corredor ripario de 30 m. Dicho corredor funcionara como un área de conservación, por lo que no deberá ocuparse para actividades de extracción ni en actividades que modifiquen o perturben su estado natural. En este corredor se deberá mantener la vegetación ya existente, o en caso de haberse eliminado la vegetación deberán realizarse actividades de restauración. Adicionalmente se deberá mantener una franja amortiguamiento de 20 m, la cual servirá para reducir la perturbación en el corredor ripario. En la franja de amortiguamiento no será necesario realizar actividades de restauración. Sin embargo se deberá evitar que sean utilizadas como caminos, zonas de extracción y depósitos de material (Figura 8).

Las actividades de restauración del corredor ripario consistirán en plantar árboles y arbustos propios de la región y adaptados a las condiciones del sitio. Es recomendable sembrar barreras de gramíneas altas, densas y de tallo rígido, estas deberán colocarse de forma perpendicular a la pendiente, lo cual permitirá la infiltración y deposición de sedimentos. Para proteger las riberas contra la erosión se pueden usar herbáceas, es recomendable utilizar especies que rebroten de raíces o ramas quebradas, que tengan raíces fibrosas o especies leñosas con raíces más profundas. En el caso de árboles estos se podrán plantar siempre y cuando esté presente una capa de suelo. De no existir una capa de suelo, se podrá utilizar el material resultante de las actividades de despalle, dicho material se tenderá en la zona a restaurar y posteriormente se podrán plantar los árboles.

En las franjas de amortiguamiento, no será necesario realizar actividades de restauración. Sin embargo deber evitar que sean usadas como caminos, zonas de extracción o zonas de depósitos de material. Podrán ser utilizadas como zonas de recreación o en actividades que no involucren la modificación de la vegetación.

8.12. Propuesta para las áreas aprovechamiento de materiales

Las áreas no destinadas a la preservación del hábitat, podrán ser parceladas para ser utilizadas como zonas de aprovechamiento de materiales. Para esto se propone un sistema de intercambio de parcelas en reposo o conservación, con parcelas de aprovechamiento. Sistema en donde sólo se debe permitir deforestar una parcela nueva cuando una parcela en reposo ya esté restaurada de manera natural o por el hombre. Es decir, la función de las parcelas en reposo es permitir el mantenimiento de los reptiles; debido a que varios estudios indican que una proporción considerable de la biodiversidad original sí se puede conservar dentro de hábitats fragmentados, siempre que éstos presenten una cantidad suficiente de cobertura arbórea y con cierto nivel de continuidad (Daily 2001, Harvey *et al.* 2004).

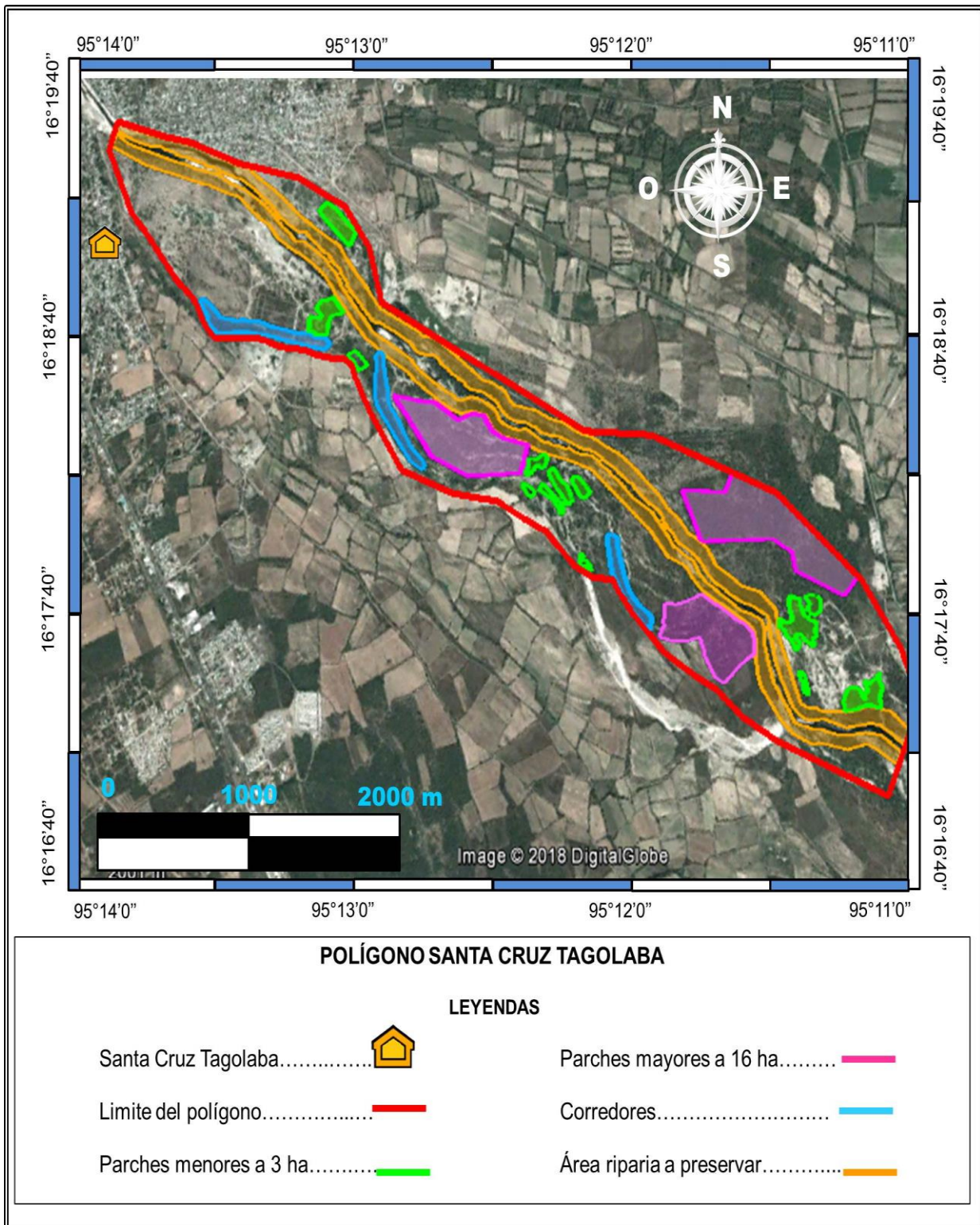


Figura 8. Fragmentos de vegetación identificados en el polígono del proyecto y área riparia a preservar (imagen tomada de Google Earth, 2018).

IX. DISCUSIÓN

9.1. Eficiencia de muestreo

La curva de acumulación de especies no alcanzó la asíntota y se ajustó al modelo de Clench, indicando que se registró el 87% de las especies de reptiles, por lo tanto se puede afirmar que el muestreo fue representativo (Soberón y Llorente, 1993). De acuerdo con el modelo de Clench faltaron cuatro especies por registrar, por lo que sería necesario muestrear 2 647 horas más, lo cual implicaría una gran inversión de tiempo para completar el inventario.

En el caso de los reptiles se requiere un mayor esfuerzo de muestreo y aplicar el mayor tipo de técnicas para aumentar la detección de especies raras y asegurar la mayor representatividad (Urbina-Cardona y Reynoso 2005). Las especies faltantes en el inventario pertenecen al grupo de los Quelonios y Serpentes, ya que durante el estudio no se logró registrar la presencia de tortugas, probablemente esto se debió a que son especies difíciles de encontrar, puesto que se encuentran ligadas a los cuerpos de agua y se requiere de técnicas de muestreo como las trampas tipo nasa para aumentar su registro (Aguirre-León 2011). En el caso de las serpientes, durante el estudio se observaron ocho especies con el método de búsqueda activa en transectos fijos, sin embargo se ha mencionado que con dicho método la probabilidad de encuentro de estos organismos es muy baja y ocurre casi al azar (Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

Los estimadores Chao 2 y Jackknife de primer orden, indicaron que se registró entre el 90 y 79% de las especies esperadas, por lo tanto faltó por registrar entre el 10 y 21% de las especies de reptiles. Por ello se puede considerar que el desempeño de las técnicas de muestreo fue satisfactorio y los datos obtenidos son representativos de la comunidad de estudio. Lo anterior se refuerza por el hecho de que la riqueza registrada en este estudio fue muy similar al rango predicho por los estimadores potenciales de la riqueza y por las curvas de acumulación de especies obtenidas (Hofer y Bersier 2001, Gardner *et al.* 2007).

Es común que no se alcance la riqueza esperada en los estudios con comunidades de reptiles, debido a que los muestreos se ven afectados por las diferencias de comportamiento entre especies, así como sus patrones de actividad y movimiento (Manzanilla y Péfaur 2000), de tal forma que las especies de hábitos fosoriales, crípticos y huidizos, difícilmente serán observadas (Seigel y Collins 1993). Además en este estudio únicamente se realizaron muestreos en horario diurno, razón por la cual las especies de hábitos nocturnos no fueron registradas.

9.2. Inventario de reptiles

El área de estudio mantiene una riqueza importante aún con la fuerte fragmentación del paisaje, ya que se obtuvo una riqueza de 27 especies, la cual fue mayor a la obtenida por Townsend *et al.* (2004), quienes muestrearon en cerro Piedra Larga durante 30 días, en vegetación conservada, registrando 26 especies de reptiles.

Con respecto a otros estudios realizados en la misma región, la riqueza obtenida fue menor: probablemente se debió a las diferencias en el método, a que muestrearon en áreas mayores, durante más tiempo y en más tipos de vegetación. Martín-Regalado *et al.* (2011), registraron para el cerro Guiengola 36 especies durante un muestreo de 60 días, en un área de 4 530 ha y con cuatro tipos de vegetación (riparia, selva baja caducifolia espinosa, selva baja caducifolia y bosque de pino). Mientras que Rioja-Paradela *et al.* (2013), registraron 38 especies para la región lagunar del Istmo; muestreando durante 48 días, en un área de 2 000 ha, en cuatro tipos de vegetación: pastizal abierto, nanchal, selva baja caducifolia y vegetación riparia. En tanto que Barreto (2000) en la región de Nizanda; registró 47 especies, muestreando por 56 días y en ocho tipos de vegetación.

La mayor riqueza (26) y abundancia (1205) de reptiles se registró en los sitios con vegetación en comparación con los sitios donde se extraía material aluvial. Esto se debe a que los reptiles son susceptibles a cambios en el entorno resultantes de la

eliminación de la vegetación, ya que se modifican factores como la temperatura, radiación solar, humedad, fuerza y dirección del viento (Schlaepfer y Gavin 2001). Mientras que la presencia de vegetación permite la estabilidad de dichos factores, además de ofrecer un mayor número de hábitats, sitios de refugio, anidación y alimentación, lo cual permite a los sitios con vegetación sostener un mayor número de reptiles.

Los resultados obtenidos, sugieren que las actividades de extracción de material aluvial generan un declive en la abundancia y riqueza de reptiles, ya que los reptiles se ven expuestos a un ambiente hostil y se reduce drásticamente la disponibilidad recursos. En algunos estudios se ha reportado que la abundancia y riqueza de reptiles varían con del estado sucesional de la vegetación (Calderón-Mandujano *et al.* 2008), la perturbación y fragmentación de la vegetación (Reynoso-Rosales *et al.* 2005, Urbina-Cardona y Reynoso 2005, Suazo-Ortuño 2009).

La modificación en los atributos del hábitat en ocasiones favorece y provee de hábitats exitosos a algunas especies de lagartijas, debido al incremento de lugares para termorregular (Suazo-Ortuño 2008). Este es el caso de especies como *A. deppei*, *B.* y *H. undulatus*, las cuales registraron la mayor abundancia en los sitios de extracción. Esto coincide con lo encontrado por Lazcano-Barrero *et al.* (1992), quienes registraron a *B. vittatus* y *H. undulatus* con mayor frecuencia en áreas perturbadas o transformadas. De igual forma Orea-Gadea (2010) registró mayor abundancia de lagartijas en zonas de pastizal y campos de cultivo en comparación con sitios conservados.

La estacionalidad ambiental ocasiona cambios en la estructura de las comunidades ecológicas, en la disponibilidad de los recursos (espacio y alimento), temperatura, agua y fotoperiodo. Lo anterior provoca fluctuaciones estacionales en la riqueza, composición, abundancia y diversidad de las comunidades (Leighton y Leighton 1983, García y Cabrera-Reyes 2008). En este estudio la mayor abundancia y riqueza de especies se registró durante la temporada seca, este patrón coincide con lo observado por Aráuz (2012) en la reserva Miraflores.

Moropotente, Nicaragua, quien registró en temporada seca la mayor abundancia (309 individuos) y riqueza (25 especies) de reptiles.

Habitualmente en regiones tropicales la mayor riqueza y abundancia se registra en la temporada de lluvia, debido a que hay más alimento, las variables microambientales son menos extremas, la humedad y vegetación aumentan, (García y Cabrera-Reyes 2008), e inicia la temporada reproductiva (Caviedes-Solis 2009). Contrario a lo habitual en regiones tropicales, en este estudio se encontró mayor riqueza y abundancia durante la temporada seca, esto podría deberse a que en algunos casos ocurre una explosión demográfica antes de iniciar las lluvias, como lo han reportado en otros estudios (Villavicencio *et al.* 2002, Duellman 2005, Nemes *et al.* 2006). Dicho patrón, también podría estar relacionado con la visibilidad o facilidad de detección, ya que las condiciones producidas por la temporada seca y lluviosa, facilitan o impiden la detección de diferentes organismos (Brambila 2006). En este caso durante la temporada seca el suelo estaba descubierto de vegetación herbácea, lo cual facilitaba la detección de los reptiles. Mientras que en la temporada lluviosa el suelo se cubrió de vegetación herbácea por lo que el avistamiento de reptiles se dificultó.

9.3. Evaluación de la diversidad alfa y beta de las comunidades de reptiles

Diversidad alfa

Los resultados obtenidos indican que se cumplió la hipótesis propuesta, porque los sitios con vegetación registraron la mayor diversidad alfa, tanto en temporada lluviosa ($H' = 1.73$), como en temporada seca ($H' = 1.26$). La obtención de dichos resultados podría deberse a que la vegetación ofrece más estratos y microhábitats disponibles para las especies (Blake y Loiselle 2000), en comparación con los sitios donde se realizaba extracción, en los cuales la vegetación es eliminada por completo, dejando expuestos a los reptiles a las inclemencias del tiempo atmosférico. Esto coincide con algunos estudios en los que se ha observado que la diversidad de reptiles aumenta en asociaciones vegetales más complejas o

maduras, en comparación con pastizales, cultivos o sitios de pastoreo (Ramírez-Bautista 2004, Pérez-Ramos 2005, Rioja-Paradela *et al.* 2013).

De acuerdo al índice de Pielou, los hábitats con vegetación y extracción tuvieron la equidad media a baja, ya que los valores registrados fueron menores a 0.61. Esto se debió a la alta abundancia de *Aspidoscelis deppei*, ya que dicha especie aporta entre el 63 y 65% de la abundancia en ambos hábitats. La alta abundancia de lagartijas como *A. deppei*, posiblemente se debió a que son especies oportunistas y se adaptan fácilmente a condiciones cambiantes (Arribas 2009). Además se ha reportado que esta especie es de hábitos muy activos, se desplaza constantemente en busca de alimento, no tienen una dieta especializada y aprovecha los recursos disponibles (Martín-Regalado *et al.* 2011), por ello se le encuentra en grandes abundancias. Esto ha sido reportado en varios estudios herpetofaunísticos del estado de Oaxaca, donde *A. deppei* se encuentra entre las especies más abundantes (Barreto 2000, Martín-Regalado *et al.* 2011, Martínez-Salazar 2011, Rioja-Paradela 2013). También se ha registrado que incrementan su abundancia en áreas taladas para aprovechamiento forestal (Goldingay *et al.* 1996, Vitt *et al.* 1998), en zonas perturbadas de selva baja (Orea-Gadea 2010) y en áreas antropizadas (Magno-Benítez *et al.* 2016).

Los valores más altos de Shannon se alcanzaron en la temporada de lluvia para ambos tipos de hábitat, esto se debió a que durante esta temporada se redujo la abundancia de especies dominantes como *A. deppei*, *B. vittatus*, *S. siniferus* y *H. undulatus*. Esto es reforzado con los valores de equidad, ya que en temporada de lluvia se alcanzaron los valores más altos, tanto en hábitats con vegetación ($J' = 0.61$) como en hábitats con extracción ($J' = 0.5$), lo cual indica que en esta temporada la abundancia de las especies se encontraba representada de forma más homogénea. Los resultados aquí obtenidos coinciden con lo reportado por Martín-Regalado *et al.* (2011) para el cerro Guiengola, en el Istmo de Tehuantepec, quienes encontraron que durante la temporada de lluvia la mayoría de las especies están representadas por igual número de registros, siendo pocas las especies dominantes.

La diversidad de reptiles fue significativamente mayor durante la temporada lluviosa, en comparación con la temporada seca, por lo que se considera que las comunidades de reptiles están siendo influenciadas por las condiciones climáticas que modifican la disponibilidad de recursos y que además rigen el comportamiento reproductivo. Resultados similares fueron reportados por Martínez-Salazar (2011) en la cuenca baja del río Verde, Oaxaca. Quien reportó para la herpetofauna de dicha zona, una mayor diversidad en temporada lluviosa.

Los hábitats con vegetación en temporada de lluvia tuvieron el valor más alto de diversidad verdadera con ${}^1D= 5.65$, dicho de otra forma, tendrían una comunidad teórica de 5 especies efectivas donde todas ellas tuvieran la misma abundancia. Los hábitats con vegetación en temporada lluviosa, obtuvieron la mayor diversidad a pesar de tener menor riqueza (17) que los hábitats con vegetación en temporada seca (20). Esto se debe a que la medida de diversidad verdadera considera la riqueza, abundancia y equidad de los individuos de cada una de las especies (Jost 2006).

La diversidad obtenida en los hábitats con vegetación en temporada de lluvia es mayor a la reportada por Aldape-López y Santos-Moreno (2016) para bosques de pino en Oaxaca, quienes reportaron valores de diversidad de ${}^1D= 4.5$ en bosques con manejo forestal intensivo de 5 años. También Etchepare *et al.* (2013) en su estudio con diversos tipos de vegetación en Argentina, obtuvieron valores de diversidad menores para zonas de esteros (${}^1D= 4.6$) y maleza (${}^1D= 4.5$), mientras que en bosque ripario obtuvo mayor diversidad (${}^1D= 8.2$). Por otro lado, Jiménez-Velázquez (2013) reportó en humedales urbanos-agrícolas en el estado de Querétaro valores de diversidad entre 1 y 5.15 especies efectivas.

Las actividades de extracción de materiales aluviales generaron reducción en la diversidad de reptiles, dicha reducción en diversidad de los hábitats con extracción, en proporción a los hábitats con vegetación, fue del 39% en temporada de lluvia y del 21% en temporada seca. La reducción en diversidad fue mayor a la reportada por Aldape-López y Santos-Moreno (2016) quienes observaron una disminución de la diversidad, que en promedio fue del 33% en los sitios bajo el

tratamiento de manejo forestal intensivo y de un 28% en los sitios con manejo forestal de baja intensidad.

Algunos autores (Vitt *et al.* 1998, Vallan 2002) han documentado en zonas de aprovechamiento forestal, que la diversidad de reptiles puede reducirse en bosques recién intervenidos o en etapas de regeneración temprana en comparación con bosques maduros. Lo cual podría indicar que los sitios recién aprovechados y en regeneración temprana proveen un menor número de microhábitats disponibles para especies de bosques maduros, por lo que los reptiles podrían verse obligados a desplazarse hacia áreas contiguas que presenten condiciones similares a las del sitio antes de ser intervenido (Aldape-López y Santos-Moreno 2016).

Diversidad Beta

Los valores más altos de similitud se encontraron entre los hábitats con extracción de material aluvial, debido a que comparten la mitad de sus especies entre ellos. Esto también nos indica que dichos hábitats son similares en cuanto a su estructura vegetal, condiciones ambientales y grado de perturbación. Ya que en estos hábitats hay menor cobertura vegetal, mayor insolación, menor humedad y menor disponibilidad de recursos, lo cual crea condiciones bajo las cuales únicamente las especies más tolerantes pueden sobrevivir, como es el caso de *A. deppei*, *H. undulatus* y *B. vittatus*, las cuales se registraron en los sitios de extracción en ambas temporadas.

Los valores de similitud más bajos se registraron entre los hábitats con vegetación y extracción, ya que comparten menos especies entre sí. Además de que hay 13 especies exclusivas de hábitats con vegetación. Esto se debe a las diferencias entre dichos hábitats y a los requerimientos ecológicos de cada especie. Ya que en los hábitats con extracción las condiciones adversas únicamente permiten la presencia de especies generalistas; mientras que en los hábitats con vegetación, la presencia de más estratos vegetales crean condiciones para que varias especies de reptiles encuentren refugio y alimento (Rioja-Paradela *et al.* 2013), por

lo que es posible encontrar tanto especies generalistas, como especialistas, siendo estas últimas exclusivas de hábitats con vegetación.

La similitud entre la temporada seca y de lluvia alcanzó un valor medio, ya que entre ambas temporadas se compartieron el 52% de las especies. Esto nos indica que hay una estacionalidad marcada y que ambos tipos de hábitat experimentan cambios importantes entre temporadas. Ya que durante la temporada lluviosa se generaron cauces o pozas de agua y cambió la estructura de la vegetación, factores que tienen un efecto muy importante en los niveles de actividad y reproducción de algunas especies de reptiles (Lister y García 1992, García y Ceballos 1994, Ramírez-Bautista 2004). Algunos estudios han reportado que el efecto de la temporalidad en las comunidades de reptiles es poco visible (García y Cabrera-Reyes 2008, Solís-Zurita 2009). Sin embargo para la región del Istmo de Tehuantepec Rioja-Paradela *et al.* (2013), también encontraron un efecto de la temporalidad sobre la diversidad beta, donde todas sus asociaciones vegetales experimentaron un cambio importante entre estaciones por la presencia de las lluvias, condicionando que tanto la riqueza de especies como su abundancia cambie a lo largo del año.

9.4. Identificación de los factores del hábitat relevantes para los reptiles

Con el análisis de correlación canónica se identificó que los siguientes factores ambientales: distancia a los cuerpos de agua, cobertura arbórea, suelos ácidos, suelos arcillosos y suelos con alta humedad, están influyendo en la abundancia de algunas especies exclusivas de sitios con vegetación. Lo anterior es consistente con lo mencionado por Urbina 2008, quien reporta que la ocurrencia de reptiles puede estar determinada por las características del hábitat (dosel, temperatura, humedad y cuerpos de agua).

Los hábitats con extracción se relacionaron fuertemente al uso de microhábitats terrestres y la presencia de vegetación herbácea, esto indica que al reducirse o eliminarse la vegetación arbórea, las especies que permanecen en los sitios de

extracción son aquellas de hábitos terrestres. También podrían permanecer aquellas especies de amplia distribución que ocupan más de un microhábitat y no requieren de un ambiente muy específico como el caso de *Urosaurus bicarinatus* y especies de los géneros *Aspidoscelis* y *Sceloporus* (Martín-Regalado *et al.* 2011).

La distancia a los cuerpos de agua fue un factor que se relacionó fuertemente con la presencia de algunas especies, esto se debe a que los cuerpos de agua proveen ambientes favorables que benefician la riqueza y abundancia de reptiles (Pedroza y Angarita 2011). Por lo tanto la presencia de cuerpos de agua y los hábitats riparios juegan un papel importante en la conservación de los ensambles de reptiles (Suazo-Ortuño 2009).

Se identificaron tres especies cuyos hábitos se encuentran ligados a los cuerpos de agua, tal es el caso de *D. margaritiferus* la cual se alimenta principalmente de ranas (Pérez-Higareda *et al.* 2007); *B. vittatus* es de hábitos riparios debido a que se alimenta principalmente de insectos acuáticos (García y Ceballos 1994); *I. iguana* se asocia a los cuerpos de agua en las cuales se alimenta de la vegetación riparia (Alvarado-Díaz y Suazo-Ortuño, 1996).

De acuerdo con el análisis de correlación canónica, los factores del hábitat más importantes para los reptiles son los cuerpos de agua, la cobertura arbórea, suelos arcillosos y limo-arcillosos, con alta humedad y acides, por lo que para conservar localmente la diversidad de reptiles es importante mantener dichos factores.

9.5. Guía de buenas prácticas ambientales

Las leyes ambientales promueven que toda actividad productiva se realice de forma sostenible y en apego a las leyes ambientales. Actualmente la implementación de buenas prácticas ambientales, es un instrumento voluntario para las empresas o industrias. En México, únicamente las grandes industrias mineras y de extracción materiales pétreos implementan guías de buenas prácticas ambientales, tal es el caso de HOLCIM-APASCO, empresa dedicada a la

extracción de agregados pétreos y materiales para la construcción; así como Grupo Peñoles, industria dedicada al aprovechamiento de metales no ferrosos.

La guía de buenas prácticas aquí propuesta, es factible ya que no requiere de una gran inversión económica y se basa prácticamente en cambios en los hábitos de los trabajadores y en la organización de las actividades. Además, el establecimiento de buenas prácticas ambientales durante las actividades de extracción, permitirá reducir los impactos ambientales negativos, tales como reducir el consumo de recursos, disminuir la cantidad de residuos producidos, reducir emisiones a la atmósfera, prevenir la contaminación del suelo y cuerpos de agua, disminuir la pérdida de hábitats y la mortalidad de reptiles.

En la implementación de prácticas de educación ambiental se deberá fomentar el respeto, protección y conservación de la naturaleza, además de agregar temáticas sobre la diversidad de reptiles, su función y beneficios ecológicos, así como reglas para prevenir mordeduras de especies potencialmente nocivas (Lazcano-Barrero *et al.* 1992). Ya que la mayoría de las personas desconocen los beneficios o el papel ecológico que pueden desempeñar los reptiles, y en especial el grupo de las serpientes por lo que las prácticas ambientales podrían disminuir la presión de caza y exterminio.

9.6. Muestreo en caminos de acceso

Los caminos de acceso muestreados no tuvieron un efecto negativo sobre la mortalidad de reptiles, ya que únicamente se observó un ejemplar atropellado de *Urosaurus bicarinatus*. La baja mortalidad por atropellos podría deberse a que los caminos son de terracería y por lo tanto los vehículos transitan como máximo a 40 km/h, lo cual reduce la probabilidad de atropellos ya que les da oportunidad a los reptiles de escapar. Se ha demostrado que la velocidad es un factor clave en el número de atropellos de fauna, ya que a velocidad alta el conductor no es capaz de frenar o esquivar a la fauna, mientras que la fauna no tiene suficiente tiempo de reacción para huir (Barragán y López 1992, Luell *et al.* 2005). También se ha

encontrado que el tipo de vehículo está relacionado con la incidencia de atropellos de fauna. Ya que los automóviles son los que se ven involucrados en un mayor número de atropellos de fauna debido a que circulan a mayor velocidad que los camiones o maquinaria pesada (Ballester 2008).

En base a los resultados obtenidos, es recomendable establecer límites de velocidad que no rebasen los 40 km/h. También se debe evitar pavimentar los caminos de acceso, ya que esto permitiría que los vehículos circularan a mayor velocidad. Aunado a que el pavimento es un sustrato que guarda mayor calor por lo cual los reptiles y en especial las serpientes recurren a transitarlas para termorregular (Ashley y Robinson 1996, Castillo-R *et al.* 2015), este hecho coincide con lo observado en las carreteras pavimentadas externas al polígono de extracción, en las cuales se observó a cinco ejemplares muertos de *Masticophis mentovarius* (culebra chirrionera café).

9.7. Establecimiento de áreas mínimas de preservación y conservación

De los 19 fragmentos con vegetación que se identificaron en el área del proyecto, 13 tuvieron formas irregulares y una superficie menor a 3 ha, dichos fragmentos se ven totalmente afectados por el efecto de borde debido a la alteración de factores abióticos como la temperatura, humedad, radiación solar y viento (Murcia 1995, Jose *et al* 1996, William-Linera 1998), lo cual repercute negativamente en la diversidad, abundancia y riqueza de reptiles. Por lo tanto dichos fragmentos no ofrecen un hábitat adecuado para la preservación de los reptiles y no son adecuados como áreas mínimas de preservación.

El polígono del proyecto dispone de pocas áreas adecuadas para mantener a las comunidades de reptiles ya que se requiere de hábitats de buena calidad y continuos, además de acuerdo con los datos para las especies de mayor ámbito hogareño se requieren una extensión de 20 a 164 ha para mantener una población mínima viable. Sin embargo, únicamente se dispone dos fragmentos con área mayor a 20 ha, por lo que la propuesta de conservación es una propuesta de

áreas mínimas. Dicha propuesta probablemente no es la más adecuada para las poblaciones de reptiles, sin embargo permitirá el mantenimiento del mayor número de especies.

Se propuso la conservación de un corredor ripario de 30 m, con una franja de amortiguamiento de 20 m. Dicha propuesta se basó en la revisión de literatura, la cual indicó que la mayoría de las recomendaciones para ancho mínimo de corredores riparios varía de 15 a 50 metros (Arcos-Torres 2005). De acuerdo con Ceccon (2003), un corredor ripario de 30 metros es el mínimo necesario para el mantenimiento de los componentes biológicos. Mientras que Croonquist y Brooks (1993) comentan que en áreas impactadas, de los Estados Unidos para poder conservar las poblaciones reproductivamente viables y las especies que son sensibles a las alteraciones ambientales, es necesario establecer corredores riparios mayores a 25 metros. Es por ello que se determinó un corredor ripario de 30 m de ancho con un área de amortiguamiento de 20 m, ya que a mayor ancho del corredor, se tiene un mayor margen de seguridad en términos de preservación de hábitat (Gayoso y Gayoso 2003).

Para ajustar el ancho del corredor ripario, sería necesario realizar investigaciones adicionales ya que la funcionalidad de los corredores riparios varía con las condiciones ambientales, el contexto del paisaje, las presiones externas y las funciones ecológicas deseadas. Tal como lo menciona Marczak *et al.* (2010), en su estudio, en el cual evaluó la efectividad de corredores riparios de 5-200 m de ancho, como estrategia de conservación para la fauna, demostrando que su efectividad es variable, dependiendo del grupo taxonómico. Por otro lado se han propuesto corredores riparios con un ancho de 100 m para proteger vida silvestre (Gayoso y Gayoso 2003). Mientras que para el caso específico de reptiles, Bentrup (2008) menciona que el ancho de los corredores riparios recomendados, varía de 30 a 183 m, por lo tanto la propuesta aquí realizada cumple con las áreas mínimas recomendadas para corredores riparios.

X. CONCLUSIONES

- 1) Con un esfuerzo de muestreo de 144 horas-persona, el muestreo fue representativo, porque el modelo de Clench indicó que el porcentaje de especies registradas fue del 87%.
- 2) El área de estudio la cual consiste en una llanura de aluvial de la cuenca baja del río Tehuantepec, mantiene una riqueza importante de reptiles, porque la riqueza registrada representa el 25.5% de las especies de reptiles reportadas para toda la región del Istmo de Tehuantepec.
- 3) Las zonas con vegetación de una llanura aluvial son las áreas más importantes para la preservación de los reptiles, ya que dichas hábitats mostraron mayor diversidad, abundancia y riqueza, además registraron la presencia de 11 especies exclusivas de estos hábitats.
- 5) La eliminación de la vegetación y las actividades de extracción redujeron el número de microhábitats disponibles para los reptiles, por ello estos sitios registraron la menor diversidad, abundancia y riqueza, además de que únicamente se reportaron especies de hábitos generalistas.
- 6) Tanto en hábitats con vegetación y con extracción, la equidad entre especies va de media a baja ($J' = 0.61$ a 0.42), esto debido a la alta abundancia de *A. deppei*, la cual aportó más de la mitad de la abundancia en ambos hábitats.
- 7) La diversidad de reptiles en el área de estudio está influenciada por la temporalidad climática, ya que la mayor reducción en número efectivo de especies ocurrió en temporada de lluvia, la cual fue del 39%. Mientras que en la temporada seca la reducción de la diversidad fue del 21%.
- 9) Los valores de similitud más bajos se encontraron entre los hábitats con vegetación y extracción, ya que comparten solo la mitad de sus especies.
- 10) Los factores de hábitat que se asociaron a la mayor presencia de reptiles fueron: alta humedad en el suelo, suelos arcillosos y ácidos, ausencia de señales

de quema y cobertura arbórea, dichos factores son característicos de los sitios con vegetación por lo cual se confirma que dichos sitios presentan las condiciones necesarias para mantener la diversidad y riqueza de reptiles.

11) Los caminos de acceso muestreados no tuvieron un efecto negativo sobre la mortalidad de reptiles.

12) Con la evaluación de la diversidad de reptiles, así como con el análisis de los factores del hábitat más importantes y el análisis del territorio, fue posible proponer áreas de preservación y conservación, combinándolo con buenas prácticas de aprovechamiento de material aluvial.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- ACDI (Agencia Canadiense para el desarrollo Internacional). 2010. Guía técnica para el aprovechamiento de áridos en cauces de ríos y afluentes. Estado plurinacional de Bolivia y Ministerio de Medio Ambiente y agua. La Paz, Bolivia, 134 pp.
- Aguirre-León. 2011. Métodos de estimación y conservación de anfibios y reptiles. *In: Gallina T. S. y G. C. López (eds.), Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México.*
- Alcalá-Jáuregui, J. A., Rodríguez-Ortiz., A. Hernández-Montoya y J. J. Tapia-Goné. 2010. Potencial de retención de polvo atmosférico en tres especies vegetativas del ecosistema semiárido, San Luis Potosí, México. *Revista Latinoamericana de recursos naturales. 6 (2): 93-99.*
- Aldape-López, C. T. y A. Santos-Moreno. 2016. Efecto del manejo forestal en la herpetofauna de un bosque del occidente de Oaxaca, México. *Revista de Biología tropical, 64 (3): 931-943.*
- Alvarado-Díaz, J. y I. Suazo-Ortuño. 1996. Las iguanas de México. Historia Natural y conservación. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y ECOTONIA, A.C. 77 pp.
- Aráuz, R. B. J. 2012. Diversidad de Reptiles y su estado de conservación en las “Mesas de Moropotente” del paisaje terrestre Protegido “Miraflores de Moropotente” 2008. *Revista Científica-FAREM Estelí, Ciencias Ambientales, 2 (1): 16-18 pp.*
- Arribas, O. J. 2009. Lagartija aranesa *Iberolacerta aranica*. Pp: 1-18. *In: Salvador A. y A. Marco (eds.), Enciclopedia virtual de los vertebrados Españoles, Museo Nacional de ciencias naturales, Madrid.*

- Arriaga, B. R. A. 1998. Norma Técnica Ecológica NTE-IEG-002/98 que establece las condiciones para la localización de bancos de materiales pétreos en el Estado de Guanajuato, así como sus parámetros de diseño, explotación y medidas de regeneración ambiental. Instituto de Ecología del estado. Periódico Oficial.
- Arcos-Torres, I. 2005. Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica.
- Ashley, E. P. y J. T. Robinson. 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the long point causeway, Lake Erie, Ontario. *Can Field Nat*, 110: 403-412.
- Baczkowski, A. J., D. N. Joanes y G. M. Shamia. 1997. Properties of a Generalized Diversity Index. *Journal of Theoretical Biology*, 188 (2): 207-213.
- Ballester, P. A. 2008. Influencia de la red viaria en humedales integrados en la red natura 2000 en la comunidad valenciana. Identificación de puntos negros y propuesta de actuaciones para reducir la mortalidad de fauna. Jornadas técnicas desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias. Valencia, España. Consultado el 27 de septiembre de 2016: http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/9_Reduccin_atropellos_fauna_Albufera_tcm7-19493.pdf
- Barragán, B. y J. López. 1992. Soluciones a los atropellos de vertebrados. II simposio nacional de carreteras y medio ambiente. Asociación Técnica de Carreteras Monte Esquinaza, España.
- Barreto, O. D. 2000. Análisis ecológico y distribucional de los anfibios y reptiles de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Tesis de licenciatura UNAM, México, D.F.

- Belamendia, G. C. 2010. Estudio de la comunidad de anfibios y reptiles en la cuenca de Bolintxu: propuesta para el conocimiento de la diversidad de herpetofauna, detección de especies de interés y propuestas de gestión. Ingurugela. Bilbao, Bizkaia, 68 pp. Consultado el 05 de noviembre de 2014: http://www.bilbao.net/Agenda21/documentos/estudio_comunidad_anfibios_reptiles.pdf
- Bentrup, G. 2008. Zonas de amortiguamiento para conservación: lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes. Informe Técnico Gral. SRS-109. Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Estación de Investigación Sur. Asheville, Carolina del Norte, USA, 128 pp.
- Bioconsultores Asociados. 2005. MIA I-particular hidráulica-minera. Banco de extracción de materiales Carlos S. de la Rocha. Consultado el 21 de octubre de 2013: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/sin/estudios/2005/25SI2005HD052.pdf>.
- Blake, J. G. y B. A. Loiselle. 2000. Diversity of birds along an elevational gradient in the Cordillera Central, Costa Rica. *The Auk*, 117: 663-686.
- Bogert, C. M. 1939. Notes on Snakes of the Genus *Salvadora* with a Redescription of a Neglected Mexican Species. *American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, 3: 140-147.
- Borer, M. 2009. Haltung und Zucht der Perl-oder Rennnatter, *Drymobius margaritiferus* (Schlegel, 1837). Jubiläumsausgabe – 30 Jahre 1. Aquarien- und Terrarienverein Gmunden. 40-41.
- Bozada, R. L. M. 2008. Las pesquerías del complejo lagunar del Istmo de Tehuantepec. Istmo mexicano. Tesis de Doctorado, Instituto Tecnológico de Oaxaca. Oaxaca, México.
- Brambila, N. J. 2006. Métodos y técnicas de manejo y conservación para anfibios y reptiles en campo: análisis, evaluación y aprovechamiento sustentable en

México. SEMARNAT. Consultado el 10 de junio de 2016:
http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/SicoselIntranet/ProductosEsperados/2943_2006_Manual_de_anfibios_y_reptiles.pdf

Buhlmann, K. A. 1995. Habitat use, terrestrial movements, and conservation of the turtle *Deirochelys reticularia* in Virginia. *Journal of Herpetology* 29:173-181.

Burke, V. J. y J. W. Gibbons. 1995. Terrestrial buffer zones and wetland conservation: a case study of freshwater turtles in Carolina bay. *Conservation Biology* 9: 1365-1369.

Calderón-Mandujano, R., B. H. Bahena y S. Calmé. 2008. Anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y zonas aledañas. 2da ed. COMAPACT, ECOSUR, CONABIO y SHM A.C. México. 110 pp.

Canseco-Márquez, L. y G. Gutiérrez-Mayén. 2010. Anfibios y reptiles del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A. C., Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México, D. F. 302 pp.

Casas-Andreu, G. y J. C. McCoy. 1979. Anfibios y reptiles de México. Claves ilustradas para su Identificación. Editorial Limusa, México, 87 pp.

Casas, A. G. 1982. Anfibios y reptiles de la costa suroeste del estado de Jalisco, con aspectos sobre su ecología y biogeografía. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

Casas, J. J. J., M. J. L. López., M. J. S. Bonillo., J. G. Gallego., L. E. Giménez. F. B. García., S. G. Sánchez., M. A. Lacalle., M. A. Cortés y F. J. L. Moyano. 2017. Guía para la realización de un estudio ambiental: El caso de la cuenca del río Adra. Universidad de Almeira, España, 307 pp.

Casas-Andreu, G., F. R. Méndez-De la Cruz y Aguilar-Miguel X. 2004. Anfibios y reptiles. Pp: 375-390. *In*: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología,

UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza- World Wildlife Fund, México.

Castillo-R, J.C., D. Urmendez-M y G. Zambarano-G. 2015. Mortalidad de fauna por atropello vehicular en un sector de la vía Panamericana entre Popayán y Patía. Boletín científico, Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas 19 (2): 207-219.

Caviedes-Solis, I. W. 2009. Estudio herpetofaunístico del municipio de Pluma Hidalgo, Oaxaca, México. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

CCGAC (Cuerpos de Conservación Guanajuato Asociación Civil). 2004. MIA II-particular. Extracción de agregados pétreos: arena, grava, tierra lama y piedra bola sobre el lecho del río San Marcos en el municipio de San Miguel de Allende, Guanajuato. Consultado el 21 de octubre de 2013: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/gto/estudios/2008/11GU2008MD009.pdf>

CDEA (Commission on Development and Environment for Amazonia). 1992. Amazonia without myths. Publications Office of the IDB, 99 pp.

Ceccon, E. 2003. Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. Ciencia 73: 46-53.

Chao, A., R. L. Chazdon., R. K. Colwell y T. J. Shen. 2005. Un nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. Pp: 85-96. *In*: Halffter, G., J. Soberón., P. Koleff y A. Melic (eds.), Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. m3m–Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA)/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Grupo Diversitas México y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Zaragoza, España.

- Chehébar, C. 1990. Action plan for Latin American otters. Pp: 64-73. *In*: Foster-Turley, P., S. Macdonald y C. Mason (eds.), Otters. Action plan for their conservation. UICN, Gland, Suiza.
- Chelton, D. B., M. H. Freilich y S. K. Esbensen. 2000. Satellite observations of the wind jets off the Pacific Coast of Central America. Part I. Case studies and statistical characteristics. *Monthly Weather Review* 128:1993-2018.
- CIMAT (Centro de Investigación en Matemáticas A.C.). 2003. Programa Species Accumulation Functions. Version Beta.
- Colwell, R. K. 2009. Programa EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 8.2. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut, U. S. A. Consultado el 19 de diciembre de 2013: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 345: 101-118.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2014. Reporte del clima en México, reporte anual 2014. Consultado en 17 de marzo de 2018: <http://smn1.conagua.gob.mx/climatologia/analisis/reporte/Anual2014.pdf>
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2012. Informe de pobreza y evaluación en el estado de Oaxaca 2012. México, 66 pp.
- Cosson, J. F., S. Ringuet., O. Claessens., J. C. de Massary., A. Dalecky., J. F. Villiers., L. Granjon y J. M. Pons. 1999. Ecological changes in recent land-bridge islands in French Guiana, with emphasis on vertebrate communities. *Biological Conservation* 91: 213-222.
- Croonquist, M. J. y R. P. Brooks. 1993. Effects of habitat disturbance on bird communities in riparian corridors. *Soil Water Conservation*. 48: 65-70.

- Crooks, K. y M. Sanjayan. 2006. Connectivity conservation. Conservation Biology Books Series, Cambridge University Press, Cambridge, 695 pp.
- Daily G. C. 2001. Ecological forecasts. Nature 411: 245.
- De la Maza L. C. A. 2007. Evaluación de impactos ambientales. Pp: 579-609. *In*: Hernández J. P., De la Maza L. C. A., Estades C. M. Biodiversidad: Manejo y conservación de recursos forestales. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Driscoll, D. A. 2004. Extinction and outbreaks accompany fragmentation of a reptile community. Ecological applications 14: 220-240.
- Duellman, W. E. 2005. Cuzco Amazónico, the lives of amphibians and reptiles in an Amazonian rainforest. Comstock publishing associates, Cornell University Press, Ithaca y Londres. 433 pp.
- Etchepare, E. G., M. R. Ingaramo., E. Porcel y B. B. Álvarez. 2013. Diversidad de las comunidades de escamados en la Reserva Natural del Iberá, Corrientes, Argentina. Revista Mexicana de Biodiversidad 84: 1273-1283.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 34: 487-515.
- Ferriol, M. M y H. F. Merle. 2012. Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales. Universidad Politécnica de Valencia.
- Flores-Villela, O., F. Mendoza-Quijano y G. González-Porter. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" No. 10. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 285 pp.

- Fontúrbel, F. E. y J. A. Simonetti. 2011. Translocations and human-carnivore conflicts: problem solving or problem creating? *Wildlife Biology* 17: 217-224.
- Fredericksen, N. J. y T. S. Fredericksen. 2002. Terrestrial wildlife responses to logging and fire in a Bolivian tropical humid forest. *Biodiversity and Conservation* 11: 27-38.
- Galindo-González, J. 2007. Efectos de la fragmentación del paisaje sobre poblaciones de mamíferos; el caso de los murciélagos de los Tuxtlas, Veracruz. Pp: 97-114. *In: Sánchez-Rojas, G y A. Rojas-Martínez (eds.), Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos.* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- Gallina, T. S. 2011. Capítulo 12. Características y evaluación del hábitat. Pp: 280-316. *In: Gallina T. S. y G. C. López (eds.), Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I.* Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, (para adaptarlo a las regiones de la república mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 264 pp.
- García, A. y G. Ceballos. 1994. Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco, México. Fundación Ecológica de Cuixmala. Instituto de Biología, UNAM, México D.F.
- García, A. M. A. 1998. El Megaproyecto del Istmo de Tehuantepec: Globalización y deterioro socioambiental. Consultado el 01 de octubre de 2014: <http://wrm.org.uy/oldsite/paises/México/istmo.html>.
- García, A. y A. Cabrera-Reyes. 2008. Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s)* 24 (3): 91-115.

- Gardner, T. A., J. Barlow y C. A. Peres. 2007. Paradox, presumption and pitfalls in conservation biology: The importance of habitat change for amphibians and reptiles. *Biological Conservation* 138: 166-179.
- Gayoso, J. y S. Gayoso. 2003. Diseño de zonas ribereñas requerimiento de un ancho mínimo. Facultad de Ciencias forestales, Universidad Austral de Chile: 1-12.
- Germano, J. y Bishop, P. 2008. Suitability of amphibians and reptiles for translocation. *Conservation Biology* 23 (1): 7-15.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á. y López-Ríos, G. F. 2006. Ecología de las zonas ribereñas. *In: Universidad Autónoma de Chapingo. Revista Chapingo. Serie de ciencias forestales del ambiente*, 12 (1): 55-69
- Goldingay, R., G. Daly y F. Lemckert. 1996. Assessing the impacts of logging on reptiles and frogs in the montane forest of southern New South Wales. *Wildlife Research*, 23: 495-510.
- Gómez, M. E. 2005. Diagnóstico regional del Istmo de Tehuantepec. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores de Antropología Social, Unidad Istmo. Consultado el 13 de agosto de 2015: <https://salomonnahmad.files.wordpress.com/2012/02/11-istmo-de-tehuantepec.pdf>
- Gómez, M. J., I. Gutiérrez., T. Benjamín., F. Casanoves y F. DeClerck. 2011. Conservación y conocimiento local de la herpetofauna en un paisaje ganadero. *Agroforestería en las Américas*, 48: 65-75.
- Goode, M. 2007. *In: Majka, D., J. Jenness y P. Beier. 2007. Arizona Corridor Designer Toolbox Documentation.* Consultado el 14 de octubre de 2015: [athttp://corridordesign.org](http://corridordesign.org).

- Hammer, O., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. Programa PAST (Paleontological Statics software package for education and data analysis). *Paleontological electronica*, 4(1): 1-9.
- Hausammann, A. 2008. Faune et flore des zones alluviales. Pp. 155-174 *In*: Service conseil Zones alluviales Berne et Yverdon-les-Bain: Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2001-2008.
- Harvey, C. A., N. Tucker y A. Estrada. 2004. Live fences, isolated trees and windbreaks: Tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes. Pp. 261-289. *In*: Schroth, G., G. A. B. Fonseca., C. A. Harvey., C. Gascon., H. L. Vasconcelos y A. M. N. Izac (eds.), *Agro forestry and biodiversity conservation in tropical landscapes* Island press, Washington, D.C.
- Hofer, U. y L. F. Bersier. 2001. Herpetofaunal Diversity and Abundance in Tropical Upland Forest of Cameroon and Panama. *Biotropica*, 33:142-152.
- Hofer, U., L. Bersier y D. Borcard. 2000. Ecotones and gradients as determinants of herpetofaunal community structure in the primary forest of Mount Kupe, Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*, 16: 517-533.
- Holm, S. 1979. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6: 65-70.
- Horváth, A., R. Vidal y R. Sarmiento. 2001. Los mamíferos del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 5: 6-26.
- ICES (Internacional Council for the Exploration of the Sea). 2003. Orientaciones de ICES para la gestión de sedimentos marinos. Grupo de Trabajo sobre efectos de la extracción de sedimentos marinos en el ecosistema marino (WGEXT) y Ministerio de Medio Ambiente. España.

- Iuell, B., G. J. Bekker., R. Cuperus., J. Dufek., G. Fry., C. Hicks., V. Hlavác., V. Keller., C. Rossel., T. Sangwine., N. Torsolov y B. Le Maire. 2005. Fauna y tráfico: Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. España. 166 pp.
- Jellinek, S., D. A. Driscoll y J. B. Kirkpatrick. 2004. Environmental and vegetation variables have a greater influence than habitat fragmentation in structuring lizard communities in remnant urban bushland. *Austral Ecology*, 29: 294-304.
- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8: 151-161.
- Jiménez-Velázquez, G. 2013. Estructura y composición de la herpetofauna asociada a humedales en un paisaje urbano-agrícola del Eje Neovolcánico. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.
- Jones, K. 1986. Amphibians and reptiles. Pp: 267-290. *In*: Cooperrider, A. Y., R. J. Boyd y H. R. Stuart (eds.), *Inventory and Monitoring of Wildlife Habitat*. U. S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, Service Center, Denver, Colorado.
- Jose, S., A. R. Gillespie., S. J. George y B. M. Kumar. 1996. Vegetation responses along edge-to-interior gradients in a high altitude tropical forest in peninsular India. *Forest Ecology and Management* 87: 5 1-62.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113: 363-375.
- Jost, L y J. A. González-Oreja. 2012. Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta zoologica lilloana*, 56 (1-2): 3-14.
- Köhler, G. 2003. *Reptiles of Central America*. Herpeton Verlag. Offenbach, Germany, 367 pp.

- Köhler, G. y C. R. Hasbun. 2001. A new species of spiny-tailed iguana from Mexico formerly referred to *Ctenosaura quinquecarinata* (Gray, 1842) (Reptilia, Squamata, Iguanidae). *Senckenbergiana Biologica* 81: 257-267.
- Lalangui, R. J. P. 2013. Insuficiencia normativa para regular las concesiones mineras para la explotación de materiales áridos y pétreos que se encuentran en los lechos de los ríos, a fin de controlar la afectación del medio ambiente y su entorno. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Lanser, A. 2014. Great Predators. Boa constrictor. ABDO Publishing Company. Minnesota. United States of America. 48 pp.
- Lazcano-Barrero, M. A., E. Góngora-Arones, y R. C. Vogt. 1992. Anfibios y Reptiles de la Selva Lacandona. *In: Vásquez-Sánchez, M. A. y M. A. Ramos (eds.), Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su Conservación. Ecosfera*, 1:145-171.
- Leighton, M. y D. R. Leighton. 1983. Vertebrate responses to fruiting seasonality within a Bornean rain forest. Pp. 181-195. *In: Sutton, S. L., Withmore, T. C., and A. C. Chadwick (eds.), Tropical rain forest: ecology and management. Special Publication, No. 2. British Ecological Society. Blackwell Scientific Publications. Oxford.*
- Lemos-Espinal, J. A. y H. M. Smith. 2007. Anfibios y Reptiles del Estado de Chihuahua, México/Amphibians and Reptiles of the State of Chihuahua, México.
- LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente). 2012. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Nueva ley publicada en el Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988, última reforma publicada el 04 de junio de 2012.

- Lima, A. P., F. I. O. Suárez y N. Higuchi. 2001. The effects of selective logging on the lizards *Kentropyx calcarata*, *Ameiva*, and *Mabuya nigropunctata*. *Amphibia-Reptilia*, 2001: 1-8.
- Lister, B. y A. García. 1992. Seasonality, predation and behavior of a mainland anole. *Journal Animal Ecology*. 61: 717-733.
- López, J. A., C. Lorenzo., F. Barragán y J. Bolaños. 2009. Mamíferos terrestres de la zona lagunar del istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80 (2): 491-505.
- Luiselli, L. y D. Capizzi. 1997. Influences of area, isolation and habitat features on distribution of snakes in Mediterranean fragmented woodlands. *Biodiversity and Conservation*, 6: 1339-1351.
- Lund, T. 1995. A brief history of wildlife policy in the United States. Pp: 340-342, In: J. A. Bissonette y P. A. Krausman (eds.). *Integrating people and wildlife for a sustainable future*. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland.
- Mac Nally, R. y G. Brown. 2001. Reptiles and habitat fragmentation in the box-ironbark forests of central Victoria, Australia: predictions, compositional change and faunal nestedness. *Oecologia*, 128: 116-125.
- Macip-Ríos, R. y Muñoz-Alonso. 2008. Diversidad de lagartijas en cafetales y bosque primario en el Soconusco chiapaneco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 185-195.
- Madrid, S. C. A. 2008. Ecología espacial de *Oxybelis aeneus* en el bosque tropical caducifolio de Chamela, Jalisco, México. Tesis Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Madrid, S. C. A. 2005. Contribución a la historia natural de *Oxybelis aeneus* y su importancia en centros de divulgación científica. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.

- Magno-Benítez, I., A. Ramírez-Bautista y R. Cruz-Elizalde. 2016. Diversidad de especies de anfibios y reptiles en dos ambientes, natural y antropizado en el estado de Hidalgo, México. Pp: 97-106. *In*: Ramírez-Bautista, A. y R. Pineda-López (eds.), Fauna Nativa en Ambientes Antropizados. CONACYTUAQ. Querétaro, México.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Oxford. 257 pp.
- Malavoi, J. R. y J. P. Bravard. 2010. Eléments d'hydromorphologie fluviale. Office National de L'eau et des Milieux Aquatiques, Francia, 224 pp.
- Manci, K. M., D. N. Gladwin., R. Villella y M. G. Cavendish. 1988. Effects of aircraft noise and sonic booms on domestic animals and wildlife: a literature synthesis. U. S. Fish and Wild. Serv. National Ecology Research Center, Ft. Collins, Colorado, 88 pp.
- Manzanilla, J. y J. E. Péfaur. 2000. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles. Revista de Ecología Latino-Americana, 7 (1-2): 17-30.
- Mañosa, S. y S. Herrando. 2002. Propuesta de ubicación de áreas mínimas de protección para aves esteparias en la depresión del Ebro Catalana. Departamento de Biología Animal, Universidad de Barcelona. Instituto Catalán de Ornitología. Barcelona, España, 69 pp.
- Marczak, L. B., T. Sakamaki., S. Turvey., I. Deguise., S. L. R Wood y J. Richardson. 2010. Are forested buffers an effective conservation strategy for riparian fauna? An assessment using meta-analysis. Ecological Applications, 20 (1): 126-134.

- Marsh, D. M. y P. B. Pearman. 1997. Effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of Leptodactylid frogs in an Andean montane forest. *Conservation Biology*, 11: 1323-1328.
- Martín-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-Salazar, M. 2011. Herpetofauna de la cuenca baja del río verde, Oaxaca, México. Tesis de licenciatura, Universidad del Mar, Puerto Escondido, Oaxaca.
- Mathies, T. 2011. Reproductive cycles of tropical snakes. Pp: 511-550. *In*: R. Aldridge y D. M. Severe (eds.), *Reproductive biology and phylogeny of snakes*. Volume IX. USA: Science Publisher. The University of Queensland, Australia.
- McAleece, N., J. D. G. Gage., P. J. D. Lamshead y G. L. J Paterson. 1997. BioDiversity Professional statistics analysis software. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- Meave, J y J. Carabias. 2005. *Ecología y Medio Ambiente*. Pearson. Prentice Hall, México, 187 pp.
- Meave, J. A., M. A. Romero-Romero., S. H. Salas-Morales., E. A. Pérez-García y J. A. Gallardo-Cruz. 2012. Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas*, 21 (1-2): 85-100.
- Medem, F. 1996. Contribuciones al conocimiento sobre la ecología y distribución geográfica de *Phynops dahlí* (Batrachemys); (Testudinata, Pleurodira, Chelidae). *Caldasia*, 9(45): 467-489.

- Meixuero N. G. 2006. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública Medio ambiente. Consultado el 9 de mayo de 2016: http://archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Eje_tematico/medio%20ambiente.htm
- Miller, K., E. Chang y N. Johnson. 2001. En busca de un enfoque común para el Corredor Biológico Mesoamericano. World Resources Institute. Consultado el 25 de mayo de 2016: http://pdf.wri.org/mesoamerica_spanish.pdf.
- Mittermeier, R., J. L. Carr., I. R. Swingland., T. B. Werner y R. B. Mast. 1992. Conservation of amphibians and reptiles. Pp: 59-80. *In*: Adler, K. (ed.), Herpetology: Current research on the biology of amphibians and reptiles. Proceedings of the First World Congress of Herpetology. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Oxford, Ohio.
- Morales-Mávil, J. E., R. C. Vogt y H. Gadsden-Esparza. 2007. Desplazamientos de la iguana verde, *Iguana iguana* (Squamata: Iguanidae) durante la estación seca en La Palma, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*. 55 (2): 709-715.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. MyT–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, España, 84 pp.
- Moreno, C. E., F. Barragán., E. Pineda y P. N. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1249-1261.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos y análisis en Ecología Vegetal. Proyección de Manejo Forestal sustentable BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia, 92 pp.

- Morton, S. R. 1993. Determinants of Diversity in Animal Communities of Arid Australia, Species Diversity in Ecological Communities. University of Chicago. Chicago.
- Muñoz, A., A. Horváth., R. Vidal., R. Percino., E. González y V. Larrañaga. 2000. Efectos de la fragmentación del hábitat sobre la diversidad de la Reserva de la Biosfera El triunfo. Informe final para el Sistema de Investigación Regional Benito Juárez –CONACYT- The Nature Conservancy. El Colegio de la frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, 77 pp.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends in Ecology and Evolution, 10: 58-62.
- Naiman, R. J., H. Decamps y M. E. McClain. 2005. Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. Elsevier Academic Press, San Diego, California, USA. 430 pp.
- National research council. 2002. Riparian Areas: Functions and Strategies for Management Committee on Riparian Zone Functioning and Strategies for Management, Water Science and Technology Board, National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C. 444 pp.
- Nemes, S., M. Vogrin., T. Hartel y K. Öllerer. 2006. Habitat selection at the sand lizard (*Lacerta agilis*): ontogenetic shifts. North-Western J. Zoology, 2 (1): 17-26.
- Ojasti, J. y F. Dallmeier. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. SI/MAB Series 5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington D. C.
- Oksanen, F. J., G. Blanchet., R. Kindt, P. Legendre., P. R. Minchin., R. B. O'Hara., G. L. Simpson., P. Solymos, M. H. H. Stevens y H. Wagner. 2015. Vegan: Community Ecology Package. Versión 2.3-0.

- OMM-GWP. 2006. Aspects écologiques de la gestion intégrée des crues. Document technique APFM N° 3, Collection Politique de gestion des crues, OMM-N°1009. Ginebra, Suiza. 98 pp.
- Orea-Gadea, J. 2010. Efecto de plantaciones mixtas sobre la diversidad herpetofaunística en la selva baja caducifolia de Sierra de Huautla, Morelos. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Pavimentos de la laguna, S. A. de C. V. 2006. MIA III-particular. Banco de extracción las Mulas. Pavimentos de la laguna S. A. de C. V. Consultado el 29 de octubre de 2013: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/sin/estudios/2006/25SI2006HD022.pdf>
- Pedroza, B. R. y S. T. Angarita. 2011. Herpetofauna de los humedales. La Bolsa y Charco de Oro, Andalucía, Valle del Cauca, Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, 135: 243-260.
- Pérez-Higareda, G., M. A. López-Luna, y H. M. Smith. 2007. Serpientes de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México. Guía de identificación ilustrada. Universidad nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México, D. F. 189 pp.
- Pérez-Ramos, E. 2005. Distribución ecológica actual de los reptiles de Guerrero: Un análisis biogeográfico preliminar. Tesis de Maestría, UNAM, México. D. F.
- Pineda, E. y G. Halffter. 2004. Species diversity and habitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in México. Biological conservation, 117: 499-508.
- Ponce, C. V. M., W. R. Z. Castillo., C. F. R. Venegas., A. T. Gaona., C. R. O. García., B. J. I. Sepúlveda y V. G. Arámburo. 2000. Valle de Ojos Negros: Resumen Interdisciplinario. Universidad Autónoma de Baja California.

Consultado el 15 de enero de 2014:
http://tresproblemas.sdsu.edu/tres_problemas_arenas01.html.

Primack, R. 2002. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, U.S.A, 601 pp.

Ramírez-Bautista, A. 2004. Diversidad de estrategias reproductivas en un ensamble de lagartijas de una región tropical estacional de las costas del Pacífico de México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*. 12(1): 7-16.

Rand, A. S., E. Font., D. Ramos., D. I. Werner y B. C. Bock. 1989. Home range in green iguanas (*Iguana iguana*) in Panamá. *Copeia*: 217-221.

Rangel-Ch, J. O., y A. Velázquez, 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Pp: 59-87, In: Rangel-Ch, J. O., P. Lowy-C, M. Aguilar-P. (eds.), *Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM)-Ministerio del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC.U.N, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, Colombia.

R Core Team. 2014. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.

Rea Consultores Ambientales. 2012. Plan de manejo preventivo de reptiles. Proyecto Aura Solar. Consultado el 20 de mayo de 2014: [http://ifcext.ifc.org/ifcext/spiwebsite1.nsf/0/0D3F203C39D1ACC185257B0C0057C6B3/\\$File/Aura%20Solar%20-%20%20Plan%20de%20manejo%20preventivo%20de%20reptiles.pdf](http://ifcext.ifc.org/ifcext/spiwebsite1.nsf/0/0D3F203C39D1ACC185257B0C0057C6B3/$File/Aura%20Solar%20-%20%20Plan%20de%20manejo%20preventivo%20de%20reptiles.pdf)

- Reynoso-Rosales, V. H., F. Mendoza-Quijano, C. S. Valdespino-Torres y X. Sánchez-Hernández. 2005. Anfibios y reptiles. Pp: 241-260. *In*: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (eds.), Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México D. F.
- Rioja-Paradela, T., A. Carrillo-Reyes., G. Castañeda y S. López. 2013. Diversidad herpetofaunística al norte de la laguna inferior, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 29 (3): 574-595.
- Rueda-Almonacid, J. V. 1999. Anfibios y reptiles amenazados de extinción en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23 (Suplemento especial): 475-498.
- Saldías, A. A., B. J. Torreblanca y O. J. Torrejón. 2001. Convenio MOP-MINVU-C. Ch. C. Industria del árido en Chile tomo I. Sistematización de antecedentes técnicos y ambientales. Propiedad intelectual compartida por el Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo y la Cámara Chilena de la Construcción, 316 pp.
- Sánchez, O. 2011. Conservación y manejo de anfibios y reptiles: métodos y técnicas. Pp: 139-162. *In*: Sánchez O., M. C. Donovarro-Aguilar y J. E Sosa-Escalante (eds.), Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F.
- Santos, T y Tellería J. L. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*. 15 (2): 3-12.
- Savage, J. M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between two Continents, between two Seas*. The University of Chicago Press, Chicago, USA. 934 pp.
- SCDB (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Comisión Holandesa para Evaluación Ambiental). 2006. Cuaderno Técnico CDB No.

26 la diversidad biológica en las evaluaciones de impacto. Documento de antecedentes de la Decisión VII/28 del Convenio sobre la Diversidad Biológica: Directrices voluntarias sobre evaluaciones de impacto, incluida la diversidad biológica, Montreal, Canadá, 90 pp.

Schlaepfer, M. A. y T. A. Gavin. 2001. Edge effects on lizards and frogs in tropical forest fragments. *Conservation Biology*, 15: 1079-1090.

Seigel, R. A. y J. T. Collins .1993. *Snakes: Ecology and Behavior*. McGraw Hill, NY. US.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 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. Diario oficial de la federación, segunda edición, diciembre de 2010.

SIAR (Sistema de información Ambiental Regional). 2012. Impacto socio ambiental de la minería aluvial en la región de Loreto. Iquitos. Gobierno Regional de Loreto. Perú. Consultado el 15 de enero de 2014: <http://siar.regionloreto.gob.pe/public/docs/773.pdf>.

Soberón, M. J. y J. B Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7 (3): 480-488.

Solís-Zurita, C. 2009. Estructura de la herpetofauna y su relación con variables ambientales en Villahermosa, Tabasco. Tesis de licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.

Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz y M. Martínez-Ramos. 2008. Effects of conversion of dry tropical forest to agricultural mosaic on herpetofaunal assemblages. *Conservation Biology*, 22(2): 362-374.

- Suazo-Ortuño. 2009. Efectos de la conservación del bosque tropical caducifolio a mosaicos agrícolas sobre ensamblajes herpetofaunísticos. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sullivan, B. K., Nowak, E. M. y Kwiatkowski, M. A. 2014. Problems with mitigation translocation of herpetofauna. *Conservation Biology* 17:217-224.
- Tellería J. L., J. A. Díaz., J. Pérez-Tris y T. Santos. 2011. Fragmentación de hábitat y biodiversidad en las mesetas ibéricas: una perspectiva a largo plazo. *Ecosistemas* 20 (2): 79-90.
- Ter-Braak, C. J. F. 1987. The analysis of vegetation-environment relationship by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, 69: 69-77.
- Torres –Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. Pp: 105-117. In: García-Mendoza A. J., M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México
- Torres-Mura, J. C., E. Riveros-Riffo y V. Escobar-Gimpel, V. 2014. Guía técnica para implementar medidas de rescate/relocalización y perturbación controlada. *Sistema Agrícola Ganadero. Sistema de Evaluación e Impacto Ambiental*. Gobierno de Chile, 44 pp.
- Townsend, A. P., L. Canseco-Márquez., J. L. Contreras-Jiménez., G. Escalona-Segura., O. Flores-Villela., J. García-López., B. Hernández-Baños., C. A. R. Jiménez., L. León-Paniagua., S. A. Mendoza., A. G. Navarro-Sigüenza., V. Sánchez-Cordero y D. E. Willard. 2004. A preliminary Biological survey of Cerro Piedra Larga, Oaxaca, México: birds, mammals, reptiles, amphibians, and plants. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónomas de México, serie Zoología*, 75 (2):439-466
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2015. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2015. 1.

- Urbina-Cardona, J. N. y V. H. Reynoso. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en la Reserva de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Pp: 191-208. *In*: Halffter G. J, Soberón P, Koleff L, Melic A, editores. Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Editorial Monografías Tercer Milenio. Zaragoza, España.
- Urbina-Cardona, J. N. 2008. Conservation of Neotropical Herpetofauna: Research Trends and Challenges. *Tropical Conservation Science*, 1 (4):359-375.
- Valderrama, C. E. 1992. La actividad minera en la Amazonia colombiana. Pp: 282-300. *In*: Andrade G. I., A. Hurtado y R. Torres (eds.), Amazonia colombiana: Diversidad y conflicto. Colciencias, CONIA y CEGA, Santafé de Bogotá.
- Vallan, D. 2000. Influence of forest fragmentation on amphibian diversity in the nature reserve of Ambohitantely, highland Madagascar. *Biological Conservation*, 96: 31-43.
- Vallan, D. 2002. Effects of anthropogenic environmental changes on amphibian diversity in the rainforests of eastern Madagascar. *Journal of Tropical Ecology*, 18: 725-742.
- Vázquez, D. J. y G. E. D. Quintero. 2005. Anfibios y reptiles de Aguascalientes. 2da ed. CONABIO y CIEMA, A.C. México. 318 pp.
- Verea, C., D. Fernández-Badillo y A. Solórzano. 2000. Variación en la composición de las comunidades de aves de sotobosque de dos bosques en el norte de Venezuela. *Ornitología Neotropical*, 11: 65-79.
- Vitt, L. J., T. C. Avila-Pires., J. P. Caldwell y V. R. L. Oliveira. 1998. The impact of individual tree harvesting on thermal environments of lizards in Amazonian rain forest. *Conservation Biology*, 12: 654-664.
- Villavicencio, J., J. C. Acosta., M. C. Cánovas y J. A. Marinero. 2002. Patrones de actividad diaria y estacional de *Liolaemus pseudoaniomalus* (Squamata: Tropiduridae) en el centro-oeste de Argentina. *Multequina* (11): 51-60.

Whitfield, S. M. y M. A., Donnelly, 2006. Ontogenetic and seasonal variation in the diets of a Costa Rican leaf-litter herpetofauna. *Journal of Tropical Ecology*, 22: 409-417.

William-Linera, G., V. Domínguez-Gastelú y M. E. García-Zurita. 1998. Microenvironment and floristic of different edges in a fragmented tropical rainforest. *Conservation Biology* 12, 1091-1102.

Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Tercera edición. Prentice Hall. New Jersey, 988 pp.

XII. ANEXOS

Anexo I. Formato de entrevistas dirigidas a los comuneros de Santa Cruz Tagolaba.

CUESTIONARIO 1. COMUNEROS UNIVERSIDAD DEL MAR CAMPUS PUERTO ESCONDIDO MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO DE FAUNA SILVESTRE

Instrucciones:

Por favor lea cada una de las siguientes preguntas y escriba su respuesta sobre la línea: subraye o marque su respuesta con una X al interior de los paréntesis (X).

I. INFORMACIÓN GENERAL

1. Nombre (opcional): _____
2. Lugar de nacimiento: _____
3. Edad:_____ Género: Hombre_____ Mujer_____
4. ¿A qué se dedica?_____
5. ¿Cuántos años tiene viviendo en esta comunidad?_____

II. RECURSOS NO BIOLÓGICOS.

6. ¿Cada cuánto visita el río?_____
7. ¿Qué materiales del río aprovecha?
 - a) Suelo
 - b) Grava
 - c) Arena
 - d) Piedra bola
 - e) Agua
 - f) Ninguno
8. ¿Considera importante mantener el río limpio?
Sí () No ()
9. ¿Considera importante cuidar los materiales del río (suelo, grava, arena, piedra)?
Sí () No ()
10. ¿Considera importante cuidar el aire? Sí () No ()

III. RECURSOS BIOLÓGICOS

11. ¿Considera importante cuidar a los animales silvestres? ¿Por qué?

12. ¿Qué simbolizan los animales silvestres para usted?

13. ¿Cuida o protege a los animales silvestres? ¿Cómo?

14. ¿Qué animales del río caza y que uso les da?

15. ¿Cuántos animales caza al año?

16. ¿En qué fechas caza?_____

IV. HÁBITAT DE ANIMALES SILVESTRES

17. ¿Considera importante cuidar los arboles?

Si () No ()

18. ¿Hace uso de los árboles?

Si () No () ¿Que uso le da?_____

19. ¿Qué arboles utiliza y para que los utiliza?

20. ¿Considera importante cuidar las hierbas y pastos del río?

21. ¿Hace uso de hierbas y pastos del rio?

Si () No () ¿Que uso les da?_____

V. USO Y APROVECHAMIENTO DE REPTILES

22. ¿Qué uso le da a los siguientes animales?

a) Serpientes venenosas_____

b) Serpientes no venenosas_____

c) Iguanas_____

d) Lagartijas_____

- e) Tortugas _____
- f) Otros reptiles _____

23. ¿Qué partes de los animales silvestres aprovecha?

- | | | | | |
|------------------------|--------|--------|-----------------|-------|
| a) Cuero | Sí () | No () | ¿De qué animal? | _____ |
| b) Huesos | Sí () | No () | ¿De qué animal? | _____ |
| c) Carne | Sí () | No () | ¿De qué animal? | _____ |
| d) Dientes o colmillos | Sí () | No () | ¿De qué animal? | _____ |
| e) Huevos | Sí () | No () | ¿De qué animal? | _____ |
| f) Caparazón | Sí () | No () | ¿De qué animal? | _____ |

24. ¿Qué hace con los siguientes animales cuando se los encuentra en el río?

- a) **Serpientes venenosas:**
 - i) Las ignoro ii) Las mato iii) Las ahuyento iv) Las capturo
- b) **Serpientes no venenosas:**
 - i) Las ignoro ii) Las mato iii) Las ahuyento iv) Las capturo
- c) **Iguanas:**
 - i) Las ignoro ii) Las mato iii) Las ahuyento iv) Las capturo
- d) **Lagartijas:**
 - i) Las ignoro ii) Las mato iii) Las ahuyento iv) Las capturo
- e) **Tortugas:**
 - i) Las ignoro ii) Las mato iii) Las ahuyento iv) Las capturo

25. ¿En dónde es común encontrar a los siguientes animales?

- a) Serpientes venenosas _____
- b) Serpientes no venenosas _____
- c) Iguanas _____
- d) Lagartijas _____
- e) Tortugas _____

25. ¿En qué temporada es común encontrar u observar a los siguientes animales?

- | | | |
|----------------|-------------------------|--------------------|
| a) Serpientes: | Temporada de lluvia () | Temporada seca () |
| b) Iguanas: | Temporada de lluvia () | Temporada seca () |
| c) Lagartijas: | Temporada de lluvia () | Temporada seca () |
| d) Tortugas: | Temporada de lluvia () | Temporada seca () |

26. ¿Qué serpientes son más comunes de encontrar en el río?

27. ¿Qué lagartijas son más comunes encontrar en el río?

28. ¿Qué iguanas son más comunes encontrar en el río?

29. ¿Qué tortugas son más comunes de encontrar en el río?

30. ¿Qué simbolizan para usted los reptiles?

Anexo II. Formato de entrevista dirigida a trabajadores involucrados en el proyecto de aprovechamiento de material aluvial.

**CUESTIONARIO 2 TRABAJADORES O MAQUINISTAS
UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO
MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO DE FAUNA SILVESTRE**

Instrucciones:

Por favor lea cada una de las siguientes preguntas y escriba su respuesta sobre la línea: subraye o marque su respuesta con una X al interior de los paréntesis (X).

I. INFORMACIÓN GENERAL

1. Nombre (opcional): _____
2. Lugar de nacimiento: _____
3. Edad____ Género: Hombre () Mujer ()
4. Cargo que ocupa en la gravera: _____
5. ¿Cuántos años tiene trabajando en la gravera? _____
6. ¿Considera importante cuidar a los animales silvestres?

7. ¿Cómo cuida o protege a los animales silvestres?

8. ¿Qué animales silvestres observa en su área de trabajo?

9. ¿Qué hace con los siguientes animales cuando se los encuentra en su área de trabajo?
 - a) **Serpientes venenosas:**
i) Las ignoro ii) Las mato iii) Las ahuyento iv) Las capturo
 - b) **Serpientes no venenosas:**
i) Las ignoro ii) Las mato iii) Las ahuyento iv) Las capturo
 - c) **Iguanas:**
i) Las ignoro ii) Las mato iii) Las ahuyento iv) Las capturo
 - d) **Lagartijas:**
i) Las ignoro ii) Las mato iii) Las ahuyento iv) Las capturo
 - e) **Tortugas:**
i) Las ignoro ii) Las mato iii) Las ahuyento iv) Las capturo

10. ¿Con que frecuencia encuentra serpientes en su área de trabajo?

- a) Nunca ()
- b) 1 o más por día ()
- c) 1 o más por semana ()
- d) 1 o más cada 15 días ()
- e) 1 o más por mes ()

11. ¿Con que frecuencia se encuentra con iguanas en su área de trabajo?

- a) Nunca ()
- b) 1 o más por día ()
- c) 1 o más por semana ()
- d) 1 o más cada 15 días ()
- e) 1 o más por mes ()

12. ¿Con que frecuencia se encuentra con tortugas en su área de trabajo?

- a) Nunca ()
- b) 1 o más por día ()
- c) 1 o más por semana ()
- d) 1 o más cada 15 días ()
- e) 1 o más por mes ()

13. ¿Con que frecuencia se encuentra con lagartijas en su área de trabajo?

- a) Nunca ()
- b) 1 o más por día ()
- c) 1 o más por semana ()
- d) 1 o más cada 15 días ()
- e) 1 o más por mes ()

14. ¿Qué animales aprovecha dentro del área de trabajo?

15. ¿Qué uso les da?

16. ¿Los animales silvestres le causan problemas en su trabajo?

No () Si () ¿Cuál? _____

17. ¿Qué simbolizan los siguientes animales para usted?

- a) Serpientes venenosas _____
- b) Serpientes no venenosas _____
- c) tortugas _____
- d) lagartijas _____
- e) iguanas _____

18. ¿En qué lugar de su área de trabajo es más común observar los siguientes animales?

- a) Serpientes venenosas _____
- c) Serpientes no venenosas _____
- b) tortugas _____
- d) lagartijas _____
- e) iguanas _____

19. ¿Cuál es su reacción cuando un animal cruza en la labor que está realizando?

- a) Miedo ()
- b) Distracción ()
- c) Superstición ()
- d) Obstrucción o estorbo ()

Anexo III. Matriz de identificación de impactos ambientales en los sitios de extracción

A. Características Físicas y Químicas		
Área de incidencia		Impactos identificados y potenciales
Materiales de construcción	Material aluvial	Extracción excesiva de material aluvial
Suelo	Erosión	Eliminación del suelo
		Erosión eólica a causa de la eliminación de la vegetación
Agua	Superficiales	Modificación del cauce del río
		Contaminación por residuos sólidos (basura)
		Contaminación por residuos líquidos (aceites y combustible)
	Subterráneas	Contaminación de los mantos friáticos
Atmósfera	Calidad	Exposición del nivel friático por exceso de extracción
		Generación de emisiones por mal funcionamiento de maquinaria
		Generación de nubes polvo
Procesos	Inundaciones	Ruido y vibraciones
		Inundaciones a causa de la modificación del cause
	Erosión	Erosión por exceso de extracción
		Erosión de los taludes de extracción
Estabilidad	Inestabilidad de los taludes	
B. Condiciones Biológicas		
Área de incidencia		Impactos identificados y potenciales
Flora	Arboles	Tala de árboles en actividades de limpieza
		Tala de árboles para la elaboración de carbón
	Arbustos	Eliminación de arbustos
	Hierbas	Eliminación de hierbas
	Plantas acuáticas	Eliminación de plantas acuáticas
	Corredores	Eliminación de corredores
Continuidad de los corredores		
Fauna	Animales terrestres y acuáticos	Eliminación de hábitat
		Atropellos a causa del tráfico de vehículos
		Modificación de las condiciones microclimáticas
		Disminución en la riqueza y diversidad
		Reducción de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010
		Incremento de especies generalistas
		Cacería en épocas reproductivas
		Matanza de serpientes
		Contaminación del agua
Pesca		

C. Factores culturales		
Área de incidencia		Impactos identificados y potenciales
Usos del territorio	Espacios abiertos	Aumento de espacios abiertos
	Agricultura	Disminución de áreas para la agricultura
	Minas y canteras	Aumento de las áreas impactadas por la extracción de material aluvial
Recreativos	Caza	Incremento en la cacería por parte de los trabajadores
	Pesca	Reducción en la pesca
	Zonas de recreo	Impacto al paisaje natural y zonas de recreación
D. Infraestructura y servicios		
Área de incidencia		Impactos identificados y potenciales
Infraestructura	Carreteras	Asfaltado de los caminos de acceso
		Incremento en la apertura de caminos de acceso
	Edificios	Construcciones en los sitios de extracción
E. Relaciones ecológicas		
Área de incidencia		Impactos identificados y potenciales
Interacciones ecológicas	Cadenas alimentarias	Modificación en la cadena alimenticia al eliminar las plantas
		Incremento de especies oportunistas

Anexo IV. Datos proyectados por el programa R al realizar el análisis de correlación canónica (CCA).

Tabla A1. Autovalores (eigenvalues) y su contribución al coeficiente de contingencia del cuadrado medio.

	Inercia	Proporción	Rango
Total	0.765	1	
Restringido	0.765	1	11
Sin restricciones	0	0	0

Tabla A2. Autovalores limitados acumulados

Ejes	Autovalor	Proporción explicada	Proporción acumulada
CCA1	0.25	0.33	0.33
CCA2	0.14	0.19	0.52
CCA3	0.13	0.16	0.68
CCA4	0.07	0.09	0.77
CCA5	0.06	0.07	0.85
CCA6	0.04	0.05	0.90
CCA7	0.04	0.05	0.94
CCA8	0.03	0.03	0.98
CCA9	0.01	0.01	0.99
CCA10	0.01	0.01	1.00
CCA11	0.00	0.00	1

* Las especies se escalan proporcionalmente a los autovalores

* Los sitios son sin escala: dispersión ponderada igual en todas las dimensiones

Tabla A3.Puntajes de especies

Clave	Nombre científico	CCA1	CCA2	CCA3	CCA4	CCA5	CCA6
Adep	<i>Aspidoscelis deppei</i>	-0.034	0.080	-0.173	-0.043	-0.039	-0.028
Agut	<i>Aspidoscelis guttata</i>	-0.006	-0.429	-0.450	2.238	-0.420	1.040
Aist	<i>Anolis isthmicus</i>	-0.213	0.418	-0.700	-0.073	0.044	-0.381
Alem	<i>Anolis lemuringus</i>	0.065	0.878	1.500	-1.117	-3.500	1.016
Amex	<i>Aspidoscelis mexicanus</i>	-0.867	-0.222	-0.401	1.405	-0.139	0.886
Amot	<i>Aspidoscelis motaguae</i>	-0.371	0.200	-0.563	-0.087	0.172	0.132
Aser	<i>Anolis sericeus</i>	1.035	1.202	0.857	-0.070	0.359	0.080
Aund	<i>Holocosus undulatus</i>	-0.592	-0.049	0.015	0.105	0.241	-0.072
Bcon	<i>Boa constrictor</i>	0.323	-0.687	-0.480	3.022	-0.658	1.427
Bvit	<i>Basiliscus vittatus</i>	-0.959	-0.289	0.744	0.018	0.025	-0.067
Cele	<i>Coleonyx elegans</i>	1.634	1.525	1.352	-0.071	0.403	0.254
Coax	<i>Ctenosaura oaxacana</i>	1.750	-2.484	-0.055	-0.962	-0.091	-0.357
Cpec	<i>Ctenosaura pectinata</i>	-0.275	-0.574	-0.239	-0.959	0.619	1.123
Dmar	<i>Drymobius margaritiferus</i>	0.323	-0.687	-0.480	3.022	-0.658	1.427
Hfre	<i>Hemidactylus frenatus</i>	0.519	-0.941	0.406	0.075	0.133	0.082
Igu	<i>Iguana iguana</i>	-0.839	-0.222	-0.249	-1.205	1.183	2.427
Ldip	<i>Leptophis diplotropis</i>	0.310	-1.464	-0.023	-1.271	0.770	1.508
Mbra	<i>Mabuya brachypoda</i>	1.750	-2.484	-0.055	-0.962	-0.091	-0.357
Mmen	<i>Masticophis mentovarius</i>	0.036	0.444	-1.021	-0.078	-0.161	-0.408
Oful	<i>Oxybelis fulgidus</i>	1.750	-2.484	-0.055	-0.962	-0.091	-0.357
Oaen	<i>Oxybelis aeneus</i>	0.036	0.444	-1.021	-0.078	-0.161	-0.408
Sedw	<i>Sceloporus edwardtaylori</i>	0.280	-0.454	-0.001	0.808	-0.112	0.075
Slem	<i>Salvadora lemniscata</i>	-0.797	-0.025	-0.186	-0.824	0.940	1.509
Ssin	<i>Sceloporus siniferus</i>	0.904	0.630	0.600	0.100	0.203	0.036
Svar	<i>Sceloporus variabilis</i>	-0.016	-0.094	-0.460	0.520	-0.104	-0.023
Tbis	<i>Trimorphodon biscutatus</i>	1.634	1.525	1.352	-0.071	0.403	0.254
Ubic	<i>Urosaurus bicarinatus</i>	1.157	-0.948	0.072	-0.156	-0.048	-0.063

Tabla A4. Puntajes de sitios (promedios ponderados de las puntuaciones de sitios)

Sitios	CCA1	CCA2	CCA3	CCA4	CCA5	CCA6
VegLL1	-0.3905	-0.7125	1.3542	0.9500	0.2352	-0.4507
VegLL2	0.3228	-0.6865	-0.4803	3.0222	-0.6576	1.4274
VegLL3	1.7505	-2.4840	-0.0545	-0.9621	-0.0909	-0.3566
VegS1	-0.4628	0.3928	-0.3795	-0.0672	0.2486	-0.3542
VegS2	0.0361	0.4438	-1.0211	-0.0781	-0.1614	-0.4077
VegS3	1.6340	1.5252	1.3518	-0.0709	0.4030	0.2538
ExtLL1	-0.5951	0.0637	-0.6210	-0.3681	0.0682	-0.8595
ExtLL2	-1.1308	-0.4434	0.0079	-1.5804	1.6310	3.3722
ExtLL3	-0.8675	-0.2217	-0.4006	1.4052	-0.1392	0.8861
ExtS1	-0.3990	0.1055	-0.7791	-0.6049	-0.3232	-0.4169
ExtS2	-2.3398	-0.9228	2.6407	0.1365	0.5999	-1.4328
ExtS3	-0.9809	0.4467	1.5994	-1.8136	-6.1022	1.5234

Tabla A5. Puntuaciones de biplot para las variables restrictivas

Clave	Factor del hábitat	CCA1	CCA2	CCA3	CCA4	CCA5	CCA6
Mter	Microhábitat terrestre	-0.264	0.300	-0.613	-0.057	0.038	-0.331
Sarc	Suelo arcilloso	0.133	-0.160	-0.479	0.200	-0.084	-0.266
Sliarc	Suelo limo-arcilloso	0.029	0.564	-0.120	-0.067	0.158	-0.203
QNo	Sin señales de quema	0.077	0.439	-0.442	-0.094	0.125	-0.335
Vher	Vegetación herbácea	-0.015	0.347	-0.580	-0.181	0.007	-0.309
FuerAci	Suelo ácido	0.275	0.572	-0.154	-0.200	0.176	-0.218
ExpMed	Exposición media al sol	0.104	0.442	-0.443	-0.094	-0.020	-0.259
HuAlt	Suelo con alta humedad	0.294	-0.807	0.145	0.188	0.081	0.292
HuMed	Suelo con humedad media	-0.017	0.597	-0.379	-0.078	0.096	-0.293
Cobar	Cobertura arbórea	0.213	0.083	0.042	0.278	0.277	-0.150
Distag	Distancia a cuerpos de agua	0.871	-0.019	0.315	-0.221	0.054	-0.018