



UNIVERSIDAD DEL MAR  
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

---

---

**El Pleistoceno tardío como línea de base ecológica de la  
Mixteca Alta para una estrategia de restauración en San  
Antonio Acutla, Teposcolula, Oaxaca, sur de México**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA

**ARIADNA LEONOR MERLIN HERNANDEZ**

Directora de tesis

Dra. Rosalía Guerrero Arenas

Puerto Escondido, Oaxaca, noviembre del 2016

*“Como ser humano podrás prometer el mar, el cielo y las estrellas, pero, ser romántico no evitará que desaparezcan por causa de tu existencia”.*

*Rita*

*“El mundo es un lugar peligroso. No por causa de los que hacen el mal, si no por aquellos que no hacen nada por evitarlo”.*

*Albert Einstein*

# *Dedicatoria*

## *A mis padres...*

Hilda y Alberto. Por su amor y su apoyo incondicional en toda mi existencia.

## *A mi Mamá Leo...*

Por ser mi segunda madre y darme sus sabios consejos.

## *A mis sobrinas...*

Hanni, Pame y Ari. Por que con sus sonrisas me hacen muy feliz.

## *A mis hermanos...*

Beto, Lolis y Rome. Por su cariño y consejos indirectos.

## *Y a Miguel (Flanecito)...*

Por que es el motivo de mis suspiros.

# *Agradecimientos*

Primero quiero agradecer a la directora de esta tesis la Dra. Rosalía Guerrero Arenas. Por sus enseñanzas en cada conversación y por la paciencia que me tuvo para el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Carlos García Estrada por su apoyo en la identificación de ejemplares, en el análisis estadístico y en la revisión minuciosa de este trabajo para mejorarlo.

Agradezco al Dr. Eduardo Jiménez Hidalgo, por su apoyo durante el desarrollo en la tesis, por ayudarme cuando me sentía desorientada, por sus enseñanzas en el laboratorio y por la revisión de esta tesis.

Al comité de revisión, la M. en C. Helisama Colin Martínez, el Dr. Eduardo Jiménez Hidalgo, el Dr. Carlos García Estrada y el Dr. José Luis Villarruel Ordaz por sus comentarios que mejoraron este trabajo.

A la profesora Helisama por escucharme y apoyarme en mis momentos de crisis durante la carrera, por darme su confianza y compartir conocimientos.

A Karla, Gabriela y Andy. Mis mejores amigas que conocí durante el proceso de mi formación profesional. Por las grandes pláticas que llenaron de alegría mis días. Por su compañía y saberme escuchar. También por darme palabras y apoyo durante el proceso de mi tesis sobre todo a Karla por ayudarme en la colecta de ejemplares en campo. Las quiero.

A mis amigos y compañeros de la universidad a Eva, Humberto, Gerardo, Carlos, Malinali, Ociel y Lalo, por su buena vibra y entusiasmos en las clases. También le agradezco a mis compañeras Shirley, Suleima, Fabiola, Analí y Amilcar por hacer un ambiente ameno en clase.

A Balbina y Abigail por su amistad y por compartir momentos muy divertidos durante la etapa final de esta tesis.

A mis padres, por ser mi apoyo incondicional en todo momento. Aunque estuviera en situaciones complejas ellos tienen las palabras precisas en el momento para levantarme el ánimo.

A mis hermanos y sobrinas, por ser mi centro de fortaleza y amor.

A mis tíos, Paty y Jorge, porque sin recibir nada a cambio, me brindaron su apoyo incondicional durante mi formación como bióloga.

A Miguel por acompañarme en todo momento y tolerarme en mis ratos de frustración.

A mi tío Virgilio, a mi tía Veva y a mi primo Iván, por escucharme con entusiasmo y asombro, cuando les contaba sobre lo que hacía en mi estudio de tesis.

A las autoridades y a la población de San Antonio Acutla, por permitirme realizar mi estudio en su territorio.

Por último, a mi casa de estudios la Universidad del Mar, donde pude adquirir conocimientos de calidad y conocer maravillosas personas.

Esta investigación fue posible por el proyecto PROMEP “Consideraciones paleobiológicas de las microfaunas continentales del Distrito de Teposcolula, Oaxaca, México...” y el proyecto interno de la UMAR con clave 2IR1502 “Estrategias de conservación y restauración basadas en líneas de base ecológicas del Pleistoceno tardío, en San Antonio Acutla, Teposcolula, Oaxaca”.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	III
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	IV
<b>RESUMEN</b> .....	V
<b>ABSTRACT</b> .....	VI
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	4
2.1 Líneas de base ecológicas .....	4
2.2 Uso del Pleistoceno como línea de base ecológica .....	5
2.2.1 Líneas de base ecológica con base en riqueza de especies .....	6
2.2.2 Líneas de base ecológica con base en servicios ecosistémicos .....	6
2.2.3 Líneas de base ecológicas con base en condiciones ambientales .....	7
2.3 Estado de arte de restauración ecológica en la Mixteca oaxaqueña .....	8
2.4 Localidades pleistocénicas en la Mixteca Alta oaxaqueña .....	9
<b>III. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	12
3.1 Biodiversidad de San Antonio Acutla .....	17
<b>IV. JUSTIFICACIÓN</b> .....	19
<b>V. OBJETIVOS</b> .....	20
5.1 Objetivo general .....	20
5.2 Objetivos particulares.....	20
<b>VI. HIPÓTESIS</b> .....	20
<b>VII. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	21
7.1 Colecta de fauna fósil .....	21
7.2 Colecta de gasterópodos continentales .....	22
7.3 Colecta de mamíferos.....	23
7.4 Identificación taxonómica de los ejemplares .....	26
7.5 Formulación de las líneas de base ecológicas .....	26
7.5.1. Líneas de base ecológica a partir de la riqueza de especies .....	26

7.5.2. Líneas de base ecológicas a partir de los servicios ecosistémicos .....	27
Líneas de base ecológicas a partir de condiciones ambientales.....	28
<b>VIII. RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
8.1 Líneas de base ecológica a partir de la riqueza de especies .....	29
8.2 Líneas de base ecológicas a partir de los servicios ecosistémicos .....	42
8.2.1 Servicios ecosistémicos identificados de la fauna del Pleistoceno tardío .....	42
8.2.2 Servicios ecosistémicos identificados de la fauna del Reciente .....	45
8.2.3 Servicios ecosistémicos identificados de la fauna que permanece desde el Pleistoceno tardío hasta la actualidad .....	49
8.3 Líneas de base ecológicas a partir de condiciones ambientales.....	51
<b>IX. DISCUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
9.1 Generación de líneas de base ecológicas .....	55
9.1.1 Con base en la riqueza de especies.....	55
9.1.2 Con base en servicios ecosistémicos.....	55
9.1.3 Con base en condiciones paleoambientales .....	56
9.2 Evaluación del ecosistema de San Antonio Acutla .....	56
9.2.1 Riqueza de especies fósiles vs. especies actuales .....	56
9.2.2 Servicios ecosistémicos de la biota fósil vs. biota actual .....	57
9.2.3 Condiciones paleoambientales vs. condiciones actuales .....	59
9.3 Estrategias de conservación y restauración ecológica de los ecosistemas de San Antonio Acutla .....	60
<b>X. CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>XI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>64</b>
<b>XII. APÉNDICE I. ANTECEDENTES SOBRE LÍNEAS DE BASE ECOLÓGICAS .....</b>	<b>79</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Población de San Antonio Acutla, Teposcolula, Oaxaca.....	12
<b>Figura 2.</b> Localización de la zona de estudio. ....	13
<b>Figura 3.</b> Vista de las cañadas. A. Cañada del misterio, B. Llano de hueso. ....	15
<b>Figura 4.</b> Parches de cultivos rodeados por vegetación de matorral xerófilo. ....	16
<b>Figura 5.</b> Sitio 1 con vegetación reforestada de la especie <i>Cupressus lusitanica</i> . ....	16
<b>Figura 6.</b> Sitio 2 con vegetación reforestada de la especie <i>Pinnus gregii</i> . ....	17
<b>Figura 7.</b> Colecta de conchas de gasterópodos terrestres en el sitio 1. ....	23
<b>Figura 8.</b> Trampa Sherman con el cebo colocada cerca de la zona de cultivos. ....	23
<b>Figura 9.</b> Registro fotográfico de excretas.....	24
<b>Figura 10.</b> Registro fotográfico de huellas sobre el suelo del cauce del río. ....	24
<b>Figura 11.</b> Colocación de una trampa Havahart con su respectivo cebo. ....	25
<b>Figura 12.</b> Posición de cámara trampa para el registro de mamíferos. ....	25
<b>Figura 13.</b> Curva de acumulación de especies de gasterópodos continentales fósiles y sus intervalos de confianza. ....	31
<b>Figura 14.</b> Curva de acumulación de especies de gasterópodos continentales recientes y sus intervalos de confianza. ....	31
<b>Figura 15.</b> Curva de acumulación de especies de roedores fósiles y sus intervalos de confianza.....	32
<b>Figura 16.</b> Curva de acumulación de especies de roedores recientes y sus intervalos de confianza.....	33
<b>Figura 17.</b> Curva de acumulación de especies de mamíferos actuales y sus intervalos de confianza. ....	38
<b>Figura 18.</b> Curva de acumulación de especies de mamíferos fósiles y sus intervalos de confianza. ....	39
<b>Figura 19.</b> Mapa de la zona de estudio con sus diferentes tipos de vegetación y señalando el registro de fauna (reciente y fósil). ....	54



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Acciones de las instituciones y organismos dentro de la Mixteca para su recuperación. ....	8
<b>Tabla II.</b> Diversidad de fauna en la localidad de San Antonio Acutla durante el Pleistoceno tardío modificado de Jiménez <i>et al.</i> (2011). ....	11
<b>Tabla III.</b> Registro de fauna y vegetación de la zona de estudio, con base en el reporte municipal (H. Ayuntamiento Constitucional, 2008-2009). ....	18
<b>Tabla IV.</b> Datos de rarefacción de gasterópodos continentales para determinar índices de biodiversidad.....	34
<b>Tabla V.</b> Datos de rarefacción de roedores para determinar índices de biodiversidad. .	34
<b>Tabla VI.</b> Listado de especies de gasterópodos continentales fósiles y actuales de San Antonio Acutla. ....	36
<b>Tabla VII.</b> Riqueza y abundancia de roedores fósiles y actuales de San Antonio Acutla.	37
<b>Tabla VIII.</b> Lista de especies de mamíferos medianos actuales de San Antonio Acutla...	40
<b>Tabla IX.</b> Lista de especies de mamíferos medianos y grandes fósiles de San Antonio Acutla. ....	41
<b>Tabla X.</b> Servicios ecosistémicos (CICES, 2011) del Pleistoceno tardío y actualidad de San Antonio Acutla. ....	51

## RESUMEN

La región de la Mixteca Alta oaxaqueña se ha considerado como una zona de desastre ecológico por su alta tasa de erosión y escasez de agua. En esta zona se han implementado diferentes estrategias de restauración ecológica pero no todas han tenido el resultado esperado. Por lo tanto, la presente tesis hizo uso de las líneas de base ecológicas con referencia en información del registro fósil del Pleistoceno tardío, para generar eficientemente las estrategias de restauración ecológica en la localidad de San Antonio Acutla. El objetivo de este estudio fue plantear las estrategias de restauración ecológica por medio de las líneas de base ecológicas utilizando los componentes de riqueza de especies (diversidad alfa y beta), servicios ecosistémicos y condiciones ambientales.

Las líneas de base ecológicas se generaron mediante la comparación de especies indicadoras del ambiente (gasterópodos continentales y roedores, tanto fósiles y actuales). El uso de la información basada en los mamíferos medianos y grandes permitió complementar la información de servicios ecosistémicos y condiciones ambientales. Los ejemplares fueron colectados durante tres salidas al campo del verano al invierno del 2015.

La diversidad alfa de gasterópodos continentales y roedores recientes fue mayor que la de los fósiles. El recambio de especies de gasterópodos continentales fue intermedio mientras que el de los roedores fue alto. No se encontraron especies exóticas. Los servicios ecosistémicos y condiciones ambientales han sido similares a pesar del recambio de especies, dándole una continuidad al ecosistema hasta la actualidad.

De acuerdo con el análisis anterior, los ecosistemas se han mantenido funcionales a través del tiempo, por lo tanto, la localidad no debe considerarse en desastre ecológico. Las estrategias de restauración ecológica deben de intervenir de manera pasiva para asegurar la continuidad de San Antonio Acutla a través del tiempo. La propuesta de las estrategias planteadas se enfocó en el mantenimiento de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos que brindan y la continuidad de la funcionalidad de los ecosistemas.

## **ABSTRACT**

Mixteca Alta region of Oaxaca state is considered a disaster area because of its high rate of erosion and water shortages. Several ecological restoration strategies have been implemented without successful results. This work provides ecological baselines information derived from the late Pleistocene fossil record, to generate ecological restoration strategies, specifically in San Antonio Acutla. The aim of this study is to propose ecological restoration strategies through ecological baselines using components of species richness (alpha and beta diversity), ecosystem services and environmental conditions.

The ecological baselines were generated comparing species (continental gastropods and rodents, both fossil and Recent). Information of medium and large mammals allowed to increase the knowledge about ecosystem services and environmental conditions. Specimens were collected in three field trips, from summer to winter of 2015.

Alpha diversity of continental gastropods and recent rodents was higher than that of the fossils. Species turnover of continental gastropods species was intermediate, while rodent turnover was high. No exotic species were found. Ecosystem services and environmental conditions were similar despite species turnover, thus giving continuity to the ecosystem until today.

According to this analysis, the Acutla ecosystem have been functional since late Pleistocene, therefore the area should not be considered in ecological disaster. Passive ecological restoration strategies must assure the continuity of ecosystems in San Antonio Acutla. Future projected strategies should focus on biodiversity and ecosystem services maintainance, to keep the ecosystems functionality.