



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES

ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN *in-situ* PARA
Ambystoma lermaense

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA

JESSICA AILYN LEDEZMA MORA

DIRECTORA

M. en C. XÓCHITL AGUILAR MIGUEL

DIRECTORES ADJUNTOS

DR. ISAÍAS DE LA ROSA GÓMEZ
DRA. CRISTINA BURROLA AGUILAR

Toluca, Estado de México, Abril 2013.



CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOTICOS
Laboratorio de Ecología y Conservación

Tesis

Estrategia de Conservación *in-situ* para
Ambystoma lermaense

Presenta

Jessica Ailyn Ledezma Mora

Directora

M. en C. Xóchitl Aguilar Miguel

Tutores Adjuntos

Dr. Isaías de la Rosa Gómez

Dra. Cristina Burrola Aguilar

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) por la beca otorgada durante la maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales 2010-2012, con registro numero: 250613.

A COMECYT (Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología) por la beca otorgada para la culminación del proyecto, con registro numero: 12BTM0058.

Al proyecto de investigación "Proyecto integral de diagnóstico, reintroducción y monitoreo del ajolote de Lerma (*Ambystoma* spp.) en el área de protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma, Estado de México" con No. 2849/2010 de la Universidad Autónoma del Estado de México.

A la M. en C. Xóchitl Aguilar Miguel, por la oportunidad en la realización del proyecto, así como los recursos dados, para los resultados exitosos del mismo.

Al Dr. Isaías de la Rosa Gómez, por sus grandes aportaciones a la tesis.

A la Dra. Cristina Burrola Miguel, por sus comentarios para mejora de la tesis.

Al Instituto Tecnológico Regional de Toluca, por las facilidades otorgadas para el muestreo de agua en el polígono 3, Laguna de Chignahuapan.

A los compañeros Victor Bustos, Pablo Martínez y Rodrigo Escalona, por los muestreos de *Ambystoma lermaense* y sus grandes aportaciones a la tesis

A las compañeras, Marlen Quintana e Ivonne Camacho por el muestreo de flora y sus grandes aportaciones a la tesis

A las compañeras, Jazmin Figueroa y Ana Balcázar por el muestreo de aves, y sus grandes aportaciones a la tesis

A Giovanni Estrada, por la colaboración y aportación oportuna en cada salida de campo.

A el Centro de Investigación en Recursos Bioticos, por la estancia durante el proyecto, así como a los trabajadores que siempre apoyaron mi trabajo; Sofí, Nash, Jorge y Marcelo.

A la laboratorista Sofia Reyes, por el cuidado de los organismos en el laboratorio y su incondicional apoyo.

A los compañeros; Jesus Sánchez, Beatriz Medina, Gabriel Barrios, Rosario Sanabria, Lili Chavez, por su apoyo incondicional en el proyecto.

A los representantes ejidales del ejido de San Nicolas Peralta, por las facilidades otorgadas para la investigación de la tesis.

A mis padres por su confianza y apoyo, durante toda la maestría y un poco más.

A toda mi familia, por apoyarme en todo momento y toda circunstancia.

A el arq. Javier Montilla, por alentarme en dar un paso más en la educación y el enorme cariño.

DEDICATORIAS

A mis padres...

A toda mi familia...

A todas las personas creyeron en mí y en mi trabajo...

A ti que peleas en mi y vences en mi...

XOLOTL

*Cuenta la mitología Náhuatl, la leyenda del **Dios Xolotl**, hermano mellizo de Quetzalcóatl, monstruoso y anormal de nacimiento. Cuando el aire iba a matar a todos los dioses, huyó y se transformo en pie de maíz, luego en penca doble de maguey y finalmente al echarse al agua se convirtió en el **axólotl**, aunque ni así se salvo de la muerte (Fray Bernardino de Sahagún).*



Axólotl, Dios de nuestros antepasados, enigma de los científicos, salud de los tísicos, alimento de los nobles, inspiración de artistas, metáfora de los filósofos, ente paradójico, ser que no quiere crecer y que huye de la muerte... (Bartra, 2011).

ÍNDICE

	Resumen	1
	Abstract	2
	Introducción	3
	Justificación	6
1.	Antecedentes	8
1.1	Conservación	9
1.1.1	Conservación <i>in-situ</i>	12
1.1.2	Conservación en México	13
1.1.3	Norma Oficial Mexicana (NOM)	14
1.1.4	Programas de acción para la conservación de especies (PACE)	15
1.1.5	World Conservation Union (IUCN)	18
1.2	Ciénegas de Lerma	20
1.2.1	Áreas Naturales Protegidas (ANP)	23
1.2.2	Humedales	26
1.2.3	Calidad de agua	28
1.3	<i>Ambystoma lermaense</i>	34
1.3.1	Conservación de anfibios	35
1.3.2	Especie de estudio	40
2.	Objetivos	43
2.1	Objetivo General	43
2.2	Objetivos Específicos	43
3.	Métodos	44
3.1	Caracterización de las Ciénegas de Lerma	47
3.1.1	Análisis del Medio Físico	47
3.1.2	Análisis del Medio Biológico	48
3.1.3	Análisis del Medio Social	49

3.2	Evaluación de Impactos Ambientales	50
3.3	Determinación de la Zona Prioritaria	51
3.4	Caracterización de la Zona Prioritaria	52
3.4.1	Análisis del Medio Físico	52
3.4.2	Análisis del Medio Biológico	53
3.4.3	Análisis del Medio Social	54
3.5	Evaluación de Impactos Ambientales	55
3.6	Elaboración de las Estrategia de Conservación	55
3.6.1	Desarrollo de los Programas de Acción para la Conservación de <i>Ambystoma lermaense</i>	56
4.	Resultados	57
4.1	Caracterización de las Ciénegas de Lerma	58
4.1.1	Análisis del Medio Físico	58
4.1.2	Análisis del Medio Biológico	69
4.1.3	Análisis del Medio Social	78
4.2	Evaluación de Impactos Ambientales	80
4.3	Determinación de la Zona Prioritaria	82
4.4	Caracterización de la Zona Prioritaria	86
4.4.1	Análisis del Medio Físico	86
4.4.2	Análisis del Medio Biológico	91
4.4.3	Análisis del Medio Social	94
4.5	Evaluación de Impactos Ambientales	103
4.6	Elaboración de la Estrategia de Conservación	104
4.6.1	Desarrollo de los Subprogramas de Acción para la Conservación de <i>Ambystoma lermaense</i>	104

5.	Discusión	111
5.1	Caracterización de las Ciénegas de Lerma	112
5.2	Evaluación de Impactos Ambientales	128
5.3	Determinación de la Zona Prioritaria	130
5.4	Caracterización de la Zona Prioritaria	131
5.5	Elaboración de la Estrategia de Conservación	137
6.	Conclusiones	141
	Literatura Citada	145
	Anexos	158

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	1	Fases del método aplicado para el desarrollo de la estrategia de conservación.	46
Figura	2	Análisis multivariado (ANOVA), comparación entre las medias de los parámetros fisicoquímicos.	68
Figura	3	Variación estacional de los parámetros fisicoquímicos, en los polígonos de las Ciénegas de Lerma.	69
Figura	4	Caracteres Morfológicos de 3 poblaciones de <i>Ambystoma lermaense</i> en las Ciénegas de Lerma.	77
Figura	5	Variaciones estacionales de los principales parámetros abióticos	90
Figura	6	Gráficos de encuestas aplicadas a niños del ejido de San Nicolás Peralta.	98
Figura	7	Gráficos de encuestas aplicadas a niños del ejido de San Nicolás Peralta	99
Figura	8	Gráficos de encuestas aplicadas a adultos del ejido de San Nicolás Peralta, Tema: información general.	100
Figura	9	Gráficos de encuestas aplicadas a adultos del ejido de San Nicolás Peralta, Tema: economía/ecoturismo	100
Figura	10	Gráficos de encuestas aplicadas a adultos del ejido de San Nicolás Peralta, Tema: humedal.	101
Figura	11	Gráficos de encuestas aplicadas a adultos del ejido de San Nicolás Peralta, Tema: <i>Ambystoma lermaense</i> .	101
Figura	12	Gráficos de encuestas aplicadas a adultos del ejido de San Nicolás Peralta, Tema: Participación de la comunidad.	102
Figura	13	Pastoreo en el polígono 3 de las Ciénegas de Lerma.	175
Figura	14	Extracción de organismos del humedal. Polígono 3 de las Ciénegas de Lerma	175
Figura	15	Época de cacería de noviembre a febrero. Polígono 3 de las Ciénegas de Lerma	176
Figura	16	Problemática de contaminantes. Polígono 3 de las Ciénegas de Lerma	176
Figura	17	Época de lluvias, octubre 2011. Polígono 3 de las Ciénegas de Lerma,	177
Figura	18	Época de secas, febrero 2011. Polígono 3 de las Ciénegas de Lerma,	177

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	1	Clasificación y características de las Áreas Naturales Protegidas	25
Tabla	2	Uso de suelo y actividades, descargas potenciales e indicadores en los cuerpos de agua.	29
Tabla	3	Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en humedales naturales y protección a la vida acuática.	31
Tabla	4	Intervalo de la concentración en diferentes parámetros básicos en diferentes cuerpos de agua en México.	32
Tabla	5	Indicadores generales de los parámetros fisicoquímicos y su impacto en el medio ambiente, en el monitoreo de calidad de agua.	33
Tabla	6	Especies del género <i>Ambystoma</i> por cuerpo de agua, arroyo o montaña y laguna o lago.	40
Tabla	7	Media y desviación estándar de los parámetros fisicoquímicos medidos de marzo a septiembre 2010, en los 3 polígonos de las Ciénegas de Lerma.	67
Tabla	8	Biodiversidad representativa de las Ciénegas de Lerma, Estado de México.	70
Tabla	9	Porcentaje en relación a la presencia de vegetación acuática y terrestre en los polígonos de las Ciénegas de Lerma.	71
Tabla	10	Porcentaje en relación a la presencia de vegetación acuática y terrestre en los polígonos de las Ciénegas de Lerma.	76
Tabla	11	Evaluación del medio social. Categorías A, B, C expresadas en porcentajes.	79
Tabla	12	Evaluación del medio social. Categorías D y E. expresión general.	80
Tabla	13	Matriz de evaluación de impactos ambientales, relacionando los factores y acciones de las zonas de muestreo.	84
Tabla	14	Promedio y desviación estándar de parámetros fisicoquímicos medidos de abril a noviembre 2011, en cuatro puntos del polígono 3 de las Ciénegas de Lerma.	89
Tabla	15	Promedio de contaminantes básicos (metales) en el polígono 3, comparados con la NOM-001-ECOL-1996 para humedales naturales.	91
Tabla	16	Promedios de las características morfométricas de la población de <i>Ambystoma lermaense</i> en el polígono 3 de las Ciénegas de Lerma.	93
Tabla	17	Análisis FODA, de los representantes ejidales y asamblea de San Nicolás Peralta, Municipio de Lerma.	95

Tabla 18	Análisis FODA, de la población infantil de San Nicolás Peralta, Municipio de Lerma.	96
Tabla 19	Análisis FODA, de los habitantes (adultos) de San Nicolás Peralta, Municipio de Lerma	97
Tabla 20	Determinación de amenazas y sus efectos en el polígono 3. Ciénegas de Lerma.	103
Tabla 21	Especies endémicas de las Ciénegas de Lerma (Estatus de conservación).	164
Tabla 22	Listado de riqueza floral en el polígono 1 (Laguna de Chiconahuapan), Ciénegas de Lerma.	164
Tabla 23	Listado de riqueza floral en el polígono 2 (Laguna de Chimaliapan), Ciénegas de Lerma.	167
Tabla 24	Listado de riqueza floral en el polígono 3 (Laguna de Chignahuapan), Ciénegas de Lerma.	169
Tabla 25	Listado de diversidad de peces en la Laguna de Chignahuapan, ubicada en el polígono 3, de las Ciénegas de Lerma.	171
Tabla 26	Listado de diversidad de anfibios y reptiles en la Laguna de Chignahuapan, ubicada en el polígono 3, de las Ciénegas de Lerma.	171
Tabla 27	Listado de diversidad de mamíferos en la Laguna de Chignahuapan, ubicada en el polígono 3, de las Ciénegas de Lerma.	171
Tabla 28	Listado de diversidad de aves en la Laguna de Chignahuapan, ubicada en el polígono 3, de las Ciénegas de Lerma.	172

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa	1	Ubicación de las Ciénegas de Lerma	60
Mapa	2	Ubicación de las Ciénegas de Lerma, en los Municipios del Estado de México.	61
Mapa	3	Tipo de Clima en las Ciénegas de Lerma, Estado de México.	62
Mapa	4	Tipo de suelos en las Ciénegas de Lerma, Estado de México.	63
Mapa	5	Época de lluvias y secas, polígono 1. Laguna de Chiconahuapan.	64
Mapa	6	Época de lluvias y secas, polígono 2. Laguna de Chimaliapan.	65
Mapa	7	Época de lluvias y secas, polígono 3. Laguna de Chignahuapan	66
Mapa	8	Distribución de la vegetación acuática, polígono 1. Laguna de Chiconahuapan.	73
Mapa	9	Distribución de la vegetación acuática, polígono 2. Laguna de Chimaliapan.	74
Mapa	10	Distribución de la vegetación acuática, polígono 3. Laguna de Chignahuapan.	75
Mapa	11	Zona prioritaria, polígono 3. Laguna de Chignahuapan.	87
Mapa	12	Vegetación terrestre, polígono 1. Laguna de Chiconahuapan.	179
Mapa	13	Vegetación terrestre, polígono 2. Laguna de Chimaliapan.	180
Mapa	14	Vegetación terrestre, polígono 3. Laguna de Chignahuapan.	181
Mapa	15	Distribución de <i>Ambystoma lermaense</i> , polígono 3, Laguna de Chignahuapan.	182

RESÚMEN

El presente trabajo fue elaborado con el objetivo principal de diseñar una estrategia de conservación *in-situ* para *Ambystoma lermaense*. Actualmente la disminución de especies a nivel mundial, está estrechamente relacionada con la pérdida o transformación de los diferentes hábitats. *Ambystoma lermaense* es un anfibio endémico de las Ciénegas de Lerma, humedales más extensos del centro del país, la transformación y desecación de éstos, ha contribuido a la disminución de la población de la especie de estudio.

Parte fundamental de la investigación consistió en la caracterización de los tres polígonos que conforman a las Ciénegas de Lerma considerando medio físico, biológico y social, que junto con la evaluación de impactos ambientales y la viabilidad de la especie en cada polígono, se seleccionó la zona prioritaria para la conservación de la especie. Dada la independencia de los polígonos, como de las poblaciones de *Ambystoma lermaense*, el polígono 3 ubicado en el municipio de Lerma, presentó las mejores condiciones tanto físicas, sociales y biológicas para la preservación del hábitat. Los principales factores ambientales que alteran la zona son: descarga de aguas residuales, expansión de la zona de pastoreo, extracción de especies y contaminación de residuos sólidos. Los parámetros fisicoquímicos medidos para el análisis de calidad de agua no sobrepasan los permitidos por la **NOM-001-ECOL-1996** para humedales naturales y protección de vida acuática. Sin embargo es necesario mitigar los factores ambientales para evitar una eutrofización en el área.

La población de *A. lermaense* se encuentra estable, sin malformaciones en los organismos y observándose las diferentes etapas de desarrollo en el cuerpo de agua. El análisis del medio social, determinó las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en la zona, resaltado: la importancia como zona turística, el refugio de diversas especies migratorias, el interés de los ejidatarios por el humedal y la falta de difusión de la zona y sus especies prioritarias. El conjunto de los factores, físicos, biológicos y sociales, determinó el planteamiento de los diferentes subprogramas: gestión, protección, manejo, restauración, cultura y conocimientos, dirigidos hacia *Ambystoma lermaense*, para el diseño de la estrategia de conservación, involucrando a los diferentes sectores sociales de la comunidad.

Palabras clave: Conservación *in-situ*, *Ambystoma lermaense*, Ciénegas de Lerma, factores físicos, biológicos, sociales.

ABSTRACT

This work was developed with the main objective of designing a strategy for *in-situ* conservation *Ambystoma lermaense*. Currently declining species worldwide, is closely related to the loss or transformation of different habitats. *Ambystoma lermaense* is an endemic amphibian to the marshes of Lerma, largest wetlands in the Midwest, processing and drying them contributed to the population decline of the species studied.

A fundamental part of the research involved the characterization of the three polygons that make up the marshes of Lerma considering the physical, biological and social, which together with the assessment of environmental impacts and the viability of the species at each site, the zone was selected priority. Give the independence of the polygons and the populations of *Ambystoma lermaense*, the polygon 3 located in the town of Lerma, presented the best conditions both physical, social and biological habitat preservation. The main environmental factors that alter the zone area: wastewater discharge, expansion of grazing zone, removal of species and solid waste pollution. The physicochemical parameters measured for water quality analysis do not exceed those permitted by the **NOM-001-ECOL-1996** for protection of natural wetlands and aquatic life. However you need to mitigate the environmental factors to prevent eutrophication in the zone.

The population of *A. lermaense* is stable, with no malformations observed in organisms and different stages of development in the water body. The analysis of the social environment identified the strengths, weaknesses, opportunities and threats in the zone, highlighted the importance as a tourist zone, the refuge for several migratory species, the interest of the farmers through the area and priority species. The set of factors, physical, biological and social, determined the approach of the different programs: management, protection, restoration, culture and knowledge, *Ambystoma lermaense* directed toward, for designing conservation strategy, involving different social sectors of the community.

Key Words: Conservation, *Ambystoma lermaense*, Lerma Marshes, water quality, protected natural area.

INTRODUCCIÓN

La protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, hábitats, poblaciones y especies de la vida silvestre, dentro o fuera de los entornos naturales para su permanencia a largo plazo, es uno de los conceptos que el gobierno mexicano ha definido como conservación. La realización de diferentes proyectos que tienen como objetivo realizar conservación para la protección de vida silvestre, debe abarcar tres aspectos importantes; 1) diversidad biológica, 2) integridad ecológica y 3) salud ecológica (LGEEPA, 2011; Cairns, 1987).

El país presenta un alto grado de biodiversidad, sin embargo diversas especies de los diferentes grupos de vertebrados se encuentran en alguna categoría de riesgo, documentado en la **NOM-059-2010** (Norma Oficial Mexicana-059) y la **IUCN-2012** (World Conservation Union). Las categorías de riesgo, indican que las especies presentan una o más amenazas por algún factor negativo en su hábitat, una de las problemáticas más severas es la creciente pérdida de hábitats o transformación de los mismos, como es el caso del área de estudio la cual se encuentra ubicada en el Estado de México a orillas del valle de Toluca donde se presenta una acelerada industrialización a partir de los años 50's, contribuyendo de esta forma a una transformación del hábitat en las áreas naturales de la zona.

Las Ciénegas de Lerma (Estado de México), son caracterizadas por ser los humedales remanentes más extensos del centro del país, cuentan con una superficie total de 3,023 hectáreas, divididas en tres polígonos, reducto de las 27,000 existentes a finales del siglo XIX. Una de las características de los humedales, está relacionada con su amplia biodiversidad, por lo que las Ciénegas son consideradas como Área Natural Protegida (ANP), declarado en el Diario Oficial de la Federación en noviembre de 2002. La importancia de las Ciénegas como Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) está dada en proporcionar un marco de mejoramiento, planificación e integración de la biodiversidad, para asegurar la protección de especies a través de objetivos relacionados con la conservación y mejoramiento de los ecosistemas (Plan de Desarrollo Urbano de Lerma, 2003). Dentro de esta amplia diversidad que caracteriza a las Ciénegas de Lerma, encontramos a uno de los anfibios endémicos del país, *Ambystoma lermaense*, especie sujeta a protección especial (Pr) por la **NOM-059-2010** y en peligro crítico por la **IUCN-2012**.

La disminución de las poblaciones de *A. lermaense* se ha visto acelerada en los últimos años, la fragmentación del hábitat, el deterioro de la calidad del agua, la introducción de especies exóticas, el cambio de uso de suelo, entre otros han llevado a la especie a un estado crítico de sobrevivencia.

Para contribuir a la conservación de *Ambystoma lermaense* en su hábitat natural (Ciénegas de Lerma) se diseñó el siguiente proyecto, con el objetivo de elaborar una estrategia de conservación, a través de la caracterización física, biológica y social, la viabilidad ecológica de *A. lermaense* y la realización de los subprogramas de conservación para aminorar o prevenir el declive de la especie.

El presente trabajo fue elaborado en dos fases, la primera consistió en una caracterización del medio físico, considerando la calidad de agua a través de la medición de parámetros fisicoquímicos comparados con la **NOM-001-ECOL-1996**, el análisis del medio biológico abarcando la viabilidad de la especie y el medio social, de cada polígono que constituyen a las Ciénegas. Una vez medidos los parámetros anteriores se realizó una matriz de evaluación, considerando los impactos ambientales. En relación a los resultados obtenidos, se desarrolló la segunda fase donde se determinó el área prioritaria. En el polígono seleccionado se elaboró un análisis físico, biológico y social, para crear la estrategia de conservación a través de los diferentes programas establecidos y acciones realizadas en la zona.

Los resultados obtenidos de la caracterización de las Ciénegas de 2010 a 2012, demuestran que los diferentes polígonos que conforman el área, presentan características físicas similares. La evaluación de la calidad de agua va de regular para los polígonos 1 y 2, con tendencia a la eutrofización, a buena en el polígono 3. Respecto al análisis biológico se corroboró y actualizó la lista de las especies de flora y fauna registradas. La viabilidad de *Ambystoma lermaense* es estable para los tres polígonos, sin embargo las condiciones ambientales en el polígono 1 y 2 ponen en riesgo la sobrevivencia de la especie. El polígono 3 registró las mejores condiciones sociales, políticas y culturales para la aplicación de una estrategia de conservación en el área.

La elaboración de la matriz de Leopold permitió identificar al polígono 3 como el área más apropiada para la conservación de *Ambystoma lermaense*. A través del análisis físico se monitoreó la calidad de agua y parámetros geográficos representativos. En la evaluación de los factores biológicos, se determinó la biodiversidad más representativa del área. El análisis social determinó las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la comunidad (población y representantes ejidales). A partir de la integración de los análisis elaborados y las determinación de amenazas, se diseñaron las estrategias en base a los programas de acción para la conservación (PACE) con la integración del ejido con el gobierno.

JUSTIFICACIÓN

A*mbystoma lermaense* es una especie endémica, con distribución restringida en el Estado de México específicamente en las Ciénegas de Lerma. Actualmente existen diferentes factores que han llevado a la disminución de la especie, entre los cuales destacan; la desecación de las ciénegas, el azolvamiento, la contaminación, la captura ilegal, el cambio de uso de suelo y la introducción de especies exóticas, estos contribuyen a una posible extinción de *A. lermaense*. Se han realizado diversos trabajos de la especie, los cuales abarcan temas como; características reproductivas, morfométricas y características fisiológicas que contribuyen a una base de conocimientos fundamentales para lograr una conservación *in-situ* de la especie.

Los ecosistemas de las Ciénegas del Lerma son caracterizados por su riqueza y fragilidad, la preservación y equilibrio ecológico de la zona contribuyen a la sobrevivencia de especies de flora y fauna. Siendo uno de los cuatro humedales con mayor importancia en el país, debido a que son sistemas intermediarios o de transición entre los ecosistemas acuáticos y terrestres, donde se albergan especies endémicas, de plantas (*Sagittaria macrophylla*), de peces (*Chirostoma riojai*), de aves (*Geothlypis speciosa*) y de anfibios (*Ambystoma lermaense*). Las características físicas y biológicas de la zona han contribuido a la importancia ecológica de esta, por lo fue declarada en 2002 como Área Natural Protegida.

Las Ciénegas de Lerma, actualmente representan una pequeña extensión de lo que fueron antaño, debido a que se encuentran inmersos en paisajes altamente urbanizado y con grandes extensiones de cultivos, alta densidad poblacional y ganado. La pérdida que han sufrido las Ciénegas en las últimas décadas, ha sido de más del 90%. Actualmente quedan alrededor de 3 000 hectáreas inundadas total o parcialmente, con diferentes grados de perturbación y fragmentación de hábitats. Por esta razón es necesario la elaboración de un diseño de conservación *in-situ*, para *Ambystoma lermaense*, ya que al ser una especie carismática, permitirá crear un efecto sombrilla, para la conservación de diferentes vertebrados y flora únicos del área de estudio.

1. ANTECEDENTES

1.1 CONSERVACIÓN

Actualmente la diversidad ecológica y biológica, se ve afectada por la imprudente extracción de materiales y organismos de su hábitat natural, lo que origina una degradación y pérdida de ecosistemas, y a su vez altos índices de extinción masiva. Como resultado de estas aceleradas pérdidas, la unión de diferentes ciencias han desarrollado una ciencia multidisciplinaria, que trata de aminorar los impactos ambientales originados por las actividades antropogénicas. La Conservación es la ciencia que parte de un adecuado aprovechamiento de los recursos naturales, su función en la vida silvestre está relacionada al efectivo mantenimiento de ésta, con el objetivo de prevenir o reducir los factores causantes de extinciones o translocación de las especies en los ecosistemas (McNeely, 1990).

Son diferentes las definiciones que se le han dado a la conservación como:

“Conservación: la protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de la vida silvestre, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden en las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo” (LGEEPA, 2011).

“Conservación: disciplina dedicada a la preservación, rescate, mantención, estudio y utilización del patrimonio que representa la biodiversidad”

La conservación abarca tres aspectos importantes: la diversidad natural en los ecosistemas y en cada nivel de organización (diversidad biológica), la composición, estructura y funcionamiento de cada ecosistema (integridad ecológica) y la capacidad de resistencia de un sistema ecológico para mantener su organización y autonomía a lo largo del tiempo (salud ecológica). Parte de la conservación implica diversos valores como son; el concepto de la naturaleza que varía en relación a las culturas, el valor instrumental basado en la utilidad de la naturaleza para los humanos y valores psicológicos relacionados directamente con el hombre (Crane y Bateson, 2003).

Los componentes de la conservación como ciencia multidisciplinaria, abarca la interacción de diversos conceptos, entendiéndose que: todos los organismos se encuentran relacionados, agrupados en niveles de organización desde genes hasta ecosistemas, los genes contienen la información básica de cada especie. El crecimiento de las poblaciones debería ser exponencial a menos que se hallen limitadas por el ambiente, la distribución de estas en los diferentes patrones sobre la tierra contribuye a la historia de vida de las especies, las comunidades y ecosistemas interactúan entre sí para activar la biodiversidad, sin embargo la terminación de una línea evolutiva como resultado de causas humanas lleva a la extinción de la biodiversidad (Trombulak, 2004).

La elaboración de estudios a largo plazo, han demostrado que las poblaciones de los diferentes vertebrados han disminuido en un tercio de su promedio desde 1970, especies como el tiburón del Atlántico Noroeste han caído hasta un 75% desde 1986, el tamaño de la población de anfibios se redujo en un 80% en 50 años. Estos datos confirman la pérdida de la biodiversidad y su impacto negativo en la sociedad (Marshall *et al.*, 2007).

Existen diversas causas que amenazan a la conservación, la combinación de las diversas actividades antropogénicas que aceleran la disminución de la biodiversidad. Las acciones humanas afectan a la naturaleza a través del acelerado crecimiento de la población, junto con ello el aumento de la mancha urbana. Las extinciones de algunas especies fueron originadas por la modificación y la destrucción de hábitat, la sobreexplotación de los recursos y la introducción de especies exóticas. El calentamiento global, aunado al aumento de la temperatura, causa severos daños a los sistemas naturales, el estado actual de dichos sistemas ha modificado la estructura y función de algunas especies (Castillo *et al.*, 2009).

La biología de la conservación ha surgido en respuesta a las problemáticas ambientales a nivel mundial, trabajando como una ciencia multidisciplinaria con el objetivo de identificar los efectos de las acciones humanas en los diferentes ecosistemas y especies, a través del desarrollo de acciones para prevenir, aminorar y restaurar los ecosistemas, contribuyendo a la integración de las complejidades ecológicas y sociales para la protección de la diversidad biológica y cultural a largo plazo (Pezoa, 2001).

La conservación puede aplicarse en dos modalidades: existen métodos *ex-situ* los cuales se centran en la conservación de especies en jardines botánicos, zoológicos, bancos de genes y los programas de cría en cautividad. Por otro lado los métodos *in-situ* son planeados en áreas de conservación como "almacenes" de la información biológica (Trombulak, 2004; Cairns, 1987).

- A. Conservación *in-situ*: es la mantención y recuperación de poblaciones viables en sistemas dinámicos y evolutivos del hábitat original.
- B. Conservación *ex-situ*: la conservación de muestras genéticamente representativas de las especies o cultivos, que se mantienen viables a través del tiempo, fuera de sus hábitats naturales o lugares de cultivo, en ambientes controlados y con el apoyo de tecnologías adecuadas.

Estas modalidades son complementarias y permiten garantizar la conservación del patrimonio genético de las especies y sus poblaciones en el medio, a largo plazo. La conservación debe planificarse con diferentes acciones para lograr una estrategia adecuada y aminorar los efectos de la pérdida de hábitat y especies. Algunas acciones abarcan; la protección a especies en peligro de extinción, la designación de reservas ecológicas, disminución de la magnitud de los impactos humanos sobre los sistemas naturales, la recuperación de los sistemas degradados, aumentar la población con individuos provenientes de cultivos o en cautiverio, el control de los individuos introducidos a la naturaleza, prevenir el establecimiento de especies exóticas y eliminar a las que se han establecido. Así

como contribuir y participar en los proceso de creación de políticas públicas y educar acerca de la importancia de la conservación (Cairns, 1987; Pezoa, 2001; USAID, 2005).

1.1.1 CONSERVACIÓN *in-situ*

La conservación *in-situ* requiere de información básica para establecer una estrategia efectiva, puede ser aplicada en un ecosistema completo, en comunidad, población o específicamente a una especie. En términos generales una estrategia de conservación de este tipo puede ser insertada en los planes regionales de desarrollo y uso sustentable de los recursos naturales, para generar intereses comunes entre la conservación de la naturaleza. La participación de las comunidades locales en la conservación *in-situ* es un beneficio hacia todos los sectores, debido a que al integrar el rol de la conservación a las comunidades junto con la capacitación sobre un uso sustentable de la biodiversidad, se entregan oportunidades de desarrollo socioeconómico a sus habitantes (Pezoa, 2001).

La conservación *in-situ* es dinámica, las especies siguen sometidas a las presiones de selección natural y a los efectos de posibles aislamientos, tanto geográficos como reproductivos, bajo los cuales se han desarrollado las poblaciones de las especies. Permite la evolución natural y el desarrollo de nuevas características genéticas y adaptaciones a los cambios ambientales. Permite la coevolución con otras especies, formando variantes en los complejos genéticos que favorecen los procesos adaptativos, como la respuesta la ambiente hasta los cambios genéticos de las especies acompañantes. Otro componente importante es la participación de las comunidades locales asociadas, las cuales tienen el dominio territorial, el manejo y conocimiento tradicional sobre usos y costumbres de los recursos naturales, los cuales son transmitidos a través de las generaciones. Las estrategias de conservación participativas, permiten la oportunidad de generar emprendimientos económicos, tales como: ecoturismo, producción de flora, producción de fauna, control de especies exóticas, las cuales son acciones de tipo sustentable (Pezoa, 2001; USAID, 2005).

Las desventajas de esta conservación está dada por la vulnerabilidad a los diversos factores tanto antrópicos como ambientales, que pueden constituirse en amenazas a la subsistencia de las especies y de las poblaciones. Ejemplo: catástrofes naturales, incendios, sequías prolongadas, inundaciones, lluvias en suelos erosionados, entre otros (Comité Español de UICN, 2010).

El aplicar este modelo de conservación requiere de un proceso largo y complejo, donde las características a considerar dependen de la aplicación del modelo, cuando el modelo de conservación es dirigida a una especie determinada, es necesario considerar lo siguiente, a) la correcta identificación taxonómica de la especie, b) número de poblaciones, c) dispersión geográfica, d) categoría de riesgo, e) rareza y singularidad de la especie, f) importancia ecológica, g) biología y genética, h) tamaño de población, i) evaluación de la zona de distribución. La evaluación de estos parámetros permitirá una aplicación de la estrategia de conservación adecuada. La conservación *in-situ* es a través de la protección de espacios naturales o áreas protegidas donde la importancia radica en el mantenimiento de los recursos. El aplicar la conservación incluye las reservas de uso múltiple y de extracción, desarrollando nuevos modelos para la conservación como, propuestas innovadoras, el uso de los ecosistemas dañados a preservar, especies en peligro de extinción y amenazadas y ampliar la gama de opciones disponibles para el desarrollo económico de las comunidades (McNeely, 1990; March *et al.*, 2009; IUCN, 2007).

1.1.2 CONSERVACION EN MÉXICO

México es un país con una gran variedad de ambientes, aproximadamente el 12% de las especies que existen en el planeta habitan nuestro territorio, la diversidad de regiones biogeográficas son el centro de origen de diversas especies, así como el sitio de hibernación y paso de gran cantidad de especies migratorias. Esta enorme diversidad biológica es el resultado de la compleja topografía del territorio y la posición de nuestro país, donde diversos climas confluyen en las dos grande regiones biogeográficas de América: el Neártico y el Neotrópico, lo que origina condiciones de transición de la flora y fauna templada y tropical, además de los microambientes de las Sierras Madres y Eje Neovolcánico entre otros, así como los ecosistemas de los océanos que rodean las costas (CONABIO, 2000).

La conservación y manejo de vida silvestre en nuestro país inició en el *Programa para la Conservación de la Vida Silvestre y la Diversificación Productiva del Sector Rural 1997-2000*, el cual era manejado por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, donde el objetivo era la armonización de las necesidades de conservación de flora y fauna silvestre con la satisfacción de las necesidades de la población, utilizando diversas estrategias para lograr dicho objetivo. Una de las estrategias, hasta la fecha vigente, fue la impulsión al establecimiento de las Unidades de Manejo para la Conservación (UMA), concebidas como unidades de manejo de diversas especies de interés económico, que mediante la conservación y manejo del hábitat y las poblaciones permite su aprovechamiento sustentable. El gobierno también incorporó los Proyectos de

Conservación y Recuperación de Especies Prioritarias (PREP), definiendo a las especies como aquellas en alguna categoría de riesgo o sobre las cuales fuera factible su manejo y recuperación, incluyendo a especies capaces de producir un efecto de protección indirecta sobre otras especies y sus hábitats. A través del tiempo la política nacional para la conservación de la vida silvestre ha alcanzado importantes avances y se han fortalecido los instrumentos regulatorios y de fomento a la conservación de las especies de flora y fauna (Bezaury-Creel *et al.*, 2009; CONABIO, 2000; CONABIO, 2006).

Sin embargo en los últimos años el país presenta una crisis ambiental, originada por riesgos que ponen en peligro la continuidad de las especies y sus poblaciones, destacando; el impacto de las actividades humanas, la sobreexplotación de recursos, la destrucción y fragmentación de hábitat, la introducción de especies exóticas, la contaminación y los desastres naturales, por lo que se requiere de una amplia gama de acciones para lograr la conservación de la biodiversidad (March *et al.*, 2009).

1.1.3 NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM)

En relación a estas problemáticas en los últimos 10 años el gobierno se ha visto en la responsabilidad de cuidar el patrimonio natural, por lo que México a través de las políticas públicas y participativas ha trabajado para la conservación hacia la biodiversidad, desarrollando una serie de diversos instrumentos legales y reglamentos para la protección, conservación y aprovechamiento sostenible de las especies silvestres, así como instrumentos de carácter técnico como la Norma Oficial Mexicana, NOM-059-SEMARNAT, la cual a través del método de evaluación de riesgo, reporta cuatro criterios: a) amplitud de distribución del taxón en México, b) estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón, c) vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón y d) impacto de las actividades humanas sobre el taxón, unificando criterios para la asignación de las categorías de riesgo (DOF, 2010).

Categorías de riesgo, NOM-059:

1. **Probablemente extinta en el medio silvestre (E):** Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del Territorio Nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueben, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano.
2. **En peligro de extinción (P):** Son aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido

drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

3. **Amenazadas (A):** Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.
4. **Sujetas a protección especial (Pr):** Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas (DOF, 2010).

Como parte de estos programas federales, se han incorporado diversos criterios de sustentabilidad, donde se han promovido la revalorización de los recursos y la restitución a los legítimos propietarios y poseedores de los beneficiarios directos del aprovechamiento de la flora y fauna silvestre, mediante la generación de alternativas a la producción agropecuaria tradicional, así como oportunidades de empleo, haciendo de la conservación una actividad redituable en términos económicos y sociales. Este tipo de programas debe establecer las bases necesarias y coordinar los esfuerzos de los diversos sectores de la sociedad, apoyándose de un trabajo institucional y la participación de todos los sectores con el objetivo de mantener o mejorar las características y funcionalidades de los ecosistemas, realizando un manejo adecuado para las especies en riesgo (CONAFOR, 2006).

1.1.4 PROGRAMAS DE ACCIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES (PACE)

Con base a los diversos criterios que establecen las leyes de política ambiental se han elaborado Programas de Acción para la Conservación de Especie de especies (PACE), las cuales contienen las estrategias, actividades y acciones a desarrollar en corto, mediano y largo plazo, cumpliendo con las metas tanto de conservación, como de calidad de vida de los grupos sociales involucrados, debido a que la interacción entre estos, propicia el desarrollo sostenible y el mejoramiento de los bienes y servicios ambientales.

Las estrategias de conservación contenidas en los PACE están orientados hacia la ejecución directa sobre las especies y sus hábitats (Conservación *in-situ*) involucrando a la adecuada protección, restauración y manejo, así como las acciones y decisiones de la sociedad.

- a. **Protección:** referido a las acciones orientadas a evitar que el desarrollo de las actividades antropogénicas incidan desfavorablemente en las poblaciones de las especies en riesgo y su hábitat, mediante actividades de inspección y vigilancia, llevadas a cabo en estrecha coordinación con la PROFEPA (Procuraduría General de Protección al Ambiente) y otras autoridades competentes, haciendo participe a los pobladores de las localidades mediante la constitución de grupos o comités comunitarios de vigilancia y en caso necesario con la construcción de la infraestructura necesaria. Este subprograma también incluirá las actividades y acciones tendientes a la revisión, formulación, modificación o consolidación del marco legal y reglamentario, así como aquellas propuestas relativas a la normatividad técnica que en cada caso corresponda.
- b. **Manejo:** aplicado a especies en riesgo, donde las actividades de manejo estarán referidas a diferentes niveles, contemplando: hábitat, manejo de las poblaciones, manejo genético y especies asociadas, como pueden ser presas o especies vegetales críticas para la especie y poblaciones de interés. Las actividades y acciones se orientaran al mejoramiento de hábitat mediante la promoción y fomento de prácticas de aprovechamiento sustentable. Para lo cual es necesario plantear esquemas y mecanismos de sinergia institucional entre los diferentes programas de desarrollo que impulsan las dependencias de la administración pública federal, estatal y municipal, fortaleciendo la organización comunitaria.
- c. **Restauración:** es la inclusión de todas aquellas acciones que están directa o indirectamente enfocadas a la recuperación e incremento de las poblaciones *in-situ*, así como a la restauración del hábitat y en su caso a la incorporación de áreas de conservación. El elemento importante en este subprograma es incluir actividades que mitiguen y prevengan los riesgos y amenazas para las especies de interés.
- d. **Conocimiento:** Es uno de los componentes básicos más importantes en la conservación, debido que a partir de la información obtenida en relación a la biología de la especie y las acciones de conservación planteadas dependerá del conocimiento que se tenga del entorno socio-económico. Para lo que será necesario fortalecer los programas de monitoreo sobre los

aspectos biológicos, ecológicos, socio-económicos y ambientales, así como los programas de investigación científica y de rescate, considerando la revalorización del conocimiento tradicional.

- e. **Cultura:** El éxito del programa de conservación depende en parte de la participación de las comunidades locales, el ciudadano común y las actividades cotidianas de cada uno de los involucrados. Parte de la consolidación de este apartado incluye actividades de comunicación, difusión y educación sobre los beneficios que la conservación de especies y ecosistemas tiene para la sociedad, de manera material y económica. Para ello es necesario la capacitación técnica hacia la población en relación al manejo sustentable de los recursos.
- f. **Gestión:** En este componente, se contemplan las actividades relativas al desarrollo administrativo y de cooperación interinstitucional, nacional e internacional. Es obligación del programa incorporar las herramientas administrativas y requerimientos materiales, financieros y humanos para llevar a cabo las actividades de conservación en los tiempos previstos, incluyendo los mecanismos y esquemas de complementariedad con los compromisos que el país ha contraído en los diversos foros internacionales.

La aplicación de los diversos programas de conservación, establece las bases, coordina, impulsa y articula los esfuerzo del Gobierno Federal y los diversos sectores de la sociedad, en la conservación y recuperación de las especies en riesgo para nuestro país, que brinde resultados contundentes en un periodo corto y contenga los elementos necesarios para mantener un esfuerzo continuo y permanente a mediano y largo plazo. Como parte de la conservación en México, fueron desarrolladas las Áreas Naturales Protegidas (ANP), con la finalidad de canalizar esfuerzos de conservación de la diversidad biológica, sirviendo como punto focal para el desarrollo de actividades de aprovechamiento sustentable de la biodiversidad con la participación de las comunidades locales, es en estas áreas donde las diferentes organización gubernamentales, sociales, académicas, de investigación entre otras, trabajan realizando proyectos de conservación, dirigidas a especies endémicas o en peligro de extinción.

1.1.5 WORLD CONSERVATION UNION (IUCN)

El estado de conservación de plantas y animales constituye uno de los indicadores más ampliamente utilizados para evaluar el estado de los ecosistemas y su biodiversidad. Asimismo, es una herramienta en la definición de prioridades para la conservación de las especies. A nivel internacional, la mejor fuente de información sobre el estado de conservación de organismos es la Lista Roja de Especies Amenazadas de IUCN. La IUCN creada en 1948 involucra a más de 80 países, 110 agencias gubernamentales, 800 organizaciones no gubernamentales y 10,000 científicos y expertos. La misión de la IUCN es influenciar, alentar y ayudar a las sociedades de todo el mundo a conservar la integridad y la diversidad de la naturaleza, y para asegurar que el uso de los recursos naturales sea equitativo y ecológicamente sostenible. La IUCN es la mayor red mundial de conocimiento del medio ambiente y ha ayudado a más de 75 países a preparar e implantar estrategias nacionales de conservación hacia la biodiversidad (Chape, *et al.*, 2003; IUCN, 2007).

La lista roja de la IUCN de especies amenazadas es el estándar aceptado para evaluar el riesgo de extinción de especies. La identificación de las especies amenaza es de gran importancia para la conservación de la biodiversidad, ya que permite a los profesionales conocer las especies que se encuentran en peligro de extinción y trabajar en la conservación de éstas. Esta lista representa la fuente más autorizada para el estado de conservación de especies, cuyo valor se extiende mucho más allá de la clasificación de las distintas especies en categorías de amenaza, debido a que contiene información específica de las especies. Estos datos ayudan a entender las amenazas actuales en relación con la distribución de especies y proponer medidas adecuadas de conservación. La lista roja, clasifica a las especies en las siguientes categorías, debido a su estado poblacional y distribución de las mismas (IUCN, 2001; IUCN, 2006). Las abreviaturas asignadas a cada categoría corresponden a la nomenclatura inglesa:

Categorías de riesgo, IUCN:

- ✓ **Extinto (EX):** el taxón esta extinto cuando prospecciones exhaustivas de sus hábitat, conocidos y a los largo de su áreas de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo.
- ✓ **Extinta en estado silvestre (EW):** un taxón esta extinto en estado silvestre cuando solo sobreviven en cultivo, cautiverio o como población naturalizadas completamente fuera de su distribución original.

- ✓ **En peligro crítico (CR):** cuando la especie se considera que se está enfrentando a un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.
- ✓ **Vulnerable (VU):** un taxón está en peligro cuando se considera que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.
- ✓ **Casi amenazado (NT):** un taxón esta en esta categoría cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface los criterios de peligro crítico, pero está cercano a satisfacer los criterios en un tiempo cercano.
- ✓ **Preocupación menor (LC):** se incluyen en esta categoría los taxones abundantes y de amplia distribución.
- ✓ **Datos insuficientes (DD):** cuando no existe información suficiente y adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción con base en la distribución y el estado de la población.
- ✓ **No evaluado (NE):** un taxón se considera no evaluado cuando todavía no ha sido clasificado en relación a estos criterios.

1.2 CIÉNEGAS DE LERMA

Las Ciénegas de Lerma conocidas como la Cuenca del Alto Lerma, es uno de los humedales más extensos del centro de México, ubicados en el Valle de Toluca. La importancia de los humedales en nuestro país, radica en la amplia extensión de éstos, los cuales cubren una superficie de más de 5 millones de hectáreas, lo que ha logrado que México forma parte de la Convención Ramsar desde 1986, contando con un total de 64 sitios registrados en la lista de humedales de importancia internacional, lo que nos coloca como país en el segundo lugar a nivel mundial en cuanto a número de sitios registrados por la Convención Mundial sobre los Humedales (Ramsar). Las Ciénegas de Lerma, presentan diferentes hábitats, manteniendo una alta diversidad de flora y fauna, incluyendo especies en riesgo, de las cuales algunas son endémicas de las Ciénegas. Debido a la diversidad de la zona es declarada como Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) establecida mediante decreto Presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002 (PDUL, 2003).

Historia

El río Lerma o “nueve aguas”, como históricamente se le conoce, es uno de los más importantes de la República Mexicana; nace en las Lagunas de Almoloya, llamadas también lagunas de Lerma, que son abastecidas por manantiales que descienden del Monte de las Cruces y que después van a surtir de agua el río Lerma; una vez que sale de las lagunas a 2 600 metros sobre el nivel del mar, al río va cortando su curso a través de una serie de valles escalonados que cuentan con excelentes suelos para usos agrícolas (PDUL, 2003).

Área

La Ciénaga de Lerma abarcan una gran extensión localizada entre las coordenadas extremas N 19° 06' 29" y W 99° 30' 53" y N 19° 21' 48" y W 99° 30' 13, en los municipios desde Tenango hasta Xonacatlán. Actualmente ocupa el territorio de siete municipios en el centro del Estado de México: Almoloya del Río, San Mateo Texcalyacac, Lerma, Capulhuac, Santiago Tianguistenco, San Mateo Atenco y Metepec, con una superficie total de 3,023-95-74.005 hectáreas, integrada por tres polígonos, identificados como: polígono uno con una superficie de 596-15-79.95 hectáreas, polígono dos con una superficie de 2,081-18-65.33 hectáreas y el polígono tres con 346-61-28.725 hectáreas de superficie. La Altiplanicie Central sobre la que yacen las Ciénegas localizadas en la parte sur y central del municipio de Lerma, está a 2,500 msnm, lo cual hace que estos cuerpos de agua se ubiquen entre los más elevados del continente americano (Mapa 1) (CCRECRL, 2000).

Hidrología

Las Ciénegas de Lerma nacen en la laguna de Almoloya del Río, la corriente se dirige hacia el norte estrechándose poco a poco hasta llegar a Santiago Tianguistenco, conocido como la laguna de Lerma, su dirección sigue hacia el norte abarcando los ejidos del municipio de Lerma y llegando a la laguna de San Nicolás Peralta. En el recorrido de sur a norte el río presenta como afluentes intermedios a los ríos de Almoloya. Oztolotepec, Oztolotepec-Atacomulco, Atacomulco, Tlalpujahuá, Jaltepec, Gavia, Tejalpa, Verdiguél y el Sila. Otros arroyos como son; Arroyo muerto Ocoyoacac, San Lorenzo, San Pablo Tejalpa, Mayorazgo, Temoaya, Jalatlaco y otros, descienden de las montañas en la proporción suroeste alta del río Lerma (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1993).

Clima

El clima dominante es el templado (C), cubriendo el 90% de la cuenca. La zona presentan el clima templado más húmedo de todo el Valle de Toluca, variando de templado subhúmedo a semifrío y frío, la clasificación según Koppen es: C(w₂)(w)b(i') definido como un clima subhúmedo con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal del 5%. La precipitación total anual supera ligeramente los 800mm de lluvia, la máxima incidencia de lluvias se presenta en el mes de julio con valores entre 150 y 160mm y la temperatura media anual 10-14 °C, reportando el mes más frío entre -3 y 18°C (Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del río Lerma, 1993).

Geoforma

Las Ciénegas de Lerma presentan un geoforma plana, compuesta por suelo lacustre, se ve interrumpida por las cimas de pequeños cerros de rocas volcánicas y sedimentarias que se levantan desde el fondo de depósitos aluviales y cineríticos. En la zona lacustre asociada a los primeros 30 km del Río Lerma, emergen cimas compuestas por rocas ígneas extrusiva-básicas, arenisca-toba (polígono 3), arenisca-toba (polígono 2) y basalto y toba (polígono 1).

Suelo

Las Ciénegas presentan un suelo rico en materia orgánica y nutriente, siendo notable su diversidad edáfica. En el polígono 1 y 2 se reporta un suelo de tipo histosol eútrico, gleysol húmico, vertisol pélico, feozem gléyico y andosol mólico. En el polígono 3 predomina suelo de tipo feozem gléyico y vertisol pélico. El feozem ocupa la mayor parte de los terrenos planos y semiplanos, ubicándose en ellos los terrenos correspondientes a los ejidos de San Mateo y Santa Ma. Atarasquillo, San Nicolás Peralta, Huitzilapan y Tlalmimilolpan ubicados en el polígono 3, en la parte Noroeste y Suroeste; se caracterizan por presentar una capa superficial oscura rica en materia orgánica y en nutrientes, que favorece los altos rendimientos en agricultura de riego y temporal, si son desprovistos de vegetación, y dependiendo de la ubicación en la que se encuentren, tienden a ser erosionados con mucha facilidad. El andosol es el más representativo ya que se localiza en la mayor parte del territorio municipal ocupando las partes altas, es decir, en las zonas accidentadas y boscosas. Estos suelos se caracterizan por estar formados por materiales de cenizas volcánicas, son suelos muy sueltos que presentan textura esponjosa y su vocación es únicamente forestal y en menor cantidad agrícola; suelen ser muy susceptibles a la erosión cuando quedan

desprovistos de vegetación. Los vertisoles se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía, son suelos muy arcillosos, son pegajosos cuando están húmedos y muy duros estando secos. A veces son salinos, características que los condicionan para el desarrollo urbano, para la agricultura son suelos fértiles, pero presentan problema para su manejo, ya que su dureza dificulta su labranza. Vertisol pélico es un suelo muy arcilloso que presenta grietas anchas y profundas en la época de sequía. Con la humedad se vuelve pegajoso. Es de color negro o gris oscuro y casi siempre muy fértil, pero su manejo ofrece ciertas dificultades ya que su dureza dificulta la labranza; además presenta con frecuencia problemas de inundación y mal drenaje. El histosol eútrico, se encuentra principalmente en las zonas inundables este se encuentra asociado al gleysol húmico, el cual presenta una textura semipermeable a impermeable con alta resistencia a la erosión y uso agropecuario restringido (SEDAGRO-PROBOSQUE, 1991).

Biodiversidad

Las características físicas enmarcadas anteriormente hacen de las Ciénegas una zona con alta diversidad terrestre y acuática, además de decenas de especies endémicas y en peligro de extinción. Se estima que la riqueza florística está dada por asociaciones de vegetación acuática, plantas flotantes, arraigas y no arraigadas. La vegetación está representada por 111 especies distribuidas en todas las Ciénegas, algunas especies empleadas, para uso comercial, alimenticio, artesanal y medicinal. La Fauna se encuentra representada principalmente por vertebrados, se han reportado hasta 40 mamíferos, principalmente roedores, 3 especies de peces dos de ellas endémicas de las Ciénegas, 4 reptiles, 2 anfibios uno endémico de la zona y la fauna más abundante está representada por el grupo de aves con un registro de 160 especies residentes y migratorias (Ceballos, 2003; SEMARNAT, 2008).

1.2.1 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP)

Las Ciénegas de Lerma, cuentan con una gran biodiversidad de especies endémicas y migratorias, debido a estas características el gobierno se ve obligado a declarar como Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) establecida mediante decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002*, incluyéndose en las ANP del país (Plan de Desarrollo Urbano de Lerma, 2003).

A partir de 1876 el país se ve obligado a proteger sus principales ecosistemas, debido al deterioro que sufre el país por la extracción indiscriminada de recursos naturales, bajo este esquema se utiliza el concepto de protección a las áreas naturales (ANP). En los últimos años, ha incrementado la variación en la relación la promulgación de áreas naturales, debido a los diferentes ecosistemas y demanda de recursos que existen en el país, al mismo tiempo ha aumentado el territorio nacional declarado como superficie protegida, que varía del 1% en la década de los 80's aumentando al 7% en el 2000 (13.88 millones de ha), alcanzando el 11% con un total de 22.039 millones de ha en el 2007, gran parte de este incremento territorial a las ANP, es debido a la política ambientalista y algunas organizaciones no gubernamentales (Bezaury-Creel *et al.*, 2009).

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP), son constituidas por ser el instrumento principal y tener la capacidad de conservar la biodiversidad, los bienes y los servicios ecológicos de una o varias comunidades. Las características de un Área Natural Protegida, se debe a la combinación de atributos físicos, biológicos, culturales y políticos, junto con la visión de conservación de la naturaleza prioritaria, integrando con ello un marco de planificación y gestión en el ámbito natural, protegiendo la gran diversidad de cada ecosistema, obteniendo un resultado eficaz (Ordoñez y Flores, 1995; Hughes y Tonkin, 1997).

El Gobierno Mexicano, a través de leyes, como lo es La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), dispuestas en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, determinan a las Áreas Naturales Protegidas como:

"Las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas..." (LGEEPA, 2011).

Las bases legales que sustentan a las ANP mexicanas las establece la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, define las categorías de manejo de las ANP federales: reserva de la biosfera (rb), parque nacional (pn), monumento natural (mn), área de protección de recursos naturales (aprn), área de protección de flora y fauna (apff), santuario (Sant.) y áreas destinadas voluntariamente a la conservación (advc) (Tabla 1). Algunas de estas se encuentran en categorizaciones internacionales de áreas protegidas, siendo declaradas por la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN) con protección estricta (Glowka *et al.*, 1996; Phillips, 2000).

Tabla 1. Clasificación y características de las Áreas Naturales Protegidas de acuerdo a la LGEEPA (Glowka *et al.*, 1996).

CATEGORIA	CARACTERISTICAS	COMPETENCIA
Reservas de la Biosfera	Áreas biogeográficas en las que habitan especies representativas de la biodiversidad nacional. Se determinan la existencia de la(s) superficie(s) mejor conservada(s) y denominada(s) como zona(s) núcleo por alojar ecosistemas, fenómenos naturales de importancia especial o especies de flora y fauna que requieran protección. Además, deberá determinarse la superficie(s) que proteja(n) esa(s) zona(s) núcleo(s), denominada(s) como zona(s) de amortiguamiento	Federal
Parques Nacionales	Representaciones biogeográficas de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su valor científico, educativo, de recreo o histórico, por su belleza escénica o bien por otras razones análogas de interés general. También protegen ecosistemas marinos	Federal
Monumentos Naturales	Áreas que contengan elementos naturales (lugares u objetos naturales) con carácter único o excepcional, interés estético y/o valor histórico-científico. Tales elementos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo	Federal
Áreas de Protección de Recursos Naturales	Áreas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal	Federal
Áreas de Protección de Flora y Fauna	Lugares que contienen los hábitat de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres	Federal
Santuarios	Áreas con una considerable riqueza de flora o fauna, o con especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Estas áreas incluirán cualquier unidad topográfica o geográfica que requieran ser preservadas o	Federal

protegidas		
Parques y Reservas Estatales	Áreas relevantes de acuerdo con la legislación local en la materia	Entidades Federativas
Zonas de Preservación Ecológica de los Centros de Población	Zonas de los centros de población que requieran ser preservadas de acuerdo con la legislación local	Municipios

1.2.2 HUMEDALES

Las Ciénegas de Lerma conforman a los humedales más extensos del centro del país. Los humedales naturales, son zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, Ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas donde el suelo es predominantemente hídrico y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos originadas por la descarga natural de acuíferos (NOM, 1996).

Son biomas intermedios entre los ambientes que se encuentran permanentemente o temporalmente inundados, por la influencia de aguas superficiales o subterráneas, en estos la saturación de agua es un factor determinante para el desarrollo de las diferentes especies de plantas y animales que viven en el suelo o en la superficie. Estos son considerados como medios semiterrestres con un elevado grado de humedad y una profusa vegetación, que reúnen ciertas características biológicas, físicas y químicas, que les confieren un elevado potencial autodepurador. Los humedales naturales pueden alcanzar gran complejidad, con un mosaico de lámina de agua, vegetación sumergida, vegetación flotante, vegetación emergente y zonas con nivel freático más o menos cercano a la superficie (Llagas y Guadalupe, 2006).

Los humedales ocupan el espacio que hay entre los medios húmedos y los medios generalmente secos y que poseen características de ambos, por lo que no pueden ser clasificados categóricamente como acuáticos ni terrestres, la característica principal de un humedal es la presencia de agua durante períodos prolongados como para alterar los suelos, sus microorganismos y las comunidades de flora y fauna hasta el punto de que el suelo no actúa como en los hábitat acuáticos o terrestres (*Op. Cit.*).

Estos tipos de ecosistemas varían notablemente debido a las diferencias de cada región, representadas por las características físicas, como son tipo de su suelo, topografía, clima, e hidrología y características biológicas: química del agua, vegetación y animales. Debido a las diferentes características específicas de cada región, y la estructura compleja de los humedales, son reconocidos cinco tipos, como son (Berlanga-Robles *et al.*, 2008).

- ✓ Marinos: humedales costeros, incluyendo costas rocosas y arrecifes de coral.
- ✓ Estuarios: deltas, marismas de marea y manglares.
- ✓ Lacustre: lagos y lagunas.
- ✓ Ribereños: humedales asociados a ríos y arroyos.
- ✓ Palustres: lodazales o Ciénegas, marismas y pantanos.

La diversidad de humedales debido a la amplia distribución que presentan, la cual comprende desde la tundra hasta los trópicos y casi en todos los continente, permite una gran variedad de especies en un mismo humedal y entre otros que se encuentran cercanos entre sí, por lo que forman ecosistemas distintos y ricos en biodiversidad (Dugan, 1992; Malvárez, 1999; Berlanga-Robles *et al.*, 2008).

La importancia de los humedales radica en la composición de flora y fauna, ya que son uno de los biomas más productivos del planeta, debido al contexto óptimo para el establecimiento de la vida en cualquiera de sus formas, siendo considerados el inicio de las cadenas ecológicas, además de ser el hábitat de muchas especies migratorias y endémicas. Dicha importancia ha variado con el tiempo, en el período carbonífero, es decir, hace 350 millones de años, cuando predominaban los ambientes pantanosos, los humedales produjeron y conservaron muchos combustibles fósiles (carbón y petróleo) de los que hoy dependemos. La función del ecosistema radica en ser espacios filtradores, descomponedores y recicladores de materia orgánica. Los ambientes acuáticos del humedal están fuertemente amenazados en el ámbito mundial por el reemplazo y la modificación de sus paisajes, a pesar de que son unidades determinantes del ecosistema en la regulación de la dinámica del agua, una de las amenazas que enfrentan los humedales es la modificación de los mismos, por depósito de sedimentos o por la elaboración de drenajes. El sobrepastoreo, la extracción de leña y el uso de tierras para la construcción de viviendas, disminuyen la cobertura vegetal y aumentan el riesgo de erosión hídrica de los suelos (Holguin, *et al.*, 1999).

Los humedales contribuyen a la recarga de acuíferos subterráneos que almacenan el 97% de las aguas dulces no congeladas del mundo y que en muchos casos son la única fuente de agua potable para millones de personas. En ellos se encuentran más del 40% de las especies de flora y fauna y 12% de especies endémicas. También tienen gran valor cultural porque muchos tienen sitios de importancia arqueológica o histórica reconocida mundialmente, por lo que son destinos turísticos de primer orden que generan ingresos para sus pobladores (Carrera y De la Fuente, 2003).

Las lagunas y estuarios mexicanos presentan una gran variedad de rasgos morfológicos, aportes fluviales de distinta magnitud marcadamente estacionales e inclusive sin aporte de aguas continentales, diferentes tipos y amplitud de marea, la mayoría de escasa profundidad, algunos rodeados de una extensa vegetación, entre otros factores, que influyen en diverso grado y proporción en el intercambio y balance de materiales sin precisar un carácter de sistemas de exportación o importación definida (Hernández y Lanza, 2001).

La historia de los humedales en México se remonta desde la antigüedad, donde las culturas mayas, aztecas y olmecas, ocuparon el territorio nacional alrededor de sus místicos cenotes. En el ámbito internacional, México firmó en 1985 el memorándum de entendimiento con Canadá y Estados Unidos en relación con el acta de conservación de los humedales de Norteamérica, dicho documento se convirtió en un acuerdo trilateral para conservación de ecosistemas y vida silvestre (Carrera y De la Fuente, 2003; CNA, 1993).

1.2.3 CALIDAD DE AGUA

Los humedales están definidos como sistemas intermedios o de transición entre los ecosistemas acuáticos y terrestres donde la masa de agua es somera, el valor de estos ecosistemas es debido a que actúan como amortiguadores hidrológicos y químicos y como hábitat para una amplísima diversidad de biota (Rodrigo *et al.*, 2001). Todo cuerpo de agua debe contar con una calidad de agua óptima para mantener los ecosistemas acuáticos (lagos, ríos, humedales y lagunas), algunos parámetros que indican la calidad de agua deben ser de estándares ambientales internacionales. Sin embargo la explotación ilimitada de los recursos naturales es la primera actividad que causa un daño potencial en los ecosistemas acuáticos, seguido de las descargas hacia los cuerpos de agua asociadas a las actividades humanas (canalización). Cada hábitat o ambientes requiere de características únicas para la manutención del mismo, es por ello que en cada ecosistema existen diferencias en la calidad de agua de acuerdo a las actividades antropogénicas (Tabla 2) (Liston y Maher, 1996).

Tabla 2. Uso de suelo y actividades, descargas potenciales e indicadores en los cuerpos de agua (Liston y Maher, 1996).

IMPACTO POTENCIAL uso de suelo / actividades	DESCARGAS POTENCIALES	INDICADORES
Agricultura	Exportación de sedimentos y nutrientes. Salinidad en el agua Descomposición de vegetación	turbidez, fosforo, sólidos suspendidos, conductividad, nitrógeno, Oxígeno disuelto, carbón orgánico, demanda bioquímica de oxígeno.
Uso rural	Exportación de nutrientes, sedimentos, pesticidas. Salinidad en el agua Descomposición de vegetación Heces de animales	Nitrógeno, fosforo, turbidez, sólidos suspendidos, conductividad, pesticidas específicos, oxígeno disuelto, carbón orgánico, demanda bioquímica de oxígeno.
Uso urbano	Exportación de nutrientes, sedimentos, hidrocarburos, metales traza. Químicos domésticos, Herbicidas.	Nitrógeno, fosforo, turbidez, sólidos suspendidos, aceite, petróleo, hidrocarburos policíclicos aromáticos, cadmio, zinc, cobre, pesticidas.
Plantas de tratamiento de agua	Exportan nutrientes, sedimentos, metales traza	Nitrógeno, fosforo, turbidez, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno, cadmio, zinc, cobre.
Minería	Exportan sedimentos y metales traza	Turbidez, sólidos suspendidos, cadmio, zinc, arsénico, cobre.
Agua almacenada	Hipolimnética	Acides, oxígeno disuelto, nitrógeno,

Vertederos	Exportación de sedimentos, pesticidas, hidrocarburos, nutriente, metales traza, degradación de la vegetación.	Turbidez, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, carbón orgánico, demanda bioquímica de oxígeno, pesticidas específicos, aceites, petróleo, hidrocarburos policíclicos aromáticos, nitrógeno, fosforo, cadmio, zinc, cobre, mercurio, níquel vanadio.
Actividad industrial	Extracción de hidrocarburos, metales traza y ácidos	Aceite, petróleo, hidrocarburos policíclicos aromáticos, cadmio, zinc, arsénico, cobre, mercurio, cromo, níquel, vanadio, pH.
Extracción de arena	Exporta sedimentos	Turbidez, sólidos suspendidos
Generación de energía	Exportación de calor	Temperatura alta, metales traza

Para todo cuerpo de agua existe una necesidad de detectar los cambios que ocurren en el medio ambiente, causados de manera natural o por la actividad humana, incrementándose drásticamente desde hace 50 años. Con el crecimiento de las fronteras urbanas, agrícolas, ganaderas, forestales, pesqueras, minerales e industriales han aumentado los efectos traduciéndose en contaminación y disturbio, donde su origen es a miles de kilómetros y con consecuencias significativas a través de generaciones (calentamiento global, desertificaciones, lluvia ácida, especies invasoras, entre otras). Las sinergias entre los factores naturales y artificiales, autóctonos o externos, o entre los bióticos y abióticos hacen que los programas de monitoreo ecológico requieren de una mejor planeación, ejecución, análisis, almacenamiento de datos y comunicación a los usuarios y autoridades de cada país (Abarca, 2005).

En México debido a la contaminación en los cuerpos de agua, la Secretaria de Medio Ambiente, a través de las leyes; Ley Orgánica de la Administración Pública, Ley de Aguas Nacionales, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente, ley sobre Metrología y Normalización, se ha visto obligada a expedir la siguiente norma: **Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996**, (Tabla 3; Tabla 4) establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residuales en aguas y bienes nacionales (NOM, 1996).

Tabla 3. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en humedales naturales y protección a la vida acuática, **NOM-001-ECOL-1996**.

PARAMETROS		HUMEDALES NATURALES		PROTECCION DE VIDA ACUATICA	
		Promedio Mensual	Promedio Diario	Promedio Mensual	Promedio Diario
Temperatura	°C	40	40	40	40
Grasas y Aceites	mg/L	15	25	15	25
Materia Flotante	--	---	---	---	---
Sólidos Sedimentales	ml/L	1	2	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	75	125	40	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	75	150	30	60
Nitrógeno Total	--	---	---	15	25
Fósforo Total	--	---	---	5	10
Plomo	mg/L	0.2	0.4	0.2	0.4
Arsénico	mg/L	0.1	0.2	0.1	0.2
Cadmio	mg/L	0.1	0.2	0.1	0.2
Cianuros	mg/L	1.0	2.0	1.0	2.0
Cobre	mg/L	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	mg/L	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	mg/L	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	mg/L	2	4	2	4
Zinc	mg/L	10	20	10	20

Tabla 4. Intervalo de la concentración en diferentes parámetros básicos en diferentes cuerpos de agua en México (De la Lanza, 2000).

PARAMETROS	LAGOS Y EMBALSES	LAGUNAS Y ESTUARIOS
Temperatura	15° C a 32°C	20°C a 32°C
pH	6.5 a 9.0	6.5 a 9.0
Conductividad	---	---
Salinidad	0.1 a 10 g/L	0 a 80 g/L
Oxígeno disuelto	3.0 a 5.0 mg/L	2.0 a 8.0 mg/L
Nitratos	1.0 mg/L	1.0 mg/L
Nitritos	0.05 mg/L	0.05 mg/L
Amonio	0.5 mg/L	0.5 mg/L
Ortofosfatos	0.5 mg/L	0.2 mg/L
Dureza	40 a 100 mg/L	300 mg/L
Alcalinidad	15 a 20 mg/L	120 mg/L
DQO	20 mg/L	20 mg/L
Sólidos suspendidos totales	50 mg/L	50 mg/L
Clorofila	8.0 µg/L	15 µg/L
Sulfatos	400 mg/L	0.5 a 2500 mg/L
Coliformes	---	---

En México, la calidad de agua se monitorea de manera sistemática desde 1973 a través de la Red Nacional de Monitoreo de la Comisión Nacional del Agua, en aguas costeras, superficiales y subterráneas, estos monitoreos son debido a los impactos negativos que han desarrollado las actividades antropogénicas en los diversos cuerpos de agua. Uno de las mayores preocupaciones de los gobiernos, es el efecto de eutrofización; que es el proceso de acumulación de nutrientes, sedimentos y materia orgánica provenientes de la cuenca hidrológica, principalmente provocada por acciones humanas sin control. Este proceso involucra cambios químicos y físicos en las aguas, para lo cual deben medirse factores fisicoquímicos relevantes. Cada parámetro fisicoquímico medido en la evaluación de la calidad del agua, tiene su propio origen y efectos o causas en el ecosistema y/o humano, a continuación se mostrara una tabla con los parámetros

más representativos con una breve descripción de su importancia y efectos en el medio (Tabla 5) (CONAGUA, 2005).

Tabla 5. Indicadores generales de los parámetros fisicoquímicos y su impacto en el medio ambiente, en el monitoreo de calidad de agua (CONAGUA, 2005).

PARAMETRO	INDICADOR	IMPACTO EN EL MEDIO
Conductividad	Salinidad	Salinización
Fósforos Totales	Fósforos	Eutrofización
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Carbono en materia orgánica	Eutrofización Muerte de la fauna acuática
Turbidez	Sedimentos	Cambio en el ecosistema Cambio en la temperatura Pérdida de especies
Sólidos Suspendidos	Sedimentos	Cambios en ecosistema Pérdida de especies
Clorofila	Nutrientes	Eutrofización
Pesticidas en sedimentos	Pesticidas	Pérdida de especies
Temperatura	Nutrientes Solubilidad	En aumento la solubilidad es menor
Oxígeno disuelto	Descomposición de materia orgánica	Anoxia
Demanda Química de Oxígeno	Descomposición de materia orgánica e inorgánica	Elevadas cantidades de materia orgánica e inorgánica
pH	Balance de iones de hidrogeno	Alcalinidad (alto) Degradación de materia (bajo)
Sólidos Totales Disueltos	Cationes, aniones y sílice disueltos en agua	Salinidad
Alcalinidad	Concentración de carbonos, bicarbonatos e hidróxidos	Acides
Nitratos	Nitrógeno orgánicos	Disminución de oxígeno

1.3 *Ambystoma lermaense*

México cuenta con una amplia biodiversidad, dentro de esta se encuentra la Clase Amphibia. En el mundo existen aproximadamente 5,948 especies de anfibios, abarcado ambientes terrestre y de agua dulce. En América ocurren 241 especies en la región Neártica y 2,465 especies en el Neotrópico siendo esta región la más diversa del mundo. Para Mesoamérica tres países se distinguen por su riqueza en anfibios; Costa Rica con 178 especies, Panamá con 173 anfibios y México con 361 especies, pertenecientes a tres órdenes, 14 familias y 43 géneros. La diversidad de México se concentra en el sureste del país específicamente en la parte Noreste de América Central; donde se han reportado al menos 85 ranas, 25 salamandras y 2 cecillas. Una gran proporción de las especies de esta región se caracterizan por ser endémicas o por presentar distribuciones restringidas (Flores y Canseco, 2004; Young *et al.*, 2004).

1.3.1 CONSERVACIÓN DE ANFIBIOS

La declinación de anfibios ha avanzado rápidamente, es por ello que las acciones realizadas en cada proyecto de conservación deben estar fundamentadas en una base sólida del conocimiento científico. El estado actual de las poblaciones de anfibios en México, así como los problemas asociados a su conservación y manejo necesitan ser analizadas con urgencia, debido a las condiciones actuales de deterioro en la calidad de hábitat, considerando los episodios de mortalidad masiva que se han presentado en diferentes años (Alexander y Eisheid, 2001; Moore y Chruch, 2008).

La IUCN ha evaluado el estado de conservación de todas las especies de anfibios del mundo. En el ámbito global, el 32.5% de las especies de anfibios corren el riesgo de extinción, es por ello que es carácter urgente el manejo de conservación de las poblaciones silvestres de anfibios, donde es necesario considerar aspectos de investigación y ciencia, basados en la problemática económica, social y cultural en torno a ellos, así como las oportunidades de su aprovechamiento sustentable por parte de las comunidades rurales (Soto, 2007; Cox *et al.*, 2004).

Recientes estudios en Costa Rica, en relación a la conservación de anfibios, manejan aspectos como; realizar inventarios de anfibios en zonas determinadas, describir los patrones de la distribución de especie, relacionar el impacto de las actividades antropogénicas con la declinación de anfibios, determinar el estatus de conservación por especie, clasificándolos según la IUCN-2006 y presentar las especies más afectadas para el diseño de estrategias de conservación que mitiguen el impacto de las actividades antropogénicas (Santos *et al.*, 2007).

Estudios realizado por Balas (2008) en Norte América, sugieren que todos los anfibios desarrollan preferencias por hábitat específicos para su sobrevivencia y reproducción. La diversidad de humedales son zonas preferidas por algunos anfibios, sin embargo la creación de humedales artificiales o estacionales, han repercutido negativamente en las especies debido a que actúan como trampas ecológicas para las especies. Es por ello que el autor sugiere restaurar los humedales naturales, evitando acciones que dañen a los cuerpos de agua, como son; drenado, canalización, zanjas, entre otros, con el fin de a mejorar la calidad del hábitat de los humedales, y por consiguiente aumentado el éxito reproductivo de las diversas especies de anfibios que prefieren estos tipos de hábitats.

Otros países involucrados en la conservación de los anfibios, es China. En este país se encuentran 84 especies, distribuidas en 9 familias, la mayor parte presenta una categoría de riesgo según la IUCN, entre ellas destacan: *Hoplobatrachus rugulosa*, *Tylotriton spp*, *Pelophalx nigromaculata*, *Pelophalx planci* y *Rana chensinensis*, la importancia de las especie en el país está dada por la utilidad medicinal, la tradicionalidad, la funcionalidad ecológica y la declinación acelerada de especies. Por lo que se han desarrollado diversos estudios en relación al estatus de conservación de anfibios, sugiriendo diversas acciones que se incluyan en los programas de conservación las especies: Investigar la viabilidad de establecer a largo plazo, métodos de recolección sostenibles, desarrollar planes de acción para especies en peligro crítico (CR), monitorear el comercio de las especies, establecer un sistema de certificación viable para una crianza comercial, fortalecimiento de la aplicación de la ley y reglamentos para prevenir la sobreexplotación dentro de reservas naturales e impartir talleres educativos e informativos para sensibilizar a la población sobre el declive de los anfibios (Gascon *et al.*, 2005).

Debido a las condiciones ambientales y la documentación en relación a la declinación de anfibios, se promociono una respuesta a la crisis ambiental global, realizando la cumbre de Conservación de Anfibios donde se diseñó el Plan de Acción de Conservación de Anfibios (ACAP-Amphibian Conservation Action Plan) junto con recomendaciones a los gobiernos, el sector empresarial, la sociedad civil y la comunidad científica para la aplicación y adopción de las siguientes intervenciones dirigidas a la conservación: 1. Tener una mayor y mejor comprensión de las causas de la disminución y extinción. 2. Contar con documentación continua de la diversidad de anfibios y sus cambios. 3. Aplicar cada estrategia a largo plazo. 4. Contar con respuestas de emergencia a las crisis inmediatas. El ACAP, tiene como principal objetivo combatir la extinción de especies de anfibios (*Op. cit.*).

Uno de los países más ricos en diversidad de anfibios es México, cuenta con un total de 364 especies, de las cuales 128 son endémicas y 183 se encuentran protegidas por legislación nacional. Entre 1995 a 2004 las especies han sufrido una grave disminución de la población debido principalmente a la sobreexplotación. Especies como: *Gastrophryne elegans*, *Bufo debilis*, *Hyla eximia* y *Ambystoma spp.*, son utilizados como alimento, medicina tradicional, brujería, artesanía, investigación científica y comercio de mascotas. Debido a los orígenes de la declinación, Gascón *et al.*, (2005) recomienda: 1) El desarrollo de la identificación de anfibios y capacitación de inspectores de vida silvestre inscritos en la Secretaria Federal de Protección al Ambiente. 2) Creación de un programa de sensibilización (carteles, folletos, pláticas) con las comunidades locales para

tratar temas de la importancia y amenazas de los anfibios. 3) Evaluar las poblaciones con fin de crear planes de manejo sostenible, centros de cría en cautiverio o granjas comunitarias. 4) Diseñar programas de inspección para la conservación, manejo y uso sostenible de la unidad de vida silvestre. 5) Creación de comités comunitarios de protección trabajando en sinergia con las autoridades. 6) Ofrecer programas de investigación para aumentar el conocimiento de los anfibios y sus amenazas y 7) Poner fin a la crianza comercial de ranas toro y otras especies exóticas y la sustitución por especies nativas locales.

En México uno de los anfibios que presenta mayor investigación en relación a la biología de la especie, ecología, etología y conservación es el ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Desde la época prehispánica el Axolotl era apreciado como alimento nutritivo, utilizado como terapéutico en enfermedades respiratorias como el asma y la bronquitis. La importancia de la especie radica a nivel de investigación ya que sirve como anfibio modelo en muchos de los procesos fisiológicos y morfológicos del grupo. La amplia información obtenida de la especie ha llevado a crear diversas estrategias de conservación dirigidas al ajolote. Estrategias *in-situ* y *ex-situ* han preservado a la especie modificando su categoría de riesgo. En relación a la conservación *ex-situ* se ha realizado a través de la reproducción en cautiverio de la especie, diseñando modelos específicos para la producción del ajote. Para la conservación *in-situ* han capacitado a ejidatarios propietarios de chinampas para introducir de manera controlada a los ajolotes en su hábitat original estas y otras estrategias han contribuido a una estabilización del *Ambystoma mexicanum* (Robles *et al.*, 2009; Zambrano *et al.*, 2004).

El axolotl conocido como ajolote, monstruo acuático o científicamente *Ambystoma mexicanum*, está presente desde la mitología azteca representándolo en diferentes códices. Esta especie tomó su importancia cuando se describieron notas sobre sus propiedades medicinales, es entonces que a partir de 1863 en Europa inician con investigaciones y publicaciones sobre estos organismos, la facilidad reproductiva y alta fertilidad de la especie, es una característica que permite utilizar a los organismos en estudios de: endocrinología, regeneración, radiación, metamorfosis, trasplantes, etc. Hoy en día se cuentan con más de 3000 publicaciones dentro del campo de la biología y medicina (Vázquez, 2007).

Estudios realizados con la misma especie en Xochimilco han diseñado estrategias para aminorar la pérdida de *A. mexicanum*, entre ellas se encuentran: Erradicación de las especies exóticas, en particular aquellas con altas densidades dentro de los canales de Xochimilco (carpa y tilapia) sin afectar a las especies nativas de peces, anfibios y crustáceos. Estudios dinámicos de poblaciones por región y por especie

a fin de proponer un programa viable con resultados exitosos. Prohibición de la pesca o colecta del ajolote. Realizar monitoreos de las zonas donde el ajolote ha sido encontrado a fin de implementar acciones de vigilancia y protección más concretas, que impidan que las poblaciones naturales sigan siendo objeto de la pesca furtiva. Aunado a lo anterior es necesario realizar estudios de las zonas donde habita el ajolote, a fin de conocer a fondo las condiciones fisicoquímicas y biológicas de dichos sistemas que permitan realizar programas de repoblamiento con mayor éxito. El mantenimiento de las hidrófitas emergentes es fundamental puesto que constituyen zonas de puesta ideales para la especie. Disminuir la presencia de lirio acuático, debido a que aumenta la tasa de evaporación y disminuye la concentración de oxígeno disuelto en el agua, por lo que el fomentar su utilización como insumo en actividades agrícolas podría ser una óptima alternativa que mantenga las poblaciones de lirio bajas y funcionan como incentivo económico para los pobladores de la región. Es fundamental que se reparen y mantengan las plantas de tratamientos de agua residuales que vierten a Xochimilco y Chalco, para aumentar la sobrevivencia de las especies nativas y no se vea amenazada por altos índices de contaminación del agua (Zambrano *et al.*, 2004).

Dentro del marco legal mexicano, se creó el Comité Técnico Consultivo Nacional para la Recuperación de Especies Prioritarias (CTNCNREP) en 1999 como órgano de consulta de la SEMARNAT en materia de conservación y recuperación de las especies prioritarias de la flora y fauna. Su objetivo es establecer las bases para planificar, promover e integrar acciones y estudios relacionados con la recuperación de especies prioritarias de flora y fauna silvestre así como de sus hábitats. En los últimos años se han formalizado alrededor de 25 subcomités para la recuperación de especies prioritarias de México, entre ellos se encuentra el del género: *Ambystoma*, en donde se ha reunido y generado información sobre las especies del género, como: distribución histórica y actual, estatus poblacional, estado del hábitat, importancia ecológica, amenazas, utilización y comercio nacional e internacional, comercio ilícito, programas de conservación y manejo, legislación vigente e información de especies similares, con el fin de definir acciones necesarias para su recuperación, preservación y manejo sustentable. Entre las especies del género más representativas, trabajadas para su conservación se encuentran: *A. andersoni* (Michoacán), *A. dumerilii* (Michoacán), *A. mexicanum* (Valle de México), *A. taylori* (Puebla) y *A. tigrinum* (Puebla) (Vázquez, 2007).

El análisis de los proyectos realizados para la conservación de anfibios nos lleva a una serie de conclusiones y recomendaciones, debido a la fragilidad de la especie, entre ellas:

- ✓ Cada investigación relacionada con la conservación, debe involucrar a los diferentes sectores de la sociedad, científicos, administrativos y políticos.
- ✓ Los estudios de conservación deben ser multidisciplinarios, incorporando áreas como ecología, toxicología, epidemiología, climatología, entre otras.
- ✓ La efectividad de los programas de conservación deberá estar considerados a largo y corto plazo, proporcionando una protección y mantenimiento a las especies.
- ✓ Algunas especies, de las cuales sus poblaciones estén declinando rápidamente tendrán que implementar programas de conservación *ex-situ*, complementándolos con estrategias de conservación *in-situ*.
- ✓ Será necesario incrementar la competencia y efectividad de los programas académicos en relación a la herpetología.
- ✓ Determinar la distribución, taxonomía, historias de vida, ecología, de la especie de estudio, así como las causas de declinación más evidentes.
- ✓ Contribuir con información en relación a la declinación de especies en bases de datos a nivel internacional.
- ✓ Identificar las áreas prioritarias para la implementación de estrategias de conservación.
- ✓ Implementar estrategias de conservación que se desarrollen a través de los subprogramas de: protección y recuperación de hábitats, educación ambiental, divulgación, recuperación de especies, entre otros (Young *et al.*, 2001).

1.3.2 ESPECIE DE ESTUDIO

Generalidades

Dentro del orden Caudata, se encuentran agrupadas 3 familias; Dicamptodontidae, Rhyacotritonidae y Ambystomatidae, todos endémicos de Norteamérica. La familia Ambystomatidae, comprende 33 especies de salamandras todas correspondientes al género *Ambystoma*, distribuidas desde el sureste de Canadá hasta el Eje Neovolcánico Transversal de México, de las cuales 15 son endémicas del centro del país. (Casas *et al.*, 2003). En particular el género *Ambystoma*, se divide en dos grandes grupos en el área geográfica de México (Tabla 6).

Tabla 6. Especies del género *Ambystoma* por cuerpo de agua, arroyo o montaña y laguna o lago (Vázquez, 2007).

AJOLOTES DE ARROYO O MONTAÑA	DISTRIBUCIÓN	AJOLOTES DE LAGO O LAGUNA	DISTRIBUCIÓN
<i>A. altamirani</i>	Valle de México	<i>A. andersoni</i>	Michoacán
<i>A. leorae</i>	Rio Frio	<i>A. amblycephalum</i>	Michoacán
<i>A. ordinarium</i>	Mil Cumbres	<i>A. dumerilii</i>	Pátzcuaro
<i>A. rivulare</i>	Edo México y Michoacán	<i>A. granulosum</i>	Toluca
<i>A. zempoalaensis</i>	Zempoala	<i>A. lermaense</i>	Lerma
<i>A. bombypellum</i>	Edo. México	<i>A. mexicanum</i>	Valle de México
		<i>A. taylori</i>	Puebla
		<i>A. tigrinum</i>	Puebla
		<i>A. velascoi</i>	México

A. lermaense, representante del género *Ambystoma*, es una de las 15 especies endémicas del centro del país, los estudios realizados en torno a la especie son escasos, considerando la descripción de la especie por Taylor, estudios parasitarios en la especie, descripción del ciclo reproductivo (conservación *ex-situ*), evaluación del estatus de especies de anfibios en América Central, declaración de la especie como extinta y el estado actual de conservación en 2005 de *A. lermaense* (Mata, 2001; Aguilar *et al.*, 2002; Young *et al.*, 2001; García, 2005).

Taxonomía

Clase:	Amphibia
Orden:	Caudata
Familia:	Ambystomatidae
Género:	<i>Ambystoma</i>
Especie:	<i>Ambystoma lermaense</i> (Taylor, 1940)

Descripción

Ambystoma lermaense presenta un tamaño moderado en fase adulta, con una longitud hocico-cloaca (LHC) de 118-125 mm y adultos metamorfoseados (LHC) 78 mm y longitud de la cola 68 mm. La coloración va de negro uniforme a grisáceo uniforme, más claro en la región ventral, puede presentar algunas veces glándulas circulares en la piel, con manchas en tono crema. Cuando el organismo alcanza la madurez, presenta dientes maxilares y premaxilares bien desarrollados y en tamaño muy desigual, los dientes vomerianos están representados por dos zonas, cada una de ellas con 11 hileras de 3 a 6 dientes. Las series espleniales tienen cerca de 40 dientes acomodados en hileras transversales cortas de dos a tres dientes cada una. Los dientes mandibulares son similares a los maxilares y premaxilares en número, aunque acomodados en forma irregular en la mandíbula. En las larvas más grandes las series vomeropalatinas y pterigoideas están organizadas en una sola hilera más o menos continua a cada lado, teniendo a formar un arco separado en la parte más media. Los dientes espleniales se presentan con 40 o 45 dientes en una hilera irregular. En los organismos transformados los dientes espleniales han desaparecido; las series vomeropalatinas forman un arco angular. El paladar es circular profundo y más grande que la coana y se ha desarrollado la lengua. Algunos adultos son pedomórficos o neoténicos, es decir, que alcanzan la madurez sexual con características larvarias.

Reproducción

Su periodo reproductivo, ocurre en la época de lluvias, iniciando en julio. El tamaño de la puesta es de 841 huevos, con un diámetro de 2.40+0.36 mm y con capsula de 7.59+0.64 mm. La fertilidad de la puesta es del 26%, con una eclosión de los embriones en los estadios 39 y 40, con una longitud total de 9-10 mm (Aguilar *et al.*, 2002).

Hábitat

A. lermaense, se puede localizar en los humedales de los cuerpos residuales de la laguna de Lerma, es posible encontrarlos en canales de riego derivados de la laguna. Las condiciones del hábitat van desde un clima frío subhúmedo a veranos templados o cálidos, con una oscilación de temperatura que va de 12° C a 18° C; precipitación pluvial anual de 600 mm, los meses lluviosos son de mayo a octubre; la evaporación anual de 2,000 mm y una humedad atmosférica de 60% (García, 2005).

Distribución histórica

La especie es endémica de las cuencas del Río Lerma, ubicado en el Estado de México, su distribución histórica se registro en 8 localidades, que abarcaban los municipios de: Almoloya del Río, Lerma, Ocoyoacac, Texcalyacac, Tianguistenco y Xalatlaco. Hoy en día solo se registran cuatro localidades para la especie, distribuida en las lagunas de Chiconahuapan (Municipio de Almoloya del Río), Chimaliapan (Municipio de San Pedro Tultepec) y laguna Chignahuapan (Localidad de San Nicolás Peralta), ubicadas entre las coordenadas extremas N 19° 06' 29" y W 99° 30' 53" y N 19° 21' 48" y W 99° 30' 13" a una altitud de 2600 m.s.n.m. (Aguilar, 2005; Vázquez, 2007).

Estatus de conservación de *Ambystoma lermaense*

ESPECIE	CATEGORIAS DE RIESGO	
	IUCN, 2010	NOM-059 SEMARNAT-2010.
<i>Ambystoma lermaense</i>	CR En peligro crítico	Pr Sujeta a protección especial

Factores de riesgo

Ambystoma lermaense, es una de las especies carismáticas del país, debido a las particularidades de su morfología, siendo especie endémica del centro de México es utilizada desde tiempos inmemoriales para el consumo de los habitantes locales, como alimentación y remedios medicinales. Sin embargo actualmente sus poblaciones junto con otros anfibios, presentan una crisis ambiental, la declinación acelerada de la especie originada por: la desecación del hábitat, el asentamiento de humanos, contaminación de residuos sólidos, introducción de especies exóticas, cambio del uso de suelo, disminución en la calidad de agua y el cambio climático son aceleradores para una pérdida de la especie en su hábitat natural.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar una estrategia de conservación *in situ* para *Ambystoma lermaense*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar la caracterización de las Ciénegas de Lerma, a través del análisis de factores físicos, biológicos y sociales.
- ✓ Identificar los impactos ambientales más severos en los polígonos que conforman a las Ciénegas de Lerma.
- ✓ Determinar el área geográfica apropiada para la conservación de la especie, a través de una matriz de evaluación.
- ✓ Realizar la caracterización de la zona apropiada, considerando factores bióticos, abióticos y sociales.
- ✓ Diseñar una estrategia a través de los programas de conservación, desarrollando un plan de manejo ambiental.

3. MÉTODOS

Los métodos para la elaboración de estrategias de conservación se han ido diversificando, según la importancia de especie y hábitats en cada región. Sin embargo la planeación hacia una conservación tiene que ser sistemática y esto se ve reflejado en diferentes pasos, entre los que destacan; la identificación de áreas que tiene prioridad para la distribución de escasos recursos dedicados al manejo de la biodiversidad y la desvinculación de áreas con factores que amenazan su persistencia.

La planeación sistemática de la conservación es un enfoque estructurado a través de procesos de retroalimentación y reiteración en cualquier etapa. Estas incluyen la interacción con los pobladores de las regiones a conservar, la cartografía, el establecimiento de objetivos de conservación de biodiversidad, así como la estimación de la contribución de las áreas de protección, el uso de la complementariedad para identificar nuevas áreas de conservación y la ejecución de las decisiones derivadas del proceso de planificación y el monitoreo de las acciones de manejo para asegurar que la contribución permanente hacia las zonas determinadas (Margules y Sarkar, 2009).

Para la elaboración de este proyecto, fue necesario dividir en dos fases, la primera consistió en la caracterización de tres subsistemas: físico, biológico y social, junto con la identificación de los impactos ambientales en cada zona. La conclusión de esta fase contribuyó a la determinación de una zona prioritaria (segunda fase), donde se realizó un monitoreo de la biodiversidad de especies, viabilidad de *Ambystoma lermaense*, y el análisis social de la población. A partir de la conjunción de estos parámetros, se elaboró la propuesta de conservación *in-situ* y manejo de *A. lermaense* (Figura 1).

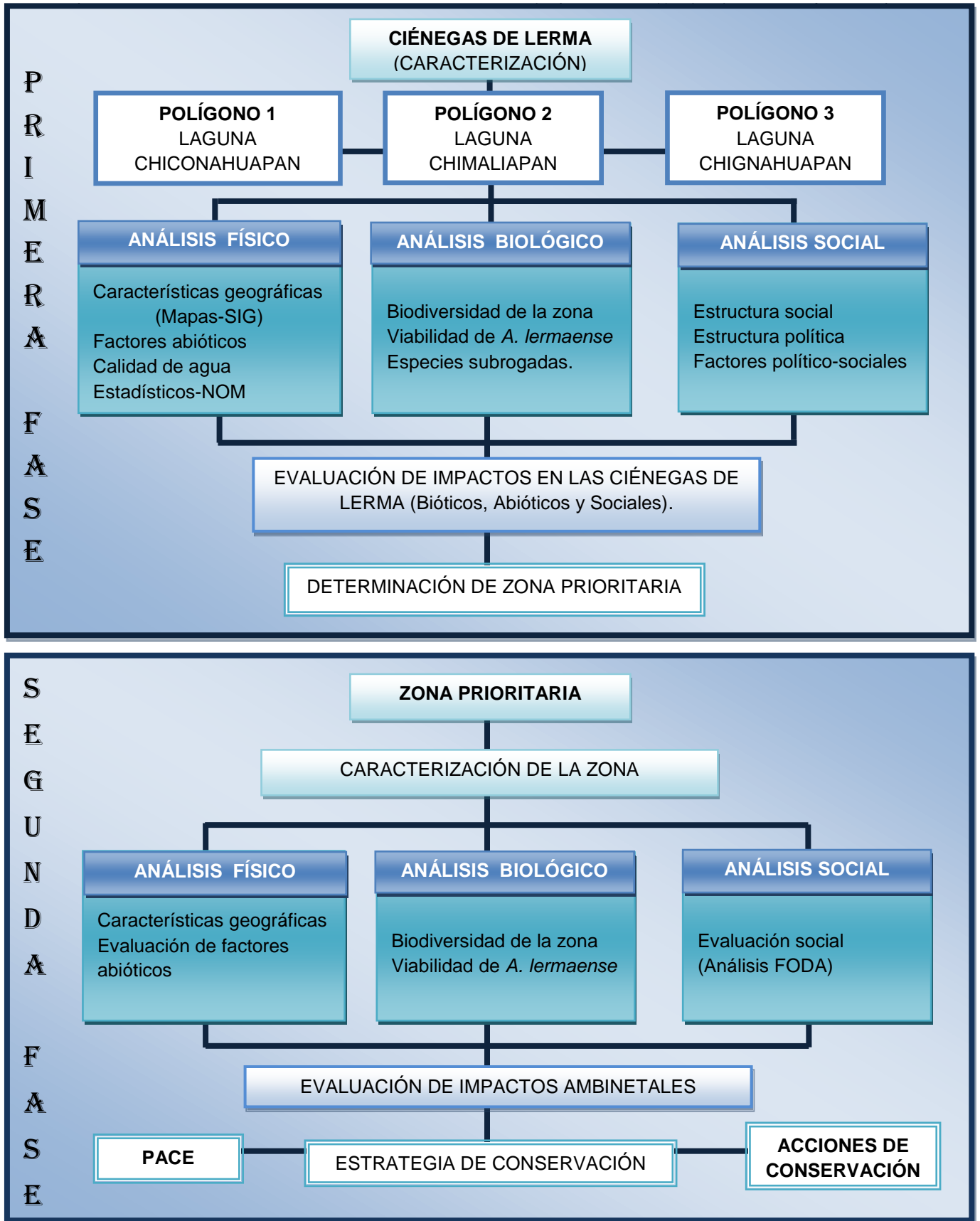


Figura 1. Fases del método aplicado para el desarrollo de la estrategia de conservación.

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS CIÉNEGAS DE LERMA

Se realizaron visitas mensuales (marzo 2010 a diciembre 2010) a las Ciénegas de Lerma, las cuales se encuentran divididas en tres polígonos, considerando los siguientes factores.

POLÍGONO	LAGUNA	MUNICIPIOS	ÁREA
1	Laguna de Chiconahuapan	Almoloya del Río Tenango del Valle Chapultepec	592 ha
2	Laguna de Chimaliapan	Capulhuac Santiago Tianguistenco San Mateo Atenco Metepec Lerma Ocoyoacac Mexicaltzingo	2081 ha
3	Laguna de Chignahuapan	Lerma	346 ha

3.1.1 ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO

Se realizó la recopilación de información bibliográfica sobre las Ciénegas de Lerma y su situación actual, considerando los componentes sobresalientes de la zona. Las características físicas, de cada punto de muestreo fueron tomadas a través de las visitas obteniendo los siguientes datos: altitud, latitud, superficie total, ubicación, tipo de suelo, clima, precipitación y área inundada. A través de esta información se generó cartografía a escala 1:9 mediante los Sistemas de Información Geográfica con apoyo del software Arc-GIS 9.3. Se utilizaron cartas geográficas, para la elaboración de los mapas.

La información obtenida del análisis físico se completó con una evaluación y monitoreo del sistema acuático propuesta por De la Lanza (2000), el cual consistió en un muestreo manual, basado en la evaluación visual de los humedales, con la finalidad de completar un mejor estudio en relación a la calidad del ambiente.

Análisis de agua

Para determinar la calidad de agua en los tres polígonos que conforman a las Ciénegas de Lerma, se tomaron varias muestras durante los meses de marzo a septiembre del 2010, repartiendo puntos de muestreo de norte a sur y de este a oeste, incluyendo entornos agropecuarios, urbanos e industriales, tomando de cuatro a cinco muestras de agua por laguna mensualmente. Se determinaron parámetros *in-situ* de temperatura y pH, con ayuda de un equipo de medición de campo (HACH). Las muestras de agua fueron colectadas en recipientes de polietileno y vidrio de una capacidad de dos litros, posteriormente fueron analizadas en el laboratorio de Calidad del Agua del CIRA de la UAEMex, donde se determinaron los siguientes parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fósforo total (PT), Nitratos (NO₃), Nitritos (NO₂), Sólidos Totales (ST), Sólidos Sedimentables (SS), y Grasas y Aceites (G y A). Los análisis se realizaron conforme a los métodos estándares. Los resultados fueron interpretados en base a la **NOM-001-ECOL-1996**, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en un humedal natural y vida libre acuática. Los datos obtenidos de los tres polígonos, se procesaron aplicando un análisis de varianza multivariado (ANOVA), tomando como factores a los polígonos y como variables a los parámetros fisicoquímicos. Como parte complementaria se determinó la presencia o ausencia del plomo en cada polígono, con base en el método NMX-AA-057 de la Norma Oficial Mexicana. Esta última actividad fue iniciada para rastrear el impacto potencial que podría ser ocasionado por la casería de aves migratorias en la zona.

3.1.2 ANÁLISIS DEL MEDIO BIOLÓGICO

En relación a las características biológicas, en cada área de muestreo, se analizó la biodiversidad de la zona, la viabilidad ecológica de la población de *Ambystoma lermaense*, así como los factores ambientales bióticos de cada zona de muestreo.

Biodiversidad de la zona

A través de la revisión bibliográfica, se realizaron listados de la diversidad de fauna (vertebrados) reportados en la zona. Comprobando la presencia o ausencia de éstos, a través de diversos monitoreos según el grupo de vertebrados. Se consideraron las categorías de riesgo según la NOM, 2010 y la IUCN, 2011, con el fin de conocer el estatus de conservación de la cada especie.

Viabilidad ecológica de *Ambystoma lermaense*

El monitoreo de la población de *A. lermaense* se realizó de marzo a octubre del 2010, en los tres polígonos que conforman a las Ciénegas de Lerma, cada monitoreo consistió en verificar la presencia o ausencia de los organismos con base a los registros históricos de la distribución de la especie. Se realizaron visitas mensuales a cada polígono, en cada sitio se verificó la superficie total inundada, de manera aleatoria se trazaron 4 cuadrantes con tamaño proporcional a la superficie total de cada polígono, en cada zona de muestreo se registraron los parámetros ambientales asociados al sitio, así como el registro fotográfico.

La observación de ejemplares se realizó de las 9:00 am a las 2:00pm debido a las características de los organismos, para colectar a los ejemplares utilizándose la técnica de Heyer *et al.*, (1994) también fueron necesarias redes matla y de cuchara, para los canales, arroyos o ríos, y chinchorro para los cuerpos de agua mayores, bordos o lagunas. Fueron obtenidos todos los datos de colecta para los organismos y posteriormente devueltos a su hábitat. Se realizó el análisis de los datos morfológicos corporales: longitud total LT, longitud hocico-cloaca LHC, longitud de cola LC, peso y observación de malformaciones por individuo. Con los datos de cada individuo se realizó la comparación de éstos en relación a la localidad de cada espécimen, por medio de un análisis multivariado (ANOVA), utilizando el software estadístico STATGRAPHICS Plus, para determinar si existían diferencias significativas entre las poblaciones por polígono.

3.1.3 ANÁLISIS DEL MEDIO SOCIAL

A través del análisis social, se permitió la identificación de los actores y las fuerzas sociales en cada polígono. El método empleado es derivado de métodos participativos y de la noción filosófica-político del pluralismo que reconoce situaciones de múltiples intereses y valores. El objetivo de este análisis es conocer tanto las actividades y manejo, como identificar a los interesados, involucrados o responsables de cada área. Para obtener los resultados se utilizó un análisis de los grupos de interés y las problemáticas que enfrentan actualmente (Social development department, 1995; Chevalier, 2001).

El análisis consistió en las categorías de: A) Identificación de los grupos de interés, B) Estructura de los grupos de interés, C) Estructura económica de los sectores de la población, D) Identificación de intereses y necesidades, E) Identificación de conflictos y negociaciones. Cada apartado del análisis fue valorado por polígono, determinado que polígono presenta una mejor estructura social. Resumiendo la información colectadas en tablas representativas.

3.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para cada polígono se diseñó una evaluación visual del humedal, utilizando las características físicas de la zona (anexo 1) diseñado por De la Lanza (2002). Dicha evaluación consistió en considerar a los diversos factores que indicaban un impacto negativo en las Ciénegas. Los factores más representativos fueron; niveles de contaminación, sustrato, vegetación, fauna, actividades antropogénicas, condiciones hidrológicas, condiciones físicas del humedal, clima, suelo y usos del cuerpo de agua. Se utilizaron diversos parámetros a medir, asignándoles a cada uno la categoría de impacto:

Muy bajo = 1

Alto = 4

Bajo = 2

Muy alto = 5

Moderado = 3

La evaluación fue dividida en tres tipos de impacto para cada polígono: impacto ambiental abiótico, impacto biótico, e impacto ambiental social.

FACTORES DE IMPACTO ABIÓTICOS

Dentro de los factores ambientales abióticos que impactan a las Ciénegas fueron considerados los elementos de agua, tierra y aire. Incluyendo: contaminación del agua, alteración de patrones de drenaje, modificación del flujo de agua, canalización, descarga de afluentes municipales y la existencia y funcionamiento de la laguna de estabilización y oxidación. También se consideraron: pavimentación, inundación, alteración en el uso de suelo, generación de residuos, desechos industrializados y la aplicación de fertilizantes con base de fosfatos.

FACTORES DE IMPACTO BIÓTICOS

En relación a los factores abióticos, se dividieron en dos componentes: flora y fauna. Representados específicamente por; agricultura, pastizales, vegetación acuática, presencia de lirio acuático, gestión de vida silvestre, densidad de la población de *Ambystoma lermaense*, amenazas directa a la especie, presencia de aves residentes y migratorias, introducción de especies exóticas e impacto del ganado en el ecosistema.

FACTORES DE IMPACTO SOCIAL

Los factores político-social, fueron analizados en conjunto, entrevistando a los representantes de cada zona, con el objetivo de identificar las necesidades e intereses de cada comunidad, así como la interacción en la zona de muestreo. Fueron consideradas las actividades como: caza de aves, urbanización, municipios que integran el área, acciones ejercidas por ejidatarios e ingresos hacia las comunidades por: agricultura, pesca y ganadería, industria privada y comercio.

3.3 DETERMINACIÓN DE LA ZONA PRIORITARIA

Para la evaluación de factores ambientales, se construyeron matrices por polígono (anexo 2; anexo 3; anexo 4) utilizando la evaluación de los impactos ambientales, impactos sociales e impacto político, el análisis de estos factores fue conjuntado en la elaboración de la Matriz de Leopold (Leopold, 1971), en base a sus respectivas acciones ambientales para la determinación de zona prioritaria para la conservación de *Ambystoma lermaense*. Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se optó por identificar a los impactos en cinco niveles, basadas en la comparación de escenarios (tabla 6.8).

Asignación de grado de impacto, en relación al nivel de magnitud de acciones ambientales para la Matriz de Leopold.

Determinación de grado de impacto	
Impacto / Magnitud	Valor
Impacto positivo	1
Impacto medianamente positivo	2
Impacto intermedio	3
Impacto medianamente negativo	4
Impacto negativo	5

3.4 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA PRIORITARIA

El método para desarrollar la estrategia de conservación en la zona prioritaria (determinada anteriormente), se requirió de la aplicación de diferentes criterios para la integración de un adecuado programa de conservación. Entre estos criterios se encuentra: 1) se realizó la evaluación de los impactos ambientales, 2) se conoció la biodiversidad de la zona, 3) se identificaron las características geológicas, 4) se integró a la sociedad con el medio ambiente, 5) se creó y desarrolló un plan de educación ambiental a nivel básico (Sather *et al.*, 2004).

3.4.1 ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO

Se realizó la caracterización de los factores físicos del polígono 3 (Laguna de Chignahuapan) ubicada en el ejido de San Nicolás Peralta, municipio de Lerma, considerando: tipo de suelo, clima, hidrología en época de secas y época de lluvias, la ubicación geográfica de la zona considerando latitud, longitud y altitud, con ello se elaboraran cartas geográficas, para la representación de la zona prioritaria con apoyo software Arc Gis 9.3.

Análisis del agua

Se determinó la calidad del agua, a través de la toma de muestras durante los meses de abril a noviembre, de 4 puntos estratégicos del cuerpo de agua, midiendo parámetros de manera *in situ*, pH y temperatura, con ayuda de un potenciómetro HACH. En laboratorio se midieron los parámetros abióticos, basados en sus respectivas normas, entre ellos de DBO (NMX-AA-028-SCFI-2001), Nitritos (NMX-AA-099-SCFI-2006), Nitratos (NMX-AA-082-SCFI-1986), SS (NMX-AA-004-SCFI-2000), ST (NMX-AA-034-SCFI-2001), y G y A (NMX-AA-005-SCFI-2000), durante los dos primeros meses de muestreos se midieron los niveles de metales que puedan existir. También se consideró la variación estacional de cada parámetro, para detectar como influye negativamente y/o positivamente la concentración de contaminantes hacia la especie de estudio.

3.4.2 ANÁLISIS DEL MEDIO BIOLÓGICO

La medición de los factores biológicos, se realizó a través de los siguientes parámetros:

Vegetación asociada

A través de la recopilación bibliográfica, se elaboró un listado de la vegetación considerada para el Alto Lerma, publicada en los diferentes artículos. Se realizaron visitas mensuales de enero a diciembre de 2011, con el objetivo de realizar un muestreo en la zona en relación a la vegetación asociada, considerando la vegetación acuática, semiacuática y terrestre, en los meses de febrero a mayo para la determinación de plantas terrestres y de junio a septiembre para la determinación de plantas acuáticas y semiacuáticas. Los ejemplares fueron colectados y prensados, para posteriormente secarlos, la determinación de especies se desarrolló con ayuda de guías de determinación de vegetación (Rzedowski y Rzedowski, 2010).

Fauna asociada

Durante el periodo de enero a diciembre de 2011, se realizaron visitas al polígono 3 de las Ciénegas de Lerma, para identificar la fauna asociada en el área. Los métodos de muestreo empleados fueron directos e indirectos según el grupo de vertebrados a muestrear. Para confirmar la riqueza de especies en el áreas se elaboró un listado de especies en la Ciénegas de Lerma (Ceballos, 2003), comparándolo con la diversidad de vertebrados terrestres del Estado de México (Aguilar *et al.*, 2009).

El monitoreo de vertebrados consistió en visitas mensuales a cada polígono en un periodo de 12 meses, cada una con duración de dos días. Los muestreos fueron elaborados según las especies a identificar.

Para reptiles se trazaron transectos lineales de 10 a 15 metros, paralelas al cuerpo de agua, en cada visita, registrado avistamientos directos e indirectos en un horario de 10:00 am a 2:00 pm. En relación a los anfibios se realizó la caracterización del cuerpo de agua, debido a las características geográficas del área (profundidad, presencia de vegetación y características del suelo) seleccionando aleatoriamente zonas a muestrear fueron utilizadas las técnicas adecuadas para la extracción y avistamiento de organismo en un horario de 9:00 am a 5.00 pm, su identificación se realizó con ayuda de guías y regresados a su hábitat natural (Heyer *et al.*, 1994, Casas *et al.*, 1999, Flores-Villela *et al.*, 1995).

En relación al muestreo de aves se realizaron recorridos en cuadrantes seleccionados (4 a 6) para efectuar registros visuales y auditivos. Por cuadrantes se realizaron observaciones estáticas de 20 a 30 minutos. Los monitoreos fueron realizados durante visitas quincenales, de enero a diciembre 2011, en dos horarios: 6:00 am a 2:00pm y de 4:00 a 6:00 pm, las especies fueron determinadas con ayuda de guías especializadas (Perlo, 2006; Edwards, 1998; Peterson, 1998).

Para la diversidad de peces en el área, se muestrearon los cuadrantes del cuerpo de agua seleccionados aleatoriamente, de marzo a septiembre 2011, con ayuda de chinchorros, redes matla y redes de cuchara se obtuvieron a los especímenes fueron colocados en mascoterías para su identificación con ayuda de guías y posteriormente liberados en la zona de muestreo (Alvares, 1970).

Se empleó un método indirecto para la determinación de mamíferos, en un periodo de 12 meses, donde en el recorrido por el polígono 3, se localizaron rastros de mamíferos como: huellas, excretas y madrigueras. También fueron registradas de manera directa, a través de observaciones de pequeños mamíferos en la zona. Se emplearon la ayuda de guías especializadas para la determinación de especies.

Viabilidad ecológica de *Ambystoma lermaense*.

El análisis de la viabilidad ecológica, se realizó en base a los muestreos mensuales de cada población, en donde se considerando las características de las mismas, determinando el estado de salud de la población, por medio de características de los organismos y su estabilidad en relación a los impactos ambientales, así como la estimación del tamaño de la población en los cuerpos de agua.

3.4.3 ANÁLISIS DEL MEDIO SOCIAL

El análisis del medio político-social, consistió en la evaluación de la comunidad, considerando a 2 estratos dentro de la población (Ejidatarios y Habitantes). También se consideraron a los representantes ejidales. Para este análisis, se utilizó la combinación de factores internos y externos de la organización, considerando a: recursos económicos, destrezas y actitudes de los responsables directos. Se realizaron reuniones con los ejidatarios directos, talleres participativos en las asambleas y el trabajo en el área con los integrantes del cuerpo de vigilancia de la laguna. Se llevó a cabo la aplicación de encuestas, dividiéndola en 2 grupos. Adultos de 16 a 60 años y de 4 a 15 años, con el objetivo de identificar las necesidades prioritarias en cada sector. Posteriormente de cada conjunto de encuestas se realizó un análisis FODA, el cual consistió en la determinación de las

fortalezas (F), oportunidades (O), Debilidades (D) y amenazas (A) que alteran, afectan o benefician al proyecto de conservación. La información obtenida del trabajo con los ejidatarios, fue resumida en matriz para ser analizada, considerando diversos indicadores a los cuales se les asignaron diferentes valores según la categoría del análisis.

3.5 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Fueron considerados los cambios o variaciones en las diversas variables ambientales, derivados de las condiciones sociales, naturales y políticas. A través de los análisis del medio físico, biológico y social se desarrollaron matrices considerando los impactos que afectan a la diversidad de la zona. El análisis de los impactos ambientales fue resumido en la elaboración de una matriz, considerando las principales actividades que originan un impacto ambiental y mencionando las consecuencias a largo y corto plazo para la comunidad.

3.6 ELABORACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN

En relación a los diversos criterios que establecen las leyes de política ambiental se realizaron y verificaron las actividades permisibles y decretos de creación basados en los reglamentos de la Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Con la elaboración de un plan normativo, se planteó el diseño de programas ecológicos y las proyecciones viables a nuestro sitio de conservación. Fue necesario realizar la integración multidisciplinaria basándose en todos los datos obtenidos de la situación actual del medio ambiente, clasificando los impactos ambientales positivos y negativos, directos o indirectos y los inmediatos o a largo plazo, con el objetivo de obtener una planificación, y posteriormente realizar la construcción y operación. La gestión y manejo ambiental será establecida dentro del marco legal competente, con ello se seleccionaran los instrumentos de gestión ambiental para el desarrollo del proyecto, orientados a mitigar o evitar los impactos, establecer medidas de contingencia ante eventos atípicos, así como el monitoreo constante de la zona. Se trabajó con diversos programas de conservación los cuales contienen medidas de carácter técnico, social y de control ambiental que eviten o minimicen los efectos en el área de estudio, estos programas deberán estar orientados a prevenir, controlar, atenuar y compensar las alteraciones que se originen y que pongan en riesgo la estabilidad de los ecosistemas, para ello se tendrá la capacitación de ejidatarios para conducirse bajo criterios de desarrollo sustentable.

3.6.1 DESARROLLO DE LOS PROGRAMAS DE ACCIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE *Ambystoma lermaense*

Los programas se desarrollaron bajo los criterios de “PACE”, los cuales contienen las estrategias, actividades y acciones a desarrollar a corto, mediano y largo plazo. Cada subprograma fue orientado hacia la ejecución directa sobre *Ambystoma lermaense* y su hábitat natural, los subprogramas contienen: introducción, objetivos y metas de acuerdo a tema de estrategia.

- a) Protección: Regulación de actividades antropogénicas.
- b) Manejo: Protección a *Ambystoma lermaense* y sus especies asociadas a la sobrevivencia de la misma.
- c) Restauración: Diseñar actividades que mitiguen el impacto ambiental en el polígono.
- d) Conocimiento: contribuir al conocimiento de la biología de *A. lermaense* y monitoreo periódico de la especie.
- e) Cultura: Comunicación, difusión y educación de la *A. lermaense* y el humedal.
- f) Gestión: Involucrar a la comunidad, investigadores y autoridades para la conservación de la zona y sus especies asociadas.

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS CIÉNEGAS DE LERMA

Las Ciénegas de Lerma, están ubicadas en el Estado de México, su superficie total es de 3,023 ha, divididas en tres polígonos (Mapa 1). Polígono 1, Laguna de Chiconahuapan, ubicada entre las coordenadas 19°08'- 19°09' latitud norte y 99°29'- 99°31' longitud oeste, a una altitud de 2,580 m con una superficie de 596 ha. Polígono 2, Laguna de Chimaliapan, ubicada entre 19°13'- 19°16' latitud norte y 99°29'- 99°31' longitud oeste, abarcando 2,081 ha a una altitud de 2,560 m.s.n.m. Polígono 3, Laguna de Chignahuapan, con 346 ha, a una altitud de 2,560 m.s.n.m y se encuentra entre los 19°20'- 19°21' latitud norte y 99°29'- 99°31' longitud oeste. La disminución territorial de las Ciénegas se ve reflejada en la acelerada pérdida de la biodiversidad

4.1.1 ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO

La elaboración de mapas cartográficos con ayuda del software Arc-GIS 9.3 determinó las características físicas de los tres polígonos que constituyen a las Ciénegas de Lerma. La distribución de las Ciénegas de Lerma abarca 10 municipios con diferentes poblados del Estado de México (Mapa 2).

El polígono 1, conocido como Laguna de Chiconahuapan o Laguna de Almoloya del Río, se ubica al sur de la cuenca del Río Lerma. En los municipios de Almoloya del Río, Santa Cruz Atizapan y Texcalyacac, dentro de estos municipios se encuentran los poblados de: San Nicolás Coatepec, San Lorenzo Huehuetitlan, San Pedro Techuchulco, Santa María Jajalpa, San Juan la Isla, Santiaguito Coaxustenco, San Sebastián, San Luis Tunco, San Gaspar Tlahuizilpan y Barrio de Guadalupe. Este polígono, presenta una superficie plana, lo que facilita la urbanización y expansión de la población. Su hidrología está compuesta por una serie de arroyos que alimentan en su totalidad a la laguna.

El polígono 2, Laguna de Chimaliapan, presenta la extensión más amplia de las Ciénegas, se encuentra conformado por 2 subcuencas (2,3), ubicada en el noreste de la cuenca. En los municipios de Capulhuac, Santiago Tianguistenco, San Mateo Atenco, Metepec, Lerma Ocoyoacac y Mexicaltzingo. Los poblados principales que la integran a la laguna son: Guadalupe Victoria, San Miguel Almaya, San Pedro Tultepec, Guadalupe Yancuitlalpan, San Pedro Cholula y parte de Xalatlaco. Esta zona se caracteriza por tener una superficie con pendientes fuertes hacia el oriente y plana hacia el poniente, lo que facilita las zonas de inundación.

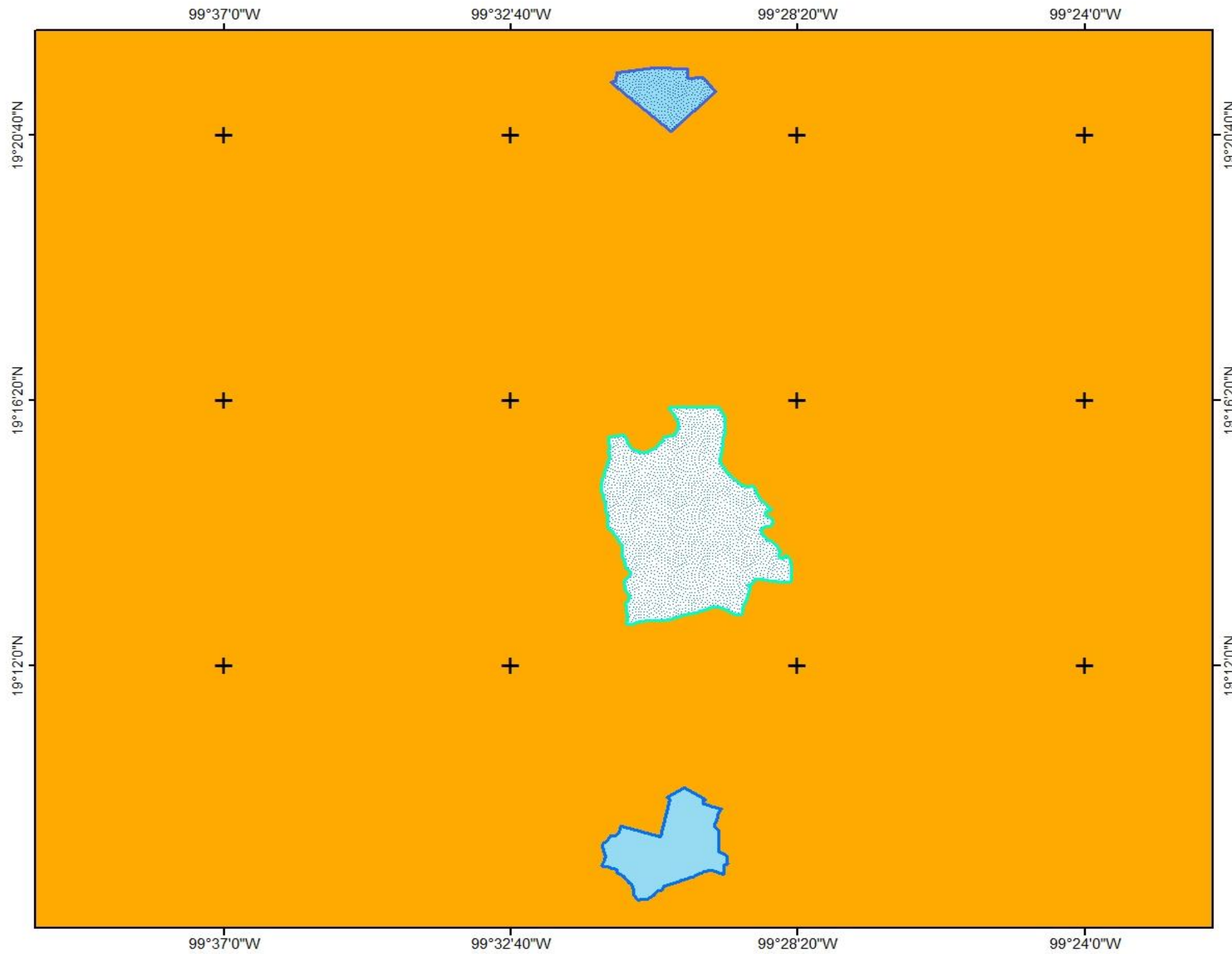
En relación al polígono 3 conocido como Laguna de Chignahuapan o Laguna de Atarasquillo se localiza al norte de la subcuenca. Abarcando el municipio de Lerma, relacionada a los poblados de: La Concepción, Xochicuautla, Sacamulpa, Huizitzilapan, Sta Ma. Tlalmimilopan, San Lorenzo Huizitzilapan, San Pedro Huizitzilapan, Metate Viejo, Santiago Analco, San Mateo Atarasquillo, Santa María Atarasquillo, San Nicolás Peralta y La colonia Álvaro Obregón. Este polígono se caracteriza por tener una superficie con pendiente fuertes hacia el norte y oriente y plana hacia el poniente, en donde se localizan zonas de inundación cercanas al Río Lerma y a la población del Cerrillo.

El Estado de México ofrece condiciones de clima templado a excepción de una región pequeña, que corresponde a la zona del Nevado de Toluca donde presenta clima frío. Particularmente el clima de la zona para los tres polígonos que conforman a las Ciénegas de Lerma es uniforme, siendo templado subhúmedo, con lluvias en verano (C(w₂)(w)b(i)g), registrando una temperatura media anual entre los 10°C y 14°C y precipitación media anual de 800 a 1200 mm (Mapa 3).

La caracterización de los tipos de suelos en las Ciénegas de Lerma, se observa en el mapa 4, donde el polígono 1 presenta un tipo de suelo únicamente litosol, lo que facilita la recarga del manto freático por su composición arenosa. El polígono 2 presenta la mayor diversidad de suelo de las tres zonas, destacando: histosol eutrico, feozem gleylco y feozem haplico, presentando diversas características en la zona de inundación. El polígono 3 está representado por feozem gleylco en mayor proporción y vertisol pelico producto de la sedimentación, siendo particular impermeables de arcilla que facilitan la inundación en el área (Mapa 4).

Debido a las condiciones climáticas en el Estado de México, las características de los suelos que conforman a las Ciénegas y el aumento de las diversas actividades antropogénicas, los polígonos presentan diferentes proporciones de inundación, en época de lluvias y época de estiaje.

Para el polígono 1 el cual se encuentra registrado con una superficie total de 596 ha, se observa una reducción del 20% de su área total en época de lluvias con un total de 480.9 ha. En la época de estiaje la zona de inundación disminuye el 42% del total de la zona (341.6 ha) (Mapa 5). El polígono 2 es la laguna más grande de las Ciénegas con un total de 2,081 ha, en época de lluvias su reducción es del 26% lo equivalente a 1,543.6 ha en la época de estiaje la zona de inundación es de 1260 ha reduciendo el 40% de la zona registrada. (Mapa 6). Por último el polígono 3 con una superficie de 346 ha es la laguna con menor proporción territorial de las Ciénegas. En época de lluvias su zona de inundación es de 265.7 ha, reduciendo el 23% del área, siendo más drástica la reducción en época de secas, inundándose solo 192 ha equivalente al 45% (Mapa 7).




Universidad Autónoma del Estado de México


Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales





Mapa 1. Ubicación de las Ciénegas de Lerma

Tesis de Maestría
*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**




Descripción
 Polígonos que conforman a las Ciénegas de Lerma, Estado de México.

Simbología

 Estado de México	 Polígono 1
 Polígono 2	 Polígono 3

Escala: 1:10,000

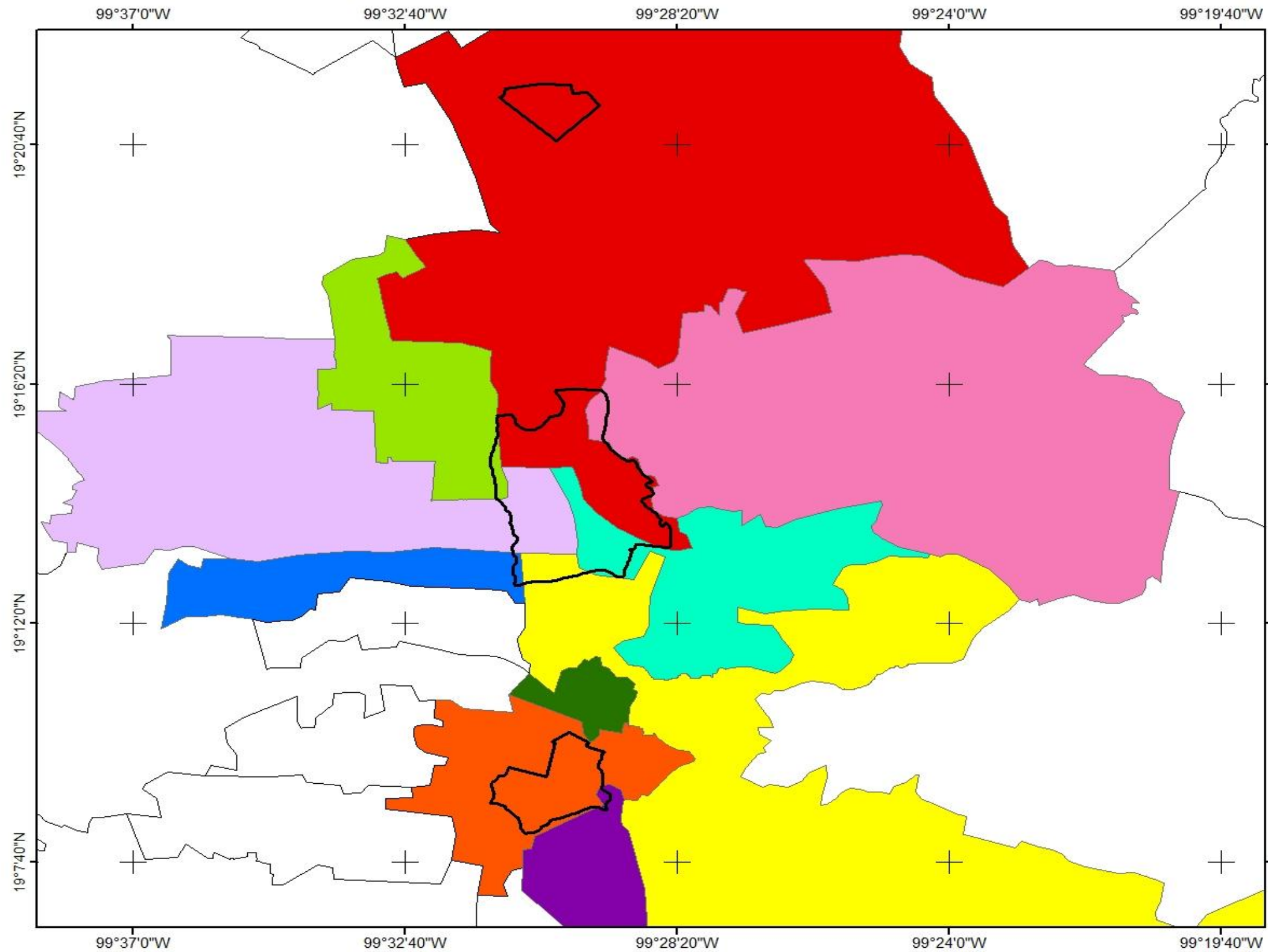
0 0.01 0.02 0.03 0.04

 Kilometros

Microlocalización



Proyección: Universal Transversal of Mercator
 Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.




Universidad Autónoma del Estado de México


Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Mapa 2. Ubicación de las Ciénegas de Lerma, en los Municipios del Estado de México.

Tesis de Maestría

*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**



Descripción

Municipios que conforman a las Ciénegas de Lerma, Edo. Méx.


Simbología

Edo, México	San Mateo Atenco
Ciénegas de Lerma	Capulhuac
Lerma	Mexicaltzingo
Almoloya del río	Metepec
Tlanguistenco	Ocoyoacac
Texcalyacac	Sta. C. Atizapan

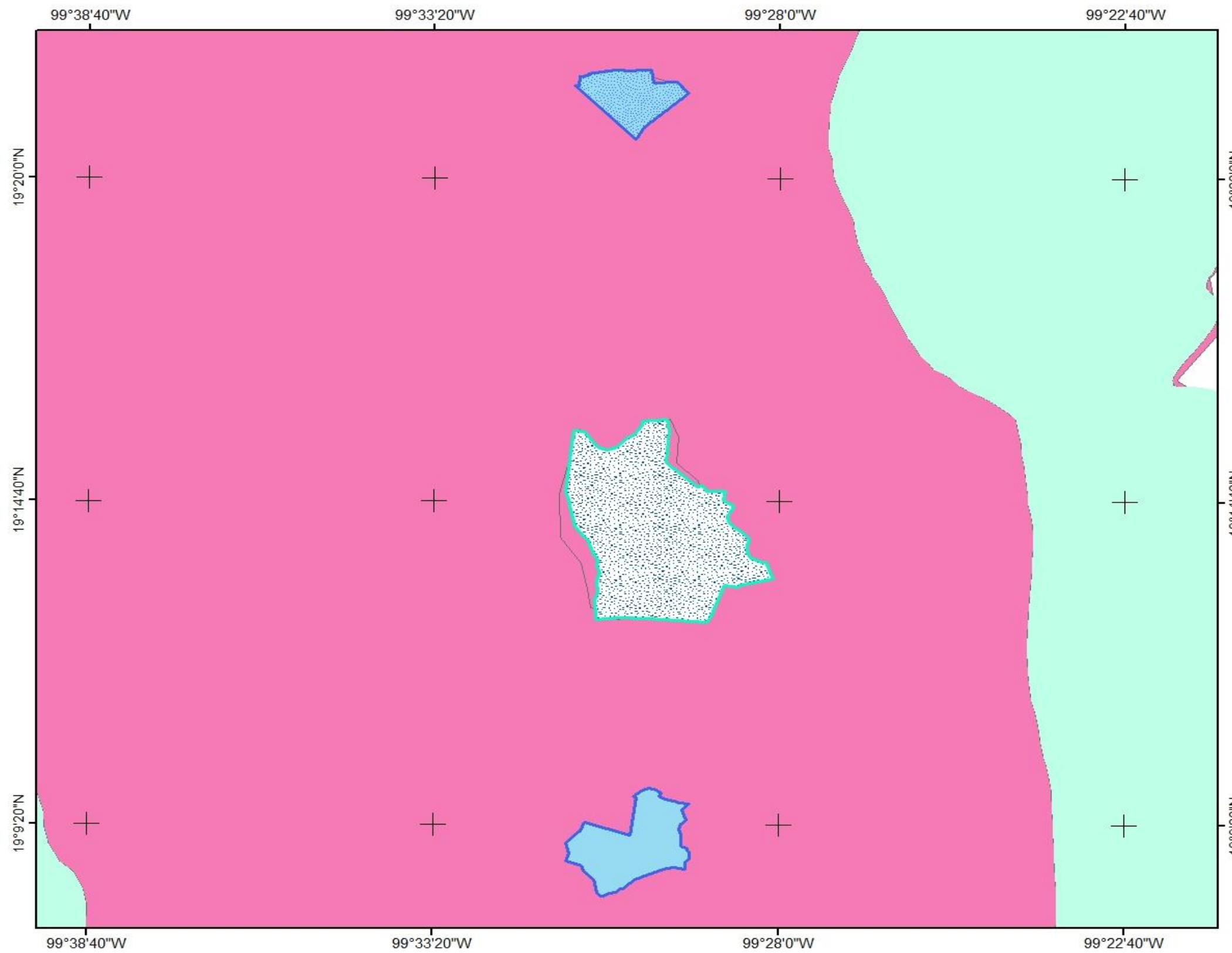
Escala: 1:10,000

0 0.5 1 2 3 4 Kilometros

Microlocalización



Proyección: Universal Transversal of Mercator
 Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.




Universidad Autónoma del Estado de México


Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales










Mapa 3. Tipo de clima en las Ciénegas de Lerma, Estado de México.

Tesis de Maestría
*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**



Descripción
 Clima Predominante; (C(w2)(w)b(i)g)
 Ciénegas de Lerma

Simbología

 Polígono 1	 Clima Calido
 Polígono 2	 Clima Semicalido
 Polígono 3	 Clima Semifrio
 Clima Frio	 Clima Templado
 Clima Seco	

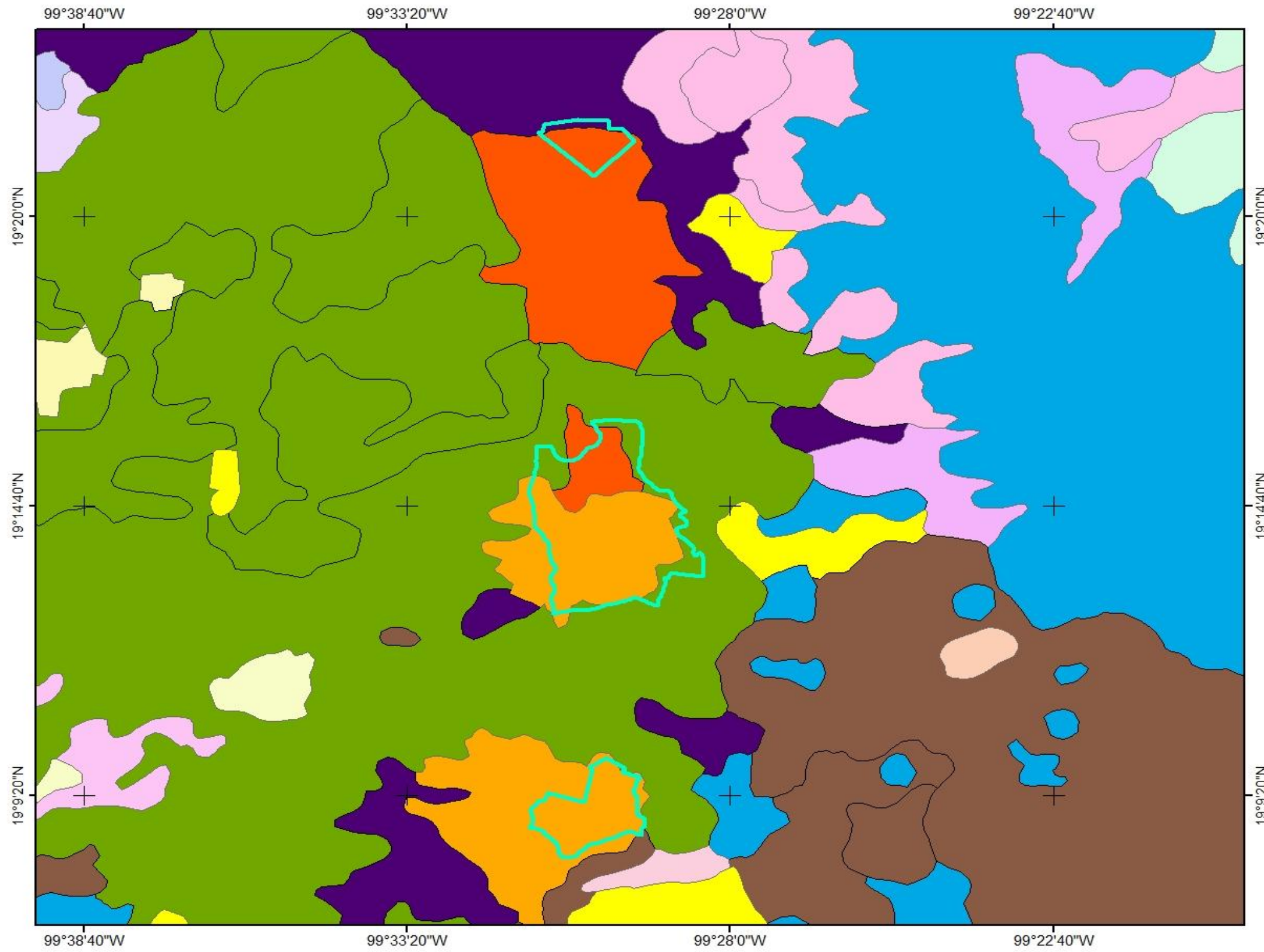
Escala: 1:10,000

0 0.01 0.02 0.03 0.04
 Kilometros

Microlocalización



Proyección: Universal Transversal of Mercator
 Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.




Universidad Autónoma del Estado de México


Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias
 y Recursos Naturales

Mapa 4. Tipo de suelos en las Ciénegas de Lerma, Estado de México.

Tesis de Maestría
*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**



Descripción
 Diversidad de suelos en las Ciénegas de Lerma

Simbología

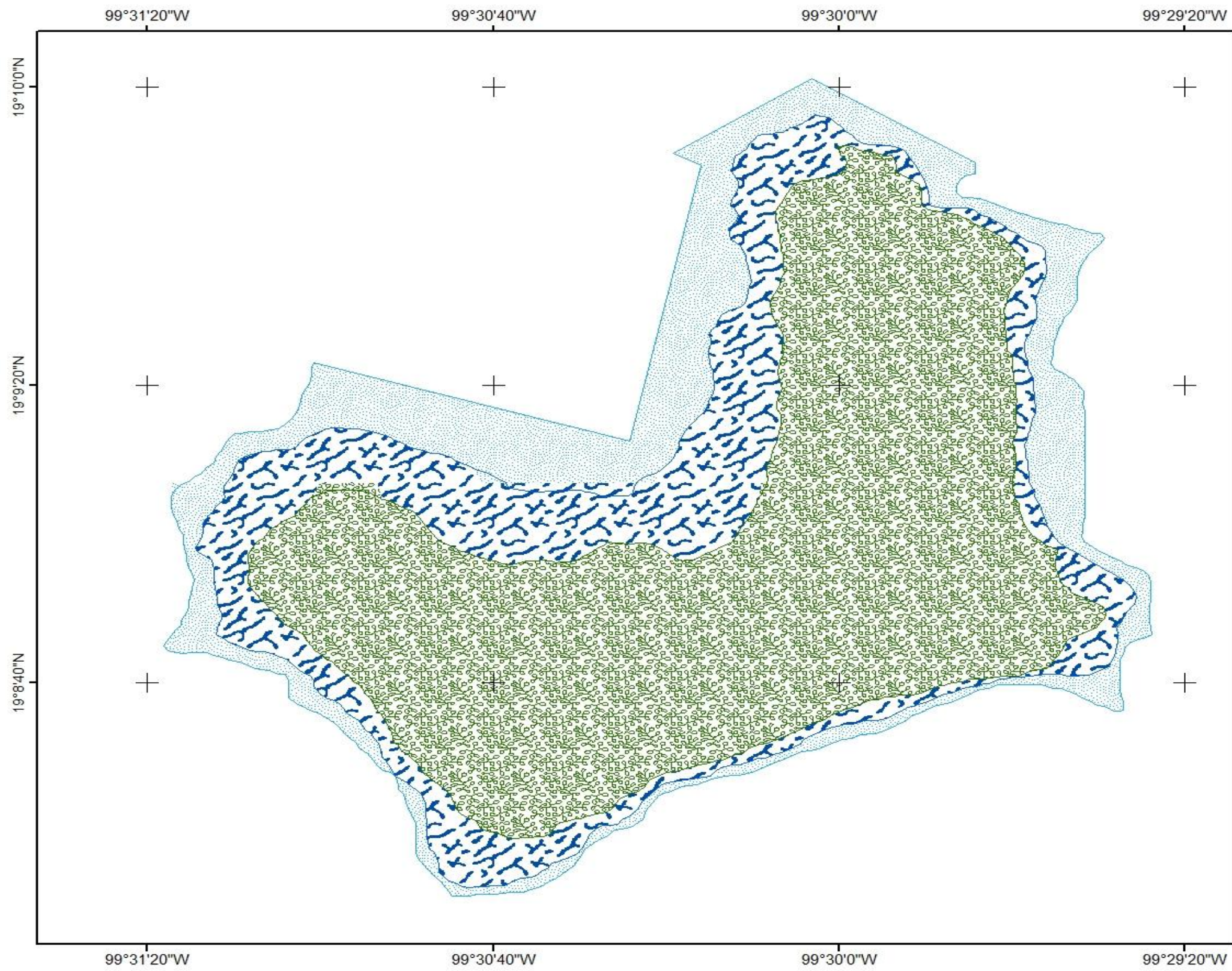
-  Ciénegas de Lerma
-  Feozem gleylico
-  Vertisol pelico
-  Histosol eutrico
-  Ansol humico
-  Feozem haplico
-  Andosol molico
-  Luvisol cromico
-  Litosol

Escala: 1:10,000
 0 0.01 0.02 0.03 0.04
 Kilometros

Microlocalización



Proyección: Universal Transversal of Mercator
 Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.




Universidad Autónoma del Estado de México


Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Mapa 5. Época de lluvias y secas, Polígono 1. Laguna de Chiconahuapan.

Tesis de Maestría
*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**



Descripción
 Variación de las zonas de inundación en 2 épocas del año.
 Polígono 1, Laguna de Chiconahuapan

Simbología

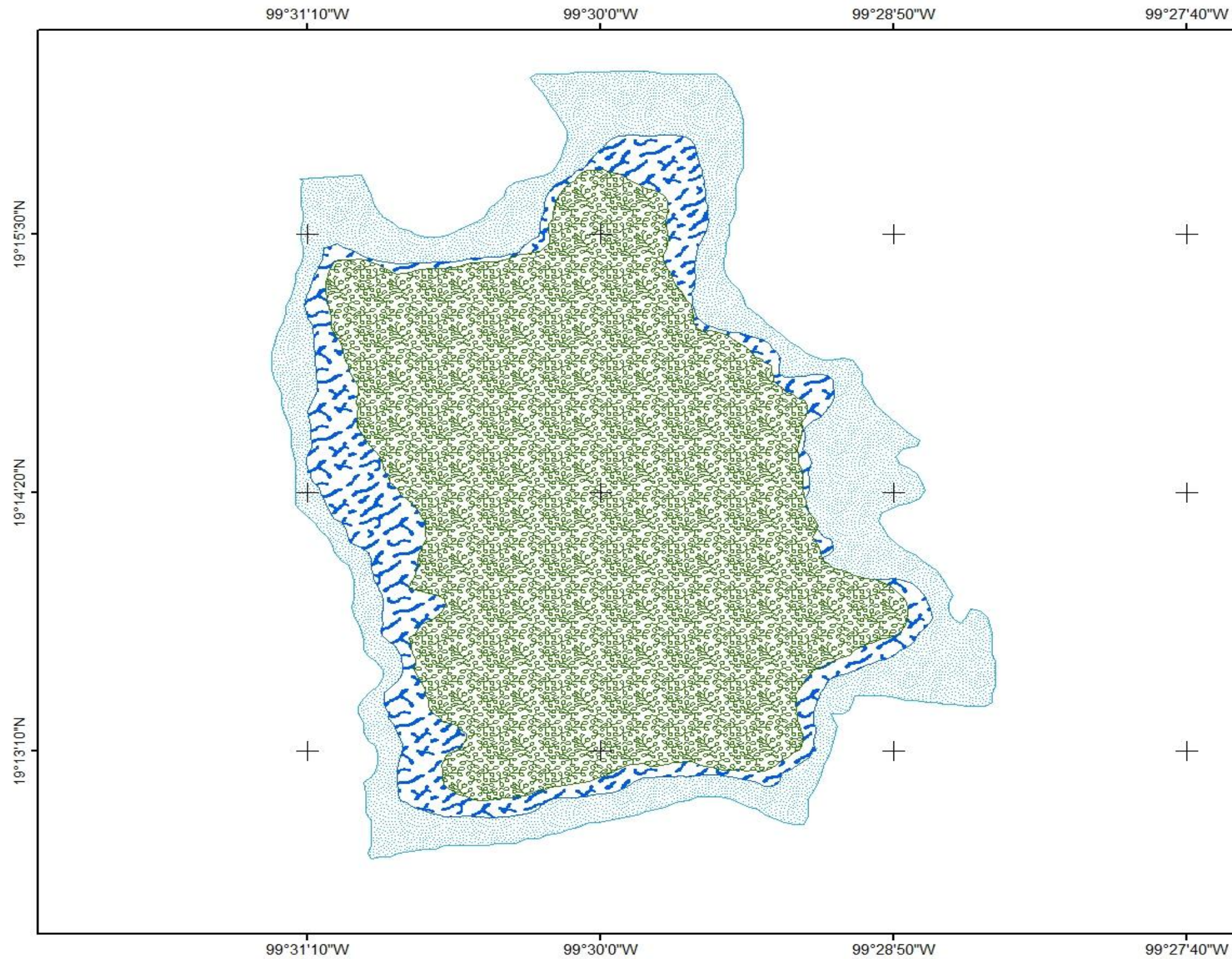
-  Polígono 1
-  Época de lluvias
-  Época de secas

Escala: 1:10,000
 0 0.01 0.02 0.03 0.04
 Kilometros

Microlocalización



Proyección: Universal Transversal of Mercator
 Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.



Centro de Investigación en Recursos Bióticos
Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Mapa 6. Época de lluvias y secas, Polígono 2. Laguna de Chimaliapan.

Tesis de Maestría
*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**



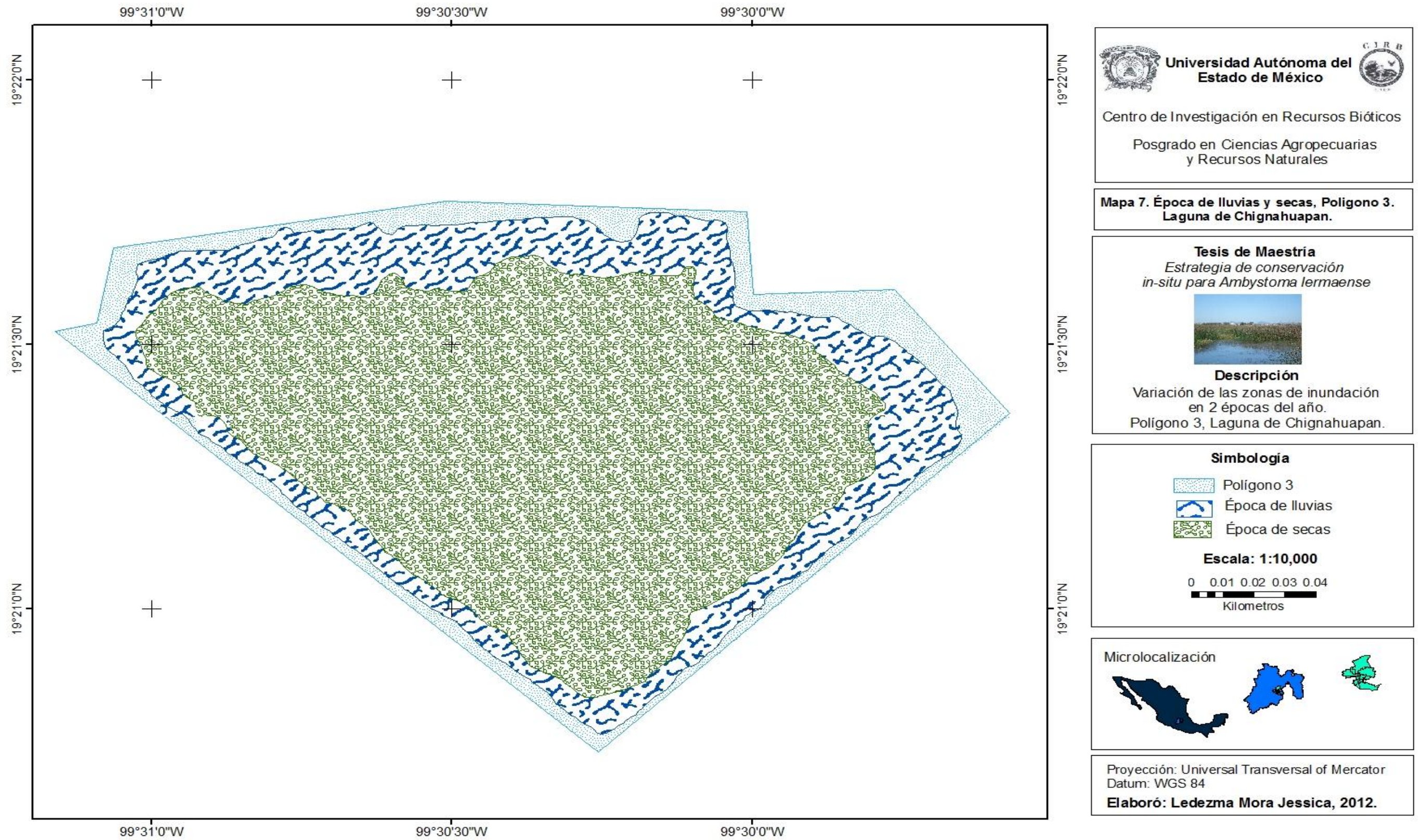
Descripción
Variación de las zonas de inundación en 2 épocas del año.
Polígono 2, Laguna de Chimaliapan

- Simbología**
- Polígono 2
 - Época de lluvias
 - Época de secas

Escala: 1:10,000
0 0.01 0.02 0.03 0.04
Kilometros



Proyección: Universal Transversal of Mercator
Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.




Universidad Autónoma del Estado de México
 Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Mapa 7. Época de lluvias y secas, Polígono 3. Laguna de Chignahuapan.

Tesis de Maestría
*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**

Descripción
 Variación de las zonas de inundación en 2 épocas del año.
 Polígono 3, Laguna de Chignahuapan.

Calidad del agua

Los valores obtenidos durante el muestreo realizado a las Ciénegas de Lerma en el 2010 se ven representados en la tabla 7. En general los tres polígonos se registraron con contaminación en diferentes niveles. Particularmente en el polígono 1, se observaron los valores más altos de DQO con 332.4 mg/L, ST con valores de 877.7 mg/L, 27.4 mg/L de G y A y 12.9 mg/L en los SS. Los valores de DBO (58.4 mg/L) y PT (3.4 mg/L) pueden llegar a alterar los procesos biológicos en el humedal. Para el polígono 2, el parámetro de G y A registró 43.6 mg/L, disminuyendo a 28 mg/L y 27.4 mg/L en el polígono 3 y 1 respectivamente. En relación al pH se registraron valores adecuados para el humedal, siendo de 6 para el polígono 1 y 2 y subiendo a 8 en el polígono 3. La temperatura se ve relacionada a la temperatura ambiente y al tamaño de los cuerpos de agua, siendo entre los 18 y 20°C. Los valores de nitratos fueron de 0.1 mg/L en el polígono 2 y de un mínimo de 0.05 mg/L en el polígono 1. Los ST son considerados altos para todos los polígonos, siendo de 449.7 mg/L para 2, aumentando a 581.5 en el 3 y hasta 877.7 en el polígono 1.

Tabla 7. Media y desviación estándar de los parámetros fisicoquímicos medidos de marzo a septiembre 2010, en los 3 polígonos de las Ciénegas de Lerma.

*Valores registrados para calidad de agua en literatura citada (Hernández, C. & E. Lanza. 2001; Déniz-Quintana, 2010).

PARAMETRO		POLÍGONO 1	POLÍGONO 2	POLÍGONO 3	NOM-001- ECOL-1996
DBO	mg/L	58.4 ± 69.7	18.1 ± 20	13.2 ± 13.6	75
DQO	mg/L	332.4 ± 210.3	97.2 ± 57.3	132.5 ± 115.6	200*
PT	mg/L	3.4 ± 1.1	0.6 ± 0.3	0.3 ± 0.1	5
G y A	mg/L	27.4 ± 12.1	43.6 ± 53.4	28 ± 23.9	15
NO ₃	mg/L	0.05 ± 0.009	0.1 ± 0.09	0.08 ± 0.04	1.0
NO ₂	mg/L	0.01 ± 0.01	0.003 ± 0.001	0.004 ± 0.002	0.5
ST	mg/L	877.7 ± 351.9	449.7 ± 125.8	581.5 ± 118.7	300*
SS	mg/L	12.9 ± 18.4	1.2 ± 1.6	1 ± 1.5	1
pH		6.6 ± 0.2	6.3 ± 0.2	8.2 ± 1.2	9.0
Temp	°C	18.8 ± 2.3	19 ± 1.3	20.6 ± 1.5	40

Con ayuda de la ANOVA de una vía, se determinó que el polígono 1 presenta diferencias significativas en los parámetros de DQO, PT y ST con una $p < 0.05$ en comparación con los polígonos 2 y 3, representadas en la figura 6.1. La media del parámetro de pH fue diferente en el polígono 3, registrada con valores cercanos a 8 en comparación a los polígonos 1 y 2 (Figura 2).

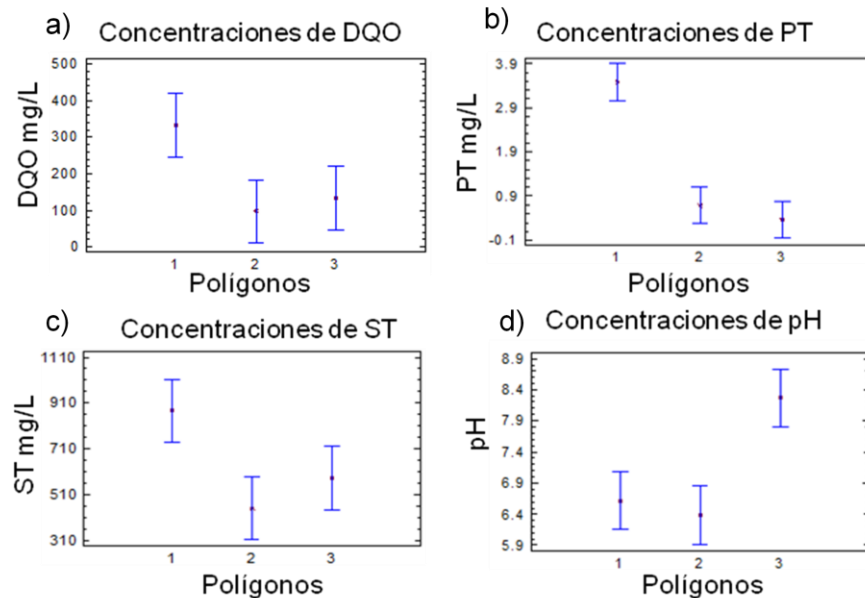


Figura 2. Análisis multivariado (ANOVA), comparación entre las medias de los parámetros fisicoquímicos, que presentan diferencias significativas en los polígonos de las Ciénegas de Lerma, de marzo a septiembre de 2010. – a) Concentración de DQO, b) concentración de PT, c) concentración de ST, d) concentración de pH-.

En cuanto a la variación estacional (Figura 3), se observó un aumento en la concentración de los parámetros fisicoquímicos en la época de lluvias. Los parámetros DBO y DQO aumentaron entre junio y julio hasta el doble de lo registrado en los meses de marzo a mayo en los tres polígonos. El fósforo total fue alto durante todo el año en el polígono 1 (3.4 mg/L) en comparación con el 2 y 3, disminuyendo ligeramente entre los meses de agosto y septiembre. Los ST aumentaron su concentración en los tres polígonos en los meses de mayo a julio, relacionado a la temperatura del ambiente y la época de lluvias. El análisis para la determinación de plomo en las Ciénegas, resulto positivo en los polígonos 1 y 2 con valores de 1.0 mg/L.

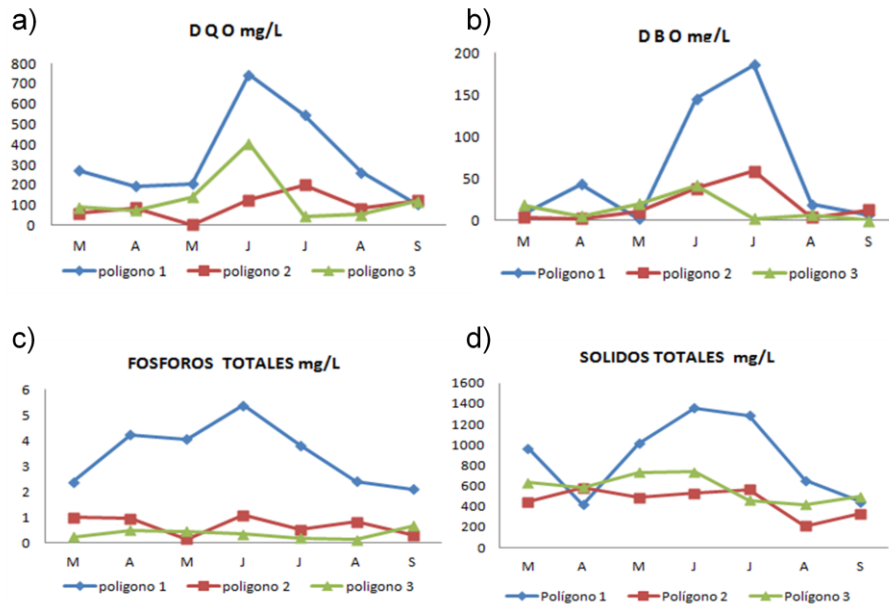


Figura 3. Variación estacional de los parámetros fisicoquímicos, en los polígonos de las Ciénegas de Lerma.- a) variación de DQO, b) variación de DBO, c) variación de Fósforos totales, d) variación de Sólidos totales-.

4.1.2 ANÁLISIS DEL MEDIO BIOLÓGICO

Biodiversidad de la zona

Entre la amplia biodiversidad que se registra en las Ciénegas de Lerma, la diversidad faunística está representada principalmente por vertebrados entre los que encontramos aves, mamíferos, reptiles, peces y anfibios. La elaboración de los listados de las especies registradas para las Ciénegas de Lerma, con la comparación de los listados de vertebrados en el Estado de México y la realización del monitoreo de las especies, ausencia y presencia de las mismas, permitieron la identificación de especies prioritarias. La tabla 6.2 muestra un resumen de la cantidad de especies confirmadas.

Siendo el grupo más representativo las aves registradas hasta 100 especies de las cuales 2 son endémicas y 4 con alguna categoría de riesgo. En relación a los mamíferos se consideraron 11 especies de los cuales 4 son introducidos. Con un total de 6 peces registrados, 2 de ellos son endémicos y considerados como especies amenazadas y 3 introducidos. El grupo más estable, sin riesgo registrado por la NOM-2010 son los reptiles con 5 especies registradas. Por último los anfibios son representados por 4 especies de las cuales, 1 es introducida, y 1 es endémica y con categoría de riesgo.

Particularmente y de gran importancia se observó la presencia de las especies endémicas en los tres polígonos, como son: *Chirostoma riojai*, *Ambystoma lermaense*, *Conturuncops noveboracensis goldmani* y *Geothlypis speciosa* (Tabla 21).

Tabla 8. Biodiversidad representativa de las Ciénegas de Lerma, Estado de México.

GRUPO	ESPECIES REGISTRADAS	ESPECIES ENDEMICAS	ESPECIES AMENAZADAS (NOM-050, 2010)	ESPECIES INTRODUCIDAS
FAUNA				
Aves	100	2	4	0
Mamíferos	11	0	0	4
Peces	6	2	2	3
Reptiles	3	0	0	0
Anfibios	3	1	1	1
FLORA				
Angiospermae	118	6	4	5
Pinophyta	2	0	0	2
Pteridophyta	3			

Las Ciénegas de Lerma presenta una amplia diversidad florística, como parte de su identificación la vegetación se caracterizó en tres divisiones: Angiospermae, Pinophyta y Pteridophyta. Para los tres polígonos la vegetación más representativa fue la división Angiospermae, en donde se registraron dos taxas Magnoliopsida y Liliopsida, siendo es su mayoría plantas acuáticas. Dentro de estos grupos pertenecen 6 especies endémicas, 4 amenazadas y 5 introducidas (Tabla 8). Pinophyta se representó por dos especies, ambas introducidas.

Con un total de 123 especies, las Angiospermae son las más representativas para los tres polígonos, con hábitos principalmente acuáticos. Esta vegetación presenta diferentes formas de vida, según las características en donde se desarrollan, es por ello que el registro de la vegetación fue clasificada en 4 diferentes formas de vida en cada uno de los polígonos (Tabla 8). La diversidad de especies en los tres polígonos es similar, debido a las características físicas, geográficas y ambientales de cada área. Una de las especies que se encontró con relativa abundancia en los tres polígonos fue *Echhornia crassipes* la cual está relacionada con los niveles de contaminantes en el agua.

Tabla 9. Porcentaje en relación a la presencia de vegetación acuática y terrestre en los polígonos de las Ciénegas de Lerma. –HEE: Hidrófita enraizada emergente, HES: Hidrófita enraizada sumergida, HLF: Hidrófita libre flotadora, HLS: Hidrófita libre sumergida-.

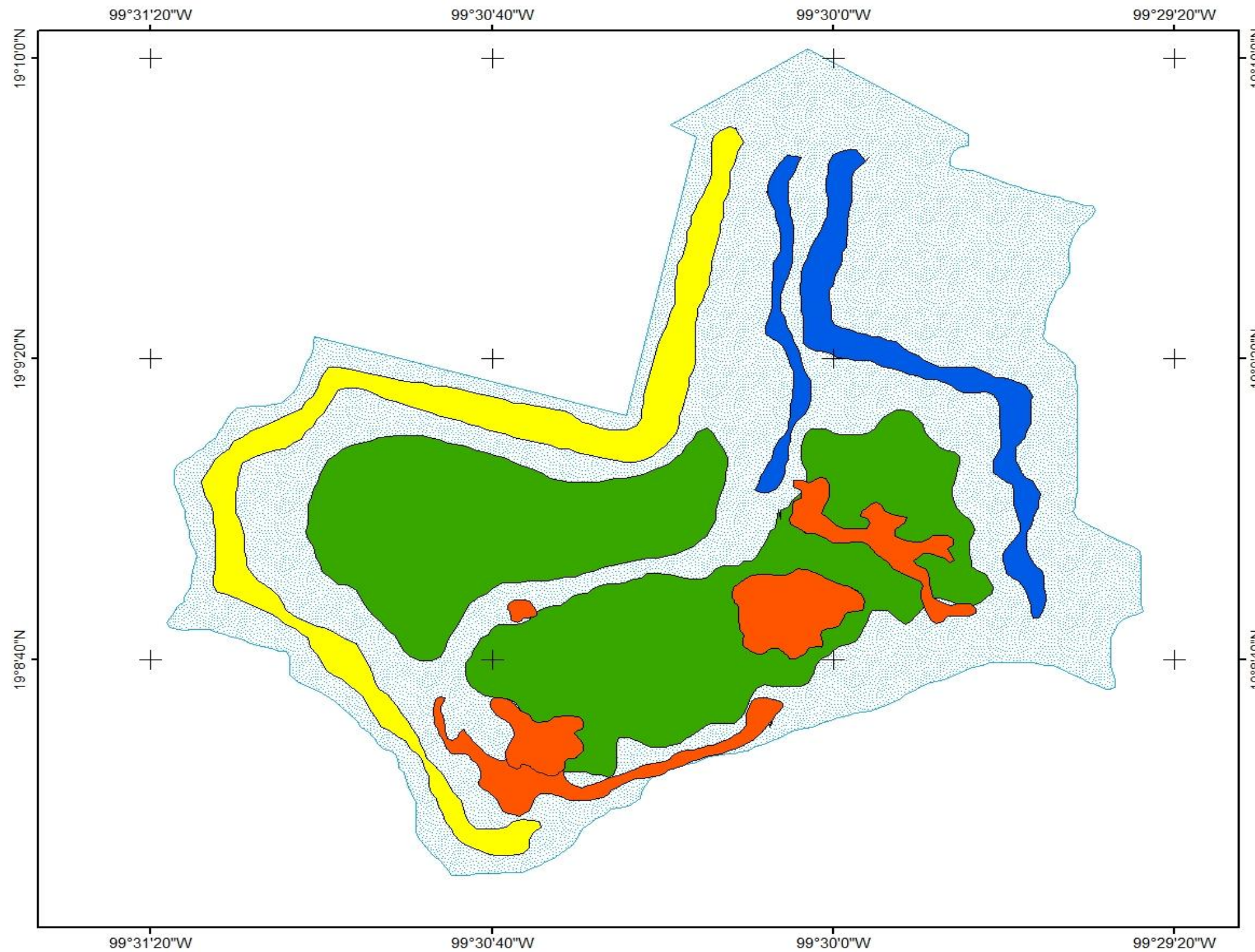
TIPO DE VEGETACIÓN	POLÍGONO 1	POLÍGONO 2	POLÍGONO 3
ACUÁTICA			
HEE	32%	37%	43%
HES	7%	20%	20%
HLF	10%	28%	12%
HLS	3%	10%	5%

En el polígono 1 se registró la mayor cantidad de plantas observadas y/o colectadas, 74 especies distribuidas en 34 familias. En relación a la forma de vida se registraron: 32% de hidrófitas enraizadas emergidas con mayor proporción, hidrófitas enraizadas sumergidas con el 7%, hidrófitas libres flotadoras casi con el 10% en el área e hidrófitas libres sumergidas con menor proporción en el polígono (3%) (Tabla 9) (Mapa 8). La familia más representativa de este polígono fue Cyperaceae, con un total de 8 especies, todas con formas de vida enraizadas emergentes (HEE), de las cuales destacan *Eleocharis densa*, *E. palustris*, *Schoenoplectus californicus*, *S. tabernaemontani*, entre otras. También fue registrada la presencia de cuatro especies de la familia Haloragaceae, todas del género *Myriophyllum* con formas de vida enraizada sumergida (HES), dentro de este género particularmente *Myriophyllum aquaticum* presenta una importancia ecológica alta en la zona (Tabla 22).

El polígono 2 presenta la mayor superficie de las Ciénegas de Lerma, la abundancia de la vegetación acuática dada a su forma de vida, está distribuida de la siguiente manera Hidrófitas enraizadas emergidas con el 37%, hidrófitas enraizadas sumergidas presentan un 20%, las hidrófitas libres flotadoras hasta el 28% en la zona, mientras que las hidrófitas libres sumergidas registraron solo el 10% (Mapa 9). Con un total de 51 especies distribuidas en 25 familias de las cuales destacan: *Sagittaria macrophylla*, *Carex densa*, *Juncus acuminatus*, *Echinochloa holciformis*, *Leersia hexandra*, *Potamogeton illinoensis*, *Ludwigia palustris*, *Azolla mexicana*, entre otras. La familia más representativa pertenece a Cyperaceae, seguida de la familia Poaceae, características de toda la Cuenca del Río Lerma (Tabla 23).

En relación al polígono 3, Las hidrófitas enraizadas sumergidas, como: *Myriophyllum aquaticum*, *M. hippuroides* y *Potamogeton illinoensis*, entre otras, se distribuyen en un 20% del área inundada. Las plantas con menor proporción de ocupación en el polígono pertenecen a las formas de vida libre flotadora (HLF) y libre sumergida (HLS) con un 12% y 5% respectivamente (Mapa 10). Se registró un total de 47 especies, ubicadas en 27 familias. La mayoría de especies presentaron formas de vida enraizadas emergentes (43%) resaltando especies como: *Polygonum hydropiperoides*, *Polygonum lapathifolium*, *Bidens laevis*, *Berula erecta*, *Hydrocotyle umbellata*, *Eleocharis densa*, *Sagittaria latifolia* y *Sagittaria macrophylla* (Tabla 24).

La vegetación terrestre es poco abundante en el área, se registró la vegetación arbórea con un porcentaje del 9% en el polígono 2 (Mapa 13), y en menor en los polígono 1 (Mapa 12), (7%) y 3 (8%). Los árboles dominantes son: *Cupressus benthamii*, *Salix babylonica* y *Salix bomplandiana*. Por otro lado la vegetación agraria, ha ido ganando territorio siendo del 21% en el polígono 1, 36% en el polígono 2, mientras que en el polígono 3 solo se registra 7% (Mapa 14).




Universidad Autónoma del Estado de México


Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales






Mapa 8. Distribución de la vegetación acuática, Polígono 1, Laguna de Chiconahuapan.

Tesis de Maestría
*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**

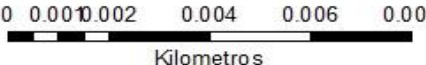


Descripción
 Distribución de la vegetación acuática, polígono 1, Laguna de Chiconahuapan.

Simbología

-  Polígono 1
-  Hidrófitas enraizadas emergentes
-  Hidrófitas enraizadas sumergidas
-  Hidrófitas libres flotadoras
-  Hidrófitas libre sumergidas

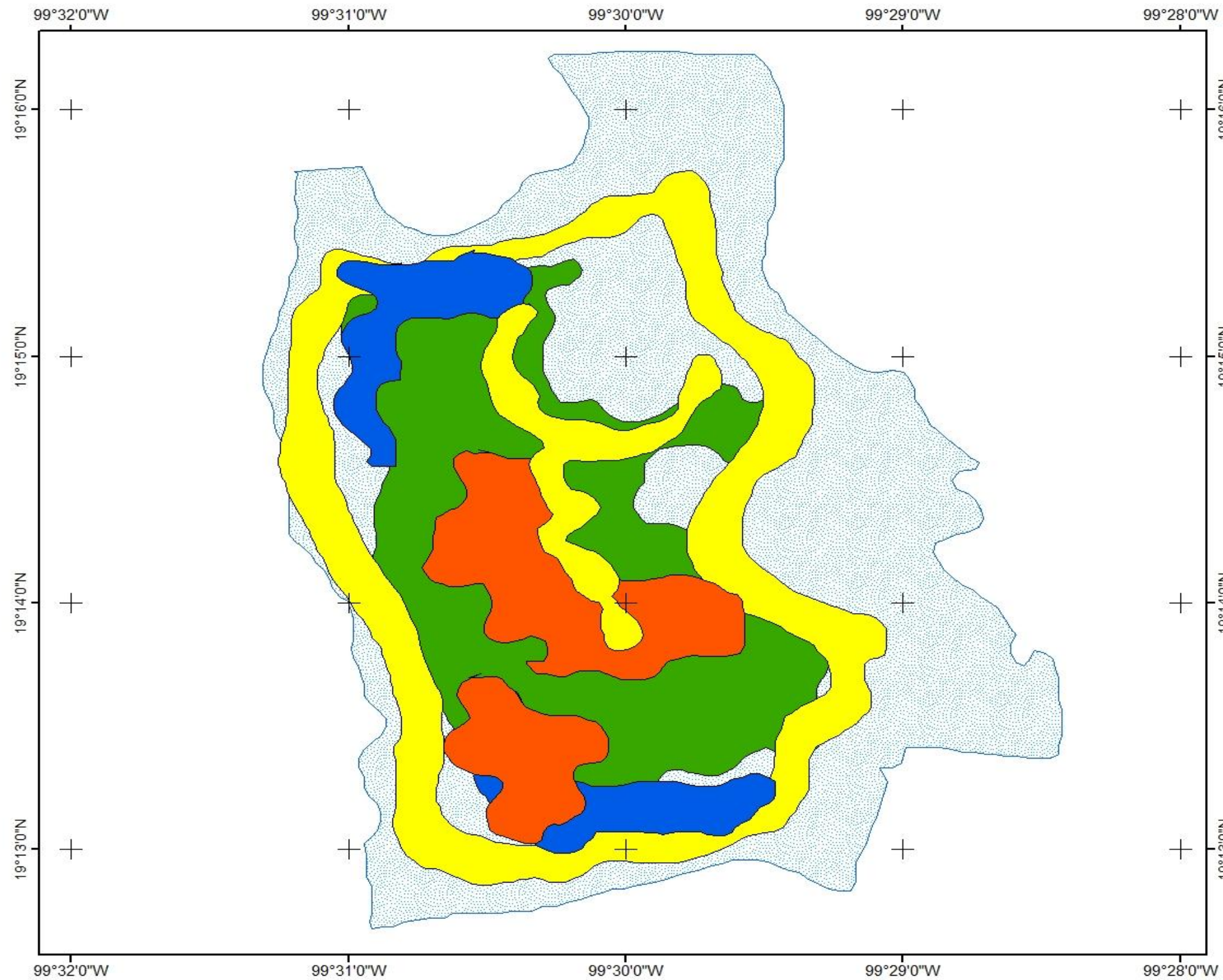
Escala: 1:10,000



Microlocalización



Proyección: Universal Transversal of Mercator
 Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.




Universidad Autónoma del Estado de México


Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Mapa 9. Distribución de la vegetación acuática, Polígono 2, Laguna de Chimaliapan.

Tesis de Maestría




*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**



Descripción

Distribución de la vegetación acuática, polígono 2, Laguna de Chimaliapan.

Simbología


-  Polígono 2
-  Hidrófitas enraizadas emergentes
-  Hidrófitas enraizadas sumergidas
-  Hidrófitas libres flotadoras
-  Hidrófitas libre sumergidas

Escala: 1:10,000

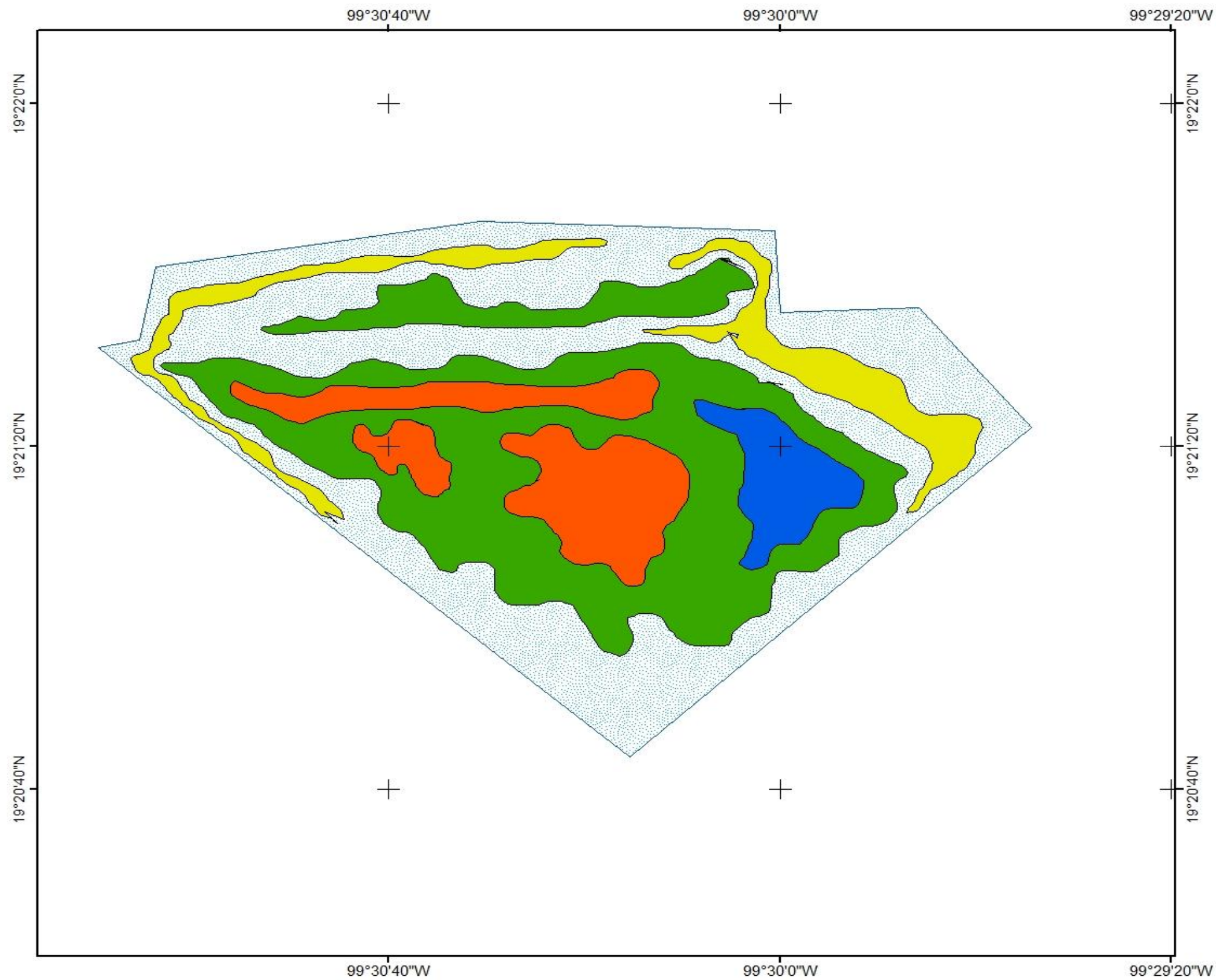
00.00 15003 0.006 0.009 0.012

Kilometros

Microlocalización



Proyección: Universal Transversal of Mercator
 Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.




Universidad Autónoma del Estado de México


Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales




Mapa 10. Distribución de la vegetación acuática, Polígono 3, Laguna de Chignahuapan.

Tesis de Maestría
*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**



Descripción
 Distribución de la vegetación acuática, polígono 3, Laguna de Chignahuapan.


Simbología

-  Polígono 3
-  Hidrófitas enraizadas emergentes
-  Hidrófitas enraizadas sumergidas
-  Hidrófitas libres flotadoras
-  Hidrófitas libre sumergidas

Escala: 1:10,000

0 0.1 0.2 0.3 0.4
 Kilometros

Microlocalización



Proyección: Universal Transversal of Mercator
 Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.

Viabilidad ecológica de *Ambystoma lermaense*

Ambystoma lermaense, es característico de las Ciénegas de Lerma debido a su endemismo. El muestreo realizado de marzo a septiembre 2010 confirmó la presencia de organismos en los tres polígonos que componen a las Ciénegas.

El análisis de los organismos observados por polígono nos indican que la población más abundante está ubicada en el polígono 1 con 66 organismos (45%), seguida del polígono 3 con 29 (35%) y el 20% distribuido en el polígono 2 (29 organismos) (Tabla 10).

Tabla 10. Porcentaje en relación a la presencia de vegetación acuática y terrestre en los polígonos de las Ciénegas de Lerma.

146 organismos	POLÍGONO 1	POLÍGONO 2	POLÍGONO 3
Total organismos	66	29	51
Total hembras	2	18	20
Total machos	0	11	22
Total juveniles	6	0	4
Total larvas	58	0	5

A pesar del registro de organismos en todos los polígonos, la vulnerabilidad de la especie es alta, debido al deterioro del hábitat, contaminación industrial y agroquímica, las diversas actividades antropogénicas y el crecimiento de la mancha urbana, lo que causa una perturbación en el hábitat de *A. lermaense*.

Dentro de las visitas a campo se observó las diferentes etapas de vida de la especie relacionados a los meses de muestreo. Entre los meses de marzo a junio se colectaron principalmente adultos (hembras y machos), durante la época de lluvias, a finales de junio y principios de julio se observaron las puestas de huevos principalmente en el polígono 1. Las larvas fueron vistas entre los meses de julio y agosto la mayoría en el polígono 1 y solo cinco en el polígono 3, los organismos juveniles se colectaron en los meses de agosto y septiembre.

La importancia de haber registrado la presencia de los organismos en las diferentes etapas demuestra que las condiciones ambientales son estables para la reproducción y sobrevivencia exitosa de la especie.

Se elaboró un análisis de varianza (ANOVA), para encontrar si existen diferencias significativas entre las poblaciones según su distribución y características morfológicas. Se determinó que si existen diferencias significativas entre las poblaciones de los 3 polígonos. Los organismos con mayor LT (Anova, LT: $F=173.18$, $g.l.=2,143$, $p=0.00$) y LHC, (Anova, LHC: $F=198.27$, $g.l.=2,143$, $p=0.00$) están presentes en los polígonos 2 y 3, por arriba de los 20 cm de LT y 11 cm de LHC, mientras que los organismos más pequeños se encuentran en el polígono 1. En relación al peso, se reportó una diferencia significativa entre las tres poblaciones, encontrando a los organismos con mayor peso en el polígono 3 y con menor peso en el polígono 1 (Anova, Peso: $F=141.52$ $g.l.=2,143$, $p=0.00$). La presencia de machos y hembras fue muy parecida entre los polígono 2 y 3, la equivalencia de sexos en el polígono 2 fue de 1:2, mientras que en el polígono 3 es de 1:1 (Anova, Sexo: $F=80.29$, $g.l.=2,143$, $p=0.00$) En la población del polígono 1, se registraron mayor cantidad de organismos en estado de larva y juveniles (figura 4).

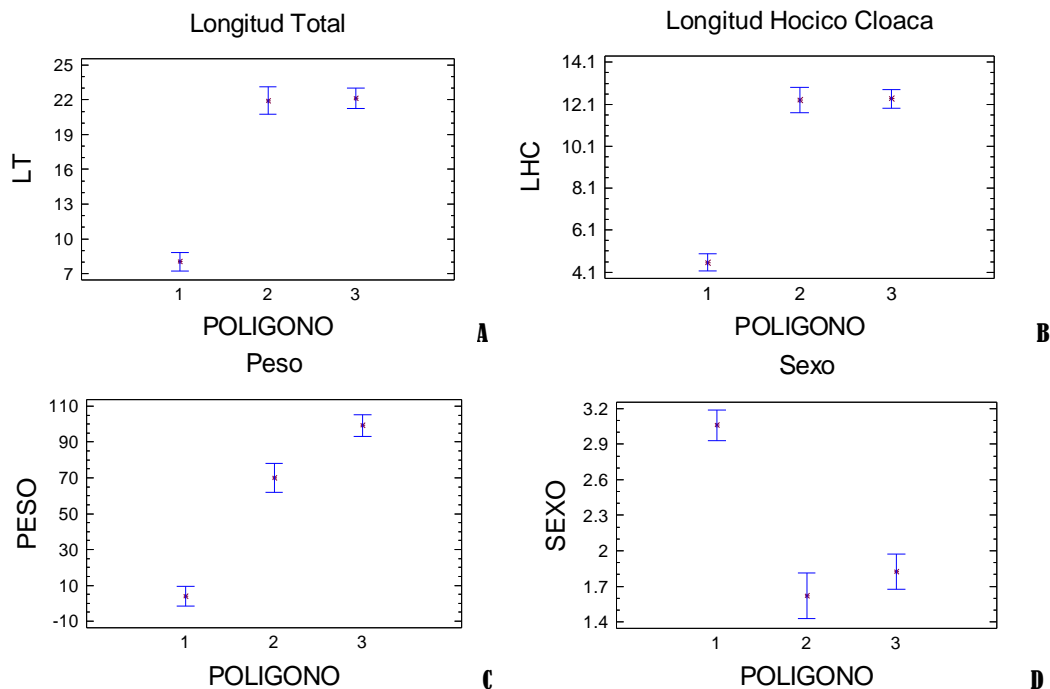


Figura 4 Caracteres Morfológicos de tres poblaciones de *Ambystoma lermaense* en las Ciénegas de Lerma. - A) Poblacion vs LT. B) Poblacion vs LHC. C) Población vs Peso. D) Poblacion vs sexo-.

4.1.3 ANÁLISIS DEL MEDIO SOCIAL

La evaluación del medio social (político-económico), es determinante para diseñar un programa de conservación, debido a la necesidad de la población con el ecosistema. Se encontraron diferencias entre las poblaciones que conforman a cada polígono, de acuerdo a las categorías divididas descritas en el método. La información obtenida se resumió en las siguientes tablas (Tabla 11; Tabla 12).

Cada poblado y/o municipio que integran a las Ciénegas de Lerma, presenta diferentes conflictos e intereses en la zona, sin embargo se concluye que todos los ejidatarios han dado prioridad a la conservación de los humedales. Respecto a los grupos de interés en la tabla 6.4, encontramos que en los polígonos 1 y 3 el 40% de la población tienen propiedades en la laguna o cercanas a ella, mientras que en el polígono 2 solo el 30% de la población es propietaria de terrenos cercanos a la laguna. En relación a los usuarios, habitantes de la zona que obtienen beneficios directos de las lagunas ha ido disminuyendo, siendo del 40% para el polígono 1, el 20% para el polígono 2 y el 60% para el polígono 3. En la estructura de los grupos de interés, se encontró que los beneficiarios secundarios presentan mayor uso de los cuerpos de agua, representada por el 40 al 50% siendo el principal usuario el sector industrial. Actualmente la estructura económica de las Ciénegas de Lerma ha presentado diversos cambios, encontrando que la economía de las poblaciones cercanas a las lagunas está dada por el sector industrial, seguido del sector III (comercio), mientras que el sector I, donde se reflejan las actividades de agricultura, ganadería y /o pesca han disminuido hasta el 12 % (Tabla 11).

Tabla 11 Evaluación del medio social.-categorías A, B, C expresadas en porcentajes. GEM: Gobierno del Estado de México. Categoría B. primarios: beneficiarios directos, Secundarios: beneficiarios indirectos. Categoría C. Sector I: agricultura, ganadería, Sector II: industria, Sector III: comercio.-

Análisis Social				
CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA	POLÍGONO 1	POLÍGONO 2	POLÍGONO 3
A. Grupos de interés	A.1 Propietarios	40%	30%	40%
	A.2 Operadores	GEM	GEM	GEM
	A.3 Usuarios	40%	20%	60%
B. Estructura de los grupos de interés	B.1 Primarios	15%	12%	17%
	B. 2 Secundarios	40-50%	40-50%	40%
C. Estructura económica	C.1 Sector I	14%	12%	17%
	C.2 Sector II	49%	48%	40%
	C.3 Sector III	32%	32%	36%
	C.4 No especificado	5%	8%	7%

En la evaluación de las categorías D y E, se identificó que el polígono 1 demanda la utilización adecuada de la laguna de estabilización, debido a que los municipios aledaños desechan aguas residuales directamente en el cuerpo de agua. A lo que ellos proponen la barrera física en la laguna que divida a los municipios. El polígono 2 es el área con mayor cantidad de industrias, por lo que los desechos industriales se ven reflejados en los niveles de contaminantes en el agua, un monitoreo de contaminantes, así como el tratamiento previo a aguas residuales se convierte en la prioridad de los ejidatarios. El polígono 3 presenta dos amenazas severas entre ellas, la extracción de recursos naturales y los desechos de aguas municipales. Los ejidatarios de este polígono requieren de una regulación de visitantes a la zona, por la generación de basura, y el tratamiento a aguas residuales, así como el desazolve al humedal (Tabla 12).

Tabla 12. Continuación de la evaluación del medio social. Categorías D y E. expresión general.

Análisis Social (Continuación)			
CATEGORÍA	POLÍGONO 1	POLÍGONO 2	POLÍGONO 3
D. Identificación de interés y necesidades	Funcionalidad adecuada de la laguna de estabilización	Regulación de desarrollos industriales	Control adecuado de extracción de recursos
	Regulación de desechos textiles	Tratamiento de aguas residuales	Desazolve del cuerpo de agua.
	Control adecuado de extracción de recursos	---	----
E. Identificación de conflictos y negociaciones	Conflicto entre municipios y poblaciones por territorio	Desechos de contaminantes por la industria privada	Conflictos por desechos de aguas municipales.
	Desechos excesivo de desechos textiles por municipios aledaños	Conflicto por territorio entre municipios aledaños	Generación de residuos sólidos por visitantes
	División de la laguna entre municipios	Monitoreo continuo de contaminantes	Regular la entrada de poblaciones ajenas al ejido.

4.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Evaluación visual del sistema acuático

Respecto a la evaluación visual de cada polígono se registró lo siguiente:

Polígono 1 (Laguna de Chiconahupan) presenta alto grado de contaminación, causada por residuos sólidos (pet, vidrio, bolsas, animales, desechos higiénicos), desechos industriales (farmacéuticas, armadoras, textileras) y agroquímicos, todos en contacto directo e inmediato con el agua originando un olor desagradable y alta turbidez en agua. Los poblados cercanos a esta laguna descargan agua residuales por medio de canales o drenes sin recibir un tratamiento previo. Este polígono presenta una zona de industria textilera y zona agrícola muy amplia y es utilizado como recipiente de aguas residuales, industriales y textileras.

Polígono 2 (Laguna de Chimaliapan) presenta una problemática ambiental severa relacionada a la tala clandestina, lo que ha generado la disminución de la zona boscosa y la pérdida de humedal y disminución de los mantos acuíferos. Por otra parte se ha desarrollado fraccionamientos residenciales campestres los que generan especulación y un alto costo de la tierra clasificación como urbanizables. Aunado a ello se considera la contaminación ocasionada por residuos sólidos así como el aumento de los parámetros fisicoquímicos en el cuerpo de agua debido a la gran cantidad de desechos industriales que son arrojados diariamente, siendo una zona completamente industrializada, además de ser el vertedero de desechos residuales de tres municipios y zonas industriales.

Polígono 3 (Laguna de Chignahupan) se reportaron desechos sólidos en menor proporción y baja cantidad de agroquímicos. La zona oriente de este polígono ha sufrido el proceso de deforestación que en relación a las pendientes han generado procesos erosivos graves, la cual ha provocado la pérdida de capas de suelos y cárcavas. Su principal problemática está relacionada al pastoreo en la zona, causando la compactación del suelo, erosión del mismo, así como un aumento en la contaminación en el agua por las heces fecales de los animales. Las actividades antropogénicas se reducen a la agricultura y casería. En esta laguna se vierten las aguas residuales de las poblaciones aledañas y agroquímicos utilizados en los campos de cultivo.

Las características hidrológicas varían de acuerdo a la época del año, encontrando una saturación del 80 al 100% de los cuerpos de agua en los meses de mayo a septiembre, y reduciendo el cuerpo de agua en la época de secas de un 40 a 60% del total del espejo de agua. Las características del suelo varían debido a las actividades antropogénicas que realice la comunidad, el polígono 1 presenta mayor alteración en el suelo como consecuencia de sus altos niveles de contaminantes. El clima es similar en los tres polígonos va de templado a frío con temperatura promedio de 14°C, la época de lluvias ocurre de mayo a septiembre.

Cada polígono presenta diversas características ambientales, sociales y políticas. El desarrollo de las actividades antropogénicas y el crecimiento de la mancha urbana determinan en gran medida la escala de impactos en que se encuentra cada cuerpo de agua. La evaluación ambiental de cada polígono indica, el deterioro del hábitat, suelo y presencia de contaminantes es muy alto en el polígono 1, comparado con el 2 y el 3. En relación a la conservación de la flora y fauna, el aumento de la cobertura vegetal, la creación de un sistema de producción sostenible, el acceso a la tecnología o el desarrollo de conocimiento por parte de la población, los tres polígonos van de bajo (2), a muy bajo (1), a

pesar de ser ANP, los municipios y localidades, no tiene el recurso y cultura necesario para proteger a la zona.

Hasta hace 20 años la mayoría de la población de los municipios aledaños a las Ciénegas de Lerma, realizaban actividades económicas; caza, pesca (ajolotes, peces, acociles), agricultura, artesanías (tule), entre otras, los beneficiarios directos abarcaban del 40 al 60% de la población. Sin embargo la contaminación hacia la zona, por los agroquímicos, las industrias, la cacería, las textileras, y residuos sólidos han disminuido considerablemente las actividades económicas lo que lleva consigo una disminución en la calidad de vida. El polígono 3 presenta un alto (4) impacto social, en relación a la integración de los ejidatarios con el medio, por lo que indica que existirá un mejor desarrollo en la estrategia de conservación.

El gobierno no ha desarrollado estrategias adecuadas para la conservación de las ANP, es por ello que la participación de los ejidatarios es muy importante y necesaria, debido a que se trata de la protección de sus tierras. La organización política-social en los polígonos 1 y 2, va de bajo (1) a muy bajo (2), por lo que no existe una interacción positiva entre el ambiente y la sociedad. En el polígono 3 la organización y trabajo de los ejidatarios es moderada (3) lo que indica una mayor integración con el medio ambiente.

4.3 DETERMINACIÓN DEL LA ZONA PRIORITARIA

Debido a que las Ciénegas de Lerma hoy en día se encuentran divididas en tres polígonos independientes con una complejidad ambiental, política, social y cultural de cada área se determinó seleccionar un área específica en base a las mejores características sociales, ambientales y culturales de la zona.

La evaluación visual de cada uno de los polígonos que conforman las Ciénegas de Lerma y los resultados obtenidos en base a los factores físicos, biológicos, sociales, así como la viabilidad de la especie de estudio, fueron resumidos en la elaboración de una Matriz de Leopold (Tabla 13), con la finalidad de determinar el hábitat prioritario para la conservación de *A. lermaense*.

La evaluación de impactos ambientales, se determinó por la cantidad de impactos negativos, intermedios o positivos. El polígono con mayores daños ambientales pertenece al 1, Laguna de Chinconahuapan, con un total de 13 impactos negativos. Por otro lado en el polígono 2, laguna de Chimaliapan, se registraron 12 factores en la magnitud de impacto mediamente negativo, siendo el valor más alto en las tres áreas. Los polígono 2 y 3, reportaron el mismo número de impactos intermedios. La zona de menor conflicto ambiental es el polígono 3, laguna de Chignahuapan, con 6 impactos positivos. La composición ambiental, cultural, social y viabilidad de la especie, enmarca que la mejor zona para diseñar

una estrategia de conservación es el polígono 3, debido a su mejor condición en la evaluación de impactos positivos a intermedios ambientales (Mapa 11).

Particularmente en el polígono 1, los impactos ambientales más destacados son; contaminación del agua, alteración en los patrones de drenaje, descarga de afluentes municipales, construcción de carreteras y puentes, alteración de uso de suelo, aplicación de fertilizantes, expansión de la agricultura, presencia de lirio acuático, caza de aves, urbanización y la industrialización, todos ellos registrado un impacto negativo sobre la laguna.

Para el polígono 2, el registro de impactos ambientales negativos disminuye en comparación al polígono anterior, sin embargo los impactos más sobresalientes son; industrialización, expansión de zona agrícola y ganadera, canalización entre otras, consideradas como impactos intermedios.

El polígono 3, registra similares problemáticas ambientales a los polígono 1 y 2 sin embargo el impacto es en menor magnitud, lo que facilita la aplicación de una estrategia de conservación.

Tabla 13. Matriz de evaluación de impactos ambientales, relacionando los factores y acciones de las zonas de muestreo.

FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES		SITIOS DE MUESTREO					IMPACTO POR COMPONENTE	IMPACTO POR FACTORES	
				POLIGONO 1	POLIGONO 2	POLIGONO 3	SUMATORIA	IMPACTO POR ACCIONES			
IMPACTOS AMBIENTALES	FACTORES	ABIOTICOS	AGUA	CONTAMINACION DEL AGUA	5	3	2	10	3.3	62	142
				ALTERACION PATRONES DE DRENAJE	5	4	3	12	4		
				MODIFICACION DE FLUJO DE AGUA	4	3	1	8	2.6		
				CANALIZACION	4	4	3	11	3.6		
				DESCARGA DE AFLUENTES MUNICIPALES	5	5	4	14	4.6		
				EXISTE ESTABILIZACIÓN Y OXIDACIÓN	3	3	1	7	2.3		
		SUELO	PAVIMENTACIÓN	3	3	3	9	3	56		
			CARRETERA Y PUENTES	5	5	4	14	4.6			
			INUNDACION	3	3	2	8	2.6			
			ALTERACION DE USO DE SUELO	5	5	3	13	4.3			
			GENERACIÓN DE RESIDUOS	4	4	4	12	4			
		AIRE	SUSTANCIAS INDUSTRIALES VOLATILES	5	5	1	11	3.6	24		
			APLICACIÓN DE FERTILIZANTES	5	4	4	13	4.3			

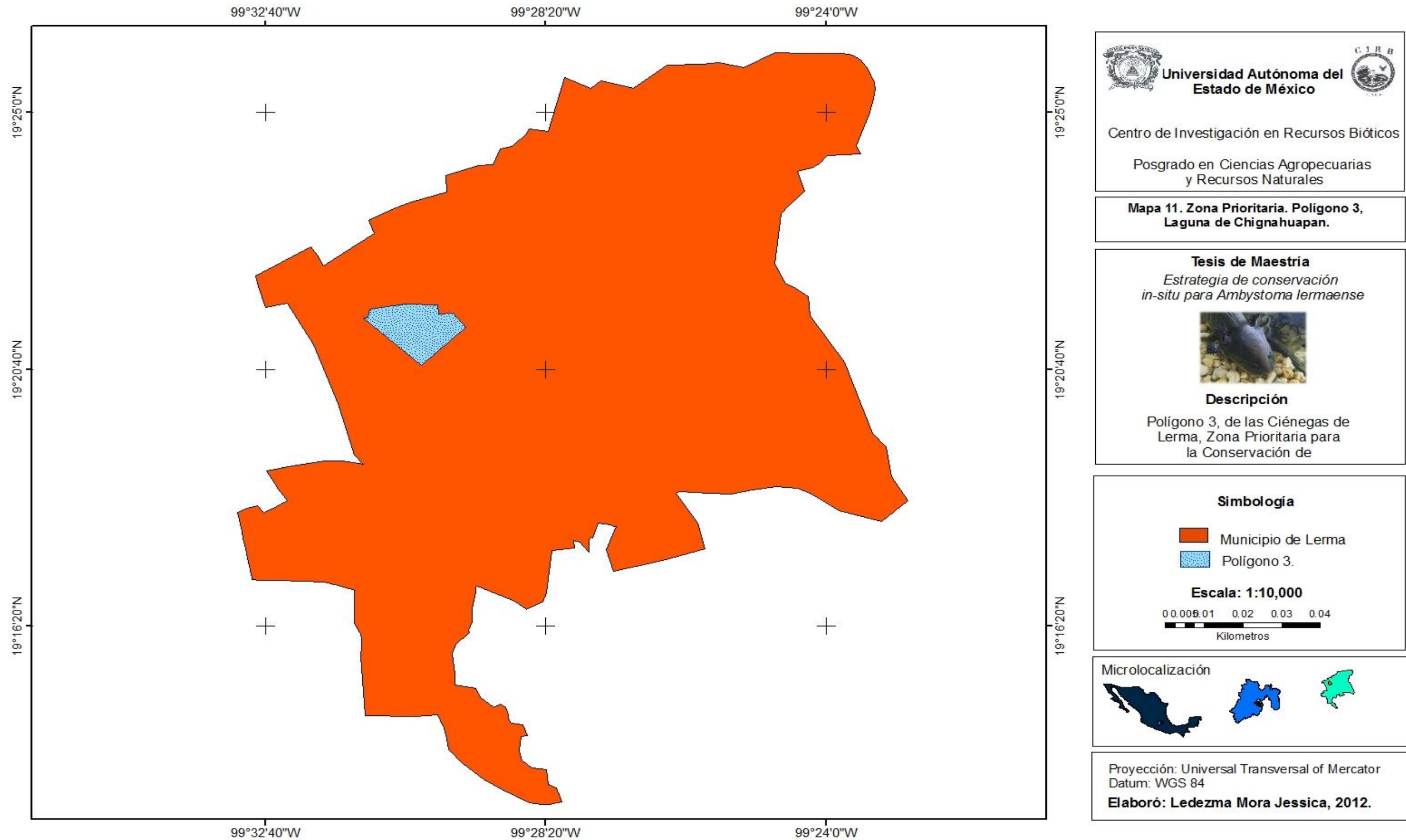
FACTORES	BIOTICOS	FLORA	AGRICULTURA	5	4	3	12	4	41	97	
			PASTIZALES	2	2	2	6	2			
			VEGETACION ACUATICA	4	4	4	12	4			
			LIRIO ACUATICO /LENTEJILLA	5	4	2	11	3.6			
		FAUNA	GESTIÓN DE VIDA SILVESTRE	4	3	3	10	3.3	56		
			DENSIDAD DE POBLACIÓN DE <i>A. lermaense</i>	2	3	4	9	3			
			PRESENCIA DE DEFORMACIONES <i>A. lermaense</i>	4	3	3	10	3.3			
			DETERMINACIÓN DE AMENAZAS <i>A. lermaense</i>	4	4	4	12	4			
	PRESENCIA DE AVES RESIDENTES/MIGRATORIAS		5	5	5	15	5				
	GANADERIA Y PASTOREO		4	4	4	12	4				
	SOCIALES	POLITICO - ECONÓMICO	CAZA DE AVES	5	3	3	11	3.6	65		65
			COMERCIO	2	2	2	6	2			
			URBANIZACIÓN	5	5	3	13	4.3			
MUNICIPIOS COMPARTIDOS			2	6	1	8	2.6				
ACCIONES EJIDATARIOS			3	3	3	9	3				
SECTOR PRIVADO			3	4	1	8	2.6				
INDUSTRIATEXIL			5	4	1	10	3.33				
TOTAL			1	0	0	6					
			2	3	2	5					
			3	6	10	10					
			4	8	12	8					
			5	13	6	1					

4.4 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA PRIORITARIA

4.4.1 EVALUACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

Se elaboró la cartografía de la zona prioritaria para el diseño de la estrategia de conservación, correspondiente al polígono 3 (Laguna de Chignahuapan) de las Ciénegas de Lerma, ubicado en el ejido de San Nicolás Peralta perteneciente al municipio de Lerma. Limita al norte con los municipios de Jilotzingo y Xonacatlan, al sur con Capulhuac y Tianguistenco, al oriente con Huixquilucan y Ocoyoacac y al poniente con Metepec, San Mateo Atenco y Toluca, su altura sobre el nivel de mar va desde los 2,640 metros hasta los 3,150msnm. Es el tercer polígono del área natural protegida, cuya superficie es de 346-61-28.725 hectáreas, lo cual representa el 11% del total del área decretada, se ubica geográficamente entre los paralelos de 18°17`49 latitud norte y a los 99°31`20`` de longitud oeste.

Las características físicas de la zona fueron descritas y representadas por medio de cartografía en la primera fase de resultados en el apartado **4.1 caracterización de las Ciénegas de Lerma, 4.1.1. Características físicas.**



Calidad del agua

En relación a los análisis de calidad de agua elaborados en el 2010, en donde se realizó la comparación de los tres polígonos que constituyen a las Ciénegas de Lerma, se determinó que el polígono 3 presentaba las condiciones más favorables para la conservación *in-situ* de *A. lermaense*, obteniendo los siguientes resultados representados en la tabla 6.8, la comparación con los valores máximos permitidos por la NOM-001-ECOL-1996 para humedales naturales, indican que los parámetros de DBO, SS, Grasas y Aceites, Nitritos y Nitratos, presentan valores por debajo de los considerados como contaminantes para estos cuerpo de agua (Tabla 14).

Los valores de DBO, presentaron como mínima 5 mg/L y una máxima de 61mg/L, con un promedio final de 18.5mg/L, siendo el punto 3 el que registró valores mayores de DBO, existiendo una mayor cantidad de materia orgánica en el punto. En relación a los solidos sedimentables, el valor máximo permitido por la NOM-001- ECOL-1996 (1mg/L), refiere a que en los punto 3 y 4 es sobrepasado por más de un 50% de lo establecido, afectando considerablemente a procesos de oxigenación en el humedal. Grasas y aceites se encuentra en lo permitido por la norma, reportando los valores más altos en el punto 1 debido a la cercanía con el canal de aguas residuales que produce el ejido. Los parámetros de nitratos y nitritos indican una baja saturación de estos en relación a la calidad de agua para humedales. El punto 3 presentó una mayor cantidad de nitratos en el periodo de muestreo, con un promedio de 10.63mg/L, en relación a este valor los niveles más altos de nitritos tambien se observaron en el punto 3 con un valor de 0.003mg/L aunque estos no representan un valor fuera de lo considerado por las normas, la relación entre los niveles de nitratos y nitritos indica una posible problemática, debido a la mínima transformación de nitratos a nitritos, representa una acumulacion de sedimentos por las liberacion de agua residuales en el humedal.

Tabla 14. Promedio y desviación estándar de parámetros fisicoquímicos medidos de abril a noviembre 2011, en cuatro puntos del polígono 3 de las Ciénegas de Lerma.

PARÁMETRO S		PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	NOM-059- ECOL- 1996
DBO	mg/L	18.5 ± 10.98	19.53 ± 10.59	31.92 ± 17.36	29.84 ± 18.70	75
SS	mg/L	0.27 ± 0.14	0.25 ±0.16	1.92 ± 1.93	5.62 ± 13.91	1.0
G y A	mg/L	6.23 ± 1.59	4.44 ± 1.72	5.19 ± 1.50	6.02 ± 5.22	15
NO ₃	mg/L	10.46 ± 5.41	11.02 ± 4.71	10.63 ± 8.05	9.98 ± 7.10	1.0
NO ₂	mg/L	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.003 ± 0.0007	0.5
Temp	°C	21.52 ± 3.05	20.12 ± 2.70	20.92 ± 4.27	22.93 ± 5.51	40
pH		6.49 ± 0.83	7.75 ± 1.13	6.11 ± 1.40	6.60 ± 1.52	9

Los parámetros fisicoquímicos medidos en el polígono 3, durante abril a noviembre de 2011, demuestran la relación existente con el periodo de lluvias en la zona. Durante el 2011 el periodo de lluvias reportó diferencias en relación al periodo del 2010, iniciando las lluvias de finales de junio y terminando hasta finales de octubre, por lo que se observaron ligeras modificaciones en los análisis. El parámetro de DBO indican una mayor saturación en los meses de secas de abril a junio, mientras que se agosto a septiembre empiezan a bajar considerablemente por la acumulación de agua. Al contrario del DBO, los valores de nitratos aumentaron de julio a octubre, en relación a la época de secas de abril a junio relacionado a la proliferación de plantas acuáticas en la época de lluvias. Los nitritos se observaron con valores más estables durante el muestro sin embargo la producción de nitritos más alta se observó en el mes de noviembre relacionado a la transformación de nitratos a nitritos. El parámetro de grasas y aceites no presenta una amplia variación de valores en el transcurso del año, manteniéndose de manera estable para el cuerpo de agua (Figura 5).

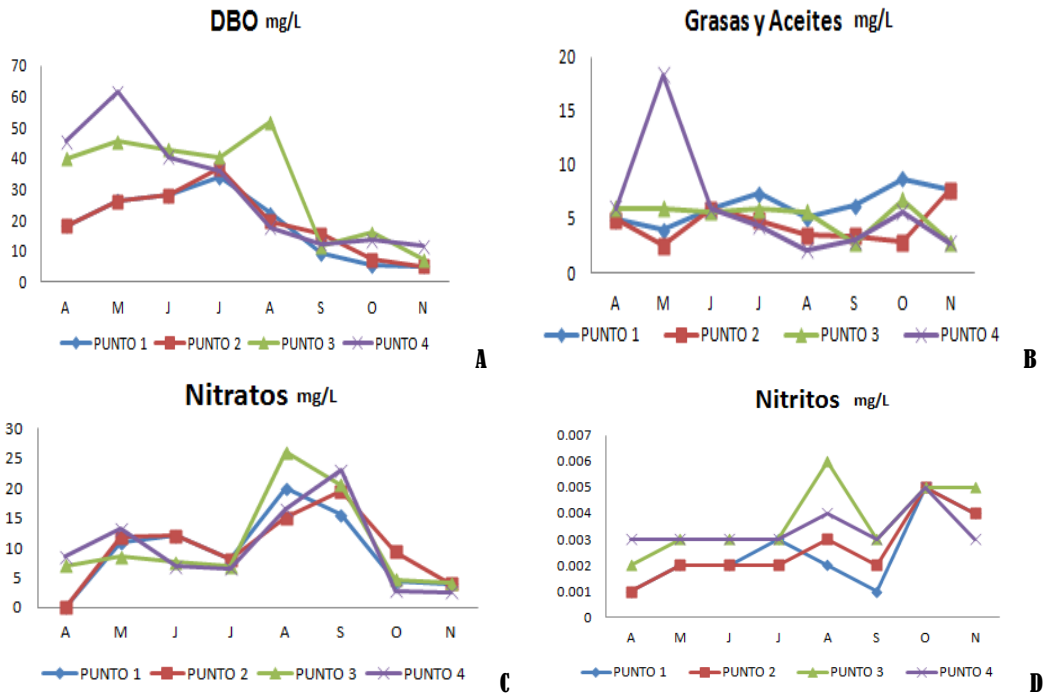


Figura 5. Variaciones estacionales de los principales parámetros abióticos – Demanda Bioquímica de Oxígeno (A), Grasas y Aceites (B), Nitratos (C) y Nitritos (D)- en el polígono 3 de las Ciénegas de Lerma.

Dentro de los análisis realizados para la determinación de calidad de agua, fueron considerados algunos contaminantes básicos, como los metales pesados (Tabla 15). El análisis de estos en los cuatro puntos de muestreo del polígono 3, demostró que cadmio, cobre, cromo, níquel y zinc, presentan valores permitidos para humedales naturales y la vida libre acuática por lo cual no presentan alteraciones al medio. Caso contrario con el plomo, debido a que reporto hasta 0.5mg/L, sobrepasa de manera considerable el límite permisible por la **NOM-001-ECOL-1996** (0.2mg/L) disminuyendo la calidad de agua para la sobrevivencia de los organismos acuáticos. La concentración de plomo en el humedal va relacionada a la actividad de cacería que realizan en el polígono durante noviembre a febrero de cada año.

Tabla 15. Promedio de contaminantes básicos (metales) en el polígono 3, comparados con la **NOM-001-ECOL-1996** para humedales naturales.

METALES PESADOS		POLÍGONO 3	HUMEDALES NATURALES
Cadmio	mg/L	0.1	0.1
Cobre	mg/L	0.15	4.0
Cromo	mg/L	0.1	0.5
Níquel	mg/L	0.2	2
Plomo	mg/L	0.5	0.2
Zinc	mg/L	0.1	10

4.4.2 EVALUACIÓN DEL MEDIO BIOLÓGICO

Vegetación asociada

En relación a las visitas mensuales, realizadas de febrero a noviembre de 2011, se elaboró el listado de diversidad de flora en la zona prioritaria (Tabla 24) se registró un total de 47 especies, ubicadas en 27 familias. La vegetación acuática y subacuática, fue la más abundante, registrada en los meses de agosto a noviembre. La mayoría de especies presentaron formas de vida enraizadas emergentes (HEE) (43%). Las plantas con menor proporción de ocupación en el polígono pertenecen a las formas de vida libre flotadora (HLF) y libre sumergida (HLS) con un 12% y 5% respectivamente. En este polígono destacan especies como: *Polygonum hydropiperoides*, *Polygonum lapathifolium*, *Bidens laevis*, *Berula erecta*, *Hydrocotyle umbellata*, *Eleocharis densa*, *Sagittaria latifolia*. Las hidrófitas enraizadas sumergidas, como: *Myriophyllum aquaticum*, *M. hippuroides* y *Potamogeton illinoensis*, entre otras, se distribuyen en un 20% del área inundada. *Azolla mexicana* y *Sagittaria macrophylla* especies endémica de México, *Ceratophyllum demersum* donde su función es oxigenar el agua. Se encontraron plantas terrestres como *Crataegus mexicana*, *Cupressus benthamii*, *Salix babylonica*, *Urtica* sp descritas en los meses de febrero a junio 2010 por la presencia de inflorescencias. *Crataegus mexicana* su importancia radica en ser comestible, *Cupressus benthamii* utilizada en programas de reforestación por su fácil adaptación, *Rosa* sp de uso comercial, *Urtica dioica* y *Barkleyanthus salicifolius* utilizada por los pobladores como planta medicinal, *Typha domingensis* especie invasora de la región. *Eichhornia crassipes* presente en las zonas de mayor contaminación en el polígono (punto 4). También fueron registradas la vegetación agrícola, encontrado cultivos de maíz, haba y trigo aledaños a la zona.

Fauna asociada

De enero a diciembre del 2011, se realizaron visitas mensuales a la zona prioritaria las cuales consistían en monitorear la diversidad de vertebrados en la zona durante uno a dos días por mes. En general se registraron los siguientes vertebrados: cinco especies de peces, dos introducidas y dos endémicos, cuatro anfibios de los cuales uno es introducido y uno endémico, cinco especies de reptiles, cuatro mamíferos y 61 especies de aves entre migratorias y residentes, de las cuales dos son endémicas.

Respecto a los peces se identificaron dos endémicos, *Alganse barbata* y *Chirostoma riojai*, con una población estable. La presencia de especies introducidas como *Carassius auratus* y *Poecilia reticulada* fueron observados durante todo el año, la primera en las zonas más profundas y el segundo en las orillas del humedal, sin problemáticas en sus poblaciones (Tabla 25).

La diversidad de anfibios es limitada, solo se registró la presencia abundante de *Hyla eximia* en los meses de julio a septiembre, mientras que *Ambystoma lermaense* sigue presente en la zona, anfibio endémico, con una población estable. Otra anfibios registrado es la rana toro, *Lithobates catesbeianus*, especie introducida desde los años 70's (Tabla 26).

Para reptiles solo se observaron cinco especies, como *Thamnophis eques*, *T. melanogaster* que se encontraron en las orillas del cuerpo de agua, mientras que *Crotalus transversus* fue registrada a las zonas de cultivo aledañas al polígono. *Sceloporus grammicus* y *S. torquatus* se observaron durante todo el año (Tabla 26).

El listado de diversidad de mamíferos solo abarca a cuatro especies registradas de las 40, que han sido reportadas desde 1970, ratón ciervo (*Peromyscus maniculatus*), rata de campo (*Sigmodon hispidus*), comadreja (*Mustela frenata*) y conejo (*Sylvilagus floridanus*), son los más comunes en la zona, el desarrollo de la urbanización ha contribuido a la poca diversidad de mamíferos (Tabla 27).

La fauna más representativa de la laguna de Chignahuapan está determinada por las aves, su diversidad de especies residentes y migratorias, abarcan un total de 61 especies. Aves endémicas como *Geothlypis speciosa* y *Conturnicops noveboracensis goldmani* siguen presentes. Durante los meses de marzo a septiembre del 2011 se registraron la mayor cantidad de especies del grupo passeriformes distribuidas principalmente en los bordos de la laguna, asociadas principalmente con la vegetación terrestre y tulares, especies como *Agelaius phoeniceus* y *Geothlypis speciosa* fueron las de mayor abundancia en la zona. Las aves migratorias fueron observadas de enero a febrero del 2011 y de octubre

a diciembre 2011, su distribución en el cuerpo de agua estaba delimitada por la preferencia de los hábitats y alimentación de cada especie, encontrando a especies como *Anas acuta*, *A. americana*, *A. clypeata*, *A. discors*, *Fulica americana*, *Gallinula chloropus* entre otras en zona profundas. *Egretta caerulea*, *E. thula*, *E. tricolor* y *Plegadis chií*, presentaban una preferencia por las orillas del humedal. Los falconiformes fueron observados después de las 12 del día, entre las más avistadas fueron; *Buteo albicaudatus*, *Accipiter cooperii* y *Buteogallus anthracinus* (Tabla 28).

Viabilidad de *Ambystoma lermaense* en el polígono 3.

La población de *A. lermaense*, en el polígono 3, laguna de Chignahupan, se encuentra en un buen estado de salud, la diversidad de etapas registradas (puestas de huevos, larvas, juveniles y adultos), indica que existen las condiciones ambientales necesarias para realizar el ciclo de vida adecuado. La diversidad de tamaños y pesos está directamente relacionada a las características de los organismos, encontrando que los machos son relativamente más grandes y pesados que las hembras (Tabla 16). La población es equitativa en relación a la distribución de sexos, por lo que el éxito reproductivo de la especie puede aumentar, si se encuentran en las condiciones ambientales óptimas.

Tabla 16. Promedios de las características morfométricas de la población de *Ambystoma lermaense* en el polígono 3 de las Ciénegas de Lerma. -LT: longitud total, LHC: longitud hocico-cloaca.-

Especie: <i>Ambystoma lermaense</i>				
Población: Polígono 3; Ejido de San Nicolás Peralta; Ciénegas de Lerma				
ORGANISMOS	TOTAL	LT	LHC	PESO
Larvas	5	6.04±0.93	4±0.70	3.16±1.4
Juveniles	4	10.5±0.91	6.125±0.25	7.542±2.6
Hembras	20	23.3±2.6	12.9±1.5	92.13±33.5
Machos	22	26.8±2.1	14.7±1.1	121.51±22

La distribución de los organismos en el cuerpo de agua, se relaciona a las características morfológicas de cada etapa del ciclo de vida de la especie. En este polígono fue posible observar las diferentes etapas de la especie de estudio en el transcurso de las colectas del 2010 al 2011. Encontrando lo siguiente: entre los meses de abril y mayo, se observó en la orilla del polígono huevos de *A. lermaense* fijados a la vegetación sumergidos no más de 20 cm. Durante junio y julio se observaron larvas en una profundidad no mayor a 80 cm las cuales se

midieron sus caracteres morfológicos y fueron regresadas al cuerpo de agua. Los organismos juveniles se colectaron de julio a septiembre, ubicados en profundidades de 1 a 2 metros. Los organismos adultos, se registraron en la zona más profunda del humedal de 2 a 4 metros (Mapa 15).

4.4.3 EVALUACIÓN DEL MEDIO SOCIAL

El análisis de los factores internos y externos de la población del ejido de San Nicolás Peralta, Municipio de Lerma, fue realizado en considerando tres estratos: representantes ejidales y asamblea, habitantes del ejido y niños (menores a 15 años) del ejido.

En las reuniones y asambleas con los ejidatarios representantes de la población, durante los meses de enero a octubre del 2011. Fueron realizadas 5 reuniones, donde el objetivo era conocer los recursos e interés de la población hacia la conservación de la laguna, así como las necesidades y deficiencias de la población hacia el ambiente. Para la complementación e integración en relación a la exploración del medio político-social se elaboró un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), desarrollado a partir de las observaciones y encuestas con los representantes de la población (presidente, secretario, tesorero ejidal y asamblea representante) (Tabla 17).

Dentro de la evaluación hacia la comunidad infantil, se consideraron menores de cuatro a 15 años, donde el 49% son niños y el 51% niñas, la mayoría con educación primaria. Se detectó que más del 90% conoce la laguna de su comunidad y la visitan alrededor de una vez al mes. La población infantil se ha percatado del estado de salud del humedal, considerado como sucio por el 56%. Sin embargo mencionaron diversas especies avistadas en el lugar siendo principalmente patos (25%) en la época de invierno, y particularmente el 57% de los niños conocen al ajolote del Lerma (Figura 6). La encuesta también abarcó temas de protección y cuidado al ambiente, evaluando la capacidad de la población infantil en detectar problemas en su comunidad, la falta de árboles (47%) y la contaminación por vehículos (27%) son los principales contaminantes de su comunidad. En el aspecto de cuidado y manejo ambiental más del 90% de la población está dispuesto a participar y apoyar con programas de conservación y protección hacia la laguna y el ajolote de Lerma (Figura 7). Para evaluar las características de la población se realizó un análisis FODA (Tabla 18).

Tabla 17. Análisis FODA, de los representantes ejidales y asamblea de San Nicolás Peralta, Municipio de Lerma (Encuestas aplicadas a ejidales, 2011).

EJIDO DE SAN NICOLÁS PERALTA, MUNICIPIO DE LERMA, LERMA EDO. MÉX.			
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
Potencial ecoturístico por la diversidad de la zona	Elevar el nivel de apoyo hacia la conservación de la laguna	Bajo nivel educativo dirigido a la conservación del ambiente	Aumento en la cacería de aves migratorias
Participación adecuada de los representantes ejidales	Fácil acceso al ANP con fines ecoturístico	Falta de plantas tratadoras de agua	Expansión de áreas agrícolas
Grupo de vigilancia para el humedal	Aumento en el conocimiento para la conservación del humedal	Disminución de la participación de los habitantes	Expansión en la zona de forrajeo
Zona declarada Área Natural Protegida desde 2002	Involucrar a diferentes instituciones de educación de la zona	Zona poco conocida a nivel nacional como lugar ecoturístico	Introducción deliberada de especie exóticas
Hay habitantes locales interesados y comprometidos con la conservación	Trabajo a largo plazo para los habitantes	Falta de difusión sobre la estancia de las diferentes especies endémicas de la zona	Extracción irregular de flora y fauna
Existe la participación y monitoreo por parte de la CONANP comprometidos con la conservación	Presencia de especies endémicas, representadas por peces, anfibios, aves y plantas	El gobierno municipal no tienen injerencia en las actividades relacionados a la conservación	Falta de información científica sobre las especies y sus hábitats
Sitio de refugio de aves migratorias			

Tabla 18. Análisis FODA, de la población infantil de San Nicolás Peralta, Municipio de Lerma (Encuestas aplicadas a niños, 2012).

EJIDO DE SAN NICOLÁS PERALTA, MUNICIPIO DE LERMA, LERMA EDO. MÉX.			
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
Humedal: ANP	Más del 70% de la población infantil asisten a la escuela	Escaso conocimiento del cuidado al ambiente	Bajo nivel educativo en manejo ambiental
Amplia biodiversidad	Zona regulada por CONANP	Falta de difusión de la importancia de la laguna	Falta de respeto al medio ambiente
Interés de la población por conocer la laguna		Falta de regulación de residuos sólidos	
Interés en la participación en cursos o talleres			

El análisis de los habitantes del ejido que tienen o no relación directa con el humedal registró lo siguiente: la población se encuentra conformada en su mayoría por adultos de 45 a 55 años, en su mayoría hombres (54%), siendo una edad productiva de recursos económicos. Sus actividades económicas esta mas relacionas al manejo de transporte público (45%), el comercio y la agricultura presentan un porcentaje igual en la población, lo que indica que los pobladores no dependen económicamente del humedal como en generaciones anteriores. La importancia económica que dan los pobladores al ejido se ve relacionada a la agricultura (52%) y el comercio (22%) seguida de otras actividades en menor proporción como: casería, ganadería y pesca. La laguna es considerada como un ingreso económico por la cantidad de visitantes que presenta en las vacaciones de semana santa, por lo que el 90% de la población se refiere al humedal un lugar turístico con futuro a crecer (Figura 9). En relación al humedal el 46% de los habitantes va de paseo a la laguna. Mientras que entre el 16 y 13% se dedican a la agricultura y pesca. Actualmente la laguna esta considera entre mala (42%) y regular (41%) ocasionada por la contaminación (83%), el exceso de pesca, agricultura y ganado en la zona (Figura 10). Uno de los animales más conocido en el humedal es el ajolote (*Ambystoma lermaense*) donde el 88% de la población lo

conoce mencionando su consumo hasta hace 5 años. El ajolote era utilizado principalmente como alimento y siendo muy poco conocido como remedio medicinal. Actualmente el 92% de la población reconoce que el ajolote ha ido desapareciendo en los últimos 10 años (Figura 11). Por último el análisis de la población considera que más del 80% de la población está dispuesto a integrarse y participar en cursos, talleres y/o pláticas que se relacionen a los temas de conservación del humedal y el ajolote de Lerma, incluyendo temas como: protección de la naturaleza, reciclaje y manejo de basura, conocimiento sobre las especies del humedal y el desarrollo de ecoturismo en la zona (Figura 12). Para evaluar a detalle las características de la población, se elaboró una tabla con el resumen de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en los habitantes de la laguna de Chignahupan (Tabla 19).

Tabla 19 Análisis FODA, de los habitantes (adultos) de San Nicolás Peralta, Municipio de Lerma (Encuestas aplicada a adultos, 2012).

EJIDO DE SAN NICOLÁS PERALTA, MUNICIPIO DE LERMA, LERMA EDO. MÉX.			
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
Interés por programas de conservación	Zona ecoturístico	Falta de integración de la población con las autoridades ejidales	Contaminación de aguas residuales
Interés por programas de ecoturismo	Amplia Biodiversidad	Poco conocimiento de la importancia de la zona	Disminución en la población del ajolote
Conocimiento amplio de la biodiversidad	Prestación de servicios ambientales	---	Baja calidad de la laguna
---	Humedal como área recreativa	---	Expansión de zonas de pastoreo

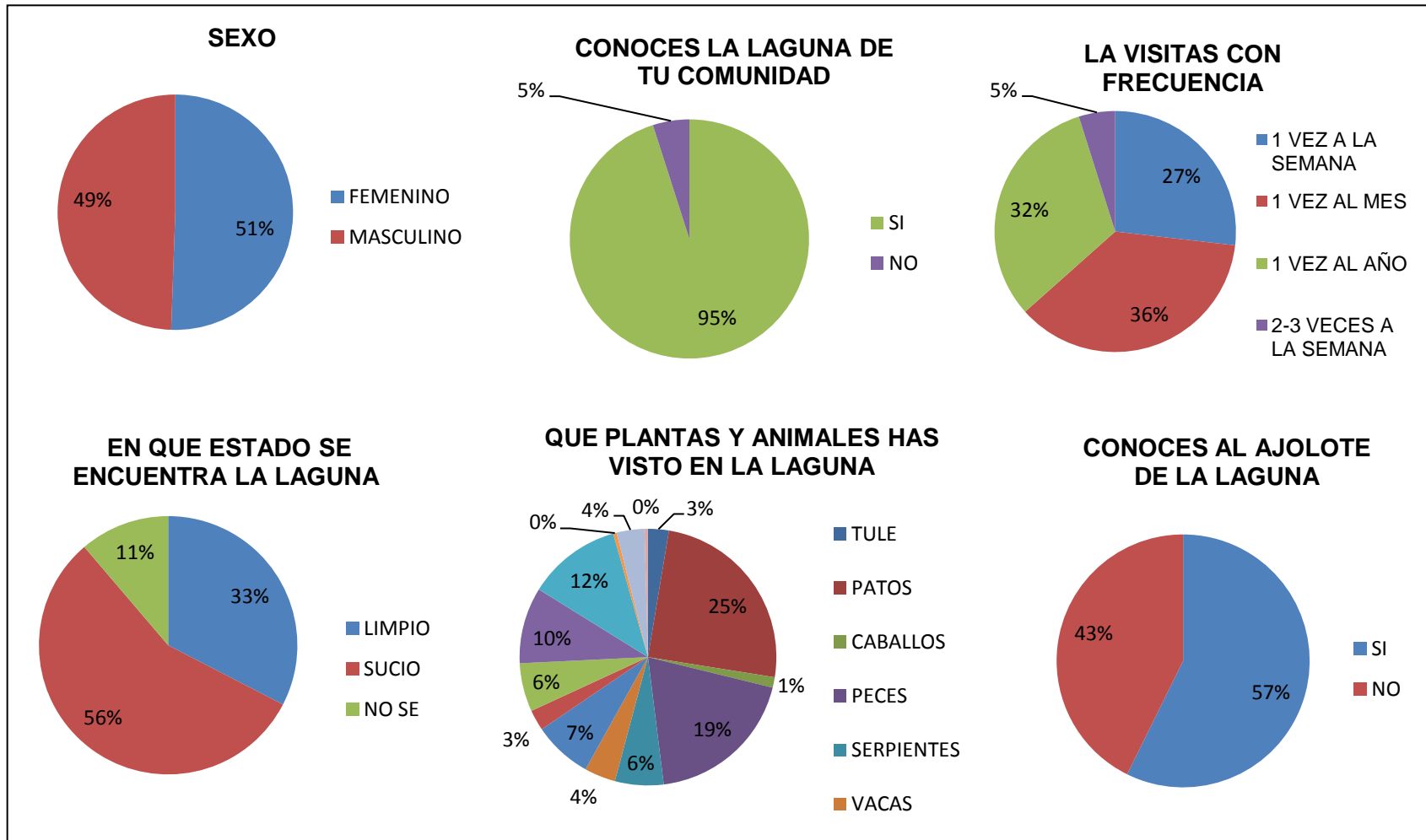


Figura 6. Gráficos de encuestas aplicadas a niños del ejido de San Nicolás Peralta. (Polígono 3, Ciénegas de Lerma).

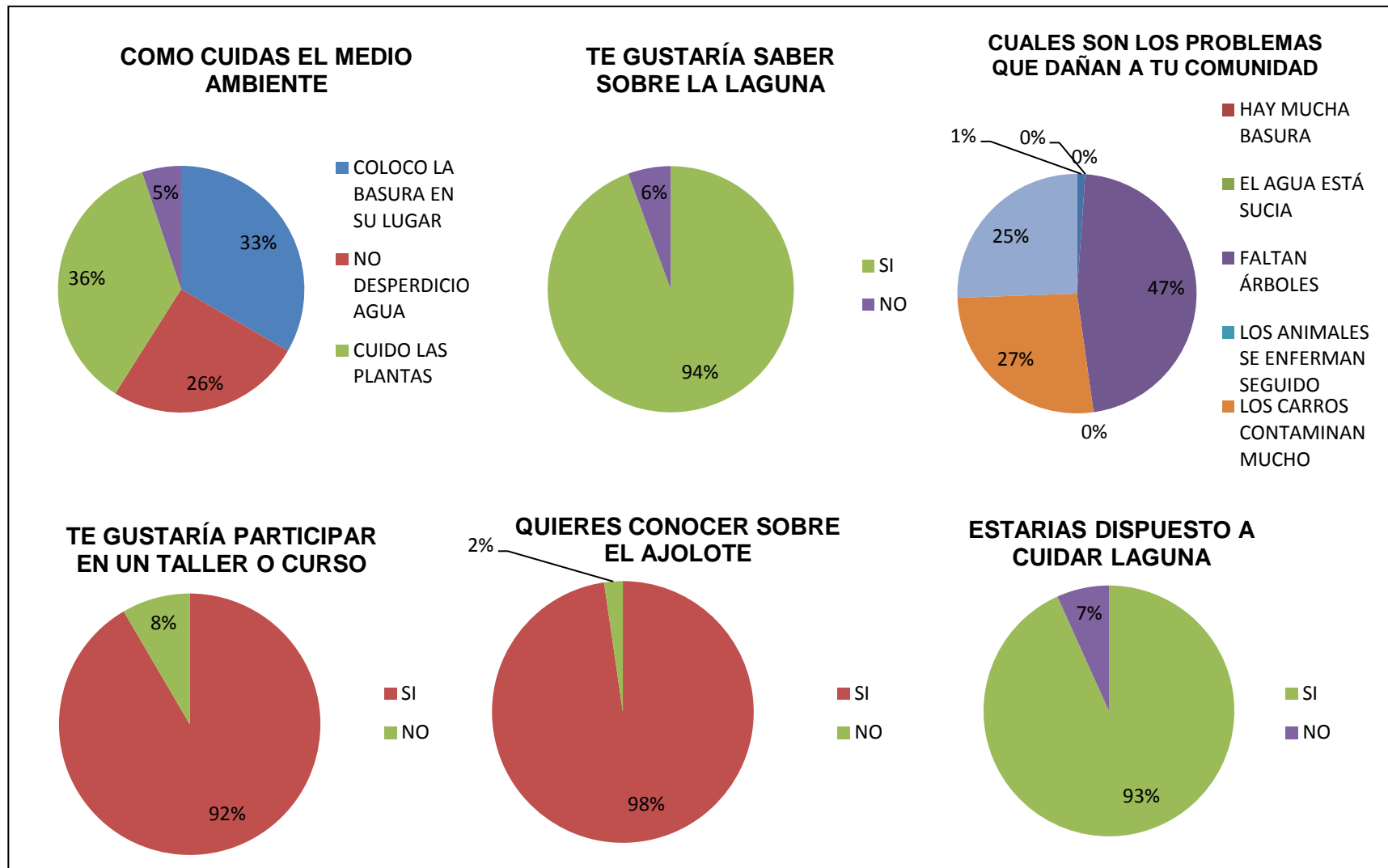


Figura 7. Gráficos de encuestas aplicadas a niños del ejido de San Nicolás Peralta. (Polígono 3, Ciénegas de Lerma).

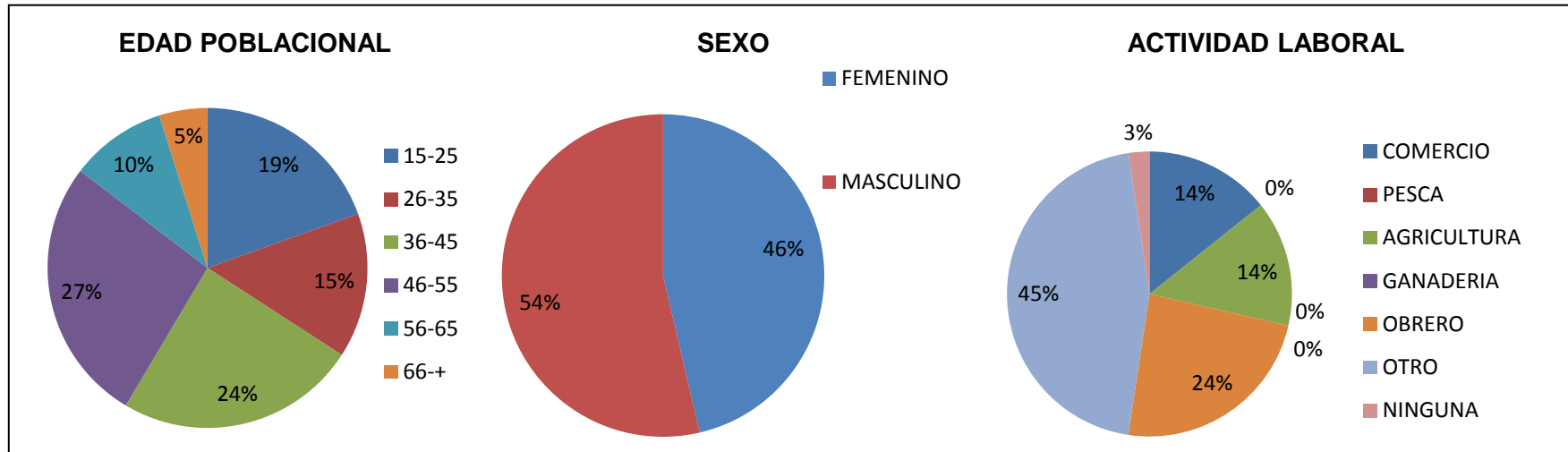


Figura 8. Gráficos de encuestas aplicadas a adultos del ejido de San Nicolás Peralta, Tema: información general. (Polígono 3, Ciénegas de Lerma).

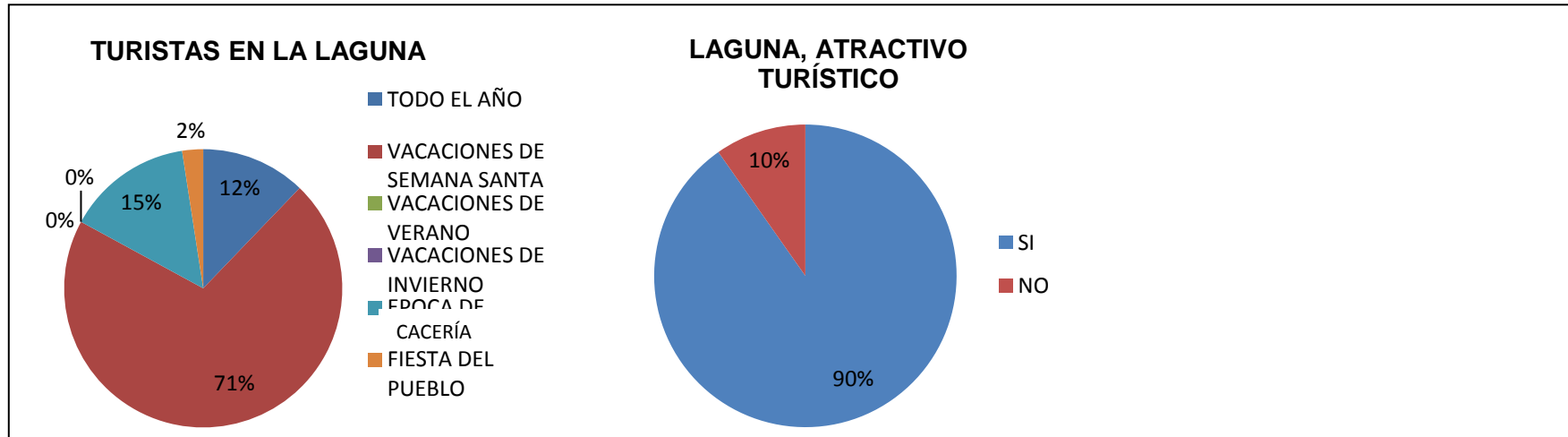


Figura 9. Gráficos de encuestas aplicadas a adultos del ejido de San Nicolás Peralta, Tema: economía/ecoturismo. (Polígono 3, Ciénegas de Lerma).

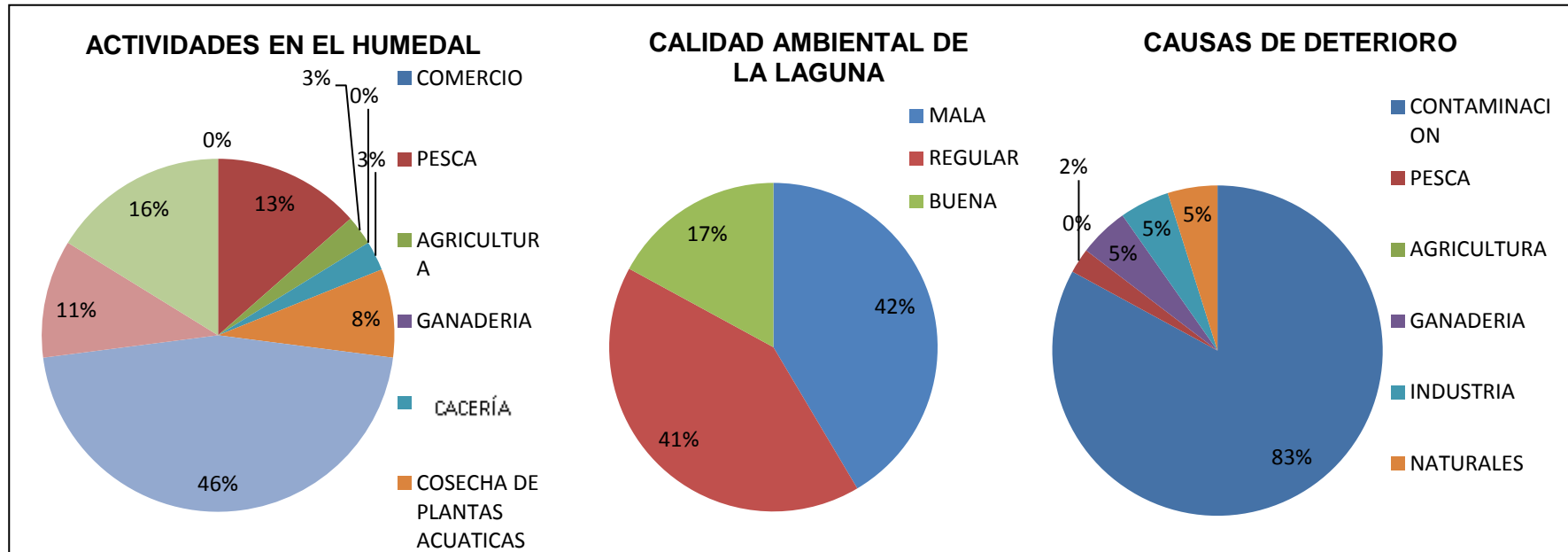


Figura 10. Gráficos de encuestas aplicadas a adultos del ejido de San Nicolás Peralta, Tema: humedal. (Polígono 3, Ciénegas de Lerma).

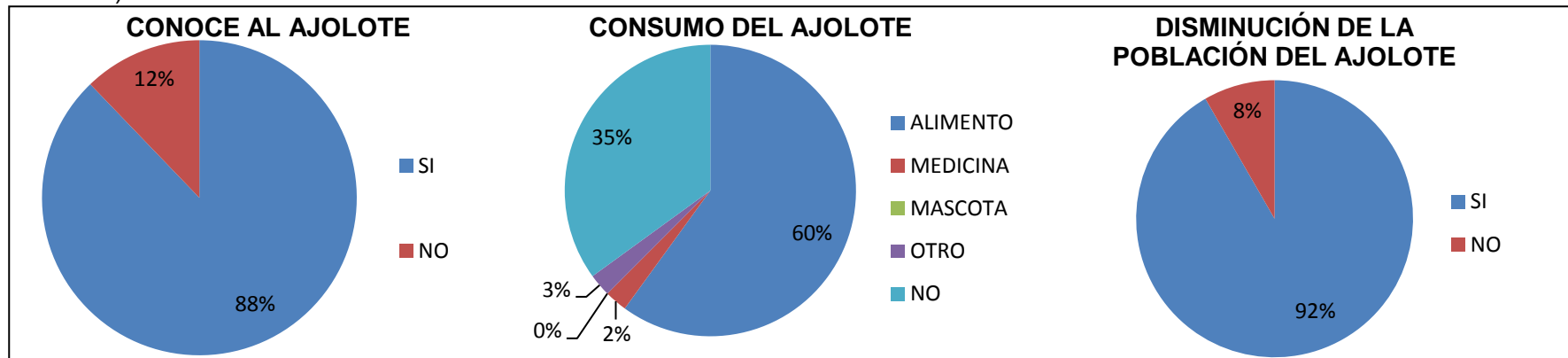


Figura 11. Gráficos de encuestas aplicadas a adultos del ejido de San Nicolás Peralta, Tema: *Ambystoma lermaense*. (Polígono 3, Ciénegas de Lerma).

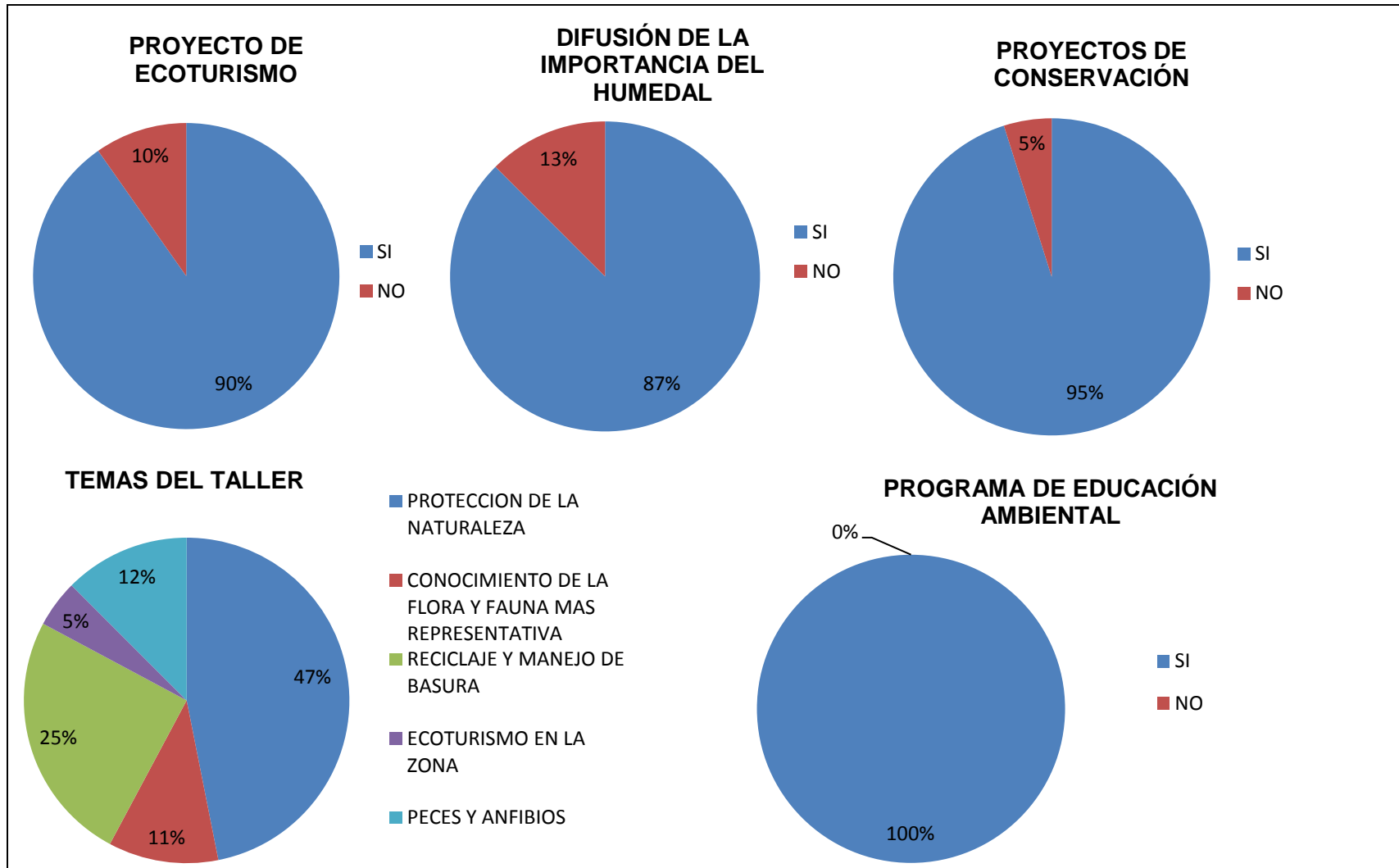


Figura 12. Gráficos de encuestas aplicadas a adultos del ejido de San Nicolás Peralta, Tema: Participación de la comunidad. (Polígono 3, Ciéngas de Lerma).

4.5 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación de impactos ambientales de la primera fase del proyecto determina que el polígono 3 (tabla 13), presenta un moderado impacto ambiental de los tres polígonos que conforman a las Ciénegas. El análisis a detalle por la evaluación visual al ecosistema determina diversas amenazas, de manera más puntual en el área: donde destacan. Aumento de la población, fragmentación del hábitat, descarga de aguas residuales, diversas actividades cinegéticas e introducción de especies exóticas. Este tipo de impactos ambientales representa ciertos efectos negativos a corto y largo plazo en el humedal (tabla 20).

Tabla 20. Determinación de amenazas y sus efectos en el polígono 3. Ciénegas de Lerma.

DETERMINACIÓN DE AMENAZAS, POLIGONO 3.	
AMENAZAS	EFFECTOS
Aumento de la población	Generación de aguas residuales Generación de residuos sólidos
Fragmentación del hábitat	Perdida del ecosistema Reducción del espejo de agua Cambio de uso de suelo
Descarga de agua residual	Canalización Baja calidad de agua Baja calidad de vida
Actividades cinegéticas	Disminución de biodiversidad Contaminación de plomo en sedimento Introducción de especies exóticas
Especies exóticas	Competencia de recursos Pérdida de especies endémicas

4.6 ELABORACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN

El diseño de la estrategia de conservación, fue desarrollada a partir de los diferentes programas, planteados por el PACE, dirigidos principalmente a la conservación *A. lermaense*, a corto, mediano y largo plazo en su hábitat natural. Los subprogramas elaborados abarcan las 6 estrategias contenidas en las leyes de política ambiental del país. Cada subprograma contiene: introducción, objetivos, acciones y metas con el fin de lograr una futura aplicación por la sociedad.

4.6.1 DESARROLLO DE LOS SUBPROGRAMAS PARA LA CONSERVACIÓN DE *Ambystoma lermaense*.

SUBPROGRAMA: PROTECCIÓN	
INTRODUCCIÓN	<p>El polígono 3, cuenta con un total de 346 hectáreas, localizado en el ejido de San Nicolás Peralta, municipio de Lerma. Aunque solo abraza a una población, esta área natural protegida, presenta diversas fuentes de deterioro ambiental, entre ellas encontramos las siguientes:</p> <p>a. El pastoreo extensivo: principalmente caballos, borregos y vacas, se alimentan de pastos y tulares de la zona, abarcando zonas tanto secas, como inundadas por un periodo de aproximadamente 8 hrs al día, afectando drásticamente a la erosión del suelo y la contaminación en el agua por las heces fecales (Figura 13).</p> <p>b. Extracción de especies: los habitantes de la zona, se ven obligados a extraer especies del humedal para su consumo, alimentario, medicinal o artesanal, entre ellos destacan: carpas, ajolotes, acociles y vegetación principalmente acuática. Sin embargo algunas de estas especies utilizadas por los lugareños, presentan una disminución en sus poblaciones, por lo que la extracción de recursos no permite una producción sustentable para la zona (Figura 14).</p> <p>c. Cacería: a pesar de ser un área que permite la cacería de noviembre a febrero por las leyes ambientales (CONAP y SEMARNAT), existe la problemática de la extracción de aves de manera ilegal, debido a la falta de vigilancia por las autoridades correspondientes (Figura 15).</p> <p>d. Actividades recreativas: el juego de fut-bol soccer y las carreras de caballos, son las principales actividades recreativas que realiza la población, en el ANP, sin embargo la cantidad de basura que genera la población en estos eventos es alarmante, debido a que mucho de los</p>

	<p>residuos sólidos se van al cuerpo acuático, disminuyendo la buena calidad de agua en el humedal.</p> <p>e. Contaminación: la problemática de la basura ha ido creciendo rápidamente a nivel mundial. En la zona de estudio se ha observado un incremento de residuos sólidos alrededor del cuerpo de agua. La principal producción de estos desechos es originada por los turistas (adolescentes) que pasean por la zona. En relación a la contaminación en el agua, se ve severamente afectada por la descarga de aguas residuales del ejido, sin el previo tratamiento de estas. Otra de las causas es la gran cantidad de abono que producen los animales de pastoreo durante las 8 hrs diarias en la zona, y por último la aplicación de fertilizantes en las zonas agrícolas que por filtración llegan al humedal (Figura 16).</p> <p>f. Introducción de especies exóticas: dentro del humedal se observó la introducción de peces y un anfibio que alteran el equilibrio ambiental, perjudicando considerablemente a las especies endémicas de la zona.</p>
OBJETIVOS	<p>Crear un cuerpo de inspección y vigilancia, entre pobladores y autoridades, para regular las actividades antropogénicas en la zona.</p>
ACCIONES	<p>Dar pláticas en relación a la problemática ambiental en San Nicolás Peralta a los adultos y niños de la comunidad.</p> <p>Explicar a detalle las problemáticas y posibles soluciones que afectan a la laguna y a la comunidad.</p> <p>Manejar la importancia de una regulación en la laguna en relación a las actividades realizadas.</p> <p>Dar a conocer las características ambientales de la zona y su importancia ecológica.</p> <p>Capacitar al personal representante de la comunidad en base a la legislación ambiental.</p>
METAS	<p>Crear un comité o grupo comunitario de vigilancia permanente, dirigido por las autoridades ejidales (Aplicación: corto plazo / Duración: mediano plazo).</p> <p>Desarrollar un reglamento, en conjunto con la asamblea, basado en las leyes ambientales para el ANP (Aplicación: inmediato / Duración: corto plazo)</p> <p>Identificar y preservar las área núcleo, frágiles y sensibles de la zona (Aplicación: inmediato / Duración: largo plazo)</p> <p>Crear diversas comisiones entre el grupo comunitario para la vigilancia de las actividades antropogénicas (Aplicación: corto plazo / Duración: permanente).</p>

SUBPROGRAMA: MANEJO	
INTRODUCCIÓN	<p>En general las Ciénegas de Lerma, cuentan con una amplia biodiversidad debido a ser considerado como un lugar de transición. Dentro de esta gama de organismos se registran diferentes especies endémicas en la zona. Particularmente en el polígono 3, fue posible registrar la presencia de las cuatro especies endémicas registradas. Entre estas encontramos a <i>Ambystoma lermaense</i>, especie a proteger con suma prioridad en el proyecto de conservación <i>in-situ</i>. En particular la especie presenta ciertas amenazas en el polígono 3, entre ellas encontramos: la disminución del cuerpo de agua, (inconveniente para su amplia reproducción), la contaminación por productos químicos, la erosión y compactación del suelo, la baja población de acociles (alimento de <i>A. lermaense</i>), la pesca para consumo de los pobladores, la introducción de carpas (depredadoras de la especie) y el poco conocimiento de la especie en la zona. Estas son las principales causas que se deben ser evitadas para prevenir o aminorar la declinación de la población en su hábitat natural.</p>
OBJETIVOS	<p>Crear el plan de manejo específico para <i>A. lermaense</i> en el polígono 3 considerando la protección de las especies asociadas al organismo. Lograr un manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos en el área.</p>
ACCIONES	<p>Dar a conocer al ajolote del Lerma entre los habitantes y comunidades aledañas. Explicar la biología de la especie y como se desarrolla en los diferentes estratos de la laguna. Resaltar la importancia de la especie para la laguna y la comunidad. Despertar el interés de la población hacia el ajolote, con fines económicos.</p>
METAS	<p>Difundir la importancia de <i>A. lermaense</i> para el mantenimiento del humedal (Aplicación: inmediato / Duración: corto plazo) Diseñar actividades y acciones para mejoramiento del hábitat de la especie, determinando zonas núcleo dentro del área (Aplicación: inmediata / Duración: permanente). Crear sinergia institucional entre gobierno, educación y población para un programa de introducción y repoblación de la especie, o creación de unidades de manejo ambiental en la zona, dirigida por gobierno e instituciones de educación e investigación y coordinada por pobladores (Aplicación: corto plazo / Duración: largo plazo).</p>

SUBPROGRAMA: RESTAURACIÓN	
INTRODUCCIÓN	Las Ciénegas de Lerma, declaradas como ANP, debido a su biodiversidad, han presentado diversas problemáticas, principalmente por la drástica disminución del 90% de su territorio en los últimos años. Las causas de esta pérdida, son diversas entre ellas: el cambio de uso de suelo, la industrialización, la urbanización, la construcción de carreteras, la pérdida de especies y la contaminación, contribuyen directamente a un deterioro ambiental severo ocasionando un impacto negativo en el ecosistema y acelerando la pérdida de la biodiversidad característica del humedal.
OBJETIVOS	Frenar y controlar las principales causas que ocasionan un daño ambiental en el polígono 3. Diseñar actividades que prevengan los riesgos para <i>A. lermaense</i> Trabajar con las poblaciones que se encuentren directamente ligadas a la sobrevivencia de <i>A. lermaense</i> .
ACCIONES	Enseñar y capacitar a los habitantes en relación a los recursos naturales, usos y conservación. Difundir entre la población las principales problemáticas ambientales y su posible solución inmediata. Explicar y aplicar las leyes ambientales, para que los representantes ejidales exijan a las autoridades su rápida acción en la conservación de la laguna.
METAS	Instruir a los pobladores sobre las actividades que causan un acelerado deterioro del hábitat en el ejido (Aplicación: inmediata / Duración: corto plazo). Convocar a las autoridades, para que presten los servicios de desazolve, rebordamiento y tratamiento de aguas residuales en el humedal (Aplicación: inmediata). Trabajar con los pobladores en relación a la importancia del manejo adecuado de los recursos naturales (reforestación y restauración) (Aplicación: corto plazo)

SUBPROGRAMA: CONOCIMIENTO	
INTRODUCCIÓN	<p><i>Ambystoma lermaense</i>, es el anfibio endémico de las Ciénegas de Lerma, y se encuentra presente en el polígono 3, aparentemente con una población estable, como anfibio característico de la zona presenta una gran importancia en el ecosistema y el humedal es el refugio para llevar a cabo un ciclo de vida. Sin embargo a pesar de ser una especie endémica y carismática, la población del ejido no le ha dado la importancia a la especie debido a la falta de conocimiento de la misma. Hasta hace tres años el ajolote era capturado para uso medicinal o comestible, hoy en día la contaminación e introducción de especies exóticas han disminuido, considerablemente la población de éste, por lo que su captura es muy escasa por los lugareños.</p>
OBJETIVOS	<p>Difundir la importancia de <i>Ambystoma lermaense</i> entre la población, a todos los niveles educativos y entornos sociales. Conocer y ampliar la información en relación al ciclo de vida de <i>A. lermaense</i> en su hábitat natural, así como las especies asociadas a ésta.</p> <p>Fortalecer los programas de investigación científica considerando el conocimiento tradicional, para una protección en conjunta hacia la especie.</p>
ACCIONES	<p>Explicar a la población en general la importancia ecológica de la laguna.</p> <p>Identificar los beneficios de la zona para su comunidad y para el Estado de México.</p> <p>Dar a conocer por medio de difusión las especies prioritarias y/o endémicas.</p> <p>Explicar y ejecutar las tareas de: limpieza, reforestación, separación de basura, ahorro de agua y energía entre otras.</p>
METAS	<p>Aplicar el programa de restauración ambiental y zonas núcleo para la conservación de <i>A. lermaense</i> (Aplicación: corto plazo / Duración: permanente).</p> <p>Crear talleres de difusión a todos los sectores sociales, de las diferentes especie prioritarias en la zona (Aplicación: inmediata / Duración: mediano plazo).</p>

SUBPROGRAMA: CULTURA	
INTRODUCCIÓN	<p>Las Ciénegas de Lerma además de ser un refugio para las diferentes especies, hasta hace 8 años era una de las zonas utilizadas por los pobladores para su sobrevivencia debido a la extracción de recursos naturales. Muchos habitantes de alrededor de las Ciénegas, vivían de la pesca, la extracción de plantas, la elaboración de artesanías, la cacería y el riego de cultivos. Hoy en día, la disminución de recursos, la baja calidad del agua, así como el deterioro del hábitat han contribuido a que los pobladores cambien sus actividades cotidianas, dedicándose a la albañilería, el comercio, obreros, agricultura, entre otros. Este cambio de actividades se ve reflejado en el bajo interés que presentan los pobladores por el humedal que integra su comunidad, ocasionando un deterioro aún mayor en la zona por la falta de conocimiento en todos los sectores sociales.</p>
OBJETIVOS	<p>Remarcar la importancia del humedal en el ejido de San Nicolás Peralta, dando a conocer sus principales componentes e integrantes.</p> <p>Desarrollar actividades que involucren a las comunidades en el conocimiento y cultura del humedal</p> <p>Elaborar diversas actividades de comunicación, difusión y educación para la conservación de las especies.</p>
ACCIONES	<p>Dar a conocer los conceptos de sustentabilidad entre los pobladores interesados.</p> <p>Identificar a la población interesada en el turismo (beneficio económico) de la comunidad.</p> <p>Explicar y entender las definiciones de ecoturismo.</p> <p>Conocer y diseñar un programa de aplicación de ecoturismo, aplicado por la misma comunidad.</p> <p>Dar a conocer las posibles actividades a realizar en la zona, respetando las zonas núcleo.</p>
METAS	<p>Conocer y aplicar el manejo sustentable de los recursos, en base a la capacitación de sus pobladores (Aplicación: corto plazo / Duración: largo plazo).</p> <p>Contribuir y complementar el subprograma de conocimiento a través de la difusión en relación a la importancia del ecosistema (Aplicación: inmediata / Duración: mediano plazo).</p> <p>Crear un programa turístico, donde los pobladores dirijan las actividades para de recreación con fines de crear conciencia hacia la conservación del humedal (Aplicación: corto plazo / Duración: largo plazo).</p>

SUBPROGRAMA: GESTIÓN	
INTRODUCCIÓN	<p>Las Ciénegas de Lerma, fueron declaradas en el 2002, por decreto presidencial, como Área Natural Protegida. Ramsar la declara como el cuarto humedal más importante y extenso del centro del país y su amplia biodiversidad contribuye a que sea declarada como un área de protección de flora y fauna. A pesar de contar con estas menciones las Ciénegas, hoy en día sufren un deterioro considerablemente grave para la sobrevivencia de las diferentes especies residentes y migratorias. La falta de interés de los gobiernos federales y estatales ha contribuido a una pérdida acelerada debido a la falta de regularización de las actividades antropogénicas en la zona. Es por ello necesaria el trabajo sinérgico de los sectores políticos, sociales y culturales, con fines de frenar o disminuir los impactos ambientales negativos en uno de los humedales más importantes del país.</p>
OBJETIVOS	<p>Crear un consejo, ante las autoridades ambientales que involucren a investigadores, pobladores y autoridades, para llevar un programa de protección en las Ciénegas de Lerma. Convocar a la industria privada para contribuir con la restauración de las Ciénegas. Realizar las actividades de conservación basados en las leyes ambientales.</p>
ACCIONES	<p>Involucrar directamente a las autoridades-ejidatarios-pobladores en relación a las actividades realizadas ecológicas y/o económicas. Difundir la importancia de la zona a nivel estatal y nacional. Utilizar a las especies prioritarias para seguir diseñando estrategias de conservación. Trabajar directamente con las instituciones de educación e investigación para el monitoreo constante de la zona.</p>
METAS	<p>Conseguir las herramientas administrativas, requerimientos materiales, financieros y humanos de la industria privada o pública, para realizar los programas de restauración y conservación (Aplicación: corto plazo / Duración: mediano plazo). Dar a conocer la importancia y biodiversidad de las Ciénegas de Lerma, en los diferentes foros internacionales (Aplicación: inmediata / Duración: mediano plazo). Trabajar con las instituciones educativas, de gobierno y pobladores para regular las acciones realizadas en las Ciénegas de Lerma (Aplicación: corto plazo / Duración: mediano plazo).</p>

5. DISCUSIÓN

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS CIÉNEGAS DE LERMA

MEDIO FÍSICO.

Las Ciénegas de Lerma, han sido descritas como los humedales más extensos del centro del país, históricamente registraban una superficie de 27,000 ha, hoy en día solo se cuenta con una superficie de 3,023 ha divididas en tres polígonos independientes. La transformación de esta área esta relaciona a los diferentes intereses culturales, económicos y políticos, los cuales se ven reflejados en los diversos procesos, entre los que destacan los usos de la tierra y agua, y el desarrollo urbano e industrial los cuales han registrados diferentes ritmos de crecimiento. Estos procesos han incidido en el territorio natural de la región e impactado de manera negativa en la biodiversidad de las Ciénegas (PDUL, 2003; CCRECRL, 2000).

Debido a la posición geográfica de cada uno de los polígonos que conforman a las Ciénegas se realizó al análisis independiente de cada laguna. A partir de la evaluación del hábitat en sus diferentes factores, se determinó que la sobrevivencia de *A. lermaense* está estrechamente relacionada a la prioridad de la conservación del hábitat contribuyendo a la protección de las especies más vulnerables en la zona y su futuro desarrollo de las poblaciones.

La elaboración de las cartas geográficas permite visualizar específicamente los municipios que tienen contacto directo con las Ciénegas. Los 10 municipios involucrados representados en el Mapa 2, tienen una interacción directa o indirecta respecto a las lagunas. Antes de que el país fuera industrializado, específicamente en el Valle de Toluca, la población dependía económicamente de los recursos naturales que provenían de las lagunas. La pesca, cacería de aves, extracción de vegetación y agricultura eran las principales actividades realizadas en los municipios aledaños (Orozco y Sánchez, 2003).

La ubicación de las Ciénegas ocupan la zona del centro del Estado de México en dirección al Este, colindando con el Distrito Federal, su altitud no sobrepasa los 2700 msnm, por lo que el tipo de clima es uniforme en todas las Ciénegas, el cual es templado Cw, con lluvias en verano y parte de otoño. Los humedales pueden variar drásticamente en relación a las características físicas que se registran. La unificación de clima y altitud hace que la flora y fauna sea similar entre los tres polígonos (Berlanga-Robles *et al.*, 2008).

El tipo de suelo tiende a ser específico por polígono lo que contribuye a diferentes características respecto a la zona de inundación por área. Para el polígono 1 se registró el litosol, este tipo de suelo presenta características arenosas, contribuyendo a una fácil captación de agua en cualquier época del año. El polígono 2 registra: histosol eutrico el cual facilita el grado de descomposición de la materia orgánica, feozem gleylco y feozem háplico son de los suelos más abundantes en el país sin embargo son utilizados para la agricultura y ganadería debido a su fácil erosión, efecto negativo para las ciénegas de Lerma, debido a la pérdida de hectáreas inundadas. En el polígono 3 se registraron dos tipos de suelo feozem gleylco y vertisol pelico, el primero es rico en concentraciones de materia orgánica y son utilizados principalmente para la agricultura, el segundo presenta diferentes características en relación a la época del año, en lluvias es sumamente húmedo y blando, en secas se vuelve muy duro lo que ocasiona inundaciones pero tiene una resistencia más alta hacia el pastoreo (SEDAGRO-PROBOSQUE, 1991).

Los tipos de suelos registrados en las Ciénegas de Lerma, son considerados como suelos hídricos característicos de los humedales. La importancia del suelo en los humedales radica en su conformación el cual consta de una pequeña capa aerobia en la superficie, en donde el oxígeno de los espacios intersticiales del suelo es desplazado por el agua causando condiciones anaerobias, estas condiciones favorecen los procesos biogeoquímicos como la acumulación de materia orgánica, la reducción del hierro y plomo y el crecimiento de hidrófitas (Hernández, 2010).

La pérdida de hábitas, específicamente en humedales ha ido aumentando considerablemente, las Ciénegas de Lerma han disminuido el 90% de su territorio desde los años 50's. Los humedales de Montaña María Eugenia, ubicado en el Estado de Chiapas disminuyó el 70% entre 1950 a 2000, ocasionado principalmente por el secado y recubrimiento con arena de los humedales para asentamientos humanos o la creación de infraestructura y vivienda. La laguna de Atotonilco también ha registrado una reducción de las 2,850 ha registradas en el sitio Ramsar, actualmente solo están cubiertas 1,400 ha. En el caso de la Laguna de Metztlán (Hidalgo) el nivel de agua presenta diferentes fluctuaciones anuales las cuales cubren desde 700 ha hasta las 5000 ha, debido a estas alteraciones que ha sufrido la laguna, sobre todo en los últimos 60 años ahora se presenta poca profundidad siendo en promedio de 3 m, siendo la máxima registrada en 1999 de 30 m. En caso particular de los Humedales del Lago de Pátzcuaro, ubicados en el estado de Michoacán, se ha registrado que la tasa de infiltración se ha reducido de un 12% a un 8%, considerando que el proceso de erosión y pérdidas del suelo continuará, a media que la cuenca sigue su proceso de

deterioro y disminución de la captación de agua (Ceballos, 2003; Rodríguez y Montes; 2003; Gómez *et al.*, 2005; Vázquez, 2012; Chacón *et al.*, 2004).

En relación a la cobertura de las Ciénegas, los tres polígonos han reducido su capacidad de inundación en las dos épocas del años, durante los meses de julio a noviembre entre el 20-26% En la época de estiaje diciembre a mayo) la reducción del humedal va desde un 40% hasta un 45%. El polígono 1, presenta la menor reducción de almacenamiento de agua, debido a que es una zona rodeada de bosque, lo que contribuye a una mejor captación de agua. En la época de estiaje reduce hasta el 42% lo que aumenta la disponibilidad del terreno para la agricultura o construcción de chinampas. En el polígono 2 la variación de inundación entre épocas es de 14% esta característica se ve relacionada al continuo descargue de aguas residuales de las industrias y los diversos municipios aledaños durante todo el año. El polígono 3 también ha perdido zona de inundación el cual se ve ocasionado en la expansión por el área de pastoreo, el cual compacta el suelo evitando la filtración y acumulación del agua en la época de lluvias.

La pérdida de cobertura y empobrecimiento de la calidad de las áreas naturales se ha visto afectada paulatinamente en los diferentes humedales del país debido a la destrucción y cambios de uso, represamiento y cambio de curso de ríos, drenándolos o alterando de manera significativa la cobertura natural de las Ciénegas o cuencas a las que dependen poniendo en riesgo a los humedales. El resultado de estos cambios modifica todas las propiedades hidrológicas, incluyendo cambios en los patrones de drenaje, pendientes, vegetación, área impermeable y compactación del suelo. La respuesta de las cuencas a tales alteraciones puede incluir incremento en la frecuencia de inundaciones, aumento en la erosión, degradación de la calidad del agua superficial y reducción de la recarga de los mantos freáticos entre otros. Es importante considerar que en base a estudios realizados a diversos humedales, se ha determinado que la duración de la inundación debe ser mayor al 5% de la temporada de crecimiento, lo que ocurre en los polígonos de estudios, para permitir el desarrollo de los suelos hídricos y desarrollar las condiciones anaerobias en la parte superior y favorecer al crecimiento de hidrófitas (Mitsch y Gosselink, 2000; Hernández *et al.*, 2005).

En algunos humedales la disminución del agua es debido a la explotación de dicho recuso, es el caso del Sistema lacustre “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, en donde la extracción de agua subterránea para satisfacer las necesidades hídricas de la ciudad de México, ha ocasionado respuestas ambientales negativas en el sistema lacustre ya sea por daño o desaparición de algunos manantiales; o durante la temporada de lluvias afectando a la navegabilidad de los canales, la permanencia de flora y fauna asociadas al

ecosistema, ya un proceso de hundimiento y fracturamiento del suelo (Aranda, 2004).

Calidad del agua

Los humedales al ser zonas de transición deben presentar características específicas, entre ellas destaca una calidad de agua óptima por la acumulación y utilización de los nutrientes orgánicos e inorgánicos (Rodrigo *et al.*, 2001). La calidad del agua de los humedales de agua dulce debería ser excelente, para lograr el sostenimiento de la biodiversidad y el desarrollo de la vida acuática.

Comparación de parámetros fisicoquímicos. Los parámetros medidos y comparados con la NOM-001-ECOL-1996 y límites permisibles registrados en la literatura, para la determinación de calidad de agua (Tabla 7), demuestran que el polígono 1 presenta mayores niveles de materia orgánica e inorgánica, representados por sus elevados valores de DQO, G y A, SS, ST y PT, siendo propenso a que exista eutrofización en la laguna. Los valores altos de DQO en el polígono 1 (332.4 mg/L) sobrepasan los permitidos por la literatura citada, indicando elevadas cantidades de materia orgánica e inorgánica y falta de oxidación biológica en la laguna. Algunos impactos potenciales que contribuyen a la acumulación excesiva de materia orgánica son: agricultura, uso rural y descarga de agua re acumulación de sedimentos y nutrientes, vegetación, heces del ganado y potencialmente los pesticidas procedentes de los campos agrícolas cercanos (Tejeda *et al.*, 2006; Gasco, 2007; Liston y Maher, 1996).

En relación al PT, a pesar de que no sobrepasan los límites permisibles, es indispensable mantenerlos en niveles menores a 4 mg/L para un crecimiento adecuado de plantas y animales. El aumento considerable de este parámetro es debido a la aplicación de agroquímicos en zonas de cultivo, como ocurre en el polígono 1 (3.4mg/L) el cual presenta eutrofización en comparación con los polígonos 2 y 3; contribuyendo a un crecimiento acelerado y descontrolado de plancton y plantas acuáticas, ocasionando luego el consumo de grandes cantidades de oxígeno. La consecuencia de la presencia excesiva de ortofosfatos, polifosfatos y fósforo, es la eutrofización (Abarca, 2005; Rodrigo *et al.*, 2001).

El nivel de G y A se encuentra por encima del permitido por la NOM (15 mg/L) en los tres polígonos, siendo más alto en el polígono 2 con 43.6 mg/L, seguido del polígono 3 (28 mg/L) y por último el polígono 1 con 27.4 mg/L, la problemática generada a partir de la alta concentración de este parámetro dificulta la depuración natural, dando lugar a la formación de una película que recubre la superficie del agua y disminuye la captación de oxígeno (Márquez *et al.*, 1992; Aznar, 2000). La alta concentración de grasas y aceites es originada por vertidos urbanos e industriales. El polígono 2 ubicado en las localidades de San Mateo Atenco, San

Pedro Tultepec y Ocoyoacac, presenta zonas completamente urbanizadas y con grandes áreas industriales, por lo que parte de sus desechos van directamente al humedal, causando graves problemas a la depuración natural.

Los SS en el polígono 1 y 2 sobrepasan la NOM (1 mg/L), obteniendo valores de 12.9 mg/L y 1.2 mg/L respectivamente; en el polígono 3, se encontró en el valor mínimo. El exceso de sólidos sedimentables, como es el caso del polígono 1, causa formación de depósitos sedimentarios y aumento en procesos anaeróbicos, los cuales generan metano (Déniz-Quintana, 2010). Los efectos en las lagunas por la acumulación e interacción de este parámetro es la salinidad, muerte de peces y anfibios y cambios en el ecosistema, que pueden propiciar el aumento y variación de la temperatura debido a la generación de conductividad eléctrica originada por el intercambio de cationes y aniones disuelto en el agua (Abarca, 2005; Álvarez, 2005).

Uno de los parámetros que impacta en las funciones hidrológicas, es el nivel de nitratos y nitritos, los cuales no sobrepasan los límites permisibles para el consumo humano, 10 mg/L NOM-127-SSA1-2000. Sin embargo es importante su presencia para proporcionar nutrientes a algas y plantas acuáticas, sin exceder algunos valores que podrían contribuir a la eutrofización. Una de las áreas que presentó mayor cantidad de nitritos, fue el polígono 1 (0.01 mg/L), lo que no fue alto. Las consecuencias de los niveles altos de nitratos están asociadas a enfermedades como la metahemoglobinemia, que es la falta de transportación de oxígeno en la sangre (Antigüedad et al., 2009; Déniz-Quintana, 2010).

El rango del pH para la vida biológica estable es estrecho y crítico, el cual comprende valores de 6 y 8 ó 6.5 y 9.5 (Samboni *et al.*, 2007). El intervalo del pH obtenido va de 6 a 8 lo que es un rango aceptable para las lagunas.

Otro parámetro no indicado en la NOM, pero sin embargo sus altas concentraciones causan estragos en los ecosistemas acuáticos son los ST. La información obtenida por Déniz- Quintana (2010) propone los siguientes valores; mínima de 390 mg/L, media de 720 mg/L y alta 1230 mg/L. En el estudio realizado en 2010 en las Ciénegas, se observó una elevada cantidad de sólidos totales, siendo el parámetro de mayor concentración en todos los cuerpos de agua, con un valor mínimo de 449.7 (polígono 2) y un máximo de 877.7 mg/L (polígono 1).

Los cuerpos de agua contienen sólidos en suspensión, coloidal y solubles; estas constituyen los sólidos totales, los cuales afectan la calidad del agua en varias formas, principalmente las reacciones fisiológicas de los organismos en el cuerpo de agua (Abarca, 2005). En los tres polígonos se encontró además basura como: plásticos, maderas, vegetales, cadáveres de animales, textiles, entre otros,

afectando el aspecto visual y el flujo del agua. Investigaciones realizadas por Fall et al. (2007) mostraron que subsiste la misma problemática con respecto a los sólidos registrados en el Río Lerma.

El análisis estadístico utilizado (ANOVA una vía) detectó diferencias significativas entre los polígonos que constituyen las Ciénegas de Lerma, en relación a los parámetros fisicoquímicos medidos. La interpretación de los análisis demostró que de los 10 parámetros estudiados, existen diferencias significativas en 4 de ellos, entre los tres polígonos. En el polígono 1 los parámetros de: DQO, PT, ST y pH registraron diferencias significativas, con un nivel de confianza del 95% (Fig. 2), en comparación a los polígono 2 y 3. Almoloya de Río, municipio donde se ubica la laguna de Chicognahuapan (polígono 1), es una región que ha crecido en la industria textilera, donde la contaminación química es producida por los lavados y prelavados (colorantes o decolorantes) que se hacen a la materia prima, desechando sus aguas residuales a la laguna, esta contaminación se ve reflejada en los altos niveles de DQO (Anova: $F= 4.75$, $p= 0.02$) (Fig. 2a) El crecimiento de la zona agrícola incrementa la aplicación de fertilizantes, lo que propicia aumento en los niveles de fosforo total en la laguna (Anova: $F= 37.58$, $p= 0.00$) (Fig. 2b). Los ST se encontraron altos en los tres polígonos, presentando diferencias significativas entre el polígono 1 y los polígonos 2 y 3 (Anova: $F= 5.62$, $p< 0.01$) (Fig. 2c). El análisis estadístico permite concluir que el polígono 1 presenta mayor cantidad de contaminantes en el agua, que el resto de los polígonos. Otro de los parámetros medidos que presentó diferencias entre los cuerpos de agua, fue el pH (Anova: $F= 10.93$, $p< 0.00$) (Fig. 2d), determinando al polígono 3 como un medio alcalino con un pH de 8.2, y siendo más ácido para los polígonos 1 y 2. Sin embargo los valores de este parámetro están dentro de los rangos aceptables para los tres cuerpos de agua, no produciendo limitaciones para el desarrollo y fisiología de los organismos acuáticos (Pérez & Rodríguez, 2007).

En el análisis del seguimiento estacional, en los 3 cuerpos de agua (Fig. 3), se observaron diferencias entre la época de secas (diciembre-mayo) y la época de lluvias (junio-noviembre), registrando en general un aumento de concentración de un periodo a otro, sobre todo en el polígono 1y con respecto a los parámetros de DQO, DBO, PT y ST. El aumento de DQO (Fig. 3a) y DBO (Fig. 3b), en la época de lluvias se ve relacionado con la acumulación de materia orgánica e inorgánica entre los meses de mayo a agosto debido al arrastre de materia con los escurrimientos. El incremento de la contaminación por materia orgánica puede empobrecer el oxígeno, ocasionando la pérdida de la flora y fauna acuática. La concentración elevada de PT del polígono 1(Fig. 3c), en comparación con los 2 y 3, se ve reflejada en los meses de abril a julio y está relacionada con la aplicación de agroquímicos en las zonas agrícolas cercanas a la laguna, originando

eutrofización en la zona. Otro parámetro sumamente relacionado al aumento de los anteriores son los ST (Fig. 3d), los cuales se observan elevados en los tres polígonos, con una ligera disminución en los meses de septiembre, marzo y abril. La concentración de sólidos totales aumenta la cantidad de materia orgánica e inorgánica en todos los cuerpos de agua.

Dentro de los metales pesados destaca el plomo el cual fue detectado en los polígono 1 y 2, lo que podría relacionarse en parte con actividades de cacería y agricultura en la zona. Este elemento es tóxico para los microorganismos, disminuyendo la capacidad de degradación de materia orgánica realizada por los mismos. Estudios anteriores han demostrado la presencia de Pb en el curso del río Lerma, asociando a fenómenos naturales como el arrastro por escurrimiento en la zona, aumentando las concentraciones de este metal en la época de lluvias (Ávila-Pérez *et al.*, 2007).

La cantidad de humedales en México ha facilitado la evaluación de las condiciones ecológicas de otras zonas, a través de la medición de parámetros fisicoquímicos. Entre estos encontramos la evaluación ecológica al lago de Huetzalin, (Xochimilco), donde se consideraron parámetros como; temperatura (25°C), pH (7 a12), oxígeno disuelto (3 mg/L), nitratos (0.09mg/L) y fosforo total (0.2-0.5 mg/L) indicando una posible eutrofización en la zona (Enríquez *et al.*, 2009). La comparación de estos parámetros con las Ciénegas de Lerma demuestra que particularmente, el polígono 3 presenta mejores condiciones ambientales (tabla 1) que el lago de Huetzalin, con menor riesgo de eutrofización en el humedal, lo que no es el caso de los polígono 1 y 2. En la actualidad, las Ciénegas de Lerma han perdido cerca del 90% de su capacidad total, reduciendo el área a 3,023 ha de las 27,000 existentes a finales del siglo XIX.

Los diferentes análisis aplicados determinan que la calidad de agua para el humedal se encuentra entre buena y regular. Para el polígono 1 y 2, la calidad de agua es considerada como regular debido a que existen parámetros con niveles elevados, signo de contaminación y aumento en la concentración de nutrientes (Samboni *et al.*, 2007). El polígonos 3, a pesar de que se presentan períodos donde los parámetros de G y A y ST son elevados, no muestra peligro directo para el ecosistema.

Las causas del deterioro del humedal son múltiples: crecimiento acelerado de la población que rebasa la satisfacción de necesidades, tendencia hacia el cambio en los patrones de uso de suelo, degradación progresiva e irreversible del ambiente, disminución de los recursos naturales (agua, suelo y vegetación) y la ausencia de observancia general de normas ecológicas. Debido a que las Ciénegas son el origen de una de las cuencas más importantes del país (Lerma-

Chapala-Santiago), su deterioro impacta al resto del sistema. La evaluación visual de cada polígono que constituye al humedal hace referencia a diversas amenazas hacia la conservación del ambiente; entre ellas encontramos que el polígono 1 se ve amenazado por los químicos de la industria textilera y la agricultura. En el polígono 2 ha aumentado considerablemente los desechos industriales, y el polígono 3 está fuertemente amenazado por la canalización de aguas residuales cerca del humedal y la expansión de la zona de pastoreo. Con base en las características fisicoquímicas y biológicas determinadas en el presente estudio, la calidad de agua para la Ciénegas de Lerma se encuentra entre regular y buena, con tendencias alta a empeorar la calidad del ecosistema.

Las Ciénegas de Lerma constituyen un hábitat para diferentes especies, entre ellas *Ambystoma lermaense*, el cual es un bioindicador de la calidad de agua debido a sus características fisiológicas; aunque se encuentra presente, su permanencia es cuestionable a largo plazo por las características fisicoquímicas del agua. La importancia de las Ciénegas radica en ser el amortiguador de diversas funciones ecológicas fundamentales, además de aportar servicios ambientales y benéficos socioeconómicos para las poblaciones circundantes.

MEDIO BIOLÓGICO

La importancia de las Ciénegas de Lerma, debido a su diversidad sigue siendo de las causas más relevantes para su conservación, sin embargo la disminución de las poblaciones de las especies endémicas pone en riesgo la sobrevivencia de otras. Las características físicas de los humedales son únicas dependiendo el tipo de hábitat, específicamente para el régimen hidrológico o pulso de inundación al que se encuentran sometidos los humedales constituye uno de los factores reguladores más importantes dado que define, en términos de su composición, estructura y funcionamiento, la diversidad biológica y cultura de la región. En relación a la biodiversidad la adaptación del régimen hidrológico, conjuntamente con la geomorfología muy heterogéneas permite la existencia de un mosaico de hábitats que determinan una alta diversidad de especies de flora y fauna silvestre (Malvárez y Bó, 2000).

La diversidad biológica en los humedales considera diferentes factores, donde destacan: la heterogeneidad espacial, debida a la historia geomorfológica y a la acción diferencial del régimen hidrológico, la heterogeneidad temporal, las fluctuaciones ambientales (inundaciones y sequias) y los intercambios permanentes de materiales abióticos y bióticos dentro de la región y entre ésta. La diversidad de organismos en los humedales es alta y está dada por la heterogeneidad espacial el cual es un factor que origina zonas con distintas características hidrológicas generando diferentes condiciones ambientales. Esto

se ve reflejado en la distribución de la vegetación y fauna silvestre permitiendo la coexistencia de diferentes tipos de especies promoviendo elevada riqueza y abundancia (Malvárez y Bó, 2000; Kandus *et al.*, 2006)

En los muestreos realizados durante 2010, a los polígonos que componen el humedal, se confirmó la presencia de las cinco especies endémicas de la zona, entre ellas; *Chiostoma riojai*, *Ambystoma lermaense*, *Conturnicops noveboracensis goldmani*, *Geothlypis speciosa* y *Sagittaria macrophylla*.

Los humedales presentan características ambientales específicas, lo que contribuye a la presencia de especies endémicas. En el Lago de Pátzcuaro se finca la presencia de un pez endémico (*Chiostoma patzcuaro*), un anfibio (*Ambystoma dumerilii*), un gavilán de Cooper (*Accipiter cooperi*), otras especies son: el zacate (*Cyperus patzcuarensis*), la sanguijuela (*Illinobdella patzcuarensis*) y dos moluscos (*Opeas patzcuarensis* y *Valva humerali*) (Chacón *et al.*, 2004).

El grupo de vertebrados con mayor diversidad de especies lo conforman la aves, con un total de 100 especies registradas, en donde destacan especies endémicas como *Coturnicops noveboracensis* y *Geothlypis speciosa*, especies residentes *Fulica americana*, *Tilmatura dupontii*, y diversas especies migratorias como *Anas discors*, *Anas clypeata*, *Anas acuta*, *Anas discors*, entre otras (Anexos-tabla 10.1.8). Esta diversidad de especies endémicas está dada por la estacionalidad térmica, la cual determina que ciertas especies animales se dispersan dentro del área y /o migren desde y hacia el exterior contribuyendo a la diversidad de especies. Otros humedales como; Humedales de Montaña María Eugenia se tienen registrados las especies como *Carduelis atriceps*, *Bubo virginianus*, *Rallus limicola*. Al igual que las Ciénegas de Lerma, en la Laguna de Atotonilco las aves son el grupo de vertebrados de mayor representatividad para el humedal. Para la Laguna de Metztlán cuenta con 116 especies atribuido a que muchas son migratorias como: *Ceryle alcyon*, *Actitis macularia*, *Pelecanus erythrorhynchus*. La laguna de Tecocomulco presenta su mayor diversidad faunística en aves, representada por un total 120 especies de las cuales 42 son acuáticas (29 migratorias y 13 residentes) y 78 terrestres entre las aves terrestre están *Quiscalus mexicanus* y *Agelaius phoeniceus* (Malvárez *et al.*, 1999; Gómez *et al.*, 2005; Vázquez 2012; Rodríguez y Montes 2003; Consejo Estatal de Ecología, 2003).

En relación a los reptiles registrados en las Ciénegas de Lerma es característica la presencia de *Thamnophis eques* y *T. melanogaster*, la primera registrada en la Laguna de Atotonilco (Jalisco), este género es común en los humedales como: Humedales de Montaña María Eugenia, en el Sistema de Represas de la Cuenca Hidrográfica del Rio Necaxa (Gómez *et al.*, 2005; Vázquez 2012; Flores, 2007).

Los anfibios forman uno de los grupos taxonómicos más común en este tipo de hábitats, abundan principalmente urodelos del género *Lithobates*, *Hyla* y *Rana* presentes en Humedales de Montaña María Eugenia y Laguna de Metztlán. En el Sistema de Represas de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, también se han registrado especies como *Cranopsis nebulifer*, *Craugstor mexicanus* y una salamandra *Pseudoeurycea cephalica*. Pocos humedales han reportado la presencia de especies del Género *Ambystoma*, debido a la distribución restringida del género, *Ambystoma lermaense* solo está presente en las Ciénegas de Lerma, mientras que *Ambystoma mexicanum* y *Ambystoma tigrimun* se encuentran en La laguna de Tecocomulco, y el primero en el Sistema lacustre “Ejido de Xochimilco” *Ambystoma dumerilii* está presente en los humedales del Lago de Pátzcuaro. *Ambystoma andersoni* endémica de la Laguna de Zacapu. (Vázquez, 2012; Rodríguez y Montes 2003: Consejo Estatal de Ecología, 2003; Chacón *et al.*, 2004; Flores, 2007; Aranda, 2004; Zubieta *et al.*, 2004).

Debido a la creciente demanda de los recursos naturales, las especies nativas han tenido que compartir el humedal con algunas especies introducidas, como la carpa (*Cyprinus carpio*), trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), así como la introducción del lirio acuático (*Eichornia crassipes*) (Estas introducciones que se han justificado ante la escases de ictiofauna, en ocasiones han resultado catastróficas para la conservación de especies, principalmente anfibios (Vázquez 2012; Gómez *et al.*, 2005; Rodríguez y Montes, 2003; Aranda, 2004).

En los ambientes sometidos a condiciones de anegamiento tanto temporario como permanente suelen presentar una baja riqueza de especies (existen excepciones). Sin embargo en ellos suele dominar plantas acuáticas muy sensibles a los cambios que se producen en el hidroperíodo local. De esta manera, las variaciones en la frecuencia de los periodos de inundación, sequía y en la profundidad, la tasa y el grado de inundación del agua producen cambios masivos en la biota dando lugar a una diversidad de comunidades vegetales particularmente adaptadas. La elevada variedad de parches de vegetación ofrece una importante oferta de hábitat para la fauna silvestre siendo utilizada como alimentación, reproducción, refugio, anidación o descanso (Pardos, 2004).

Una de las características principales para los humedales es la presencia de macrófitas o hidrófitas, plantas acuáticas que están adaptadas para vivir en suelos inundados o en el agua, este término incluye a especies leñosas y herbáceas. Las hidrófitas son la base de la cadena alimenticia en los humedales, algunas plantas acuáticas herbáceas son extremadamente productivas la cual es convertida a detritus. Las plantas proveen hábitat estructural crítico para algunos grupos taxonómicos. La vegetación en los humedales es de suma importancia, influye fuertemente en la química del agua, ya que las plantas pueden actuar como fuente

o como sumideros de nutrientes. Además las plantas acuáticas poseen un tejido aerenquimal que les permite el transporte de oxígeno de las partes aéreas a las raíces, lo cual influencia el potencial redox que indica la disponibilidad de electrones en el sedimento (Martin *et al.*, 2003).

En relación a la vegetación se registraron 74 especies en el polígono 1, 51 especies en el polígono 2 y 47 especies en el polígono 3. La diversidad es similar entre los tres polígonos, donde resaltan las siguientes especies. *Datura ceratocaula*, *Eleocharis densa*, *Jaegeria glabra*, *Nymphaea gracilis*, *Nymphoides fallax* y *Sagittaria macrophylla*, todas especies endémicas de México. En el área fueron registradas especies con un estatus de conservación de amenazada según la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, *Equisetum ferrissii*, *Typha domingensis*, *Typha latifolia*, estas dos últimas presentes en los tres polígonos. *Nymphaea gracilis* considerada en peligro de extinción y presente solamente en el polígono 2. Dentro de las especies raras en la Ciénega se consideran: *Ceratophyllum demersum*, *Lilaea scilloides*, *Myriophyllum heterophyllum*, *M. quitense*, *Sagittaria latifolia*, *Wolffiella oblonga*. Debido a que el humedal es una zona de refugio de diversas aves migratorias la introducción de plantas acuáticas y/o terrestres es común, donde se consideran; *Myriophyllum aquaticum*, *Polygonum lapathifolium*, *Salix babylonica* y *Utricularia livida*. *Eichhornia crassipes* es otra especie invasora, la cual se ve directamente relacionada al aumento de contaminantes en el agua, esta presenta una extensión rápida y amplia en la zona compitiendo por el oxígeno disuelto con otras especies acuáticas.

Humedales con una altitud a nivel del mar entre los 2 300 a 3 000 metros presentan una vegetación terrestre similar, en el humedal de montaña María Eugenia, predominan pastos y tulares, especie como *Acer negundo*, *Toxidium mucronatum* y *Fraxinus udhei*, *Quercus pedunculata*, *Pinus* sp. Otra de las especies acuáticas más dominantes es *Eichhornia crassipes*. En base a los monitoreos realizados en la Cuenca de Atotonilco (2 900 msnm) se encontró una vegetación conformada por 889 registros que comprende a 442 especies, agrupadas en 267 géneros, pertenecientes a 86 familias, entre los géneros acuáticos más representativos están *Lemna* y *Salvinia*, géneros subacuáticos *Myriophyllum* y *Potamogeton*. Para la Laguna de Metztlán la flora vascular se encuentra constituida por 465 taxas, perteneciente a 270 géneros y 392 especies entre las cuales se encuentran las familias más representadas como: *Asteraceae* y *Leguminosae* la primera identificada en los polígonos de estudio. En el Sistema lacustre “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, se registraron 146 especies distribuidas en 101 géneros y 46 familias. La vegetación acuática está representada por 115 especies, distribuida en 63 géneros y el grupo de las *Chorophytas* es el más representativo. Destacando la presencia de *Nymphaea*

mexicana y los tulares *Typha latifolia*, *Scirpus americanus*, *Cyperus* sp. y *Juncus* sp. (Vázquez, 2012; Gómez 2005; Rodríguez y Montes; 2003; Aranda, 2004).

La vegetación acuática más característica en los humedales está dada por el tule (*Scirpus lacustris*), tanto para las Ciénegas de Lerma como para la Laguna de Tecocomulco ubicada en Pachuca, Hidalgo, en donde cubre cerca del 85%, en las orillas se presenta la lentejuela (*Lemna*) en grandes cantidades. Las principales agrupaciones presentes en esta laguna son: hidrófitas emergentes: *Scirpus lacustris*, *Typha latifolia*, hidrófitas libres flotadoras: *Lemna gibba* y *Ricciocarpus natans*, hidrófitas de hojas flotantes: *Nymphoides fallax* y *Potamogeton nodosus*, e hidrófitas sumergidas: *Utricularia gibba* y *Potamogeton foliosus*, vegetación similar a la registrada en el área de estudio. Especies similares y con la mayor parte de tulares (*Thypha dominguensis*) se registran en el Sistema de Represas de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa (Consejo Estatal de Ecología, 2003: Flores, 2007).

En los Humedales del Lago de Pátzcuaro se presenta la siguiente vegetación, siendo la más abundante y representativa para la zona, las máximas elevaciones se encuentran representada por *Abies religiosa*, *Pinus pseudostrobus* y *Alnus arguta*. La vegetación acuática está representada por 49 especies, incluidas en 23 familias, identificando a hidrófitas emergidas: *Scirpus americanus*, *Typha latifolia*, *saguttaria graminea* y *Cyperus niger*. Hidrófitas sumergidas: *Nymphaea mexicana* y *Potamogeton illinoensis*. En las orillas de la Laguna de Zacapu, encontramos elementos de bosque de galería como: sabino (*Taxodium mucronatum*) y sauce llorón (*Salix* sp.), así como cultivos de maíz. La vegetación acuática está conformada por *Cyperus esculentus*, *Phragmites comunis*, *Typha latifolia*, *Juncus effusus*, así como plantas pertenecientes a los géneros *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Maugeotia* y en menor cantidad *Sagitaria*, *Scirpus* y *Bidens*. La especie más abundante en los litorales de lago es *Typha latifolia* (Chacón *et al.*, 2004; Zubieta *et al.*, 2004).

En la actualidad esta alta diversidad biológica tanto la vegetación como la fauna silvestre, se encuentra afectada por la intervención humana, hecho que se refleja a través de la degradación de las comunidades naturales. Particularmente en las Ciénegas de Lerma el hombre influye sobre la biota a través de la contaminación del agua (disminuyendo la calidad de vida de peces y anfibios), contaminación del suelo, extensión de zona agrícolas, pastoreo del ganado (que eventualmente compite con los herbívoros silvestres e impacta sobre la vegetación nativa), el cambio de uso de suelo, la urbanización, la introducción de especies exóticas, la extracción de recursos naturales y la cacería, ponen en riesgo la biodiversidad de la zona.

Viabilidad ecológica de *Ambystoma lermaense*

La declinación de anfibios se ha visto acelerada en los últimos años, debido principalmente al deterioro del hábitat originado por las diferentes actividades antropogénicas. Legislaciones ambientales como la Norma Oficial Mexicana y la IUCN, han evaluado a los diversos anfibios con priorización para diseñar una estrategia de conservación (Alexander y Eisheid, 2001; Moore y Chruch, 2008; Cox *et al.*, 2004).

La presencia de *A. lermaense* fue positiva en cada polígono, registrando que cada población es independiente. Las poblaciones se consideraron con un buen estado de salud, sin embargo se encontraron diferencias significativas entre las características morfométricas de los organismos en las tres poblaciones. En el polígono 1 se observó una mayor presencia de organismos en estado larvario y juveniles.

La introducción de especies exóticas, los altos niveles de contaminantes en agua, la expansión de zonas ganaderas, y el crecimiento de las zonas agrícolas y rurales ha reducido considerablemente la distribución de los organismos, algunos de los cuales eran encontrados en canales de la zona, todos estos factores ponen en mayor riesgo a la población de ajolote en cada uno de los polígonos. Diversos estudios han considerado alguna de estas causas, como la base en relación al tamaño de las poblaciones, siendo de muy reducidas a menos reducidas, encontrando en la primera categoría a: *Ambystoma mexicanum*, *A. granulosum* y *A. townsendii* (Ochos *et al.*, 2009).

La población del polígono 2 y 3 presentó un mejor estado de salud, la poca deformación de los organismos y la diversidad de estados de desarrollo permiten un ciclo adecuado para la sobrevivencia de la especie. Cabe remarcar que en el polígono 2 presenta mayor concentración de contaminantes que el polígono 3, por lo que este último es la zona ampliamente recomendable para el diseño de la estrategia de conservación.

La sobrevivencia y permanencia de la especie en los sitios donde se muestreó, depende de las características ambientales de los puntos. Cada polígono presenta diversos factores ambientales que ponen en riesgo la población de estudio. El polígono 1 presenta un aumento en la zona agrícola lo que reduce el espejo de agua, la dilución de contaminantes en el agua por los municipios de Almoloya del Rio y Texcalyacac, ha aumentado en los últimos años disminuyendo considerablemente la calidad de esta. Relacionado a la calidad del agua, se encuentra el uso de insecticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes tanto en cultivos herbáceos como leñosos, así como la acidificación o salinización del

suelo, como consecuencias supone un riesgo importante para la supervivencia de anfibios, siendo el caso de: *Ambystoma tigrinum*, donde los herbicidas actúan como esteroides sobre la respuesta hormonal, modificando la metamorfosis y la duración del crecimiento larval (Larson *et al.*, 1998).

La industrialización (metales pesados) en el polígono 2 ha sido uno de los principales factores que han disminuido la población del ajolote, al igual que la construcción de carreteras y urbanización de la zona. La población del polígono 3 se encuentra amenazada principalmente por la expansión de la zona ganadera, la presencia de vacas, caballos y borregos contribuyen a una compactación y erosión del suelo, reduciendo el refugio de los ajolotes y aumentando las posibilidades de eutrofización en el humedal debido a las heces de los organismos, estas condiciones contribuyen a una acidificación en el medio acelerando la eutrofización y afectando a la especie, como ocurre con: *Ambystoma maculatum*, *A. texanum*, *A. jeffersonianum*, *A. gracile* y *A. tigrinum* (Pierce y Wooten, 1992; Whiteman *et al.*, 1995; Nebeker *et al.*, 1998).

La expansión de zonas urbanas ha ido aumentando en los últimos años, la falta de regulación y de estudios de impacto ambiental, han contribuido a un asentamiento irregular de casa-habitación o industria-comercio en zonas de diversidad. Algunas especies como *Ambystoma altamirani*, *A. californiense* *Chiropterotriton magnipes* y *Craugastor vulcani*, se han visto afectadas por la transformación del hábitat, ocurriendo de igual forma con la especie de estudio (Ochoa *et al.*, 2009).

La evaluación de los polígonos en base a la introducción de especies exóticas, como: *Cyprinus carpio*, *Oncorhynchus mykiss*, *Eichhornia crassipes* y *Lithobates catesbeianus*, influye de manera negativa en las tres áreas la presencia de estas ha impactado negativamente en la sobrevivencia de las especies endémicas (*A. lermaense*), este mismo patrón se ha ido repitiendo en especies como *Ambystoma californiense*, *A. mexicanum*, *A. tigrinum*, *A. maculatum*, *A. dumerilii* y *A. andersoni* (Stebbins y Cohen, 1995; Flores, 2007; Aranda, 2004; Zubieta *et al.*, 2004).

Como parte de la conservación se han diseñado diferentes estrategias, entre las cuales destacan la realización de inventarios con la descripción detallada de la distribución de la especie y los impactos ambientales próximos a las mimas (Santos *et al.*, 2007). En el presente trabajo se detectaron por cada polígono las principales problemáticas hacia *A. lermaense*, por lo cual es necesario mitigar las actividades antropogénicas que afectan directamente a la especie. La especie todavía no se encuentra extinta, y el conocimiento de la población por esta es significativo, la recuperación de la especie debe proveer beneficios económicos a la sociedad así como un interés y crecimiento cultural en base a la conservación de la especie y su hábitat.

MEDIO SOCIAL

Las Ciénegas de Lerma se conforman por ocho municipios y diversos poblados, los cuales buscan una estabilidad en la disposición de los recursos naturales. Cada polígono está representado por un grupo ejidal, el cual protege y resuelve las necesidades o problemáticas que presenta la comunidad. El análisis social planteado indica que en los polígonos 1 y 3, el 40% de la población tiene a ser propietario de áreas cercanas al humedal, donde sus terrenos son cultivados y/o utilizados para el ganado, afectado de manera indirecta a la laguna. Debido a la aplicación de agroquímicos o la libertad del pastoreo en la zona. Los operadores del área están a cargo del Gobierno del Estado de México, especialmente de las secretarías SEMARNAT y CONANP, la mala regulación del ANP y falta de aplicación de leyes ambientales, contribuye al deterioro acelerado del hábitat. Actualmente los usuarios directos del humedal va desde el 20% en el polígono 2, el 40% en el polígono 1 y hasta el 60% de la población en el polígono 3. Los usos dados a la laguna son diversos, extracción de recursos, pesca, casería, recreación o agricultura. La regulación adecuada de las actividades mencionas permitirá una estabilidad en el ecosistema. La estructura de los grupos de interés, está considerada en primarios y secundarios. Los primarios son considerados los usuarios que se benefician directamente de los recursos que proporciona el humedal. El polígono 3 con un 17% es el área que provee más recursos de las Ciénegas. Mientras que los secundarios se benefician indirectamente, entre el 40% y 50% pertenece al sector privado.

Debido a las necesidades de cada población las áreas naturales protegidas o no, se han visto obligadas a modificar su uso para la sobrevivencia de las comunidades, como ocurre en la Laguna de Tecocomulco donde del 100% de su superficie total; el 25% es zona agrícola, el 28% Bosque de conífera, 22% zona forestal, 10% matorral, 4% cuerpos de agua y el 8 % zona urbana entre otros (Consejo Estatal de Ecología, 2003).

A lo largo del tiempo los usos y costumbres de algunas regiones principalmente de las que tienen contacto directo con un humedal han cambiado, es el caso del Lago de Pátzcuaro, una privilegiada zona de refugio y aprovechamiento de los recursos naturales. A esta importancia cultural y ecológica se añaden los beneficios económicos que obtienen del lago aprovechando por lo menos 25 especies de plantas acuáticas, empleadas como forraje y para la elaboración de artesanías, además de la captura de las diversas especies nativas e introducidas. Tal aprovechamiento de los recursos acuáticos ha sido intensivo, considerando que en sus riberas existen en la actualidad 26 asentamientos humanos (Chacón *et al.*, 2004)

Cada poblado o municipio que conforman a las Ciénegas, se han visto en la necesidad de ir cambiando de actividades para una mejor sobrevivencia. Hasta hace 20 años el sector I, era considerado el de mayor ingreso económico a las comunidades, sin embargo hoy en día solo entre el 12% y el 17% se dedican a la agricultura y ganadería. El sector II, ha ido creciendo desde los años 50's, siendo más acelerado en la última década con cerca del 50% en los tres polígonos la industria privada amenaza con la contaminación directa a los cuerpos de agua. Otro sector que ha ido ganando terreno es el sector III, dedicado al comercio ambulante o establecido, contribuyendo de manera negativa a la zona, por la generación de residuos sólidos (Hernández y Sánchez, 2003).

La identificación de necesidades y conflictos por área han aumentado entre municipios debido a los intereses de cada población. En el polígono 1 se requiere la funcionalidad adecuada de la laguna de estabilización, debido a que los pobladores de municipios aledaños descargan sus aguas sin tratamiento previo, alterado los niveles de contaminantes en el agua. Por lo que siguieren una división dentro del cuerpo de agua, para evitar una contaminación propagada. En el polígono 2, el principal conflicto está dado por los desechos industriales de las zonas aledañas, perjudicando considerablemente a la biodiversidad, la poca población dedicada a la pesca y casería, ha presentado una disminución en el ingreso económico dada la situación. Por lo que requieren de diversas plantas tratadoras de agua para regular los niveles de contaminantes. El polígono 3, presenta conflictos por la generación de residuos sólidos y aguas residuales de los poblados aledaños, así como también la extracción excesiva de recursos naturales, los ejidatarios de la zona, proponen la culminación de la planta tratadora de aguas, así como de un desazolve en la zona, para evitar futuras inundaciones en el ejido de San Nicolás Peralta.

Algunos humedales han creado diversas alternativas para la utilización y recirculación de los recursos naturales en estos ecosistemas. Es el caso de la laguna de Metztlán se lleva a cabo la utilización pesquera sistemática, con fines comerciales o de autoconsumo de peces introducidos, así como la disposición de pozos profundos para riego agrícola. (Rodríguez y Montes, 2003).

5.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Las causas de deterioro de los humedales son múltiples: crecimiento acelerado de la población que rebasa la satisfacción de necesidades, tendencia hacia el cambio en los patrones de uso de suelo, degradación progresiva e irreversible del ambiente, disminución de los recursos naturales (agua, suelo y vegetación) y la ausencia de observancia general de normas ecológicas (Ramsar, 2010).

Debido a que las Ciénegas son el origen de una de las cuencas más importantes del país (Lerma-Chapala-Santiago), su deterioro impacta al resto del sistema. La evaluación visual de cada polígono que constituye al humedal, hace referencia a diversas amenazas que impactan a la conservación del ambiente, entre ellas encontramos que; el polígono 1 se ve amenazado por los químicos de la industria textilera y la agricultura, esta entrada de fertilizantes aumenta la turbidez en el agua. El polígono 2 ha aumentado considerablemente los desechos industriales, aumentando con ello los aceites, hidrocarburos, cadmio, zinc, arsénico, cobre mercurio entre otros, disparando las concentraciones de contaminantes en los cuerpos de agua. El polígono 3 está fuertemente amenazado por la canalización de aguas residuales cerca del humedal, cambiando el balance del agua, y la expansión de la zona de pastoreo lo que contribuye a la compactación del suelo (Liston y Maher, 1996; CONAGUA, 2005).

La evaluación del impacto ambiental fue dividida considerando dos factores: abióticos y bióticos, en los primeros se midieron los niveles de contaminantes en el agua, en donde el polígono 1 presentó mayor concentración en los parámetros fisicoquímicos medidos; debido a las alteraciones en el patrón de drenajes, descargas de afluentes municipales la cual abarca 2 municipios y la canalización en el cuerpo de agua. El polígono 3 no presentó alteraciones significativas a factores abióticos, solo se vio afectada en la descarga de afluentes municipales, debido a la falta de una planta tratadora de aguas. Otro de los factores abióticos está relacionado a las características del uso de suelo y aire, donde los polígonos más afectados pertenecen al 1 y 2, debido a la construcción de carreteras y puentes, alteración de uso de suelo y la generación de residuos sólidos, así como las sustancias industriales volátiles y aplicación de fertilizantes, provocados principalmente por la amplia zona industrial y el crecimiento de las zonas agrícolas distribuida en los municipios correspondientes a cada polígono. Industrias como: textiles, armadoras, farmacéuticas, plastificadoras, entre otras y la aplicación de fertilizantes a los cultivos, contribuyen de forma alarmante a los niveles de contaminantes en los cuerpos de agua.

Al igual que en las Ciénegas de Lerma, los factores de impacto ambiental en los diferentes humedales, tanto nacionales como internacionales, se consideran los siguientes; en el Sistema Lacustre de Chingaza (Colombia) ha registrado como impactos, la construcción del sistema de abastecimiento para la capital, la existencia de predios privados, ganadería extensiva que produce cambios abruptos en el ecosistema, cacería, incendios forestales, la ampliación de la frontera agrícola así como la apatía social a los programas de desarrollo ambiental e introducción de especies exóticas. En Hidalgo (Laguna de Metztitlán) los factores que afectan a las características ecológicas son: cambio de uso de suelo y el uso del agua. Para los humedales del Lago de Pátzcuaro se considera, la acumulación de sedimentos, acumulación de desechos y residuos sólidos, sobreexplotación de especies pesqueras e incremento en los colectores de agua residuales. (Forero, 2007; Rodríguez y Montes, 2003; Chacón *et al.*, 2004).

También en la ciudad de San Cristóbal, donde se ubican los Humedales de Montaña María Eugenia, ha ido creciendo en los últimos 20 años, siendo sometida a un crecimiento urbano sin planificación, la extracción de arena de las zonas aledañas, la contaminación con residuos sólidos y contaminantes químicos, así como la deforestación en sus alrededores han influido a la reducción de zonas verdes. (Vázquez, 2012).

En relación al análisis de los factores bióticos, destacan el cambio de uso de suelo por la agricultura, principalmente en el polígono 1, la vegetación acuática presenta características estables en todos los cuerpos de agua, sin embargo el aumento y extensión del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y la lentejilla (*Lemna gibba*) es en mayor proporción en el polígono 1. La presencia de estas especies está directamente relacionada a la concentración de contaminantes en el cuerpo de agua, lo que origina daños como la eutrofización en la zona, aunado a ello se puede provocar un proceso de desecación en los cuerpos de agua ocasionando cambios, alteraciones y desaparición de especies acuáticas (Zepeda *et al.*, 2012).

Particularmente en la zona lacustre de Xochimilco, parte de la problemática esta acentuada debido al cierre de canales y zanjas, la circulación del agua está siendo afectada por el crecimiento excesivo de vegetación acuática y por la acumulación de azolves. La contaminación de la zona lacustre tanto de componentes biológicos como industriales. La flora y fauna nativas han sido afectadas por el deterioro del hábitat e introducción de especies exóticas, y el acelerado crecimiento de la mancha urbana sobre las áreas de suelo de conservación que rodean al sitio (Aranda, 2004).

5.3 DETERMINACIÓN DE LA ZONA PRIORITARIA

Los diferentes análisis empleados, como fueron; la evaluación visual del sistema acuático, análisis de los factores ambientales considerando los impactos ambientales, sociales y políticos por polígono, el análisis de los factores físicos, la viabilidad ecológica de la especie de estudio, contribuyeron de forma específica a la determinación de la zona prioritaria para la conservación de *Ambystoma lermaense*. Esta especie al ser clasificada por la NOM-059-2010 como especie sujeta a protección especial y en peligro crítico por la IUCN, 2011, requiere de un diseño adecuado y bajo las leyes de SEMARNAT Y CONANP de la estrategia de conservación, debido a que también se encuentra distribuida en ANP. El análisis de la matriz de Leopold (tabla 6.9) resume las evaluaciones realizadas por cada factor determinado, describiendo que el sitio más adecuado para la conservación *in-situ* de la especie se encuentra ubicado en el polígono 3, Laguna de Chignahuapan.

La evaluación de los diferentes impactos ambientales en los humedales del país ha obligado a los habitantes, instituciones públicas y privadas, como al gobierno a seleccionar las áreas de mayor impacto, para crear programas de conservación específicos de acuerdo a las características y problemáticas de cada región. De acuerdo con la Ley Ambiental, se han elaborado normas y criterios, para la operación de programas dirigidos hacia la protección, inspección y vigilancia de los recursos naturales del área, prevención y combate de incendios y apoyo en la integración de averiguaciones para ilícitos ambientales. También se operan programas de desarrollo rural, a través de apoyos a ejidos, comunidades y pequeños propietarios (Aranda, 2004; Flores, 2007; Chacón *et al*, 2004; Consejo Estatal de Ecología, 2003).

La determinación de una protección a sitios específicos o prioritarios en este tipo de ecosistemas, está estrechamente relacionada a la conservación de especies vulnerables o en peligro crítico, Algunas instituciones de investigación como el gobierno de Michoacán han establecido compromisos de realizar e implementar la capacitación a los ejidatarios para la repoblación del pez blanco y otra para la conservación de *Ambystoma andersonii* en la Laguna de Zacapu (Zubieta *et al.*, 2004).

5.4 CARACTERIZACIÓN DEL ZONA PRIORITARIA

MEDIO FÍSICO

La evaluación de los diferentes factores ambientales analizados en la primera parte del trabajo, demostraron que el hábitat prioritario para diseñar un programa de conservación dirigido hacia *Ambystoma lermaense* se encuentra en el polígono 3, ubicado en el municipio de Lerma. La caracterización del medio físico, remarca los componentes de la zona, con un total de 300 ha el polígono 3 es el más pequeño de las Ciénegas de Lerma, ubicado en el ejido de San Nicolás Peralta colindando con Atarasquillo. La reducción del cuerpo de agua en época de secas va de un 20 a 30%, el área que queda libre en el polígono durante los meses de diciembre a mayo es afectada por la expansión de la zona ganadera. Algunos pobladores que tienen vacas y caballos, dejan pastorear libremente al ganado alrededor de ocho horas diarias ocasionando severos problemas en la compactación y erosión del suelo (Hernández, 20010).

El ganado puede compactar el suelo, y desplazar las piedras y las rocas pendiente abajo, además de consumir la vegetación que protege el suelo. Diversos estudios han demostrado que cuando el ganado vacuno se desplaza libremente es el agente erosivo más importante, alterando la porosidad y permeabilidad del suelo. La compactación del suelo puede acelerar los procesos de degradación del suelo y reducir la infiltración. En específico para zonas de humedales cuando los poros pierden conectividad se reduce el flujo de agua y gases en el suelo, lo que disminuye los niveles de agua y oxígeno restringiendo el crecimiento de organismos acuáticos y reducción en el espejo de agua (Ching-Jones *et al.*, 2009).

El polígono 3 se caracteriza por presentar dos tipos de suelos feozem y vertisol, los cuales solo representan el 18% de los suelos del país. De manera predominante se registra el tipo feozem, característico de las zonas templadas, tiende a ser un suelo y apto para el cultivo, sin embargo son proclives a la erosión, es por ello la preocupación por reducir el área de pastoreo en la zona. En relación al vertisol se encuentra en una proporción de 5% del total del área, son suelos sumamente arcillosos con características muy duras al estar secos, y lodosos al mojarse. Ambos tipos de suelo son característicos de la zona, debido a las condiciones que proporciona el humedal.

Calidad del agua.

La calidad del agua en el polígono 3 analizada en el 2010, demostró que el cuerpo de agua presentaba las condiciones menos desfavorables para la conservación de *A. lermense*. Durante el 2011 se realizó un muestreo de la calidad del agua en el área prioritaria analizando las muestras bajo las normas establecidas. Fueron medidos los parámetros de DBO, SS, Grasas y Aceites, Nitratos y Nitritos, comparados con la **NOM-001-ECOL-1996** para humedales naturales.

La comparación de dichos parámetros resaltó que en dos puntos del muestreo los niveles de sólidos sedimentables son mayores a los permitidos por la **NOM**. El exceso de los SS se refiere a la acumulación de elementos extraños en el fondo del humedal, causando fallas en algunos procesos naturales como en la fotosíntesis por el aumento de la turbidez en el agua. Particularmente el exceso de SS en el punto 3 (1.9 mg/L) y punto 4 (5.6 mg/L), donde se obtuvieron ejemplares de *A. lermaense*, afecta directamente a los organismos, debido a que los sedimentos pueden ser depositados en las branquias de los organismos, larvas, juveniles o adultos neoténicos, provocando asfixia por colmatación de las mismas. La acumulación de SS en el fondo del humedal, favorece la aparición de condiciones anaerobias e incrementos de la presión osmótica (Abarca, 2005).

A pesar de que el resto de los parámetros medidos, no sobrepasa los valores contemplados para humedales naturales o la vida acuática. La comparación entre los puntos de muestreo indicó las diferencias entre éstos. En relación a los valores de DBO el punto 3, registró en promedio el nivel más alto con 31.9mg/L, lo que indica una mayor saturación de componentes orgánicos, siendo de origen vegetal o animal. En la zona existe la problemática del desecho de aguas residuales, si bien, la descarga de éstos no está directamente al humedal, la disposición de desechos se realiza en canales que rodean al cuerpo de agua y por infiltración puede generar mayor cantidad de componentes orgánicos sintéticos (proteínas, hidratos de carbono y lípidos), alterando los niveles de DBO en el humedal (Tejeda *et al.*, 2006; Gásco, 2007).

Los parámetros de nitratos y nitritos, representan la cantidad de nitrógeno soluble en menor medida diluidos en el cuerpo de agua, aparentemente se encuentran estables en el polígono 3 con un máximo de 10.6mg/L y mínimo de 9 mg/L para nitratos y 0.002mg/L a 0.003 mg/L para nitritos. Es importante mencionar que los nitratos por reducción bacteriana o química se transforman en nitritos los cuales son potencialmente tóxicos, así que la relación entre estos valores debe ser similar, para observar una constante y correcta transformación de nitratos a nitritos. Sin embargo en el polígono 3 para todos los puntos de muestreo los

nitratos presentan valores muy altos comparados con los nitritos, por lo que no existe la suficiente capacidad de transformación en el humedal. El polígono tres no presenta modificaciones trascendentes en relación a la transformación hacia zona agrícola, pero la zona existen se encuentra utilizada a su máxima capacidad, lo que lleva como consecuencia un aumento en el uso de fertilizantes. Los nitratos son utilizados particularmente en fertilizantes inorgánicos por lo que al ser aplicados pueden llegar al humedal por medio de infiltración (Samboni *et al.*, 2007; Aznar, 2000).

El polígono 3 comparado con los humedales de Lago de Pátzcuaro (Michoacán), presentan parámetros similares debido a su homogeneidad entre los ecosistemas, el pH de este se encuentra dentro del rango de alcalinidad con un valor de 9.02. En relación a la concentración de sólidos sedimentables se registró una concentración del 51 mg/L siendo mucho más alto al registrado en el polígono, los valores de DBO se consideran bajos de 5.8 mg/L, el valor de nitritos es de 0.27 mg/L y nitrato de 0.01 mg/L, los fosfatos totales se registraron hasta en 30 g/L, lo anterior significa un aumento acelerado en el ingreso de nutrientes así como una aceleración en el deterioro del hábitat reflejándose en la oligotrofización, mesotrofización, eutrofización e hipertrofización. (Chacón *et al.*, 2004).

En el caso de los Sistemas de Represa de la Cuenca Hidrológica del Rio Necaxa, se registró que en general los afluentes de las Cuencas están considerados como no contaminados y cuentan con agua de buena calidad ya que se reportaron valores menores a 6mg/L de DQO y de 6 a 30 mg/L de DBO. Indicando que la mayor parte de la calidad de agua conserva sus condiciones naturales aunque hay afluentes superficiales que presentan una baja concentración de materia orgánica o con presencia de agua tratada (Flores, 2007).

En las muestra del polígono 3, se determinó si los niveles de contaminantes básicos en el caso de metales eran altos comparados con la NOM-001-ECOL-1996, encontrando que los metales como; Cadmio, Cobre, Cromo, Niquel y Zinc, no sobrepasas los valores permitidos, mientras que Plomo se encuentra en 0.5 mg/L, sin embargo no se ha detectado un alto impacto en la flora y fauna debido a este metal. Para otros humedales, como es el caso del Sistema lacustre “Ejidios de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” se ha detectado que en los canales y lagunas del sistema, es considerado de mala calidad debido a que son alimentados en parte por agua tratada y residual, por lo que contiene gran cantidad de compuestos químicos inorgánicos y orgánicos, como sales, metales pesados: cadmio, cromo y plomo, metales tóxicos: cobre, hierro y manganeso. En general, los canales de Xochimilco presentan eutrofización con alto contenido de sales y baja proporción de sodio, así como la presencia de contaminación biológica (Aranda, 2004).

MEDIO BIOLÓGICO

Las Ciénegas de Lerma son caracterizadas por su amplia diversidad en relación a la flora y fauna, además de ser refugio de diversas especies migratorias. En el polígono 3, cuenta con una superficie de 300 ha, donde se verificó la diversidad de especies en la zona, obteniendo un 61% de la biodiversidad total para los tres polígonos, la cual se encuentra dividida en anfibios con el 100%, reptiles 80%, peces con el 75%, mamíferos 40% y aves con el 38 %, la sumatoria de la diversidad es mayor al 50% del 100% registrado para toda la Ciénegas. La sobrevivencia de las especies registradas está en función a los factores ambientales que registra la zona.

Otros humedales como la Laguna de Metztlán con una extensión similar a las de las Ciénegas, de la fauna considerada ha registrado que solo el 1.5% son peces, 1.8% anfibios, 9.2% de las especies son reptiles, 17.8% son mamíferos y el 69.6% son aves. Y en el Sistema lacustre “Ejido de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” la fauna está compuesta por 139 especies; 21 de peces, seis de anfibios, 10 de reptiles, 79 de aves y 23 de mamíferos (Rodríguez y Montes, 2003; Aranda, 2004).

Especies endémicas como: *Chiostoma riojai*, *Ambystoma lermaense*, *Conturnicops noveboracensis goldmani*, *Geothlypis speciosa* y *Sagittaria macrophylla* confirman la importancia de asignar al polígono 3, como zona prioritaria para la conservación del humedal.

La viabilidad de *Ambystoma lermaense*, se encuentra estable en el monitoreo realizado de 2010 a 2011, la distribución de los organismos en el polígono, está asociada directamente a la etapa de desarrollo que estos registran. Se observaron las diferentes etapas de *A. lermaense* en casi todos los meses de año, muestreando desde huevos en mayo, larvas en junio, juveniles en julio y adultos de septiembre a abril. Las características morfométricas, coinciden con las descritas por Aguilar *et al* (2002). No fue reportada una malformación en los organismos, por lo que su ciclo reproductivo es realizado de manera adecuada.

Las amenazas para la especie han ido en aumento en los últimos cinco años, debido a las diferentes actividades antropogénicas que desarrollan los pobladores. Una de las principales amenazas hacia la especie es originada por la expansión de pastoreo y la contaminación en el agua por aguas residuales. Los anfibios en general poseen una piel desprotegida, lo que los convierte más vulnerables a los contaminantes, en el caso específico del género *Ambystoma*, que presentan neotenia, característica que hace al organismo depender completamente del agua, con fines de reproducción y adaptación al hábitat. Sin embargo el registro del aumento de sólidos sedimentables y nitratos en el agua, pone en riesgo la

viabilidad de la especie. En relación a la expansión de pastoreo, contribuye a la disminución de las poblaciones del ajolote. La erosión y compactación del suelo ocasionada en el polígono por el ganado inhabilita el refugio en el invierno de los organismos adultos transformados, dado a que el ajolote presenta características de hibernación enterrándose en la superficie lodosa del humedal. Otra de las consecuencias que provoca el ganado es la producción de heces fecales durante su pastoreo, este exceso de materia orgánica puede alterar los niveles de DBO, ocasionando un proceso de eutrofización en la zona.

MEDIO SOCIAL

El análisis de los factores político-sociales, remarca la prioridad por el polígono 3, a pesar del desarrollo de actividades como la caza de aves migratorias y la pesca, éstas se han visto disminuidas en los últimos cinco años debido a la falta de conservación de la zona, el crecimiento urbano ha sido muy limitado en comparación con los otros polígonos, no se registra la presencia de zonas industriales o comerciales, y el interés de los comunitarios de la zona facilitará el trabajo hacia la aplicación de la estrategia de conservación.

El ejido de San Nicolás Peralta está liderado por una comisión, representada por presidente, secretario y tesorero ejidal. La evaluación realizada a los representantes de la zona y algunos miembros de la asamblea ayudó a la determinación de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en la zona y población. El análisis FODA destaca; 1. El potencial ecoturístico, 2. Zona declarada como ANP, 3. Presencia de especies endémicas, 4. Falta de difusión en relación a la importancia del humedal, 5. Las diversas actividades antropogénicas, 6. La contaminación por aguas residuales, 7. El interés por parte de ejidatarios en conservar la zona y 8. La interacción con las autoridades ambientales. La evaluación de estas características enmarca las necesidades para desarrollar una estrategia de conservación en la zona.

Algunos humedales presentan actividades similares a las de este polígono 3, por ejemplo en el uso de suelo de los Humedales de Montaña María Eugenia en las zonas circundantes se conforma por; zonas habitacionales, áreas forestales, zona de agricultura y pastizales. Otro como el lago de Pátzcuaro refieren su principal actividad a la pesca incluyendo especies temporales y permanentes, también se considera el uso de suelo para la actividad agrícola el cual abarca poco más del 40% de la superficie de la cuenca y la actividad ganadera (Vázquez, 2012; Chacón *et al.*, 2004).

El análisis del medio social, fue complementado con la evaluación de los habitantes del ejido, considerando dos estratos; niños de cuatro a 15 años y

adultos de 15 a 60 años o más. En términos generales más del 90% de la población conoce el humedal y considera que se encuentra entre regular y mala calidad ambiental. Las principales fuentes de daños al ecosistema son: contaminación, ganadería y agricultura excesiva. El ajolote del humedal es conocido por el 50% de la población infantil y por casi el 90% de los habitantes adultos. Hasta hace cinco años todavía era utilizado como parte de la alimentación de la comunidad.

El aprovechamiento inadecuado de los recursos naturales, así como la presión por cambio de uso de suelo hacia las actividades agrícolas y el pastoreo desmedido, han tenido un efecto negativo no solo en los ecosistemas terrestres y en los agrosistemas, sino también en los cuerpo de agua, los cuales reciben toneladas de suelos erosionados y arrastrados, provocando su azolvamiento, la disminución de su extensión y profundidades, el cambio de las características fisicoquímicas del agua afectando la flora y fauna que en los humedales reside, como ocurre en las Ciénegas de Lerma, Laguna de Tecocomulco, Laguna de Metztlán, Laguna de Atotonilco (Rodríguez y Montes, 2003; Gómez *et al.*, 2005; Consejo Estatal de Ecología, 2003).

La aplicación de encuestas fue con el objetivo de sondear a la población, para visualizar la participación de la misma, en la conservación, protección y cuidado del humedal y del ajolote. La propuesta fue que a través de proyectos de ecoturismo y conservación, se diera a conocer la importancia de la laguna hacia las poblaciones aledañas, así como la aplicación de un programa de educación ambiental dirigida a los niños de la comunidad, para lograr una conservación a corto y largo plazo.

En este polígono las actividades en relación con la participación directa con el humedal han disminuido debido a la escasez de recursos naturales así como a la demanda de los mismos. Otras área naturales con las mismas características ecológicas, se han visto en la necesidad de modificar sus actividades, obteniendo una participación activa con el humedal. En la Laguna de Atotonilco y junto con la dirección de las autoridades han identificado; sitios de interés arqueológico, zona de producción de hortalizas, gramíneas y leguminosas forrajeras, producción de ganado bovino, producción forestal maderable y producción pesquera (Gómez *et al.*, 2005).

5.5 ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN

El diseño de la estrategia de conservación planteada, fueron dirigidas hacia el humedal y hacia *Ambystoma lermaense*, se analizaron los diferentes subprogramas contemplados en PACE, analizando en cada uno con la problemática de la comunidad (introducción), los objetivos a desarrollar y considerando la metas como posibles soluciones a tiempos definidos.

Las estrategias contempladas para la elaboración de un proyecto de conservación final, que abarcan: protección, manejo, restauración, conocimiento, cultura y gestión. Cada subprograma planteado involucra al 100% a la comunidad como protagonistas del desarrollo de protección. También involucra la interacción de las autoridades e instituciones educativas, con el fin de continuar con investigaciones que mejores la calidad ambiental actual.

Subprograma de protección, tiene como objetivo la inspección y vigilancia para regular las diversas actividades antropogénicas que causan un daño degenerativo al humedal.

Subprograma de manejo, se relaciona a la protección de *Ambystoma lermaense* y sus especies asociadas, entre ellas el acocil (*Cambarellus* sp.) y la cola de zorro (*Myrophyllum aquaticum*).

Subprograma de restauración, se requiere de frenar y controlar el impacto ambiental, a través de la regulación del ganado en el área, la disminución en el uso de fertilizantes, el tratamiento de aguas residuales, el desazolve y la regulación de residuos sólidos.

Subprograma de conocimiento, dar a conocer la biología e importancia del ajolote entre la comunidad utilizando el programa de educación ambiental dirigido principalmente a los niños de la zona.

Subprograma de cultura, difundir la importancia del humedal dentro y fuera del ejido, para contribuir con el conocimiento del municipio en relación a la importancia y protección del ambiente.

Subprograma de gestión, crear un consejo de protección hacia las Ciénegas de Lerma, con la interacción sinérgica del gobierno, instituciones académicas y habitantes de la zona, con el fin de supervisar el resto de los subprogramas mencionados anteriormente.

La aplicación de la estrategia de conservación *in-situ* para *Ambystoma lermaense* requiere de una regulación adecuada y sistemática de los subprogramas mencionados, con el objetivo de que la conservación sea a largo y corto plazo.

Las actividades que impulsan el desarrollo de la sociedad ejercen una fuerte presión sobre los ecosistemas, naturales, afectando a las especies que los integran. Los principales factores que amenazan la biodiversidad son el cambio de uso de suelo, la sobreexplotación e uso ilegal de los recursos naturales, los incendios forestales, la introducción de especies invasoras y el cambio climático global. Como resultado a estas y otras presiones la NOM-059-SEMARNAT-2001 reconoce actualmente 2,583 especies mexicanas en alguna condición de riesgo, incluyendo a *Ambystoma lermaense* (CONABIO, 2005; SEMARNAT, 2010).

El Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural ha propuesto una serie de proyectos para un grupo de especies de plantas y animales consideradas como prioritarias. Las especies fueron seleccionadas por el riesgo que presentaron, la factibilidad de su recuperación y manejo, los efectos de conservación sobre otras especies o hábitats, su valor como especies carismáticas o bien por poseer un alto grado de interés cultural o económico. La labor sustancial de estos proyectos fue la creación de santuarios y la formación de subcomités para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de las Especies Prioritarias, los cuales se encargan de organizar y reunir los intereses de todas aquellas personas e instituciones involucradas en la conservación de especies. Algunas especies registradas para este programa son; águila real (2008), jaguar (2009), lobo mexicano (2009), oso negro (2009), berrendo (2009), ballena jorobada (2009), perrito llanero (2002), manatí (2001), borrego cimarrón (2000), cocodrilo (2000), Cycadales (2000), Pinnipedos (2000), Psitácidos (2000), tortugas marinas (2000), entre otros (SEMARNAT, 2010).

La importancia por la conservación de los humedales ha ido en aumento debido a las problemáticas planteadas anteriormente, algunas áreas naturales se han visto obligadas a la conservación de estos hábitats para la protección de la flora y fauna silvestre. Los humedales de San Cristóbal han recibido una mayor relevancia desde el año 2000. Diversas instituciones, organizaciones y grupos plantearon el rescate a través de la creación del parque de los Humedales, obra arquitectónica pensada como parte del ordenamiento territorial y paisajismo de la ciudad que permite un espacio de recreación pasiva y cultural acerca del cuidado del agua y de su entorno. En el año 2006 se presentó el Plan de Desarrollo Urbano 2006-2020 del municipio donde se plantearon las políticas específicas para la protección, conservación, aprovechamiento y restauración de los humedales (Vázquez, 2012).

Una de las instituciones de educación, la Universidad de Guadalajara ha promovido y ejecutado diversas acciones y programas para la gestión de la conservación y manejo sustentable de la laguna de Atotonilco, cuyo objetivo principal es el de promover actividades de educación ambiental dirigida a los habitantes de las comunidades circundantes al vaso lacustre y aquellas distribuidas en las cuencas (Gómez *et al.*, 2005).

En la Laguna de Metztlán se han adoptado las medidas de conservación planteadas por un programa de manejo ambiental, donde destacan; aprovechamiento y manejo de los recursos naturales, la investigación científica, la educación ambiental y el desarrollo de las actividades turísticas (Rodríguez y Montes, 2003)

Uno de los ecosistemas con características más similares a las Ciénegas de Lerma es la Laguna de Tecocomulco, en donde han diseñado diferentes estrategias con el propósito de contrarrestar el deterioro ambiental, incluyendo; reforestación, cercado y la apertura de brechas corta-fuego, trabajos diseñados para la conservación de suelo y agua y el aumento por las actividades acuícolas (Consejo Estatal de Ecología, 2003).

Otro de los humedales que ha considerado y aplicado medidas de conservación en el Lago de Pátzcuaro las cuales incluyen: extracción del lirio acuático, organizaciones pesqueras para evitar la sobreexplotación, programa de recuperación del pez blanco, instalación de una planta de tratamiento de agua, programas de reforestación, los programas de educación ambiental, realización de talleres de capacitación y programas de ecoturismo en la zona resaltando la importancia de conservación (Chacón *et al.*, 2004).

La conservación y protección de los habitats ha estado en una creciente en los últimos años debido a los diversos impactos ambientales, algunos zona como el Sistema de Represas y Corredores biológicos de la Cuenca Hidrográfica del Rio Necaxa, sitio ubicado en un Área de Protección de Recursos Naturales, está desarrollando el diagnóstico general del área para aplicar un plan de manejo ambiental. Iniciando con algunas estrategias de inspección y vigilancia de actividades impactantes, incluyendo; tala ilegal, además del monitoreo de fauna silvestre (convenio implementado en conjunto con la Compañía de Luz y Fuerza). También se ha iniciado la reforestación, las brigadas contra incendios y campañas de recolección de desechos sólidos. Quedando pendiente el Plan de Manejo del Área Natural Protegida (Flores, 2007).

En la laguna de Zacapu, se ha implementado un Plan de Manejo Ambiental con el objetivo de aplicar las acciones de conservación, las cuales incluyen; zonificación definitiva del área, acuerdo ejidales con propietarios, reubicación de zona ganaderas, arreglo de la red de drenaje que se desborda en época de lluvias hacia la laguna, inducción de filtros biológicos para detener los arrastres de sedimentos, regulación en los asentamientos humanos y evitar el crecimiento de nuevos alrededor del área, así como elaborar e instrumentar los proyectos para reserva y producción de las especies endémicas (*Ch. humboldtianum* y *A. andersonii*), para permitir a los pescadores contar con una fuente de trabajo adicional a la pesca y evitar la introducción de especies exóticas (Zubieta *et al.*, 2004).

La protección de especies ha ido en aumento en los últimos años, sin embargo la pérdida de hábitats ha empobrecido la calidad de vida de los organismos, es por ello la importancia de implementar estrategias de conservación en el hábitat natural de las especies, involucrando de manera directa y obligada a los diferentes sectores de la población.

6. CONCLUSIONES

- Las Ciénegas de Lerma hoy en día cuentan con una superficie total de 3,023 hectáreas, sin embargo con la evaluación detallada de la zona se puede determinar que el Área Natural Protegida presenta reducción respecto a las zonas de inundación en la época de estiaje siendo de un 40% a 45%.
- *Ambystoma lermaense*, sigue presente en los tres polígonos de las Ciénegas, la viabilidad de las poblaciones depende de los factores ambientales que presente su hábitat y del interés de la población para su conservación.
- Como parte de la importancia biológica de la zona, se registró la presencia de las especies endémicas en los tres polígonos de las Ciénegas (*Sagittaria macrophylla*, *Chirostoma riojai*, *Ambystoma lermaense*, *Conturinicops noveboracensis goldmani* y *Geothlypis speciosa*).
- Entre los diversos factores ambientales que ponen en riesgo el Área Natural Protegida, destacan la urbanización, industrialización, cambio de uso de suelo, expansión de zonas ganaderas, contaminación de residuos sólidos y descarga de aguas residuales.
- La evaluación de los factores ambientales, sociales y políticos remarcan que el polígono 3, Laguna de Chignahuapan, es la zona prioritaria para diseñar la estrategia de conservación para *Ambystoma lermaense*.
- La biodiversidad de polígono 3, está representada por 61% de la biodiversidad total, la cual se encuentra dividida en anfibios con el 100%, reptiles 80%, peces con el 75%, mamíferos 40% y aves con el 38 %, la sumatoria de la diversidad es mayor al 50% del 100% registrado para toda la Ciénegas.
- En relación a la caracterización del polígono 3, ubicado en el ejido de San Nicolás Peralta, municipio de Lerma. Se observaron algunos factores ambientales negativos; contaminación por aguas residuales y municipales, la expansión de la zona ganadera y la introducción de especies exóticas.

- El diseño de la estrategia de conservación, fue elaborado a partir de la evaluación de los diferentes subprogramas: protección, manejo, gestión, cultura y conocimiento, considerando la problemática del ejido.
- Subprograma de protección se considera la creación de un comité de vigilancia permanente.
- Subprograma de manejo difundir la importancia de *Ambystoma lermaense* y continuar con la línea investigación hacia la especie.
- Subprograma de restauración frenar y controlar las principales problemáticas ambientales en la zona.
- Subprograma de conocimiento transmitir la información de la especie y su hábitat natural a la comunidad directa.
- Subprograma de cultura despertar el interés de la población hacia la conservación del Área Natural Protegida.
- Subprograma de gestión aplicar el programa de conservación con la participación activa de autoridades, ejidatarios, habitantes e investigadores.

RECOMENDACIONES

- Crear un comité de protección permanente del polígono 3, liderado por los ejidatarios de la zona.
- Evaluar y restaurar las principales causas de origen hacia los factores ambientales de impacto negativo en la zona:
 - ✓ Rebordamiento del humedal.
 - ✓ Cimentación y funcionamiento de una planta tratadora de agua.
 - ✓ Determinación de zona específica para pastoreo.
 - ✓ Regular la extracción de recursos naturales en la zona.
 - ✓ Regular las actividades recreativas, en relación a la producción de residuos sólidos.
 - ✓ Disminuir el uso de fertilizantes entre la zona agrícola.
- Mitigar las principales causas que ponen en riesgo la viabilidad de *Ambystoma lermaense* en el polígono 3.

LITERATURA CITADA

Abarca, F. 2005. Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. Arizona Game and Fish Department, Arizona, pp. 113- 144.

Aguilar, M. X., Casas-Andreu, G. y Pineda, A. E. 2002. *Ambystoma lermaense* (Lake Lerma Salamander). *Reproduction and Development. Herp. Rev.* 33 (3):197.

Aguilar Miguel, X. 2005. *Ambystoma lermaense*. Algunas especies de anfibios y reptiles contenidos en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Facultad de Ciencias, Centro de Investigación en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma del Estado de México. Bases de datos SNIBCONABIO. Proyecto W035. México. D.F.

Aguilar Miguel, X., G. Casas Andreu, P. Cárdenas Ramos, y E. Castellano de Rosas. 2009. Análisis espacial y conservación de los anfibios y reptiles del Estado de México *CIENCIA Ergo sum* 1 (6-2):171- 180.

Alexander, M. A. y Eiseid, J. K. 2001. Climate variability in regions of amphibian declines. *Conservation Biology*. 15: 930-942.

Álvarez del Villar, J. 1970. Peces Mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigaciones Biológico- Pesqueras y Comisión Nacional de Pesca, México D.F. 166p.

Álvarez, S. 2005. La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. *Ecosistemas* 14 (2): 17-29.

Aranda, M. 2004. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)- Sistema lacustre “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”- Secretaria del Medio Ambiente. México D.F. 13p.

Ariane, A. 2002. Anfibios y paradojas: perspectivas sobre la diversidad y las poblaciones de anfibios. *Ecología Aplicada* 1 (1): 105-109.

Antigüedad, I., M. Martínez-Santos, M. Martínez, B. Muñoz, A. Zabaleta, J. Uriarte, T. Morales, V. Iribar, J. Sánchez & E. Ruiz. 2009. Atenuación de nitratos en el Humedal de Salburua (País Vasco). *Contexto hidrogeológico. Boletín Geológico y Minero* 120 (3): 409-422.

Ávila-Pérez, P., G. Zarazúa, S. Tejeda, I. Barceló, C. Díaz & C. Carreño. 2007. Evaluation of distribution and bioavailability of Cr, Mn, Fe, Cu, Zn and Pb in the waters of the upper course of the Lerma river. *X-Ray spectrometry* 36: 361-368.

Aznar, A. 2000. Determinación de los parámetros físico-químicos de la calidad de las aguas. Tecnológico de química y materiales “Álvaro Alfonso Barba” Universidad Carlos III. *Revista de Gestión Ambiental* 2 (3): 12-29.

Balas, C. 2008. The effects of conservation programs on amphibians of the prairie pothole region glaciated plain. Tesis de Maestría. The Faculty of Humboldt State University. 198p.

Bartra, Roger. 2011. *Axolotiada. Vida y mito de un anfibio mexicano*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Fondo de Cultura Económica y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 415p.

Beebee, T. y R. Griffiths. 2005. The amphibian declines crisis: A watershed for conservation biology. *Biological Conservation*. 125 (2): 271-285.

Berlanga-Robles, C., A. Ruiz-Luna, y G. de la Lanza. 2008. Esquema de clasificación de los humedales de México. *Investigaciones Geográficas*, 66: 25-46.

Bezaury-Creel, J., D. Gutiérrez Carbonell *et al.* 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 385-431.

Bosch, J. 2003. Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes. *MUNIBE*. 20(16): 56-71.

Cairns, J. Jr. 1987. "Disturbed Ecosystems as Opportunities for Research in Restoration Ecology." In William Jordan *et al.* (eds.), *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. New York. Cambridge University Press, pp. 307-319.

Carrera, G., y E. De la Fuente. 2003. Inventario y clasificación de humedales en México, Ducks Unlimited de México, Pew Charitable Trust/North American Conservation. SEMARNAT. 237p.

Casas, G., R. Cruz y X. Aguilar. 2003. Un regalo poco conocido de México al mundo: el Axolote o Axolotl. *Ciencia ergo sum*, 10(3): 304-308.

Castillo, A., *et al.* 2009. Conservación y sociedad en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 761-801.

Ceballos, G. 2003. Ficha informativa de los Humedales de Ramsar "Ciénegas de Lerma". Instituto de Ecología, UNAM. México. pp. 1-14.

Chevalier, J. 2001. *Stakeholder Analysis*. Carleton University, Ottawa. 98p.

Chacón, A., G. Ayala, M. Rendon, C. Rosas y G. Ruiz. 2004. Ficha Informativa de Los Humedales de Ramsar (FIR)-Humedales del Lago de Pátzcuaro-. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 13p.

Chape, S., S. Blyth, L. Fish, P. Fox y M. Spalding. 2003. United Nations List of Protected Areas. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN and UNEP-World Conservation Monitoring Centre. 45 p.

Ching-Jones, R., G. Cabalceta-Aguilar, y A. Alvarado- Hernández. 2009. Impacto del pastoreo con ganado Holstein y Jersey sobre la densidad aparente de un andosol. *Agronomía Mesoamericana*. 20 (2): 371-379.

CCRECRL (Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del río Lerma). 1993. Atlas Ecológico de la Cuenca hidrográfica del río Lerma. Gobierno del Estado de México. Toluca Estado de México. 367p.

CCRECRL (Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Río Lerma). 2000, Atlas ecológico de la cuenca hidrográfica del río Lerma. Universidad Autónoma del Estado de México. Gobierno del Estado de México. Toluca, Estado de México. 456p.

Comité Español de UICN. 2010. Guía de Buenas Prácticas para Detener la Pérdida de Biodiversidad. Madrid, España. 44 p.

CNA (Comisión Nacional del Agua). 1993. Actualización de la información de los acuíferos del alto Lerma (valles de Toluca e Ixtlahuaca, Estado de México), y la adaptación de su modelo DAS al lenguaje Basic, México, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. 85 p.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 156 p.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2000. Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 103 p.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2005. Programa de especies invasoras de México. México. 30p

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2006. Capital Natural y Bienestar Social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 71 p.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2007. Evaluación externa de los apoyos de los servicios ambientales. Colegio de Postgraduados, 231p.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2005. Compendio Estadístico de Administración del Agua. México. 258 p.

Consejo Estatal de Ecología. 2003. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Laguna de Tecocomulco- Gobierno del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo. 10p.

Cox, N., J. Chanson y S. Stuart. 2004. El estado de conservación y la distribución geográfica de reptiles y anfibios en la cuenca del Mediterráneo. Programa de especies de la IUCN. Unión Mundial para la Naturaleza. 51 p.

Crane, P. y P. Bateson. 2003. Measuring biodiversity for conservation. *The Royal Society. London.* 65 p.

Cunningham, A., A. Daszark, P. y J. P. Rodríguez. 2003. Pathogen pollution: defining a parasitological threat to biodiversity and conservation. *J. Parasitology.* 89: 78-83.

De la Lanza, G. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y la contaminación (bioindicadores). SEMARNAT. CNA. UNAM. Instituto de Biología. México. pp. 17-42.

De Wifer, P., P. Watt, R. Oldham. 2003. Amphibian decline and aquatic pollution: Effects of nitrogenous fertilizer on survival and development of larvae of the frog *Rana temporaria*. *Applied Herpetology.* 1: 3-12.

Déniz-Quintana, F. 2010. Análisis estadístico de los parámetros DQO, DBO5 y SS de las aguas residuales urbanas en el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa. Tesis de Doctorado en Tecnología Industrial, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. 190 p.

DESA. 2005. Crisis Global De Biodiversidad: Importancia de la Biodiversidad Genética y la Extinción de Anfibios. *Agrociencia.* 9 (2): 513-522.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2000. Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental. Secretaria de Servicios Parlamentarios. México D.F. pp. 4-15.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2002. Decreto; Ciénegas de Lerma, como área natural protegida. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. pp. 1-12.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Noma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. pp. 35-48.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2011. Ley General de Vida Silvestre. Secretaria de Servicios Parlamentarios. México D.F. 78 p.

Dugan, P. J. 1992. Conservación de Humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. UICN, Gland, Suiza. 100p.

EPA. 2004. Protecting Wetlands for Amphibian and Reptile Conservation. Environmental Protection Agency. United States. 96 p.

Edwards, E. 1998. A field guide to the birds of Mexico and adjacent areas; Belize, Guatemala y El Salvador. University of Texas Press. Austin. 209 p.

Enríquez, C., S. Nandini y S. Sarma. 2009. Seasonal dynamics of zooplankton in Lake Huetzalin, Xochimilco (Mexico City, México). *Limnologica* 39: 283-291.

Fall, C., A. Hinojosa-Peña & M. Carreño-de-León. 2007. Design of a monitoring network and assessment of the pollution on the Lerma river and its tributaries by wastewaters disposal. *Science of the Total Environment* 373: 208-219.

Flores O. y L. Canseco. 2004. Nuevas Especies y Cambios Taxonómicos para la Herpetofauna de México. *Acta Zoologica Mexicana*. pp. 115-144.

Flores E. 2007. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) –Sistema de Represas y Corredores biológicos de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa-. Comisión Natural de Áreas Protegidas. Puebla, México. 31p.

Flores- Villela O., F. Mendoza-Quijano y G. Gonzalez-Poter. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Facultas de Ciencias UNAM, México. 285p.

Forero, H.O. 2007. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)-Sistema Lacustre de Chingaza- Fundepáramos ONG-IUCN. 24p.

García, M. 2005. Estado Actual de Conservación de *Ambystoma lermaense* (Taylor, 1940). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México.

Gasco, J. 2007. Estudio Estadístico de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del río Ebro. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid España, 210p.

Gascon, C., J. Collins, R. Moore, R. Church, J. McKay y J. Mendelson III. 2005. Amphibian Conservation Action Plan. IUCN/SSC Amphibian Conservation Summit 2005. Species Survival Commission. USA. pp. 1-68.

Glowka, L. Burhenne-Guilmin F, Syngé H, McNeely JA, y Gündling L. 1996. Guía del Convenio sobre la Diversidad Biológica. UICN Gland y Cambridge. 179p.

Gross, J. 2009. Declive de poblaciones de seis especies de anfibios anuros de paramo de Mucubaji, Estado de Mérida, Venezuela. *Herpetotropicos*, 5: 9-20.

Gómez, J., J. Pérez-Verdía, y M. Michel. 2005. Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR)- Laguna de Atotonilco-. Jalisco México. 14p.

Hernández, M. 2010. Suelos de Humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2): 139-147.

Hernández, R., A. Ruiz y C. Berlanga. 2005. Cambios de cobertura y usos del terreno de la sub-cuenca Río San Pedro (Nayarit, México) y su efecto sobre los humedales costeros. Conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. pp. 9.

Hernández, C. y Lanza, E. G. 2001. Balance hidrológico y de nutrientes en un humedal costero del Pacífico sur de México. *Hidrobiológica*, 11 (2):133-140.

Heyer, W., M. Donnelly, R. McDiarmid, A. Hayek y M. Foster. 1994. Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 364p.

Hughes M. y Tonkin B. 1997. The Culm Natural Area. A Nature Conservation Profile. English Nature, pp. 1-72.

Holguin, G., Mendoza R., Amador E., Toledo G., Vázquez P. y Amador, A. 1999. La Microbiología de los Manglares. *Ciencia y Desarrollo*. México. 144p.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 1993. Inventario nacional de cuerpo de agua y vegetación acuática. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México, D.F.

La Marca, E. 2005. Estatus de poblaciones de rana de la familia Dendrobatidae (Amphibia: Anura) en sus localidades tipo en los Andes de Venezuela. *Herpetotropicos*. 2(2):73-86.

IUCN, (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). 2001. IUCN Red List Categories and Criteria. Gland, Switzerland and Cambridge, UK:IUCN.

IUCN, (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). 2006. IUCN Red List of Threatened Species. En línea: (www.iucnredlist.org). Consulta:07/10/2010.

IUCN, (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). 2007. Identification and Gap Analysis of Key Biodiversity Areas. Targets for Comprehensive Protected Area Systems. Galnd, Suiza. 134p.

Kandus, P., R. Quintana y R. Bó. 2006. Patrones de Paisaje y Biodiversidad del Bajo Delta del Río Paraná. Mapa de Ambientes. Ecología de Humedales (GIEH), Dpto. de Ecología, Genética y Evolución, FCEyN, UBA, Buenos Aires. Pablo Casamajor Ediciones, Buenos Aires. 48 p.

Larson, D., S. McDonald, A. Fivizzani, W. Newton y S. Hamilton. 1998. Effects of the herbicide atrazine on *Ambystoma tigrinum* metamorphosis: duration, larval growth, and hormonal response. *Physiological Zoology* 71 (6): 671-679.

LGEEPA. 2011. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Secretaría General. México DF.

Liston, P. y W. Maher. 1996. Water Quality for Maintenance of Aquatic Ecosystems: Appropriate Indicators and Analysis. Australia: State of the Environment. Central Queensland University Publishing Unit. Australia. pp. 1-22.

Llagas, C. y G. Gómez E. 2006. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del instituto de investigaciones FIGMMG*. 15(17): 85-96.

Malvárez, A. 1999. Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. Oficina regional de ciencia y tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Uruguay. 229 p.

Malvárez A. y R. Bó. 2000. Identificación de indicadores ecológicos para la detección de condiciones hidrológicas en sistemas de humedales. *Cuaternario y Ciencias Ambientales* 1: 37-43.

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

March, I.J., M.A. Carvajal, R.M. Vidal, J.E. San Román, y G. Ruiz. 2009. Planificación y desarrollo de estrategias para la conservación de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México. pp. 545-573.

Márquez, J., A. Díaz y G. Defives. 1992. Aplicación del método Statist: Factores físico-químicos del agua del embalse Uribante. *Economía*, 17(7): 35-58.

Marshall, K. 2007. Conflicts between humans over wildlife management: on the diversity of stakeholder attitudes and implications for conflict management. *Biodiversity and Conservation* 16: 3111-3128.

Martin, J., E. Hofnerr y M. Quigley. 2003. Effects of *Typha latifolia* transpiration and harvesting on nitrate concentrations in surface water of wetland microcosms. *Wetlands* 23: 835-844.

Mata, R., L. García y V. León. 2001. Infracomunidades de helmintos parásitos de *Ambystoma lermaense* (Caudata: Ambystomatidae) en Lerma, México. *Revista de Biología Tropical* 50 (1): 303-307.

McNeely, J.A. 1990. Conserving the World's Biological Diversity. Gland, Switzerland, and Washington, D.C. World Conservation Union and World Resources Institute: 120-149.

Mitsch, W., y G. Gosselink. 2000. Wetlands. John Wiley. New York, USA. 600p.

Moore, R. D. y D. R. Church. 2008. Implementing the Amphibian Conservation Action Plan. *Int. Zoo.* 42: 15-23.

Nebeker, A., G. Schuytema, W. Griffis y A. Cataldo. 1998. Impact of guthion on survival and growth of the frog *Pseudacris regilla* and the salamanders *Ambystoma gracile* and *Ambystoma maculatum*. *Environmental Contamination and Toxicology* 35:48-51.

NOM, (NORMA OFICIAL MEXICANA). 1994. NOM-059-ECOL-1994, Diario Oficial de la Federación Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México D.F. 16/05/1994.

NOM, (NORMA OFICIAL MEXICA). 1996. NOM-001-ECOL-1996, Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México D.F. 24/12/1996.

NOM, (NORMA OFICIAL MEXICANA). 2000. NOM-127-SSA1-2000, Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Salud. México D.F. 22/12/200.

Ochoa-Ochoa, L, Urbina-Cardona JN, Vázquez LB, Flores-Villela O, y Bezaury-Creel J. 2009. Los efectos de las áreas protegidas e iniciativas sociales para Protección de Tierras para la Conservación de Anfibios de México. *Plos ONE* 4(9): 1-9.

Ordóñez, M. J. y O. Flores. 1995. Áreas naturales protegidas en México. *Pronatura*. México.

Orozco, E. y M. Sánchez. 2003. Organización socioeconómica y territorial en la región del Alto Lerma, Estado de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 53: 163-184.

Pardos, A. 2004. Respuesta de las plantas al anegamiento del suelo. Investigaciones Agarias, pp. 101-107.

Pavajeau, L. K., C. Zippel, R. Gibson y K. Johnson, 2008. Amphibian Ark and the 2008 year of the frog Campaign. *International Zoo Yearbook* 42:24-29.

Pierce, B. y D. Wooten. 1992. Genetic variation in tolerance of amphibians to low pH. *Journal of Herpetology* 26: 422-429.

Pérez, A. y Rodríguez A. 2007. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista Biológica Tropical* 56(4): 1905-1918.

Perlo, B. 2006. Birds of Mexico and Central America. Princeton University Press. Princeton and Oxford illustrated checklists.

Peterson, R. 1998. Aves de México. Guía de campo. Ed. Diana. México. D.F., México.

Pezoa, A. 2001. Estrategias de Conservación de la Diversidad Biológica. Libro rojo de la flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación. Universidad de la Serena. La Serena, Chile, pp. 273-280.

Phillips, A. 2000. Management Guidelines for IUCN Category V. Protected Areas: Protected Landscapes/Seascapes. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 141p.

PDUL (Plan de Desarrollo Urbano de Lerma). 2003, Diagnostico del Alto Lerma. Municipio de Lerma, Lerma Edo. México. 234p.

Ramsar. 2010. Manual 16. Evaluación del impacto. Manual Ramsar para el uso racional de los humedales. Cuarta edición. Secretaria de la Convención de Ramsar. 80p.

Robles, C., C. García, y R. Vanegas. 2009. Maintenance medio for the axolotl *Ambystoma mexicanum* juveniles (Amphibia: Caudata). *Hidrobiológica* 19 (3): 205-210.

Rodríguez, A. y S. Montes. 2003. Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR)-Laguna de Metztila- SEMARNAT, Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán. 15p.

Rodrigo, M., C. Rojo, X. Armengol y M. Maña. 2001. Heterogeneidad espacio-temperatura de la calidad de agua en un humedal costero: El Marjal de la Safor (Valencia). Madrid España. *Limnetica*: 20 (2): 329-239.

Samboni, N., Y. Carbajal, y J. Escobar. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingenieros e Investigación* 27 (3): 172-181.

Santos, G., J. Pacheco, F. Mendoza, F. Bolaños, G. Chávez, G. Daily, P. Ehrlich y G. Ceballos. 2007. Diversity, natural history and conservation of amphibians and reptiles from the San Vito Region, southwestern Costa Rica. *Revista Biológica Tropical*. 56 (2): 755-778.

Sather, D., H. Stephen, B. Sorrie y R. Shaw. 2004. Inventory of Natural Areas and Wildlife Habitats for Orange Country, North Carolina. Orange County Environment & Resource Conservation Department. North Carolina Natural Heritage Program. 288p.

SEDAGRO-PROBOSQUE. 1991. Cuenta alta del río Lerma. Plan de recuperación forestal. Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología. Protectora de bosques. Toluca Edo. México. 254p.

SEMARNAT, (Secretaría del medio ambiente, recursos naturales). 2002. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Ciénegas de Lerma, ubicada en los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Capulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac en el Estado de México, con una superficie total de 3,023-95-74.005 hectáreas. Diario Oficial de la Federación, 26 de noviembre de 2002, México, D.F. pp. 4-12.

SEMARNAT, (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales). 2008. Ciénegas de Lerma (Consideraciones técnicas). Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Estado de México, México. 160 p.

SEMARNAT, (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-Categorías de riesgo y específicamente para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre 2010. México, D.F, pp. 1-78.

SEMARNAT, (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales). 2010. Ley General de la vida silvestre y su reglamento. México, pp. 25-32.

Soto, G. 2007. El cambio climático y la declinación de anfibios en Latinoamérica. CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, pp. 1-10.

Stebbins, R. y N. Cohen. 1995. A natural history of amphibians. Princeton. University Press, Princeton. E.U.A. 316 p.

Tejeda, M. 2003. El declive de anfibios. La dificultad de separar las variaciones naturales del cambio global. *MINUBE*. 16: 24.

Tejeda, S., G. Zarazúa, P. Ávila, A. García, L. Carapia & C. Díaz. 2006. Major and trace elements in sediments of the upper course of Lerma river. *Journal of Radionalytical and Nuclear Chemistry* 270 (1): 9-14.

Trombulak. 2004. Principles of Conservation Biology: Recommended Guidelines for Conservation Literacy from the Education Committee of the Society for Conservation Biology. *Conservation Biology*. 18 (5): 1180-1190.

USAID, (United States Agency International Development). 2005. Biodiversity Conservation: A guide for unsaid staff and partners. USA. 206 p.

Vásquez, J. 1999. Almoloya del Rio. Monografía municipal. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. 184p.

Vázquez, D. 2007. El género *Ambystoma* en México. Laboratorio de Histología Animal. Departamento de Morfología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México. 66p.

Vázquez, M. A. 2012. Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR) "Humedales de Montaña María Eugenia". *SEMAHN*. 18p.

Whitfield, K., Philippi, M. Sasa ,F. Bolanos ,G. Chaves, y Savage M. Donnelly 2007 Amphibian and reptile declines over 35 years La Selva Costa Rica Procceding of the National Academy of Sciences of the United States of America. 104 (20):8352- 8356.

Whiteman, H., R. Howard y K.A. Whitten. 1995. Effects of pH on embryo tolerance and adult behavior in the tiger salamander, *Ambystoma tigrinum tigrinum*. *Canadian Journal of Zoology*, 73:1529–1537.

Young, B., K. Lips, J. Reaser, R. Ibáñez, A. Salas, R. Cedeño, L. Coloma, S. Ron, E. La Marca, J. Meyer, A. Muñoz, F. Bolaños, G. Chávez y D. Romo. 2001. Population Declines and Priorities for Amphibian Conservation in Latin America. *Conservation Biology*. 15: 1213-1223.

Young, B., S. Stuart, J. Chanson, N.Cox y T. Boucher. 2004. Disappearing Jewels: The status of New World Amphibians. NatureServe, Arlington Virginia. 53p.

Zambrano, L., V. Reynoso y G. Herrera. 2004. Abundancia y estructura poblacional del axolotl (*Ambystoma mexicanum*) en los sistemas dulceacuícolas de Xochimilco y Chalco. Universidad Autónoma de México, Instituto de Biología Departamento de Zoología, Colección Nacional de Peces. México D.F, pp. 1-35.

Zepeda, C., A. Lot-Helgyeras, X. Nemiga y D. Madrigal-Uribe. 2012. Florística y Diversidad de las Ciénegas del Rio Lerma Estado de México, México. *Acta Botánica Mexicana* 98: 23-49.

Zubieta, T., M. Medina, M. Segura. 2004. Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR)- Laguna de Zacapu-. Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente. Michoacán, México. 17p.

ANEXOS

Anexo 2. Matriz de evaluación de impactos ambientales, sociales y políticos en el polígono 1 de las Ciénegas de Lerma (Escala: 1.muy bajo, 2.bajo, 3.moderado, 4. Alto, 5.muy alto).

CIENEGAS DE LERMA						
POLIGONO: 1						
EVALUACION: IMPACTO AMBIENTAL					ESCALA	
No	INDICADORES	1	2	3	4	5
1	Proceso de deterioro					X
2	Restauración del ecosistema	X				
3	Aumento de cobertura boscosa incluyendo árboles frutales		X			
4	Aumento de área de producción sostenible		X			
5	Desarrollo de técnica de producción sostenible		X			
6	Incremento de conservación <i>in-situ/ ex-situ</i>	X				
7	Acceso y transferencia tecnológica	X				
8	Desarrollo de conocimiento científicos	X				
9	Establecimiento de sistemas de producción sostenible		X			
10	Introducción de especies exóticas				X	
11	Aumento en tala y caza				X	
12	Deterioro del suelo					X
13	Contaminación del suelo					X
14	Contaminación del agua					X
15	Manejo de áreas protegidas		X			
EVALUACION: IMPACTO SOCIAL					ESCALA	
No	INDICADORES	1	2	3	4	5
1	Beneficiarios directos			X		
2	Respuesta de los ejidatarios hacia el ambiente	X				
3	Calidad de vida, necesidades familiares básicas: salud, vivienda, educación, vestido, empleo e ingresos			X		
4	Valor económico, social y/o cultural hacia la laguna dada por los ejidatarios		X			
5	Participación y beneficio de mujeres		X			
EVALUACION: IMPACTO POLITICO (ORGANIZACIONAL)					ESCALA	
No	INDICADORES	1	2	3	4	5
1	Capacidad administrativa de directivos	X				
2	Obtención de recursos económicos	X				
3	Intervención y gestión sobre las áreas protegidas		X			
4	Capacidad de resolver problemáticas ambientales	X				
5	Incremento de la participación comunitaria		X			
TOTAL:		8	9	2	2	4

Anexo 3. Matriz de evaluación de impactos ambientales, sociales y políticos en el polígono 2 de las Ciénegas de Lerma (Escala: 1.muy bajo, 2.bajo, 3.moderado, 4. Alto, 5.muy alto).

CIENEGAS DE LERMA						
POLIGONO: 2						
EVALUACION: IMPACTO AMBIENTAL			ESCALA			
No	INDICADORES	1	2	3	4	5
1	Proceso de deterioro					x
2	Restauración del ecosistema	x				
3	Aumento de cobertura boscosa incluyendo árboles frutales		x			
4	Aumento de área de producción sostenible		x			
5	Desarrollo de técnica de producción sostenible	x				
6	Incremento de conservación <i>in-situ/ ex-situ</i>	x				
7	Acceso y transferencia tecnológica	x				
8	Desarrollo de conocimiento científicos	x				
9	Establecimiento de sistemas de producción sostenible		x			
10	Introducción de especies exóticas		x			
11	Aumento en tala y caza					x
12	Deterioro del suelo					x
13	Contaminación del suelo					x
14	Contaminación del agua					x
15	Manejo de áreas protegidas		x			
EVALUACION: IMPACTO SOCIAL			ESCALA			
No	INDICADORES	1	2	3	4	5
1	Beneficiarios directos					x
2	Respuesta de los ejidatarios hacia el ambiente	x				
3	Calidad de vida, necesidades familiares básicas: salud, vivienda, educación, vestido, empleo e ingresos				x	
4	Valor a la laguna dada por los ejidatarios		x			
5	Participación y beneficio de mujeres		x			
EVALUACION: IMPACTO POLITICO (ORGANIZACIONAL)			ESCALA			
No	INDICADORES	1	2	3	4	5
1	Capacidad administrativa de directivos	x				
2	Obtención de recursos económicos		x			
3	Intervención y gestión sobre las áreas protegidas		x			
4	Capacidad de resolver problemáticas ambientales		x			
5	Incremento de la participación comunitaria		x			
TOTAL:		7	11	1	6	0

Anexo 4. Matriz de evaluación de impactos ambientales, sociales y políticos en el polígono 3 de las Ciénegas de Lerma (Escala: 1.muy bajo, 2.bajo, 3.moderado, 4. Alto, 5.muy alto).

CIENEGAS DE LERMA						
POLIGONO: 3						
EVALUACION: IMPACTO AMBIENTAL			ESCALA			
No	INDICADORES	1	2	3	4	5
1	Proceso de deterioro			x		
2	Restauración del ecosistema				x	
3	Aumento de cobertura boscosa incluyendo árboles frutales		x			
4	Aumento de área de producción sostenible		x			
5	Desarrollo de técnica de producción sostenible		x			
6	Incremento de conservación <i>in-situ/ ex-situ</i>		x			
7	Acceso y transferencia tecnológica	x				
8	Desarrollo de conocimiento científicos	x				
9	Establecimiento de sistemas de producción sostenible	x				
10	Introducción de especies exóticas					x
11	Aumento en tala y caza					x
12	Deterioro del suelo			x		
13	Contaminación del suelo					x
14	Contaminación del agua					x
15	Manejo de áreas protegidas			x		
EVALUACION: IMPACTO SOCIAL			ESCALA			
No	INDICADORES	1	2	3	4	5
1	Beneficiarios directos					x
2	Respuesta de los ejidatarios hacia el ambiente					x
3	Calidad de vida, necesidades familiares básicas: salud, vivienda, educación, vestido, empleo e ingresos			x		
4	Valor a la laguna dada por los ejidatarios					x
5	Participación y beneficio de mujeres					x
EVALUACION: IMPACTO POLITICO (ORGANIZACIONAL)			ESCALA			
No	INDICADORES	1	2	3	4	5
1	Capacidad administrativa de directivos			x		
2	Obtención de recursos económicos			x		
3	Intervención y gestión sobre las áreas protegidas			x		
4	Capacidad de resolver problemáticas ambientales			x		
5	Incremento de la participación comunitaria			x		
TOTAL:		3	4	10	8	0

TABLAS

ANEXOS 2

Tabla 21. Especies endémicas de las Ciénegas de Lerma (Estatus de conservación).

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO	
		IUCN, 2011	NOM-059, 2010.
<i>Chiostoma riojai</i>	Charal	--	P
<i>Algansea barbata</i>	Pupo del Lerma	--	P
<i>Ambystoma lermaense</i>	Ajolote	CR	Pr
<i>Coturnicops noveboracensis</i>	Polluelo amarillo	LC	SC
<i>Geothlypis speciosa</i>	Mascarita transvolcánica	EN	P
<i>Sagittaria macrophylla</i>	Hojilla	LC	A

Tabla 22. Listado de riqueza floral en el polígono 1 (Laguna de Chiconahuapan), Ciénegas de Lerma. Categoría: A=planta acuática, S= subacuática, T=tolerante, R= riparia, TR= terrestre. Forma de vida: AR=arborea-ripario, HEE=Hidrófita enraizada emergente, HEHF= Hidrófita enraizada de hojas flotantes, HES= Hidrófita libre sumergida, HETP= Hidrófita enraizada de tallos postrados, HLS= Hidrófita libre sumergida, HLF=Hidrófita libre flotante, M= maleza. Endémica de México= *.

ESPECIE	CATEGORIA	FORMA DE VIDA
FAMILIA Rosaceae		
<i>Crataegus mexicana</i>	TR	
FAMILIA Alismataceae		
<i>Sagittaria latifolia</i>	A	HEE
<i>Sagittaria macrophylla</i> *	A	HEE
FAMILIA Cyperaceae		
<i>Carex densa</i>	T	HEE
<i>Cyperus semiochraceus</i>	S	HEE
<i>Eleocharis bonariensis</i>	S	HEE
<i>Eleocharis densa</i>	S	HEE
<i>Eleocharis macrostachya</i>	S	HEE
<i>Eleocharis palustris</i>	S	HEE
<i>Schoenoplectus californicus</i>	A	HEE
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	A	HEE
FAMILIA Hydrocharitaceae		
<i>Hydromystria laevigata</i>	A	HLF
FAMILIA Juncaceae		
<i>Juncus acuminatus</i>	S	HEE
<i>Juncus arcticus</i>	S	HEE
<i>Juncus ebracteatus</i>	S	HEE
<i>Juncus effusus</i>	S	HEE
<i>Luzula caricina</i>	S	HEE
<i>Luzula denticulata</i>	S	HEE
FAMILIA Juncaginaceae		
<i>Lilaea scilloides</i>	A	HEE
FAMILIA Lemnaceae		
<i>Lemna gibba</i>	A	HLF

<i>Wolffia columbiana</i>	A	HLF
<i>Wolffiella gladiata</i>	A	HLF
<i>Wolffiella lingulata</i>	A	HLF
<i>Wolffiella oblonga</i>	A	HLF
FAMILIA Poaceae		
<i>Echinochloa holciformis</i>	S	HEE
<i>Echinochloa oplismenoides</i>	S	HEE
<i>Echinochloa polystachya</i>	S	HEE
<i>Paspalum distichum</i>	T	
FAMILIA Potamogetonaceae		
<i>Potamogeton illinoensis</i>	A	HES
<i>Potamogeton nodosus</i>	A	HEHF
<i>Potamogeton pusillus</i>	A	
FAMILIA Typhaceae		
<i>Typha domingensis</i>	A	HEE
<i>Typha latifolia</i>	A	HEE
FAMILIA Amaranthaceae		
<i>Amaranthus hybridus</i>	T	M
FAMILIA Apiaceae		
<i>Berula erecta</i>	A	HEE
<i>Hydrocoyle ranunculoides</i>	A	HEE
<i>Lilaeopsis schaffneriana</i>	A	HEE
FAMILIA Asteraceae		
<i>Bidens aurea</i>	S	HEE
<i>Bidens laevis</i>	S	HEE
<i>Jaegeria belledifora</i>	A	HEE
<i>Jaegeria glabra</i> *	A	HEE
FAMILIA Callitricaceae		
<i>Callitriche deflexa</i>	A	HEE
FAMILIA Caryophyllaceae		
<i>Arenaria paludicola</i>	S	HEE
FAMILIA Ceratophyllaceae		
<i>Ceratophyllum demersum</i>	A	HLS
FAMILIA Compositae		
<i>Aganippea bellidiflora</i>	A	
FAMILIA Cruciferae		
<i>Rorippa mexicana</i>	S	HEE
FAMILIA Haloragaceae		
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	A	HES
<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	A	HES
<i>Myriophyllum hippuroides</i>	A	HES
<i>Myriophyllum quitense</i>	A	HES
FAMILIA Lentibulariaceae		
<i>Utricularia gibba</i>	A	HLS
<i>Utricularia livida</i>	A	HEE
FAMILIA Menyanthaceae		
<i>Nymphoides fallax</i>	A	HEHF
FAMILIA Onagraceae		
<i>Epilobium ciliatum</i>	S	HEE
<i>Ludwigia palustris</i>	A	HETP
<i>Ludwigia peploides</i>	A	HETP

FAMILIA Polygonaceae		
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	S	HEE
<i>Polygonum lapathifolium</i>	S	HEE
<i>Polygonum mexicanum</i>	S	HEE
<i>Polygonum punctatum</i>	S	HEE
FAMILIA Pontederiaceae		
<i>Echhornia crassipes</i>	A	HLF
FAMILIA Salicaceae		
<i>Salix babylonica</i>	R	AR
<i>Salix bomplandiana</i>	R	AR
FAMILIA Scrophulariaceae		
<i>Bacopa monnieri</i>	A	HEE
<i>Limosella aquatica</i>	A	HEE
<i>Mimulus glabratus</i>	S	HEE
FAMILIA Solanaceae		
<i>Datura ceratocaula</i> *	S	HEE
FAMILIA Urticaceae		
<i>Urtica dioica</i>	T	M
FAMILIA Orchidaceae		
<i>Habenaria limosa</i>	R	
FAMILIA Cupressaceae		
<i>Cupressus benthamii</i>	TR	
FAMILIA Taxodiaceae		
<i>Taxodium mucronatum</i>	R	
FAMILIA Equisetaceae		
<i>Equisetum ferrissii</i>	S	HEE
FAMILIA Marsileaceae		
<i>Marsilea mollis</i>	A	HEHF
FAMILIA Salviniaceae		
<i>Azolla mexicana</i>	A	HLF

Tabla 23. Listado de riqueza floral en el polígono 2 (Laguna de Chimaliapan), Ciénegas de Lerma. Categoría: A=planta acuática, S= subacuática, T=tolerante, R= riparia, TR= terrestre. Forma de vida: AR=arborea-ripario, HEE=Hidrófita enraizada emergente, HEHF= Hidrófita enraizada de hojas flotantes, HES= Hidrófita libre sumergida, HETP= Hidrófita enraizada de tallos postrados, HLS= Hidrófita libre sumergida, HLF=Hidrófita libre flotante, M= maleza. Endémica de México= *.

ESPECIE	CATEGORIA	FORMA DE VIDA
FAMILIA Rosaceae		
<i>Crataegus mexicana</i>	TR	
FAMILIA Alismataceae		
<i>Sagittaria latifolia</i>	A	HEE
<i>Sagittaria macrophylla</i> *	A	HEE
FAMILIA Cyperaceae		
<i>Carex densa</i>	T	HEE
<i>Cyperus niger</i>	S	HEE
<i>Eleocharis bonariensis</i>	S	HEE
<i>Eleocharis densa</i>	S	HEE
<i>Eleocharis macrostachya</i>	S	HEE
<i>Eleocharis montana</i>	S	HEE
<i>Eleocharis palustris</i>	S	HEE
<i>Eleocharis palustris</i>	A	HEE
FAMILIA Hydrocharitaceae		
<i>Hydromystria laevigata</i>	A	HLF
FAMILIA Juncaceae		
<i>Juncus acuminatus</i>	S	HEE
<i>Juncus aemulans</i>	S	HEE
<i>Juncus arcticus</i>	S	HEE
<i>Juncus effuses</i>	S	HEE
FAMILIA Juncaginaceae		
<i>Lilaea scilloides</i>	A	HEE
FAMILIA Lemnaceae		
<i>Lemna gibba</i>	A	HLF
<i>Lemna minúscula</i>	A	HLF
FAMILIA Poaceae		
<i>Echinochloa holciformis</i>	S	HEE
<i>Echinochloa oplismenoides</i>	S	HEE
<i>Echinochloa polystachya</i>	S	HEE
<i>Glyceria fluitans</i>	S	HEE
<i>Leersia hexandra</i>	A	HEE
<i>Paspalum distichum</i>	T	
FAMILIA Pontederiaceae		
<i>Echhornia crassipes</i>	A	HLF
FAMILIA Potamogetonaceae		
<i>Potamogeton illinoensis</i>	A	HES
<i>Potamogeton nodosus</i>	A	HEHF
FAMILIA Typhaceae		
<i>Typha domingensis</i>	A	HEE

<i>Typha latifolia</i>	A	HEE
FAMILIA Amaranthaceae		
<i>Amaranthus hybridus</i>	T	M
FAMILIA Apiaceae		
<i>Berula erecta</i>	A	HEE
<i>Lilaeopsis schaffneriana</i>	A	HEE
FAMILIA Asteraceae		
<i>Aster subulatus</i>	T	M
<i>Jaegeria belledifora</i>	A	HEE
FAMILIA Caryophyllaceae		
<i>Arenaria paludicola</i>	S	HEE
FAMILIA Ceratophyllaceae		
<i>Ceratophyllum demersum</i>	A	HLS
FAMILIA Haloragaceae		
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	A	HES
FAMILIA Nymphaeaceae		
<i>Nymphaea gracilis</i> *	A	HEHF
FAMILIA Onagraceae		
<i>Ludwigia palustris</i>	A	HETP
<i>Ludwigia peploides</i>	A	HETP
FAMILIA Polygonaceae		
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	S	HEE
<i>Polygonum lapathifolium</i>	S	HEE
<i>Polygonum mexicanum</i>	S	HEE
<i>Polygonum punctatum</i>	S	HEE
FAMILIA Salicaceae		
<i>Salix babylonica</i>	R	AR
<i>Salix bomplandiana</i>	R	AR
FAMILIA Scrophulariaceae		
<i>Bacopa monnieri</i>	A	HEE
FAMILIA Cupressaceae		
<i>Cupressus benthamii</i>	TR	
FAMILIA Taxodiaceae		
<i>Taxodium mucronatum</i>	R	
FAMILIA Salviniaceae		
<i>Azolla mexicana</i>	A	HLF

Tabla 24. Listado de riqueza floral en el polígono 3 (Laguna de Chignahuapan), Ciénegas de Lerma. Categoría: A=planta acuática, S= subacuática, T=tolerante, R= riparia, TR= terrestre. Forma de vida: AR=arborea-ripario, HEE=Hidrófita enraizada emergente, HEHF= Hidrófita enraizada de hojas flotantes, HES= Hidrófita libre sumergida, HETP= Hidrófita enraizada de tallos postrados, HLS= Hidrófita libre sumergida, HLF=Hidrófita libre flotante, M= maleza. Endémica de México= *.

ESPECIE	CATEGORIA	FORMA DE VIDA
FAMILIA Rosaceae		
<i>Crataegus mexicana</i>	TR	
FAMILIA Alismataceae		
<i>Sagittaria latifolia</i>	A	HEE
<i>Sagittaria macrophylla</i> *	A	HEE
FAMILIA Cyperaceae		
<i>Carex densa</i>	T	HEE
<i>Eleocharis densa</i>	S	HEE
<i>Eleocharis macrostachya</i>	S	HEE
<i>Eleocharis palustris</i>	S	HEE
<i>Scirpus lacustris</i>	S	HES
<i>Schoenoplectus californicus</i>	A	HEE
FAMILIA Hydrocharitaceae		
<i>Hydromystria laevigata</i>	A	HLF
FAMILIA Juncaceae		
<i>Juncus effusus</i>	S	HEE
<i>Lilaea scilloides</i>	A	HEE
FAMILIA Lemnaceae		
<i>Lemna gibba</i>	A	HLF
FAMILIA Poaceae		
<i>Poa annua</i>	T	M
FAMILIA Pontederiaceae		
<i>Echhornia crassipes</i>	A	HLF
FAMILIA Potamogetonaceae		
<i>Potamogeton illinoensis</i>	A	HES
<i>Potamogeton nodosus</i>	A	HEHF
FAMILIA Typhaceae		
<i>Typha latifolia</i>	A	HEE
FAMILIA Amaranthaceae		
<i>Amaranthus hybridus</i>	T	M
FAMILIA Apiaceae		
<i>Berula erecta</i>	A	HEE
<i>Hydrocotyle umbellata</i>	A	HEE
<i>Hydrocotyle verticillata</i>	A	HEE
<i>Hydrocoyle ranunculoides</i>	A	HEE
<i>Lilaeopsis schaffneriana</i>	A	HEE
FAMILIA Asteraceae		
<i>Aster subulatus</i>	T	M
<i>Bidens laevis</i>	S	HEE
<i>Jaegeria belledifora</i>	A	HEE
FAMILIA Caryophyllaceae		

<i>Arenaria bourgaei</i>	S	HETP
<i>Arenaria paludicola</i>	S	HEE
FAMILIA Ceratophyllaceae		
<i>Ceratophyllum demersum</i>	A	HLS
FAMILIA Cruciferae		
<i>Rorippa pinnata</i>	S	HEE
FAMILIA Haloragaceae		
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	A	HES
<i>Myriophyllum hippuroides</i>	A	HES
FAMILIA Nymphaeaceae		
<i>Epilobium ciliatum</i>	S	HEE
FAMILIA Polygonaceae		
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	S	HEE
<i>Polygonum lapathifolium</i>	S	HEE
<i>Polygonum mexicanum</i>	S	HEE
<i>Polygonum punctatum</i>	S	HEE
<i>Rumex crispus</i>	T	M
FAMILIA Ranunculaceae		
<i>Ranunculus cimbalaria</i>	S	HEE
FAMILIA Salicaceae		
<i>Salix babylonica</i>	R	AR
FAMILIA Scrophulariaceae		
<i>Mimulus glabratus</i>	S	HEE
FAMILIA Urticaceae		
<i>Urtica dioica</i>	T	M
FAMILIA Cupressaceae		
<i>Cupressus benthamii</i>	TR	
FAMILIA Taxodiaceae		
<i>Taxodium mucronatum</i>	R	
FAMILIA Marsileaceae		
<i>Marsilea mollis</i>	A	HEHF
FAMILIA Salviniaceae		
<i>Azolla mexicana</i>	A	HLF

Tabla 25. Listado de diversidad de peces en la Laguna de Chignahuapan, ubicada en el polígono 3, de las Ciénegas de Lerma.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORIA DE RIESGO	
		IUCN, 2012	NOM-059, 2010.
<i>Chirostoma riojai</i>	Charal	--	P
<i>Girardinichthys multiradiatus</i>	Doradilla	LC	--
<i>Algansea barbata</i>	Pez del Lerma	--	P
<i>Carassius auratus</i>	Carpa dorada	Introducida	
<i>Poecilia reticulada</i>	Guppy	Introducida	

Tabla 26. Listado de diversidad de anfibios y reptiles en la Laguna de Chignahuapan, ubicada en el polígono 3, de las Ciénegas de Lerma.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORIA DE RIESGO	
		IUCN, 2012	NOM-059, 2010.
<i>Ambystoma lermaense</i>	Ajolote	CR	Pr
<i>Hyla eximia</i>	Rana verde	LC	--
<i>Lithobates catesbeianus</i>	Rana toro	introducida	--
<i>Lithobates spectabilis</i>	Rana vistosa	LC	--
<i>Thamnophis eques</i>	Culebra de agua	LC	A
<i>Thamnophis melanogaster</i>	Culebra de agua	EN	A
<i>Crotalus transversus</i>	Cascabel rayada	LC	P
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa	LC	Pr
<i>Sceloporus torquatus</i>	Lagartija raposa	LC	--

Tabla 27. Listado de diversidad de mamíferos en la Laguna de Chignahuapan, ubicada en el polígono 3, de las Ciénegas de Lerma.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORIA DE RIESGO	
		IUCN, 2012	NOM-059, 2010.
<i>Peromyscus maniculatus</i>	Ratón ciervo	LC	E
<i>Sigmodon hispidus</i>	Rata de campo	LC	--
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	LC	Pr
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	LC	--

Tabla 28. Listado de diversidad de aves en la Laguna de Chignahuapan, ubicada en el polígono 3, de las Ciénegas de Lerma.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORIA DE RIESGO	
		IUCN, 2012	NOM-059, 2010.
<i>Anas acuta</i>	Pato golondrino	LC	SC
<i>Anas americana</i>	Pato chalcuan	LC	SC
<i>Anas clypeata</i>	Pato cucharon	LC	SC
<i>Anas crecca carolinensis</i>	Garceta alas verdes	LC	SC
<i>Anas cyanoptera</i>	Pato colorado	LC	SC
<i>Anas discors</i>	Garceta aliazul	LC	SC
<i>Anas platyrhynchos</i>	Pato de collar	LC	A
<i>Anas streptera</i>	Anade fresco	LC	SC
<i>Anser albifrons</i>	Ganso careto	LC	SC
<i>Aythya affinis</i>	Pato boludo	LC	SC
<i>Oxiura jamaicensis</i>	Pato zambullidor grande	LC	P
<i>Coturnicops noveboracensis</i>	Polluelo amarillo	LC	SC
<i>Fulica americana</i>	Gallareta americana	LC	SC
<i>Gallinula chloropus</i>	Gallineta frente roja	LC	SC
<i>Porzana carolina</i>	Pullouela	LC	SC
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	LC	SC
<i>Egretta caerulea</i>	Garceta azul	LC	SC
<i>Egretta thula</i>	Garceta pie-dorado	LC	SC
<i>Egretta tricolor</i>	Garceta tricolor	LC	SC
<i>Plegadis chihi</i>	Ibis cara blanca	LC	SC
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de baird	LC	SC
<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo tildío	LC	SC
<i>Himantopus mexicanus</i>	Candelerero mexicano	LC	SC
<i>Phalaropus tricolor</i>	Falaropo picolargo	LC	SC
<i>Tringa melanoleuca</i>	Pata amarilla	LC	SC
<i>Zenaida macroaura</i>	Paloma huilote	LC	PR
<i>Tilmatura dupontii</i>	Colibrí de Dupont	LC	A
<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de cooper	LC	PR
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguillilla negra	LC	PR
<i>Buteo albicaudatus</i>	Águila cola blanca	LC	PR
<i>Buteo swainsoni</i>	Águila de swainsoni	LC	PR
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	LC	SC
<i>Circus cyaneus</i>	Aguilucho norteño	LC	SC
<i>Pandion haliaetus</i>	Gavilán pescador	LC	SC
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento	LC	SC
<i>Ammodramus savannarum</i>	Gorrión chapuín	LC	SC
<i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero dominico	LC	SC
<i>Contopus sordidulus</i>	Pibi occidental	LC	SC
<i>Cyanocompsa cyanoides</i>	Picogordo negro	LC	SC
<i>Dendroica coronata</i>	Chipe coronado	LC	SC

<i>Geothlypis speciosa</i>	Mascarita transvolcánica	EN	P
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	LC	SC
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	LC	SC
<i>Melospiza melodia</i>	Gorrión cantor	LC	SC
<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo	LC	SC
<i>Oriturus superciliosus</i>	Zacatonero rayado	LC	SC
<i>Oporornis tolmiei</i>	Chipe de tolmei	LC	A
<i>Passerina caerulea</i>	Picordo azul	LC	SC
<i>Pipilo fuscus</i>	Rascador pardo	LC	SC
<i>Polioptila albiloris</i>	Perlita pispirra	LC	SC
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal	LC	SC
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	LC	SC
<i>Riparia riparia</i>	Golondrina ribereña	LC	SC
<i>Seiurus noveboracensis</i>	Chipe charquero	LC	SC
<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina verdemar	LC	SC
<i>Turdus infuscatus</i>	Mirlo negro	LC	A
<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano gritón	LC	SC
<i>Tyrannus tyrannus</i>	Tirano dorsinegro	LC	PR
<i>Vermivora peregrina</i>	Chipe pelegrino	LC	SC
<i>Wilsonia pusilla</i>	Reinita gorrionera	LC	SC
<i>Xantocephalus xantocephalus</i>	Tordo cabeza amarilla	LC	SC

FIGURAS

ANEXOS 3

Figura 13. Pastoreo en el polígono 3 de las Ciénegas de Lerma, (Laguna de Chignahuapan).



Figura 14. Extracción de organismos del humedal. Polígono 3 de las Ciénegas de Lerma, (Laguna de Chignahuapan).



Figura 15. Época de cacería de noviembre a febrero. Polígono 3 de las Ciénegas de Lerma, (Laguna de Chignahuapan).



Figura 16. Problemática de contaminantes. Polígono 3 de las Ciénegas de Lerma, (Laguna de Chignahuapan).



Figura 17. Época de lluvias, octubre 2011. Polígono 3 de las Ciénegas de Lerma, (Laguna de Chignahuapan).

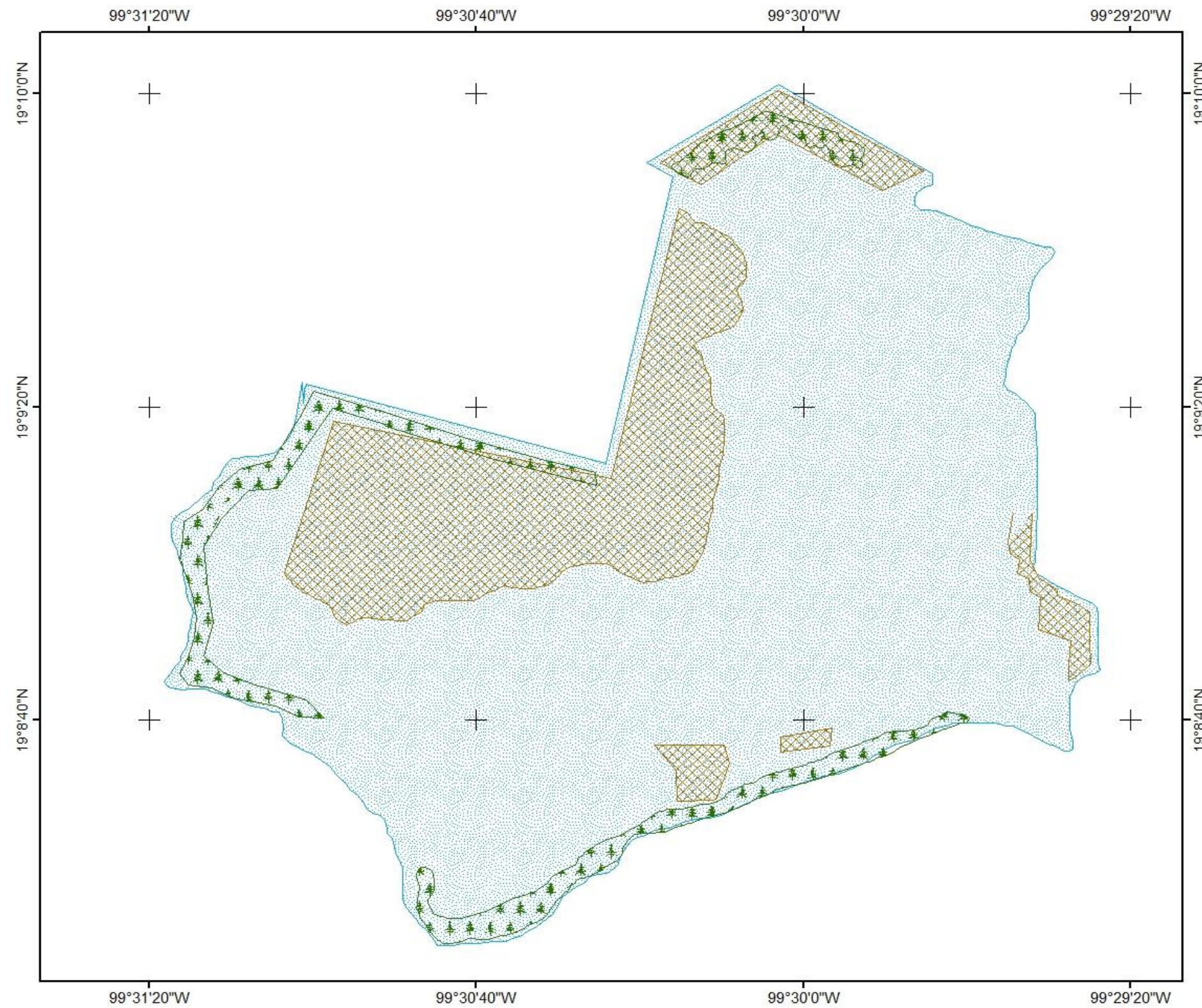


Figura 18. Época de secas, febrero 2011. Polígono 3 de las Ciénegas de Lerma, (Laguna de Chignahuapan).



MAPAS

ANEXOS 4




Universidad Autónoma del Estado de México


Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Mapa 12. Vegetación terrestre. Polígono 1, Laguna de Chiconahuapan.

Tesis de Maestría




*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**



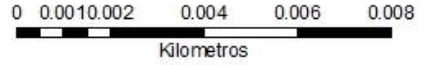
Descripción

Distribución de la vegetación terrestre Polígono 1, Laguna de Chiconahuapan.


Simbología

-  Polígono 1
-  Vegetación arborea
-  Vegetación agraria

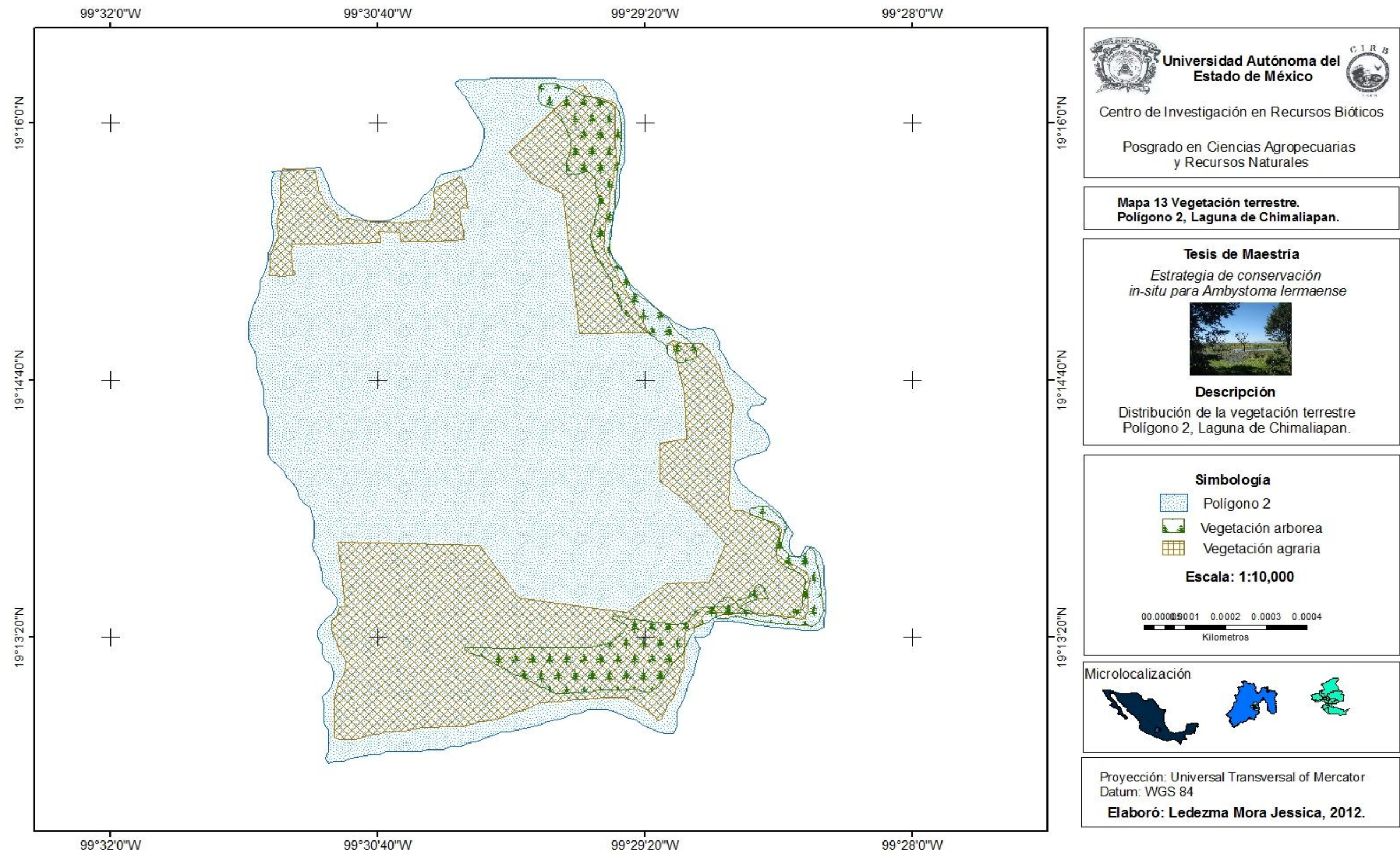
Escala: 1:10,000

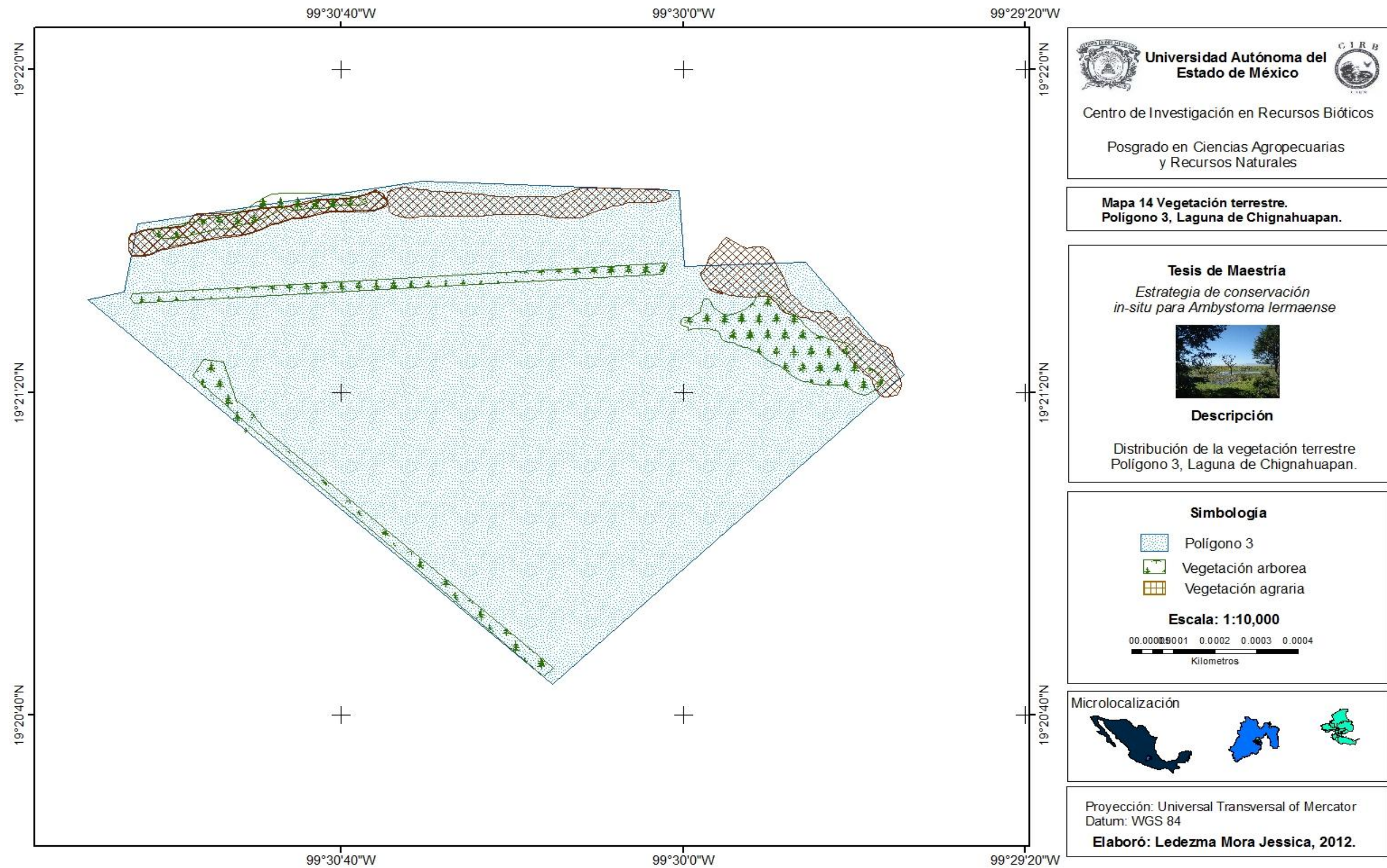


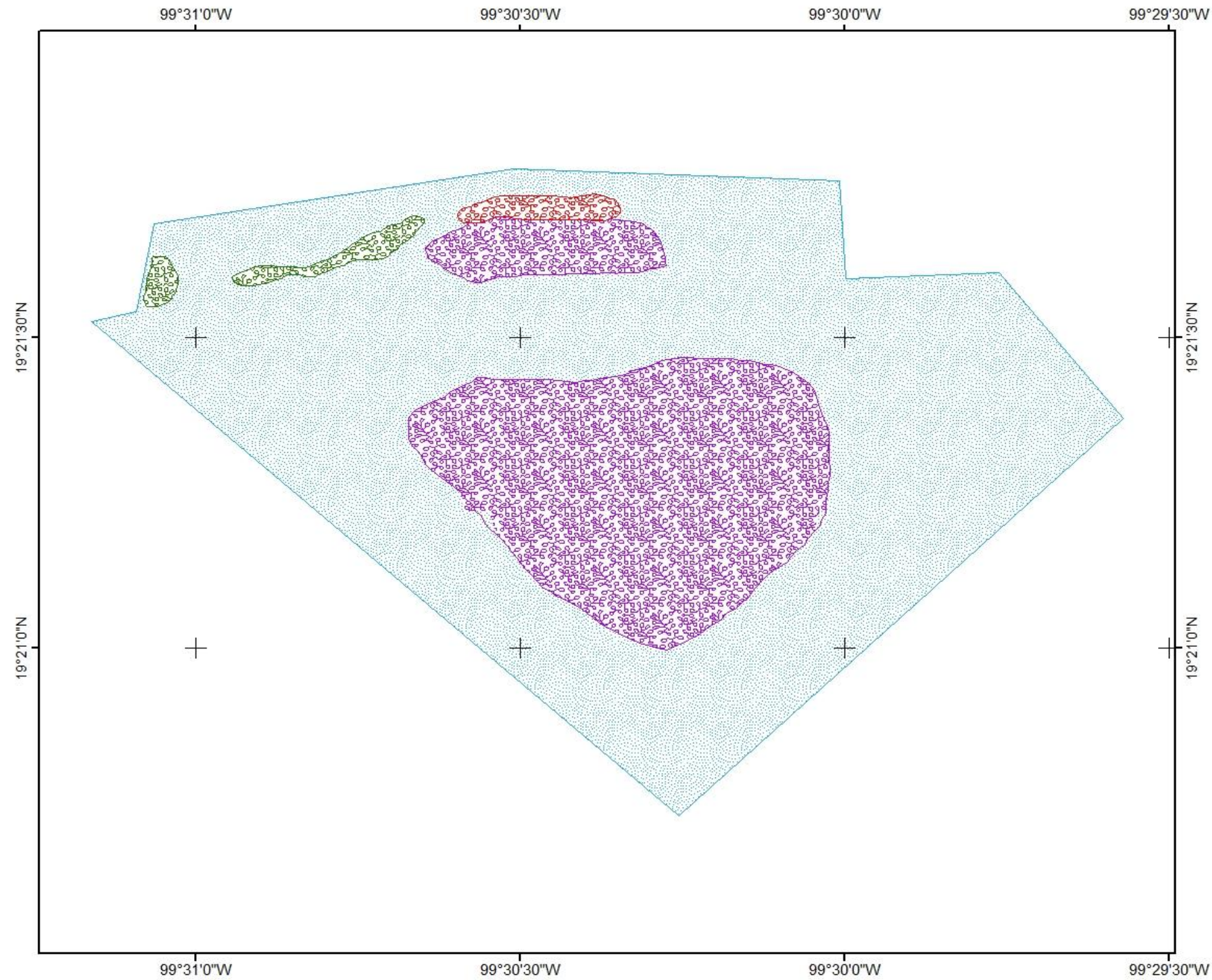
Microlocalización



Proyección: Universal Transversal of Mercator
 Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.








Universidad Autónoma del Estado de México


Centro de Investigación en Recursos Bióticos
 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales





Mapa 15 Distribución de *Ambystoma lermaense* Polígono 3, Laguna de Chignahuapan.

Tesis de Maestría
*Estrategia de conservación in-situ para *Ambystoma lermaense**




Descripción
*Distribución de *A. lermaense* por etapas del ciclo de vida en el polígono 3.*

Simbología


 Polígono 3	 Juveniles
 Larvas	 Adultos

Escala: 1:10,000



Kilometros

Microlocalización



Proyección: Universal Transversal of Mercator
 Datum: WGS 84
Elaboró: Ledezma Mora Jessica, 2012.

ARTICULO

ANEXOS 5



HIDROBIOLOGICA

Revista del Departamento de Hidrobiología de la Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa

México, D. F., a 4 de octubre del 2012.

JESSICA AILYN LEDEZMA-MORA

Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAEM, Toluca

Distinguida Dra. Ledezma Mora:

A nombre del Comité Editorial de *Hidrobiológica* le informo a usted que el manuscrito firmado por: Jessica Ailyn Ledezma-Mora, Isaías De la Rosa Gómez, Xóchitl Aguilar Miguel, Beatriz Barrientos Becerra y Cheikh Fall, titulado:

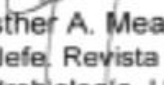
“Calidad del agua en los humedales de las Ciénegas de Lerma, ANP (Estado de México)”

Ha sido recibido por esta revista para su posible publicación como artículo científico. Por lo que procederemos a dar trámite al proceso de revisión.

A éste le ha sido asignado el número **AMB1112** de referencia el cual deberá ser citado en toda comunicación futura. Si usted(es) quiere(n) conocer el estado de su trabajo, consulte nuestra página en Internet en la dirección: <http://www.hidrobiologica.org>.

Agradecemos a ustedes su confianza en *Hidrobiológica*, como una alternativa para la publicación de los resultados de sus investigaciones en breve les comunicaremos el resultado de la evaluación.

ATENTAMENTE



Dra. Ma. Esther A. Meave del Castillo
Editora en Jefe, Revista Hidrobiológica
Dpto. de Hidrobiología, UAM-Iztapalapa



UNIDAD IZTAPALAPA

Departamento de Hidrobiología. Av. San Rafael Allisco No. 186 Col. Vicentina, A.P. 55-535 C.P. 09340 México, D.F. Fax: 5558044738 Tel. 5558044600 Ext. 3053 E-mail: rehb@xanum.uam.mx

Calidad del agua en los humedales de las Ciénegas de Lerma, ANP (Estado de México).

Water quality in wetlands in the Lerma Marshes, PNA (State of Mexico).

Jessica Ailyn Ledezma-Mora^{1*}, Isaías De la Rosa Gómez²,
Xóchitl Aguilar Miguel³, Beatriz Barrientos Becerra² y Cheikh Fall⁴.

¹ Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

² División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Toluca, Toluca, Estado de México.

³ Centro de Investigación de Recursos Bióticos-CIRB, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México.

⁴ Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA-UAEM), Toluca, Estado de México.

*e-mail: jalm7m@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo, se analizó la calidad del agua de los humedales conocidos como las Ciénegas de Lerma (Área Natural Protegida) ubicados en el Estado de México, conformados por tres polígonos. Para el estudio se realizó la toma de muestras de agua en cada polígono, analizando diez parámetros fisicoquímicos. Los resultados fueron interpretados mediante un análisis de varianza. La calidad del agua se evaluó tomando como referencia los límites marcados en la NOM-001-ECOL-1996, así como los referenciados en la literatura y considerando la variación estacional en el humedal. El análisis estadístico demostró que existen diferencias significativas entre los tres cuerpos de agua ($p < 0.05$), más específicamente en los parámetros de Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fósforos totales (PT), Sólidos totales (ST) y pH, indicando que el polígono 1 presenta mayores niveles de concentración. Los niveles de Demanda Química de Oxígeno (DQO), Grasas y Aceites (G y A), ST y Sólidos sedimentables (SS) son relativamente altos en el polígono 1 y 2, superior a los límites permisibles y criterios de calidad. El análisis estacional reporta diferencias entre la época de estiaje y la época de lluvia, con una tendencia en el aumento de las concentraciones durante los periodos húmedos. Adicionalmente se detectó la presencia de plomo en agua en los polígonos 1 y 2. En conclusión, la calidad de agua para las Ciénegas de Lerma se considera de buena (polígono 3) a regular (polígono 1 y 2) para el desarrollo adecuado de los procesos ecológicos en el humedal.

Palabras clave: Humedal, Ciénegas de Lerma, Calidad del agua, Área Natural Protegida.

ABSTRACT

In this work we analyzed the water quality, of the wetlands known as the Lerma Marshes, (Protected Natural Area), located in the State of Mexico, which are comprised of three polygons. For the study, water sampling was conducted at each site to analyze ten physicochemical parameters. The results were interpreted by analysis of variance. Water quality was assessed based on the limits established in NOM-001-ECOL-1996, as well as

the criteria referenced in the literature, and considering the seasonal variation in the wetland. The statistical analysis showed significant differences ($p < 0.05$), between the wetlands, more specifically with respect to the following parameters: chemical oxygen demand (COD), Total phosphorus (TP), Total solids (TS) y pH, indicating that the first area (polygon 1) was more contaminated. The maximum permissible levels of: COD, Fats and oils, TS and settling solids (SS) were considerably exceeded at the site 1 and 2. The seasonal analysis reports differences between the dry season and rainy season, being more contaminated during the wet period. We detected the presence of lead in the waters of areas 1 and 2. In conclusion, the water quality of the Lerma Marshes is considered good in the first area in regulate in the areas 1 and 2, for good development of the ecological processes in the wetland.

Key words: Wetland, Lerma Marshes, Water quality, Protected Natural Area.