



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta
Posgrado en Ciencias Biológicas

Importancia de Estanques Artificiales para la
Conservación de la Biodiversidad en Tres Sitios del
Estado de Tlaxcala

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Adriana Nolasco Parra

Codirectores

Dr. Amando Bautista Ortega
Dr. Constantino Macías García

Comité Tutorial

Dra. Margarita Martínez Gómez
Dr. Fausto Méndez de la Cruz

Tlaxcala, Tlax.

Diciembre, 2012

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	10
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. OBJETIVOS	19
4.1 Objetivo general.....	19
4.2. Objetivos particulares.....	19
5. METODOLOGÍA	21
5.1 Áreas de estudio.....	21
5.1.1 Tierra Verde, Atlangatepec	21
5.1.2 Ex-hacienda San Cristóbal (PNLM)	21
5.1.3 Cañada Grande (PNLM)	22
5.2 Tierra Verde, Atlangatepec	24
5.2.1 Muestreo de insectos acuáticos.....	24
5.2.3 Muestreo de anfibios.....	24
5.2.4 Monitoreo de aves.....	25
5.3 Ex-hacienda San Cristóbal (PNLM)	26
5.3.1 Muestreo de anfibios.....	26
5.3.2 Monitoreo de Aves.....	27
5.4 Cañada Grande (PNLM)	27
5.4.1 Muestreo de los registros	27
5.4.2 Gestión de implementación de estanque artificial	28
5.4.3 Implementación de estanque artificial	29
5.4.3.1 Dimensiones del estanque artificial	29
5.4.3.2 Colocación de plástico permeable	29
5.4.3.3 Ambientación del estanque artificial	30
5.4.3.4 Llenado del estanque artificial	31
5.4.3.5 Registro de fauna silvestre	31

5.4.4 Monitoreo de aves	32
6. RESULTADOS	34
6.1 Tierra Verde Atlangatepec	34
6.1.1 Insectos acuáticos	34
6.1.2 Anfibios	36
6.1.3 Aves	37
6.2 Ex-hacienda San Cristóbal (PNLM)	37
6.2.1 Anfibios	37
6.2.3 Aves	39
6.3 Cañada Grande (PNLM)	40
6.3.1. Muestreo de registros	40
6.3.2 Gestión de implementación de estanque artificial	41
6.3.2.1 Implementación de estanque artificial y descripción de fauna silvestre	41
6.3.3 Monitoreos de aves	44
7. DISCUSIÓN	46
7.1 Tierra Verde Atlangatepec	46
7.1.1 Insectos acuáticos.....	46
7.1.2 Anfibios	47
7.1.3 Aves	50
7.2 Ex-hacienda San Cristóbal (PNLM)	51
7.2.1 Anfibios	51
7.2.2 Aves	54
7.3 Cañada Grande (PNLM)	55
7.3.1 Muestreo de registros	55
7.3.2 Estanque artificial	57
7.3.3 Monitoreo de aves	59
8. CONCLUSIONES	61
8.1 Tierra Verde Atlangatepec.....	61

8.2 Ex-hacienda San Cristóbal (PNLM).....	61
8.3 Cañada Grande (PNLM).....	61
8.4 Conclusiones generales	63
9. PERSPECTIVAS	64
10. REFERENCIAS	66
11. ANEXOS	74

1. INTRODUCCIÓN



Los estanques son cuerpos de agua de pequeño tamaño. Partiendo de criterios morfológicos, la Pond Conservation (Biggs y cols. 2005) los define como: *un cuerpo de agua de entre 1m² y 2 ha, y puede ser permanente o temporal, natural o construido por el hombre*. Estos ecosistemas acuáticos son fundamentales para la biodiversidad y sustentan una amplia gama de servicios ecosistémicos (Oertli y cols. 2004, Céréghino y cols. 2008, EPCN 2008, Downing 2010). Recientemente, las investigaciones han demostrado que independientemente del origen y tamaño de los estanques, éstos juegan un papel importante en el sostenimiento de la diversidad biológica dulceacuática y terrestre, al mantener una alta variedad de plantas, invertebrados, anfibios, aves y mamíferos, (Rosenstock y cols. 1999, Yoshimura y Okoshi 2005, EPCN 2008, Downing 2010, Razgour y cols. 2010), debido a que les proporcionan agua para beber, para bañarse, sitios de reproducción, alimentación, anidamiento, entre otros (Rosenstock y cols. 1999, Bull y cols. 2001, Rosenstock y cols. 2004, Mascara 2011). Se ha descrito que los estanques pueden alojar mayor diversidad de especies (incluyendo especies protegidas y endémicas) que cuerpos de agua de mayor tamaño como ríos, lagos y arroyos (Williams y cols. 2003, Scheffer y cols. 2006, EPCN 2008, Oertli y cols. 2009). Por lo tanto, son esenciales para conservar una amplia variedad de especies incluyendo especies raras y en peligro de extinción (Wood y cols. 2003, Céréghino y cols. 2008, EPCN 2008).

No obstante, aunque estos ecosistemas acuáticos tengan funciones ecológicas significativas, hoy en día se encuentran bajo una fuerte presión debido a un gran número de actividades humanas (Juszczak y cols. 2007, Zacharias y cols. 2007, Ruggiero y cols. 2008). Acciones que claramente disminuyen la disponibilidad de cuerpos naturales de agua dulce, entre las que se pueden mencionar: contaminación (por agua residuales, pesticidas, e industrias), invasión de especies exóticas (Apinda-Legnouo 2007, Wood y cols. 2003) degradación o desaparición a causa de intensificación agrícola, sobreexplotación de agua para uso humano (EPCN 2008), desarrollo urbano (Sebastián-González y cols. 2010), y desecación. Como resultado de ello, actualmente son los ecosistemas acuáticos más amenazados (Oertli y cols. 2005, EPCN 2008). Está reportado que tan solo en el noroeste de Europa durante el siglo XX las pérdidas de estanques alcanzaron del 40 al 90% (Juszczak y cols. 2007, EPCN 2008,

Ruggiero y cols. 2008). Además, estas pérdidas provocan la disminución de la biodiversidad acuática que albergan (Brönmark y Hansson 2002, Ruggiero y cols. 2008). En la mayoría de los países de Europa muchas especies pertenecientes a los grupos taxonómicos de anfibios y odonatos se encuentran en peligro de extinción debido a este problema (Oertli y cols. 2002). En Estados Unidos el 20% de las especies de agua dulce actualmente están amenazadas o extintas, con una tasa de extinción cuatro a cinco veces mayor que la de los ecosistemas terrestres (Ricciardi y Rasmussent 1999).

Debido a esta creciente pérdida de estanques naturales y al crecimiento y desarrollo de la población humana, se han tenido que construir estanques artificiales para beneficio humano, por ejemplo, para industria, acuicultura, ganadería, agricultura, entre otras (EPCN 2008, Oropeza-Mota y cols. 2002, Montés de Oca y Palerm 2012). En lo que concierne a la agricultura, la obtención de agua de lluvia mediante presas (zanjas de ladera o represas agrícolas) tiene mucha relevancia, ya que se considera una práctica substancial en sitios áridos para llevar a cabo agricultura de temporal y sistemas de riego no convencionales (Oropeza-Mota y cols. 2002). Esta estrategia para captar agua pluvial se ha utilizado ampliamente en diversas partes del mundo (Oropeza-Mota y cols. 2002, Hazell y cols. 2004, Knutson y cols. 2004, Galindo y cols. 2006, EPCN 2008, Galindo y cols. 2008, Sebastián-González y cols. 2010).

De manera particular en México, principalmente en las zonas rurales de las regiones áridas y semiáridas, los pobladores han tenido que crear estrategias y acciones para garantizar su abasto de agua para diferentes actividades como agricultura y ganadería. Para ello, han aprovechado y aprendido a manejar la cosecha o captación de agua de lluvia (Oropeza-Mota y cols. 2002, Galindo y cols. 2006, Galindo y cols. 2008, Sánchez y Ocampo 2010). En algunas regiones del país, entre las tecnologías tradicionales más comunes que se construyen para fines agrícolas están las zanjias de ladera (*excavación que no rebasa los 1.5 m de ancho, 1 m de profundidad, y su longitud es variable*; Galindo y cols. 2006, Galindo y cols. 2008). Estas se construyen entre una parcela y otra, y se ha observado que mediante el buen uso y manejo de ellas se logra la retención y/o conservación del suelo y del agua (Oropeza-Mota y cols. 2002,

Galindo y cols. 2008, Sánchez y Ocampo 2010). Con ello se crean las condiciones biofísicas y edáficas favorables para el buen crecimiento de los cultivos, germinación de semillas, emergencia de plantas jóvenes, crecimiento de las raíces, desarrollo de las plantas, y en general la formación de granos o frutos y una buena cosecha (Sánchez y Ocampo 2010). En el estado de Tlaxcala el uso y manejo del agua ha sido un elemento muy significativo para la producción agrícola desde la época prehispánica hasta la época actual, representado por los sistemas de control de agua, construcción de canales de desagüe, los sistemas de riego y construcción de zanjas de ladera (Sánchez y Ocampo 2010, Tello y cols. 2010). Por ejemplo, el ecocampamento Tierra Verde en el municipio de Atlangatepec, es uno de los sitios donde se continúa utilizando éstas tecnologías tradicionales, debido a que el sitio se caracteriza por ser una zona de las más áridas del estado. Otra forma tradicional de captar agua de lluvia en el país, es mediante la construcción de *jagüeyes* o *estanques* y *aljibes* (Oropeza-Mota y cols. 2002, Galindo y cols. 2006, Galindo y cols. 2008, Tello y cols. 2010, Montes de Oca y Palerm 2012), de los cuales el principal uso es de abrevaderos para ganado, aunque el agua almacenada en ellos puede servir para algunos quehaceres domésticos cuando hay carencia de agua entubada o potable (Galindo y cols. 2006, Galindo y cols. 2008).

Aparte de los beneficios humanos que se logran con la implementación de dichos estanques artificiales, se ha descrito que ante la escasez de estanques naturales, en muchos países del mundo, los mismos funcionan como hábitats alternativos para la biodiversidad dependiente de cuerpos de agua (Bull y cols. 2001, Knutson y cols. 2004, EPCN 2008, Ruggiero y cols. 2008, Sebastián-González y cols. 2010). Por ejemplo, muchas ranas requieren ambientes acuáticos para reproducirse y el uso que les dan a los estanques artificiales para ello ha sido el principal objetivo en varios estudios (Bull y cols. 2001, Hazell y cols. 2004, Ortega-Guerrero 2007, Romano y cols. 2010). Además, en otros más se ha reportado que los estanques artificiales pueden tener efectos incrementando la distribución y abundancia, reduciendo la mortalidad y aumentando la supervivencia de los organismos (Rosenstock y cols. 1999). Por ejemplo, Howe y Flake (1989) mencionaron que en Idaho Estados Unidos debido a la desecación de cuerpos naturales de agua, los estanques construidos por el hombre son importantes para la supervivencia de la paloma huilota (*Zenaida macroura*),

dado que el que hubiera una distribución uniforme de estos estanques artificiales en el área, incrementó la abundancia de la especie.

Asimismo se ha descrito que las presas para uso agrícola (zanjas de ladera) son un elemento importante en el mantenimiento de la biota asociada a ambientes acuáticos (Knutson y cols. 2004, EPCN 2008, Sebastián-González y cols. 2010). Éstas son consideradas hábitats valiosos para anfibios y aves acuáticas (Hazell y cols. 2004, Knutson y cols. 2004). En Australia, por ejemplo, la mayoría de humedales naturales han sido destruidos o degradados severamente, pero la construcción de represas agrícolas, son un importante elemento en la conservación de la biota dulceacuícola (Hazell y cols. 2004).

Como se ha venido mencionando, muchas investigaciones alrededor del mundo han demostrado que los estanques artificiales para uso humano (por ejemplo, agrícola o ganadero), juegan un papel significativo en el mantenimiento de la biota. No obstante, en México, no se ha investigado la importancia ecológica de los estanques artificiales para la biodiversidad (Galindo y cols. 2008, Montes de Oca y Palerm 2012).

Con base en los resultados de estudios que han mostrado los beneficios que proveen los estanques artificiales a la biodiversidad, se ha propuesto que en sitios donde no haya estanques naturales o para actividades humanas, se construyan nuevos estanques para la recuperación de poblaciones de algunas especies amenazadas (Yoshimura y Okoshi 2005, Ortega-Guerrero 2007, EPCN 2008). Un ejemplo concreto, es la implementación de estanques artificiales para compensar la pérdida de sitios originales de reproducción de anfibios. Esta medida ha sido probada con éxito principalmente en países de Europa (Ortega-Guerrero 2007, EPCN 2008, Reques 2008). Sin embargo, para poder iniciar estrategias de conservación, es preciso conocer los requerimientos ecológicos de las diferentes especies (Reques 2008). En estos casos, los estanques artificiales también pueden funcionar como un valioso instrumento para la investigación. Se ha demostrado la utilidad de éstos como ecosistemas modelo para contrastar teorías científicas en disciplinas como biología de la conservación, ecología, biología evolutiva, entre otras (EPCN 2008), ya que pueden ser sitios idóneos para estudiar y conocer aspectos básicos de especies poco conocidas.

En México, se han implementado diversas acciones a favor de la conservación de especies en peligro o amenazadas (Rivas 2008). Por un lado, una de las principales es la creación de áreas naturales protegidas, las cuales se han convertido en el objetivo por excelencia de toda política conservacionista a nivel mundial (Toledo 2005). Este inmenso sistema global de reservas ha sido establecido, en su mayor parte, a partir de criterios meramente biológicos como: distribución de la riqueza de especies, número de endemismos y número de especies amenazadas (Toledo 2005). Por otro lado, también se crean los listados de especies Mexicanas en categorías de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010; SEMARNAT 2010). Sin embargo, escasa acción se ha tomado para mejorar el estado de conservación de las especies, aun cuando muchas de ellas están distribuidas en un área natural protegida. En este caso, se deben tomar medidas necesarias y/o planes de conservación de la biodiversidad como los que se han aplicado en los países desarrollados, donde se ha logrado con éxito la conservación de especies (Rivas 2008). Por ejemplo, la recuperación de poblaciones de especies amenazadas mediante la construcción de estanques artificiales como sitios de reproducción.

Un ejemplo concreto de área natural protegida en México es el Parque Nacional La Malinche (PNLM; volcán La Malinche, Malintzi o Matlacuétl), localizado en la porción sureste del estado de Tlaxcala. Abarca poco más de 30 km de diámetro y se eleva desde los 2 300 a los 4 461 msnm. Este volcán fue decretado Parque Nacional en el año de 1938 (Espejel 1996). El sitio tiene funciones importantes como abastecer de agua y hábitat a múltiples especies animales y vegetales (Espejel 1996). Por ejemplo, este parque está considerado como una de las zonas más relevantes para especies de aves, al ser hábitat del 50% de especies registradas para todo el estado (Windfield, 2005). Empero, a pesar de ser un área legalmente protegida, está sujeta a una fuerte presión antropogénica por actividades incompatibles con su categoría de manejo tales como ganadería, tala clandestina para leña y carbón (Espejel 1996), así como colonización de áreas agrícolas dentro de los límites del mismo (Chávez y cols. 1990), siendo una de las zonas naturales más deforestadas en el estado de Tlaxcala (Espejel 1996). Aunado a esto, en la parte Este del volcán, lugar conocido como “Cañada Grande”, un cuerpo de agua que corría naturalmente fue entubado desde el mismo sitio en que el agua

aflora a la superficie, para proveer de agua a las comunidades de Ixtenco, Pilares y Huamantla (Figura 1). Actualmente los cuerpos de agua son prácticamente inexistentes a lo largo de los aproximadamente 6 km del gradiente altitudinal que abarca Cañada Grande. En particular, por parte del municipio de Ixtenco, el recurso hídrico fue captado desde hace más de un siglo (1864 aproximadamente) por medio de acueductos de madera o “canoas” hechos de troncos (Ver A en Figura 2). Posteriormente, en 1992 este acueducto fue remplazado por un tubo de hierro galvanizado que en la actualidad conduce el agua hacia dicha comunidad (Agustín Ranchero cronista del municipio; Ver B en Figura 2).



Figura 1. Se observan las tres comunidades aledañas al volcán La Malinche a donde conducen el agua de Cañada Grande (parte este del volcán). La línea en rojo indica la ubicación de Cañada



Figura 2. A) Acueductos o “canoas” hechos de troncos por donde conducían el agua al municipio de Ixtenco. B) Tubo de hierro galvanizado por donde se conduce el agua actualmente al mismo municipio

A lo largo de esta tubería, en Cañada Grande, a distancias regulares se encuentran 16 registros (cubos de concreto) donde los pobladores verifican que el agua fluya libremente por el tubo (Figura 3). Debido a la desecación del cuerpo de agua natural, estos registros son importantes suministros del recurso hídrico para la fauna silvestre en dicha parte del volcán. Por ejemplo, se ha observado a mamíferos como mapaches o a aves passeriformes abasteciéndose de agua en estos sitios, en particular en estas últimas, se ha notado que incluso cambian su conducta al quedarse aleteando (como colibrís) donde cae el agua que sale del tubo por el intento de obtener agua para beber. Sin embargo, por el diseño de dichos registros (paredes completamente verticales; Figura 4), es común encontrar animales ahogados en ellos. Entre estos animales se pueden encontrar a mamíferos pequeños (ratones) y reptiles como lagartijas, pero se puede notar claramente que los organismos que se ahogan en una mayor proporción son aves. Por lo que posiblemente este grupo de animales podría ser el

mayormente afectado por tal alteración del ambiente. Si bien, el volcán La Malinche ya es un área natural protegida, deberían tomarse medidas de restauración para mitigar el daño causado a la fauna por la desecación de dicho cauce.

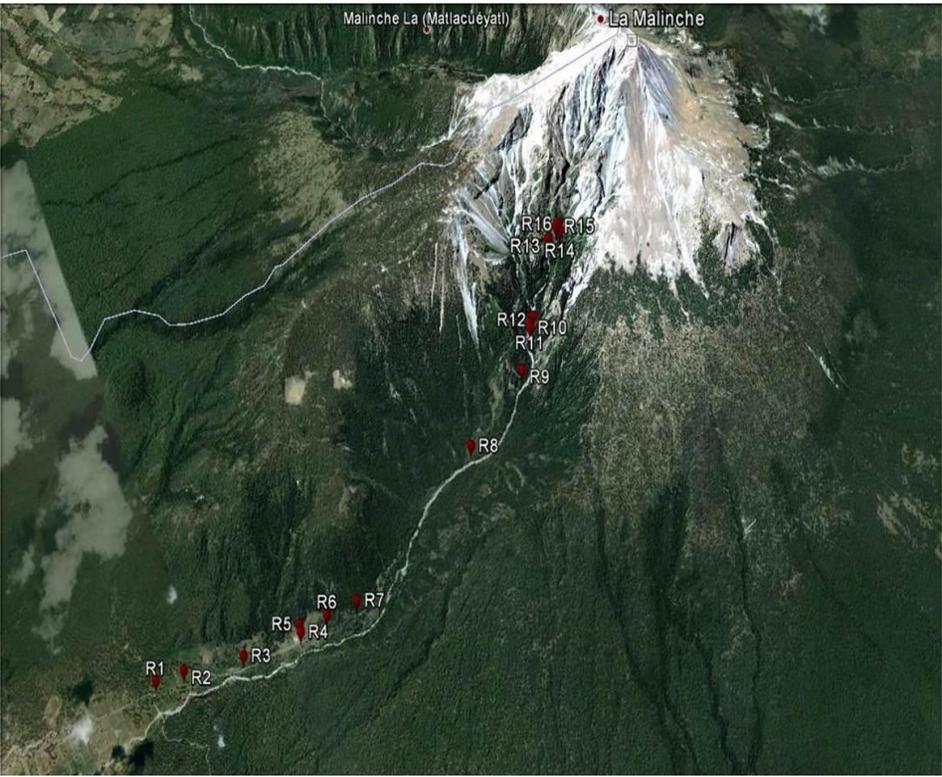


Figura 3. Se observan la ubicación de los 16 registros (R) a lo largo de Cañada Grande



Figura 4. Se observa la forma en que están diseñados los registros (paredes completamente verticales)

En base a los beneficios que proporcionan los estanques artificiales a la biodiversidad y debido a que en el estado de Tlaxcala se presentan sitios donde se han implementado estanques artificiales para uso humano, así como un sitio donde se podrían implementar estanques artificiales para mitigar el problema de desecación de agua, en este estudio se determinará la importancia ecológica de estanques artificiales (tradicionales) ya construidos, y la implementación de un estanque artificial dentro del PNLM, sobre la biodiversidad usuaria de los mismos.

2. ANTECEDENTES

La mayoría de los estudios realizados hasta ahora sobre estanques artificiales se han llevado a cabo principalmente en países de Europa y en Estados Unidos (Rosenstock y cols. 1999, Bull y cols. 2001, Oertli y cols. 2002, Knutson y cols. 2004, Oertli y cols. 2004, Rosenstock y cols. 2004, Oertli y cols. 2005, Ortega-Guerrero 2007, EPCN 2008, Goldberg y Waits 2009, Oertli y cols. 2009, Romano y cols. 2010). Estos se han enfocado en describir la biodiversidad asociada a dichos cuerpos de agua y en resaltar los beneficios que de ellos obtiene tal diversidad biológica. De igual manera, en muchos de ellos se enfatiza la importancia de los estanques artificiales para la conservación de la biodiversidad dulceacuícola y terrestre. Debido a tales beneficios y al mantenimiento de la biota asociada a ellos, han concluido que son esenciales para la conservación de la biodiversidad, y por lo tanto, proponen la implementación de más estanques, principalmente en sitios donde hay escasez de cuerpos de agua naturales.

Apinda-Legnouo (2007) determinó el valor de 21 estanques artificiales para la diversidad de insectos acuáticos en la Región Floral del Cabo (CFR), Sudáfrica. Donde su pregunta central fue si los estanques artificiales tenían algún valor para la conservación de las especies raras y endémicas de dichos insectos. Su objetivo fue determinar abundancia y riqueza de cuatro familias del orden Coleoptera (Dystiscidae, Gyrinidae, Hydraenidae y Hydrophilidae) y ocho familias del orden Hemiptera (Belostomatidae, Corixidae, Gerridae, Hydrometridae, Naucoridae, Nepidae, Notonectidae y Vellidae) en estos estanques. El muestreo lo llevó a cabo de septiembre del 2005 a septiembre del 2006. Como resultado encontró una riqueza y abundancia muy alta de insectos acuáticos en los estanques artificiales, registrando un total de 18 677 individuos de Coleopteros y Hemipteros, representados en 43 géneros (28 para Coleopteros y 15 para Hemipteros). Además, tuvieron un alto número de especies únicas y endémicas. Apinda-Legnouo concluye que debido a que los estanques naturales del Cabo Occidental son muy escasos, los estanques artificiales son importantes para los insectos acuáticos estudiados, ya que pueden representar para ellos una importante “reserva” de agua, de otro modo éstos serían naturalmente raros. Por lo tanto, enfatiza que los

estanques artificiales desempeñan un papel importante en la conservación de insectos acuáticos de los órdenes Coleoptera y Hemiptera en el área de estudio.

Asimismo, en las islas Ogasawara en Japón, como resultado de impactos antropogénicos algunas especies endémicas de odonatos están en decline (encontrándose en la categoría de especies en riesgo). La disminución de especies endémicas en estas islas puede deberse a la reducción de hábitats acuáticos naturales. Yoshimura y Okoshi (2005) investigaron si la construcción de estanques artificiales brindaba protección y por lo tanto incrementaba la probabilidad de supervivencia de dichas especies. Los investigadores mostraron que dichos estanques artificiales proporcionan hábitats viables donde se lleva a cabo exitosamente el ciclo de vida de las especies endémicas de odonatos. Por tanto, ellos sugieren que la construcción de estanques artificiales sería la forma más adecuada para conservar especies de odonatos.

En Europa, durante los primeros años del siglo XXI se ha reflejado una creciente preocupación por proteger ecosistemas acuáticos (Oertli y cols. 2009). En el año 2004 la comunidad europea creó la Red Europea para la Conservación de Estanques (European Pond Conservation Network, EPCN). Esta red ha publicado un manifiesto a favor de estos cuerpos de agua, incluidos los estanques artificiales, donde sugieren estrategias para la conservación y preservación de su biodiversidad en Europa y en el norte de África (EPCN, 2008). Además, esta preocupación también se evidencia por un aumento en el número de publicaciones académicas en este continente sobre temas concernientes a estanques, particularmente relacionados al tema de biodiversidad (Oertli y cols. 2009).

Romano y cols. (2010) realizaron un estudio sobre sitios de reproducción para anfibios en el Parque Nacional "Cilento y Vallo di Diano" en el sur de Italia. Sus áreas de muestreo fueron lagos y pantanos, estanques naturales, aguas corrientes (ríos, arroyos y riachuelos) y estanques artificiales (abrevaderos para el ganado, pozos circulares de piedra y tanques de cemento cuadrangulares). Ellos sugieren la preservación y restauración de estanques artificiales como pozos circulares de piedra y bebederos para el pastoreo de ganado ya que encontraron que estos sitios en particular son esenciales para la reproducción de *Triturus*

carnifex y *Lissotriton nitalicus*. Por tanto, enfatizan que los estanques artificiales son fundamentales para un apropiado manejo de conservación de anfibios en dicho Parque Nacional.

En el suroeste de la Comunidad de Madrid España, la Dirección General de Promoción y Disciplina Ambiental y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid en colaboración con el Museo Nacional de Ciencias Naturales-C.S.I.C, llevan a cabo el Proyecto Sapo S.O.S. El principal objetivo del programa es la defensa y recuperación de las áreas de reproducción para anfibios como respuesta al decline global que enfrentan estas especies. Esto lo hacen mediante la restauración de cuerpos de agua degradados y/o la creación de enclaves nuevos (estanques artificiales) los cuales están conectados como corredores biológicos. Dicho proyecto inició en el año 2005 y no tiene un final pre-establecido. Cada año se desarrolla en localidades en donde, según las investigaciones y una serie de criterios (escasez de puntos de reproducción, número de amenazas), se requiere tomar medidas de conservación. Hasta el año 2007 se experimentó en cuatro municipios con la creación de 11 estanques artificiales y la restauración de tres zonas húmedas en avanzado proceso de degradación. Los estanques artificiales han funcionado para la reproducción exitosa de los anfibios y por consiguiente en la preservación de las especies y los lugares donde se han implementado (Ortega-Guerrero 2007).

Mascara (2011) registró aves terrestres usuarias de un estanque artificial implementado en un área agrícola de Sicilia, Italia. Este tiene un área de 9 m² y 25 cm máximo de profundidad. Es de agua permanente debido a que es abastecido por una tubería conectada a un depósito. El perímetro del estanque se naturalizó con piedras, ramas y vegetación que creció naturalmente. Los monitoreos los realizó mensualmente del año 2006 al año 2011, desde un cobertizo para observación de aves colocado a 5 m de la orilla del estanque artificial. En total registró 53 especies de aves usuarias del estanque artificial. Además, reporta nuevos registros de aves para el sitio. Las aves utilizaron el estanque artificial para limpiarse las plumas, para beber y comer, pero además, para conseguir material para la construcción del nido (como hierbas secas, ramas y barro). El autor concluye que este estudio puede ser útil

para estimular la inspección de la biota (no solamente aves) en áreas donde se implementen estanques artificiales, especialmente en regiones áridas o donde la mayoría de las tierras son utilizadas para propósito agrícola. Asimismo, afirma que los datos encontrados no sólo proporcionan información útil para mejorar el conocimiento de la avifauna de "Bosco di Santo Pietro" (Sicilia, Italia), sino que también contribuye a la comprensión de la importancia ecológica que juegan los estanques artificiales, aun siendo de un tamaño pequeño, al brindar las condiciones óptimas para el desarrollo de especies de flora y fauna.

Estados Unidos es otro lugar donde se ha descrito a la biodiversidad usuaria de estanques artificiales. En el suroeste de Minnesota, Knutson y cols. (2004) evaluaron 30 estanques artificiales para uso agrícola como sitio de reproducción para anfibios. Los autores examinaron los factores asociados con la reproducción de anfibios mediante las características del estanque (calidad de agua, vegetación y depredadores) y encontraron que estos sitios proporcionan hábitats viables para la reproducción de 10 especies de anfibios. Además, la riqueza de especies y reproducción exitosa estuvo asociada con las características del estanque. Knutson y cols. (2004) concluyen que la construcción de pequeños estanques (manejados adecuadamente), puede ayudar a mantener las poblaciones de anfibios en paisajes donde los cuerpos de agua naturales son escasos. Para concluir, ellos recomiendan acciones de manejo tales como limitar el acceso al ganado, así como evitar la introducción de peces.

Bull y cols. (2001) compararon la abundancia de aves no acuáticas y larvas de anfibios en estanques artificiales para ganado (cercados y no cercados) en el noroeste de Oregon. Los estanques artificiales cercados tuvieron mayor número de especies, gremios y grupos taxonómicos de aves, además de una gran diversidad y densidad de éstas, en comparación con los no cercados, ya que el cerco proporciona mayor protección a la vegetación en los estanques cercados, y ésta les brinda mejores sitios de alimentación, así como lugares para anidar. Sugieren que el pastoreo de ganado no tiene un efecto negativo en la reproducción de los anfibios debido a que, tanto los estanques artificiales cercados como los no cercados proporcionaron sitios de reproducción para ellos. Asimismo, indican que se debe considerar cercar al menos una parte alrededor de los estanques artificiales cuando hay acceso de ganado,

ya que esta área proporcionaría un hábitat viable para una gran abundancia y diversidad de aves. Así, los autores concluyen que los estanques artificiales para ganado son esenciales al menos para aves terrestres y anfibios en el sitio de estudio.

En el oeste de los Estados Unidos desde los años 1940s–1950s, agencias federales y estatales que manejan recursos naturales, iniciaron programas para la construcción de estanques artificiales con el objeto de beneficiar a los animales de caza y a la fauna silvestre (suponiendo que el agua era el principal factor limitante de poblaciones de estos animales en hábitats áridos). Desde entonces han sido construidos por lo menos 5,859 estanques en 11 estados occidentales de este país. Además, rancheros y administradores de pastizales también han implementado estanques artificiales para ganado en el sitio, muchos de los cuales son usados por la fauna silvestre. No obstante, recientemente algunos críticos han sugerido que los estanques artificiales no han beneficiado como se pensaba a dicha biota, y que al contrario, estos pueden tener efectos negativos, probablemente al haber un aumento en predación, competencia y transmisión de enfermedades. Para responder esto, Rosenstock y cols. (1999) hicieron una revisión en base a una búsqueda exhaustiva en literatura científica, relacionada con beneficios y consecuencias de estanques artificiales. Concluyen que en base a la literatura encontrada de estudios realizados en la parte oeste de Estados Unidos, se puede comprobar que los estanques artificiales sí han beneficiado a la fauna silvestre (al hacer uso de ellos) como mamíferos, aves, reptiles y anfibios, aunque faltan estudios que evalúen la distribución y abundancia de dichos animales en el sitio. Afirman que los efectos negativos sobre la fauna silvestre no pueden ser comprobados, debido a los pocos estudios relacionados con el tema, y por tanto estas hipótesis (no probadas) son solo especulativas.

Como se mencionó anteriormente en la sección de Introducción, en México no hay estudios relacionados con la importancia de estanques artificiales para la biodiversidad. Esto a pesar de que los cuerpos de agua naturales en el país cada vez son más degradados debido a impactos antropogénicos (Jiménez 2001, De la Vega-Salazar 2003, De la Vega-Salazar 2006, Rivas 2008). Ante la escasez de agua, en algunas regiones del país, por ejemplo, el estado de Tlaxcala (Sánchez y Ocampo 2010), los campesinos han aprendido a usar y manejar agua de

lluvia en estanques artificiales tradicionales. Por lo tanto, en base a los antecedentes citados es muy probable que estas construcciones también beneficien a la fauna silvestre de la región, pudiéndoles proporcionar hábitats viables para subsistir. Asimismo, es posible que la implementación de un estanque artificial en Cañada Grande PNLN donde un cauce de agua natural se ha desecado por actividad humana, sea utilizado por la biodiversidad local.

3. JUSTIFICACIÓN

La ubicación de México y su topografía accidentada han favorecido el desarrollo de una gran diversidad de cuerpos de agua así como de una biota diversificada y rica en especies nativas (De la Vega-Salazar 2003). Sin embargo, desde hace décadas, el paisaje mexicano atraviesa por una severa crisis revelada en el deterioro o degradación de los recursos naturales y la disminución de sus potencialidades (Rivas 2008). La principal causa de esta problemática son las actividades antropogénicas (Jiménez 2001, De la Vega-Salazar 2003, De la Vega-Salazar 2006). De mantenerse esta tendencia, en poco tiempo, más de la mitad de las regiones hidrológicas estarán a punto de desaparecer y algunas de ellas requerirán largo tiempo e inmensos recursos para recuperarse del uso inadecuado del agua y las prácticas contaminantes (De la Vega-Salazar 2003).

Los ecosistemas acuáticos de La Mesa Central de México son los más fuertemente impactados por actividades humanas (De la Vega-Salazar 2006). Esta región se caracteriza por una intensa demanda de agua, situación que se ha agravado por los crecientes asentamientos urbanos. Esta zona es la más densamente poblada de la República Mexicana, y también la más contaminada por actividades agrícolas, pecuarias e industriales (Jiménez 2001, De la Vega-Salazar 2006). De tal manera, que las condiciones ambientales son desfavorables para la biota dulceacuícola (De la Vega-Salazar 2003), así como para las especies asociadas a los cuerpos de agua. El problema es tal que incluso estos organismos pueden llegar a la extinción, ya que el problema de la demanda de agua dulce, sobreexplotación, contaminación y la escasez del recurso hídrico es crítico para la supervivencia de éstos (Alcocer y cols. 2005, Rivas 2008).

El estado de Tlaxcala se localiza geográficamente en la parte alta de la cuenca hidrológica del río Balsas. Los ríos de la entidad (Zahuapan y Atoyac) son considerados zonas críticas y los afluentes resultan auténticos depósitos de aguas negras (Espejel y Carrasco 1999). Las alteraciones en estos ambientes acuáticos, así como la desecación debido a impactos antropogénicos, han traído como consecuencia el aniquilamiento de especies acuícolas y han provocado un desequilibrio ecológico entre numerosas especies de animales y plantas en el estado (Espejel y Carrasco 1999). Por ejemplo, la entidad ocupa el primer lugar

de nuestro país en deterioro ambiental (Espejel y cols. 2004), ya que sólo conserva el 17% de su vegetación natural (Espejel y cols. 2004, Muñoz y cols. 2006). Toda esta dinámica de la vida actual en el estado devalúa también una escasez del agua dulce natural disponible (Hernández 2010).

Aunque no hay datos sobre el estado actual que pudieran tener los estanques artificiales sobre la fauna silvestre en el estado. Ante el panorama anteriormente mencionado, se esperaría que los mismos, jugaran un papel importante en el mantenimiento de la fauna silvestre de la región. Por ello, es necesario evaluar la importancia que tienen los estanques artificiales sobre la fauna silvestre en sitios donde los cuerpos de agua naturales son escasos, han sido desecados o contaminados. Es por eso que la presente investigación se enfoca en tres sitios del estado de Tlaxcala (Figura 6) en donde actualmente existen estanques artificiales. El primer sitio está localizado en Tierra Verde en el municipio de Atlangatepec en un terreno privado con vocación agrícola-ganadera en donde los propietarios diseñaron estanques artificiales (zanjas de ladera) para captar agua de lluvia para agricultura, debido a que es una de las zonas más secas del estado y a que el único cauce natural, que corre adyacente al terreno, está contaminado con aguas de drenaje urbano.

El segundo sitio está ubicado en la ex-hacienda San Cristóbal, dentro del área del Parque Nacional en la parte Este del volcán La Malinche. Se caracteriza por contener estanques artificiales (aljibes) que en su tiempo sirvieron para captar agua para ganado y donde en el año 2010, estudiantes del Instituto de Biología de la UNAM, encontraron un ejemplar de una rana arborícola, sin embargo no se identificó la especie. Este registro sugirió que probablemente fuera *Hyla plicata*, una especie endémica y muy poco estudiada. También indicó que la especie podría estar usando los aljibes como sitios de reproducción.

Por último, el tercer sitio está en la parte Este (Cañada Grande) del PNLN, donde los locales desecaron un cuerpo de agua que corría naturalmente en dicha parte del volcán, dejando sin recurso hídrico a la fauna silvestre del área. Como respuesta a dicho impacto antropogénico, La Estación Científica La Malinche (ECLM) del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, tiene planeado construir 12 estanques a lo largo de Cañada Grande como parte de un programa de restauración del sitio.

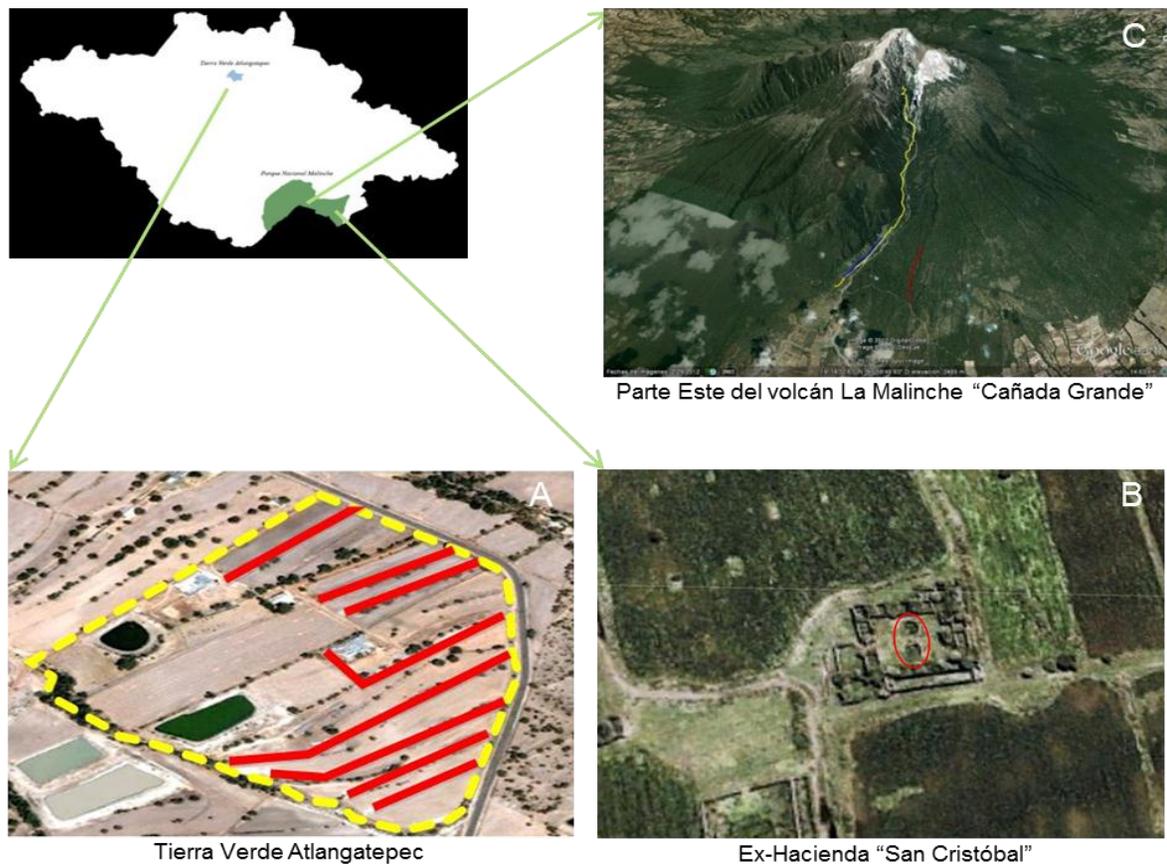


Figura 5. Ubicación de las tres áreas de estudio en el estado de Tlaxcala. La línea punteada en la imagen A muestra la delimitación de Tierra Verde Atlangatepec, las líneas en rojo muestran la ubicación de las zanjas de ladera dentro de la misma área de estudio. El óvalo en rojo de la imagen B muestra la ubicación de los aljibes. La línea amarilla en la imagen C muestra el transecto a lo largo del cual se encuentran los 16 registros en Cañada Grande, la línea azul es el transecto donde se pretende implementar estanques artificiales y la línea en rojo indica el transecto control en el área de estudio (ver sección 5.4.3).

Hasta donde sabemos, este sería el primer estudio en México que investiga los posibles beneficios que estanques artificiales, que fueron construidos para actividades humanas (ganadería y agricultura), pudieran tener sobre el mantenimiento de la fauna silvestre asociada a éstos. Igualmente, este sería el primer estudio en el país en el que se propone la construcción de un estanque artificial como una estrategia de conservación de la biodiversidad asociada a éste, en un sitio donde se desecó el cauce natural dentro del PNLM.

La información generada de este trabajo nos permitirá conocer el grado en que la fauna silvestre de los sitios estudiados se beneficia de la presencia de los estanques artificiales. Asimismo este trabajo servirá como referencia para investigaciones futuras en el área de

restauración ecológica y manejo. Finalmente, el estanque artificial implementado en PNLM ofrecerá un sitio disponible para monitoreo de diferentes especies o poblaciones de especies, y para desarrollar otros proyectos de investigación relacionados con diversas disciplinas como ecología conductal, biología de la conservación, ecología, entre otras.

4. OBJETIVO GENERAL



Determinar en Tlaxcala si estanques artificiales implementados para uso agrícola, ganadero, así como en un área natural protegida, benefician a la biodiversidad local.

4.1. OBJETIVOS PARTICULARES

4.1.1 En las zanjas de ladera de Tierra Verde, Atlangatepec:

- a) Identificar a nivel de orden a los insectos acuáticos usuarios y determinar si se reproducen en ellas.
- b) Identificar a nivel de especie los anfibios usuarios y determinar si se reproducen en ellas.
- c) Determinar y comparar riqueza, abundancia y diversidad de especies de aves cuando las zanjas de ladera contienen agua *vs* cuando están secas.

4.1.2 En el estanque artificial de la ex-hacienda San Cristóbal:

- a) Determinar si es utilizado por anfibios como sitio de reproducción.
- b) De ser así, identificar la(s) especie, describir características del hábitat, así como algunos aspectos de fenología reproductiva y comportamiento de las especies.
- c) Determinar y comparar riqueza, abundancia y diversidad de especies de aves cuando el estanque artificial contiene agua *vs* cuando está seco.

4.1.3 En Cañada Grande, Parque Nacional la Malinche:

- a) Determinar la mortalidad de aves en los registros de agua a lo largo del gradiente altitudinal.
- b) Implementar un estanque artificial para restauración del hábitat y describir a la posible fauna silvestre usuaria del mismo.
- c) Determinar riqueza, abundancia y diversidad de especies de aves en Cañada Grande y en un sitio sin estanques artificiales (control) en el PNLM, con el fin de evaluar el

efecto de los estanques artificiales en las poblaciones de éstas una vez que estén implementados.

5. METODOLOGÍA



5.1 ÁREAS DE ESTUDIO

5.1.1 Tierra Verde, Atlangatepec

El sitio de estudio es un terreno privado con vocación agrícola-ganadera que se encuentra en el municipio de Atlangatepec ubicado al norte del estado de Tlaxcala. El sitio se sitúa a los 2 490 msnm, donde sus coordenadas son 19°32'55.9" N y 98°12'48.0" O. En él prevalece el clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 14° C. Presenta una precipitación media anual de 700-800 milímetros. Su vegetación se caracteriza por ser pastizal inducido, áreas agrícolas de temporal y matorral crasicaule (INEGI; <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html#>). Debido a que una de las principales actividades en el área es la agricultura ya que es una de las zonas más secas del estado, (donde el único cauce natural, que corre adyacente al terreno, está contaminado con aguas de drenaje urbano), los propietarios diseñaron zanjas de ladera para captar o cosechar agua de lluvia para dicha actividad (ver A en Figura 6).

5.1.2 Ex-hacienda San Cristóbal (PNLM)

El área de estudio son ruinas de la ex-hacienda San Cristóbal ubicadas dentro del PNLM a las faldas del volcán la Malinche. Este sitio pertenece al municipio de Ixtenco Tlaxcala, y se encuentra situado a una altura de 2500 msnm donde sus coordenadas son 19°14'43.50" N y 97°55'35.10" O. En el área prevalece el clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 14° C. Presenta una precipitación media anual de 600-800 milímetros. Su vegetación está conformada por áreas agrícolas de temporal y riego, así como pastizal inducido (INEGI; <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html>). Las ruinas de esta hacienda están rodeadas totalmente por tierras de cultivo. Dentro de estas ruinas en el patio central de lo que era la hacienda, hay dos estanques artificiales de concreto hundidos en el suelo. Ambos estanques son de 8 m de largo por 7.5 m de ancho. El estanque artificial del lado norte tiene una profundidad de 2.5 m y el del lado sur mayor a 3 m. Los mismos eran utilizados para captar agua de lluvia para ganado cuando la hacienda estaba activa (Agustín

Ranchero cronista del municipio; Ver B en Figura 6). Actualmente solo el aljibe del lado norte capta agua de lluvia pluvial.



5.1.3 Cañada Grande (PNLM)

El área de estudio está ubicada en Cañada Grande dentro del PNLM (parte Este del volcán). Situada al oeste del municipio de Ixtenco, Tlaxcala. El estudio se realizó en el sitio a partir de los 2963 msnm (19°14'40.22" N y 97°59'27.61" O) hasta los 3545 msnm (19°14'05.8" N y 98°01'23.9" O ver C en Figura 6). Este lugar presenta una topografía irregular y tiene un clima templado subhúmedo con 56% de precipitación media anual en verano (124 mm/mes) y temperatura promedio de 9.6° C de junio a septiembre, y menos del 2% de precipitación invernal media anual (7.6 mm/mes) y temperatura promedio de 6.5° C de enero a marzo (Estación Climatológica Davis Pro® en la Estación Científica “La Malinche”). Los tipos de vegetación presentes en el área son bosque de pino (*Pinus montezumae* y *Pinus pseudostrubus*), bosque de oyamel (*Abies religiosa*), bosque de encino (*Quercus laurina*, *Q. crassipes*), pastizal (*Mulhenbergia sp*, como predominante, *Microchloa kunthii*, *Aristida divaricata*, entre otros) y algunas asociaciones de éstos. En la zona, a partir de los escasos trabajos sobre la fauna local, se ha determinado la presencia de 111 especies de aves (Windfield, 2005).



Figura 6. A) Muestra el área de estudio Tierra Verde Atlangatepec, la imagen de la izquierda muestra una zanja de ladera en temporada de secas, en la imagen de la derecha se puede observar una zanja de ladera con agua. B) En ambas imágenes se muestran las ruinas de la ex-hacienda San Cristóbal, la imagen del lado derecho muestra los dos aljibes dentro de éstas ruinas, al fondo, se puede observar el volcán La Malinche. C) A la izquierda se puede observar el paso de

5.2 Tierra Verde, Atlangatepec



5.2.1 Muestreo de insectos acuáticos

Para cumplir el objetivo a) de la sección 4.1.1, en el año 2011, durante los meses (julio-diciembre) en los que las zanjas de ladera contuvieron agua se realizaron muestreos semanales de insectos acuáticos por medio de barridos dentro de las zanjas de ladera. Éstos barridos se hicieron con ayuda de una red con malla de 0.5 mm (Yoshimura y Okoshi 2005). No todas las zanjas de ladera captaron agua. Y en aquellas que solo captaron agua a lo largo de 10 metros de su longitud, el barrido se hizo a lo largo de todo el cuerpo de agua. Mientras que en las zanjas en donde hubo agua en una longitud mayor a 20 m, se hizo más de un barrido de 10 metros. Los tramos donde se hicieron los barridos fueron elegidos aleatoriamente (Oertli y cols. 2005). Algunos insectos acuáticos colectados se llevaron al laboratorio para su identificación y posteriormente se regresaron al sitio donde fueron colectados. En la Figura 7 se puede observar la manera en la que se realizó el barrido en las zanjas de ladera.



Figura 7. Barrido de insectos acuáticos en zanjas de ladera

5.2.2 Muestreo de anfibios



Para el objetivo b) de la sección anteriormente mencionada, en el año de 2011, durante los meses de julio a diciembre, cada semana (según metodología de Carr y Fahrig 2001) se realizaron *inspecciones visuales* en horas crepusculares a lo largo de las zanjas de ladera, donde se identificaron los adultos visualmente *in situ* o posteriormente en fotografías que se les tomaron con una cámara digital (SONY α 700 DSLR-A700PDT16-105mm de 12.2 mega

pixeles). Asimismo se hicieron *inspecciones auditivas* en las mismas horas para la identificación de anfibios adultos. Para ello, se grabaron los cantos de los machos con una grabadora (Song meter Model SM2 Wildlife Acoustics). Posteriormente se analizaron los cantos e identificaron a través de ellos las especies. Por último, se realizaron *inspecciones de huevos y larvas* durante el día, donde se identificaron éstos visualmente. Además, con la red con malla de 0.5 mm se hicieron barridos dentro de las zanjas de ladera para contar e identificar renacuajos. Algunos de los ejemplares que no se pudieron identificar se colectaron y se llevaron a laboratorio donde pasaron el periodo de metamorfosis en peceras. Posterior a ésta se identificaron y se regresaron los juveniles metamorfoseados a las zanjas de ladera donde se colectaron.

5.2.3 Monitoreo de Aves



El objetivo c) de la sección 4.1.1 se cumplió de la siguiente manera, con ayuda de un sistema de posicionamiento geográfico (Garmin Oregon 500®) se asignaron 5 puntos fijos con un radio de 25m (Ralph y cols. 1996, Bibby y cols. 2000), separados a una distancia de 150 m (A en Figura 8). De febrero del 2011 a febrero del 2012, semanalmente entre las 8 h y las 14 h se censaron durante diez minutos a las aves en cada uno de los puntos (Ralph y cols. 1996; B en Figura 8) con binoculares “Eagle optics ®” de 12 X 50 y se identificaron con ayuda de una guía para aves (Howell y Weeb 2005). Para el análisis se comparó la abundancia y riqueza absoluta y diversidad de aves con el índice de Shannon-Wiener (Krebs 1985) en temporada en la que las zanjas estaban secas vs cuando las zanjas contenían agua.

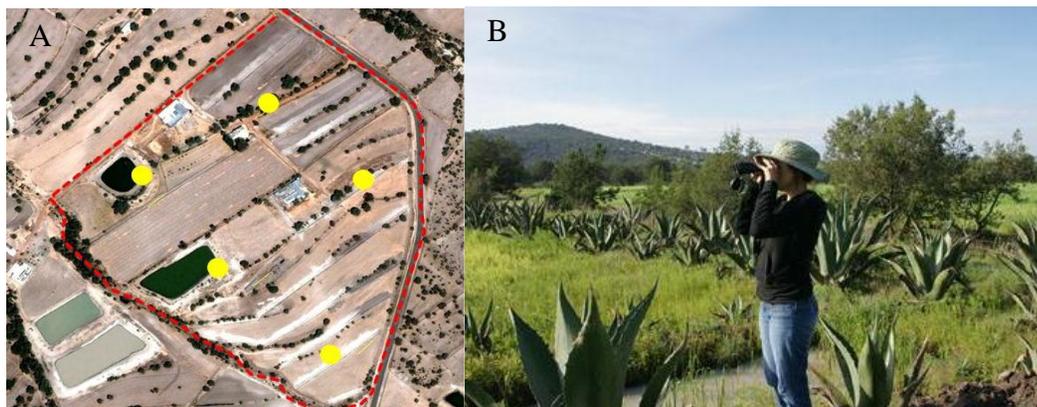


Figura 8. A) Los círculos en amarillo indican los puntos de monitoreo de aves. B) Monitoreo de aves en uno de los puntos

5.3 Ex-hacienda San Cristóbal (PNLM)



5.3.1 Muestreo de anfibios

Para llevar a cabo el objetivo a) de la sección 4.1.2, durante la temporada en la que el aljibe contuvo agua (principios de julio a finales de octubre), cada semana (según metodología de Carr y Fahrig 2001, se realizaron *inspecciones visuales* en horas crepusculares donde se identificaron a los adultos visualmente *in situ*, o posteriormente con fotografías que se les tomaron con una cámara digital (SONY α 700 DSLR-A700PDT16-105mm de 12.2 mega pixeles). Asimismo se llevaron a cabo *inspecciones auditivas* en las mismas horas para la identificación de los anfibios adultos. Para ello, se grabaron los cantos de los machos con una grabadora (Song meter Model SM2 Wildlife Acoustics), posteriormente se analizaron y se identificaron por medio de ellos las especies. Por último, se realizaron *inspecciones de huevos y larvas* durante el día, solo para determinar presencia o ausencia. Se colectaron cinco ejemplares en fase larval y se llevaron a laboratorio, donde se mantuvieron en peceras, con el fin de que pasaran el periodo de metamorfosis e identificarlos a nivel de especie. Los juveniles metamorfoseados fueron regresados posteriormente al sitio.

Para cumplir el objetivo b) de la misma sección durante la temporada de lluvias del año 2012 semanalmente se tomaron datos de temperatura ambiental en el sitio con ayuda de una micro-estación meteorológica Kestrel K4000®. Asimismo, se midió la cantidad de agua que captó el aljibe y se realizaron inspecciones visuales y auditivas para adultos, para lo cual se siguió la misma metodología descrita en el apartado 5.3.1. Se contó el número de masas de huevos y se midieron y cuantificaron las larvas. Para medir a los renacuajos *in situ* se hizo mediante el uso de una pecera de 2cm x 5cm x 3cm de alto, a la cual se le colocó hoja milimétrica en una de las dimensiones de mayor tamaño, de manera que ésta fuera la parte posterior de la misma. Se colectaban los renacuajos con una red para peces, se introducían a dicha pecera y se les tomaban fotografías con la ayuda de una cámara digital (SONY α 700 DSLR-A700PDT16-105mm de 12.2 mega pixeles), con la cual se determinaba la medida de las larvas basándose en las medidas de la hoja milimétrica. Para la cuantificación se hicieron seis cuadrantes aleatorios de 30cm x 30cm dentro del aljibe, donde se contó el número total de

renacuajos dentro de éstos. También se registró la distancia de dispersión de los juveniles metamorfoseados y se describió el hábitat en el que se encontraron.

Se observó que las larvas se agrupaban en las horas en la que había mayor temperatura durante el día sobre la superficie de piedras sumergidas dentro del aljibe, lo cual sugirió que hacían esta conducta para termorregular. Para buscar evidencias de ello, se contó el número de renacuajos que se encontraban en la superficie de nueve piedras sumergidas dentro del aljibe. Debido a su forma y posición éstas formaban ángulos entre ellas y la superficie del agua de manera que presentaban áreas con aguas someras donde típicamente se podía observar a los renacuajos en grupos de individuos. Se registró la temperatura en dichas áreas con ayuda de sensores de temperatura (Hobo®Pendant). El conteo de renacuajos se realizó desde afuera del estanque artificial con la ayuda de unos binoculares “Eagle optics ®” de 12 X 50. El mismo se llevó a cabo en dos momentos, a medio día (de 12 pm a 2 pm) y en la tarde/noche (de 6 pm a 8 pm), en tres diferentes días. Dentro de cada periodo de tiempo de observación cada 15 minutos, se contó el número de renacuajos que estaba en cada piedra focal.

5.3.2 Monitoreo de aves



Para el objetivo c) en esta misma área de estudio se asignó un punto de monitoreo en medio de los dos aljibes con un radio de 25 metros. Se monitorearon a las aves de febrero del 2011 a febrero del 2012 cada 15 días, para lo cual se siguió la metodología explicada en la sección 5.2.3. Para el análisis se comparó la abundancia y riqueza absolutas y la diversidad de aves con el índice de Shannon-Wiener (Krebs 1985) cuando el aljibe contenía agua *vs* cuando estaba seco.

5.4 Cañada Grande (PNLM)

5.4.1 Muestreo de registro

Para cumplir el objetivo a) del apartado 4.1.3, durante febrero del 2011 a junio del 2012 se realizaron registros sistemáticos una vez por semana en los 16 registros. Para llevar a cabo el muestreo se realizó un transecto de 5.8 kilómetros que abarca la ubicación de todos los registros con agua en Cañada Grande (Ver A en Figura 9). Los límites altitudinales del transecto fueron desde los 2963 msnm (donde se encuentra ubicado el registro a menor

altitud), hasta los 3545 msnm (donde se encuentra ubicado el registro a mayor altitud). El recorrido del transecto en los muestreos sistemáticos consistió en registrar semanalmente aves ahogadas en cada uno de los registros con agua (Ver B en Figura 9). En ellos, se contó el número de aves encontradas y se identificaron a nivel de familia (debido a que algunas se encontraron en estado de descomposición). Los organismos que no se pudieron identificar a

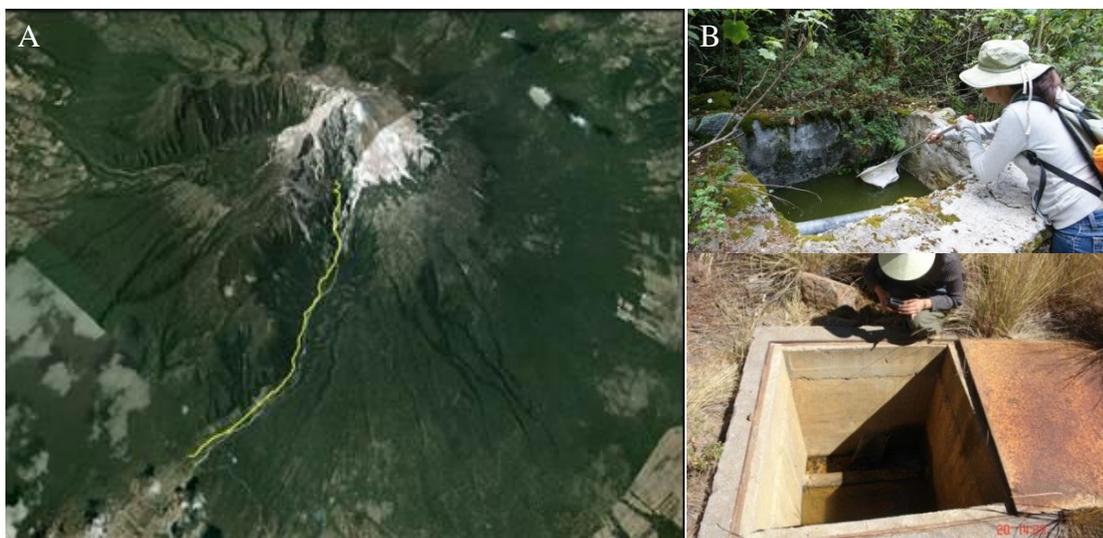


Figura 9. A) Se muestra el transecto de 5.8 km donde se muestreó en los 16 registros a lo largo de Cañada Grande. B) Se observa el muestreo de aves ahogadas en los registros de agua.

nivel de familia se clasificaron como individuos no identificados.

5.4.2 Gestión para la implementación del estanque artificial



Para cumplir el objetivo b) de la sección 4.1.3, se gestionó la implementación de estanques artificiales con dependencias municipales, estatales y federales, debido a que es un área natural protegida. El sitio donde se implementó el estanque artificial fue a los 3100 msnm en la Estación Científica La Malinche (ECLM), ubicada dentro de la zona de Cañada Grande. Esta área pertenece al municipio de Ixtenco, por lo tanto se solicitó permiso al cabildo del mismo municipio para llevar a cabo la implementación del estanque artificial en el área, así como la obtención de agua de su tubería para con ella abastecerlo. Asimismo, se gestionó con una dependencia estatal: Coordinación General de Ecología del Estado de Tlaxcala y una dependencia federal: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

5.4.3 Implementación de estanque artificial



5.4.3.1 Dimensiones del estanque artificial

Para la construcción del estanque artificial se siguieron las recomendaciones del “Manual para la Creación de Charcas para Anfibios” (Ortega-Guerrero 2007). Este tiene una longitud de 3.5 por 2.5 m de ancho. (Ver A en Figura 10). El mismo está constituido por tres niveles, el primer nivel (orilla del estanque) tiene una profundidad de 0-15 cm para facilitar el acceso y salida de los animales usuarios. El segundo nivel tiene una profundidad de 25 cm, y el tercer nivel (el centro del estanque) tiene una profundidad de 50 cm (Ver B en Figura 10). Se pueden observar dichos pasos también en A, B y C de la Figura 11.

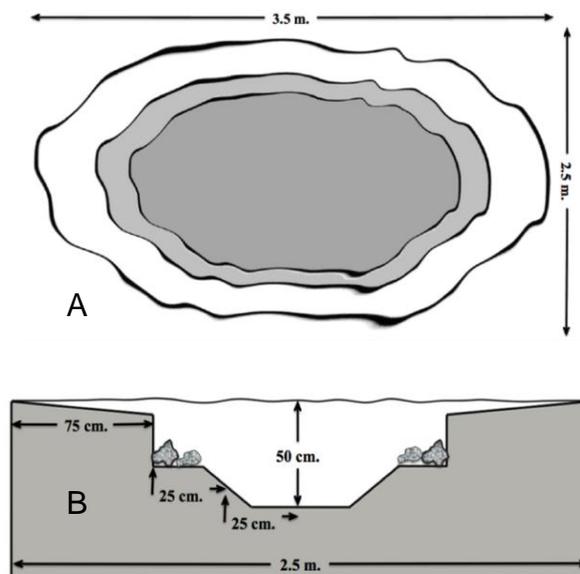


Figura10. A) Vista superior y dimensiones de los estanques. B) Corte transversal y dimension de profundidad.

5.4.3.2 Colocación de plástico impermeable



Una vez cavadas las tres profundidades del estanque se limpió el terreno de piedras y se colocó una capa delgada (5 cm) de arena que tiene la función de amortiguamiento. Posteriormente, para impedir la filtración de agua debido a las características permeables del suelo, se colocó un plástico especial para estanque. Para fijarlo, se hicieron zanjas de 30 cm de

profundidad en los extremos, en donde se introdujeron las orillas del plástico y posteriormente se enterraron. Una vez colocado se cubrió toda la superficie del mismo con una capa de tierra para que la vegetación proliferara y después se abasteció de agua. Se pueden observar los pasos que explica este apartado en D, E, y F de la Figura 11.



Figura 11. A) Limpieza y medición del terreno. B) Nivelación del terreno. C) Muestran las tres profundidades. D) Muestran las zanjas de 30 cm a los extremos donde se enterró el plástico. E) Cubrimiento de tierra. F) Abastecimiento de agua.

5.4.3.3 Ambientación del estanque artificial



Para ambientar el estanque artificial se colocó vegetación nativa de cuerpos de agua cercanos al volcán La Malinche en masetas. Estas fueron colocadas en el segundo y tercer nivel más profundo del estanque (Figura 12). Asimismo, se sumergieron piedras en las tres diferentes profundidades que sobrepasan el nivel del agua, de manera que quedaran en forma de islas, las cuales podrían servir como sitios de descanso o percha para algunos animales.



Figura 12. Se puede observar las masetas colocadas en el segundo y tercer nivel dentro del estanque artificial

5.4.3.4 Llenado del estanque artificial



El abastecimiento de agua al estanque artificial se realizó cada semana. El agua que abastece al estanque es la misma que ha sido entubada por los locales. La forma de llenado es por medio de una manguera ensamblada a uno de los registros con agua por donde pasa el tubo principal, que coincide con la ubicación del estanque artificial.

5.4.3.5 Registro de fauna silvestre

El registro de invertebrados acuáticos se realizó durante noviembre del 2011 a febrero del 2012. Semanalmente se contaron e identificaron a nivel de familia los diferentes individuos detectados visualmente dentro del estanque artificial. La identificación se hizo mediante fotografías de los individuos con ayuda de una cámara digital (SONY α 700 DSLR-A700PDT16-105 mm de 12.2 mega pixeles). El registro e identificación de aves y mamíferos silvestres usuarios del estanque se realizó cada semana. Para ello, se utilizó la misma cámara digital y dos cámaras de fototrampeo. Una de ellas es una cámara BUSHNELL TROPHY CAM®. La otra, una cámara de foto trampeo Recon®. Estas se ubicaron en la parte este del estanque artificial a un metro de distancia. La separación entre cada una de ellas fue de 1.5 metros (Figura 13). Ambas cámaras se mantuvieron ubicadas de esa manera durante

noviembre de 2011 a abril del 2012. Las fotografías se descargaron semanalmente para identificar los individuos que visitaron el estanque.



Figura 13. Se muestra la ubicación de las cámaras fototrampas en estanque artificial

5.4.4 Monitoreos de aves



Para cumplir el objetivo c) de la sección 4.1.3 se realizaron dos transectos a lo largo del gradiente altitudinal, cada uno de ellos con una longitud de 1.5 km. De manera que ambos sirvieran como sitios controles antes de la implementación de los estanques artificiales. El transecto de Cañada Grande se ubicó desde 2963 m hasta los 3100 m de altura. Este transecto coincide con la ubicación del tubo de agua del municipio de Ixtenco, y el punto de mayor altura es donde se implementó el estanque artificial anteriormente mencionado. Por lo tanto, el mismo transecto es donde se pretenden implementar los demás estanques artificiales. Los datos obtenidos de este monitoreo servirán como una referencia de las abundancias, riqueza y diversidad de aves antes de la implementación de los estanques. El transecto control se realizó de manera paralela al primero, ubicado a una altura de 2962 m hasta 3190 m. La separación entre ambos transectos varió desde los 1.4 km (parte más baja en el gradiente altitudinal) hasta 0.8 km en la parte mas alta. Con ayuda de un sistema de posicionamiento geográfico (Garmin, Oregon 500®) se asignaron cinco puntos fijos de monitoreo de aves dentro de cada transecto con una distancia de 250 metros entre ellos y en cada uno se estableció un radio de monitoreo

de 25m (Ralph y cols. 1996). La Figura 14 muestra la ubicación de ambos transectos en al área de estudio. Para el monitoreo de las aves se siguió la misma metodología de la sección 5.2.3.

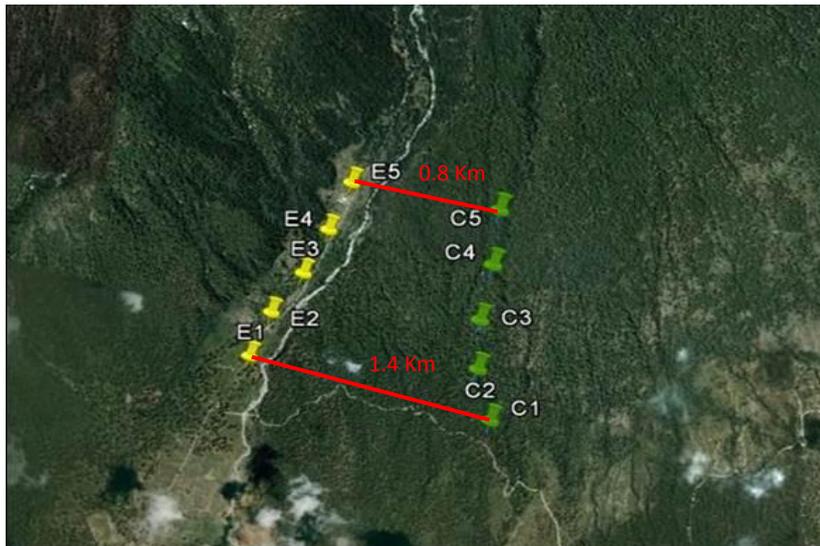


Figura 14. Transectos de monitoreo de aves. Los puntos en amarillo indican el transecto en Cañada Grande donde se pretende construir los estanques artificiales, el punto E5 es el punto en el que se implementó el primer estanque artificial. Los puntos en verde muestran el transecto control

6. RESULTADOS

6.1 Tierra Verde, Atlangatepec



En el 2011, de las ocho zanjas de ladera solo seis captaron agua. De manera general, las zanjas tuvieron agua desde julio hasta diciembre. El hidroperiodo (periodo de inundación del estanque; Zacharias y cols. 2007) de tres zanjas duró hasta noviembre, de otras dos duró hasta la primera semana de diciembre y de una hasta la segunda semana del mismo mes (Tabla 1). El mes en que la capa de agua de las zanjas tuvo mayor profundidad fue en septiembre. En la Tabla 1 se muestran las principales características de hidroperiodo de cada una de las zanjas.

La fauna silvestre que se registró haciendo uso éstas fue: pulga de agua, insectos acuáticos, anfibios (anuros), una especie de culebra de agua (*Thamnophis eques*) y aves. En los apartados siguientes se describe la fauna registrada. No se siguió metodología para buscar fauna microscópica.

Zanja	Fecha de hidroperiodo Año 2011		Duración de inundación (días)	No. de barridos por c/10 m de zanja	Profundidad (cm) promedio	* Longitud (m) de inundación en la zanja	Especies de anfibios	Órdenes de insectos acuáticos
	Inicio	Fin						
1	12-Julio	07-Diciembre	138	17	33.9	<40	2	5
2	03-Agosto	08-Noviembre	128	10	23.5	<20	1	5
3	26-Julio	15-Diciembre	143	29	28.5	<50	1	5
4	26-Julio	29-Noviembre	127	20	27.6	<40	1	5
5	26-Julio	8-Noviembre	106	20	34.1	<40	1	5
6	03-Agosto	07-Diciembre	128	18	44.4	<40	2	3

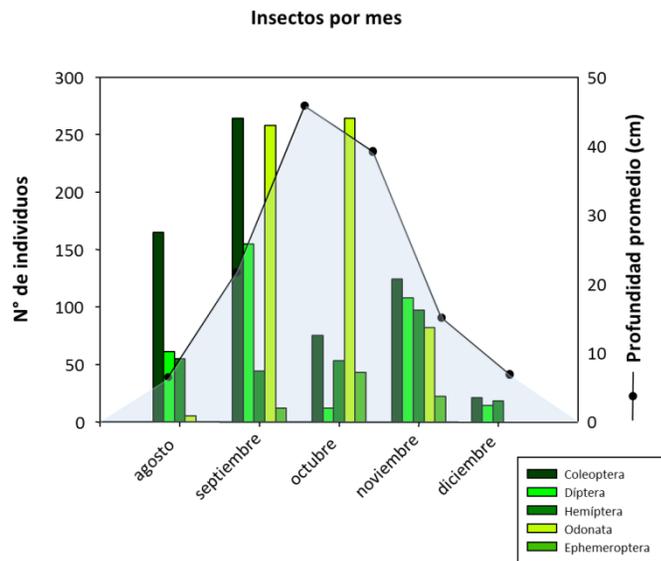
Tabla 1. Se muestran las características de captación de agua por zanja de ladera. *La longitud de inundación no se midió, para los datos mostrados en la tabla se basó en el número de barridos que se realizaron en cada una de ellas.

6.1.1 Insectos acuáticos

En las seis zanjas se encontraron insectos acuáticos representando cinco órdenes: Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Odonata y Ephemeroptera. Los órdenes que tuvieron un mayor número de individuos en el mes de septiembre fueron Coleoptera y Odonata (Gráfica 1). La diversidad con el índice de Shannon-Wiener por cada una de las zanjas de ladera se muestra en la Tabla 2.

Zanja de ladera	Índice de Shannon-Wiener
1	1.296
2	0.9529
3	0.8618
4	1.403
5	1.309
6	0.7765

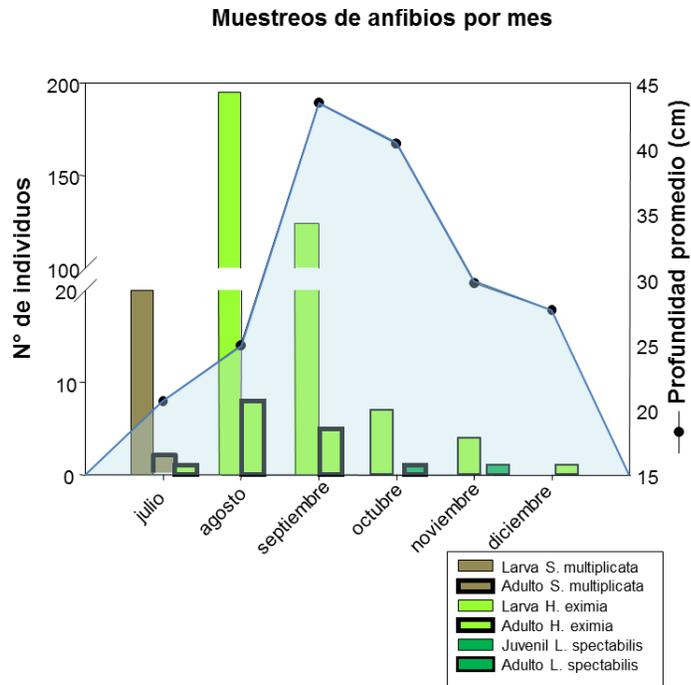
Tabla 2. Resultados del índice de diversidad del total de insectos acuáticos en cada una de las zanjas de ladera



Gráfica 1. Se muestra los cinco órdenes de insectos acuáticos encontrados en las zanjas de ladera

6.1.2 Anfibios

Se encontró un total de tres especies de anfibios (*Spea multiplicata*, *Hyla eximia* y *Lithobates spectabilis*) haciendo uso de las zanjas de ladera. Se encontró a adultos y larvas de *Spea multiplicata* solo en el mes de julio, en una sola zanja de ladera (en la primera que se empezó acumular agua). Los adultos de *Hyla eximia* estuvieron presentes en agosto y septiembre. El crecimiento larvario en ésta especie duró desde agosto hasta septiembre, surgiendo los primeros juveniles metamorfoseados a finales de este último mes. Algunos juveniles metamorfoseados estuvieron presentes hasta diciembre en las zanjas de ladera que aún tenían agua. No se encontraron larvas de *Lithobates spectabilis* en las zanjas de ladera. Los registros que se hicieron de esta especie, 1 individuo adulto y 1 juvenil metamorfoseado, se encontraron en el mes de octubre y noviembre, respectivamente, en una misma zanja de ladera (Gráfica 2).



Gráfica 2. Se muestra las tres especies de anfibios encontrados en las zanjas de ladera, en estado larval y adulto. Solo se incluye un juvenil metamorfoseado de *L. spectabilis* debido a que no se encontraron larvas de esta especie.

6.1.3 Aves



Se observó a *Porzana carolina* en tres ocasiones dentro de las zanjas de ladera. No obstante, no se incluyó dentro de los resultados de los monitoreos porque los registros se hicieron fuera del tiempo y de los puntos de monitoreo.

La riqueza de especies fue mayor cuando no hubo presencia de agua en las zanjas de ladera en comparación de cuando había disponibilidad de agua en ellas. La abundancia absoluta de aves fue mayor cuando hubo disponibilidad de agua en las zanjas comparando cuando estuvieron secas. Los resultados del índice de Shannon-Wiener indican una diversidad de 2.275 cuando el sitio tenía disponibilidad de agua y 2.572 cuando el sitio no tenía disponibilidad de agua (Tabla 3). Con el índice de Morisita-Horn se muestra un 32.4% de similitud entre el punto condisonibilidad de agua y sin disponibilidad de agua en las zanjas de ladera. El Anexo I muestra la lista de especies registradas en el área de estudio.

Zanjas de ladera	Riqueza	Abundancia	Índice Shannon- Wiener	Similitud (Índice Morisita-Horn)
Con disponibilidad de agua	19 especies	501 individuos	2.275	32.4%
Sin disponibilidad de agua	23 especies	394 individuos	2.572	

Tabla 3. Resultados de monitoreos de aves en el total de cinco puntos en Tierra Verde, Atlangatepec

6.2 Ex-hacienda San Cristóbal (PNLM)

6.2.1 Anfibios



En el año 2011 se visitó el lugar el 25 de junio y el estanque artificial aún no tenía agua, a finales de este mes hubo una tormenta tropical, de manera que en la próxima visita el 9 de julio el estanque ya había captado 8.7 cm de agua en promedio. Esta misma fecha se encontró una población de rana, donde individuos adultos se estaban reproduciendo, también se observó la presencia de masas de huevos, donde la profundidad de la capa de agua tenía 4 cm. La especie se identificó por medio de las grabaciones de cantos de machos como *Hyla plicata*. Esta especie es endémica de México (Aguilar-Miguel 2005) y además, se encuentra bajo la

categoría de especie amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). Dicha población tuvo una reproducción exitosa en el estanque artificial al presentar una metamorfosis de larvas completa.

Con la información obtenida durante la temporada de lluvias del 2011 y 2012, se pudieron determinar las siguientes características de su fenología reproductiva. El periodo reproductivo de *Hyla plicata* duró desde principios de julio hasta finales de octubre. Durante las primeras tres semanas de julio los machos emitieron cantos durante el día y la noche y al mismo tiempo se registraron amplexos. Los huevos duraron aproximadamente de una a dos semanas en eclosionar. Las primeras larvas aparecieron a mediados del mes de julio y el crecimiento larval tuvo una duración aproximada de 35 días. Las mismas llegaron a medir hasta 4 cm de largo. El proceso de metamorfosis, desarrollo de las patas y reabsorción de la cauda, duró alrededor de diez días surgiendo los primeros juveniles metamorfoseados a finales del mes de agosto y principios del mes de septiembre. El tiempo total que transcurrió desde que hubo las primeras masas de huevos hasta que surgieron los primeros juveniles metamorfoseados fue de 60 días. Se observó que éstos salían del estanque artificial a las horas crepusculares y se dispersaron a una distancia mayor de 50 m hasta las tierras de cultivo.

Durante la temporada de lluvias del año 2012 la profundidad promedio de agua que captó el estanque artificial fue de 17.3 cm. La temperatura promedio del agua a medio día (12:00–2:00) fue de 21.8 °C, mientras que en la tarde/noche (6:00–8:00) fue de 19.6 °C. La temperatura promedio ambiental a medio día fue de 27.2 °C, mientras que en la tarde/noche fue de 16.4 °C.

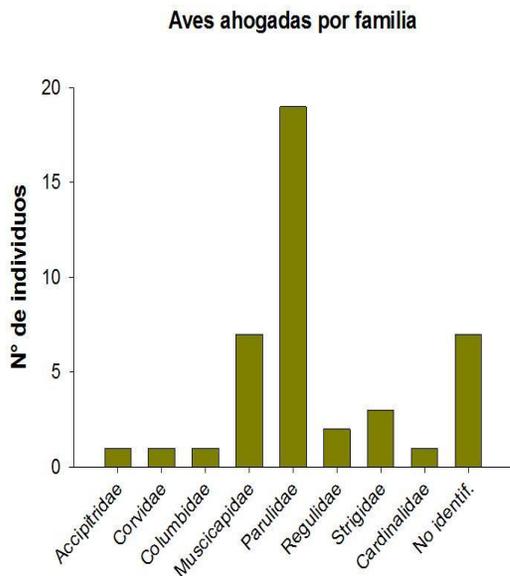
El número total de renacuajos observados en las aguas someras sobre las piedras, fue significativamente mayor a medio día que en la tarde/noche ($p=0.009$; Gráfica 3). El número de renacuajos fluctuó en función de la temperatura del agua, a mayor temperatura en las aguas someras, mayor número de renacuajos ($p=0.003$; Gráfica 4)

6.3 Cañada Grande (PNLM)

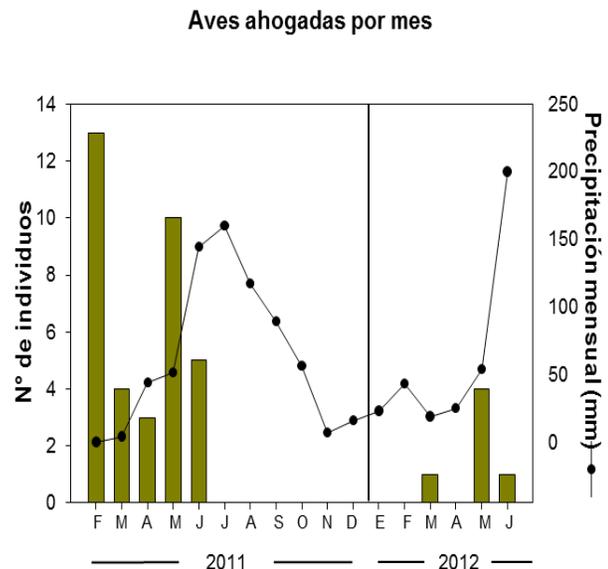
6.3.1 Muestreo de registros



Se encontró un total de 45 aves pertenecientes a ocho familias (Parulidae, Muscicapidae, Regulidae, Strigidae, Accipitridae, Corvidae, Cardelinidae y Columbidae) y ocho individuos no identificados (Gráfica 5). Un caso notable fue que se encontró a una hembra de gavilán de Cooper (*Accipiter cooperi*) en el registro ubicado a una altura de 3 274 msnm. Esta especie está incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de protección especial (SEMARNAT 2010). Se registraron aves ahogadas en los meses de febrero, marzo, abril, mayo y junio del año 2011, y en marzo, mayo y junio del año 2012. Los meses en que se encontró un mayor número de aves ahogadas fueron febrero y mayo del 2011, donde el primero coincide con la precipitación más baja (0 mm; Gráfica 6).



Gráfica 5. Se muestra las ocho familias de las que se encontraron aves ahogadas



Gráfica 6. Aves ahogadas por mes y precipitación por mes

6.3.2 Gestión de implementación de estanque artificial

La gestión para llevar a cabo la implementación de estanques artificiales se inició en el mes de octubre de 2010. En agosto del 2011 el cabildo del municipio de Ixtenco otorgó un permiso para la construcción de 12 estanques artificiales dentro de Cañada Grande. En el mismo, aprueban la utilización del agua de su tubería para abastecerlos, con la finalidad de conservar a la fauna silvestre de la región (Ver Anexo III). Asimismo, se autorizó el permiso de la implementación de estanques artificiales por parte de la Coordinación General de Ecología mientras que SEMARNAT, antes de dar el permiso, solicitó un estudio de cambio y uso de suelo, el cual se encuentra en trámite (Ver Anexo IV).



6.3.2.1 Implementación de estanque artificial y descripción de fauna silvestre

La implementación del estanque artificial se terminó a finales de septiembre del 2011. A partir de noviembre de ese año se tuvieron los primeros registros de la fauna silvestre usuaria del mismo. Se registraron cinco familias de insectos acuáticos en el estanque artificial (Notonectidae, Hydrophilidae, Dysticidae, Culicidae y Gerridae). Además, se registró pulga de agua (*Daphnia sp.*). Con respecto a aves, un total de 16 especies visitaron el estanque artificial (Tabla 5). Estas aves fueron registradas desde noviembre de 2011 a junio de 2012 por medio de monitoreos y registradas por las cámaras fototrampa. *Carduelis pinus* fue el más recurrente con 30 visitas (34%), *Junco phaeotus* en segundo lugar con 14 visitas (15.9%), seguido de *Carpodacus mexicanus* con 7 visitas (7.9%). Las aves utilizaron el estanque artificial para beber agua y bañarse. Las cámaras fototrampa también registraron a conejo montés (*Silvilagus cunicularius*) haciendo uso del estanque artificial (bebiendo agua; Figura 15), los meses en que hizo uso de éste fue de diciembre de 2011 a abril de 2012, en la Gráfica 7 se muestra el número de visitas por mes.

Especie	visitas
<i>Cardellina rubra</i>	2
<i>Cardellina pusila</i>	1
<i>Carduelis pinus</i>	30
<i>Carduelis psaltria</i>	4
<i>Carpodacus mexicanus</i>	7
<i>Eugenes fulgens</i>	1
<i>Hylocharis leucotis</i>	2
<i>Junco phaenotus</i>	14
<i>Loxia curvirostre</i>	3
<i>Myioborus miniatus</i>	2
<i>Myioborus pictus</i>	1
<i>Oreothlypis celata</i>	2
<i>Oriturus superciliosus</i>	5
<i>Pipilo maculatus</i>	2
<i>Zenaida asiatica</i>	1
Sp no identificada (Ticolote)	1
= 16 Especies = 88 visitas	

Tabla 5. Se muestra el total de especies de aves que hicieron uso del estanque artificial así como el número de visitas por especie

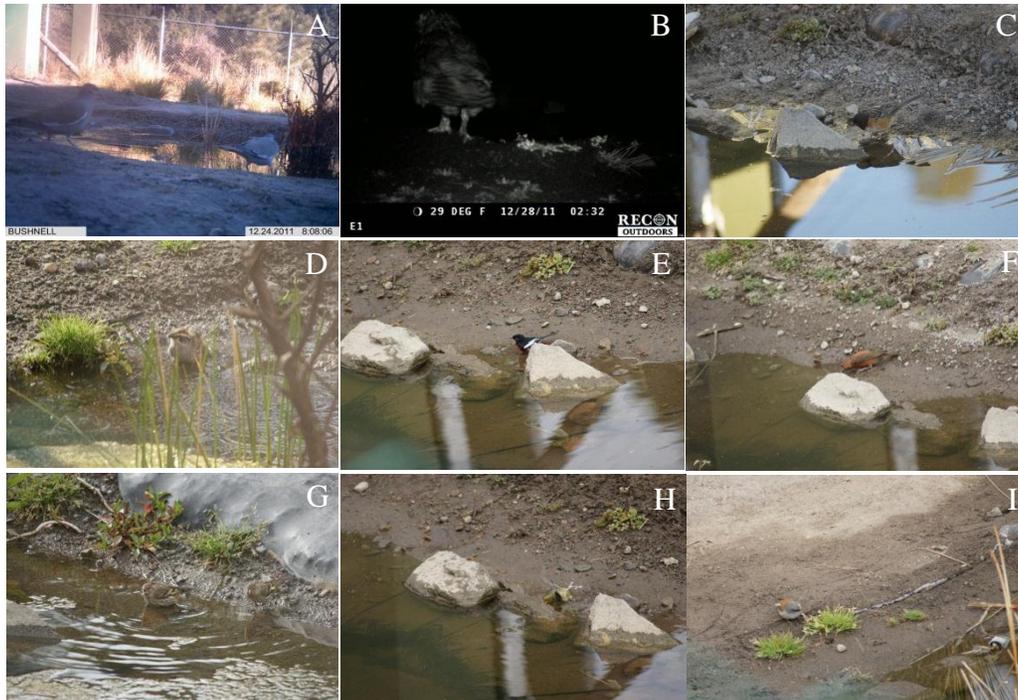
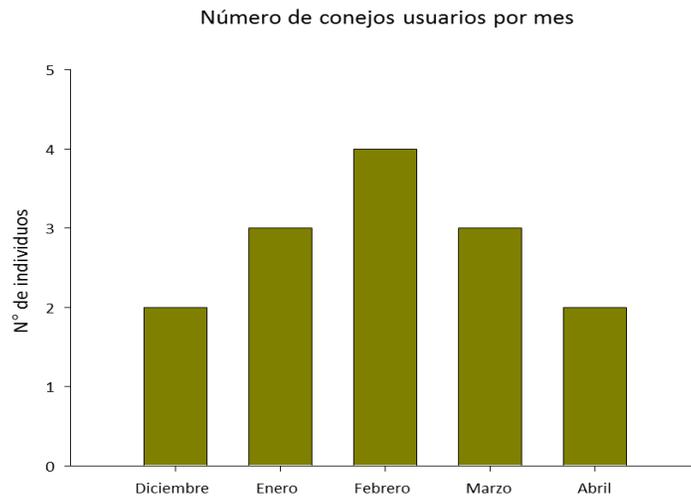


Figura 15. Se puede observar a algunas aves haciendo uso del estanque artificial. A) *Zenaida asiática*, B) Ticolote, C) *Pipilo maculatus*, D) *Oriturus superciliosus*, E) *Myioborus pictus*, F) *Loxia curvirostre*, G) *Carduelis pinus*, H) *Oreothlypis celata*, I) *Junco phaenotus*



Figura 16. Conejo montés (*Silvilagus cunicularius*) bebiendo agua en el estanque artificial



Gráfica 7. Número de visitas de conejo montés a estanque artificial

6.3.3 Monitoreo de aves



Durante febrero del 2011 a febrero del 2012 se observó un total de 944 aves en ambos transectos. La riqueza y abundancia absoluta de aves fue mayor en el transecto de Cañada Grande en comparación con el transecto control. Los resultados del índice de Shannon-Wiener indican una diversidad de 2.786 para el transecto de Cañada Grande y 2.925 para el transecto control (Tabla 6). Con el índice de Morisita-Horn se muestra un 19.8% de similitud entre ambos transectos. Haciendo una comparación de los resultados del punto donde se implementó el estanque artificial con él mismo (Punto E5 de la Figura 14), antes y después de tal implementación, los resultados indican una mayor riqueza, abundancia absoluta y diversidad de aves en el punto cuando ya había estanque artificial *vs* cuando no había estanque artificial en el mismo sitio (Tabla 7). Asimismo, comparando los resultados del punto donde se implementó el estanque artificial *vs* su punto control (E5 *vs* C5; Figura 14), los resultados indican una mayor riqueza, abundancia absoluta y diversidad de aves en el sitio con estanque artificial (Tabla 8). En el Anexo V se muestra el total de especies registradas para ambos transectos en el área de estudio.

Transecto	Riqueza	Abundancia	Índice Shannon-Wiener	Similitud (Índice Morisita-Horn)
Cañada Grande	42 especies	501 individuos	2.786	19.8%
Control	37 especies	443 individuos	2.925	

Tabla 6. Resultado de total de monitoreos por transecto (cinco puntos) en PNLM

Punto	Riqueza	Abundancia	Índice Shannon-Wiener	Similitud (Índice Morisita-Horn)
Con estanque artificial	16 especies	136 individuos	2.108	47 %
Sin estanque artificial	11 especies	96 individuos	1.669	

Tabla 7. Resultado de monitoreo de aves en un mismo punto. Antes de la implementación de estanque artificial (control) vs el mismo punto después de la implementación de estanque artificial

Punto	Riqueza	Abundancia	Índice Shannon-Wiener	Similitud (Índice Morisita-Horn)
Con estanque artificial	16 especies	124 individuos	2.017	0.04%
Control	12 especies	94 individuos	1.731	

Tabla 8. Resultado de monitoreo de aves en punto con estanque artificial implementado vs punto control (independiente)



Figura 17. A) Indica como estaba diseñado el registro de agua antes de la construcción de casetas, B) Muestra donde se iba a construir la caseta, y C) Se puede observar el diseño de las casetas en Cañada Grande

7. DISCUSIÓN

7.1 Tierra Verde Atlangatepec

7.1.1 Insectos acuáticos



Las zanjas de ladera temporales de Tierra Verde Atlangatepec mostraron una diversidad de órdenes de insectos acuáticos similar a la de estanques artificiales para uso agrícola en otras partes del mundo (Markwell y Fellows 2008). De los organismos acuáticos o semiacuáticos encontrados en las zanjas de ladera, los insectos fueron los más frecuentes. Esta observación coincide con Boix y cols. (2001), Zacharias y cols. (2007), quienes afirman que los insectos acuáticos son el grupo de organismos más abundante en los estanques temporales. En los resultados se muestra que las zanjas de ladera fueron sitios de reproducción eficientes para insectos acuáticos (principalmente del orden Odonata y Coleoptera), debido al hallazgo de individuos en cada etapa de desarrollo. Se registraron cinco órdenes de insectos: Odonata, Coleoptera, Hemiptera, Diptera y Ephemeroptera, de éstos, los primeros cuatro también colonizaron represas agrícolas en Australia y su presencia estuvo relacionada con características físico-químicas del agua como pH, oxígeno disuelto y temperatura (Markwell y Fellows. 2008). Brainwood y Burgin (2006), afirman que los estanques que se llenan temporalmente sostienen organismos acuáticos dependiendo de la calidad del agua. Por ejemplo, los cambios en la concentración de pH y oxígeno disuelto afecta a los huevos y larvas de la mayoría de las especies de odonatos, ya que son muy sensibles a estos cambios químicos del agua (Sánchez y cols. 2009). Aunque en nuestro estudio no se hayan determinado características físico-químicas del agua, la variedad de insectos acuáticos que se encontró, en su mayoría fueron odonatos, lo que indica que el agua de las zanjas de ladera presenta las características idóneas para soportar biota acuática. Una razón importante es porque los propietarios del sitio no utilizan fertilizantes químicos como pesticidas o herbicidas, los cuales podrían perjudicar a la biodiversidad que se beneficia de las zanjas de ladera al llegar al cuerpo de agua por medio de la escorrentía (Sánchez y cols. 2009).

No todas las zanjas contuvieron la misma diversidad de insectos. La zanja cuatro (ver tabla 1), de acuerdo al índice de Shannon-Wiener, mostró una mayor diversidad de insectos acuáticos (1.403) en comparación con las demás. Esto puede deberse a que esta zanja retuvo

agua por un periodo más prolongado, debido a su ubicación particular (parte más baja en una zona superficial más amplia, que permitía mayor escorrentía) y a su mayor captación de agua de manera longitudinal (ver Tabla 1). Las diferencias en hidroperiodo observado entre las zanjas pueden explicarse por factores como la permeabilidad de los sustratos y la pendiente, que son los que determinan la cantidad de agua que llega a los estanques a través de la escorrentía superficial y las aguas subterráneas (Zacharias y cols. 2007). De la misma manera, los resultados muestran que en todas las zanjas los órdenes Odonata y Coleoptera fueron los más frecuentes (Gráfica 1). Esta abundancia puede deberse a que, el primer grupo, se trata de los insectos acuáticos que tienen una mayor dependencia a estos cuerpos de agua (Oertli y cols. 2002, Raebel y cols. 2010), al estar muy bien adaptados a este tipo de aguas estancadas (Sánchez y cols. 2009). Del segundo, porque este orden es el que abarca mayor variedad de insectos acuáticos (a nivel de familia) en comparación con los demás, lo cual puede verse reflejado al comparar el total de órdenes de insectos acuáticos encontrados (Merritt y cols. 2008). Se pudo notar que los insectos acuáticos poblaron rápidamente las zanjas de ladera una vez que empezaron a captar agua (cuando se registró agua en las zanjas, ya había insectos acuáticos en ellas). Esta alta tasa de colonización es particular en este tipo de estanques que se llenan temporalmente (Zacharias y cols. 2007). El mayor número de insectos acuáticos se registró en los meses de septiembre y octubre (Gráfica 1). Esto coincide con la mayor cantidad de agua captada en las zanjas de ladera (45.82 cm y 39.19 cm, respectivamente; promedio de profundidad de agua total de las zanjas en estos meses). Aunque todas las zanjas de ladera todavía tenían agua en noviembre (15.1 cm; promedio de profundidad de agua de todas zanjas), pudo observarse que la cantidad de insectos acuáticos disminuyó. Esta disminución se debe a la desecación del cuerpo de agua temporal (Zacharias y cols. 2007).

7.1.2 Anfibios

De las tres especies de anfibios encontrados en las zanjas de ladera, solo el sapo de espuelas (*Spea multiplicata*) terminó su ciclo reproductivo a finales del mes de julio, y de esta manera hizo uso de la primer zanja que captó agua. Tal rapidez en su periodo reproductivo puede explicarse porque esta especie es oportunista, y aprovecha las primeras charcas efímeras de la temporada de lluvias para reproducirse, así, debe tener un rápido crecimiento/desarrollo

larvario que le garantice completar la metamorfosis antes de que se seque el cuerpo de agua (Arendt 2009, Brausch y cols. 2010), pues se ha descrito que estas charcas solo duran de 2 a 4 semanas (Arendt 2009). Otra explicación es que tal rapidez de su desarrollo larvario sea una estrategia antidepredatoria (Arendt 2009). Se sabe que en algunas especies de anfibios la eclosión de los huevos, ocurre en menor tiempo como respuesta al riesgo de depredación (Enríquez 2010). Es probable por lo tanto que esta especie presente esta estrategia ante depredadores potenciales que colonizan más tardíamente el cuerpo de agua, como escarabajos buceadores, culebras y chinches (Arendt 2009). Lo anterior, coincide con nuestros resultados, ya que no hubo presencia de escarabajos buceadores ni chinches acuáticas en las primeras dos semanas del mes de julio, y los registros de la culebra de agua (*Thamnophis eques*) se hicieron hasta finales del mes de agosto y en el mes de septiembre.

Nuestros resultados indicaron que las zanjas de ladera albergaron a dos especies endémicas de anfibios, *Hyla eximia* (Ramírez 2008) y *Lithobates spectabilis* (Santos-Barrera y Flores-Villela 2004, Ramírez 2008). Con estos resultados se concuerda con varios estudios (Williams y cols. 2003, Yoshimura y Okoshi 2005, Ortega-Guerrero 2007, EPCN 2008, Markwell y cols. 2008) en que los estanques artificiales tienen una función importante en el mantenimiento de la fauna endémica en sitios donde se presenta escasez de cuerpos de agua naturales. *Hyla eximia* se reprodujo en la mayoría de las zanjas de ladera (cinco de ocho), pero con mayor abundancia en la zanja cuatro (Tabla 1; zanja con mayor hidropereodo), probablemente porque con este mayor tiempo de inundación, y al presentar una metamorfosis más prolongada que *Spea multiplicata*, la especie podría tener una mayor supervivencia de su descendencia al asegurar la metamorfosis completa de los renacuajos. Aunque los resultados indican que la Rana *spectabilis* (*Lithobates spectabilis*) no se reprodujo en las zanjas de ladera (debido a que no se encontraron larvas o adultos en los meses de reproducción a lo largo de los muestreos), ésta sí hizo uso de las mismas en los meses posteriores a su reproducción. Esta es una evidencia de que las zanjas de ladera son sitios importantes como reservorios de agua para la especie, ya que deben funcionar como sitios de dispersión o beneficiarse de estas como sitios de alimentación, para pasar el fin de la temporada de lluvias mientras se aproxima el invierno. Además, con los resultados no se puede concluir que las zanjas de ladera no sean

sitios de reproducción para la especie, ya que solo se monitoreó una temporada de lluvias y se desconoce si en los años anteriores o posteriores se hayan reproducido en ellas.

Evidentemente *Spea multiplicata* e *Hyla eximia* se reprodujeron exitosamente en las zanjas de ladera. Una de las razones es porque las condiciones del agua en éstas fueron idóneas para la reproducción de dichas especies. Aunque en este estudio no se midieron características físicas en las zanjas, Knutson y cols. 2004. Lehtinen y Galatowitsch 2001, Gustafson y cols. 2009, afirman que características físicas tales como vegetación, características físico-químicas de agua, y depredadores exóticos de los estanques, están relacionadas positiva o negativamente con la riqueza y abundancia de anfibios. Los resultados indican que estas características fueron apropiadas en las zanjas de ladera porque no hubo evidencia de depredadores exóticos en ellas que pudieran perjudicar a las especies. Asimismo, se puede afirmar que las características físico-químicas del agua en las zanjas fueron idóneas porque no se encontraron malformaciones en juveniles metamorfoseados de dichas especies. Esto puede atribuirse a que no se utilizaron fertilizantes químicos para la actividad agrícola en el sitio, ya que se sabe que numerosos compuestos orgánicos e inorgánicos que son vertidos al ambiente para fin agrícola, por ejemplo, los metales pesados, repercuten en la supervivencia, crecimiento y metamorfosis de algunas especies de anfibios (Enríquez 2010) provocando malformaciones (Barragán-Ramírez y Navarrete-Heredia 2011). Esta susceptibilidad a la contaminación se debe a que poseen una piel muy delicada y permeable que les hace muy vulnerables a cualquier sustancia disuelta en el agua, o en la tierra en el caso de los adultos, por ello, son uno de los mejores indicadores biológicos de la salud local y global del planeta (Ortega-Gurrero 2007). De esta manera, es muy significativo que en Tierra Verde utilicen fertilizante natural para el crecimiento de cultivos, por lo tanto esta práctica debería continuar, ya que se demuestra que beneficia a una parte importante del desarrollo/crecimiento de estas especies. Además, por todo esto, es importante que se mantenga el uso tradicional de captación de agua mediante zanjas de ladera, ya que con el uso adecuado de éstas, se garantiza un hábitat viable para que se lleve a cabo una parte fundamental del ciclo de vida de los anfibios.

7.1.3 Aves

Contrario a lo que se esperaba, hubo una mayor riqueza cuando no hubo disponibilidad de agua en las zanjas (Tabla 3). Eso pudo deberse a que las comparaciones de los muestreos incluyen datos de cinco meses cuando las zanjas tuvieron agua vs siete meses cuando estuvieron secas. Al parecer las especies que hicieron la diferencia en dicha riqueza fueron tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*), tortolita rojiza (*Columbina inca*), paloma huilota (*Zenaida macroura*) y verdugo (*Lanius ludovicianus*). Debe tomarse en cuenta, que además de las zanjas de ladera, en el sitio también hay dos jagüeyes (uno de ellos siempre tuvo agua y el otro tuvo agua por varios meses en la temporada de secas). Así, se pudo observar que las dos especies de palomas (*Columbina inca* y *Zenaida macroura*) y el tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) fueron registradas durante todo el año en puntos que no coincidían con la ubicación de zanja de ladera, sino en puntos que abarcaban una parte de estos jagüeyes. Incluso, se registraron en la orilla o en la vegetación que se encuentra dentro de uno de ellos beneficiándose del mismo.

Con respecto a la abundancia, los resultados muestran que fue mayor cuando las zanjas de ladera tuvieron agua. Esto podría explicarse porque en la temporada de lluvias, hubo más alimento en cultivo y vegetación natural en los bordes de éstas y se observaron parvadas de aves forrajeando, como golondrina ranchera (*Hirundo rustica*) y dominico dorsioscuro (*Carduelis psaltria*), de esta manera, estas especies podrían haber aprovechado el recurso de alimento que se encuentra solo en esos meses, brindado por tales cultivos y la vegetación que prolifera por las lluvias. Así, una de las causas de estos cambios en la abundancia de las aves de unos meses a otros, posiblemente se deba a sus hábitos de alimentación oportunistas (Amador y cols. 2006).

Aunque no se hayan incluido en los resultados, deben destacarse las observaciones que se hicieron de polluela sora (*Porzana Carolina*) utilizando las zanjas de ladera (ver sección 6.1.3), debido a que es una especie migratoria (<http://avesmx.conabio.gob.mx/verave?ave=338>). Si bien, también fue registrada en varias ocasiones haciendo uso de los jagüeyes, éstos también son artificiales, por lo tanto, con este hallazgo, se concuerda con (Rosenstock y cols. 1999) en que los estanques artificiales juegan

un papel muy importante al funcionar como verdaderos oasis para las especies migratorias en sitios donde se presenta escasez de cuerpos de agua naturales.

Respecto a este grupo, es difícil concluir que la presencia de agua en las zanjas beneficia directamente a las aves, sin embargo, en base a los antecedentes (ver apartado 2) está probado que estas especies sí utilizan los estanques artificiales en regiones áridas (Rosenstock y cols. 1999, Rosenstock y cols 2004, Mascara 2011) o donde la mayoría de las tierras son utilizadas para propósito agrícola (Mascara 2011).

7.2 Ex-hacienda San Cristóbal (PNLM)

7.2.1 Anfibios



Los resultados indican que el estanque artificial fue usado como sitio de reproducción por una población de una rana (*Hyla plicata*), endémica (Aguilar-Miguel 2005) y bajo categoría de amenaza en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). Este hallazgo coincide con (Wood 2003, Céréghino y cols. 2008, EPCN 2008), al sostener que los estanques artificiales son esenciales en el mantenimiento de especies raras o en peligro de extinción.

El mismo parece estar aislado de otros cuerpos de agua, debido a que está completamente rodeado de tierras de cultivo (Ver Figura 5), y pudiera tener la apariencia de ser poco importante por tal aislamiento y por su tamaño pequeño (EPCN 2008). Sin embargo, se ha afirmado en otras investigaciones (EPCN 2008) y de igual manera en estos resultados, que estos estanques artificiales son muy importantes al actuar como sitio de reproducción y refugio para organismos terrestres y acuáticos, por estar en paisajes con escasez de cuerpos de agua debido a la intensa agricultura (EPCN 2008), como es el caso en la Ex-hacienda San Cristóbal al estar totalmente rodeada de tierras donde se lleva a cabo agricultura de temporal. Asimismo, lo que lo hace importante, es que el sitio está ubicado a las faldas del volcán La Malinche (ver sección 5.1.2; Figura 6), donde hasta la fecha no hay registros de la especie. Una razón podría ser que al no haber cuerpos de agua naturales en el PNLM, la especie haya migrado a sitios que le provean cuerpos de agua donde reproducirse.

Por la forma en que está diseñado el estanque artificial (hundido en el suelo) y por tener 2.5 m de profundidad, se pensaría que el mismo pudiera actuar como una trampa ecológica para la especie, ya que está probado que éstos diseños de estanques artificiales para

beneficio humano pueden ser una amenaza para algunas especies de anfibios, al convertirse en trampas de caída donde ya no pueden salir (García-Muñoz y cols. 2009). Contrario a ello, en los resultados de este estudio no se registró un caso similar. Una razón puede ser porque esta especie puede trepar las paredes del estanque, lo que le permite la entrada y salida al mismo sin ninguna dificultad (observaciones personales), e incluso, probablemente el mismo diseño de este estanque podría estar favoreciendo a *Hyla plicata*, porque se sabe que dos características que benefician el éxito de metamorfosis de las larvas de anfibios son, la ausencia de grandes poblaciones de vertebrados depredadores y la disponibilidad de alimento (Semlitsch 2002). Así, el estanque artificial con este diseño podría estar impidiendo que muchos depredadores puedan tener acceso al mismo. En lo que respecta a disponibilidad de alimento, este estanque artificial también beneficia a la especie, porque le llega directamente la luz solar, la cual aumenta la producción primaria y el crecimiento de forraje, y con ello brinda microhábitats que proporcionan sitios para el forrajeo de los renacuajos (Semlitsch 2002). Además de dichas características, es probable que tal diseño del estanque también pueda funcionar como refugio para estas ranas, protegiéndolas de temperaturas muy bajas, donde las mismas paredes podrían estar protegiéndolas del viento, y las grietas de éstas, o las grietas entre las rocas, puedan ser refugios óptimos, incluso para pasar la temporada de invierno (López-Ortega y Casas-Andreu 2005).

Paton y Crouch (2002) y Reques (2012) afirman que el éxito reproductivo de los anfibios depende del tiempo de inundación (hidroperiodo) del estanque, el cual les permita a las larvas metamorfosearse antes de que éste se seque. En este caso, se puede afirmar que la especie tuvo una reproducción exitosa en los años 2011 y 2012, debido a que con el hidroperiodo que presentó el estanque artificial los renacuajos lograron completar su periodo de metamorfosis. Aunque éste hidroperiodo puede variar considerablemente de un año a otro, se sabe que los estanques que tienen, incluso en pocos años, un hidroperiodo adecuado para especies de anfibios con una duración de periodo reproductivo prolongado, pueden considerarse un hábitat muy importante para éstas (Paton y Crouch 2002). Por lo tanto, el estanque artificial de la Ex-hacienda San Cristóbal es un sitio de reproducción muy significativo para esta rana. Asimismo, se puede afirmar que la especie tuvo una reproducción exitosa debido a que los individuos no presentaron malformaciones, donde algunos factores

que pueden causarlas son, parásitos o contaminantes ambientales (Barragán-Ramírez y Navarrete-Heredia), aunque en este estudio no se determinaron tales características, los resultados indican que el agua del estanque tuvo las condiciones adecuadas para que *Hyla plicata* llevara a cabo una reproducción con éxito.

Aunque con estos resultados no se puede determinar totalmente la historia natural de la especie, o dar a conocer todos los aspectos de su biología reproductiva, debido a que el estudio solo se llevó a cabo durante una temporada de lluvias, el estanque artificial de la Ex-hacienda San Cristóbal permitió describir información relevante sobre algunos aspectos de su fenología reproductiva y de su comportamiento desconocidos hasta ahora para la especie. Por lo tanto, este estanque puede ser útil para que se sigan estudiando tales características de la vida de *Hyla plicata*, ya que para llevar a cabo estrategias de conservación de la especie, es preciso conocer bien los requerimientos ecológicos de ésta (Reques 2008).

Entre lo que se pudo determinar fue, que se encontraron masas de huevos a poca profundidad (4 cm), estas aguas someras son muy importantes porque junto con la radiación solar ayudan a que el desarrollo de los huevos sea más rápido (Semlitsch 2002). Asimismo se determinó que las aguas poco profundas o someras que quedan sobre las piedras dentro del estanque artificial, en conjunto con la exposición de luz solar, cumplen un papel importante como sitios de termorregulación para los renacuajos, proporcionando microhábitats con temperaturas idóneas para que las larvas lleven a cabo esta conducta (Semlitsch 2002). Las larvas pueden estar seleccionando tales temperaturas en el agua en diferentes horas del día o en diferentes etapas de desarrollo, para maximizar su crecimiento y desarrollo (Wu 2007). Por todo lo anterior, las características particulares del estanque artificial ayudan a que las larvas completen su periodo de metamorfosis y con esto, la especie tenga un periodo reproductivo exitoso. Dichas características físicas del estanque artificial proporcionan un diseño base para la posible construcción de nuevos sitios de reproducción para la especie.

Los resultados indican que juveniles metamorfoseados se dispersaron a una distancia mayor a 50 m hasta las tierras de cultivo, aunque para esta especie en este sitio es muy importante el mantenimiento del estanque artificial para que se lleve a cabo su reproducción, también el hábitat terrestre es importante, debido a que los adultos dependen de él en

temporada no reproductiva, y porque se debe recordar que los anfibios son uno de los grupos más susceptibles a cualquier alteración en el ambiente, tanto acuático como terrestre (Ortega-Guerrero 2007, Reques 2008). Aunque en este estudio no se pudo determinar donde habitan los adultos en invierno, es muy probable que las mismas ruinas de la hacienda los beneficien, posiblemente al protegerse del frío entre las grietas de las paredes, entre las rocas o incluso en madrigueras de mamíferos (López-Ortega y Casas-Andreu 2005), pues en temporada no reproductiva se han escuchado adultos dentro de éstas ruinas aunque no se han podido encontrar. Además, debe destacarse que incluso se han escuchado dentro del aljibe que no capta agua, sin embargo no se pudieron buscar porque tiene más de 3 m de profundidad y no hay forma de meterse. Así, es probable que este aljibe beneficie a algunos individuos al menos en temporada de invierno.

En base a los beneficios que proveyó el estanque artificial para la especie, por parte del municipio de Ixtenco se pretende acondicionar el otro estanque encontrado en el sitio para que funcione también como sitio de reproducción para ésta. Debe recordarse que una de las principales causas de que los anfibios sean los vertebrados más amenazados a nivel mundial, es la pérdida de éstos sitios (Reques 2008, Reques 2012). Por lo tanto, la creación de nuevos sitios de reproducción, así como la restauración de los ya existentes, es una forma económica de asegurar la conservación de sus poblaciones en el futuro (Ortega-Guerrero 2007, Reques 2012). Como otra alternativa, en algunos programas de recuperación de poblaciones de anfibios en estanques artificiales nuevos, es la traslocación de huevos y larvas (Reques 2008), en este caso, sería factible traslocar larvas al estanque artificial implementado en Cañada Grande dentro del PNLM, así como en los demás que se pretenden implementar, donde es muy probable que los individuos traslocados se adapten en el área, debido a que *Hyla plicata* es el único representante de la familia Hylidae en México que se distribuye a mayor altitud y a condiciones ambientales frías (López-Ortega y Casas-Andreu 2005).

7.2.2. Aves

La Tabla 4 muestra resultados de una riqueza similar en el estanque artificial entre temporadas. Aunque tal riqueza se haya dado así, no significa que sean similares, debido a que no fueron las mismas ocho especies en ambos tiempos. Esto puede explicarse porque mientras

el estanque artificial no tuvo agua se traslapó la temporada reproductiva, donde se pudo observar a especies que no estuvieron cuando el estanque tenía agua anidando dentro de las ruinas de la ex-hacienda, como golondrina cariblanca (*Thachycineta thalassina*).

La abundancia fue mayor cuando el estanque artificial tuvo agua. Esto se puede atribuir a que durante este tiempo, hubo avistamientos de aves en parvadas, como por ejemplo dominico dorsioscuro (*Carduelis psaltria*) y de varios individuos (dos o tres) juntos de paloma huilota (*Zenaida macroura*), monitoreados dentro del estanque artificial bebiendo agua. Asimismo, el colibrí orejiblanco (*Hylocharis leucotis*) fue registrado en los parches de flores dentro del radio de 25 m de monitoreo durante este tiempo. Podemos concluir que al menos dos especies de aves, las que observamos dentro del estanque, se beneficiaron de la presencia del mismo al usarlo probablemente, para beber agua o acicalarse en él.

7.3 Cañada Grande (PNLM)

7.3.1 Muestreo de registros



Los resultados indican un total de 45 individuos de aves ahogadas a lo largo de 16 meses de muestreo. Sin embargo, existe la certeza de que en los registros hubo un número mayor de aves ahogadas durante el trabajo de campo de este estudio, y por ende tales resultados son una subestimación del número de aves ahogadas en el sitio. Por un lado, personas encargadas de la comisión del agua del municipio de Ixtenco subieron tres veces por semana al volcán para sacar las aves muertas de los registros y evitar que obstruyeran la tubería. Por el otro lado, por parte de la presidencia municipal, se construyeron a partir del mes de abril de 2011, un tipo de casetas en cada sitio donde se encontraban los registros. Estas construcciones, al estar completamente cerradas, no permitieron el acceso al interior de los registros (ver Figura 17). Las estructuras fueron construidas en cinco de los registros más bajos del gradiente altitudinal (desde 2963 msnm, hasta 3127 msnm). Los 11 registros restantes que se encuentran en la parte más alta no fueron modificados. Sin embargo, los resultados de estos muestreos demuestran que la mayoría de las aves se ahogan en los registros ubicados a mayor altitud (3274 msnm y 3443 msnm). Una vez que las aves caen en ellos, el flujo de agua hace que entren al tubo, lo que permite que bajen a través de la tubería a los registros que están a menor altura. En el registro que se encuentra a los 2991 msnm se encontraron 12 cadáveres de aves, éste presenta

una malla en la entrada del tubo para impedir el paso de cualquier objeto a la tubería. Sin embargo, las aves no entraron al registro, sino que pasaron a través de la tubería y dicha malla las detuvo. El total de casetas estuvieron terminadas en el mes de mayo de 2011. A partir de esta fecha ya no fue posible tener acceso a los registros que fueron cambiados por casetas. Es muy probable que posterior a tales construcciones haya habido un número considerable de aves ahogadas en ellos.

El mes con mayor número de aves ahogadas fue febrero del 2011. Este dato coincide con el mes con menor precipitación del total de meses muestreados (0 mm). Así pues, las aves buscaban hidratarse en los registros y morían ahogadas. En efecto, los factores climáticos condicionan el consumo diario de agua de la fauna silvestre, de modo que en los períodos más secos, el consumo de agua aumenta por la carencia de fuentes naturales de agua (Sánchez y cols. 2007).

La especie de ave que se encontró ahogada con mayor frecuencia fue el pavito gorjigris (*Myioborus miniatus*) perteneciente a la familia Parulidae (siete ejemplares). La temporada reproductiva para esta especie se extiende desde marzo hasta agosto (Mumme 2010, Ruggera y Martin 2010). Periodo que coincide con los meses en que se encontraron ahogadas estas aves en los registros (marzo a agosto de 2011). Hay que destacar, que las muertes de individuos de esta especie puede afectar significativamente a la población de estas aves en la zona, ya que es una especie monógama, donde, tanto el macho como la hembra tienen cuidado parental hasta que las crías son volantones (Mumme 2010). Además, en esta especie el tamaño promedio de nidada es de tres huevos (Ruggera y Martin 2010) por lo que la muerte de un individuo resultaría en la mortalidad de la nidada completa (cuatro individuos). De tal manera que el riesgo de que estos individuos beban agua en los registros es muy alto, incluso para sus poblaciones.

Se encontró ahogado un individuo de gavián de cooper (*Accipiter cooperi*) durante el mes más seco (febrero de 2011 con 0 mm) en el registro que se encuentra a los 3274 msnm. Posiblemente dicho ejemplar buscaba el recurso hídrico, ya que esta especie sí tiene necesidad

tanto de bañarse como de beber agua (Rosenstock y cols. 2004). Hay que destacar, que esta especie es migratoria y se encuentra bajo la categoría de protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). El registro en el que se ahogó, coincide con ser el que se encuentra a mayor distancia de los otros registros (entre uno y otro), por lo tanto fue el único suministro de agua en la zona, y debido al diseño de éste pudo resultar una trampa ecológica para el ave. Está descrito que el rango hogareño en bosque de este gavián es de 14.2 km² (Roth y cols. 2008), por lo que al no haber cuerpos naturales de agua disponibles, la presencia de registros en Cañada Grande, es muy probable que le siga afectando a esta especie.

Con todo lo anterior, los resultados muestran que los registros actúan como trampas ecológicas o trampas de caída para la fauna silvestre y por lo tanto, es importante que se tomen medidas ante el papel que juegan tales registros de agua como únicos suministros de este recurso en el área. Con los resultados también se evidencia que la implementación de estanques artificiales en esta parte del volcán ayudaría a mitigar este tipo de incidentes, además, está probado que son muy importantes como fuente de recurso hídrico para aves migratorias en sitios donde hay escasez de cuerpos de agua naturales (Rosenstock y cols. 2004).

7.3.2 Estanque artificial



El tiempo en que se registró la fauna silvestre (septiembre de 2011 a febrero de 2012) en el estanque artificial es insuficiente para hacer una valoración estadística sobre su efectividad en abundancia y distribución de la fauna silvestre (Reques 2012). Sin embargo, al igual que Mascara (2011) y Reques (2012) se pudo notar la rápida colonización que tuvieron distintas especies de invertebrados acuáticos, aves y mamíferos. En relación con los insectos acuáticos, lo utilizaron para cumplir un periodo importante de su ciclo de vida. Por su parte, las aves lo usaron tanto para beber como para bañarse y al menos una especie de mamífero, conejo montés (*Silvilagus cunicularius*), fue registrado bebiendo agua. Estos últimos hechos concuerdan con las conclusiones presentadas por Rosenstock y cols. 2004, tras estudiar los beneficios netos en bebederos artificiales para fauna silvestre en Arizona, Estados Unidos.

Como se esperaba, las aves paseriformes sí utilizaron el estanque artificial. Lo que coincide con Rosenstock y cols. 1999 y Rosenstock y cols. 2004, quienes afirman que las aves son uno de los grupos de fauna silvestre que más se beneficia de la instalación de estanques artificiales en los sitios donde se presenta carencia de cuerpos de agua naturales. Dicho beneficio puede darse al menos por dos razones que se han estudiado. La primera, es el consumo de agua, pues ante una situación de estrés hídrico las aves utilizan los estanques artificiales (Rosenstock y cols. 1999, Rosenstock y cols. 2004, Sánchez y cols. 2007). En nuestros resultados, uno de los principales usos que las aves hicieron del estanque artificial fue para beber, y tales registros se hicieron en los meses de la temporada de sequía (noviembre-febrero). Esto puede explicarse porque el consumo de agua está condicionado por factores climáticos. De modo que, en períodos más secos, el consumo de agua aumenta por la carencia de fuentes naturales del recurso, el aumento de la temperatura ambiental y la disminución de la humedad relativa en los alimentos (Sánchez y cols. 2007). La segunda razón es porque las aves también utilizan el agua de los estanques para refrescarse y bañarse, cuando la temperatura es mayor durante el día (Rosenstock y cols. 2004, Brilot y cols. 2009). En nuestros resultados las aves también utilizaron el estanque artificial para dichas actividades. Al parecer, realizar el baño es muy importante en estos organismos ya que con esto se facilita la distribución homogénea de lípidos ayudando a que las plumas se mantengan en buen estado y además ayuda a eliminar ectoparásitos, lo que les confiere estar saludables para realizar actividades como el vuelo (Brilot y cols. 2009). Otro beneficio que las aves obtienen de los estanques artificiales es el material para elaborar su nido o anidar en la vegetación misma del estanque (Bull y cols. 2001 y Mascara 2011). En este caso, la escasa cobertura vegetal del estanque artificial no indujo a las aves a fijar allí su zona de anidamiento, como sí ocurrió en los trabajos de Bull y cols. 2001 y Mascara 2011. Aunque, se debe destacar que la vegetación del estanque artificial apenas estaba proliferando, sin embargo, se recomienda también ambientarlo con más plantas para que pueda beneficiar a estas especies. En cuanto al uso de material vegetal del estanque para la construcción de nidos no se hicieron registros al respecto en este trabajo.

Está documentado que los estanques artificiales son frecuentemente utilizados por diferentes especies de aves, desde el grupo de paseriformes hasta aves rapaces (Rosenstock y cols. 1999). En particular, en este estudio se observó que las aves que llegaron con mayor frecuencia al estanque artificial a bañarse o beber fueron aves paseriformes. Solo se presentó un caso donde una rapaz nocturna (familia Strigidae) visitó el estanque artificial, desafortunadamente no se obtuvieron datos de la conducta que realizó en dicha visita, ya que sólo fue detectada por la cámara fototrampa colocada a la orilla del agua. No obstante, está documentado que aves rapaces encontradas dentro el área de estudio como búhos, halcón cola roja (*Buteo jamaicensis*) y gavián de Cooper (*Accipiter cooperi*) también utilizan estanques artificiales tanto para bañarse como para consumo de agua (Rosenstock y cols. 2004). En este estudio no hubo registros de aves rapaces diurnas en el estanque artificial. Una explicación podría ser porque éste se encuentra dentro de la ECLM y muy frecuentemente hay perturbación humana.

Los resultados muestran que respecto a mamíferos solo se registró al conejo montés (*Silvilagus cunicularius*) con 14 visitas. Los individuos de esta especie realizaron el mayor número de visitas en la temporada de sequía, con un aumento en el mes de febrero. Los datos coinciden con (Sánchez y cols. 2007) quienes en España reportaron que el conejo silvestre (*Oryctolagus cuniculus*) visita estanques artificiales. Estos autores afirman que mamíferos como conejos o liebres necesitan beber agua aun siendo animales que soportan estrés hídrico. En cuanto a otros mamíferos, está reportado que especies como el coyote (*Canis latrans*) y gato montés (*Lynx rufus*) también utilizan los estanques artificiales (Rosenstock y cols. 2004). En este estudio no se presentó un caso similar, debido a que estos animales no tienen acceso al área. En cambio, el conejo montés se ha observado que cava por debajo del cerco que delimita a la ECLM y por ahí accede al sitio para hacer uso del estanque artificial.

7.3.3 Monitoreos de aves

La Tabla 6 muestra que la riqueza y abundancia fueron mayores en el transecto de Cañada Grande vs el transecto control, esto puede ser explicado porque dicha comparación se hizo de manera global (resultados totales de cinco puntos por transecto). De esta manera, para

el primer transecto se incluyeron los datos del punto donde se implementó el estanque artificial. Ahí puede notarse el aumento tanto en número de individuos como en número de especies de aves. Así, los resultados también muestran una mayor abundancia, riqueza y diversidad de aves en el punto con estanque artificial cuando se comparó contra él mismo (antes de la implementación del estanque artificial; Tabla 7) y cuando se comparó con su punto control (Tabla 8). De acuerdo con Rosenstock y cols. 1999, se puede afirmar que en nuestro estudio el estanque artificial sí influyó en la abundancia de aves, de manera similar al estudio de Howe y cols. (1989) en Idaho Estados Unidos. Con estos hallazgos, coincidimos con Howe y cols. (1989), Rosenstock y cols. (1999), Rosenstock y cols. (2004), Sánchez y cols. (2007) en que los estanques artificiales son importantes en el área de estudio al ser utilizados por las aves. De manera que, con nuestros resultados se podría afirmar que en el área de estudio el estanque artificial podría tener efectos positivos en los organismos. Aunque, para aseverar que existen dichos efectos y poder detectar cambios en las poblaciones, es necesario un estudio de seguimiento exhaustivo (por varios años) y demostrarlo con herramientas estadísticas (Reques 2012). Para ello, sería factible hacer las mismas comparaciones, con datos de varios años de monitoreo, una vez que estuvieran implementados todos los estanques artificiales que el programa de restauración de la ECLM planea instalar en el sitio.

8. CONCLUSIONES

8.1 Tierra Verde, Atlangatepec



- Las zanjas de ladera, además de cumplir con su función agrícola, benefician a la fauna silvestre local.
- Los insectos acuáticos se benefician de las zanjas de ladera al usarlas como sitios de reproducción y sitios donde pasan una fase del ciclo de vida.
- Los anfibios se benefician de las zanjas de ladera al usarlas como sitios de reproducción.
- Las zanjas de ladera proporcionan alimento y agua para beber al menos para algunas especies de aves.

8.2 Ex-hacienda San Cristóbal (PNLM)

- El estanque artificial de la ex-hacienda San Cristóbal es importante para que se lleve a cabo la reproducción de una población de *Hyla plicata* y por lo tanto para el mantenimiento de esta población de ranas de Ixtenco.
- El estanque artificial ofrece las características idóneas para estudiar aspectos básicos de la biología de *Hyla plicata*.
- Algunas especies de aves locales se benefician de la presencia de agua dentro del estanque artificial.

8.3 Cañada Grande (PNLM)

- Los registros de agua en Cañada Grande operan como trampas ecológicas para algunas especies de aves, principalmente passeriformes.
- Con la implementación del estanque artificial se incrementó la riqueza y abundancia de aves en el sitio donde fue construido.
- El estanque artificial sugiere que la implementación de más estanques artificiales beneficiaría a especies de aves, mamíferos, e invertebrados que habitan Cañada Grande.

8.4 CONCLUSIONES GENERALES



- Los estanques artificiales benefician a la fauna silvestre de la región en términos de reproducción y al proporcionar recurso hídrico a algunas especies.
- Es necesaria la preservación de estos estanques artificiales así como la construcción de nuevos estanques principalmente en áreas donde se presenta escasez de agua.
- Los estanques artificiales pueden servir como sitios de estudio para describir aspectos básicos de la biología de especies poco conocidas.

9. PERSPECTIVAS

Tierra Verde Atlangatepec



- Tomando en cuenta los beneficios que la biodiversidad obtiene de las zanjas de ladera, debe informarse a los propietarios la importancia de estas represas agrícolas como hábitats potenciales para la fauna y flora nativa. Asimismo, la importancia y el papel que juega esta biota para el funcionamiento de los ecosistemas.
- El conocimiento sobre la importancia de las zanjas de ladera para la biodiversidad, puede conducir a más propietarios de tierras a implementar estrategias de gestión y manejo de este tipo de estanques artificiales.
- Sería importante realizar este tipo de estudios a una escala espacial mayor con sitios controles, para comparar el efecto que tendrían las zanjas de ladera sobre las poblaciones de animales usuarios de las mismas.

Ex-hacienda San Cristóbal

- Debido a que esta especie es endémica de México y está bajo la categoría de especie “Amenazada” se deberían realizar estrategias de conservación en el sitio por parte del municipio de Ixtenco.
- Es importante realizar estudios sobre su historia natural (fenología reproductiva) y comportamiento de *Hyla plicata*, así como estudios donde se describan características de su hábitat para con esto ayudar a preservar la población encontrada en el municipio de Ixtenco. Además, estos conocimientos serían fundamentales para poder desarrollar estrategias de conservación para la especie y con ello conservar una parte singular de la diversidad faunística del país.
- Se deberían construir estanques artificiales en el área los cuales también pudieran servir como sitios de reproducción para la especie.
- Como una estrategia para incrementar las poblaciones de esta especie amenazada, se recomienda la traslocación de huevos y larvas hacia los estanques artificiales implementados tanto en el área como en Cañada Grande.

PNLM

- Es importante que en Cañada Grande se tomen medidas para que los registros de agua no sean trampas ecológicas para la fauna silvestre, especialmente aves.
- Se recomienda construir más estanques artificiales a lo largo de Cañada Grande para ayudar a mitigar el problema de escasez de agua para la fauna silvestre. Estos estanques también podrían ser utilizados como puntos de monitoreo para insectos acuáticos, anfibios, aves y mamíferos.
- Se recomienda que se continúen los monitoreos de aves a largo plazo en Cañada Grande, para determinar el posible efecto benéfico de los estanques artificiales sobre la abundancia y riqueza de estas especies.

REFERENCIAS:



- Aguilar-Miguel, X. 2005. *Hyla plicata*. 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 SNIB-CONABIO. Proyecto W035. México. D.F.
- Alcocer J, Escolero O y Marín L. 2005. Problemática del agua de la Cuenca Oriental, estados de Puebla, Veracruz y Tlaxcala. En: El agua en México vista desde la academia. Jiménez B, Marín L (eds). Academia Mexicana de Ciencias. México DF. pp. 72Libro
- Amador E, Mendoza-Salgado R y Anda-Montañez J. 2006. Estructura de la avifauna durante el periodo invierno-primavera en el Estero Rancho Bueno, Baja California Sur, México. *Rev Mex Biodivers* 77: 251-259.
- Apinda-Legnouo EA. 2007. The conservation value of artificial ponds in the Western Cape Province for aquatic beetles and bugs. Thesis of Master of Science. University of Stellenbosch.
- Arendt J. 2009. Influence of sprint speed and body size on predator avoidance in New Mexican spadefoot toads (*Spea multiplicata*). *Oecologia* 159: 455–461.
- Barragán-Ramírez JL y Navarrete-Heredia JL. 2011. Primer registro de un caso de malformaciones en *Lithobates neovolcanicus* (Hillis & Frost 1985) (Anura: Ranidae). *Acta Zool Mex* 27(3): 837-841.
- Bibby CJ, Burgess ND y Hill D. 2000. Bird census techniques. British Trust for Ornithology. Academic Press. Londres.
- Biggs J, Williams P, Whitfield M, Nicolet P y Weatherby A. 2005. 15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of Pond. *Aquatic Conserv* 15: 693-714.
- Boix D, Sala J y Moreno-Amich R. 2001. The faunal composition of espolla pond (Ne Iberian Peninsula): the neglected biodiversity of temporary waters. *Wetlands*, 21(4): 577–592.
- Brausch J, Wages M, Shannahan R, Perry G, Anderson T, Maul J, Mulhearn B y Smith P. 2010. Surface water mitigates the anti-metamorphic effects of perchlorate in New Mexico spadefoot toads (*Spea multiplicata*) and African clawed frogs (*Xenopus laevis*). *Chemosphere* 78: 280–285.

- Brainwood M y Burgin S. 2006. An exploration of the relationships between macroinvertebrate community composition and physical and chemical habitat characteristics in farm dams. *Environ Monit Assess* 119: 459–480.
- Brilot B, Asher L y Bateson M. 2009. Water bathing alters the speed–accuracy trade-off of escape flights in European starlings. *Anim Behav* 78: 801–807.
- Brönmark C y Hansson LA. 2002. Environmental issues in lakes and ponds: current state and perspectives. *Environ Conserv* 29: 290-307.
- Bull EL, Deal JW y Hohmann JE. 2001. Avian and Amphibian use of Fenced and Unfenced Stock Ponds in Northeastern Oregon Forests. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR.
- Carr LW y Fahrig L. 2001. Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conserv Biol* 15: 1071–1078.
- Céréghino R, Biggs J, Oertli B y Declerck S. 2008. The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat. *Hydrobiologia* 597: 1–6.
- Chávez C, Ramos M y Trigo B. 1990. Plan de manejo integral para el Parque Nacional La “Malintzi”, Tlaxcala y su área de amortiguamiento. En: Recursos naturales, técnica y cultura. Estudios y experiencias para un desarrollo alternativo. Leff E, Carabias J, Batis I. (eds). Editorial. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades Universidad Nacional Autónoma de México. México DF. pp. 219 Libro
- De la Vega Salazar MY. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas de México. *Rev Dif Ciencias D.F. México* 78: 20-30.
- De la Vega Salazar MY. 2006. Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la mesa central de México. *Rev Biol Trop* 54(1): 163-177.
- Downing JA. 2010. Emerging global role of small lakes and ponds: little things mean a lot. *Limnetica* 29(1): 9-24.
- Enríquez RJ. 2010. Estrategias antidepredatorias de *Ecnomiohyla miotympanum* y *Smilisca baudini* como respuesta ante el estímulo visual de serpientes. Tesis de Maestría en Neuroetología. Universidad Veracruzana.
- Espejel R. 1996. La Malinche: una visión retrospectiva de su deterioro y conservación. *Gac Ecol INE-SEMARNAT* 41: 14-21.
- Espejel R y Carrasco R. 1999. El deterioro ambiental en Tlaxcala y las políticas de desarrollo estatal 1988-1999. *Gac Ecol INE-SEMARNAT* 52: 21-52.

- Espejel R, González T y Perón D. 2004. El índice de deterioro ambiental en los municipios de Tlaxcala: una propuesta metodológica. *Gac Ecol* 070: 19-30.
- EPCN (European Pond Conservation Network), 2008. *The Pond Manifesto*: 20 pp.
- Galindo E, Palerm V, Tovar S y Rodarte G. 2006. Jagüeyes: organización social para su uso y manejo en Los Llanos de Apan Hidalgo, México. XII Reunión Nacional y II de América Latina y el Caribe Sobre Sistemas de Captación del Agua y del aprovechamiento del Agua de lluvia. Julio 26-29. Santiago de Querétaro, México. pp 183-197.
- Galindo E, Palerm V, Tovar S y Rodarte G. 2008. Organización social en la gestión de una fuente de agua: los jagüeyes. *Agrociencia* 42: 233-242.
- García-Muñoz E, Ceacero F y Pedrajas L. 2009. Notes on the productive biology and conservation of *Pseudoepidalea brongersmai*. *Herpetology Notes* 2: 231-233.
- Goldberg C y Waits P. 2009. Using habitat models to determine conservation priorities for pond-breeding amphibians in a privately-owned landscape of northern Idaho, USA. *Biol Conserv* 142: 1096-1104.
- Gómez A. 2008. Ecología de los ensamblajes de larvas de odonatos (Insecta) y su uso potencial como indicadores de calidad ecológica en la sierra de Coalcomán, Michoacán, México. Tesis de Doctorado en recursos bióticos. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.
- Gustafson H, Andersen L, Mikusinski G y Malmgren C. 2009. Pond quality determinants of occurrence patterns of great crested newts (*Triturus cristatus*). *J Herpetol* 43(2): 300-310.
- Hazell D, Hero J, Lindenmayer D y Cunningham R. 2004. A comparison of constructed and natural habitat for frog conservation in an Australian agricultural landscape. *Biol Conserv* 119: 61-71.
- Hernández R. 2010. Geografía del desequilibrio: un estudio de la vulnerabilidad hídrica entre habitantes urbanos y rurales de la Matlalcueye. Primer Congreso Red de Investigadores Sociales Sobre Agua. Marzo 18 y 19. Jiutepec, Morelos. México.
- Howe P y Flake D. 1989. Mourning dove use of man-made ponds in a cold-desert ecosystem in Idaho. *Great Basin Nat* 49(4): 627-631.
- Howell S y Webb S. 2005. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. 5a. Reimpresión, Oxford University Press, USA

- Jiménez CB. 2001. Contaminación del agua. En: La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Jiménez CB (eds). Editorial Limusa. México. pp.35Libro.
- Juszczak R, Kędziora A y Olejnik J. 2007. Assessment of Water Retention Capacity of Small Ponds in Wyskoć Agricultural-Forest Catchment in Western Poland. *Pol J Environ Stud* 16(5): 685-695.
- Knutson MG, Richardson WB, Reineke DM, Gray BR, Parmelee JR y Weick SE. 2004. Agricultural ponds support amphibian populations. *Ecological Society of America* 14(3): 669–684.
- Krebs, CJ. 1985. *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia*. 2ª. Ed. Editorial HARLA. México.
- Lehtinen M y Galatowitsch M. 2001. Colonization of restored wetlands by amphibians in Minnesota. *Ame Midl Nat* 145: 388-396.
- Lopez-Ortega G y Casas-Andreu G. 2005. Un tunel como hibernaculum de *Hyla plicata* (Anura: Hylidae) en la Sierra Norte de Tlaxco, Tlaxcala, Mexico. *Rev Soc Mex Hist Nat* 2(1): 160-167.
- Markwell K y Fellows C. 2008. Habitat and biodiversity of on-farm water storages: a case study in southeast Queensland, Australia. *Environ Manage* 41: 234–249.
- Mascara R. 2011. Ornithological observations on an artificial pond in the Sicilian agricultural environment (Sicily, Italy). *Biodiversity Journal* 2(4): 179-188.
- Merritt RW, Cummins KW y Berg MB. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. Editorial Development manager. Estados Unidos. pp. Libro
- Montes de Oca H y Palerm V. 2012. Los reservorios secundarios (jagüeyes) en el sistema de riego Tepetitlán: el control local. Segundo Congreso Red de Invetigadores Sociales Sobre Agua. Marzo 21-23. Chapala, Jalisco. México.
- Mumme RL 2010. Breeding biology and nesting success of the slatethroated whitestart (*Myioborus miniatus*) in Monteverde, Costa Rica. *Wilson J Ornithol* 122(1): 29–38.
- Muñoz CL, Ibáñez BS y Corona V. 2006. Los mosquitos (Díptera: Culicidae) de Tlaxcala, México. I: Lista comentada de especies. *Folia Entomol Mex* 45: 223-271.
- Oertli B, Auderset J, Castella E, Juge R, Cambin D y Lachavanne JB. 2002. Doessizematter? Ther relationship between pond area and biodiversity. *Biol Conserv* 104: 59–70.

- Oertli B, Auderset D, Indermuehle N, Juge R y Lachavanne J-B. 2004. 1st European Pond Workshop “Conservation and monitoring of pond biodiversity”. Arch Sci 57: 69-72.
- Oertli B, Biggs J, Régis C, Grillas P, Joly P y Lachavanne J-B. 2005. Conservation and monitoring of pond biodiversity: introduction. Aquat conserv 15: 535-540.
- Oertli B, Céréghino R, Hull A y Miracle R. 2009. Pond conservation: from science to practice. Hidrobiología 634: 1-9.
- Oropeza-Mota J, Rubio-Granados E y Ríos-Berber J. 2002. XIV. Manejo de escurrimientos superficiales en las regiones áridas y semiáridas de México. Ra Ximhai 6(2): 343-361.
- Ortega-Guerrero MA (Editor). 2007. Manual para la creación de charcas para anfibios. REFORESTA. Madrid, España.
- Paton PW y Crouch WB. 2002. Using the phenology of pond-breeding amphibians to develop conservation strategies. Conserv Biol 16: 194–204.
- Pedrajas L, Ceacero F, Villodre A y Rodriguez M. 2006. Trampeo pasivo originado por una alberca abandonada sobre las poblaciones de anfibios y reptiles en Sierra Morena Oriental (Santa Elena, Jaén, España). Bol Asoc Herpet Esp 17(2): 113-115.
- Raebel ME, Merckx T, Riordan P, Macdonald WD y Thompson JD. 2010. The dragonfly delusion: why it is essential to sample exuviae to avoid biased surveys. J Insect Conserv 14: 523–533.
- Ralph JC, Geupel GR, Pyle P, Martin TE, DeSante DF y Milá B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany CA: Pacific Southwest Research Station.
- Ramírez PA. 2008. Herpetofauna del Parque Nacional El Chico y su zona de influencia, Hidalgo. México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Razgour O, Korine C y Saltz D. 2010. Pond characteristics as determinants of species diversity and community composition in desert bats. Anim Conserv 13: 505–513.
- Reques R. 2008. Establecimiento de nuevos micro-humedales en el Corredor Verde del Río Guadiamar para la conectividad de poblaciones de anfibios. En: Restauración Ecológica del Río Guadiamar y el Proyecto del Corredor Verde. La Historia de un Paisaje Emergente. CMA (eds).Editorial. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla.pp. 415-423Libro

- Reques R. 2012. Programas de conservación de anfibios en la provincia de Cádiz. *Rev Soc Gad Hist Nat* 6: 13-20.
- Ricciardi A y Rasmussent JB. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conserv Biol* 3(5): 1220-1222.
- Rivas GJM. 2008. Contribución a la conservación de *Notropis boucardi* através del manejo integral de la Microcuenca Jiutepec en el estado de Morelos. Tesis de Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. Universidad Autónoma de Querétato.
- Romano A, Ventre N, De Riso L, Pignataro C y Spilinga T. 2010. Amphibians of the “Cilento e Vallo di Diano” National Park (Campania, Southern Italy): updated check list, distribution and conservation notes. *Acta Herpetol* 5(2): 233-244.
- Rosenstock S, Ballard W y Devos J. 1999. Viewpoint: Benefits and impacts of wildlife water developments. *J Range Manage* 52: 302–311.
- Rosenstock SM, Rabe J, O'Brien CS y Waddell RB. 2004. Studies of wildlife water developments in southwestern Arizona: wildlife use, water quality, wildlife diseases, wildlife mortalities, and influences on native pollinators. Arizona Game and Fish Department Technical Guidance Bulletin 8, Phoenix, USA.
- Roth C, Vetter E y Lima L. 2008. Spatial ecology of wintering Accipiter hawks: home range, habitat use, and the influence of bird feeders. *Condor* 110(2): 260-268.
- Ruggera RA y Martin TE. 2010. Breeding biology and natural history of the slate-throated whistler in Venezuela. *Wilson J Ornithol* 122(3): 447–454.
- Ruggiero A, Cereghino R, Figuerola J, Marty P y Angelibert S. 2008. Farm ponds make a contribution to the biodiversity of aquatic insects in a french agricultural landscape. *C R Biol* 331: 298–308.
- Sánchez C, Gaudioso V, Alonso M, Bartolomé D, Pérez J, Prieto R, Díez C y Olmedo J. 2007. Valoración del consumo de agua y presencia de la fauna silvestre en bebederos artificiales en un entorno mediterráneo continental seco. *Anales* 20(1): 11-30.
- Sánchez A, Pérez J, Jiménez E y Tovar C. 2009. Los Odonatos de Extremadura. Consejería de industria, Energía y Medio Ambiente. 344pp Libro
- Sánchez M y Ocampo F. 2010. Técnicas agroecológicas para la conservación de suelos y agua en la agricultura campesina. Los casos de Vicente Guerrero y La Reforma, Tlaxcala. Primer Congreso Red de Investigadores Sociales Sobre Agua. Marzo 18 y 19. Jiutepec, Morelos. México.

- Santos-Barrera G y Flores-Villela O. 2004. *Lithobates spectabilis*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2012.2. www.iucnredlist.org. Downloaded on 05 November 2012.
- Scheffer MGJ, Van Geest K, Zimmer E, Jeppesen M, Søndergaard MG, Butler MA, Hanson S, Declerck L y Meester D. 2006. Small habitat size and isolation can promote species richness: second-order effects on biodiversity in shallow lakes and ponds. *Oikos* 112: 227–231.
- Sebastian-González E, Sánchez-Zapata JA y Botella F. 2010. Agricultural ponds as alternative habitat for waterbirds: spatial and temporal patterns of abundance and management strategies. *Eur J Wildl Res.* 56: 11-20.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección. México, DF
- Semlitsch RD. 2002. Critical elements for biologically based recovery plans for aquatic breeding amphibians. *Conserv Biol* 16: 619-629..
- Tello G, Martínez-Saldaña T, Sandré O y Xelhuanzi R. 2010. Reconstrucción histórica de la intervención del estado en el control oficial para el uso y manejo del agua en San Miguel Xoxhitecatitla, Tlaxcala. *Ximhai* 6(2): 169-185.
- Toledo M. 2005. Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional?. *Gac Ecol* 77: 67-83.
- Williams P, Whitfield M, Biggs J, Bray S, Fox G, Nicolet P y Sear D. 2003. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biol Conserv* 115: 329–341.
- Windfield JC. 2005. Aves. En: Fernández FJA, López-Domínguez JC. (Eds) Biodiversidad del Parque Nacional Malinche. 1ª. Edición, México. pp. 117 Libro
- Wood PJ, Greenwood MT y Agnew MD. 2003. Pond biodiversity and habitat loss in the UK. *Area* 35(2): 206–216.
- Wu HJ, Yen CF y Kam YC. (2007). Metabolic compensation and behavioral thermoregulation of subtropical rhacophorid (*Polypedates megacephalus*) tadpoles in container habitats. *Comp Biochem Physiol B* 146: 101-106.

Yoshimura M y Okoshi I. 2005. A decrease in endemic odonates in the Ogasawara Islands, Japon. Bulletin of FFPRI 4: 45-51.

Zacharias L, Dimitriou E, Dekker A y Dorsman E. 2007. Overview of temporary ponds in the Mediterranean region: Threats, management and conservation issues. J Environ Biol 28(1): 1-9.

ANEXOS



Anexo I. Listado de 46 especies de aves registradas en Tierra Verde, Atlangatepec. La información* de esta tabla está basada en la base de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) <http://avesmx.conabio.gob.mx>

Espece	*Familia	*Estatus
<i>Aimophila botteri</i>	Emberezidae	Residente
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Icteridae	Residente
<i>Anas acuta</i>	Anatidae	Migratoria
<i>Anas clypeata</i>	Anatidae	Migratoria
<i>Anas crecca</i>	Anatidae	Migratoria
<i>Anas cyanoptera</i>	Anatidae	Residente
<i>Aphelocoma californica</i>	Corvidae	Residente
<i>Bubulcus ibis</i>	Ardeidae	Residente
<i>Buteo jamaicensis</i>	Accipitridae	Residente
<i>Carduelis psaltria</i>	Fringillidae	Residente
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Fringillidae	Residente
<i>Cathartes aura</i>	Cathartidae	Residente
<i>Ceryle alcyon</i>	Cerylidae	Migratoria
<i>Charadrius vociferus</i>	Charadriidae	Residente
<i>Circus cyaneus</i>	Accipitridae	Migratoria
<i>Columbina inca</i>	Columbidae	Residente
<i>Contopus pertinax</i>	Tyrannidae	Residente
<i>Empidonax hammondi</i>	Tyrannidae	Migratoria
<i>Falco sparverius</i>	Falconidae	Migratoria
<i>Fulica americana</i>	Rallidae	Residente
<i>Hirundo rustica</i>	Hirundinidae	Residente
<i>Lanius ludovicianus</i>	Laniidae	Residente
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Picidae	Residente
<i>Melospiza melodia</i>	Emberizidae	Residente
<i>Oriturus superciliosus</i>	Emberizidae	Residente
<i>Passer domesticus</i>	Passeridae	Residente (Introducida)
<i>Passerina caerulea</i>	Cardinalidae	Residente
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Hirundinidae	Migratoria
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Cardinalidae	Residente
<i>Picoides scalaris</i>	Picidae	Residente
<i>Picoides villosus</i>	Picidae	Residente
<i>Pipilo fuscus</i>	Emberizidae	Residente
<i>Plegadis chihi</i>	Threskornithidae	Residente
<i>Polioptila caerulea</i>	Sylviidae	Residente
<i>Porzana carolina</i>	Rallidae	Migratoria
<i>Psaltriparus minimus</i>	Aegithalidae	Residente
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Tyrannidae	Residente
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Icteridae	Residente
<i>Sayornis nigricans</i>	Tyrannidae	Residente
<i>Sayornis saya</i>	Tyrannidae	Migratoria
<i>Setophaga coronata</i>	Parulidae	Migratoria
<i>Setophaga townsendi</i>	Parulidae	Migratoria
<i>Spizella passerina</i>	Emberizidae	Residente
<i>Toxostoma curvirostre</i>	Mimidae	Residente
<i>Zenaida macroura</i>	Columbidae	Residente
<i>Zonotrichia leucophrys</i>	Emberizidae	Migratoria

Anexo II. Listado de 16 especies de aves registradas en Ex-hacienda San Cristóbal. La información* de esta tabla está basada en la base de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) <http://avesmx.conabio.gob.mx>

Especie	*Familia	*Estatus
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	Corvidae	Residente
<i>Carduelis psaltria</i>	Fringillidae	Residente
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Fringillidae	Residente
<i>Contopus pertinax</i>	Tyrannidae	Residente
<i>Empidonax fulvifrons</i>	Tyrannidae	Residente
<i>Hirundo rustica</i>	Hirundinidae	Residente
<i>Hylocharis leucotis</i>	Trochilidae	Residente
<i>Passer domesticus</i>	Passeridae	Residente (Introducida)
<i>Passerina caerulea</i>	Cardinalidae	Residente
<i>Pipilo fuscus</i>	Emberizidae	Residente
<i>Sayornis saya</i>	Tyrannidae	Migratoria
<i>Spizella atrogularis</i>	Emberizidae	Residente
<i>Spizella passerina</i>	Emberizidae	Residente
<i>Thachycineta thalassina</i>	Hirundinidae	Residente
<i>Zenaida asiatica</i>	Columbidae	Residente ocasional
<i>Zenaida macroura</i>	Columbidae	Residente



PRESIDENCIA MUNICIPAL
IXTENCO, TLAX.
2011 - 2013



IXTENCO, TLAX. 01 DE AGOSTO DE 2011.

CONVENIO RELATIVO A LA IMPLEMENTACION DE ESTANQUES ARTIFICIALES EN EL PARQUE NACIONAL MALINCHE

ESTE H. AYUNTAMIENTO DE IXTENCO, TLAX. POR LAS FACULTADES QUE LA LEY LE OTORGA A SUS REPRESENTANTES Y POR LO SOLICITADO QUEDANDO EN COMÚN ACUERDO CON LOS REPRESENTANTES E INVESTIGADORES DEL CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGÍA DE LA CONDUCTA (C.T.B.C.) PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA (U.A.T.) Y LA UNIDAD PERIFÉRICA TLAXCALA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (U.N.A.M.) QUE EN LA INFRAESTRUCTURA QUE OCUPA LA DENOMINADA ESTACIÓN CIENTÍFICA LA MALINCHE UBICADA EN EL PARQUE NACIONAL MALINCHE (P.N.M.) CERCANA A LA CASETA No 5 DE LA COORDINACIÓN GENERAL DE ECOLOGÍA DEL ESTADO, Y SITUADA EN EL MUNICIPIO DE IXTENCO, TLAX; SIENDO LAS DIECISÉIS HORAS DEL DÍA PRIMERO DE AGOSTO DE DOS MIL ONCE, ANTE LA PRESENCIA DEL PROFESOR MARCELO ANTONIO AGUILAR SÁNCHEZ, EN SU CARÁCTER DE PRESIDENTE MUNICIPAL DE IXTENCO, TLAX., DEL CIUDADANO ANSELMO DÍAZ IRIGOYEN, REGIDOR DE ECOLOGÍA, OBRA Y DEPORTE DEL MUNICIPIO DE IXTENCO, PERSONALIDAD QUE ACREDITAN MEDIANTE NOMBRAMIENTO Y CON SU CREDENCIAL DE ELECTOR RESPECTIVA, ASÍ TAMBIÉN, DEL CIUDADANO JOSÉ LEÓN JULIO MARTÍNEZ GASPAR, COMISARIADO EJIDAL DEL MUNICIPIO DE IXTENCO, TLAX. PERSONALIDAD QUE ACREDITA MEDIANTE NOMBRAMIENTO Y CON CREDENCIAL DE ELECTOR CORRESPONDIENTE; ASIMISMO, DE LOS INVESTIGADORES DOCTORES JORGE RODRÍGUEZ ANTOLÍN Y MARGARITA MARTÍNEZ GÓMEZ, QUIENES SE IDENTIFICAN CON SUS PROPIAS CREDENCIALES DE ELECTOR.

SE PROCEDE A LEVANTAR EL SIGUIENTE CONVENIO DE COMÚN ACUERDO QUE TIENEN A BIEN FIRMAR TODAS LAS PARTES INVOLUCRADAS, SOBRE EL PROYECTO QUE SE LLEVARA A CABO EN EL MUNICIPIO DE IXTENCO, DENOMINADO "CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE ESTANQUES ARTIFICIALES EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE", TENIENDO COMO OBJETIVO PRINCIPAL EL DE CONTRIBUIR A LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES DEL PARQUE NACIONAL MALINCHE, DEL MUNICIPIO DE IXTENCO Y DEL ESTADO DE TLAXCALA, BAJO LOS SIGUIENTES:

ACUERDOS

PRIMERO: SE PERMITIRÁ UTILIZAR APROXIMADAMENTE 19,250 LITROS DE AGUA QUE EQUIVALEN A 962 GARRAFONES DE 20 LITROS DE AGUA POR DÍA, PARA ABASTECER DOCE ESTANQUES ARTIFICIALES QUE SE INSTALARÁN CON LA FINALIDAD DE CONSERVAR A LA FAUNA SILVESTRE DE LA REGIÓN, SITUÁNDOSE CERCA DE LA ESTACIÓN CIENTÍFICA LA MALINCHE.

CADA ESTANQUE TENDRÁ LAS SIGUIENTES MEDIDAS:

3.5 M DE LARGO X 2.5 M DE ANCHO Y UNA PROFUNDIDAD MÁXIMA DE 0 A 50 CM.
4.5 M DE LARGO X 3.5 M DE ANCHO (CERCADO).

Aln Gobierno de Compromiso y Acciones!

Municipio de Ixtenco, Tlax. Plaza de la Constitución Num. 1 MIT850101G14 C.P. 90508 Tel y Fax. 01 247 47 29 223



**PRESIDENCIA MUNICIPAL
IXTENCO, TLAX.
2011 - 2013**



COORDENADAS GEOGRÁFICAS DONDE SE UBICARAN LOS ESTANQUES:

- ESTANQUE 1.- N 19°14'30.4", W 097°58'47.2", 2963 msnm
- ESTANQUE 2.- N 19°14'32.0", W 097°58'57.2", 2990 msnm
- ESTANQUE 3.- N 19°14'35.6", W 097°59'06.7", 2982 msnm
- ESTANQUE 4.- N 19°14'37.9", W 097°59'16.5", 3055 msnm
- ESTANQUE 5.- N 19°14'39.5", W 097°59'26.7", 3051 msnm
- ESTANQUE 6.- N 19°14'42.8", W 097°59'37.5", 3102 msnm
- ESTANQUE 7.- N 19°14'44.4", W 097°59'48.3", 3132 msnm
- ESTANQUE 8.- N 19°14'39.8", W 097°59'57.7", 3159 msnm
- ESTANQUE 9.- N 19°14'37.0", W 098°00'08.3", 3190 msnm
- ESTANQUE 10.- N 19°14'31.9", W 098°00'17.9", 3221 msnm
- ESTANQUE 11.- N 19°14'30.1", W 098°00'37.5", 3283 msnm
- ESTANQUE 12.- N 19°14'14.3", W 098°01'10.8", 3443 msnm

SEGUNDO: SE TOMA EN CUENTA QUE EL AGUA UTILIZADA SE DEVOLVERÁ FILTRADA Y DE FORMA POTABLE A LA TUBERÍA DE IXTENCO, POR EL TIEMPO QUE DURE DICHO PROYECTO.

TERCERO: LA VIGENCIA DE ESTE PROYECTO SERÁ POR TIEMPO INDETERMINADO, HASTA QUE SE CUMPLA CON EL OBJETIVO PLANTEADO.

DANDO Estricto cumplimiento a sus obligaciones, todas las partes que intervienen en este acuerdo y que tienen con dicha área natural protegida.

EN VIRTUD DE LO ANTERIOR Y DE NO HABER CUESTION PENDIENTE POR REALIZAR SE CONCLUYE EL PRESENTE CONVENIO PARA LOS EFECTOS LEGALES A QUE HAYA LUGAR SIENDO LAS DIECISÉIS HORAS CON TREINTA MINUTOS DEL DÍA DE SU INICIO DE ESTE ACTO PROTOCOLARIO, FIRMANDO AL MARGEN Y CALCE LOS QUE EN EL INTERVINIERON

OTORGAN



**PROFESOR MARCELO ANTONIO AGUILAR SÁNCHEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL DE IXTENCO, TLAXCALA.**



**C. ANSELMO DÍAZ IRIGOYEN
REGIDOR MUNICIPAL DE ÉCOLOGÍA, OBRA Y
DEPORTE DEL MUNICIPIO DE
IXTENCO, TLAXCALA.**

**C. JOSÉ LEÓN JULIO MARTÍNEZ GASPAR
COMISARIADO EJIDAL DEL MUNICIPIO
IXTENCO, TLAXCALA.**



**COMISARIADO
EJIDAL DEL MUNICIPIO
IXTENCO, TLAXCALA.**

¡Un Gobierno de Compromiso y Acciones!



**PRESIDENCIA MUNICIPAL
IXTENCO, TLAX.
2011 - 2013**



[Handwritten signatures]

RECIBEN

DR. JORGE RODRIGUEZ ANTOLIN
COORDINADOR GENERAL DEL
CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGIA
DE LA CONDUCTA (CTBC)
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA.

DR. MARGARITA MARTINEZ GÓMEZ
COORDINADORA DE POSGRADO DEL CENTRO
TLAXCALA DE BIOLOGÍA DE LA CONDUCTA (UAT)
Y COORDINADORA ACADÉMICA DE LA
ESTACIÓN CIENTÍFICA LA MALINCHE (UNAM).

TESTIGOS

[Handwritten signature]

DR. AMANDO BAUTISTA ORTEGA
INVESTIGADOR DEL CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGÍA
DE LA CONDUCTA ESTACIÓN CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA LA MALINCHE

[Handwritten signature]

C. MA. DEL ROCIO AGUILAR OCOTE
REGIDOR DE SEGURIDAD, FOMENTO AGROPECUARIO,
TURISMO, ARTESANOS
MUNICIPIO DE IXTENCO, TLAX.

**REGIDOR MUNICIPAL
IXTENCO TLAXCALA
2011-2013**

C.C.P.- C. MIGUEL ANGOA CASTILLO.- REGIDOR DE PROTECCIÓN Y CONTROL DEL PATRIMONIO MUNICIPAL.
C.C.P.- C. NORMA BERNAL SÁNCHEZ.- REGIDOR DE EDUCACIÓN Y HACIENDA.
C.C.P.- C. FRANCISCA HERRERA GONZÁLEZ.- REGIDOR DE SALUD.
C.C.P.- ARCHIVO.

Un Gobierno de Compromiso y Acciones!

Municipio de Ixtenco, Tlax. Plaza de la Constitución Num. 1 MIT850101G14 C.P. 90508 Tel y Fax. 01 247 47 29 223

Anexo IV. Trámite para construcción de estanques artificiales donde se pide un estudio de impacto ambiental de cambio y uso de suelo.

Dr. Jorge Rodríguez Antolin.
Coordinador del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta.
Universidad Autónoma de Tlaxcala
Km.1.5 Carretera Tlaxcala/Puebla
CP 90070.

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES



Oficio No.DFT/G/0532/2011.
Tlaxcala, Tlax., a 15 de abril de 2011.
"2011, Año del Turismo en México".

En atención al escrito recibido, mediante el cual solicita se le indique los trámites para realizar el proyecto de investigación **"Conservación de la biodiversidad mediante la implementación de estanques artificiales en el Parque Nacional La Malinche"**; que pretende construir diez abrevaderos para aves y anfibios con una superficie de 8.5 metros cuadrados cada uno, ubicados a cada 250 metros en un transecto de 2.5 km en el paraje conocido como Cañada Grande dentro del Parque Nacional Montaña La Malinche; al respecto le informo que una vez realizadas las consultas técnicas a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental así como la visita al sitio por personal de esta Delegación, se tiene lo siguiente:

En términos de lo regulado por el Artículo 50 y 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como del Art. 5 Inciso S de su Reglamento en Materia de la Evaluación del Impacto Ambiental, esta autoridad determina que por tratarse de actividades de investigación que son permitidas dentro del "Parque Nacional Montaña La Malinche", por la información presentada en su intención de investigación, ha sido considerada por esta autoridad como indispensable para la conservación, protección e incremento de la fauna silvestre y que dicha actividad contribuye en el conocimiento e información de los recursos naturales del sitio, aunado que se ha considerado que la pretende realizar la Universidad Autónoma de Tlaxcala; esta autoridad determina con fundamento en el Art. 5 inciso S b) del Reglamento de la LGEEPA en materia de la Evaluación del Impacto Ambiental, que la actividad pretendida queda exceptuada de presentar la manifestación de impacto ambiental.

Sin embargo, por las características del terreno, y de las obras que pretende realizar, deberá presentar ante esta Delegación el trámite de Solicitud de Autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales para dar cumplimiento a lo establecido en los artículos 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y el 120 y 121 de su Reglamento. (Se anexan requisitos del trámite). Lo anterior en GPD/EFPI/HCG/JNBM



acuerdo con lo establecido en el artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, que a la letra dice: **“La Secretaría sólo podrá autorizar cambios de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo”.**

La anterior determinación se refiere a los aspectos de Impacto ambiental consideradas por ésta autoridad federal, por lo que no exime al solicitante dar cumplimiento a las condicionantes impuestas en los permisos o autorizaciones requeridas por otras autoridades Municipales, Estatales o Federales.

Sin más por el momento, aprovecho para saludarlo y quedo a sus órdenes.

ATENTAMENTE
EL DELEGADO FEDERAL

ING. GERMÁN PARRA DÁVILA.



C.c.p.-Mauricio Limón Aguirre.-Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental. Presente.
C.c.p.-Ing. Eduardo Enrique González Hernández.-Director General de Impacto y Riesgo Ambiental.-Presente.
C.c.p.-Dr. Francisco García García.-Director General de Gestión Forestal y de Suelos.Presente.
C.c.p.-Guillermo Ramírez Filippini.-Director Regional Centro y Eje Neovolcánico.Cuernavaca. Presente.
C.c.p.-Ing. Ramiro De La Cruz Díaz.-Delegado de la PROFEPA.-Ciudad.
C.c.p.- Expediente y Archivo.

GPD/EFP/HCB/JHBM

Anexo V. Listado de 54 especies de aves registradas en PNLM. La información* de esta tabla está basada en la base de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) <http://avesmx.conabio.gob.mx>

Especie	*Familia	*Estatus
<i>Aphelocoma californica</i>	Corvidae	Residente
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	Corvidae	Residente
<i>Atlapetes pileatus</i>	Emberizidae	Residente
<i>Buteo jamaicensis</i>	Accipitridae	Residente
<i>Cardellina pusilla</i>	Parulidae	Migratoria
<i>Cardellina rubra</i>	Parulidae	Residente
<i>Carduelis pinus</i>	Fringillidae	Residente
<i>Carduelis psaltria</i>	Fringillidae	Residente
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Fringillidae	Residente
<i>Cathartes aura</i>	Cathartidae	Residente
<i>Catharus guttatus</i>	Turdidae	Migratoria
<i>Certhia americana</i>	Certhilidae	Residente
<i>Circus cyaneus</i>	Accipitridae	Migratoria
<i>Colibri thalassinus</i>	Trochilidae	Residente
<i>Columbina inca</i>	Columbidae	Residente
<i>Columbina passerina</i>	Columbidae	Residente
<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	Residente
<i>Corvus corax</i>	Corvidae	Residente
<i>Empidonax hammondi</i>	Tyrannidae	Migratoria
<i>Eugenes fulgens</i>	Trochilidae	Residente
<i>Euphonia elegantissima</i>	Fringillidae	Residente
<i>Falco sparverius</i>	Falconidae	Migratoria
<i>Geothlypis nelsoni</i>	Parulidae	Residente
<i>Hylocharis leucotis</i>	Trochilidae	Residente
<i>Junco phaeotus</i>	Emberizidae	Residente
<i>Loxia curvirostra</i>	Fringillidae	Residente
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Picidae	Residente
<i>Myioborus miniatus</i>	Parulidae	Residente
<i>Myioborus pictus</i>	Parulidae	Residente
<i>Oreothlypis celata</i>	Parulidae	Migratoria
<i>Oriturus superciliosus</i>	Emberizidae	Residente
<i>Parus sclateri</i>	Paridae	Residente
<i>Passer domesticus</i>	Passeridae	Residente (Introducida)
<i>Peucedramus taeniatus</i>	Peucedramidae	Residente
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Cardinalidae	Residente
<i>Picoides scalaris</i>	Picidae	Residente
<i>Picoides stricklandi</i>	Picidae	Residente
<i>Picoides villosus</i>	Picidae	Residente
<i>Pipilo fuscus</i>	Emberizidae	Residente
<i>Pipilo maculatus</i>	Emberizidae	Residente
<i>Polioptila caerulea</i>	Syñviidae	Residente
<i>Psaltriparus minimus</i>	Aegithalidae	Residente
<i>Ptilogonys cinereus</i>	Ptilogonatidae	Residente
<i>Regulus calendula</i>	Regulidae	Migratoria
<i>Regulus satrapa</i>	Regulidae	Residente
<i>Setophaga coronata</i>	Parulidae	Migratoria
<i>Setophaga townsendi</i>	Parulidae	Migratoria
<i>Sialia mexicana</i>	Turdidae	Residente
<i>Sitta carolinensis</i>	Sittidae	Residente

<i>Sitta pygmaea</i>	Sittidae	Residente
<i>Troglodytes aedon</i>	Troglodytidae	Residente
<i>Turdus migratorius</i>	Turdidae	Residente
<i>Zenaida asiatica</i>	Columbidae	Residente ocasional
<i>Zenaida macroura</i>	Columbidae	Residente
