

**PROTOCOLO**  
**“LA UAM LERMA, PATRIMONIO DE HUMEDALES,**  
**DE FLORA, FAUNA, ARTE Y CULTURA”**



Febrero 2023

## CONTENIDO

Presentación	2
Introducción	3
Objetivos I	4
Métodos	5
Cronograma	6
Anexos	8
Anexo 1. Revisión Bibliográfica del Humedal, Flora y Fauna	8
Anexo 2. Estimar la riqueza, diversidad de flora y humedales	8
Anexo 3. Estimar la riqueza, diversidad de vertebrados	11
Anexo 4. Identificación, mapeo y determinación de las condiciones ecológicas actuales del humedal.	16
Anexo 5. Acciones y recomendaciones para la restauración biológica	18
Anexo 6. Humedal como sistema natural de tratamiento	18
Anexo 7. Realizar un diagnóstico de las condiciones hidrológicas	20
Anexo 8. Evaluar los efectos del cambio de uso de suelo escorrentía	20
Anexo 9. Estudio de la dinámica y composición hidrogeoquímica del agua	20
Anexo 10. Material de difusión y divulgación	21
Anexo 11. Promover la creación de obras artísticas	
Anexo 12. Diseñar un sendero pedagógico	
Bibliografía	23

Foto portada: Foto Rurik List

## **PROTOCOLO “LA UAM LERMA, PATRIMONIO DE HUMEDALES, DE FLORA, FAUNA, ARTE Y CULTURA”**

### **Presentación**

Este proyecto interdisciplinario busca contribuir a una acción contemplada en el programa 10 del Plan de Desarrollo Sostenible ante el Cambio Climático de la Universidad Autónoma Metropolitana para el periodo 2022-2030. El cual establece como objetivo “Fomentar y apoyar la participación del alumnado en diversas actividades relacionadas con la mitigación y adaptación al cambio climático”.

La presente iniciativa deriva del compromiso social de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma con el entorno regional. El propósito que se persigue es contribuir al conocimiento, preservación y difusión del patrimonio que representan los humedales, la flora, la fauna, las manifestaciones artísticas y culturales de la institución.

Para alcanzar dicho propósito, este proyecto pretende construir vínculos entre el personal académico de las Divisiones de Ciencias Básicas e Ingeniería, Ciencias Biológicas y de la Salud y Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Así como integrar al alumnado para trabajar en actividades enfocadas en promover la sustentabilidad y la difusión de la ciencia por medio de actividades de difusión y vinculación con la sociedad.

## **Introducción**

Las Ciénegas de Lerma son el conjunto de humedales de agua dulce más extensos de la región de Toluca y de Ciudad de México, ubicados al oriente del Valle de Toluca en el Estado de México. Actualmente cubren alrededor de 3,000 hectáreas, repartidos en tres cuerpos de agua separadas entre sí, Chignahuapan (Almoloya del Río, 346 ha), Chimaliapan (Lerma, 2081 ha) y Chicnahuapan (Atarasquillo 596 ha). Las Ciénegas de Lerma abarcan menos del 10% de su extensión original a finales del siglo XIX. Las Ciénegas de Lerma presenta diversos ambientes acuáticos, los cuales mantienen a más de 400 especies de plantas y vertebrados (CONANP, 2018). Entre los vertebrados, las aves son el grupo taxonómico más diverso con 150 especies reportadas para la región, debido a ello se declaró un Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICA) en 1999 (Arizmendi y Márquez-Valdemar, 2000). En el 2002, se declara como un Área de Protección de Flora y Fauna las Ciénegas de Lerma, y por la importancia de sus humedales se declaró sitio RAMSAR en el 2004 (CONANP 2022).

La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma está ubicada al oriente del noreste de la cabecera municipal de Lerma, en una zona de campo abierto que aún mantiene elementos del paisaje natural de las Ciénegas de Lerma. Como parte de su misión institucional, la UAML mantiene su compromiso con el cuidado del medio ambiente y el entorno social regional.



## **Objetivo general**

Caracterizar los humedales, la flora, la fauna y contribuir a la recuperación y conservación de la diversidad biológica; así como difundir las manifestaciones artísticas y culturales que forman parte del patrimonio de la UAM Unidad Lerma.

## **Objetivos específicos**

1. Realizar una revisión bibliográfica de las características físicas, hidrológicas, hidrogeológicas, de la flora y fauna (vertebrados terrestres) para el área que comprende la UAM Unidad Lerma y su área de influencia, y sistematizar la información en una base de datos.
2. Estimar la riqueza, abundancia y diversidad de la flora y vegetación en el área que comprende la UAM Unidad Lerma y cartografía asociada.
3. Estimar la riqueza, abundancia y diversidad de los vertebrados en el área que comprende la UAM Unidad Lerma y cartografía asociada.
4. Identificar y mapear los remanentes de humedal dentro del terreno de la unidad, y determinar las condiciones ecológicas actuales y cartografía asociada.
5. Recomendar acciones que contribuyan a la protección y conservación de la flora, fauna y recuperación del sistema de humedales en la UAM Unidad Lerma.
6. Evaluar la viabilidad de la construcción de un humedal para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Unidad Lerma.
7. Realizar un diagnóstico de las condiciones hidrológicas actuales en la microcuenca influencia de la UAM Lerma con la finalidad de proponer alternativas para la conservación hídrica de sus humedales.
8. Evaluar los efectos del cambio de uso de suelo en la microcuenca de influencia la UAM-Lerma sobre el régimen de escurrimientos superficiales.
9. Realizar el estudio de la dinámica y composición hidrogeoquímica del agua subterránea en el campus de la unidad con la finalidad de conocer su participación con la biodiversidad del humedal.
10. Diseñar y elaborar material de difusión, divulgación y didáctico a partir de la información generada de la caracterización de humedades, flora y fauna en la UAM Unidad Lerma.
11. Promover la creación de obras artísticas vinculadas con la flora, la vegetación, la fauna y demás características ecológicas propias de los humedales.
12. Diseñar un sendero pedagógico que permita realizar recorridos al interior de la unidad Lerma; en el que los participantes puedan identificar la biodiversidad que alberga la institución.

## **Métodos**

El proyecto interdisciplinario “La UAM Lerma, patrimonio de humedales, de flora, fauna, arte y cultura” se desarrollará a lo largo de un año de estudio incluyendo los aspectos hidrológico, hidrogeológico, geofísico, hidroquímico, percepción remota, biológico, educativo y artístico. Es anual, con la finalidad de registrar las especies migratorias de invierno y de verano, así como a las transitorias y residentes (Howell y Webb, 1995; Wilson et al., 1996), ya las especies de flora que solo son visibles o identificables en determinada estación del año.

Debido a la magnitud y naturaleza interdisciplinaria, el proyecto incluye varios componentes que tienen que ver con aspectos fisicoquímicos del humedal, la caracterización biológica del humedal, de la flora y fauna, acciones de remediación y restauración; así como de la divulgación de dichos saberes por medio de materiales educativos y artísticos, a través de los cuales se busca hacer una difusión social de la ciencia de manera adecuada.

## Cronograma

Concepto	Actividades	Meses de trabajo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
<b>Objetivo 1</b> Revisión bibliográfica de la flora y fauna	1.1 Trabajo de gabinete	X	X											
	1.2 Compilación de información y base de datos		X	X										
	1.3 Elaboración de informe				X									
<b>Objetivo 2</b> Estimar la riqueza, diversidad de flora y humedales	2.1 Compra de reactivos	X			X	X	X	X	X	X	X	X		
	2.2 Trabajo de campo		X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	2.3 Procesamiento de datos			X								X		
	2.4 Elaboración e informe													
<b>Objetivo 3</b> Estimar la riqueza, diversidad de vertebrados	3.1 Compra de equipo	X												
	3.2 Trabajo de campo		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	3.3 Procesamiento de datos			X	X	X	X	X	X	X	X			
	3.4 Elaboración de informe											X		
<b>Objetivo 4</b> Identificación, mapeo y determinación del condiciones ecológicas actuales del humedal	4.1 Trabajo de campo		X	X	X	X	X	X						
	4.2 Procesamiento de datos y discusión						X	X	X	X				
	4.3 Elaboración de informe											X		



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

<p><b>Objetivo 5</b> Recomendaciones y acciones de restauración</p>	<p>5.1 Análisis y discusión de la problemática 5.2 Síntesis y redacción de informe</p>						X	X	X	X	X		
<p><b>Objetivo 6</b> Humedal como sistema natural de tratamiento</p>	<p>6.1 Configuración del sistema híbrido 6.2 Inoculación y arranque del sistema 6.3 Técnicas analíticas 6.4 Elaboración de Informe</p>												
<p><b>Objetivo 7</b> Realizar un diagnóstico de las condiciones hidrológicas</p>													
<p><b>Objetivo 8</b> Evaluar los efectos del cambio de uso de suelo escorrentía</p>													
<p><b>Objetivo 9</b> Estudio de la dinámica y composición hidrogeoquímica del agua subterránea</p>													
<p><b>Objetivo 10</b> Material de difusión y divulgación</p>	<p>10.1 Diseño de infografías, trípticos 10.2 Elaboración de videos 10.3 Elaboración de podcast</p>				X	X	X	X					



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

<p><b>Objetivo 11</b> Promover la creación de obras artísticas</p>	<p>11.1 Compra de material 11.2 Creación de obra artística musical, visual, escultórica o en formato digital</p>					X	X	X	X	X				
<p><b>Objetivo 12</b> Diseñar un sendero pedagógico</p>	<p>12.1 Planeación urbana del sendero 12.2 Pago de obra de infraestructura 12.3 Planeación e instrumentación pedagógica del sendero</p>	X	X	X	X	X	X	X	X	X				

## **Anexos**

### **Anexo 1. Revisión Bibliográfica del Humedal, Flora y Fauna**

#### **A) Trabajo de gabinete**

Esta etapa involucra la compilación de información histórica y reciente de las características físicas del humedal y las especies de flora y fauna del área de estudio. La información se recabará a partir de la revisión de colecciones científicas, publicaciones científicas, literatura gris y por medio de la consulta de la base de datos digital de Naturalista/CONABIO ([www.naturalista.mx](http://www.naturalista.mx)) y de *Global Biodiversity Information Facility* ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)), y de trabajo realizado en la unidad, entre otras.

A partir del trabajo de gabinete se generará una cartografía de la localización del área de estudio que muestreo los diferentes tipos de uso de suelo, listados de especies de flora y de fauna (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Los listados por grupo estarán arreglados taxonómicamente, además tendrán: nombre científico; nombre común; estatus de permanencia (residentes, migratorias de invierno, de verano y transitorias) para el caso de las aves; endemismo; estado de protección según normas nacionales e internacionales (NOM-059-SEMARNAT-2010, Lista Roja de IUCN, CITES).

### **Anexo 2. Estimar la riqueza, diversidad de flora y humedales**

#### **B) Trabajo de campo**

Se realizarán muestreos mensuales de 2 días de duración para recabar información sobre las características físicas y de las formas de vida presentes en el área (árboles, arbustos y hierbas), describir de manera general la litología, el tipo de agua, la estructura de la comunidad vegetal (riqueza y abundancia) y su variación estacional.

*Diseño y tamaño de muestra.* Se establecerán 6 unidades de muestreo de agua superficial/subterránea, vegetación en las comunidades vegetales dominantes del



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

área de estudio. Estas unidades de muestro se distribuirán de manera aleatoria donde exista una cobertura más uniforme de la vegetación y permanecerán fijas a lo largo de la duración del estudio.

*Unidades de muestreo.* Las unidades de muestreo consistirán en cuadros con la siguiente disposición: 1) Cuadrante de 10m x 10m: la evaluación y caracterización hidrogeológica y de las comunidades vegetales, donde se consideran únicamente la cobertura arbórea; 2) Cuadrante de 5 x 5m: dentro del cuadrante de 10 x 10 m, se establecerá un subcuadrante de 5 x 5 m, donde sólo se considerarán los arbustos; 3) Cuadrante de 1 x 1m: dentro del cuadrante de 5 x 5 m, se establecerá un subcuadrante de 1 x 1 m, donde será considerada la cobertura herbácea.

*Actividades y datos de campo.* Las actividades que se desarrollarán en cada una de las unidades de muestreo y la información que se recabará y sistematizará en bases de datos son las siguientes:

- I. Registro de la ubicación de la unidad de muestreo con GPS y marcado con estaca/cinta que facilite su ubicación y se generará la respectiva cartografía (1:25,000).
- II. Definición de los cuadrantes 10x10m, 5x5m, 1x1m
- III. Toma de datos de todas las morfoespecies de hierbas del cuadrante 1x1m: identificación de morfoespecie, porcentaje de cobertura por especie y altura promedio estimada por especie.
- IV. Toma de foto y colecta de muestra en cuaderno de todas las especies del cuadrante 1x1m.
- V. Toma de datos de todos y cada uno de los individuos arbustivos del cuadrante 5x5m: identificación de la morfoespecie, diámetro a la base del tallo, altura total y cobertura.
- VI. Toma de foto y colecta de muestra en cuaderno de todas las especies del cuadrante 5x5m.



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

- VII. Toma de datos de todos y cada uno de los individuos arbóreos del cuadrante 10x10m: identificación de la morfoespecie, diámetro a la altura del pecho, altura total, cobertura y estado fitosanitario.
- VIII. Toma de foto y colecta de muestra en cuaderno de todas las especies del cuadrante 10x10m.

### **Estudio del Humedal**

*Litología del humedal.* Mediante prospección geofísica se definirá un modelo de capas que integran el humedal.

*Flora acuática.* El muestreo se realiza a lo largo de la orilla de los cuerpos de agua, agrupando a las plantas por su afinidad al medio acuático en: Acuáticas estrictas, subacuáticas y tolerantes (Lot et al., 1999). En los casos que sea necesario ingresar al cuerpo de agua para la colecta de algún ejemplar, será necesario el uso de botas de hule o trajes de pescador. Los ejemplares colectados serán preservados y determinados siguiendo la guía de campo de Lot y colaboradores (2015).

*Toma de muestras de agua:*

1. Se coleccionarán muestras de agua superficial para determinar su composición química a partir del análisis químico de los iones mayoritarios (aniones: Cloruros, sulfatos, bicarbonatos y nitratos; cationes: sodio, potasio, calcio y magnesio) y elementos traza como hierro, plomo, cadmio, arsénico, silicio.

### **Anexo 3. Estimar la riqueza, diversidad de fauna**

#### **B) Trabajo de campo**

Anfibios y Reptiles

Se realizarán muestreos mensuales de 2 días de duración, con la finalidad de poder registrar la diversidad de anfibios y reptiles presentes en el área de estudio ubicadas dentro del UAM Unidad Lerma.



*Tipo de muestreo.* El muestreo se basará en el método de transectos de franja o de línea de aproximadamente 50 m de largo por dos metros de ancho, este método permitirá cuantificar a las especies de anfibios y reptiles más conspicuas en el área (Heyer et al., 2001). Se buscarán los anfibios y reptiles bajo rocas y hojarasca utilizando ganchos herpetológicos para evitar cualquier accidente como una mordedura. Las lagartijas se pueden capturar por medio de ligas de hule gruesas, lanzándolas al estirarlas con un dedo y orientadas hacia el individuo, de manera que al golpearlo produzcan una inmovilización temporal que permite atraparlo sin causar un daño al ejemplar (Casas-Andreu et al., 1991). A todos los ejemplares capturados se identificará su especie a partir de guías de campo Dodd (2010) y Flores Villela (1995).

#### Aves

Se realizarán muestreos mensuales de 1 días de duración, con la finalidad de poder registrar la diversidad de aves presentes en el área de estudio ubicadas dentro del UAM Unidad Lerma.

*Tipo de muestreo.* El muestreo se basará en los métodos de Conteo por Puntos y de Observaciones Libres, se registrará la presencia con fotografías y grabaciones de las vocalizaciones de las especies, en los casos que sea posible. Los Conteos por Puntos se realizan a lo largo de un transecto, en donde se llevan a cabo observaciones en puntos separados entre sí cada 50 m, en los cuales se registran todas las aves observadas durante 10 minutos. En cada punto se toma una georreferencia, número de punto, hora, especies observadas/escuchadas, número de individuos por especie, distancia y altura de observación. Cada conteo/transecto consta comúnmente de 10 puntos y se realiza uno por las mañanas (del amanecer hasta las 10:00 u 11:00 horas) y otro por las tardes (de las 16:00 horas a las 18:00 horas, es decir, poco antes de oscurecer). En el resto del tiempo se realizarán observaciones libres, con la finalidad de enriquecer los registros de presencia en el área. Para la identificación de las aves se emplearon binoculares Bushnell 7X35 y las guías de campo de Dunn y Alderfer (2011) y Peterson y Chaliff (1989).



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

## Mamíferos

Se realizarán muestreos mensuales de 2 días de duración, con la finalidad de poder registrar la diversidad de mamíferos presentes en el área de estudio ubicadas dentro del UAM Unidad Lerma.

*Tipo de muestreo (pequeños mamíferos).* El muestreo de pequeños mamíferos terrestres será usando trampas tipo Sherman (plegadizas de 8x9x23cm). Se identificarán al menos dos sitios y en cada uno de ellos se colocarán 16 trampas arregladas dentro de una cuadrícula de 4 líneas y 4 columnas colocando una trampa Sherman cada 10 m. Las trampas Sherman serán cebadas con una mezcla de hojuelas de avena, crema de cacahuete y vainilla. Los muestreos se realizarán durante la luna nueva evitando de esta manera el fenómeno de fobia lunar observado en pequeños mamíferos (Wolfe y Summerlin, 1989). Se marcarán todos los roedores silvestres capturados con aretes metálicos pequeños que es una técnica de muestreo no invasiva, segura y ampliamente usada por su eficiencia, para poder estimar su abundancia y densidad a lo largo del muestreo (Wilson et al., 1996).

*Registro de datos.* Los ejemplares capturados de talla corporal pequeña se les tomarán los siguientes datos en un formato predeterminado: 1) trampa; 2) especie; 3) sexo; 4) edad, se estimará a partir de la coloración del pelaje en tres categorías: juvenil, subadulto y adulto; 5) medidas somáticas: longitud total, longitud de la cola, longitud de la pata, longitud de la oreja y peso, con la ayuda de un vernier y regla métrica (precisión de  $\pm 0.05$  mm y 1 mm, respectivamente) y una pesola de 300 g; y 6) condición reproductiva, se determinará en las hembras por palpación del vientre y de las glándulas mamarias como inactivas, preñadas o lactantes, y los machos por la posición de los testículos en abdominales o escrotados (Wilson et al., 1986).

*Tipo de muestreo (pequeños mamíferos voladores).* Para el muestreo de los murciélagos se usarán tres redes de niebla (Mist-net) de 2.6 x 9 metros arregladas en forma de "T", optimizando de esta forma el esfuerzo de captura (Kunz, 1982).



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

Las redes serán colocadas en lugares estratégicos y con vegetación dominante. Los sitios serán muestreados una noche cada mes, durante la luna nueva evitando el fenómeno de fobia lunar (Morrison, 1978). Las redes se abrirán a la puesta del sol, permaneciendo así durante 4 h, tiempo en el que son más activos los murciélagos (Willig, 1986) y se revisarán las redes cada media hora o antes dependiendo de la tasa de captura de murciélagos (Kunz, 1982). Además, se empleará un detector de murciélagos Echo Meter Touch 2 de la marca Wildlife Acoustics para registrar aquellas especies de murciélagos de vuelo alto a partir de sus vocalizaciones, por lo regular especies insectívoras, que no son capturados en las redes de niebla ya que éstas son colocadas a menos de 3 metros del suelo.

*Registro de datos.* Los ejemplares capturados se les tomarán los siguientes datos en un formato predeterminado: 1) especie; 2) hora de captura; 3) sexo; 4) edad (estimada mediante la observación en presencia de cartílago en la cuarta falange metacarpal en las siguientes categorías: juvenil, subadulto y adulto); 5) longitud del antebrazo; 6) peso, con una pesola de 100 g (precisión de  $\pm 0.3$  g); 7) condición reproductiva, la cual se determinará en las hembras por palpación del vientre y desarrollo de las glándulas mamarias como inactivas, preñadas o lactantes, múltiparas o nulíparas; y los machos por la posición de los testículos, abdominales o escrotados (Kunz, 1982; Medellín et al., 1997). Para el caso de las llamadas de ecolocalización de los murciélagos se usará el compendio de Ortega y colaboradores (2022).

*Fototrampeo.* El fototrampeo es una técnica de muestreo no invasiva y está enfocada principalmente en registrar animales de tamaño mediano y grande. Esta técnica permite el registro (fotografía/video) de especies difíciles de observar por avistamientos directos (Chávez et al., 2013). Se colocarán 5 cámaras trampa de la marca Bushnell Trophy Trail Camera 20MP o un equipo similar. Cada cámara trampa se colocará en áreas con cobertura de vegetación natural y preferentemente en la intersección de 2 a 3 senderos, se sujetaron en la base de los troncos a una altura de 40 cm del suelo. Las cámaras se configuraron para tomar una foto y un

video de 15 segundos, permanecerán activas las 24 horas del día durante la duración del estudio, cada mes se descarga la tarjeta de memoria y se revisan las baterías, si es necesario se remplazarían por unas nuevas (Chávez et al., 2013).

### **C) Análisis de resultados**

Se estimó el Índice de Abundancia Relativa (IAR) de cada especie a partir de la fórmula propuesta por Jenks et al. (2011):

$$IAR=C/EM*100$$

Donde: C = eventos independientes de captura

EM= Esfuerzo de muestreo (días de muestreo \* # de estaciones)

100 días trampa (unidad estandarizada)

Se estimó la diversidad real utilizando el estimador de números de diversidad Hill (Jost, 2006; Chao et al., 2014). Los números de diversidad de Hill, ( $q=0$ =riqueza,  $q=1$ = índice exponencial de Shannon y  $q=2$ = índice inverso de Simpson), tienen como unidades números de especies y miden lo que se denomina el número efectivo de especies presentes en una muestra, son una medida del grado de distribución de las abundancias relativas entre las especies (Magurran, 1987). Este estimador permite obtener una mejor estimación en comparación con los índices de diversidad tradicionales (e.g. Shannon y Simpson) debido al principio de duplicidad y el número efectivo de especies y sus abundancias (Jost, 2006; Chao et al., 2014).

Como complemento se graficó para cada tipo de grupo taxonómico las curvas de rango-abundancia, en cuyo eje horizontal (X) se ubican las especies ordenadas de mayor a menor abundancia y en el eje vertical (Y) los valores de abundancia relativa ( $p_i = n_i/N$ ) multiplicada por 100 para convertirla en porcentaje. Estos valores se transformaron a escala logarítmica base 10 (Magurran, 1987).



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

## **Anexo 4. Identificación, mapeo y determinación de las condiciones ecológicas actuales del humedal**

### **A) Trabajo de gabinete**

Implementar un Sistema de Información Geográfico para el planteamiento de actividades de campo, y análisis de resultados. Deberá incluir información como modelo digital de elevación, uso de suelo presente y por construir, traza de los cuerpos de agua que se encuentran dentro del campus.

### **B) Trabajo de campo**

b.1) Revisión de los piezómetros que existen en la unidad y del pozo ubicado en las cercanías de las cisternas. La geolocalización de los piezómetros se incluirá en el SIG para conocer la distribución actual y ver si es suficiente para integrar un mapa de cargas hidráulicas y así conocer la dirección del flujo y el gradiente hidráulico. Comparar con el estudio que se hizo anteriormente. Si los piezómetros no tuvieran una adecuada distribución en todo el campus, se plantearía la posibilidad de la construcción de varios.

b.2) Un insumo importante es conocer la precipitación pluvial, temperatura para estimar la evapotranspiración que es una componente del ciclo hidrológico del campus. Por lo que se hará la revisión de estación meteorológica tanto en su funcionamiento, como en el almacenamiento de información que haya generado la estación.

b.3) Nivelación topográfica de los piezómetros que están funcionando y en el canal ó Apantle Las Garzas. Si se construyeran piezómetros, se incluirían en la red de nivelación (precisión requerida es 1 cm).

b.4) Instalación de las escalas limnimétricas en el humedal, adicional a la que se tiene y que aún no se ha instalado. También se incluiría en la red de monitoreo.



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

b.5) Recuperar los dispositivos electrónicos para la medición de niveles del agua, automatizados, que ya se tenían en desarrollo con el Dr. Jacobo Sandoval.

b.6) Habilitación de espacios para toma de muestras de agua alrededor del humedal de la unidad.

b.7) Instrumentación de piezómetros para medición automatizada de niveles, pH, Ce y temperatura, con el dispositivo propuesto por Montoya-Nolasco (2020).

b.8) Medición de niveles del agua, toma de muestras de agua y medición de parámetros fisicoquímicos en piezómetros, pozo, Ciénega y en el apantle para continuar con lo realizado por Berrón et al. (2018). Los parámetros y técnicas utilizar serían:

Parámetro	Equipo de medición
pH (potencial de hidrógeno)	Conductronic PC19
CE(conductividad eléctrica)	Conductronic PC19
Temperatura °C	Conductronic PC19
Alcalinidad Total	Técnica de titulación de una solución de ácido clorhídrico al 0.01N de J. T. Baker®, con fenolftaleína y naranja de metilo como indicadores
Amonio	HI733 Hanna
Cloruro	Conductronic PC19
Nitrato	Conductronic PC19
PO4	Kit Hanna 717
NO2	HI764
Coliformes fecales y totales	Técnica de número más probable
Turbidez	Turbidímetro portátil 2100Q, Hach

Se tomarán 15 muestras de agua al menos en piezómetros, pozo, ciénega y en el apantle para análisis de cationes y aniones en el Laboratorio de Geoquímica ambiental en el Centro de Geociencias, UNAM. Así también se colectarán muestras para análisis de isótopos estables de O18-D para conocer su asociación con agua de lluvia y/o procesos de evaporación, así como de contaminación por residuos sólidos y agua residual. La determinación se haría en el IMTA.



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

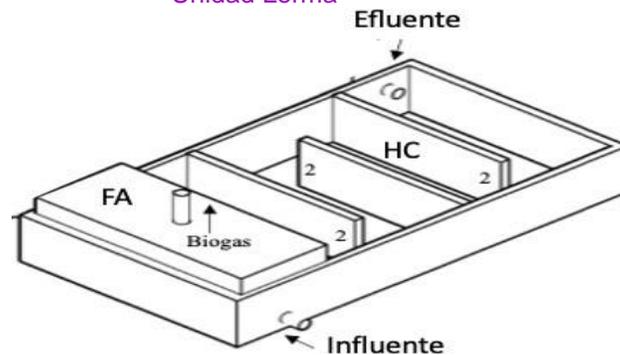
### **Anexo 5. Acciones que contribuyan a la protección y conservación de la flora, fauna y recuperación del sistema de humedales.**

Estas acciones estarán encaminadas a la conservación de la flora y fauna, así como a la recuperación del Humedal presente en la UAM Unidad Lerma, Las acciones que se implementarán dependerán del grado de afectación que será evaluado a partir del diagnóstico de estos grupos.

### **Anexo 6. Humedal construido como sistema natural de tratamiento**

#### **1. Configuración del sistema híbrido**

El filtro anaerobio (primer módulo) tendrá dimensiones de 0.5 m de alto, 0.35 m de ancho y 0.75 m de largo, mientras que el humedal subsuperficial horizontal (segundo módulo) tendrá dimensiones de 0.5 m de alto, 0.75 m de largo y 1 m de largo (Figura 1). El humedal cuenta con 3 mamparas, a 0.15 m de distancia cada una. La finalidad de las mamparas es para mejorar el aspecto hidrodinámico, es decir, incrementar el contacto del agua residual-planta y agua residual-microorganismo. El sistema híbrido estará construido de material de concreto. El flujo de alimentación será controlado por una bomba peristáltica (Watson-Marlow 114DV). El filtro anaerobio se empacará con piedra tezontle, al igual que el humedal subsuperficial. El humedal se inoculará con *Scirpus holoschoenus* (junco) como vegetación emergente de la Unidad Lerma.



**Figura 1.** Configuración del sistema híbrido. FA (filtro anaerobio); HC (Humedal construido), 2 (mamparas)

## 2. Inoculación, arranque y estabilización del sistema híbrido

Inicialmente se caracterizará el agua residual de la unidad Lerma en términos de DQO soluble, DBO<sub>5</sub>, pH, Sólidos Suspendidos Totales (SST), oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>), amonio, y fosfatos. Posteriormente, el sistema híbrido se alimentará con agua residual generada por los edificios O y P, a un TRH de 7 días. El filtro anaerobio se inoculará con lodo anaerobio proveniente de una planta de tratamiento de aguas residuales del Instituto Interamericano de Ciencias y Tecnología del Agua (IITCA), Atlacomulco, Estado de México. Durante la investigación, se tomarán muestras líquidas, 3 veces por semana, para la medición de DQO, amonio, nitrito, nitrato, O<sub>2</sub>, pH, SST, etc.

## 3. Técnicas analíticas

Para la determinación de amonio se utilizará un electrodo selectivo del ion amoniaco (Marca HANNA). La DQO se determinará por espectrofotometría, por el método de reflujo cerrado. El nitrato y nitrito se determinarán por HPLC (Marca Agilent). El pH y oxígeno disuelto se determinarán por un electrodo selectivo marca HANNA. Los SST se determinarán por el método APHA. La DBO<sub>5</sub> y fósforo total se mandarán analizar al laboratorio externo de ICAMEX.

**Anexo 7. Realizar un diagnóstico de las condiciones hidrológicas actuales en la microcuenca influencia de la UAM Lerma con la finalidad de proponer alternativas para la conservación hídrica de sus humedales.**

**Anexo 8. Realizar Evaluar los efectos del cambio de uso de suelo en la microcuenca de influencia la UAM-Lerma sobre el régimen de escurrimientos superficiales.**

## **Anexo 9. Estudio de la dinámica y composición hidrogeoquímica del agua subterránea**

## **Anexo 10. Proyecto educativo y artístico**

Con el propósito de difundir los resultados de las investigaciones sobre la biodiversidad del humedal se propone diseñar material educativo y obra artística que permita al público interno y externo a la unidad Lerma comprender las características de la flora, la fauna y demás elementos del ecosistema.

De manera precisa, se pretenden elaborar los recursos siguientes:

### 1) Material educativo

- 1.1 Se diseñará un sendero interactivo en el cual los participantes podrán acceder a información sobre el humedal en el que se encuentra la unidad Lerma. Dicho conocimiento será generado por investigadoras e investigadores de CBS que participan en este proyecto
- 1.2 Se diseñarán recursos educativos impresos y digitales que permitan al público acceder a la información sobre el humedal de manera clara y sencilla. Ejemplo de dichos materiales son: infografías, podcast, videos cortos, información en el sitio web
- 1.3 Se planearán visitas guiadas por el sendero interactivo dirigidas al público infantil y juvenil, las cuales serán realizadas por estudiantes de la UAM Lerma
- 1.4 Se hará el boceto de un videojuego relacionado con la biodiversidad del humedal

### 2) Obra artística

- 2.1 Se diseñarán piezas musicales que contengan sonidos ambientales de los humedales de la UAM unidad Lerma
- 2.2 Se hará una exposición fotográfica sobre la flora, la fauna, la vegetación y el suelo de los humedales de la UAM unidad Lerma
- 2.3 Se realizarán esculturas alusivas a la flora, la fauna, la vegetación y el suelo de los humedales de la UAM unidad Lerma
- 2.4 Se realizarán obras artísticas digitales alusivas a la flora, la fauna, la vegetación y el suelo de los humedales de la UAM unidad Lerma

Para la realización de estas actividades se convocará a estudiantes y profesorado de la División de Ciencias Sociales y Humanidades. Algunas de las actividades se llevarán a cabo por medio de personas prestadoras de Servicio Social y para otras se puede convocar a un concurso específico, por ejemplo de fotografía o escultura.

## Bibliografía

- Arizmendi, M.C., y L. Márquez-Valdemar. 2000. Áreas de importancia para la conservación de las aves de México. México: Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las aves (CIPAMEX). México.
- Berrón-González, Y.P., I. Becerril-Mejía, E., Domínguez-Mariani. 2018. Evaluación de la composición del agua del Apantle de la UAM Lerma, presentado en el 4º Simposio Anual de Recursos Hídricos.
- Dunn, J. L. y J. Alderfer. 2011. National Geographic Field Guide to the Birds of North America. National Geographic Society, Estados Unidos.
- Casas-Andreu, G., Valenzuela-López G., Ramírez-Bautista, A. 1991. Como hacer una colección de anfibios y reptiles. Cuadernos del Instituto de Biología. México, UNAM.
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K., y Ellison, A.M. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84:45-67.
- Chávez, C., A. de la Torre, H. Bárcenas, R. A. Medellín, H. Zarza, G. Ceballos. 2013. Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2018. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Ciénegas del Lerma. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2022. Coordinación para la Atención de Humedales y Zonas Costero Marinas. [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_BIO\\_DIV01\\_06&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce&NOMBREENTIDAD=\\* &NOMBREANIO=\\*](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_BIO_DIV01_06&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=* &NOMBREANIO=*)
- Dodd, C. K. (Ed.). 2010. Amphibian ecology and conservation: a handbook of techniques. Oxford University Press. EEUU.
- Flores Villela, O. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México.
- Hammer, O., D.A.T. Harper, y P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

- Heyer, E.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek y M.S. Foster. (Eds.). 2001. Medición y monitoreo de la diversidad biológica. Métodos estandarizados para anfibios. Smithsonian Institution Press/ Editorial Universitaria de la Patagonia
- Howell, F. N. G., y S. Webb. 1995. A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press, New York, New York. 1010 pp.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.
- Kunz, T. H. 1982. Ecology of bats. Plenum Press, New York, New York. 425 pp.
- Lot, A., A. Novelo, M. Olvera y P. Ramírez. 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México: hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes. Serie Cuadernos 33, Instituto de Biología, UNAM, México.
- Lot, A., M. Olvera, C. Flores y A. Díaz. 2015. Guía ilustrada de campo Plantas Indicadoras de Humedales. Instituto de Biología / UNAM, México.
- Magurran, A. 1987. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Medellín, R. A., H. T. Arita y O. Sánchez. 1997. Identificación de los murciélagos de México, clave de campo. Publicaciones Especiales, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México. 83 pp.
- Montoya-Nolasco, R. 2020, Diseño de un dispositivo para medición automatizada de parámetros fisicoquímicos en Piezómetros, Proyecto Terminal de la Licenciatura en Ingeniería en Recursos Hídricos, UAM L. Directora: Eloísa Domínguez Mariani, Codirector: Jacobo Sandoval Gutiérrez, CBI, UAM-L.
- Morrison, D. W. 1978. Lunar phobia in a tropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Animal Behavior*, 26:852-855.
- Muñoz, C. I., O. López, N. Aréchiga, A. Z. Rodas, C. Trillanes, E. Rendón, R. A. Ruiz, C. Villanueva, C. Valle y O. Arellano. 2016. Colecta y conservación de muestras de fauna silvestre en condiciones de campo. Cuaderno 63. UAM. México.
- Ortega, J., M.C. Mac Swiney y V. Zamora. 2022. Compendio de los llamados de ecolocalización de los murciélagos insectívoros mexicanos. CONABIO-AMMAC, México.
- Peterson, R. T. y E. L. Chalif. 1989. Aves de México. Guía de campo. Editorial Diana. México, D.F.
- SEMARNAT [Secretaría del 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 de riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010:1-78.



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Unidad Lerma

- Willig, M. R. 1986. Bat community in South America: a tenacious chimera. *Revista Chilena de Historia Natural*, 59:151-168.
- Wilson, D. E., J. D. Nichols, M. Foster, F. R. Cole, R. Rudran (Editores). 1996. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals*. Smithsonian Books, Washington, EEUU. 440 pp.
- Wolfe, J.L., y C.T Summerlin. 1989. The influence of lunar light on nocturnal activity of the oldfield mouse. *Animal Behavior*, 37:410-414.