



UNIVERSIDAD DEL MAR

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO VOLADORES, PARA LA
ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE MANEJO EN LA UNIVERSIDAD DEL
MAR, CAMPUS PUERTO ESCONDIDO, OAXACA

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO DE FAUNA SILVESTRE

PRESENTA

MVZ Carlos Alfredo Villanueva Rodríguez

DIRECTOR

Dr. Carlos García Estrada

CO-DIRECTORA

MC. Helisama Colín Martínez

Puerto Escondido, Oaxaca, México

Noviembre, 2019

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	ii
RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1. Órdenes de mamíferos terrestres no voladores.....	5
2.1.1. Didelphimorphia.....	5
2.1.2. Pilosa.....	5
2.1.3. Cingulata.....	5
2.1.4. Soricomorpha.....	6
2.1.5. Primates.....	6
2.1.6. Carnivora.....	6
2.1.7. Perissodactyla.....	7
2.1.8. Artiodactyla.....	7
2.1.9. Rodentia.....	7
2.1.10. Lagomorpha.....	8
2.2. Conservación de la fauna.....	8
2.2.1. Áreas Naturales Protegidas (ANP).....	8
2.2.2. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC).....	10
2.2.3. Áreas Privadas de Conservación (APC).....	10
3. ANTECEDENTES.....	12
3.1. Estudios sobre diversidad de mamíferos en el estado de Oaxaca.....	12
3.2. Estudios sobre diversidad de mastofauna de la Planicie Costera del Pacífico.....	12
3.3. Estudios sobre diversidad faunística en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido.....	13
4. OBJETIVOS.....	14
4.1. Objetivo general.....	14
4.2. Objetivos específicos.....	14
5. HIPÓTESIS.....	15

6.	MATERIAL Y MÉTODOS	16
6.1.	Área de estudio.....	16
6.2.	Métodos	19
6.2.1.	Métodos directos	19
6.2.1.1.	Trampas Sherman.....	19
6.2.1.2.	Trampas Havahart.....	19
6.2.1.3.	Registros visuales	19
6.2.1.4.	Fotografías tomadas en el momento de los recorridos	19
6.2.2.	Métodos indirectos	20
6.2.2.1.	Cámaras trampa.....	20
6.2.2.2.	Huellas, excretas y madrigueras	20
6.2.2.3.	Olores y sonidos.....	20
6.3.	Gremios tróficos.....	20
6.4.	Horario de actividad	20
6.5.	Propuesta de manejo.....	21
6.6.	Análisis estadísticos.....	21
6.6.1.	Acumulación de especies.....	21
6.6.2.	Riqueza de especies	21
6.6.2.1.	Estimadores no paramétricos cuantitativos	22
6.6.2.2.	Estimadores no paramétricos cualitativos	22
6.6.3.	Diversidad alfa.....	23
6.6.4.	Distribución espacial de los mamíferos	24
7.	RESULTADOS.....	25
7.1.	Listado de especies	25
7.2.	Gremios tróficos.....	26
7.3.	Acumulación de especies	27
7.4.	Riqueza de especies.....	27
7.4.1.	Estimadores paramétricos y no paramétricos	27
7.5.	Diversidad alfa	27
7.6.	Horario de actividad	28
7.7.	Distribución espacial de los mamíferos.....	28

8.	DISCUSIÓN.....	30
8.1.	Riqueza de especies.....	30
8.2.	Especies silvestres	31
8.3.	Especies domésticas	34
8.4.	Distribución espacial	35
9.	CONCLUSIONES	38
10.	REFERENCIAS	39
11.	PLAN DE MANEJO PARA LAS ÁREAS VERDES DEL CAMPUS PUERTO ESCONDIDO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAR.....	47
11.1.	Introducción	47
11.2.	Objetivo.....	49
11.3.	Descripción del área	49
11.4.	Estrategias y recomendaciones.....	50
11.4.1.	Zonificación del campus Puerto Escondido.....	50
11.4.2.	Reconstrucción y/o reparación de límites.....	55
11.4.3.	Manejo y disposición de basura	56
11.4.4.	Implementación de bebederos artificiales en zonas de regeneración	57
11.4.5.	Conferencias educativas hacia la comunidad universitaria	57
11.5.	Referencias.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar. Datos proporcionados por el Dr. Carlos García Estrada.	16
Figura 2. Mapa de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, y convenciones correspondientes, proporcionado por la Coordinación de Promoción y Desarrollo.	18
Figura 3. Curva de acumulación de especies de mamíferos terrestres no voladores, de acuerdo al algoritmo Mao Tao y sus intervalos de Confianza, y al modelo de Clench, en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar.	27
Figura 4. Número real de registros, de acuerdo al horario de actividad de los mamíferos en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar.	28
Figura 5. Número de registros de especies de mamíferos terrestres no voladoras a. <i>Didelphis virginiana</i> , b. <i>Sylvilagus floridanus</i> , y la distancia más cercana a las edificaciones en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar.	29
Figura 6. Propuesta de zonificación del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar: Referencia visual sin edificaciones.	51
Figura 7. Propuesta de zonificación del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar: Referencia visual con imagen satelital y edificaciones de fondo.	52

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Lista de especies de mamíferos terrestres no voladores, de acuerdo a la propuesta de Ramírez-Pulido *et al.* (2014), registrados mediante los métodos directos (TH= Trampa Havahart, TS= Trampa Sherman, RV= Registro visual); e indirectos (CT= Cámaras trampa, E= Excreta, y RO= Registro olfativo) en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido..... 25
- Cuadro 2. Número de registros válidos y no válidos (entre paréntesis) obtenidos mediante métodos directos (TH= Trampa Havahart, TS= Trampa Sherman, RV= Registro visual) e indirectos (CT= Cámaras trampa, E= Excreta, y RO= Registro olfativo) en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido. 26

RESUMEN

Actualmente, las áreas verdes urbanas y periurbanas desempeñan un papel decisivo en la conservación de la biodiversidad ante la perturbación antropogénica, debido a que resguardan comunidades animales y vegetales. Por lo que, el estudio de la fauna en las áreas verdes urbanas es clave para el manejo adecuado de estos espacios. El objetivo de este estudio es conocer la diversidad de los mamíferos terrestres no voladores (MTNV) en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar, para generar una propuesta de manejo de las áreas verdes. Para este propósito, se muestreó durante seis periodos mensuales de siete días cada uno, desde diciembre de 2017 a mayo de 2018. Se utilizaron registros directos (trampas Sherman, trampas Havahart, registros visuales y fotografías tomadas en el momento de los recorridos), e indirectos (cámaras trampa, huellas, excretas, madrigueras, olores y sonidos). Se obtuvieron 178 registros, pertenecientes a 11 especies, agrupadas en 11 géneros, nueve familias y cuatro órdenes; de las cuales ocho especies correspondieron a fauna silvestre y tres especies a fauna doméstica. Los análisis solo incluyeron a los registros de fauna silvestre. La riqueza obtenida fue similar a la estimada por los índices cualitativos y cuantitativos ($s=8$), la diversidad alfa evidenció una equitatividad intermedia ($H' = 1.10$, $J = 0.53$). La relación entre el número de registros de las especies y la distancia a las edificaciones fue inversamente proporcional para omnívoros, directamente proporcional para los herbívoros y granívoros, e indeterminada para los gremios insectívoros y carnívoros. Con base en los registros obtenidos se elaboró un plan de manejo; se proponen cinco zonas, de acuerdo a las especies registradas y su distribución espacial. Se establecen actividades permitidas y no permitidas para cada zona y se emiten recomendaciones en el tema de límites perimetrales, manejo de la basura, implementación de bebederos y conferencias enfocadas al personal universitario. A pesar de la pequeña extensión del campus (13.3 ha), las áreas verdes de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido (algunas de las cuales han estado en proceso de regeneración desde hace 20 años), han favorecido la presencia de varias especies al interior de esta área verde periurbana, contribuyendo con su conservación.

1. INTRODUCCIÓN

Los mamíferos a través del tiempo han desarrollado diferentes tipos de adaptación de acuerdo a su locomoción en el medio terrestre, acuático o aéreo (Moreno *et al.* 2016). Estas adaptaciones están relacionadas con su morfología, por ejemplo, los mamíferos terrestres voladores están constituidos por aquellas especies con adaptaciones al vuelo (murciélagos), y mamíferos acuáticos y semi-acuáticos, por aquellas especies que pueden desarrollar sus actividades total o parcialmente en el agua (sea dulce o salada) (Moreno *et al.* 2016). En este estudio se considera a los mamíferos terrestres no voladores, como aquellas especies con adaptaciones para desplazamiento sobre el suelo en marcha (plantígrados, digitígrados, y ungulígrados), con adaptaciones al salto y con adaptaciones al desplazamiento arborícola.

El estado de Oaxaca, en el sur de México, presenta una gran diversidad fisiográfica, climática, florística y faunística, y una de las mayores riquezas de especies de artrópodos, plantas vasculares y vertebrados, razones por las que se le ha considerado un estado megadiverso (García-Mendoza 2004). Particularmente para el estado de Oaxaca se han reportado 216 especies de mamíferos terrestres, de las cuales 120 se distribuyen en la Planicie Costera del Pacífico y de estas, 72 especies corresponden a mamíferos terrestres no voladores (Briones-Salas *et al.* 2015).

A pesar de la alta riqueza de mamíferos en Oaxaca, su viabilidad se encuentra en riesgo a consecuencia de diversos factores como la expansión demográfica, la destrucción o modificación de sus hábitats, los incendios forestales, el cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias, el aprovechamiento forestal clandestino, uso de plaguicidas, cacería sin control y saqueo, entre otros más (González-Pérez *et al.* 2004, Lira-Torres *et al.* 2005a). Particularmente, la cada vez más extensa urbanización y, la consiguiente fragmentación de los parches verdes presentes en el ecosistema, ha impactado negativamente en las poblaciones de mamíferos (González-Pérez *et al.* 2004, Pautasso 2007, Aranzana 2016).

Por otro lado, el aumento de los asentamientos humanos, conlleva el incremento del deterioro ambiental, lo que repercute en la contracción cada vez mayor de los espacios que pueden albergar a la flora y fauna silvestres (Navarro-Frías *et al.* 2007). Lo anterior reduce el hábitat y fragmenta la vegetación, limitando el flujo natural de las especies de mamíferos en los corredores, principalmente aquellas no voladoras que por sus características biológicas tienen poca probabilidad de sortear estas barreras ecológicas, conllevando a su aislamiento y posible extinción (Navarro-Frías *et al.* 2007).

En la actualidad se conoce que no solamente las grandes áreas naturales y seminaturales pueden contar con una alta diversidad de flora, fauna y hábitats, sino que de la misma manera zonas urbanas y periurbanas pueden resguardar amplias variedades de organismos y comunidades tanto animales como vegetales (Cecelia 1997). Por esta razón, los espacios verdes urbanos y periurbanos juegan un papel decisivo en la conservación de la biodiversidad (Aranzana 2016). Es tan marcada su importancia que a escalas intermedias los ecosistemas urbanizados pueden ser más ricos en materia de biodiversidad, que sus inmediaciones, al contar con un mosaico más variado y heterogéneo de microhábitats como parques jardines, céspedes, huertos, eriales, cursos de agua, entre otros (Pautasso 2007).

Sin embargo, a gran escala y debido a que la mayoría de los asentamientos humanos y urbanizaciones se instalan en fondos de valle y sistemas riparios altamente productivos, se desarrolla una correlación negativa entre la población humana y el número de especies de plantas y vertebrados de una región; por lo tanto, existe una competición directa del hombre con la biodiversidad por el espacio vital, sumándose éste a la lista de perturbaciones causadas por el ser humano (Pautasso 2007). La presencia, abundancia y diversidad de la fauna en las zonas verdes urbanas y periurbanas depende de varios factores como la capacidad de dispersión de cada especie, el tamaño del parche, densidad y cobertura de la vegetación, la edad de la zona, la etapa sucesional consecuente, presencia de refugios, fuentes de agua y la frecuencia de las intervenciones de origen antrópico, factores que se han mostrado más favorables en zonas verdes periurbanas (Aranzana 2016).

Se ha observado que existe una escasa riqueza de fauna en las zonas verdes urbanas debido al pequeño tamaño y a la falta de complejidad en la estructura de la cubierta vegetal, además de la alta frecuencia de los cortes de mantenimiento, la poca utilización de especies arbustivas y la ausencia en general de arbolado viejo, madera muerta, refugios o puntos de agua, lo que se traduce en medios muy homogéneos y con comunidades empobrecidas. En el caso contrario, las zonas verdes periurbanas cuentan con una elevada biodiversidad debido a su mayor superficie, distanciamiento de los centros de población (reduce la contaminación acústica y lumínica), mayor conectividad ecológica y baja densidad de la red de caminos, lo que limita el impacto negativo de la afluencia de público (Aranzana 2016).

La Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, es un terreno de tamaño pequeño (13.3 Ha), que se encuentra rodeado de escasas construcciones y espacios verdes, de ubicación periurbana (en relación al centro de la ciudad), dividido en zonas donde se centralizan las actividades antrópicas, y donde se ejerce poco impacto en la periferia. Además, se ha favorecido la regeneración de un estado sucesional continuo en algunas áreas verdes, por lo que este trabajo busca estimar la diversidad de los mamíferos

terrestres no voladores en esta área, plantear una propuesta de manejo y conservación de las zonas verdes, para mejorar las condiciones de hábitat, disminuir los factores de riesgo y mortandad, que favorezcan su permanencia a corto, mediano y posiblemente largo plazo.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Órdenes de mamíferos terrestres no voladores

De acuerdo con Briones-Salas *et al.* (2015), los órdenes de mamíferos terrestres no voladores reportados en la Planicie Costera del Pacífico son:

2.1.1. Didelphimorphia

Incluye a todos los marsupiales del continente americano, conocidos como tlacuaches o zarigüeyas (Ceballos y Oliva 2005). Se caracterizan por la peculiaridad de sus genitales, los machos tienen el escroto y los testículos en posición anterior al pene, y las hembras poseen una bolsa ventral llamada marsupio (Nowak y Walker 1999). La mayoría de especies se distribuyen en América del Sur; únicamente siete especies están en México. *Didelphis virginiana* se extiende desde el sureste de Canadá y este de Estados Unidos, hasta el noroeste de Costa Rica (Ceballos y Oliva 2005). Su dieta es generalmente omnívora, pero otras especies son insectívoras, carnívoras, nectarívoras y herbívoras. El tamaño de camada varía de cuatro a ocho crías dependiendo la especie (Nowak y Walker 1999).

2.1.2. Pilosa

Agrupar a los osos hormigueros, tamandúas y perezosos (Nowak y Walker 1999, Reid 1997), sólo los dos primeros están en México. Los hormigueros poseen un cuerpo robusto, alargado, con un pelaje denso, patas traseras plantígradas y delanteras con garras falciformes (en forma de oz), hocico muy alargado, en forma tubular y curvado hacia abajo, sin dientes y con una lengua vermiforme (en forma de gusano) larga, viscosa y evaginable. Los tamandúas se caracterizan por poseer un hocico y lengua larga (cilíndrica y pegajosa), carecen de dientes, poseen garras grandes en sus miembros anteriores, y una cola larga y desnuda prénsil adaptada a un comportamiento arborícola. Por otra parte, los perezosos también poseen garras grandes en sus miembros anteriores, pero pueden ser dos o tres según la especie, y carecen de incisivos o caninos (Montgomery 1983). Se encuentran desde la región tropical de México, hasta el norte de Argentina (Nowak y Walker 1999, Reid 1997). Los osos hormigueros y tamandúas son mirmecófagos (dieta a base de hormigas y termitas), mientras que los perezosos son folívoros (dieta a base de hojas de árboles) (Álvarez del Toro 1977, Best y Harada 1985). Sólo tienen una cría por parto (Álvarez del Toro 1977, Montgomery 1983).

2.1.3. Cingulata

Incluye a los armadillos (Layne y Glover 1977). Se distinguen por poseer el cuerpo cubierto de placas óseas dérmicas, revestidas por escudos córneos a manera de coraza que varían en forma y número de franjas de acuerdo a la especie. Poseen de dos a tres

garras grandes en sus miembros anteriores; son homodontos (Ceballos y Oliva 2005). Se distribuyen desde el sur de los Estados Unidos, hasta Argentina (Ceballos y Oliva 2005). Los armadillos son insectívoros y omnívoros, e incluso carroñeros (Layne y Glover 1977, Ceballos González y Galindo Leal 1984). Las hembras generalmente tienen camadas de cuatro crías (Buchanan 1957).

2.1.4. Soricomorpha

Agrupar a los topos y musarañas (Nowak y Walker 1999). Son de tamaño pequeño y su aspecto es similar a un ratón. Tienen un hocico alargado; pelo lustroso; ojos pequeños o ciegos en especies con hábitos subterráneos; la cola es generalmente larga y funciona como órgano táctil, sin embargo, hay especies que carecen de ella. Su tasa metabólica es alta, por lo que necesitan comer constantemente para no perder su energía (Eisenberg y Redford 1989, Ceballos y Oliva 2005). Las musarañas se ubican desde el sureste de Canadá hasta Panamá, y los topos poseen una amplia distribución en Estados Unidos hasta la región media de México. Son insectívoros, pero algunos individuos de gran tamaño pueden ser carnívoros ocasionalmente. El tamaño de camada varía de dos a seis crías en las musarañas, y de dos a cinco crías en los topos (Nowak y Walker 1999).

2.1.5. Primates

Incluye los simios y monos, en México sólo se encuentran monos. Se caracterizan porque los pulgares tanto de miembros superiores e inferiores son oponibles. Los monos tienen colas largas, prensiles en algunos casos y el cráneo en términos generales es bien desarrollado (Wilson y Reeder 1993). La mayoría de las especies de monos están distribuidas en centro y sur América, y dos familias son exclusivas del continente americano y se encuentran en México (Wilson y Reeder 1993, Nowak y Walker 1999). Los monos son principalmente folívoros y frugívoros, pero también pueden ser omnívoros (Nowak y Walker 1999, Eisenberg 1981). El tamaño de camada puede ser de una o dos crías (Carpenter 1935, Neville *et al.* 1988).

2.1.6. Carnivora

Agrupar a todas las especies pertenecientes al suborden Feliformia y Caniformia (Wilson y Reeder 1993). Se caracterizan por sus piezas dentales: caninos desarrollados, premolares y molares adaptados para triturar, además de fuertes maxilares especializados para una dieta carnívora. Adicionalmente, poseen sentido de la vista, olfato y audición muy desarrollados (Nowak y Walker 1999). Los caniformes se distribuyen desde Alaska hasta Panamá, mientras que los feliformes están desde los Estados Unidos hasta Argentina (Wilson y Reeder 1993). Generalmente la dieta es carnívora, pero algunas especies pueden consumir, insectos, peces y material vegetal (Nowak y Walker 1999). El tamaño de camada varía entre una a 15 crías (Gittleman 1989, Vila *et al.* 1990).

2.1.7. Perissodactyla

Incluye a los tapires, caballos, asnos y rinocerontes (Wilson y Reeder 1993). En México solamente pueden encontrarse tapires en estado natural. Se caracterizan por el número impar de dedos (uno, tres, cinco) en sus extremidades, cubiertos por pezuñas (Nowak y Walker 1999). La especie de tapir presente en México tiene una distribución que abarca desde México hasta Colombia (Ceballos y Oliva 2005). La alimentación de los tapires es estrictamente herbívora, incluye pastos y hierbas (Ceballos y Oliva 2005). El tamaño de camada es una cría y excepcionalmente dos (Wilson y Reeder 1993, Nowak y Walker 1999).

2.1.8. Artiodactyla

Abarca a los bovinos, cerdos, pecaríes, jabalíes, hipopótamos, camellos, venados, berrendos, cabras y jirafas (Ceballos y Oliva 2005). En México solamente pueden encontrarse pecaríes, venados, berrendos, borregos y algunos bovinos en estado natural. Se caracterizan por el número par de dedos (dos a cuatro, con excepción de los miembros del género *Tayassu*) (Nowak y Walker 1999) que terminan en pezuñas, poseen extremidades largas y delgadas. Bóvidos y berrendos presentan cuernos sin ramificaciones, que pueden ser desarrollados por machos y hembras, cérvidos y antilocápridos presentan astas, que pueden ser ramificados o no, y son exclusivas de los machos (Nowak y Walker 1999). Los artiodáctilos se distribuyen prácticamente a nivel global, con excepción de Australia, Nueva Zelanda, Antártida, Madagascar y otras regiones insulares (Nowak y Walker 1999). Su alimentación es principalmente herbívora, pero los pecaríes son omnívoros ya que consumen frutos, plantas y materia animal (Eisenberg 1981). El tamaño de camada varía de una a tres crías en los berrendos (Ceballos y Oliva 2005), una a dos crías en los venados y pecaríes (Weber y Galindo Leal 1992, Ceballos y Oliva 2005) y una cría en los bovinos y borregos (Ruthberg 1984).

2.1.9. Rodentia

Incluye a ratones, ratas, ardillas, castores, tuzas, seretes, pacas y puerco espines (Ceballos y Eccardi 2003). En México pueden encontrarse todo tipo de roedores en estado natural, excepto a los castores. Se distinguen por sus incisivos que están en constante crecimiento, por lo que necesitan roer para evitar su crecimiento excesivo; carecen de caninos (Nowak y Walker 1999). Se distribuyen prácticamente a nivel global, con excepción zonas insulares muy aisladas y las regiones polares (Nowak y Walker 1999). Su alimentación es principalmente herbívora, a base de semillas, cortezas, frutos, hojas, bulbos y follaje, pueden complementar su dieta con insectos, otros invertebrados e incluso pequeños vertebrados (Ceballos González y Galindo Leal 1984). El tamaño de camada varía entre las especies, en las ardillas de cuatro a nueve (Ceballos González y Galindo Leal 1984), en los perritos de la pradera de dos a ocho (Ceballos y Oliva 2005),

en las tuzas y ratas canguro de una a seis (Hoffmeister 1986, Davidow-Henry *et al.* 1989), en los ratones espinosos y de abazones de dos a siete (Fleming 1974, Dowler y Genoways 1978, Ceballos Gonzáles y Galindo Leal 1984) y las ratas de uno a cinco (Nowak y Walker 1999).

2.1.10. Lagomorpha

Agrupar a los conejos, liebres y pikas (Wilson y Reeder 1993). En México solo están conejos y liebres en estado natural. Tienen cuerpo robusto. Las orejas y patas traseras son grandes, la cola es muy pequeña o ausente. El labio superior posee una ranura que permite ver los pares craneales de incisivos superiores (poseen un par delante o craneales, que tiene incisivos más grandes y uno detrás o caudales, con unos más pequeños) en forma de Y (Nowak y Walker 1999). Aunque las pikas no tienen distribución geográfica en el territorio nacional, estas poseen un cuerpo pequeño, con miembros delanteros y traseros cortos, orejas pequeñas y redondeadas, doble par de incisivos superiores y carecen de cola visible. Los lagomorfos se distribuyen prácticamente a nivel global, excepto en Madagascar, Australia, Nueva Zelanda, Antártida, y otras regiones insulares (Wilson y Reeder 1993). Son herbívoros, su dieta se basa en hojas, tallos, corteza de hierbas, arbustos y árboles (Ceballos y Miranda 2000). El tamaño de camada varía de dos a cuatro crías en las liebres (Flux y Angermann 1990), y de tres a ocho en los conejos (Ceballos Gonzáles y Galindo Leal 1984, Chapman y Ceballos 1990).

2.2. Conservación de la fauna

Ante el incremento en la perturbación, México ha adoptado diversos mecanismos para la conservación *in situ* de la fauna desde hace más de un siglo. Entre ellos están los siguientes:

2.2.1. Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Con el fin de promover la conservación de varias especies inicialmente forestales y posteriormente de flora y fauna de manera adjunta, las áreas naturales protegidas en México desempeñan un papel de vigilancia y protección, hacia los recursos de alto valor biológico en materia de biodiversidad nacional. La historia del nacimiento de las ANP en México surge de la necesidad de conservación por parte del gobierno federal (a finales del siglo XIX), de reservas acuíferas y forestales. A razón de ello, años después se declaró por primera vez un bosque nacional para la protección de recursos forestales, en el mandato del presidente Porfirio Díaz (Simonian, 1995). Sin embargo, es hasta el período del presidente Lázaro Cárdenas, en que se estableció de forma oficial el Sistema Nacional de Reservas Forestales y de Parques Nacionales en México, durante el cual se decretaron la mayoría de los parques nacionales existentes en la actualidad (SEMARNAT-CONANP 2007). Por esta razón desde sus orígenes a finales del siglo XIX,

hasta su completa consolidación en el transcurso del siglo XX y los tiempos actuales, las ANP constituyen una valiosa herramienta de conservación (Rincón 2006).

Las ANP son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional, que representan los diversos ecosistemas que posee la nación, donde el ambiente original no ha sido alterado de manera significativa. Originalmente la implementación de estas áreas implicaba la no intromisión antropogénica con un fin netamente conservacionista, donde el hombre sólo sería un espectador. Sin embargo, actualmente las estrategias se han modificado, no sólo para conservar, sino para realizar un manejo adecuado de los recursos existentes, mediante los llamados Servicios Ambientales. Estos son actividades en las que se da la posibilidad de obtener recursos financieros mediante la conservación, y comprende recursos hídricos, la biodiversidad, la captura del carbono y el ecoturismo (Yáñez Mondragón 2007, Martínez Sánchez *et al.* 2009).

Las ANP pueden ser decretadas por el gobierno federal o el estatal. En Oaxaca han sido decretadas seis áreas por el gobierno estatal que son administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Cuatro de ellas son clasificadas como Parques Estatales (Parque Estatal “Cerro Ta-Mee”, Parque Estatal de “Hierve el Agua”, Parque Estatal de “Cerro del Fortín”, Parque Ecológico Regional del Istmo) y dos como Zonas de Reserva Ecológica (Reserva Ecológica Estatal “La Sabana”, y “Zona de Reserva Ecológica y Área Natural Protegida”; SIMEC-CONANP 2018).

Adicionalmente, en el estado de Oaxaca existen otras ocho áreas naturales protegidas de carácter federal. Estas son: Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Parque nacional Benito Juárez, Parque nacional Huatulco, Parque nacional Lagunas de Chacahua, Monumento natural Yagul, Área de protección de flora y fauna Boquerón de Tonalá, Santuario Playa de Escobilla y Santuario Playa de la bahía de Chacahua. Estas fueron decretadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). La función de estas áreas es contribuir a la conservación multidisciplinaria de la riqueza biológica del estado de Oaxaca (Martínez Sánchez *et al.* 2009, SIMEC-CONANP 2018).

Teniendo en cuenta todas las implicancias del rango de acción, el impacto y la pertinencia de las funciones relacionadas con la conservación, en este caso de la fauna silvestre, las ANP como instituciones estatales o federales, son un instrumento principal determinante en la conservación de la biodiversidad y los bienes y servicios ecológicos (Yáñez Mondragón 2007). Por lo tanto, tienen un impacto directo en la presencia o ausencia de varias especies animales, como los mamíferos terrestres no voladores, tanto dentro de sus límites, como en sus inmediaciones y en zonas más alejadas.

2.2.2. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC)

Las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación, constituyen una alternativa para mantener la diversidad biológica representativa de México. Estas comparten los ideales, deberes y derechos de una ANP como la interpretación ambiental y el ecoturismo, pero con un origen netamente dependiente de actores descentralizados o ajenos a la autoridad ambiental. Estas áreas se desarrollaron como estrategias que le permiten a los propietarios de terrenos comunales, ejidales o privados, cuyos ecosistemas mantienen un buen estado de conservación, participar de manera activa en la conservación de ecosistemas, protección de flora y fauna y el aprovechamiento sustentable de los recursos biodiversos de una zona. Se procura dejar de lado el interés en la obtención de recursos económicos para su funcionamiento, bajo una consigna de buena voluntad, pues las entidades ambientales que fungen como actor regulador de la actividad como la CONANP, no ofrece beneficios económicos, ni realiza cobros por las asesorías o procesos administrativos para la certificación de nuevos proyectos (CONANP 2018, Anta 2007).

Estas iniciativas no buscan ni requieren reconocimientos de ningún tipo gubernamental e internacional. Se establecen entonces zonas o áreas de conservación para diferentes fines como son: la protección de manantiales, de sitios que sirven de refugio de fauna y la vida silvestre, áreas de captación de agua, lugares de aprovechamiento de productos forestales no maderables, entre otras, muchas de las cuales surgen a partir de los Programas de Manejo Forestal (Anta 2007).

En México, hasta el año 2019, se han registrado de manera oficial 408 ADVC, de las cuales 147 se encuentran en el estado de Oaxaca. Ellas se ubican en diferentes municipios, contando con una muy heterogénea extensión en hectáreas, y alta diversidad de ecosistemas (CONANP 2018). Generalmente estas están adscritas de manera legal a nombre de personas físicas, empresas de participación estatal, tierras de uso común, comunidades, sociedades, asociaciones y/o parcelas. Esto evidencia el éxito que ha tenido esta estrategia gubernamental, en la búsqueda de la conservación biológica mancomunada y apoyada por la población civil, bajo la guía de la autoridad ambiental inmediata.

2.2.3. Áreas Privadas de Conservación (APC)

Las herramientas de conservación de la biodiversidad en forma privada, consisten en actividades de protección y uso apropiado de los recursos naturales, con la participación voluntaria de actores privados o propietarios de tierras ricas en recursos biológicos. Las Áreas Privadas de Conservación (APC), constituyen una subcategoría de las ANP, y de la misma manera se encuentran sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, en las que los actores son dueños de tierras

(persona única), organizaciones ambientalistas, empresas, grupos comunales o indígenas y asociaciones o fundaciones (Zaragoza Quintana *et al.* 2015).

Las APC surgen a mediados de la década de 1980 gracias a actividades emprendidas por organizaciones no gubernamentales ambientalistas, que ofrecían asesorías para la planificación del manejo de terrenos de campesinos y comunidades. Estas difieren a las propuestas basadas en una decisión gubernamental, en que el propietario de manera voluntaria define el tipo de actividad que desea realizar, a fin de asegurar la preservación de su fuente de ingreso. Se firma un contrato entre propietarios y una organización civil, el cual tiene como objetivo darle a conocer las opciones que se aplicarán en el país, sobre las distintas formas para planear el uso futuro de la tierra, manteniendo su potencial económico y, a la vez, promoviendo la conservación de los recursos naturales (Zamorano Martínez 2014, Zaragoza Quintana *et al.* 2015).

Así mismo, pueden darse acuerdos voluntariamente pactados entre dos o más propietarios, en los que uno de ellos restringe el tipo o intensidad del uso sobre la tierra, para preservar sus atributos naturales, valores paisajísticos o aspectos culturales, arqueológicos, arquitectónicos o históricos. Finalmente, las APC representan un recurso hasta tres veces más económico que crear y manejar una ANP, pues al ser un trabajo de participación voluntaria, es social y políticamente atractivo, ya que no enfrenta los conflictos si no que trata de crear áreas protegidas de carácter público (Zamorano Martínez 2014, Zaragoza Quintana *et al.* 2015).

De esta manera, la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, funge como un APC, con un importante papel en la protección de especies y recursos naturales a nivel local. Esto debido a su extensión, ubicación y región geográfica en la que se encuentra, además de las características del terreno, la presencia de límites definidos, la vegetación primaria, secundaria, y sus bien diferenciadas zonas conservadas y de uso antropogénico. Todas estas características favorecen la presencia de diferentes especies animales y vegetales, que pueden llevar a cabo con naturalidad la mayoría de sus ciclos de vida y dinámica poblacional, dentro de los terrenos de la institución.

3. ANTECEDENTES

3.1. Estudios sobre diversidad de mamíferos en el estado de Oaxaca

La mayoría de los estudios de mamíferos en el estado se han restringido a trabajos sobre rodentia y quiróptera, los órdenes más abundantes (Sánchez-Cordero 2001, Barragán *et al.* 2010, García-García y Santos-Moreno 2014, García-Estrada *et al.* 2015). Uno de los primeros trabajos que abarcó el estudio de todos los mamíferos en el estado fue desarrollado por Goodwin (1969), quien compiló una extensa base de datos que incluye la clasificación taxonómica, distribución geográfica y situación ecológica de 195 especies, de las cuales 115 fueron terrestres no voladores. Otro trabajo que aglutina y actualiza el estado de los mamíferos fue el realizado por Briones-Salas y Sánchez-Cordero (2004) quienes determinaron 190 especies, y de las cuales 108 fueron terrestres no voladoras. Posteriormente, Sánchez-Cordero *et al.* (2014) reportaron 199 especies de mamíferos para el estado de Oaxaca, de estas 108 fueron terrestres no voladoras. Finalmente, Briones-Salas *et al.* (2015), compilaron 216 especies de mamíferos, de las cuales 120 fueron terrestres no voladoras.

3.2. Estudios sobre diversidad de mastofauna de la Planicie Costera del Pacífico

Los mamíferos de la Planicie Costera del Pacífico en Oaxaca han sido estudiados desde 1969 cuando Webb y Baker identificaron 37 especies de mamíferos en el suroeste de Oaxaca, de las cuales 22 fueron terrestres no voladoras. A inicios del nuevo siglo, Castillo-Pérez (2002) registró 43 especies de mamíferos en la región sudeste de Oaxaca, de estas 23 fueron mamíferos terrestres no voladores. De la misma manera, Lira-Torres *et al.* (2005a) encontraron para el Cerro de la Tuza, en el suroeste de Oaxaca, 52 especies de mamíferos, de las cuales 35 correspondieron a mastofauna terrestre no voladora. Ese mismo año, Lira-Torres *et al.* (2005b) enlistaron los mamíferos en la bahía y micro cuenca del río Cacaluta, en el municipio de Santa María Huatulco; reportaron 61 especies, de las cuales 29 correspondieron a terrestres no voladores.

Recientemente, Juárez Velasco (2016) determinó la diversidad de mamíferos terrestres no voladores medianos y grandes en el Jardín Botánico Chepilme perteneciente a la Universidad del Mar, reportó 10 especies y realizó una propuesta de manejo para esa misma área. Finalmente, Madrid Espinosa (2018) determinó la diversidad de mamíferos medianos y grandes, además de la evaluación de hábitat del Jardín Botánico Puerto Escondido, en las inmediaciones de Puerto Escondido, que hace parte de las instalaciones de la Universidad del Mar, donde registró nueve especies.

3.3. Estudios sobre diversidad faunística en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido

Uno de los primeros trabajos fue llevado a cabo por Pineda-Ramos (2014), quien realizó un muestreo de anfibios y reptiles; reportó 30 especies, de las cuales ocho pertenecieron a anfibios y 22 a reptiles. Por otra parte, Santos Altamirano (2015) estudió la diversidad, dieta y población de especies de murciélagos frugívoros, capturó 185 individuos pertenecientes a cuatro especies. Ambos estudios enfatizaron que, aunque el área de muestreo es relativamente pequeña, la conservación de las zonas verdes de transición entre la perturbación antrópica del campus, supone una prioridad actual, y futura tanto para la administración, comunidad educativa y trabajadores que desarrollan sus actividades dentro del campus.

De manera previa al presente estudio, Bojorges Baños y García Estrada (2013) determinaron la avifauna y mastofauna en los tres campus de la Universidad del Mar; encontraron para el campus de Puerto Escondido 17 especies, de las que 11 correspondieron a mamíferos terrestres no voladores. Adicionalmente, puntualizaron que los mayores riesgos para la mastofauna fueron la actividad antrópica, la presencia de perros y gatos y el mal manejo de la basura que fomentan la proliferación de especies invasoras y desplazan a la fauna nativa. En este trabajo se busca ampliar, actualizar y complementar la información obtenida en el estudio previo, para formular una propuesta de manejo de las áreas verdes en función de la transformación y expansión que ha sufrido el campus en años recientes.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Estimar la diversidad de los mamíferos terrestres no voladores, para realizar una propuesta de manejo en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar.

4.2. Objetivos específicos

- a. Estimar la riqueza y diversidad de los mamíferos terrestres no voladores.
- b. Conocer el gremio trófico al que pertenecen las especies, de acuerdo a la literatura.
- c. Determinar el horario de actividad de las especies de mamíferos presentes.
- d. Conocer la distribución espacial de los mamíferos terrestres no voladores con respecto a las edificaciones en el campus universitario.
- e. Realizar una propuesta de manejo de las zonas verdes, y la infraestructura universitaria que conforman el campus, mediante la determinación de los factores de riesgo que inciden negativamente sobre la estabilidad de la mastofauna y emitir recomendaciones que contribuyan a la atenuación de su impacto.

5. HIPÓTESIS

- a. Una zona verde urbana en el interior de una ciudad posee escasa riqueza faunística debido principalmente a su pequeño tamaño (menos de 20 hectáreas) y a la falta de complejidad en la estructura vertical y horizontal, sumado a la alta intervención e impacto humano en comparación a áreas verdes periurbanas (Aranzana 2016). Por lo que debido a la extensión del campus (13.3 Ha), y a la alta actividad humana llevada a cabo por las actividades de mantenimiento de áreas verdes, y el tránsito del personal universitario, se espera registrar especies de mamíferos generalistas y de valencia ecológica amplia.
- b. La urbanización altera las comunidades animales al modificar la composición y distribución espacial del hábitat donde forrajean las especies (Schimpp *et al.* 2018), por lo que se espera una relación directamente proporcional entre la distancia mínima a las construcciones del campus y el número de registros de mamíferos de gremios carnívoros, herbívoros y granívoros, y una relación inversamente proporcional para las especies omnívoras e insectívoras.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

La entrada principal al campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar está en el kilómetro 238 de la carretera federal 131 Puerto Escondido-Sola de Vega, en el municipio de San Pedro Mixtepec, distrito de Juquila, en la Planicie Costera del Pacífico, al sur del estado de Oaxaca, México. El campus se ubica entre las coordenadas geográficas $15^{\circ} 53' 20.69''$ N - $97^{\circ} 04' 43.57''$ W, y $15^{\circ} 53' 29.63''$ N - $97^{\circ} 04' 20.56''$ W, y su altura oscila entre los 74 y 90 m snm (Figura 1).

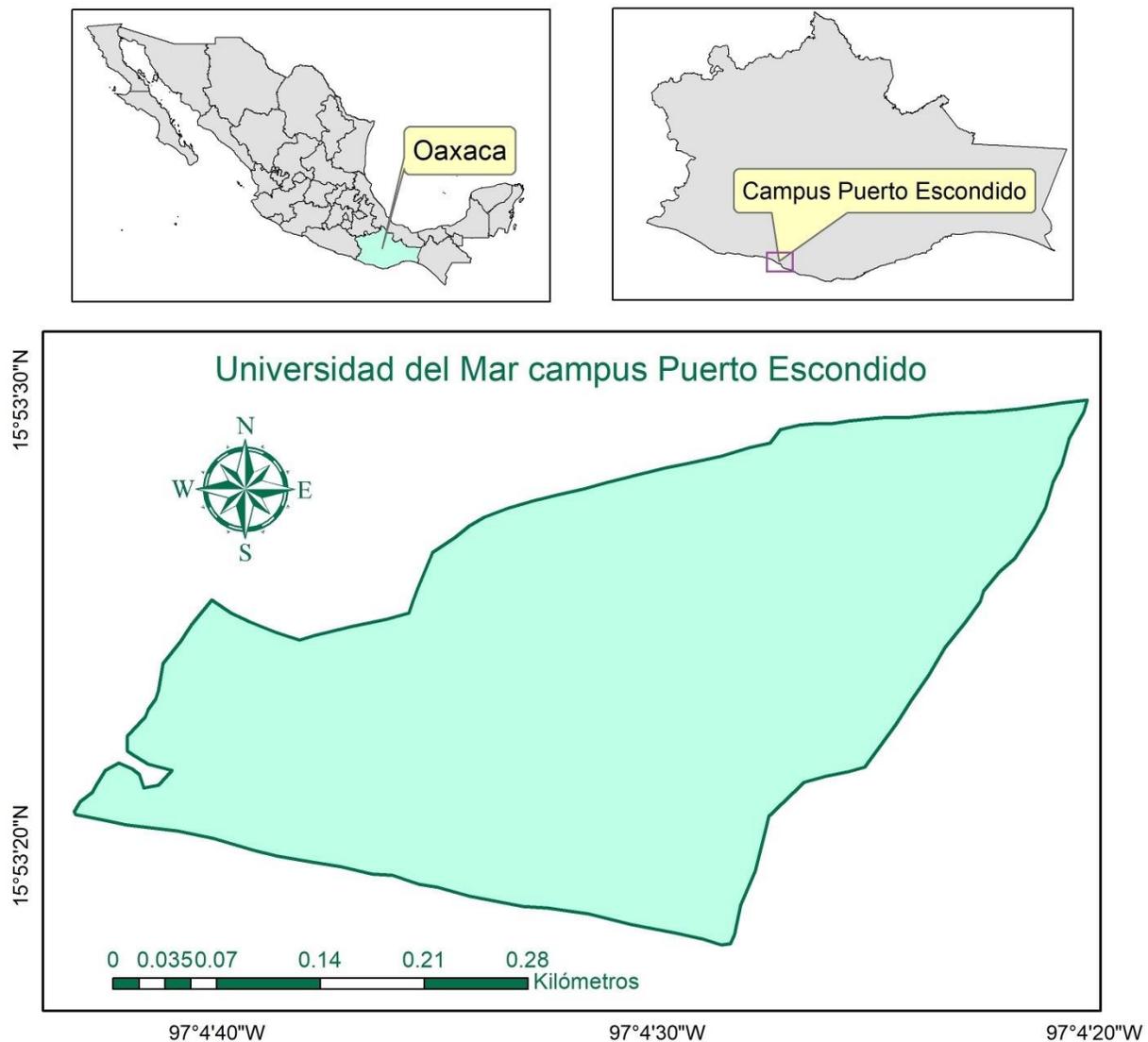


Figura 1. Ubicación geográfica del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar. Datos proporcionados por el Dr. Carlos García Estrada.

El clima es cálido subhúmedo con una temperatura media anual que varía de 22° a 28°C y una humedad relativa promedio de 84%; el mes más cálido es mayo con 33°C y el más frío es enero con 22°C (Trejo Vázquez 1999). La región se caracteriza por una época seca de noviembre a abril, otra de lluvias de mayo a octubre y un período de canícula entre julio y agosto. La precipitación media anual es de 795.2 mm (Torres Colín 2004).

El campus tiene una superficie de 13.3 hectáreas. El terreno fue utilizado para el cultivo de cacahuate, antes de la donación en 2001 por parte del gobierno municipal de San Pedro Mixtepec. A partir de entonces se han plantado especies representativas de la región como: *Enterolobium cyclocarpum* (parota), *Ceiba pentandra* (pochote), *Couratari guianensis* (caobilla), *Tamarindus indica* (tamarindo), *Cochlospermum vitifolium* (cojón de toro), *Tabebuia rosea* (maquil), *Acacia collinsii* (cornizuelo), *Cocos nucifera* (cocotero), *Gliricidia sepium* (cacahuanano), *Leucaena leucocephala* (huaje), *Pithecellobium dulce* (huamúchil), *Swietenia humilis* (caobilla), *Tabebuia rosea* (macuíl), entre otros. A pesar de esto, actualmente cuenta con un panorama variado de vegetación introducida, como *Mangifera indica* (mango), *Terminalia catappa* L. (árbol de almendro), *Byrsonima crassifolia* (nanche), *Delonix regia* (tabachin), Bambusoideae (bambú), *Azadirachta indica* (neem), *Bougainvillea glabra* (bugambilia), *Ixora casei* (canastita), *Laburnum anagyroides* (lluvia de oro), *Murraya paniculata* (limonaria), entre otras (Bojorges Baños y García Estrada 2013, Santos Altamirano 2015).

Actualmente dentro del campus existen 37 instalaciones o unidades que incluyen tanto edificaciones, como áreas abiertas de uso común. De esta manera se cuentan: institutos (2), laboratorios (8), administración (2) y servicios (25) (Figura 2). Así mismo, en el momento de la realización de este trabajo se encuentran algunas obras en proceso: como la construcción del edificio de posgrado al costado oeste de los apartamentos de profesores, y la expansión del edificio de servicios escolares. A partir del último estudio realizado por Bojorges Baños y García Estrada (2013), se han construido seis nuevas instalaciones de edificios dentro del campus que han modificado y aumentado la fragmentación de las zonas verdes, aunado a la construcción de nuevas obras dentro de los próximos años.



INSTITUTOS	
1	Instituto de Genética
2	Cubículo de Profesores
LABORATORIOS	
3	Lab de Genética
4	Lab de Biología
5	Lab de Química
6	Lab de Electrónica
7	Lab de productos Pecuarios
8	Lab de SIG (Sistemas de Información Geográfica)
9	Lab de Colecciones Biológicas
10	Taller para Tecnologías de Madera y Semillas
ADMINISTRACIÓN	
11	Rectoría
12	Vice-Rectoría Administrativa
13	Vice-Rectoría Académica y Servicios Escolares

SERVICIOS			
14	Casa del Rector	27	Auditorio
15	Estacionamiento (Unidad Habitacional)	28	Cafetería
16	Departamentos para Profesores	29	Estacionamiento Interior
17	Centro de Lavado	30	Estacionamiento Exterior
18	Biblioteca	31	Cancha de Usos Múltiples
19	Centro de Idiomas	32	Tanque de Agua Potable
20	Sala de Autoacceso	33	Sub Estación Eléctrica y Planta de Emergencia
21	Salas de cómputo	34	Monumento a Juárez
22	Aulas	35	Cisterna
23	Sala Audiovisual	36	Estación Meteorológica
24	Almacén y Mantenimiento	37	Clinica Robotizada
25	Caseta de Vigilancia 1	38	Edificio de Posgrado
26	Caseta de Vigilancia 2		

Figura 2. Mapa de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, y convenciones correspondientes, proporcionado por la Coordinación de Promoción y Desarrollo.

6.2. Métodos

El trabajo de campo se realizó mensualmente desde diciembre de 2017 hasta mayo de 2018, cada muestreo comprendió un período de siete días. El registro de las especies de mamíferos terrestres no voladores abarcó todo el campus de manera homogénea y se realizó a través de métodos directos e indirectos, los cuales fueron georreferenciados, con seguimiento de fecha y hora. Los registros obtenidos durante el muestreo fueron clasificados en válidos (aquellos correspondientes a especies silvestres), y no válidos (aquellos correspondientes a especies domésticas y silvestres únicamente cuando no existía una independencia de 24 horas entre las fotografías registradas por las cámaras trampa).

6.2.1. Métodos directos

Los métodos directos son todos aquellos que permiten la observación y/o manipulación directa de las especies del presente estudio, por parte de la o las personas que realizan el registro. De esta manera se emplearon como métodos directos las capturas mediante colocación de trampas, los registros visuales y las fotografías tomadas en el momento de los recorridos.

6.2.1.1. Trampas Sherman

Los individuos de talla pequeña se capturaron con 50 trampas tipo Sherman plegables, cuyas medidas son: 23.5 cm de largo, 9 cm de alto y 7.5 cm de ancho, y fueron cebadas con hojuelas de avena. Las trampas se pusieron en cinco transectos de 100 m donde se colocaron 10 trampas, con una separación de 10 m entre cada trampa. Las trampas Sherman se colocaron al atardecer y se revisaron al día siguiente.

6.2.1.2. Trampas Havahart

Para los individuos de talla mediana se emplearon cuatro trampas tipo Havahart, cuyas medidas fueron: 81.5 cm de largo, 31 cm de alto y 26 cm de ancho. Las trampas fueron cebadas con plátano durante las primeras tres noches, y con sardina a partir de la cuarta noche. Las trampas permanecieron abiertas hasta la finalización de cada muestreo.

6.2.1.3. Registros visuales

Se realizaron recorridos durante cada día de muestreo, con el fin de observar los mamíferos en la mañana, tarde y noche, e identificar su actividad.

6.2.1.4. Fotografías tomadas en el momento de los recorridos

Se registraron los mamíferos de manera particular, a través de cámaras fotográficas profesionales, teléfonos inteligentes personales o cualquier dispositivo digital pertinente.

6.2.2. Métodos indirectos

Los métodos indirectos son todos aquellos que permiten registrar evidencias de la presencia de individuos de una especie, sin que la persona que realiza los registros haya confirmado por sí misma su veracidad mediante observación o manipulación directa del individuo.

6.2.2.1. Cámaras trampa

Se utilizaron cuatro cámaras marca Bushnell, modelo 119467, configuradas con alta sensibilidad al calor y movimiento, con tres fotografías de ocho megapíxeles por detección y un minuto de intervalo entre cada evento. Para evitar la sobreestimación en el número de registros de una especie en cada cámara trampa, se consideró como registro válido aquellas fotografías con 24 horas de independencia entre cada evento.

6.2.2.2. Huellas, excretas y madrigueras

Las huellas y excretas fueron fotografiadas para ser comparadas con las guías de referencia de Aranda Sánchez (2012). También se registraron madrigueras identificadas como refugios pertenecientes a mamíferos terrestres no voladores.

6.2.2.3. Olores y sonidos

Se registraron olores o sonidos, que fueron identificados con base en el conocimiento de ellos mamíferos.

6.3. Gremios tróficos

Se consideró el gremio trófico de las especies de mamíferos terrestres no voladores, de acuerdo a la propuesta de González-Salazar *et al.* (2014), quienes se basaron en la dieta, hábitat de forrajeo, sustrato de obtención de alimento, técnica de forrajeo y período de actividad. Entre los diversos gremios señalados en la bibliografía, en la Planicie Costera del Pacífico se encuentran los siguientes: Carnívoro Cazador Diurno del Suelo, Granívoro Forrajero Nocturno del Suelo, Herbívoro Forrajero Diurno Arbóreo, Herbívoro Forrajero Nocturno del Suelo, Insectívoro Forrajero Arbóreo, Insectívoro Forrajero Nocturno del Suelo y Omnívoro Nocturno.

6.4. Horario de actividad

Se dividió el horario de actividad de los mamíferos en cuatro categorías: crepuscular matutina (intervalo antes de la salida del sol), diurna (intervalo que transcurre o tiene lugar durante el día, o tiempo en que hay luz solar), crepuscular vespertina (lapso después de

la puesta del sol) y nocturna (lapso durante el cual no hay luz solar, relacionado a la noche; RAE 2019).

6.5. Propuesta de manejo

Para la protección de las zonas verdes del campus universitario y la fauna reside dentro de sus límites, sea de manera transitoria o permanente, se elaboró un plan de manejo que incluye los factores de riesgo que pueden incidir negativamente sobre los mamíferos. Además, el documento abarca recomendaciones que buscan favorecer tanto a los mamíferos en particular, como a la biodiversidad en general, en el corto, mediano y largo plazo.

6.6. Análisis estadísticos

6.6.1. Acumulación de especies

Con el fin de evaluar el esfuerzo de muestreo, se construyó una curva de acumulación de especies de acuerdo al estimador de Mao Tao. El orden de los muestreos se aleatorizó 100 veces. La curva de acumulación de especies se comparó con el modelo de Clench, el cual asume que es posible en el área alcanzar la asíntota y que la taxonomía del grupo está bien definida (Moreno 2001).

$$S(t) = a * t / (1 + b * t)$$

donde:

- $S(t)$ = Número esperado de la lista.
- a = Pendiente al comienzo de la colecta.
- b = Acumulación de nuevas especies durante la colecta.
- t = Esfuerzo de colecta.

6.6.2. Riqueza de especies

El número de especies de mamíferos terrestres no voladores registrados se evaluó con los estimadores no paramétricos basados en datos cuantitativos (Chao₁ y ACE) y cualitativos (Chao₂ y Bootstrap).

6.6.2.1. Estimadores no paramétricos cuantitativos

Los estimadores no paramétricos cuantitativos permiten describir la estructura de las comunidades en términos de la abundancia proporcional de cada especie y la relación gráfica entre el valor de importancia de las especies (generalmente en una escala logarítmica), en función de un arreglo secuencial por intervalos de las especies de la más a la menos importante (Moreno 2001).

$$Chao1 = S + (a^2 / 2b)$$

donde:

- Chao1* = Estimador basado en abundancia de las especies con pocos individuos.
S = Número de especies.
a = Número de especies que están representadas solamente por un único individuo en la muestra (número de “singletons”).
b = Número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (número de “doubletons”).

$$ACE = Sabund + (Sr / CACE) + (F1 / CACE) \gamma 2ACE$$

donde:

- ACE* = Estimador basado en abundancia de las especies con pocos individuos.
Sabund = Número de especies con más de 10 individuos.
Sr = Número de especies = 10 individuos.
F1 = Número de especies con un individuo.
Nr = Número total de individuos pertenecientes a aquellas especies que tienen = 10 individuos.
CACE = $1 - (F1 / Nr)$
Fi = Número de especies con *i* individuos.
 γACE = Coeficiente de variación de los *Fi*.

6.6.2.2. Estimadores no paramétricos cualitativos

Se interpretan como estimadores no paramétricos en el sentido estadístico, ya que no asumen el tipo de distribución del conjunto de datos y no los ajustan a un modelo determinado. Requieren solamente datos de presencia y ausencia de especies (Moreno 2001).

$$Chao2 = S + (L2 / 2M)$$

donde:

- Chao2*= Estimador basado en incidencia (presencia-ausencia de una especie en una muestra).
- S* = Número total de especies registradas.
- L* = Número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”).
- M* = Número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (duplicados).

$$Bootstrap = S + S (1 - p_j)^n$$

donde:

- Bootstrap* = Estimador basado en incidencia (presencia-ausencia de una especie en una muestra).
- S* = Número total de especies registradas.
- p_j* = Proporción de unidades de muestreo que contiene cada especie.
- n* = Número de muestreos.

6.6.3. Diversidad alfa

Para estimar la diversidad alfa de las especies que se registraron durante el período de muestreo se usó el estimador Shannon-Wiener (Moreno 2001).

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

donde:

- H'* = Índice de diversidad de Shannon.
- p_i* = Proporción de individuos de la especie *i*.
- ln p_i* = Logaritmo natural de *p_i*.

El índice de Shannon-Wiener utiliza logaritmos, por lo que cuando se captura un solo individuo de una especie, el resultado es cero (debido a que el logaritmo de uno es igual a cero), por lo que se subestima la diversidad. Por esta razón se calculó la equitatividad (*J*) con la siguiente fórmula:

$$J = H' / H'_{\text{máxima}}$$

donde:

$J =$ Equitatividad.

$H' =$ Diversidad.

$H'_{\text{máxima}} =$ Número de especies ($\ln S$).

$S =$ Número de especies observado en una muestra.

6.6.4. Distribución espacial de los mamíferos

Con el fin de establecer la relación entre la cantidad de registros de especies de mamíferos terrestres no voladores dentro del campus, y la distancia que los separa de las edificaciones más cercanas (perturbación antropogénica más próxima), se realizó un análisis de regresión y un análisis de correlación de Pearson (Díaz y Fernández 2001).

7. RESULTADOS

7.1. Listado de especies

Durante el trabajo de campo, se obtuvieron 178 registros, pertenecientes a 11 especies, agrupadas en 11 géneros, nueve familias y cuatro órdenes. De las 11 especies obtenidas, ocho correspondieron a la fauna silvestre, y tres a fauna doméstica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de especies de mamíferos terrestres no voladores, de acuerdo a la propuesta de Ramírez-Pulido *et al.* (2014), registrados mediante los métodos directos (TH= Trampa Havahart, TS= Trampa Sherman, RV= Registro visual); e indirectos (CT= Cámaras trampa, E= Excreta, y RO= Registro olfativo) en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido.

Orden / Familia / Especie	Nombre común	Tipo de registro	Gremio Trófico
Didelphimorphia			
Didelphidae			
<i>Didelphis virginiana</i> Kerr	Tlacuache	CT, TH, RV, E	ON
Rodentia			
Sciuridae			
<i>Sciurus aureogaster</i> F. Cuvier	Ardilla gris	RV	HFDA
Heteromyidae			
<i>Heteromys pictus</i> Thomas	Ratón de abazones	TS	GFNS
Cricetidae			
<i>Reithrodontomys fulvescens</i> J. A. Allen	Ratón de campo	TS	IFA
Muridae			
* <i>Rattus rattus</i> Linnaeus	Rata doméstica	TS	
Carnivora			
Felidae			
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire)	Onza	CT, RV	CCDS
* <i>Felis silvestris catus</i> Schreber	Gato doméstico	CT, TH, RV	
Canidae			
* <i>Canis lupus familiaris</i> Linnaeus	Perro doméstico	CT, RV	
<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber)	Zorro gris	CT	ON
Mephitidae			
<i>Spilogale pygmaea</i> Thomas	Zorrillo pigmeo	RO	IFNS
Lagomorpha			
Leporidae			
<i>Sylvilagus floridanus</i> (J. A. Allen)	Conejo	CT, RV	HFNS

*Especie doméstica. La clasificación de gremios tróficos se basa en la propuesta de González-Salazar *et al.* 2014 (CCDS= Carnívoro Cazador Diurno del Suelo, G=FNS Granívoro Forrajero Nocturno del Suelo, HFDA= Herbívoro Forrajero Diurno Arbóreo, HFNS= Herbívoro Forrajero Nocturno del Suelo, IFA= Insectívoro Forrajero Arbóreo, IFNS= Insectívoro Forrajero Nocturno del Suelo y ON= Omnívoro Nocturno).

De los 178 registros, 115 pertenecen a especies de fauna silvestre y fueron válidos, 32 de ellos fueron inválidos y 31 registros correspondieron a especies domésticas (Cuadro 2). Solo los registros de las ocho especies de fauna silvestre válidos, fueron considerados para realizar los análisis.

Cuadro 2. Número de registros válidos y no válidos (entre paréntesis) obtenidos mediante métodos directos (TH= Trampa Havahart, TS= Trampa Sherman, RV= Registro visual) e indirectos (CT= Cámaras trampa, E= Excreta, y RO= Registro olfativo) en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido.

Especie	Tipos de Registro						Total de Registros
	TH	TS	RV	CT	E	RO	
<i>Didelphis virginiana</i>	30(0)	0(0)	1(0)	38(32)	1(0)	0(0)	70(32)
<i>Sciurus aureogaster</i>	0(0)	0(0)	9(0)	0(0)	0(0)	0(0)	9(0)
<i>Heteromys pictus</i>	0(0)	8(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	8(0)
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	0(0)	2(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	2(0)
* <i>Rattus rattus</i>	0(0)	0(14)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(14)
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	0(0)	0(0)	2(0)	2(0)	0(0)	0(0)	4(0)
* <i>Felis silvestris catus</i>	0(2)	0(0)	0(0)	0(11)	0(0)	0(0)	0(13)
* <i>Canis lupus familiaris</i>	0(0)	0(0)	0(0)	0(4)	0(0)	0(0)	0(4)
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	0(0)	0(0)	0(0)	2(0)	0(0)	0(0)	2(0)
<i>Spilogale pygmaea</i>	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	1(0)	1(0)
<i>Sylvilagus floridanus</i>	0(0)	0(0)	17(0)	2(0)	0(0)	0(0)	19(0)
	TOTAL						115(63)

*especie doméstica.

7.2. Gremios tróficos

Se registraron siete gremios tróficos, de los cuales el Omnívoro Nocturno estuvo representado por dos especies, en tanto que en los demás gremios (Carnívoro Cazador Diurno del Suelo, Granívoro Forrajero Nocturno del Suelo, Herbívoro Forrajero Diurno Arbóreo, Herbívoro Forrajero Nocturno del Suelo, Insectívoro Forrajero Arbóreo, e Insectívoro Forrajero Nocturno del Suelo) solo se registró una especie (Cuadro 1).

7.3. Acumulación de especies

La curva de acumulación de especies silvestres obtenida con el algoritmo Mao Tao, se ajustó al modelo de Clench ($a= 1.07$, $b= 0.11$, $\rho= 0.94$). La curva de acumulación de mamíferos terrestres no voladores no alcanzó la asíntota, el modelo predijo 10 especies.

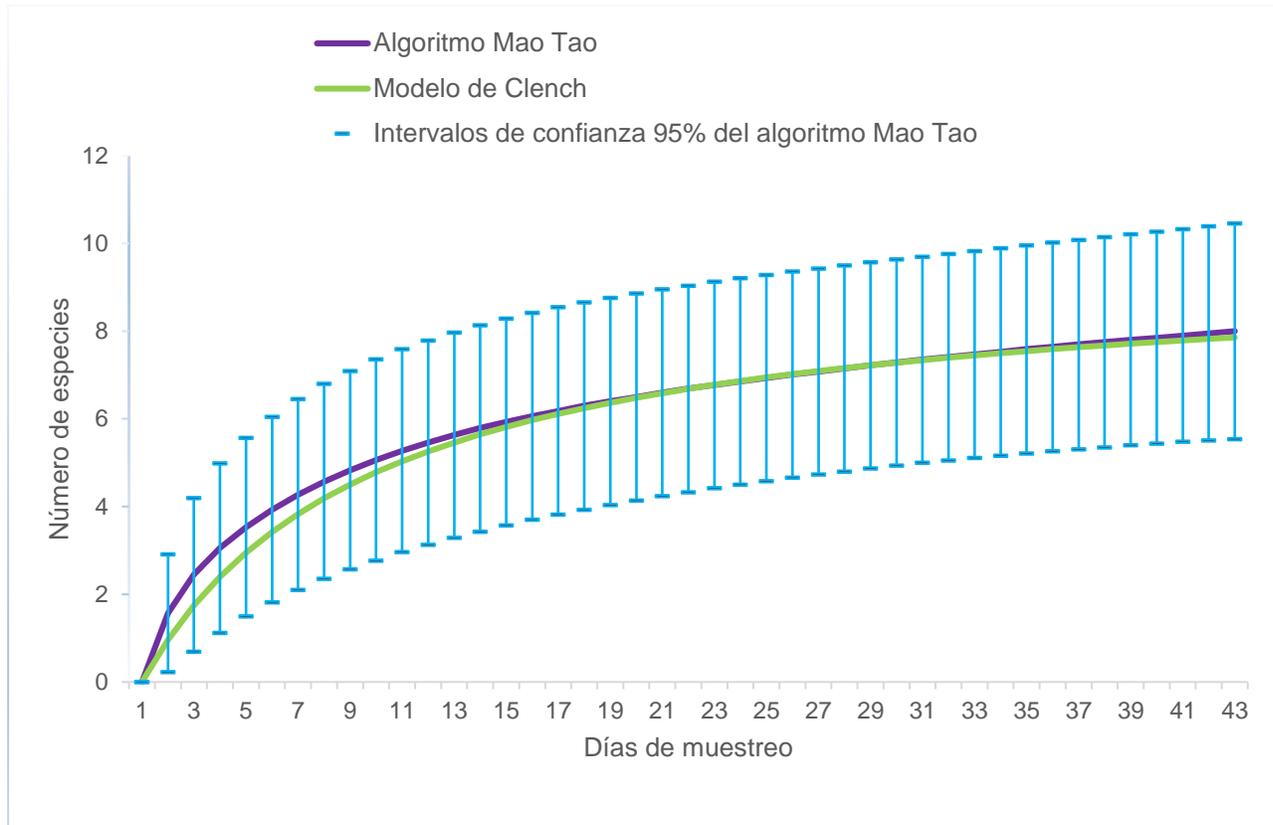


Figura 3. Curva de acumulación de especies de mamíferos terrestres no voladores, de acuerdo al algoritmo Mao Tao y sus intervalos de Confianza, y al modelo de Clench, en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar.

7.4. Riqueza de especies

7.4.1. Estimadores paramétricos y no paramétricos

Se registraron ocho especies, este número es similar al obtenido con los estimadores paramétricos de abundancia ($Chao_1= 8$ y $ACE= 8.64$), y de incidencia ($Chao_2= 8.49$ y $Bootstrap= 8.87$).

7.5. Diversidad alfa

La diversidad alfa de las especies de mamíferos silvestres terrestres no voladores, de acuerdo al estimador Shannon-Wiener fue $H' = 1.10$, y su equidad de $J = 0.53$.

7.6. Horario de actividad

La mayor cantidad de registros de mamíferos correspondieron al horario nocturno ($n=81$), mientras que la menor cantidad se registró en el horario vespertino ($n=8$; Figura 4).

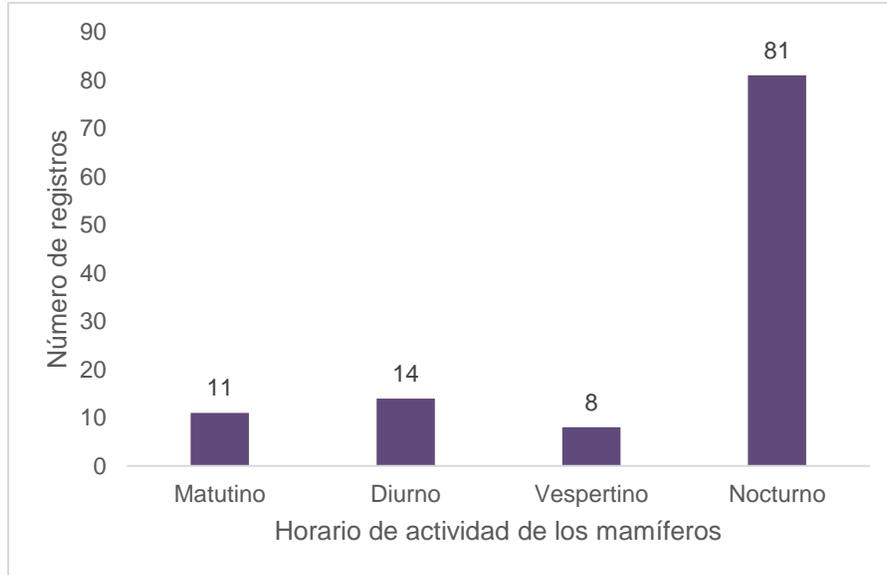
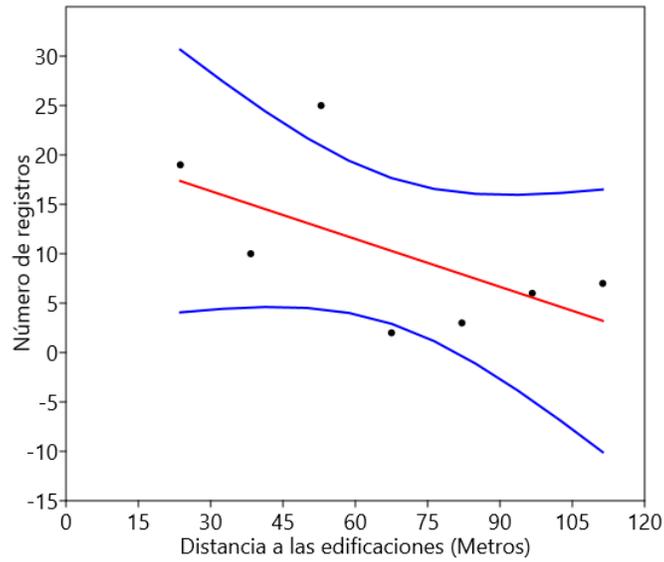


Figura 4. Número real de registros, de acuerdo al horario de actividad de los mamíferos en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar.

7.7. Distribución espacial de los mamíferos

El número de registros solo permitió realizar el análisis para los miembros de dos gremios: omnívoro nocturno (*Didelphis virginiana*) y herbívoro forrajero nocturno del suelo (*Sylvilagus floridanus*). Para ambas especies, la distancia mínima a edificaciones fue inversamente proporcional al número de registros (*D. virginiana*: $y = 21.183 - 0.1614x$, $r = -0.59$; *S. floridanus*: $y = 10.509 - 0.157x$, $r = -0.72$, Figura 5). Aunque para los demás gremios el número de registros fue bajo, también para el herbívoro forrajero diurno arbóreo, *Sciurus aureogaster*, parece haber una tendencia inversamente proporcional ($y = 5.0439 - 0.1228x$, $r = -0.4$). Por su parte, la tendencia fue directamente proporcional para el carnívoro cazador diurno del suelo *Herpailurus yagouaroundi* ($y = -1.6342 + 0.054x$, $r = 0.65$) y el granívoro forrajero nocturno del suelo *Heteromys pictus* ($y = -0.7097 + 0.041x$, $r = 0.63$). En tanto que para *Urocyon cinereoargenteus*, *Reithrodontomys fulvescens* y *Spilogale pygmaea*, el número de registros no permiten establecer una tendencia.

a. *Didelphis virginiana*



b. *Sylvilagus floridanus*

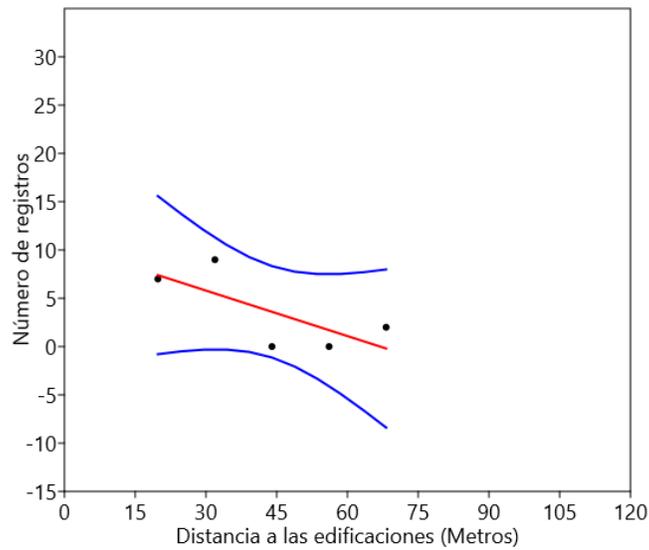


Figura 5. Número de registros de especies de mamíferos terrestres no voladoras a. *Didelphis virginiana*, b. *Sylvilagus floridanus*, y la distancia más cercana a las edificaciones en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar.

8. DISCUSIÓN

8.1. Riqueza de especies

Se registraron ocho especies de mamíferos silvestres terrestres no voladores, en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido. La curva de acumulación de especies no alcanzó la asíntota. Las dos especies de mamíferos terrestres no voladoras que no se registraron, pero que probablemente se encuentran dentro del campus son: *Dasypus novemcinctus* (armadillo) y *Conepatus leuconotus* (zorrillo espalda blanca). Ambas se distribuyen en la Planicie Costera del Pacífico, donde son relativamente comunes (Lira-Torres *et al.* 2005); habitan en una gran variedad de sitios con diferentes tipos de vegetación, incluyendo la selva baja caducifolia conservada o con perturbación antropogénica; además, se ha registrado en un amplio margen altitudinal, desde el nivel del mar hasta casi los 3000 msnm (Nowak y Walker y Paradiso 1983). En el caso de *Dasypus novemcinctus*, su horario de actividad crepuscular y nocturno redujo la posibilidad de registro o avistamiento; además, dado su tamaño pequeño, su régimen alimenticio insectívoro y sus costumbres de excavación para la construcción de madrigueras, pudo fácilmente pasar desapercibido, debido a que en las trampas Havahart no se usó un cebo que pudiera atraer a esta especie. Por otra parte, *Conepatus leuconotus* es una especie solitaria, con actividad nocturna, de costumbres excavadoras y de alimentación insectívora, o en menor medida frugívora o carroñera (Ceballos y Oliva 2005), por lo que también pasó desapercibida.

El número de mamíferos silvestres terrestres no voladores encontrados en este estudio, es similar al reportado en trabajos llevados a cabo en otras áreas privadas, como los dos jardines botánicos de la Planicie Costera del Pacífico, los cuales tienen cierta similitud en cuanto a extensión geográfica, condiciones climáticas, y condiciones de la vegetación. Juárez Velasco (2016) documentó 10 especies de mamíferos medianos y grandes en el Jardín Botánico Chepilme, en el municipio de San Pedro Pochutla, mediante captura directa, registros visuales, auditivos, huellas y excretas, en 8.5 ha de selva baja caducifolia en regeneración. Por otra parte, Madrid Espinosa (2018), registró nueve especies de mamíferos medianos y grandes en el Jardín Botánico Puerto Escondido, en el municipio de San Pedro Mixtepec, mediante captura directa, registros visuales, auditivos, huellas y excretas, en 16.7 ha de selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en regeneración. Es importante resaltar que la extensión del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar (13.3 ha) es similar a la de los jardines botánicos, aunque en estos sitios, además de selva baja caducifolia, existen fragmentos de selva mediana, lo cual puede proveer una amplia gama de microhábitats debido a la alta variedad de microclimas, y por lo tanto favorecer la presencia y permanencia de especies en su perímetro. Por otra parte, cabe destacar que a pesar de que ambos jardines están al borde de la carretera, la intervención antropogénica es menor. Además,

están rodeadas de terrenos de conservación privada de más de 100 ha de extensión, los cuales pueden fungir como zonas de amortiguamiento para las especies de los jardines. Asimismo, es necesario señalar que ambos trabajos se enfocaron a los mamíferos medianos y grandes, por lo que no incluyen ratones, que pertenecen al orden más diverso de mamíferos.

Por otro lado, el número de especies registradas en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar, es menor al reportado en tres sitios (selva mediana, área ribereña y zona de cultivo) del Área Privada de Conservación (APC) Talhpan, en Papantla Veracruz, donde Cruz-Bazán *et al.* (2017) encontraron 17 especies de mamíferos terrestres no voladores mediante capturas directas, cámaras trampa, avistamientos e identificación de huellas y excretas, en 24 ha. El número de especies encontradas en el área ribereña ($s= 8$) fue igual que el encontrado en el presente trabajo. Sin embargo, las especies reportadas en la selva mediana ($s= 11$) y en la zona de cultivo ($s= 10$), fueron ligeramente superiores debido a que fueron llevados a cabo en una APC con muy poco impacto antropogénico por urbanización, lo que probablemente permita la presencia de más especies.

Asimismo, el número de especies registradas en este estudio también es inferior al encontrado en otra área urbana. Hortelano-Moncada *et al.* (2009) recopilaron registros correspondientes a 21 especies de mamíferos terrestres no voladoras en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), en 273.3 ha de terreno divididas en: 171 ha de zona núcleo y 66 ha de zona de amortiguamiento, en la Universidad Nacional Autónoma de México, y zonas circundantes. Los registros datan desde 1943 a la fecha de publicación y se obtuvieron mediante consulta a colecciones científicas, literatura especializada y recolectas, de diferentes asociaciones vegetales, pero clasificada como matorral xerófilo. Es importante aclarar que el número de especies se han actualizado y contrastado en varios estudios posteriores hasta la fecha. Esto indica que no todas las especies reportadas fueron registradas por los autores, como sí se hizo en el presente trabajo. Además, la extensión de la REPSA (273.3 ha) es mayor que las 13.3 ha del campus Puerto Escondido, lo que posiblemente incidió en la diferencia del número de especies registradas, las cuales son principalmente roedores (ratones y ardillas).

8.2. Especies silvestres

Tal como se esperaba, las especies silvestres registradas son generalistas o poseen una valencia ecológica amplia. Cuando se habla de valencia ecológica se hace referencia al rango de tolerancia que posee una especie respecto a uno o varios factores (Calvo *et al.* 2007), por lo que en la lista aquí compilada existen especies con diferentes grados de tolerancia según cada atributo, pero que se puede considerar como generalista. De

acuerdo al gremio trófico, hubo dos especies omnívoras nocturnas: *Didelphis virginiana* y *Urocyon cinereoargenteus*. El tlacuache, *D. virginiana* fue la especie más abundante, es común y de frecuente hallazgo; incluso se capturaron cuatro tlacuaches en las cuatro trampas Havahart colocadas en la misma noche, lo que indica que al menos existen cuatro individuos en el campus. Además, se identificó una madriguera cercana a un sitio de captura, en la que el individuo se refugió después de su liberación. Su alta frecuencia se atribuye a que los cebos utilizados en las trampas Havahart fueron apropiados según los hábitos alimenticios para la especie. Es nocturno terrestre y arborícola, con alta fecundidad de hasta 21 crías por camada (Ceballos Gonzáles y Galindo Leal 1984). Es altamente oportunista, pueden vivir en ambientes de casi cualquier tipo de vegetación e incluso con alta perturbación antropogénica y de amplia distribución altitudinal, pueden encontrarse desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm (Reid 1997). Por otra parte, el zorro gris, *Urocyon cinereoargenteus* se obtuvieron dos registros por fotografías de cámaras trampa, cerca de las edificaciones. Esta especie es esquiva y difícil de ver, por las personas dentro del campus. Es una especie de hábitos nocturnos, con habilidades para trepar árboles, posee una alimentación oportunista y muy variada que incluye mamíferos pequeños y medianos, frutos, insectos e incluso carroña. Puede habitar en cualquier tipo de vegetación, y se encuentran desde el nivel del mar hasta los 3200 msnm (Carey 1982). Esta especie además de adaptarse a hábitats alterados, puede llegar incluso a incrementar su número poblacional con la perturbación antropogénica, con la cual habita a la par (Servín y Chacón 2005).

Del conejo, *Sylvilagus floridanus*, un herbívoro forrajero nocturno del suelo, se obtuvieron 18 registros, la mayoría de manera visual y con cámaras trampa (ha sido vista por trabajadores, vigilantes, estudiantes y profesores), por lo que tiene hábitos amplios crepuscular matutino, vespertino y nocturno, es una especie relativamente común dentro del campus. Se ha registrado en claros naturales y tierras agrícolas, se refugia entre vegetación herbácea y arbustiva; se alimenta de gran variedad de pastos, hierbas, plántulas, legumbres, frutos y granos (Chapman y Ceballos 1990). Es un eslabón importante de las cadenas tróficas, debido a que es depredado por varias especies (Ceballos Gonzáles y Galindo Leal 1984), y puede habitar valles, bosques de coníferas, bosques tropicales, pastizales y matorral xerófilo, desde el nivel del mar hasta los 3200 msnm (Chapman *et al.* 1980).

De la ardilla, *Sciurus aureogaster*, un herbívoro forrajero diurno arbóreo, se tuvieron nueve registros visuales. Esta especie es común dentro del campus, se observó generalmente en el suelo y las ramas de árboles de media a gran altitud en el estacionamiento interior como cerca a las aulas. Es una especie arborícola, diurna y generalmente solitaria o en grupos de cuatro individuos (Coates-Estrada y Estrada 1986). Posee una alimentación muy variada, la cual incluye conos, brotes, yemas, semillas, bellotas, frutas, hongos, huevos e incluso polluelos de aves, y puede habitar bosques

templados de pino encino, tropicales estacionales, y húmedos, donde son comunes en áreas perturbadas como parques urbanos, desde el nivel del mar, hasta los 3300 msnm (Goodwin 1969, Ramírez-Pulido y López-Forment 1976).

Del ratón de abazones, *Heteromys pictus*, un granívoro forrajero nocturno del suelo, se obtuvieron ocho registros con trampas Sherman, en áreas de vegetación regenerada en el campus, donde solo algunos trabajadores tienen acceso de paso. Estos registros fueron capturas ocasionales, y en lugares específicos de muestreo, lo que indica que el rango de movimiento de la especie puede ser limitado o estrecho. En una ocasión se identificó una madriguera en forma de oquedad en el suelo, cercana a la base de un árbol. Es una especie de hábitos nocturnos y generalmente solitarios, es granívora, y habita matorrales xerófilos, selvas espinosas, selvas bajas, bosques de pino-encino, y áreas con vegetación perturbada como cultivos y huertos, desde el nivel del mar hasta los 2045 msnm (Ceballos y Miranda 1986, Matson *et al.* 1978).

De la onza, *Herpailurus yagouaroundi*, un carnívoro cazador diurno del suelo, se recopilaron cuatro registros: dos de ellos fueron visuales, en los pasillos del campus en las primeras horas laborales de la mañana; y los dos restantes, fueron fotografías tomadas por las cámaras trampa. Sus registros se recolectaron relativamente cerca de edificaciones del campus. *H. yagouaroundi* es una especie de difícil registro debido a sus comportamiento esquivo, de hábitos diurnos, y adaptado al movimiento tanto terrestre como arborícola. Posee una alimentación muy variada que incluye invertebrados, reptiles, pequeños mamíferos y aves, con una cierta predilección por estas últimas (Konecny 1989, Álvarez del Toro 1991). Habita principalmente bosques tropicales perennifolios, subcaducifolios y caducifolios, manglar, bosque mesófilo de montaña, matorral xerófilo y bosques de coníferas y encinos, y puede encontrarse desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm. Es importante mencionar que, aunque esta especie se encuentra listada en la NOM-059 de SEMARNAT como amenazada y caza prohibida, es el felino tropical de México que mejor ha resistido el impacto ambiental, debido a que habita áreas transformadas y con vegetación secundaria (Aranda 2005).

Por su parte, del ratón de campo, *Reithrodontomys fulvescens*, un insectívoro forrajero arbóreo, se obtuvieron dos registros mediante captura por trampa Sherman. Es una especie de hábitos nocturnos, semiarborícola y omnívora, consumen semillas e invertebrados (Kincaid 1975, Ceballos y Miranda 2000). Habita en bosques de pino-encino, tropicales caducifolios, espinosos y matorrales xerófilos; desde el nivel del mar hasta los 2600 msnm (Sánchez 1993). Su presencia puede explicarse porque tiene distribución amplia, no está amenazada, habita entornos perturbados y por lo tanto sus requerimientos de hábitat y alimentación pueden ser satisfechos en el campus.

Por último, del zorrillo pigmeo, *Spilogale pygmaea*, un insectívoro forrajero nocturno del suelo, se recopiló un registro por el olor de su orina, característico de la especie y de la cual se ha descrito su composición química distinta a la de otras especies (Wood *et al.* 1991, Wood 1999). El zorrillo pigmeo es de actividad crepuscular vespertina y nocturna, y utiliza la cobertura vegetal para ocultarse de depredadores. Su alimentación incluye pequeños mamíferos y otros vertebrados como aves, una gran variedad de artrópodos, huevos, frutos y material vegetal (Ceballos y Miranda 1986). Habita zonas de bosque tropical caducifolio, subperennifolio y espinoso, matorral xerófilo y dunas de arena con vegetación herbácea. Se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 1630 m snm, pero generalmente por debajo de los 350 m snm (Greer y Greer 1970, López-Forment y Urbano 1979). Es una especie endémica de México, distribuida a lo largo de la franja costera del Pacífico y se encuentra registrada en la NOM-059 de SEMARNAT en la categoría de Amenazada, debido a la acelerada destrucción de su hábitat.

8.3. Especies domésticas

Dadas las condiciones de urbanidad de este estudio, además de las especies de mamíferos silvestres, se encontró a: *Canis lupus familiaris* (perro doméstico), *Felis silvestris catus* (gato doméstico) y *Rattus rattus* (rata doméstica). Su presencia y actividades de forrajeo, caza, marcaje de territorio o exploración dentro del perímetro del campus, implica un riesgo directo a la viabilidad de especies silvestres (Grifo y Rosenthal 1997). Es sabido que este tipo de fauna ha surgido de la mano de la urbanización, la deforestación, la sobrepoblación humana, la agricultura, la ganadería y en general, con todo tipo de alteración antropogénica, asociadas al fenómeno socioeconómico de la globalización (González-Pérez *et al.* 2004, Cruz-Reyes 2009). Entre algunos de los problemas causados por este tipo de fauna está la depredación, la competencia directa por recursos, agresiones/marcaciones territoriales y transmisión de parásitos o enfermedades, en la que generalmente la especie doméstica tiene más posibilidades de supervivencia e interrumpe directamente en el ciclo de vida normal de las especies silvestres (Cruz-Reyes 2009).

La presencia del perro, *Canis lupus familiaris* puede deberse a irregularidades que poseen los límites que cercan el perímetro del área de estudio. La existencia de brechas en paredes, o cortes en el cercado de la malla ciclónica en cualquier parte de los límites facilita la entrada de esta especie. Generalmente se observaron en grupos de tres o más individuos, probablemente en sesiones de exploración y búsqueda de alimento. Debido a que estos grupos siempre se avistaron lejos de las edificaciones, es poco probable que su presencia dentro del campus se deba a los residuos sólidos generados por el personal universitario.

Por otra parte, el gato, *Felis silvestris catus* se considera ajeno a cualquier tipo de irregularidad en el cercado del área de estudio, debido a la habilidad que posee la especie para superar virtualmente cualquier tipo de obstáculo. Por lo que, el avistamiento de los gatos se debe a la disponibilidad de presas presentes dentro del campus (generalmente aves y mamíferos pequeños), los cuales pueden ser objetivos de caza para alimentación o de caza instintiva sin una finalidad alimenticia. La presencia de esta especie es peligrosa, en áreas con propósitos de regeneración.

Finalmente, la rata, *Rattus rattus* es de distribución amplia, y con excelente capacidad de adaptación a casi cualquier hábitat (Weber 1982). Es una especie sinantrópica, cuya captura y avistamiento en el campus en zonas como el almacén, por detrás del Laboratorio de Genética y alrededor de la Biblioteca, puede deberse al mal manejo de residuos sólidos y basuras que existen a lo largo de los pasillos y periferia de los mismos. Su adaptabilidad al consumo de casi cualquier recurso, y valencia ecológica muy amplia, hacen de esta especie un fuerte competidor por recursos con otras especies silvestres menos adaptadas. Además, esto le permite vivir en presencia humana, y llegar incluso a ser un problema serio de salud pública en muchas partes del mundo (Cox 1979, Weber 1982, Cruz-Reyes y Camargo-Camargo 2001). Estas especies, para efectos del presente estudio, pueden determinarse como “fauna nociva”, aludiendo claramente a un sentido antropocéntrico, debido a que “evolutiva y ecológicamente ninguna especie puede ser nociva para la propia naturaleza” (Cruz-Reyes 2009).

8.4. Distribución espacial

Conforme a lo que se esperaba, el número de registros de los omnívoros nocturnos fue inversamente proporcional a la distancia mínima a las edificaciones. En el caso de *Didelphis virginiana* puede explicarse por su horario de actividad principalmente nocturno, lo que le permite acercarse a las edificaciones en horarios donde normalmente no hay actividad humana dentro del campus, y retirarse a sus refugios antes del crepúsculo matutino. Adicionalmente, se ve beneficiada gracias a su particularidad de omnivoría y su capacidad de adaptación a la perturbación antropogénica. Por otra parte, para *Urocyon cinereoargenteus* esta tendencia no pudo analizarse a detalle, debido a que solo se obtuvieron dos registros. Es posible que sea una especie transeúnte, aunque estudiantes han observado dos individuos en la noche, y son ocasionales sus excretas en los pasillos. Villalobos-Escalante *et al.* (2014) reportó en el Jardín Botánico Puerto Escondido, en una selva baja caducifolia en regeneración, cercana al sitio de estudio, que su dieta está constituida por semillas, vertebrados (generalmente aves y pequeños mamíferos) e insectos, por lo que es posible que estos recursos sean obtenidos en el campus. Por otro lado, se ha señalado que su ámbito hogareño varía de 1 a 8 km², dependiendo de la estación del año y la calidad del hábitat (Carey 1982). De esta manera,

el campus puede estar dentro de su área de forrajeo, al igual que los parches de vegetación de los alrededores a la institución.

Contrario a lo que se esperaba, la relación entre la cantidad de registros y la distancia mínima a las edificaciones fue directamente proporcional para los gremios de herbívoros. De *Sciurus aureogaster*, herbívoro forrajero diurno arbóreo, se ha reportado que tiene una buena adaptación a entornos con perturbación antropogénica como parques urbanos, parques temáticos y zoológicos, o lugares con una alta aglomeración de personas, donde incluso sus individuos acostumbran a acercarse a los humanos en busca de provisión de alimento (Pernas y Clark 2011). Por su parte, de *Sylvilagus floridanus*, herbívoro forrajero nocturno del suelo, puede deberse al acostumbramiento a la presencia humana dentro del campus. Los vigilantes, trabajadores, estudiantes y profesores han observado a este conejo, lo cual confirma que forrajea habitualmente cerca de las edificaciones, en horarios crepusculares vespertinos y nocturnos.

Conforme a lo que se esperaba, el número de registros de *Heteromys pictus*, granívoro forrajero nocturno del suelo respecto a la distancia mínima a las edificaciones fue directamente proporcional. Esta especie fue registrada en la vegetación secundaria del campus, y aunque puede adaptarse a hábitats perturbados, no suele encontrarse en áreas urbanas. Se ha reportado que es una especie de hábitos solitarios, con locomoción bípeda a través de saltos (Matson et al. 1978). Además, debido a que es granívora, principalmente de árboles, arbustos y lianas; su capacidad para vivir sin aportes de agua y su habilidad para transportar semillas en sus abazones como reserva alimenticia (Ceballos y Miranda 1986, Matson et al. 1978), denota que puede encontrar recursos alimenticios en el campus.

Para los gremios insectívoros no hubo suficientes registros para realizar el análisis estadístico. De esta manera, *Reithrodontomys fulvescens*, insectívoro forrajero arbóreo, fue capturado en la vegetación secundaria del campus. Es de tamaño pequeño con hábitos estrictamente nocturnos, de la que se ha reportado que habita en zonas de pastizales, rocas o matorrales para ocultarse. Se alimenta de semillas durante las épocas de sequías (Kincaid 1975, Sánchez 1993, Ceballos y Miranda 2000). Por otra parte, de *Spilogale pygmaea*, insectívoro forrajero nocturno del suelo, aunque se obtuvo un único registro de carácter olfativo derivado de su orina, se ha capturado previamente en el campus (Bojorges Baños y García Estrada 2013). Es una especie de hábitos crepusculares y nocturnos, que realiza gran parte de sus actividades oculto bajo la maleza; puede consumir aves, roedores, huevos y materia vegetal (Ceballos y Miranda 1986), recursos disponibles dentro del campus.

Finalmente, de *Herpailurus yagouaroundi*, carnívoro cazador diurno del suelo, aunque se esperaba que la relación entre el número de registros y la distancia mínima a

edificaciones fuera directamente proporcional, la cantidad de datos no fue suficiente para confirmar una tendencia. Es posible que esta especie sea transeúnte, pero considerando su talla pequeña, con flexibilidad en los requerimientos del hábitat (Aranda 2005), además de que su dieta incluye invertebrados, reptiles, aves y pequeños mamíferos, es probable que encuentre alimento dentro del campus. Por otro lado, también se ha reportado que cerca de las poblaciones humanas tiene preferencia por las gallináceas (Álvarez del Toro 1991, Konecny 1989), las cuales andan libres en las calles de los alrededores del campus universitario. Asimismo, se ha sugerido que su ámbito hogareño varía entre 88.3 a 99.9 km² para los machos, y es de 20.1 km² para las hembras (Konecny 1989), por lo que es posible que pueda forrajear entre los diferentes elementos del paisaje en la zona periurbana.

9. CONCLUSIONES

1. Se registraron 11 especies de mamíferos terrestres no voladores en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar. Ocho especies correspondieron a fauna silvestre y tres a fauna doméstica.
2. Se identificaron siete gremios tróficos, de los cuales el omnívoro nocturno incluyó dos especies.
3. La mayoría de los mamíferos terrestres no voladores tuvieron actividad nocturna.
4. La relación entre el número de registros de las especies de mamíferos terrestres no voladores y la distancia a las edificaciones fue inversamente proporcional para los omnívoros, directamente proporcional para herbívoros y granívoros, e indeterminada para los gremios insectívoros y carnívoros.
5. Se anexa un plan de manejo para las áreas verdes del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar. Se propone una zonificación del área, se emiten recomendaciones en temas como los límites perimetrales, manejo de basuras, implementación de bebederos y conferencias enfocadas al personal universitario. El plan de manejo intenta promover el correcto aprovechamiento del espacio del campus sin vulnerar la viabilidad tanto de la vegetación en regeneración como de la fauna silvestre.
6. El plan de manejo adjunto se presentará a las autoridades administrativas y académicas de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, para su evaluación e implementación.

10. REFERENCIAS

- Anta, S. 2007. Áreas Naturales de Conservación Voluntaria. Estudio elaborado para la iniciativa Cuenca. CCMSS., 23.
- Álvarez del Toro, M. 1977. Los mamíferos de Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez. Chiapas, 147.
- Álvarez del Toro, M. 1991. Los mamíferos de Chiapas. 2da ed. Instituto de Historia Natural de Chiapas. Gobierno del Estado, Tuxtla Gutiérrez. Chiapas, México.
- Aranda M. 2005. Leoncillo, jaguarundi. pp: 358-359. En: Los Mamíferos Silvestres de México. 1era Edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económica. CONABIO. México. 986.
- Aranda Sánchez, J. M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y el uso de la Biodiversidad (CONABIO). México D.F., 255.
- Aranzana, F. 2016. Gestión de zonas verdes urbanas y periurbanas para la conservación de la biodiversidad: el caso de Vitoria-Gasteiz. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 39.
- Barragán, F., Lorenzo, C., Morón, A., Briones-Salas, M. A., y López, S. 2010. Bat and rodent diversity in a fragmented landscape on the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, México. *Tropical Conservation Science*, 3(1), 1-16.
- Best, R. C., y Harada, A. Y. 1985. Food habits of the silky anteater (*Cyclopes didactylus*) in the central Amazon. *Journal of Mammalogy*, 66(4), 780-781.
- Bojorges-Baños, J., y López-Mata, L. 2006. Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 77(2), 235-249.
- Bojorges Baños, J. C. y García Estrada C. 2013. Plan de manejo para la conservación de las aves y mamíferos en la Universidad del Mar. 80.
- Briones-Salas, M. 2012. Mamíferos de Oaxaca. *Therya*, 3(3), 273-275.
- Briones-Salas, M. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. En: Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found. México, DF. 423-447.
- Briones-Salas, M., M. Cortés-Marcial y M. C. Lavariega. 2015. Diversidad y distribución geográfica de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 26.

- Buchanan, G. D. 1957. Variation in litter size of nine-banded armadillos. *Journal of Mammalogy*, 38(4), 529-529.
- Buenrostro-Silva, A., M. Antonio-Gutiérrez y J. García-Grajales. 2012. Mamíferos del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y La Tuza de Monroy, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28(1), 56-72.
- Calvo, D., Molina, M. T. y Salvachúa, J. 2007. *Ciencias de la tierra y medioambientales*. Madrid: Editorial McGraw–Hill. 436 p.
- Carey A. B. 1982. The ecology of red foxes, gray foxes and rabies in eastern United States. *Wildlife Society Bulletin*, 10, 18-26.
- Carpenter, C. R. 1935. Behavior of red spider monkeys in Panama. *Journal of Mammalogy*, 16(3), 171-180.
- Castillo-Pérez V. H. 2002. Mamíferos de la Costa Sudeste de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. UNAM. Facultad de Estudios superiores Iztacala. Estado de México. México.
- Ceballos, G., y Miranda, A. 1986. Los Mamíferos de Chamela, Jalisco: manual de campo. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F. 436 pp.
- Ceballos, G. y A. Miranda. 2000. Guía de Campo de los Mamíferos de la Costa de Jalisco, México. Fundación Ecológica Cixmala, A.C. México.
- Ceballos, G., y Eccardi, F. 2003. Animales de México en peligro de extinción. Fundación IUSA. México.
- Ceballos González, G., y Galindo Leal, C. 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Edit, Limusa. México.
- Ceballos, G. y Oliva, G. 2005 coordinadores. Los Mamíferos Silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económica. CONABIO. México. 986 pp.
- Celecia, J. 1997. Urban Ecology: Biodiversity and contemporary stakes of inventories. *Journal d'Agriculture Traditionelle et de Botanique Appliquée* 39(2), 241-263.
- Chapman, J. A., y Ceballos, G. 1990. The cottontails. Rabbits, Hares and Pikas: Status Survey and Conservation Action Plan'. (Eds JA Chapman and JEC Flux.) pp, 95-110.
- Chapman, J. A., Hockman, J. G., Ojeda, C., y Magaly, M. 1980. *Sylvilagus floridanus*. *Mammalian species*, (136), 1-8.
- Coates-Estrada, R., y Estrada, A. 1986. Manual de identificación de campo de los mamíferos de la Estación de Biología" Los Tuxtlas". UNAM.

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) 2018. Página oficial. Disponible en: <https://www.gob.mx/conanp/es/archivo/documentos>. Fecha de consulta: 16 de noviembre de 2018.
- Cox, F. 1979. Ecological importance of small mammals as reservoirs of disease. Pp. 213-238, en: Stoddart, D.M. Ecology of small mammals. John Wiley & Sons, Nueva York.
- Cruz-Bazán, E. J., Pech-Canché, J. M., y Cimé-Pool, J. A. 2017. Diversidad de mamíferos terrestres en un área privada de conservación en México. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 4(10), 123-133.
- Cruz-Reyes, A. 2009. Fauna feral, fauna nociva y zoonosis. Pp 453-461 en: Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Sección: restauración, conservación y manejo. UNAM. Ciudad de México.
- Cruz-Reyes, A., y Camargo-Camargo, B. 2001. Glosario de términos en parasitología y ciencias afines. Instituto de Biología-Programa Universitario de Investigación en Salud, Universidad Nacional Autónoma de México y Plaza y Valdés, México.
- Davidow-Henry, B. R., Jones, J. K., y Hollander, R. R. 1989. *Cratogeomys castanops*. Mammalian Species, (338), 1-6.
- Díaz, P., y Fernández, P. 2001. Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal. Metodología de la Investigación, 1(6).
- Dowler, R. C., y Genoways, H. H. 1978. *Liomys irroratus*. Mammalian species, (82), 1-6.
- Eisenberg, J. F. 1981. The mammalian radiations: an analysis of trends in evolution, adaptation, and behaviour. University of Chicago Press. Chicago, Illinois.
- Eisenberg, J. F., y Redford, K. H. 1989. Mammals of the Neotropics, Volume 2: The Southern Cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay (Vol. 2). University of Chicago Press.
- Fleming, T. H. 1974. The population ecology of two species of Costa Rican heteromyid rodents. Ecology, 55(3), 493-510.
- Flux, J. E., y Angermann, R. 1990. The hares and jackrabbits. Rabbits, Hares and Pikas. Status survey and conservation action plan, 4, 61-94.
- García-Estrada, C., Peña-Sánchez, Y. A., y Colín-Martínez, H. 2015. Diversidad de mamíferos pequeños en dos sitios con diferente grado de alteración en la Sierra Sur, Oaxaca, México. Revista mexicana de biodiversidad, 86(4), 1014-1023.
- García-García, J. L., y Santos-Moreno, A. 2014. Variación estacional en la diversidad y composición de ensambles de murciélagos filostómidos en bosques continuos y fragmentados en Los Chimalapas, Oaxaca, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85(1), 228-241

- García-Mendoza, A. J. 2004. Integración del conocimiento florístico del estado. En *Biodiversidad de Oaxaca* (pp. 305–325). México, D.F.: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found.
- Gittleman, J. L. 1989. *Carnivore behavior, ecology, and evolution*. Springer Science y Business Media. Cornell University Press. New York.
- González Ocampo, H. A., Cortés-Calva, P., Íñiguez Dávalos, L. I., y Ortega-Rubio, A. 2014. Las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 60, 9.
- González-Pérez, G., M. Briones-Salas, y A. M. Alfaro. 2004. Integración del conocimiento faunístico del estado. En *Biodiversidad de Oaxaca*. (pp. 349-366). México, D.F.: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found.
- González-Salazar, C., Martínez-Meyer, E., y López-Santiago, G. 2014. A hierarchical classification of trophic guilds for North American birds and mammals. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(3), 931-941.
- Goodwin, G. G. 1969. Mammals from the state of Oaxaca, Mexico, in the American Museum of Natural History. *Bulletin American Museum of Natural History*, 141, 1-269.
- Greer, J. K., y Greer, M. 1970. Record of the pygmy spotted skunk (*Spilogale pygmaea*) from Colima, Mexico. *Journal of Mammalogy*, 51(3), 629-630.
- Grifo, F. y J. Rosenthal (eds.). 1997. *Biodiversity and Human Health*. Island Press, Washington.
- Hoffmeister, D. F. 1986. *Mammals of Arizona*. University of Arizona Press. The Arizona Game and Fish Department, Tucson, Arizona.
- Hortelano-Moncada, Y., Cervantes, F. A., y Trejo-Ortiz, A. 2009. Mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(2), 507-520.
- Juárez Velasco. 2016. Diversidad de mamíferos medianos y grandes y evaluación de su hábitat para una propuesta de manejo en el Jardín Botánico “Chepilme” de la Universidad del Mar, región Costa, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. UMAR. Puerto Escondido. México.
- Kincaid, W. B. 1975. Species Removal Studies: III Niche Dynamics and Competition in *Sigmodon hispidus* and *Reithrodontomys fulvescens*. Tesis de Maestría, University of Houston, Texas.

- Konecny, M. J. 1989. Movement patterns and food habits of four sympatric carnivore species in Belize, Central America. *Advances in Neotropical mammalogy*, 243-264.
- Layne, J. N., y Glover, D. 1977. Home range of the armadillo in Florida. *Journal of Mammalogy*, 58(3), 411-413.
- Lira-Torres, I., L. M. Ambriz, M.A. Camacho, y R. E. Galindo-Aguilar. 2005a. Mastofauna del cerro de la Tuza, Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 9, 6-20.
- Lira-Torres I., Camacho-Escobar y Hernández-Santiago. 2005b. Mamíferos de la bahía y Micro-Cuenca del Río Cacaluta, municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca. *Diagnóstico de los Recursos Naturales de la Bahía y Micro-Cuenca de Cacaluta*. Domínguez-Licona edit. Universidad del Mar. 267-280.
- López-Forment, W., y Urbano, G. 1979. Historia natural del zorrillo manchado pigmeo, *Spilogale pygmaea*, con la descripción de una nueva subespecie. In *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 50, 721-728.
- Madrid Espinosa. 2018. Diversidad de mamíferos medianos y grandes y evaluación de su hábitat en el Jardín Botánico Puerto Escondido de la Universidad del Mar, Planicie Costera del Pacífico, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. UMAR. Puerto Escondido. México.
- Martínez Sánchez, N., Pérez Crespo, V. A., Vázquez Mendoza S. 2009. La problemática de las áreas naturales protegidas en Oaxaca. *Universidad Nacional Autónoma de México, México, Ciencias* 96, 6.
- Matson, J. O., Baker, R. H., y Greer, J. K. 1978. New records of mammals in the state of Zacatecas, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 23(1), 154-156.
- Montgomery, G. G. 1983. *Cyclopes didactylus* (tapacara, serafin de platanar, silky anteater). Costa Rican. University of Chicago Press, Chicago, 461-463.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.
- Moreno, A. G., E. G. Castaño, R. O. Domínguez, S. P. González, J. P. Tris, J. P. Zaballos, y E. R. Piña. 2016. Prácticas de Zoología. Estudio y diversidad de los Vertebrados Mamíferos. *REDUCA (Biología)*, 9(1), 13-32.
- Navarro-Frías, J., N. González-Ruiz y S. Álvarez-Castañeda. 2007. Los mamíferos silvestres de milpa alta, distrito federal: lista actualizada y consideraciones para su conservación. *Acta zoológica mexicana (n.s.)*, 23(3), 103-124.

- Neville, M. K., Glander, K. E., Brata, F., y Rylands, A. B. 1988. The howling monkeys, genus *Alouatta*. Ecology and behavior of neotropical primates.
- Nowak, J. L., y Paradiso, J. L. 1983. Walker's mammals of the world. Johns Hopkins University press, Baltimore (USA), 2: 569-1362.
- Nowak, R. M., y Walker, E. P. 1999. Walker's Mammals of the World (Vol. 1). The Johns Hopkins University press. Baltimore, Maryland. 1921.
- Palacios-Romo, T. M., A. Sánchez Vázquez, R. G. Contreras-Díaz y Pérez-Lustre, M. 2012. Inventario de mamíferos en sistemas de sombra asociados a la cuenca del río Copalita, Oaxaca, México. *Therya* 3(3): 303-310.
- Pautasso, M. 2007. Scale dependence of the correlation between human population presence and vertebrate and plant species richness. *Ecology Letters* 10: 16-24.
- Pérez-Irineo, G. y Santos-Moreno A. 2012. Diversidad de mamíferos terrestres de talla grande y media de una selva subcaducifolia del noreste de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 6. 83(1), 164-169.
- Pernas, A. J., y Clark, D. W. 2011. A summary of the current progress toward eradication of the Mexican gray squirrel (*Sciurus aureogaster* F. Cuvier, 1829) from Biscayne National Park, Florida, USA. *Island invasives: eradication and management*. IUCN, Gland, Switzerland, 222-224.
- Pineda-Ramos. 2014. Diversidad herpetofaunística en dos sitios de la Universidad del Mar campus Puerto Escondido, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. UMAR. Puerto Escondido. México.
- RAE Real Academia Española 2019. Diccionario en línea. Disponible en: <http://www.rae.es/>. Fecha de consulta: 23 de marzo de 2019
- Ramírez-Pulido, J. W. y López-Forment C. 1976. Daños de la ardilla arborícola (*Sciurus aureogaster*) en cocoteros de la Costa Grande de Guerrero, México. In *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*. 47, 67-74.
- Ramírez-Pulido, J., Briton, M., Perdomo, A. y Castro, A. 1986. Guía de los mamíferos de México. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Ramírez-Pulido, J., González-Ruiz, N., Gardner, A. L., y Arroyo-Cabrales, J. 2014. List of recent land mammals of Mexico. Natural Science Research Laboratory. Texas Tech University. 69 pp.
- Reid, F. 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press. 334.

- Rincón, J. C. 2006. Las áreas naturales protegidas de México; de su origen precoz a su consolidación tardía. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Universidad Autónoma de Chapingo, 10.
- Rutberg, A. T. 1984. Birth synchrony in American bison (*Bison bison*): response to predation or season? *Journal of Mammalogy*, 65(3), 418-423.
- Sánchez, O. 1993. Análisis de algunas tendencias ecogeográficas del género *Reithrodontomys* (Rodentia: Muridae) en México. *Avances en el estudio de los mamíferos de México, Publicaciones Especiales*, 1, 25-44.
- Sánchez-Cordero, V. 2001. Elevation gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, Mexico. *Global Ecology and Biogeography*, 10(1), 63-76.
- Sánchez-Cordero, V., F. Botello, J.J. Flores-Martínez, R.A. Gómez-Rodríguez, L. Guevara y G. Gutiérrez-Granados. 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 496-504.
- Santos Altamirano, D. 2015. Diversidad, dieta y dinámica poblacional de los murciélagos frugívoros en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. UMAR. Puerto Escondido. México.
- Schimpp, S. A., Li, H., y Kalcounis-Rueppell, M. C. 2018. Determining species specific nightly bat activity in sites with varying urban intensity. *Urban Ecosystems*, 1-10.
- SEMARNAT (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES)-CONANP (COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS). Programa nacional de áreas naturales protegidas 2007-2012. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, pp. 50.
- Servín J. y E. Chacón 2005. Zorra Gris. pp: 354-355. En: *Los Mamíferos Silvestres de México*. 1era Edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económica. CONABIO. México. 986.
- SIMEC-CONANP 2018. Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: <https://simec.conanp.gob.mx/>. Fecha de consulta: 12 de octubre de 2018.
- Simonian, L. 1995. *Defending the land of the jaguar: A history of conservation in Mexico*. University of Texas Press.
- Silva-Bautista, N. 2012. Diagnóstico de los residuos generados en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido y una propuesta sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos. Tesis de Licenciatura. UMAR. Puerto Escondido. México.
- Torres Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. Pp. 105-117. In: *Biodiversidad de Oaxaca*. (García Mendoza, A. J., Ordóñez M. J. y Briones-Salas M., eds.) Instituto de

Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. World Wildlife Fund, México.

- Trejo Vázquez, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 39:40-52 (39), 40-52.
- Vila, C., Urios, V., y Castroviejo, J. 1990. Ecología del lobo en la Cabrera (León) y la Carballada (Zamora). El lobo, 95-108.
- Villalobos-Escalante, A. 2011. Dieta de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y su aporte a la dispersión de semillas en el jardín botánico de la Universidad del Mar, Puerto Escondido, Oaxaca. (Tesis (Licenciatura en Biología) Universidad del Mar, Puerto Escondido, Oaxaca.).
- Weber, W. J. 1982. Diseases transmitted by rats and mice. Thomson Publications, Fresno.
- Webb, R. y Baker, R. 1969. Vertebrados Terrestres del Suroeste de Oaxaca. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, 139-152.
- Weber, M., y Galindo-Leal, C. 1992. Distocia en venado cola blanca: informe de un caso reincidente. Veterinaria México, 23, 69-72.
- Wilson, D. E., y Reeder, D. M. 1993. Mammals species of the world: a taxonomic and geographic reference (Vol. 1). JHU Press.
- Wood, W. F. 1999. The history of skunk defensive secretion research. The Chemical Educator, 4(2), 44-50.
- Wood, W. F., Morgan, C. G., y Miller, A. 1991. Volatile components in defensive spray of the spotted skunk, *Spilogale putorius*. Journal of Chemical Ecology, 17(7), 1415-1420.
- Yáñez Mondragón, C. F. 2007. Las áreas naturales protegidas en México, criterios para su determinación. Caso estudio: Sierra Tarahumara, estado de Chihuahua. Academia de Ingeniería de México, 65.
- Zamorano Martínez, G. C. 2014. Gestión de las áreas privadas de conservación (APC) en Veracruz: hacia la construcción de una propuesta para el Estado. Facultad de Biología Xalapa. 152.
- Zaragoza Quintana, E. P., MacSwiney González, M. C., y Hernández Betancourt, S. F. 2015. La conservación de la biodiversidad en las tierras privadas de México. Ciencia UANL, 18(75), 8-14.

11. PLAN DE MANEJO PARA LAS ÁREAS VERDES DEL CAMPUS PUERTO ESCONDIDO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAR

11.1. Introducción

Un problema latente y creciente para las poblaciones animales, y particularmente para los mamíferos terrestres no voladores, es la cada vez más extensa urbanización, y consecuente fragmentación de los parches verdes del ecosistema (Aranzana 2016, González-Pérez et al. 2004, Pautasso 2007). La expansión de los asentamientos humanos conlleva el incremento del deterioro ambiental, y la contracción de los espacios que pueden alojar flora y fauna silvestre, lo que repercute en su presencia, permanencia y viabilidad, tanto en el medio natural, como en el perturbado (Navarro-Frías et al. 2007). El problema se ve acrecentado cuando se limita el flujo natural de las especies de mamíferos terrestres no voladores, debido a que por sus características biológicas tienen poca probabilidad de cruzar estas barreras ecológicas, y por lo tanto, conlleva a su aislamiento y posible extinción (Navarro-Frías et al. 2007).

En la actualidad se conoce que no solamente las grandes Áreas Naturales Protegidas y áreas seminaturales pueden albergar una alta diversidad de flora, fauna y hábitats, sino que de la misma manera zonas urbanas y periurbanas pueden resguardar amplias variedades de organismos tanto animales como vegetales (Celecia 1997). La diversidad de la fauna en las zonas verdes urbanas y periurbanas depende de factores como la capacidad de dispersión de cada especie, el tamaño del parche, densidad y cobertura de la vegetación, presencia de refugios, fuentes de agua y la frecuencia de las intervenciones de origen antrópico, factores que se han mostrado más favorables en zonas verdes periurbanas (Aranzana 2016). Por esta razón, los espacios verdes urbanos y periurbanos juegan un papel decisivo en la conservación de la biodiversidad (Aranzana 2016).

Una alternativa complementaria a las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son las Áreas Privadas de Conservación (APC), las cuales llevan a cabo actividades de protección y uso apropiado de los recursos naturales, con la participación voluntaria de propietarios de tierras ricas en recursos biológicos (Zaragoza Quintana et al. 2015). De esta manera, el terreno dedicado al cultivo de cacahuete, donado en 2001 por el gobierno de San Pedro Mixtepec para la construcción de la Universidad del Mar se ubicó en la zona periurbana de Puerto Escondido. Con el tiempo ha incrementado la construcción de algunas casas en los alrededores de la institución, aunque también la Universidad ha favorecido las áreas verdes formadas por elementos de vegetación primaria y secundaria de la selva baja caducifolia y algunas plantas introducidas.

El éxito en la conservación de la biodiversidad no solo se basa en el establecimiento de espacios que favorezcan su resguardo, sino también en el diseño de planes de manejo para asegurar su viabilidad en el corto, mediano y largo plazo. En el Reglamento de las ANP del año 2000 en su artículo tercero, Fracción XI se define el programa de manejo como el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del área natural protegida respectiva. La elaboración de un programa de manejo se realiza con base en los términos de referencia dados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Los planes de manejo establecidos en México, se enfocan principalmente a especies bajo un régimen de Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) o Área Natural Protegida (ANP). Por otra parte, la Ley General de Vida Silvestre del 2010 en su artículo tercero, párrafo XXXV, define al plan de manejo como: El documento técnico operativo de las Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre sujeto a aprobación de la Secretaría, que describe y programa actividades para el manejo de especies silvestres particulares y sus hábitats y establece metas e indicadores de éxito en función del hábitat y las poblaciones.

El 19 de febrero de 2010 entraron en vigor los Lineamientos Internos para la formulación, revisión y modificación de programas de manejo de las Áreas Naturales Protegidas competencia de la federación, los cuales requirieron un replanteamiento para alinearlos a lo previsto por el programa nacional de Áreas Naturales Protegidas 2014-2018, y al reglamento interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales vigente. El objetivo del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas (PNANP) 2014-2018, es “mantener la representatividad de los ecosistemas de México y su biodiversidad, asegurando la provisión de sus servicios ambientales mediante su conservación y manejo sustentable, fomentando el desarrollo de actividades productivas, con criterios de inclusión y equidad, que contribuyan a la generación de empleo y a la reducción de la pobreza en las comunidades que viven dentro de las ANP y sus zonas de influencia”. De esta manera, aunque el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar, no funge como una ANP; pero tomando en cuenta que en su decreto de creación el 5 de septiembre de 1992 considera que la Universidad del Mar no solo es una institución de educación superior, sino que es un motor de una transformación innovadora, que irá desde el estudio de la flora y fauna acuática y su interrelación con el medio ambiente, hasta la explotación racional y óptimo aprovechamiento de todos los recursos naturales del mar y sus costas, con la subsecuente elevación del nivel económico y mejoras en la calidad de vida de todos los habitantes de nuestro Estado (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Oaxaca 1992). Por lo que, la comunidad universitaria tiene el deber moral y ético de conservar la biodiversidad y debe ser un ejemplo a seguir en la sociedad actual.

Ante un inminente crecimiento y expansión de la infraestructura de la Universidad del Mar, el presente documento busca establecer las bases para promover la conservación,

permanencia y la continua reproducción no solo de los mamíferos terrestres no voladores, sino de todas las especies presentes en un corto, mediano y largo plazo, que habitan en asociación con la comunidad universitaria. Por lo que esta propuesta describe el área, propone una zonificación de uso del terreno y recomienda actividades que puedan atenuar el impacto antrópico sobre las poblaciones animales, en el campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar, para asegurar su viabilidad a futuro.

11.2. Objetivo

Utilizar los registros de los mamíferos terrestres no voladores, y los datos obtenidos de su distribución y distancia con respecto a las edificaciones, para generar una propuesta de manejo del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar.

11.3. Descripción del área

La entrada principal al campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar está en el kilómetro 238 de la carretera federal 131 Puerto Escondido-Sola de Vega, en el municipio de San Pedro Mixtepec, distrito de Juquila, en la Planicie Costera del Pacífico, en el sur del estado de Oaxaca, México. El campus se ubica entre las coordenadas geográficas 15° 53' 20" N - 97° 04' 43" W, y 15° 53' 29"N - 97° 04' 20"W, su altura oscila entre los 74 y 90 m snm.

El clima es cálido subhúmedo con una temperatura media anual que varía de 22° a 28° C; el mes más cálido es mayo con 33° C y el más frío es enero con 22° C (Trejo Vázquez 1999), la humedad relativa promedio es de 84%. La región se caracteriza por una época seca de noviembre a abril, otra de lluvias de mayo a octubre y un período de canícula entre julio y agosto. La precipitación media anual es de 795.2 mm (Torres Colín 2004).

El campus tiene una superficie de 13.3 hectáreas, en las cuales para el año 2002 (fecha de inauguración) predominaban algunas especies representativas de vegetación primaria y secundaria, perteneciente a la selva baja caducifolia (Bojorges Baños y García Estrada 2013, Santos Altamirano 2015). Actualmente dentro del campus existen 37 instalaciones o unidades que incluyen tanto edificaciones, como áreas abiertas de uso común. De esta manera se cuentan: institutos (2), laboratorios (8), administración (2) y servicios (26) (Figura 2). Al momento de la realización del trabajo de campo se encontraban algunas obras en proceso, como la construcción de la expansión de la biblioteca. Posteriormente, empezaron otras construcciones como la expansión de la cafetería, y del edificio de servicios escolares, además del edificio de posgrado al costado oeste de los apartamentos de profesores. Estas nuevas instalaciones de edificios dentro del campus

han modificado y aumentado la fragmentación de las zonas verdes, a los cuales se planean nuevas obras dentro de los próximos años.

11.4. Estrategias y recomendaciones

11.4.1. Zonificación del campus Puerto Escondido

Con base en los hallazgos del presente trabajo (especies identificadas, cantidad de registros y la ubicación de los mismos), se recomienda como primera medida, la implementación de una zonificación, con el fin de identificar actividades permitidas y no permitidas en cada zona, según su enfoque potencial.

Se proponen cinco zonas para el manejo del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar: a) Zona de tránsito universitario b) Zona de actividades universitarias, c) Zona de uso restringido, d) Zona de conservación, e) Zona de regeneración (Figura 6, Figura 7). Las zonas propuestas se establecen como parches con un uso específico interconectado, las cuales son de importante relevancia para la conservación del medio y las especies que lo habitan.

a. Zona de tránsito universitario

Incluye la entrada principal y el estacionamiento exterior e interior del campus, y el pasillo que conduce hasta la zona de actividades universitarias. Es una zona de constante tránsito de la comunidad universitaria durante todo el día en horario laboral con mayor número de personas (8:00, 13:00, 16:00 y 19:00 h). Su ubicación implica un efecto barrera menor para los mamíferos terrestres no voladores. Entre las actividades permitidas y no permitidas que se proponen son:

a.1. Actividades permitidas

- Tránsito del personal universitario.
- Reuniones, charlas y anuncio de noticias universitarias.
- Video y fotografía.
- Actividades grupales.
- Obras de mantenimiento.

a.2. Actividades no permitidas

- Perturbación, extracción o aprovechamiento de cualquier especie animal o vegetal viva o muerta de las instalaciones.
- Arrojar basura, desechos sólidos o líquidos, fuera de los contenedores indicados.
- Consumir bebidas alcohólicas o fumar.

- Realizar actividades escandalosas o que generen un ruido excesivo, a excepción de las de realización usual de la universidad, como la celebración del Día de Muertos, exposiciones o la Umarela, entre otras.
- Obstaculizar el paso del personal universitario.

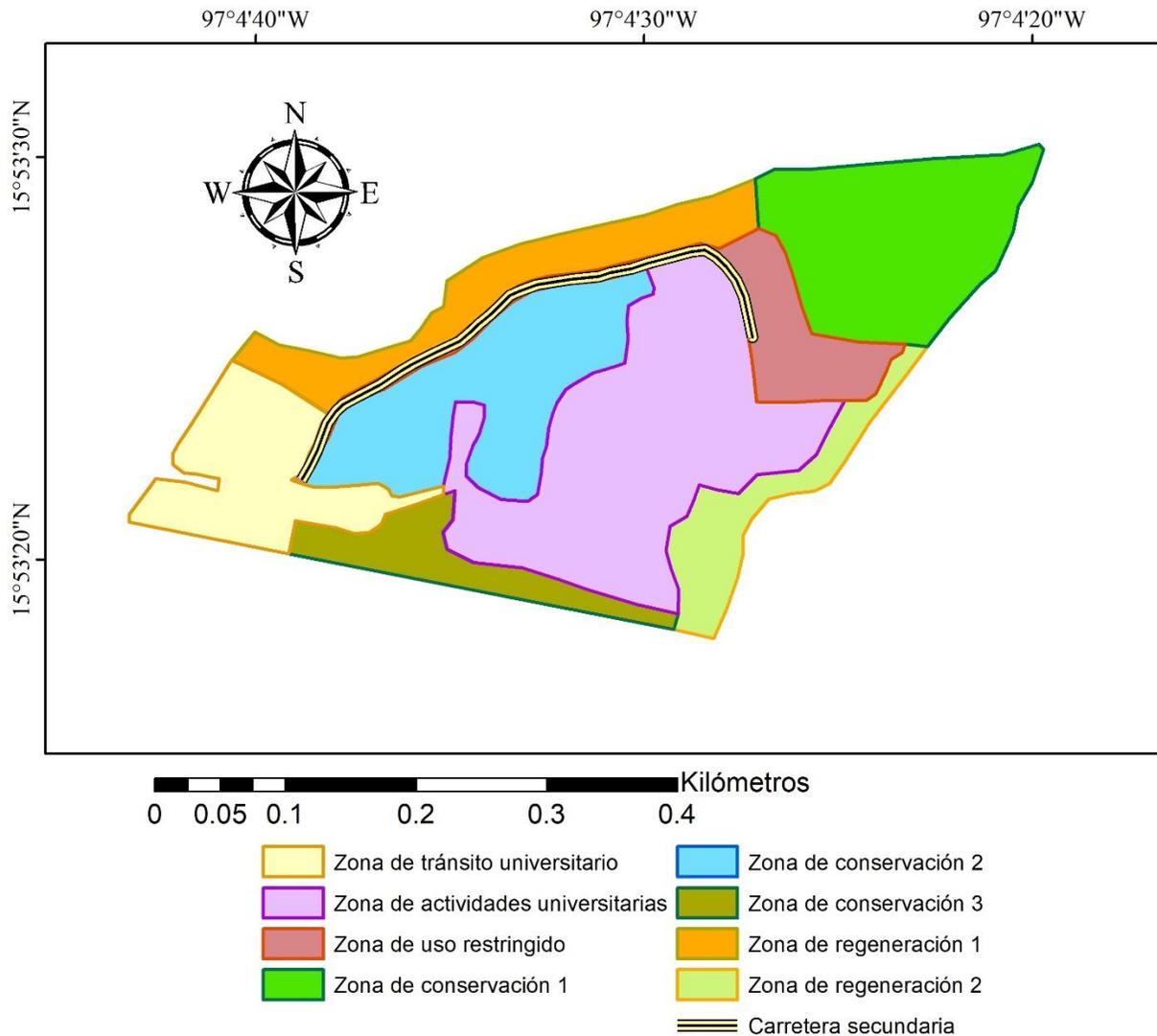


Figura 6. Propuesta de zonificación del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar: Referencia visual sin edificaciones.

b. Zona de actividades universitarias

Constituida por la zona central del campus Puerto Escondido, incluye los bloques de aulas, pasillos interiores, y edificios principales tanto académicos, como administrativos. Es una zona donde hay constante actividad humana durante todo el día en horario laboral (8:00 a 19:00 h). La aglomeración de edificios puede actuar como barrera importante para el tránsito de algunos mamíferos terrestres no voladores; sin embargo, la amplitud de los

pasillos y la vegetación entre los edificios le permite a algunas especies cruzar esta zona habitualmente, tanto de día (ardillas, yaguarundí) como de noche (conejos, zorros, entre otras especies). Entre las actividades permitidas y no permitidas que se proponen son:

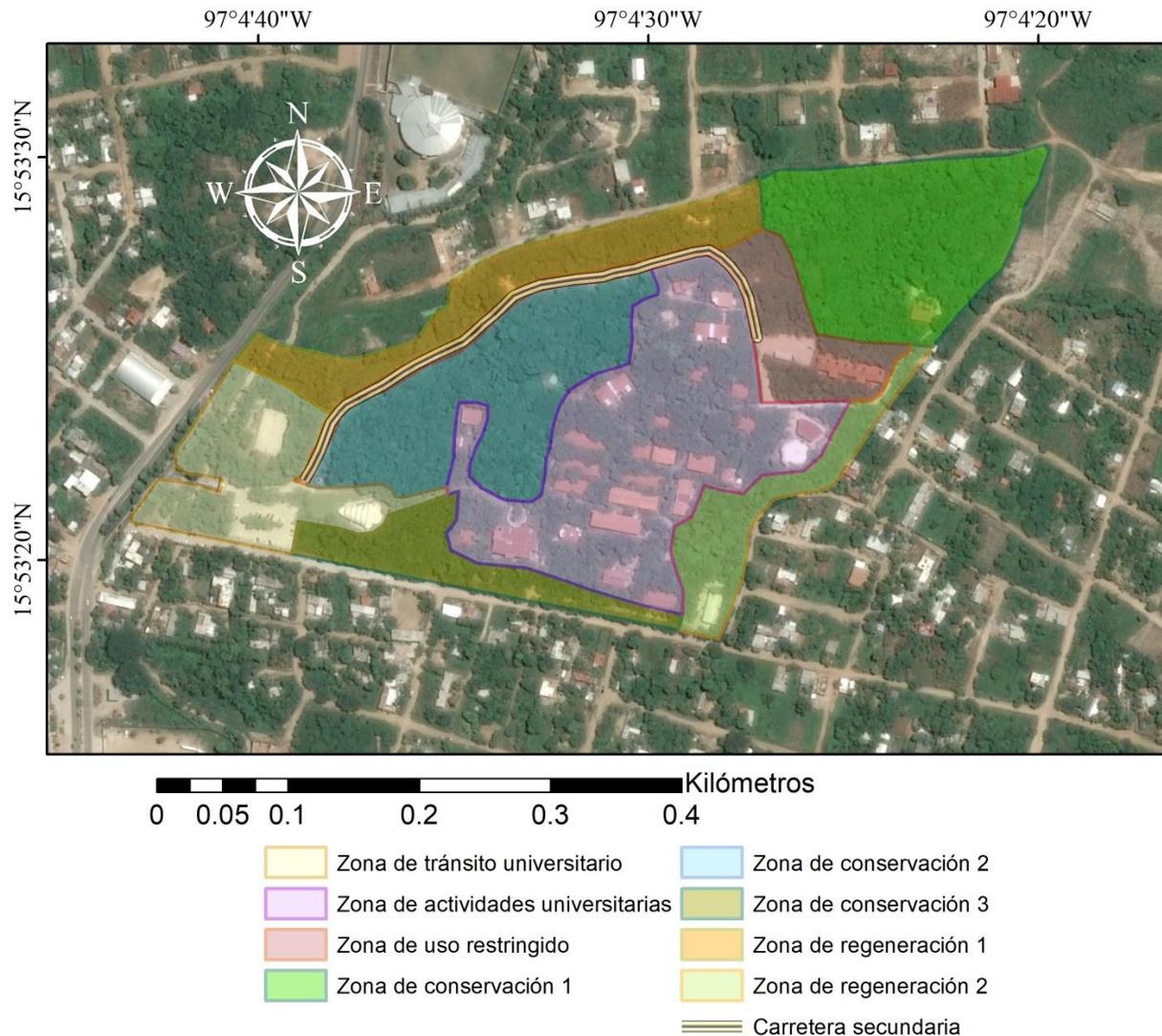


Figura 7. Propuesta de zonificación del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar: Referencia visual con imagen satelital y edificaciones de fondo, de la herramienta Bing (Arc Map 10.5).

b.1. Actividades permitidas

- Tránsito del personal universitario.
- Reuniones, charlas y anuncio de noticias universitarias.
- Video y fotografía.
- Actividades grupales.

- Obras de mantenimiento.
- Construcción de nuevos edificios, o expansión de instalaciones ya construidas.

b.2. Actividades no permitidas

- Perturbación, extracción o aprovechamiento de cualquier especie animal o vegetal viva o muerta de las instalaciones.
- Arrojar basura, desechos sólidos o líquidos, fuera de los contenedores indicados.
- Consumir bebidas alcohólicas o fumar.
- Realizar actividades escandalosas o que generen un ruido excesivo.

c. Zona de uso restringido

Incluye la carretera secundaria con señalización vial que indica no exceder los 30 km/h de velocidad de circulación. Además, permite el tránsito de vehículos desde la entrada hasta el edificio de posgrado y los departamentos de profesores; esta zona abarca también el edificio de almacén y mantenimiento del campus. Es un área con un tránsito ocasional del personal universitario de mantenimiento y vigilancia, quienes lo transitan en sus actividades cotidianas. Estas zonas actúan como áreas de transición, entre las cuales ocasionalmente podrían transitar los mamíferos terrestres no voladores del campus. Entre las actividades permitidas y no permitidas que se proponen son:

c.1. Actividades permitidas

- Tránsito del personal universitario de mantenimiento o vigilancia.
- Video y fotografía.
- Actividades individuales o grupales con previa autorización de las autoridades universitarias.
- Obras de mantenimiento.

c.2. Actividades no permitidas

- Tránsito de personal universitario no autorizado (estudiantes, profesores y administrativos).
- Perturbación, extracción o aprovechamiento de cualquier especie animal o vegetal viva o muerta de las instalaciones.
- Arrojar basura, desechos sólidos o líquidos, fuera de los contenedores indicados.
- Consumir bebidas alcohólicas o fumar.

d. Zona de conservación

Formada por tres zonas de área verde ubicadas en: 1) Límite norte del campus hasta el área noroeste de la casa del Rector; 2) Costado noroeste de la zona de actividades universitarias; 3) Costado sur del auditorio. La zona uno se encuentra en estado de regeneración desde el 2002, cuando ocurrió la fundación del campus Puerto Escondido,

mientras que la zona dos y tres son espacios verdes que pueden albergar fauna potencialmente. Se considera que en estas zonas hay la probabilidad de encontrar madrigueras o sitios de anidación de los mamíferos terrestres voladores debido al bajo a nulo tránsito que experimentan por parte de vigilantes y trabajadores en un día de actividad académica normal. Entre las actividades permitidas y no permitidas que se proponen son:

d.1. Actividades permitidas

- Tránsito del personal universitario de mantenimiento o vigilancia.
- Video y fotografía.
- Actividades que fomenten la regeneración o conservación de la vegetación local.
- Actividades individuales o grupales con previa autorización de las autoridades universitarias.
- Obras de mantenimiento.

d.2. Actividades no permitidas

- Tránsito de personal universitario no autorizado (estudiantes, profesores y administrativos).
- Perturbación, extracción o aprovechamiento de cualquier especie animal o vegetal viva o muerta de las instalaciones.
- Introducción de especies vegetales o animales exóticas.
- Arrojar basura, desechos sólidos o líquidos, fuera de los contenedores indicados.
- Consumir bebidas alcohólicas o fumar.
- Hacer uso incorrecto e irresponsable del fuego.

e. Zona de regeneración

Formada por dos zonas: una ubicada en el límite norte y otra al límite este del campus. La primera está conformada por un estrecho espacio que comunica la zona desde la cancha de baloncesto hasta el inicio de la zona de conservación uno. Esta área puede servir como corredor de fauna, por lo que se busca el aprovechamiento del espacio para favorecer la replantación de vegetación de selva baja caducifolia de tamaño medio, con el fin de que sirva de refugio para las especies que lo transitan. La zona de regeneración dos, se encuentra ubicada entre los límites del almacén hasta la parte posterior de la biblioteca y comunica con la zona de conservación uno. En esta área existe un humedal temporal que puede llegar a aumentar de nivel en temporadas de lluvias y desaparecer en temporada de secas, por lo que este espacio tiene un potencial de conservación alto para las especies más dependiente del factor agua como lo son los anfibios. Entre las actividades permitidas y no permitidas que se proponen son:

e.1. Actividades permitidas

- Tránsito del personal universitario de mantenimiento o vigilancia.
- Video y fotografía.
- Actividades que fomenten la regeneración o conservación activa de la vegetación local, como la replantación o trasplante de especies de selva baja caducifolia.
- Actividades individuales o grupales con previa autorización de las autoridades universitarias.
- Obras de mantenimiento.

e.2. Actividades no permitidas

- Tránsito de personal universitario no autorizado (generalmente estudiantes, profesores y administrativos).
- Perturbación, extracción o aprovechamiento de cualquier especie animal o vegetal viva o muerta de las instalaciones.
- Introducción de especies vegetales o animales exóticas.
- Arrojar basura, desechos sólidos o líquidos, fuera de los contenedores indicados.
- Consumir bebidas alcohólicas o fumar.
- Hacer uso incorrecto e irresponsable del fuego.

11.4.2. Reconstrucción y/o reparación de límites

Los límites constituyen la primera línea tanto de defensa como de delimitación del campus, por lo que es necesario hacer una evaluación de la integridad y funcionalidad de los mismos a lo largo del contorno de esta área. Un cercado deteriorado, una malla incompleta o en mal estado, o un muro derrumbado, permiten a especies domésticas como los perros ingresar dentro del campus y ejercer papeles de depredación o competencia por recursos con otras especies silvestres en el campus. De la misma manera, y aunque los gatos no son tan limitados por la existencia de límites íntegros, la reparación de los mismos puede atenuar en gran medida el impacto que tienen dentro del campus sobre especies silvestres de aves y pequeños mamíferos. Es importante resaltar que los límites impiden que las personas de alrededor del campus entren para aprovechar ilegalmente a las especies animales y vegetales, además de evitar robos de materiales o insumos pertenecientes a la universidad. Por estas razones, es necesario hacer una revisión, seguimiento a la reconstrucción y/o reparación de los límites del campus Puerto Escondido de la Universidad del Mar. Y aunque particularmente no existen brechas que requieran reparación urgente, la parte frontal de la universidad posee un muro incompleto, y existen algunas partes del perímetro cuya malla ciclónica no se encuentra en las mejores condiciones para impedir el acceso a ciertas especies domésticas o la invasión por parte de personas no autorizadas.

11.4.3. Manejo y disposición de basura

El manejo y disposición de los residuos sólidos, que son generados en las actividades diarias, es un tema de gran importancia tanto para la comunidad universitaria, como para la mastofauna del campus. Lo anterior puede fomentar la conglomeración de especies domésticas indeseadas como ratas, perros o gatos, además de infestaciones de insectos. Los residuos de alimentos provenientes de edificios como la cafetería, pueden constituir un factor de riesgo de marcada importancia ante esta problemática, por lo que se sugiere revisar el protocolo de disposición de residuos alimenticios y basureros dispuestos en los pasillos al interior del campus. Silva Bautista (2012) reportó que se generaron en promedio 432.35 kg de residuos al mes, predominando los residuos orgánicos, biológico-infecciosos, papel y plásticos en el campus Puerto Escondido de la UMAR. El área de la cafetería fue donde se generaron más residuos (247.6 kg al mes) y el Laboratorio de Paleontología fue donde menos (0.497 kg al mes). Es importante tener en cuenta que esta información fue registrada un año previo a la apertura de la Licenciatura en Enfermería, la cual tiene la mayor cantidad de alumnos de la institución, por lo que la cantidad de residuos generados actualmente debe ser superior. Por otra parte, en la actualidad parece no haber problemas graves en el manejo de los residuos dentro del campus; sin embargo, se realizan recomendaciones añadidas al protocolo disponible:

- Es necesaria la actualización y revisión del protocolo de manejo de residuos propuesto por Silva Bautista (2012), con el fin de evaluar la vigencia o validez del mismo para su implementación.
- Al ser la cafetería el edificio donde más residuos de todo tipo se generan en las actividades cotidianas, se sugiere la implementación gradual de una política que busque disminuir hasta eliminar el uso de plásticos y desechables de un solo uso (cubiertos, vasos, platos o recipientes de poliestireno expandido). Esta política puede ser instaurada paulatinamente por medio de la concientización colectiva de todos los usuarios de la cafetería, donde se estimule e incluso recompense (por ejemplo, con una leve reducción de precios) el transporte de recipientes y cubiertos personales de múltiples usos en la compra de comidas para llevar.
- Se sugiere la implementación e instalación de tres juegos de contenedores de residuos con etiquetas de separación de residuos (cinco contenedores por cada juego: orgánico; botellas de plástico; latas, vidrio y tetrapack; papel y cartón; y otros) en puntos estratégicos de tránsito universitario, como por ejemplo: en el estacionamiento interior del campus, el cruce de los bloques de salones, y el cruce que comunica el edificio de genética, la biblioteca y las salas de informática. Esto puede aportar a una mejor gestión y procesamiento de residuos.

11.4.4. Implementación de bebederos artificiales en zonas de regeneración

El agua es un factor determinante para la vida y consiguiente presencia de cualquier especie animal dentro del campus, por lo que es una prioridad para la conservación de especies. La ausencia de cuerpos de agua estancada o corrientes continuas en el interior del campus, constituye una carencia muy importante para las comunidades animales. Lo anterior debería de ser suplido por la construcción o adquisición de cinco bebederos artificiales de fácil llenado y drenado, ubicados de manera estratégica a lo largo de las zonas de conservación: dos en la zona de conservación uno, dos en la número dos y uno en la número tres. Esto permitiría la disposición del valioso recurso durante época de secas, con el fin de fomentar la presencia, permanencia y reproducción de especies de mamíferos terrestres no voladores (y todas las demás especies animales) dentro del perímetro del campus.

11.4.5. Conferencias educativas hacia la comunidad universitaria

Es recomendable la organización de conferencias educativas dirigidas a cualquier miembro de la comunidad universitaria (estudiantes, profesores, administrativos y personal de mantenimiento y vigilancia). Estas deben exponer de manera informativa las especies de los principales grupos animales registrados dentro del campus (no exclusivamente mamíferos) y la propuesta de manejo derivada de los resultados obtenidos de esta tesis, para buscar la concientización colectiva. Estas conferencias pueden organizarse de manera semestral, con el fin de informar a las nuevas generaciones, mientras se reafirma el compromiso de las precedentes.

El abordaje de cada grupo de la comunidad universitaria durante las charlas o conferencias, debe realizarse acorde al público al que se está informando, con un lenguaje más técnico hacia los estudiantes y profesores, y con uno más sencillo y directo hacia directivos y personal de mantenimiento y vigilancia. Esto con el fin de que el mismo mensaje sea aceptado y aprovechado satisfactoriamente por cada grupo, de manera que no queden dudas que retrasen la concientización colectiva en la conservación del medio natural, y especies animales y vegetales que se encuentran al interior del campus.

Finalmente, se sugiere la instalación de afiches divulgativos con información e imágenes pertinentes a las especies animales registradas en el campus, y frases que motiven la conservación de las áreas verdes, entre la vegetación del campus a orillas de los pasillos. Esto se realiza bajo la premisa de que es difícil conservar aquello que no se conoce, por lo que puede ser fungir como una herramienta sencilla pero efectiva en materia de divulgación.

11.5. Referencias

- Aranzana, F. 2016. Gestión de zonas verdes urbanas y periurbanas para la conservación de la biodiversidad: el caso de Vitoria-Gasteiz. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 39.
- Bojorges Baños, J. C. y García Estrada C. 2013. Plan de manejo para la conservación de las aves y mamíferos en la Universidad del Mar. 80.
- Celecia, J. 1997. Urban Ecology: Biodiversity and contemporary stakes of inventories. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* 39(2), 241-263.
- González-Pérez, G., M. Briones-Salas, y A. M. Alfaro. 2004. Integración del conocimiento faunístico del estado. En *Biodiversidad de Oaxaca*. (pp. 349-366). México, D.F.: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found.
- Navarro-Frías, J., N. González-Ruiz y S. Álvarez-Castañeda. 2007. Los mamíferos silvestres de milpa alta, distrito federal: lista actualizada y consideraciones para su conservación. *Acta zoológica mexicana (n.s.)*, 23(3), 103-124.
- Pautasso, M. 2007. Scale dependence of the correlation between human population presence and vertebrate and plant species richness. *Ecology Letters* 10: 16-24.
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Oaxaca. 1992. Decreto número 4, por el cual se crea el organismo público descentralizado de carácter estatal denominado "Universidad del Mar". Consultado el 1 de septiembre de 2019: <http://www.umar.mx/DocsUMAR/01-DecretoCreacion.pdf>.
- Santos Altamirano, D. 2015. Diversidad, dieta y dinámica poblacional de los murciélagos frugívoros en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. UMAR. Puerto Escondido. México.
- Silva Bautista, N. 2012. Diagnóstico de los residuos generados en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido y una propuesta sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos. Tesis de Licenciatura. UMAR. Puerto Escondido. México.
- Torres Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. Pp. 105-117. In: *Biodiversidad de Oaxaca*. (García Mendoza, A. J., M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas, eds.) Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. World Wildlife Fund, México.
- Trejo Vázquez, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 39, 40-52.
- Zaragoza Quintana, E. P., MacSwiney González, M. C., y Hernández Betancourt, S. F. 2015. La conservación de la biodiversidad en las tierras privadas de México. *Ciencia UANL*, 18(75), 8-14.