

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

Estudio de línea base de la diversidad de mamíferos de la Estación Científica Mindo en 12 localidades utilizando métodos no invasivos

Carlos Gabriel Guarderas Ribadeneira

Carrera Biología: Biodiversidad y Conservación

Trabajo de integración curricular presentado como requisito
para la obtención del título de
Biólogo

Quito, 12 de mayo del 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Estudio de línea base de la diversidad de mamíferos de la Estación Científica Mindo en 12 localidades utilizando métodos no invasivos

CARLOS GABRIEL GUARDERAS RIBADENEIRA

Calificación: (puntos logrados) / (puntos posibles)

Nombre del profesor, Título académico Rebecca Zug, PhD
Profesora de Biología de la Conservación

Firma del profesor: _____

Quito, 12 de mayo de 2020

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

CARLOS GABRIEL GUARDERAS RIBADENEIRA

Código:

00100642

Cédula de identidad:

1713925905

Lugar y fecha:

Quito, Mayo de 2020

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

El conservar la diversidad biológica es sumamente importante para poder preservar nuestro planeta. El presente estudio busca crear una línea base de la diversidad de mamíferos en laderas de bosque nublado tropical mediante el uso de cámaras trampa. Los datos se analizaron utilizando el paquete CamtrapR y mediante sus códigos de programación de R se procesó las imágenes obtenidas para analizar la de diversidad del sitio de muestreo y de las diferentes localidades analizadas (CRAN Team, 2017; Nielballa et al., 2016). Para analizar la diversidad de mamíferos, se colocó 7 cámaras en locaciones randomizadas a lo largo del área de muestreo, ubicada en Mindo (-0.03589, -78.74919) desde el día 10 de marzo del año 2018 hasta el 29 de marzo del 2018 y 5 cámaras se colocaron desde el 25 de enero del 2019 hasta el 23 de febrero del 2019 en la Estación Científica Mindo. Durante 276 noches de muestreo obtuvimos un total de 1387 fotografías con un total de 29 eventos independientes de 12 especies de 11 familias diferentes. Setenta y siete por ciento de las 12 localidades muestreadas (9 localidades) obtuvieron imágenes. Se analizó los registros de actividad y se obtuvo una riqueza de 13 especies, un índice de diversidad de Shannon ($H = 2.02$) y un índice de diversidad de Simpson ($S = 0.88$). Se realizaron varias observaciones acerca de los lugares de muestreo para identificar los factores que pudieron influir en la diversidad de los sitios de muestreo. Se identificó que las diferencias en los resultados obtenidos acerca de la diversidad de las diferentes localidades se pudieron deber a diferencias en la disponibilidad de alimentos y recursos en dichas localidades en lo cual se encontró al menos 4 especies las cuales no se encontraron en los muestreos.

Palabras clave:

mamíferos, diversity, tropics, Choco, bosque nublado, occidente, Ecuador, Mindo, USFQ, línea base, índice de biodiversidad

ABSTRACT

Preserving our planet's biological diversity is of great importance to maintain healthy ecosystems. The main goal of this research was to conduct a baseline study of mammal diversity in the tropical cloud forest of Mindo using camera traps as a non-invasive survey method. We deployed camera traps at 12 randomized locations within the University of San Francisco-Quito Mindo Scientific Station (-0.03589, -78.74919) located near the town of Mindo, Ecuador. Seven camera traps were deployed from March 10 to March 29, 2018, and 5 camera traps were deployed from January 25 to February 23, 2019. Over a total of 276 camera trap nights we recorded a total of 1387 photographs in which we registered 29 events of mammal activity. We identified 12 different species corresponding to 11 different taxonomic families. Of the 12 camera trap sites studied, seventy five percent (9 study sites) captured activity events of mammals. We then classified the photos into species folders from which a record table was created using the R statistical software package CamtrapR (Nioldballa, 2016). Using the R package Vegan, we analyzed the Shannon Diversity Index for the entire Mindo Research Station area as well as individual diversity indexes for each study site. We calculated a Shannon Diversity Index of 2.02 ($H = 2.02$) for the Mindo Research Station and a total species richness of 12. We found differences in the mammal diversity throughout the 12 study sites which could be related to differences in the availability of food resources at each study site. We also compared our results to the mammal composition of previous studies and found at least four species present in those studies that were not present in ours.

Keywords: mammals, diversity, tropics, Choco, cloud forest, Ecuador, Mindo, USFQ, baseline biodiversity index

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
ÁREA DE ESTUDIO	16
METODOLOGÍAS	17
RESULTADOS	19
DISCUSIÓN	25
CONCLUSIONES	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
ANEXO A: IMAGENES DE LAS ESPECIES CAPTURADAS MEDIANTE EL USO DE CAMARAS TRAMPA	34
ANEXO B: MAPAS GEOGRAFICOS DE LA ESTACION CIENTIFICA DE LA USFQ UBICADA EN MINDO	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1. Lista de especies encontradas mediante el muestreo realizado en la propiedad de la USFQ en Mindo	22
Tabla # 2. Índices de diversidad de riqueza de especies: índices de diversidad de Shannon y Simpson obtenidos de los 12 diferentes sitios de muestreo.....	23
Tabla # 3. Tabla de despliegue de las cámaras trampa a lo largo de las 12 estaciones muestreadas.....	24
Tabla # 4. Numero de noches muestreadas en cada localidad mediante el uso de cámaras trampa	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen de un Oso de Andino encontrado en la estación científica Mindo.....	34
Figura 2. Imagen de una guatusa encontrada en la estación científica de la USFQ ubicada en Mindo	35
Figura 3. Imagen de un armadillo de nueve bandas encontrado en la estación de la USFQ en Mindo.....	35
Figura 4. Imagen de una ardilla en la estación científica de la USFQ ubicada en Mindo.....	36
Figura 5. Imagen de un venado obtenido en la propiedad de la USFQ en Mindo.....	37
Figura 6. Imagen de un puma en la estación científica de la USFQ en Mindo.....	38
Figura 7. Imagen de un margay en la estación científica de la USFQ en Mindo.....	39
Figura 8. Imagen de una raposa común en la estación científica de la USFQ en Mindo.....	40
Figura 9. posición geográfica de la propiedad de la USFQ dentro del continente ecuatoriano.	41
Figura 10. Localización y posicionamiento de las cámaras trampa dentro de la estación científica de la USFQ en Mindo.....	42

INTRODUCCIÓN

El conocer la biodiversidad de nuestro planeta se ha vuelto uno de los motores más importantes para la conservación, asegurándonos la salud de ecosistemas que a su vez nos proporcionan un sin número de servicios ecosistémicos que permiten la vida en el planeta. Esto se debe a que al entender la composición biótica de un ecosistema somos capaces de proponer y realizar estrategias de conservación más reales y apropiadas para los ecosistemas. Estos ecosistemas saludables a su vez nos brindan servicios ecosistémicos y nos proveen de diferentes bienes, tanto materiales como intrínsecos los cuales son de vital importancia para los humanos (Haines-Young y Potschin, 2010). Los cambios más pequeños en la composición de las comunidades de vertebrados pueden llevar a cambios graves a lo largo de las bases de las redes tróficas, afectando las tasas de productividad primaria y descomposición (Hooper et al., 2012). Los cambios en la tasa de productividad a su vez conllevan cambios importantes en la diversidad de estos ecosistemas. Los cambios en la diversidad y abundancia de mamíferos pequeños, los cuales cumplen el rol de consumidores primarios, afectan de manera radical a la diversidad de predadores y la abundancia de los mismos. El conservar tanto la diversidad de las especies en la base de la cadena trófica como en el tope nos permite asegurar que estos ecosistemas se mantengan saludables.

La complejidad de los ecosistemas tropicales puede llevar a que se den cambios a una acelerada escala, si tomamos en cuenta el poblado más cercano al sitio de estudio, Mindo, hace 50 años podía ser accedido sólo a caballo desde el poblado de Quito. Hoy en día, se encuentra a tan solo una hora de Quito y tiene una población aproximada de 2500 habitantes. Entre el año 1980 y 2000 se ha dado una expansión de la frontera agrícola en los trópicos de 100 millones de hectáreas, esto equivale al tamaño de Francia y Alemania combinados (Adersen, 2020).

Por un largo tiempo la comunidad de biólogos ha entendido que el espectro total de la diversidad biológica nunca será conocido completamente - esto indica que no todas las especies y ecosistemas serán identificados, nombrados, catalogados y estudiados en detalle antes de desaparezcan (Wilson, 1989). Erwin (1982) encontró que el alcance de nuestro conocimiento sobre los trópicos es sumamente limitado. Gracias a su amplio muestreo en la biodiversidad entomológica, en especial a sus colecciones de insectos del dosel en bosques tropicales, estimó que debe existir aproximadamente 30 millones de organismos vivos en el planeta tierra. Esto significa que solo el quince por ciento de estas especies han sido descritas y clasificadas taxonómicamente; y mucho menos en todos sus inimaginables cambios evolutivos a lo largo del tiempo (Wilson, 1989). Esto nos muestra lo mucho que nos falta por avanzar en el campo de la taxonomía y diversidad. Un ejemplo de la falta de conocimiento dentro del campo de los mamíferos, en especial en los trópicos, donde aún existen especies sin ser descritas o estudiadas.

Para poder preservar y conservar de manera sustentable estos ecosistemas tropicales es importante conocer la biodiversidad de dichos ecosistemas. La biodiversidad se compone principalmente por tres partes, los ecosistemas (ecological diversity), las especies que habitan estos ecosistemas (organismal diversity) y la diversidad genética (genetic diversity) de dichos organismos. El gradiente de diversidad latitudinal (Connell y Orias, 1964) explica la relación notada por Darwin en el 3er capítulo de *Origen de las Especies* en la cual la diversidad disminuye a medida que uno se aleja latitudinalmente del ecuador. Es debido a esto que se cataloga a los ecosistemas tropicales como hiper-diversos. Mayle (2004) explica la importancia de los trópicos durante las glaciaciones del Pleistoceno, en el cual la biodiversidad pudo refugiarse dentro de ellos, lo cual llevó posteriormente a una explosión de diversidad en dichas áreas (Mayle, 2004). Debido a esta altísima biodiversidad en los trópicos, existe una alta importancia de obtener información de la diversidad mediante estudios de línea base. En los bosques tropicales Occidentales de los Andes, la información es sumamente limitada. Es importante recalcar que la mayoría de

información sobre los bosques tropicales se encuentra en los bosques Orientales de la Cordillera Andina. Debido a los procesos de especiación alopátrica dada por el surgimiento de los Andes, los ecosistemas Occidentales tienen muchas similitudes pero una altísima biodiversidad, la cual debido a la deforestación y expansión de la frontera agrícola está desapareciendo.

El estudio realizado se enfocó en la diversidad utilizando a mamíferos como organismos de interés. Los mamíferos son el tercer grupo más amenazado dentro de los vertebrados, los mamíferos tropicales son los más amenazados de acuerdo a estudios recientes (Torres-Porras, 2017). Análisis recientes han demostrado que el estatus de conservación de las especies de mamíferos ha declinado (Índices de la Lista Roja de la UICN muestran un crecimiento de -0.8%) entre el año 1996 y 2008, tomando en cuenta que las especies más vulnerables son aquellas tropicales (Hoffman et al., 2010).

Existen varios tipos de metodologías las cuales nos permiten estudiar la biodiversidad y enfocar nuestros estudios dependiendo de los datos deseados y el análisis a realizarse en ellos. Por ejemplo, el realizar inventarios de animales de una zona cumple con una gran variedad de propósitos. Se encuentra la diversidad específica de una localidad, permite la comparación entre diferentes localidades, y brindan gran ayuda en refinar las áreas de distribución de especies específicas. Los estudios de línea base pueden ser utilizados posteriormente para evaluar el impacto de las actividades humanas sobre dichas localidades y sus sectores vecinos. La obtención de datos sobre las comunidades ecológicas en múltiples niveles, es de vital importancia para entender y predecir los efectos antropogénicos, establecer líneas base, identificar los mecanismos del decrecimiento poblacional de ciertas especies y para formular estrategias de mitigación efectivas (Hampton et al., 2013; Steenweg et al., 2017).

Un buen entendimiento de la presencia y distribución de las especies es de crucial importancia para la planificación y manejo de las estrategias de conservación para una región

(Tobler, 2008). Debido al alto número de factores cambiantes entre dichos ecosistemas, se ha encontrado cambios significativos en su diversidad (Voss & Emmons, 1996). El rápido avance de la tecnología ha llevado a grandes innovaciones en las metodologías para estudiar la diversidad de organismos que habita un área determinada (Karanth & Nichols, 1998). La menos invasiva de estas tecnologías es el estudio mediante cámaras trampa (Royle, 2011). El estudio de las relaciones ecológicas y la dinámica poblacional puede volverse altamente demandante cuando se trata con especies altamente crípticas, difíciles de observar y capturar, las cuales viven dentro de ecosistemas difícilmente accesibles (Hamel et al., 2013). El uso de información geoespacial nos puede ayudar a obtener aún mayores inferencias acerca de las poblaciones y su dinámica dentro de los ecosistemas que habitan.

Muchas de las técnicas de muestreo para estudiar la vida silvestre son invasivas, como por ejemplo, trampas de captura viva, y la radiotelemetría. Estas técnicas involucran una cierta manipulación de los individuos. Esta manipulación lleva a que estas técnicas sean caras, demandantes logísticamente y que están asociadas comúnmente a limitaciones éticas (Meek, 2014). Las técnicas de muestreo no-invasivas han avanzado mucho en los últimos años. Estos avances incluyen a la creación de cámaras trampa. Estas cámaras ofrecen tecnologías no invasivas las cuales presentan una potencial de mejora ética en los tratamientos y alternativas más económica que las técnicas utilizadas anteriormente.

El uso de cámaras trampa es ideal para medir la efectividad de estructuras para mejorar la interconectividad entre diferentes poblaciones de diversas especies, probar modelos de corredores biológicos (Wang et al., 2014), y evaluar los efectos de la fragmentación del bosque sobre la diversidad de especies tropicales y la dominancia de las mismas (Ahumada et al., 2011). Una alta gama de dispositivos de alto rendimiento, los cuales cuentan con varias opciones regulables por el

usuario, se ofrece en el mercado hoy en día a bajos costos (Swann et al., 2011). El diseño de muestreo puede ser optimizado de manera significativa siguiendo ciertas guías las cuales van a depender de la especie de interés y la pregunta de estudio. El uso inadecuado del diseño de muestreo puede llevar a resultados sesgados sobre la población o comunidad de interés (Hamel et al., 2013).

A pesar del incremento en cantidad y acumulación de datos obtenidos por cámaras trampa, la coordinación entre estudios de la misma índole es poco común, y las bases de datos resultantes de dicha colaboración es usualmente fragmentada, no estandarizada, y difícil de integrar para el análisis de diversidad y en las estrategias de conservación (Meek et al., 2014). En las últimas décadas la información de los organismos que habitan los trópicos se ha ido acumulando en la literatura.

Uno de los mayores problemas actuales en obtener información acerca de la biodiversidad es que muchas veces se crean “gaps” o brechas en cuanto a las áreas muestreadas y de las cuales se obtienen estos índices de biodiversidad (Wilson, 1989). Estas brechas en el muestreo pueden llevar a que ciertos hábitats o ecosistemas se vean poco representados dentro de estos índices (Wilson, 1989). El rápido avance de la tecnología nos ha acercado cada vez más a poder cubrir estas brechas de información y poder proponer medidas de conservación más acertadas.

Es importante recalcar que por más de que es una alternativa novedosa y de rápido avance tecnológico, el uso de cámaras trampa tiene sus beneficios y debilidades. Uno de los grandes beneficios que nos brinda es que al poder dejarlas en el campo por largos periodos de tiempo podemos obtener una gama sumamente amplia de datos los cuales pueden ser utilizados para estudiar diferentes temas. De igual manera son bastante sencillas de utilizar y alguien con poca experiencia o entrenamiento puede utilizarlas y colaborar con la toma de datos. Entre las grandes debilidades que presentan las cámaras trampa encontramos el alto costo de inversión que puede

presentar al comenzar una investigación ya que la mayoría de los diseños experimentales requieren de altos números de cámaras. Otro de los puntos en contra de las cámaras trampa puede ser que estas producen una gran cantidad de imágenes las cuales son difíciles de analizar y organizar posteriormente. Este es definitivamente uno de los mayores campos en los que se debe trabajar hoy en día. A pesar de todo esto el uso de cámaras trampa es una alternativa interesante para los estudios de diversidad y composición de especies hoy en día.

El presente estudio pretende crear una línea base de diversidad de mamíferos mediante el uso de cámaras trampa. Es de suma importancia estudiar los trópicos ya que estos corresponden a uno de los lugares más biodiversos del planeta tierra. Sin embargo, a pesar de corresponder a un lugar hiper diverso, los bosques tropicales de la cordillera occidental han sido ampliamente afectados por la actividad humana y poco estudiadas. Debido a la altísima tasa de deforestación de los bosques tropicales de la ladera occidental de la Cordillera de los Andes, es imperativo conocer la biodiversidad que habita en estos ecosistemas antes de que los mismos desaparezcan por completo. La Lista Roja de Especies de la UICN muestra que más del 25% de las especies de mamíferos a nivel mundial se encuentran en algún estado de amenaza (UICN, 2020). Debido a estos factores enfocamos nuestra investigación en recopilar datos acerca de la biodiversidad de mamíferos de los trópicos para poder proponer medidas de conservación para estos ecosistemas y de esta manera, conservar a los organismos presentes en dichos ecosistemas. De igual manera la falta de datos publicados que analicen la diversidad, y los índices correspondientes a la diversidad de estos ecosistemas, lleva a una necesidad de realizar estudios de línea base de la biodiversidad de ecosistemas tropicales para poder evaluar la efectividad de las estrategias de conservación en una escala de tiempo extendida. Los índices de diversidad de Shannon y Simpson nos permiten obtener información comparable la cual pueda ser comparada y evaluada con relación a otros estudios a lo largo del tiempo. A pesar de esto es importante recalcar que estos índices carecen de unidades, lo cual puede llevar a interpretaciones ambiguas de los mismos.

ÁREA DE ESTUDIO

La Estación Científica Mindo de la Universidad San Francisco de Quito (ECM-USFQ) es un área privada la cual conserva un importante sector de bosque tropical siempre lluvioso el cual corresponde al corredor biogeográfico Chocó-Darién. El sector de bosque conservado por la USFQ corresponde a un bosque nublado tropical; siendo en su mayoría un bosque secundario con una restauración de al menos 10 años, pero en ciertos parches de las laderas de la propiedad encontramos un bosque primario de difícil acceso por la pronunciada pendiente de las laderas. La propiedad de la USFQ se encuentra en el Noroccidente de la provincia de Pichincha, Ecuador, en el cantón de Mindo (-0.03589, -78.74919) (Figura 9). Dicha ECM-USFQ se extiende desde 1250 msnm hasta 1500 msnm. Debido al factor altitudinal se pueden encontrar diferentes zonas biogeográficas distinguibles las cuales corresponden a: un bosque nublado montano bajo, lo podemos encontrar al este de la ECM-USFQ, siendo la parte más alta dentro de la propiedad de la una zona de transición entre bosque montano y bosque nublado donde también corresponde a un bosque lluvioso tropical de ladera. La variabilidad de altitudes forma distintas zonas biogeográficas hacen de la ECM-USFQ un sitio extremadamente diverso. Dicha diversidad abarca a todo tipo de animales, de los cuales tuvimos un particular interés en los mamíferos debido al tipo de metodología que utilizamos.

METODOLOGÍA

Para estudiar los mamíferos medianos y grandes dentro de la ECM-USFQ se utilizó un total de 9 cámaras trampa: 6 tipo Bushnell-Trophy Cam de sensor infrarrojo y captura de video y 3 SECACAM Wild-Vision Full HD 5.0 con las mismas funciones.

Se realizó varias actividades enfocadas en acceder a las zonas de muestreo. Estas actividades consistieron en ciertos casos en abrir senderos a dichos sitios de interés causando el menor impacto posible y tratando de mantener las cámaras suficientemente separadas para asegurar la independencia en el muestreo. Estas actividades se realizaron en 3 ocasiones diferentes, 2 ocasiones al inicio del estudio donde se realizó una exploración de la zona y se tomó datos geoespaciales con ayuda de un GPS. Se realizaron varias caminatas en las cuales se realizó una búsqueda activa de mamíferos. Durante las caminatas se identificó lugares de interés en los cuales posteriormente se colocaron cámaras escogiendo estos lugares de manera aleatoria pero enfocado a obtener la mayor actividad animal posible ya que no utilizamos ningún tipo de atrayente. Se continuó con el monitoreo de dichos lugares en cada ingreso a la propiedad. En dichos accesos a las localidades de muestreo se colocó las cámaras siguiendo las metodologías propuestas por Tobler et al. (2008) y se dio mantenimiento a los equipos chequear el estado de las cámaras y en el caso de existir inconvenientes se prosiguió a extraerlas. Al momento de extraer las cámaras se

aprovechó la oportunidad para limpiarlas y analizar que funcionen correctamente y contengan suficiente batería para su funcionamiento.

Las cámaras fueron ubicadas en un lapso de 18 días en el mes de marzo del 2018, y de 30 días en el mes de enero hasta febrero del 2019. Colocamos en 12 sitios distintos distribuidos en la propiedad de Mindo de la USFQ (Tabla 3). El estudio comprendió de 276 noches de muestreo divididas en las 12 localidades muestreadas (Tabla 4). Las cámaras fueron monitoreadas cada 15 días, descargando las fotos en un computador portátil. Las fotos fueron identificadas mediante la Guía de Campo de Mamíferos del Ecuador (Tirira, 2007) tomando en cuenta la distribución de las posibles especies para no caer en falsas identificaciones de dichas especies. Las imágenes fueron almacenadas en un disco duro externo para su futura identificación y análisis. Una vez obtenidas las imágenes se prosiguió a clasificarlas en carpetas las cuales posteriormente fueron reclasificadas mediante el paquete CamtrapR del software estadístico R (CRAN Team, 2017). Para una correcta identificación de casos complicados se contó con el apoyo de profesores del área de Biología de la USFQ y se compararon con las fotos en línea. En el caso de contar con imágenes en las cuales la identificación de especies era imposible como en el caso de murciélagos (orden: Chiroptera) o no se encontraron organismos de interés, como en el caso de presencia de aves se prosiguió a eliminarlas de los análisis.

RESULTADOS

El estudio se realizó en dos periodos de foto trapeo con cámaras trampa los cuales se realizaron desde el día 10 de marzo del año 2018 hasta el 29 de marzo del 2018 (correspondiente a 126 noches de trapeo); y desde el 25 de enero del 2019 hasta el 23 de febrero del 2019 (correspondiendo a 150 noches de trapeo) (Tabla 3). Ambos periodos de estudio sumaron un total de 276 noches para el estudio (Tabla 4). En estas 276 noches de muestreo obtuvimos un total de 1554 imágenes las cuales resultaron en un total de 29 eventos de mamíferos correspondientes a 12 especies de 11 familias diferentes (Tabla 1). De estas 1554 imágenes se descartaron 167 imágenes ya que estaban duplicadas o eran imágenes de prueba de las cámaras. Del restante 1387 fotografías se catalogó dentro de 14 categorías, identificando los organismos a nivel de especie, dependiendo del contenido de cada imagen. A las imágenes reclasificadas se les corrió un código del programa R para obtener una tabla de datos para posteriores análisis. De las 1387 imágenes utilizadas, se detectó 126 eventos capturados por las cámaras trampa incluyendo aquellos eventos de actividad humana, los cuales fueron descartados posteriormente para los análisis lo cual nos deja con 29 eventos de actividad de mamíferos en las 12 localidades estudiadas. El setenta y cinco por ciento de las localidades (9 localidades) obtuvieron imágenes. De las 1387 imágenes, 167 imágenes fueron excluidas ya que no encontramos animales y corresponden a activaciones falsas de los sensores de las cámaras. A los 29 eventos de captura de organismos de interés se prosiguió a identificar a los animales y categorizarlas de manera sistemática dentro de carpetas para su posterior renombramiento a través de códigos del paquete estadístico CamtrapR del software estadístico R (CRAN Team, 2017).

Índices de diversidad y riqueza de especies

Mediante la tabla de eventos, creada con CamtrapR, de las fotografías ya identificadas a nivel de especie se analizó los índices de diversidad correspondientes para cada sitio de muestreo y para toda el área de muestreo. Primero se obtuvo la riqueza de especies para cada localidad de estudio, dentro de lo cual se vio que la cámara número 5 tuvo la mayor cantidad de mamíferos con 5 especies diferentes calculadas. La riqueza de especies para el área total de Mindo fue de 12 especies diferentes. El índice de diversidad de Shannon obtenido para toda la estación fue de 2.02 y varió a lo largo de las 12 estaciones de estudio. Las variaciones encontradas entre las diferentes áreas de muestreo se pudieron deber a diferentes razones y factores los cuales variaron a lo largo de las localidades muestreadas. Entre estos factores pudimos identificar a algunos de ellos los cuales pudieron llevar a cambios en la diversidad encontrada en cada localidad como por ejemplo la disponibilidad de alimentos y la presencia de senderos preexistentes.

Tabla 1. Lista de especies encontradas mediante el muestreo realizado en la propiedad de la USFQ en Mindo. Las especies se encuentran identificadas a nivel de Familia, Genero y Especie. Se muestran los nombres comunes de cada especie y el número de eventos capturados de cada especie

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Número de Eventos
Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatusa centroamericana	5
Dasyopodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas	2
Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso Andino	1
Felidae	<i>Leopardus wiedii</i>	Margay	3
Cricetidae	NA	Ratón campestre	1
Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Sahino	4
Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Raposa común	1
Felidae	<i>Puma concolor</i>	Puma	4
Artiodactyla	<i>Mazama gualea</i>	Venado Colorado	3
Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla roja	3
Bradypodidae	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso Hormiguero	1
Artiodactyla	<i>Mazama rufina</i>	Corzuelo roja pequeña	1

Tabla 2. Índices de Diversidad de riqueza de especies, índices de diversidad de Shannon y Simpson obtenidos de los 12 diferentes sitios de muestreo. Estos índices fueron calculados utilizando el paquete estadístico Vegan del programa estadístico R (CRAN Team, 2017)

Camera	Species Richness	Shannon	Simpson
1	1	0.000	0.000
2	2	0.693	0.500
3	1	0.000	0.000
4	2	0.693	0.500
5	5	1.561	0.778
6	2	0.693	0.500
7	3	1.099	0.667
8	0	0.000	1.000
9	6	1.673	0.793
10	1	0.000	0.000
11	0	0.000	1.000
12	0	0.000	1.000

Tabla # 3. Tabla de despliegue de las cámaras trampa a lo largo de las 12 estaciones muestreadas. Se muestra el nombre de cada localidad seguido por las coordenadas de despliegue de las mismas y las fechas en las cuales estuvieron activas.

Estación	UTM y	UTM x	Fecha de despliegue	Fecha recuperación
CAM1	9995884	750874	3/10/2018	3/29/2018
CAM2	9995868	750774	3/10/2018	3/29/2018
CAM3	9995987	750776	3/10/2018	3/29/2018
CAM4	9995922	750634	3/10/2018	3/29/2018
CAM5	9995926	750502	3/10/2018	3/29/2018
CAM6	9996015	750494	3/10/2018	3/29/2018
CAM7	9996113	750394	3/10/2018	3/29/2018
CAM8	9996080	750242	1/25/2019	2/23/2019
CAM9	9995973	750259	1/25/2019	2/23/2019
CAM10	9994974	750261	1/25/2019	2/23/2019
CAM11	9995957	750644	1/25/2019	2/23/2019
CAM12	9995950	750592	1/25/2019	2/23/2019

Tabla 4. Numero de noches muestreadas en cada localidad mediante el uso de cámaras trampa. Es importante recalcar que el total de noches fue de 276.

CAMARA	NÚMERO DE NOCHES
1	18
2	18
3	18
4	18
5	18
6	18
7	18
8	30
9	30
10	30
11	30
12	30

DISCUSIÓN

Los datos obtenidos en el muestreo nos indican que existen por lo menos 12 especies de mamíferos que habitan dentro de la Estación Científica Mindo. Estas 12 especies se encuentran divididas taxonómicamente en 10 familias, correspondientes a 11 géneros diferentes y a 12 especies individuales. De estas 12 especies se logró identificar a nivel de especie a solo 11 organismos ya que uno de ellos de la familia (*Cricetidae*) fue imposible definir la especie con las fotografías. Dentro de las familias encontradas las más diversas fueron *Felidae* con dos especies: puma (*Puma concolor*) y margay, (*Leopardus wiedii*), y la familia *Artiodactyla* con un solo género, *Mazama* el cual contó con dos especies *M. gualea* y *M. rufina*. La especie que más se capturo fue *Dasyprocta punctata*. Sin embargo, la única especie en la que se capturó más de un individuo en la misma ocasión correspondió a pecaríes (*Pecari tajacu*). Un evento interesante fue la captura de pumas (*Puma concolor*) los cuales se capturaron en las cámaras 3, 4, 5 y 6. Sin embargo, estudios previos para esta especie demuestran que el área de estudio es relativamente pequeña en comparación a el área de vida de esta especie (Logan et al., 2001; Dickson et al., 2013). La presencia de dicha especie nos demuestra, como un indicador, que el ecosistema se encuentra relativamente “sano” ya que corresponde a un predador tope. La presencia de *Puma concolor* nos indica que existen especies que componen la base de su cadena alimenticia, por lo que podemos suponer que el área muestreada puede sostener a una pequeña población de esta especie debido a la disponibilidad de presas para la misma. La presencia de especies como pumas (*Puma concolor*) u oso andino (*Tremarctos ornatus*), las cuales son especies amenazadas por la actividad humana, nos indica la alta importancia de conservar esta zona. Estas especies de igual manera observamos que tienen una preferencia a moverse por los senderos debido a su comodidad, esto se ha visto en estudios anteriores por lo cual existe cierto sesgo por parte de este grupo de animales por el uso de senderos (Rios-Uzeda et al., 2007).

Existen algunas especies que esperábamos encontrar en la zona, las cuales se han encontrado en épocas anteriores, pero no las encontramos durante el periodo muestreado. De estas especies un caso interesante es la presencia de guanta de tierras bajas (*Cuniculus paca*). Esta especie es altamente registrada en la zona y compone una de las mayores presas dentro del comercio de carne de monte (de la Montaña et al., 2017). El factor de su alta demanda y alto precio en el mercado puede haber llevado a que se de un fuerte declive de las poblaciones en la zona, es posible que debido a esto no hayamos encontrado Guantas de tierras bajas en el muestreo realizado. Sin embargo, se puede deber a otros factores por lo cual se sugiere realizar mas estudios dentro de la estación.

Una especie la cual ha habitado en toda esta zona, pero no ha sido vista en los últimos 15 o 20 años, es el jaguar (*Panthera onca*). Las poblaciones de esta especie han sido diezmadas por conflictos entre de humanos y jaguares (Guerra et al., 2019). En estudios anteriores realizados en la zona muestran que existen al menos 16 especies las cuales han sido capturadas por cámaras trampa lo cual nos indica que no logramos capturar a todas las especies de mamíferos que habitan en lo cordillera Noroccidental Ecuatoriana (Molina, 2017). Dentro de las especies que no logramos identificar se encontró a Guantas de Tierras bajas (*Cunniculus paca*), Cabeza de Mate (*Eira barbara*), jaguar (*Panthera onca*), Ocelotes (*Leopardus pardalis*), Perezoso de tres dedos (*Bradypus tridactylus*), Yaguarundi (*Herpailurus yagouarundi*), entre otras.

Debido a la ubicación y colocación de las cámaras trampa pudimos observar diferencias en las especies muestreadas. Las cámaras que se colocaron sobre senderos existentes capturaron a una mayor cantidad de felinos mientras que aquellas ubicadas dentro del bosque obtuvieron un índice de captura de herbívoros mayor. Dentro de los dos periodos de muestreo no encontramos diferencias significativas en cuanto a las especies encontradas De las 12 localidades de muestreo encontramos dos localidades dentro de las cuales no encontramos ninguna activación o actividad

de animales. Esto se pudo deber a que las cámaras no fueron colocadas de manera correcta, es decir, a una altura no óptima para la captura de animales debido a que estas no capturaron a ningún animal. Es importante recalcar que al no encontrar animales capturados en dicha localidad igual nos brinda información acerca de la efectividad del posicionamiento de las cámaras e inclusive de la efectividad de estas como metodología de muestreo.

Como se mencionó anteriormente se encontraron ciertas especies que destacan la necesidad de conservar el área de estudio, ya sea por ser especies carismáticas o claves de la cadena trófica. Dentro de estas especies encontramos al Oso Andino (*Tremarctos ornatus*) el cual se encuentra categorizado como una especie Amenazada por la Lista Roja de Especies de la IUCN (Velez-Liendo et al., 2017). Al momento existen varios esfuerzos de conservación los cuales se están realizando en Ecuador para establecer un corredor el cual conecte los parches de bosques del área de vida del Oso Andino y así asegurar su diversidad genética (Molina, 2017).

Dentro de los factores importantes, o factores responsables de la presencia de biodiversidad en los parches, identificamos a la disponibilidad de alimentos en dichas localidades (Miller y Getz, 1977). Este factor fue evidente, por ejemplo, en el sitio de muestreo de la cámara 9 la misma estaba situada en un parche el cual tenía una alta disponibilidad de frutas y semillas. En varios de los eventos registrados en dicha localidad pudimos observar que los animales se encontraban alimentándose de estos. Este factor sesgo de manera positiva la cantidad de animales registrados en dicha cámara, siendo la localidad que registró el mayor número de especies con una Riqueza de Especies de 6 en dicha localidad.

Dentro de los problemas que encontramos en el presente estudio está la dificultad de acceso a las zonas de muestreo debido a las diferencias de altitud. Otro de los problemas que encontramos fue que para acceder a muchos de los sitios de muestreo se tuvo que abrir senderos

para poder identificar los sitios de interés. Entender los problemas con los cuales nos encontramos en nuestro estudio puede ayudar a futuros estudios a realizar un mejor diseño de muestreo en los ecosistemas tropicales del occidente ecuatoriano. Se recomienda fuertemente el analizar previamente el area de estudio para conocer las posibles limitaciones a dichos estudios.

CONCLUSIONES

El presente estudio brinda importantes aportes a la investigación y la conservación de los bosques tropicales noroccidentales del Ecuador. Los datos obtenidos mediante el uso de cámaras trampa para analizar la diversidad de mamíferos brindan una línea base la cual puede ser comparada con futuros estudios para evaluar el impacto de las estrategias de conservación aplicadas al área de estudio. A través de este estudio se pudo identificar diferentes mamíferos los cuales pueden ser utilizados para promocionar la conservación de dichas áreas ya que son especies carismáticas, por ejemplo, el Oso Andino (*Tremarctos ornatus*). Se sugiere continuar con la investigación de la biodiversidad de las especies en la cordillera de occidental de los Andes ecuatorianos para evaluar la condición de las poblaciones de mamíferos a lo largo de los años. Para que esto sea posible es importante incrementar las áreas de muestreo y el número de cámaras empleadas en las mismas para poder identificar zonas claves para la subsistencia de las poblaciones de las especies encontradas.

La importancia y urgencia de la colaboración entre distintas investigaciones y programas de conservación presentes en los ecosistemas tropicales es esencial. Esta alta necesidad de colaboración se debe a que existe una gran cantidad de datos los cuales no han sido procesados aun, los cuales podrían brindar información sustancial para actividades de manejo en Mindo. Como recomendación para la conservación de la zona, se recomienda el continuar los muestreos con métodos no invasivos los cuales no afecten a la fauna presente. Al conocer la diversidad de la zona se pueden proponer medidas apropiadas para la conservación de estas. Otro punto importante para la conservación de estas especies es el promover e incentivar la creación de áreas aledañas con medidas de conservación similares para asegurar la conectividad de parches de bosque y por ende la dispersión de organismos que ocupan grandes áreas de vida.

Por último, es importante involucrar a las comunidades en dichos estudios para garantizar los programas de conservación a realizar. Al involucrarlos se asegura la convivencia de estas con la diversidad presente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adersen, I. (2020). First Person: COVID-19 is not a silver lining for the climate, says UN Environment chief. Retrieved 14 April 2020, from <https://news.un.org/en/story/2020/04/1061082>.
- Ahumada, J. A., Silva, C. E., Gajapersad, K., Hallam, C., Hurtado, J., Martin, E., ... & Sheil, D. (2011). Community structure and diversity of tropical forest mammals: data from a global camera trap network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1578), 2703-2711.
- Cáceres-Martínez, C. H., Rincón, A. A. A., & González-Maya, J. F. (2016). Terrestrial medium and large-sized mammal's diversity and activity patterns from Tamá National Natural Park and buffer zone, Colombia. *Therya*, 7(2), 285-298.
- CRAN Team. (2017). Changes in R From version 3.4. 2 to version 3.4. 3. *R Journal*, 9(2), 568-570.
- Darwin, C. (1859). *The origin of species by means of natural selection: or, the preservation of favored races in the struggle for life*. Harmondsworth:
- de la Montaña, E., Moreno-Sánchez, R., & Maldonado, J. Retos para la conservación de la biodiversidad y la cultura indígena motivados por la variación de los precios de la carne de monte en el mercado negro de la Amazonía ecuatoriana1. *FUNDAMENTACIONES TEÓRICAS*, 80.
- Dickson, B. G., Roemer, G. W., McRae, B. H., & Rundall, J. M. (2013). Models of regional habitat quality and connectivity for pumas (*Puma concolor*) in the southwestern United States. *PloS one*, 8(12).
- Guerra huitron, I. K. (2019). patrones de coexistencia de tres especies de carnívoros en un matorral xerófilo de baja california sur, México (Master's thesis, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC).
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In D. G. Raffaelli & C. L. J. Frid (Eds.), *Ecosystem Ecology* (pp. 110–139). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511750458.007>
- Hampton SE, Strasser CA, Tewksbury JJ, Gram WK, Budden AE, Batcheller AL, Duke CS and Porter JH. 2013. Big data and the future of ecology. *Front Ecol Environ* 11: 156-162.
- Heywood, V. H., & Watson, R. T. (1995). *Global biodiversity assessment* (Vol. 1140). Cambridge: Cambridge university press.
- Hooper, D. U., Adair, E. C., Cardinale, B. J., Byrnes, J. E., Hungate, B. A., Matulich, K. L., ... & O'Connor, M. I. (2012). A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486(7401), 105-108.

- Hoffmann, M., Belant, J. L., Chanson, J. S., Cox, N. A., Lamoreux, J., Rodrigues, A. S., ... & Stuart, S. N. (2011). The changing fates of the world's mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1578), 2598-2610.
- Karanth, K. U., & Nichols, J. D. (1998). ESTIMATION OF TIGER DENSITIES IN INDIA USING PHOTOGRAPHIC CAPTURES AND RECAPTURES. *Ecology*, 79(8), 2852–2862.
- Logan, K. A., & Swenar, L. L. (2001). *Desert puma: evolutionary ecology and conservation of an enduring carnivore*. Island press.
- Mayle, F. E. (2004). Assessment of the Neotropical dry forest refugia hypothesis in the light of palaeoecological data and vegetation model simulations. *Journal of Quaternary Science*, 19(7), 713-720.
- Meek, P. D., Ballard, G., Claridge, A., Kays, R., Moseby, K., O'brien, T., ... & Townsend, S. (2014). Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity and conservation*, 23(9), 2321-2343.
- Molina, S., Fuller, A. K., Morin, D. J., & Royle, J. A. (2017). Use of spatial capture–recapture to estimate density of Andean bears in northern Ecuador. *Ursus*, 28(1), 117-126.
- Miller, D. H., & Getz, L. L. (1977). Factors influencing local distribution and species diversity of forest small mammals in New England. *Canadian Journal of Zoology*, 55(5), 806-814.
- Niedballa J, Sollmann R, Courtiol A, Wilting A (2016). “camtrapR: an R package for efficient camera trap data management .” *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1457–1462. doi: 10.1111/2041-210X.12600, <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041-210X.12600>.
- Royle, J. A. (2011). Hierarchical Spatial Capture–Recapture Models for Estimating Density from Trapping Arrays. In A. F. O'Connell, J. D. Nichols, & K. U. Karanth (Eds.), *Camera Traps in Animal Ecology* (pp. 163–190). https://doi.org/10.1007/978-4-431-99495-4_10
- Ríos-Uzeda, B., Gómez, H., & Wallace, R. B. (2007). A preliminary density estimate for Andean bear using camera-trapping methods. *Ursus*, 18(1), 124-128.
- Swann, D. E., Kawanishi, K., & Palmer, J. (2011). Evaluating types and features of camera traps in ecological studies: a guide for researchers. In *Camera traps in animal ecology* (pp. 27-43). Springer, Tokyo.
- Steenweg, R., Hebblewhite, M., Kays, R., Ahumada, J., Fisher, J. T., Burton, C., ... & Brodie, J. (2017). Scaling-up camera traps: Monitoring the planet's biodiversity with networks of remote sensors. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(1), 26-34.
- Tobler, M. W., Carrillo-Percastegui, S. E., Pitman, R. L., Mares, R., & Powell, G. (2008). An evaluation of camera traps for inventorying large-and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11(3), 169-178.
- Tirira, D. (1999). *Mamíferos del Ecuador (Vol. 2)*. Museo de Zoología, Centro de Biodiversidad y Ambiente, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Torres-Porras J, Cobos M, Seoane J, Aguirre N (2017) Large and medium-sized mammals of Buenaventura Reserve, southwestern Ecuador. *Check List* 13(4): 35-45. <https://doi.org/10.15560/13.4.35>
- Voss, R. S., & Emmons, L. (1996). Mammalian diversity in Neotropical lowland rainforests : a preliminary assessment. *Bulletin of the AMNH*; no. 230. Retrieved from <http://digitallibrary.amnh.org/handle/2246/1671>
- Velez-Liendo, X. & García-Rangel, S. 2017. *Tremarctos ornatus* (errata version published in 2018). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T22066A123792952. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22066A45034047.en>. Downloaded on 23 April 2020.
- Wang, F., McShea, W. J., Wang, D., Li, S., Zhao, Q., Wang, H., & Lu, Z. (2014). Evaluating landscape options for corridor restoration between giant panda reserves. *PloS one*, 9(8), e105086.
- Wilson, E. O. (1989). Threats to biodiversity. *Scientific American*, 261(3), 108-117.

ANEXO A: IMAGENES DE LAS ESPECIES CAPTURADAS MEDIANTE EL USO DE CAMARAS TRAMPA

Figura 1. Imagen de un Oso Andino encontrado en la estación científica Mindo



Figura 2. Imagen de una Guatusa encontrada en la estación científica de la USFQ ubicada en Mindo



Figura 3. Imagen de un armadillo de nueve bandas encontrado en la estación de la USFQ en Mindo



Figura 4. Imagen de una ardilla en la estación científica de la USFQ ubicada en Mindo



Figura 5. Imagen de un venado obtenido en la propiedad de la USFQ en Mindo



Figura 6. Imagen de un puma en la estación científica de la USFQ en Mindo



Figura 7. Imagen de un margay en la estación científica de la USFQ en Mindo



Figura 8. Imagen de una raposa común en la estación científica de la USFQ en Mindo.



ANEXO B: MAPAS GEOGRAFICOS DE LA ESTACION CIENTIFICA DE LA USFQ UBICADA EN MINDO

Figura 9. posición geográfica de la propiedad de la USFQ dentro del continente Ecuatoriano. La Figura 9 muestra la posición geográfica de la estación científica de la USFQ ubicada en Mindo, a 98 km de la ciudad de Quito. El área delimitada en azul corresponde a el área de 5 hectáreas de la cual esta compuesta la propiedad de la USFQ.



Figura 10. Localización y posicionamiento de las cámaras trampa dentro de la estación científica de la USFQ en Mindo. La Figura 10 muestra la ubicación de la cámaras dentro de la estación científica de la USFQ ubicada en Mindo. Los marcadores azules corresponden a las cámaras posicionadas dentro de la estación mientras que el área delimitada de blanco corresponde a la extensión de la propiedad de la USFQ.



AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a toda mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado, en especial a mi Madre y mi Padre, a mis abuelos y hermanos. A mi abuela Lola, que en paz descanse, por nunca perder la fe en mí. A todos los profesores que me ayudaron a completar esta investigación, en especial a Hugo Valdebenito y Herma Valdebenito por brindarme esta oportunidad de trabajar en Mindo; a Becky Zug por todo su apoyo y revisión de este escrito. A todos mis compañeros los cuales me asistieron en el campo y me brindaron apoyo en las clases.

Quisiera dedicar este proyecto a Vlastimil Zak, que en paz descanse por siempre se un ejemplo a seguir como persona y biólogo. Gracias Vlasti.