
Técnicas de monitoreo: Alternativas para la aplicación en el estudio del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) en Cotopaxi

*Monitoring techniques: Alternatives for application in the study of the Andean fox (*Lycalopex culpaeus*) in Cotopaxi*

Elsa Molina-Molina¹, Vanessa Herrera-Yunga¹, Jaime Lema-Pillalaza¹, Eddian Mera-Viera²

¹Carrera de Medicina Veterinaria, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga-Ecuador

¹Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga-Ecuador

²Centro Médico Veterinario, Salcedo-Ecuador

Resumen

Lycalopex culpaeus reissii es el cánido más grande de Sudamérica una de las especies nativas del páramo, considerado además como indicador biológico de la calidad ambiental. Al no contar con información sobre esta especie en Ecuador, se propuso como objetivo establecer las técnicas de monitoreo más adecuadas para el estudio del zorro andino en los páramos de la provincia de Cotopaxi. Para ello, se realizó un análisis y selección de la información disponible en el internet (repositorios, artículos, libros, manuales, blogs), google académico, PubMed, Web of science, fueron considerados los criterios de inclusión basadas en técnicas de monitoreo para mamíferos, y estudios que comprenden desde el año 1950 hasta el 2023, con el empleo de palabras claves como: “monitoreo”, “técnicas”, “directas e indirectas”, “zorro andino” y “*Lycalopex culpaeus*”, lo que permitió seleccionar un total de 48 documentos relevantes, pertinentes y fidedignos. Por lo que, se concluyó que la combinación de técnicas de monitoreo directas (transectos lineales, captura y cámaras trampa) e indirectas (huellas, fecas, refugios, huesos, pelos, rasguños, madrigueras, fuentes de agua, sendas) más la utilización de tecnologías satelitales se adaptan a las condiciones del páramo para emplearlas en estudios sobre la presencia, densidad poblacional, desplazamientos, hábitos y comportamiento. Esta propuesta fortalece las estrategias para su conservación y manejo, y a la vez contribuye a la toma de decisiones sobre las políticas de protección del zorro andino y su entorno en la provincia de Cotopaxi.

Palabras clave: Técnicas, monitoreo, alternativas, páramos, zorro andino

Recibido: 16 de enero 2025 – revisión aceptada: 13 de mayo 2025 – Fecha de publicación: 04 de julio 2025

Correspondiente al autor: elsa.molina@utc.edu.ec

Abstract

Lycalopex culpaeus reissii, is the largest canid in South America, one of the native species of the páramo, and is also considered a biological indicator of environmental quality. Since there is no information on this species in Ecuador, the objective was to establish the most appropriate monitoring techniques for the study of the Andean fox in the paramos of Cotopaxi province. For this, an analysis and selection of the information available on the internet (repositories, articles, books, manuals, blogs), google academic, PubMed, Web of science, where we used the inclusion criteria based on monitoring techniques for mammals, and studies ranging from 1950 to 2023, using keywords such as: “monitoring”, ‘techniques’, “direct and indirect”, “Andean fox” and “*Lycalopex culpaeus*”, selecting a total of 48 relevant, pertinent and reliable documents. Therefore, it was concluded that the combination of direct (line transects, capture and camera traps) and indirect monitoring techniques (footprints, feces, refuges, bones, fur, scratches, burrows, water sources, trails) plus the use of satellite technologies are adapted to the conditions of the páramo to be used in studies on the presence, population density, movements, habits and behavior, This, in turn, contributes to decision-making on policies for the protection of the Andean fox and its environment in the province of Cotopaxi.

Key words: Techniques, monitoring, alternatives, moorlands, Andean fox

Introducción

Los páramos son ecosistemas de alta montaña en los trópicos interandinos. En Ecuador, se encuentran a una altitud promedio de 3300 metros sobre el nivel del mar y abarcan el 7 % del territorio nacional, donde crecen plantas endémicas y habita una gran diversidad de fauna; en ellos vive una población marginada que genera recursos económicos a través de la producción agrícola y la gestión del turismo con importancia social y cultural significativa. Los páramos son cruciales para la regulación del clima, el ciclo hidrológico, su importancia biológica y su gran capacidad para almacenar y regular el agua (Chuncho & Chuncho, 2019).

En el páramo predomina la vegetación de tipo arbusto o matorral; estos ecosistemas actúan como esponjas naturales absorbiendo y liberando agua dulce, captura de carbono que ayudan a mitigar el cambio climático, constituyéndose en refugio para una gran diversidad de especies de flora y fauna, muchas de ellas endémicas, previenen la erosión y degradación del suelo (Seguí, 2018).

No obstante, los páramos se ven amenazados por algunos disturbios, tales como: las actividades antrópicas (agricultura, ganadería, minería), especies de vegetación y animales invasores, cultivos de árboles forestales como los pinos y modificaciones en los patrones climáticos mundiales (Vargas, 2013).

En este contexto, una de las especies consideradas vulnerable en el libro rojo de los mamíferos del Ecuador, es el zorro andino (Tirira, 2001), que habita en ecosistemas subtropicales, occidentales, templados y altoandinos entre los 1600 a 4800 metros de altitud, abarcando amplias zonas geográficas del Ecuador (Albuja et al. 2012; Rivera & Leyzaquía, 2019).

Por consiguiente, fue necesario aplicar proyectos para la conservación biológica de esta especie, así como, plantear y ejecutar estudios etológicos, mediante la utilización de técnicas de monitoreo con la finalidad de realizar el seguimiento y registro de datos en un período de tiempo a individuos y poblaciones, para observar cambios espaciales y temporales en su número, distribución o características generales, que ayude a entender sobre la ecología y los elementos que actúan en forma positiva o negativa en ellos (De la Maza & Bonacic, 2013). Así, en Argentina en la provincia de Córdoba, trabajaron con los contenidos óseos de micromamíferos y 360 heces de *Lycalopex culpaeus smithersi*, en los cuales se aplicaron técnicas tafonómicas con la finalidad de caracterizar las modificaciones digestivas, cuyos resultados arrojaron que la principal fuente de alimento fue el roedor *Galea leucoblephara* representado por el 57,7%. Las piezas craneales y proximales de las extremidades fueron las más numerosas, los datos mostraron un alto grado de fracciones en cráneos y mandíbulas y, en menor cantidad, en las extremidades. Por otro lado, los niveles de digestión leve fueron preponderantes (Coll, 2022). También, se realizó el estudio en 4

zorros (*Lycalopex culpaeus*) en el Zoológico Municipal Vesty Pakos, en Bolivia, con la técnica “Focal”, que les permitió observar 9 comportamientos: jugar, alimentarse, movimiento (correr, saltar, caminar), agresión, sumisión, descanso, dormir, vocalización y marcaje. Lo que les permitió determinar que los comportamientos que se repitieron con mayor frecuencia fueron los de juego y movimiento, y los de menor frecuencia, dormir y sumisión (Colque, 2018).

En la Constitución del Ecuador, se estableció expedir protocolos para el censo y monitoreo aplicadas únicamente a especies amenazadas entre las cuales se menciona al *Lycalopex culpaeus*, sugiriendo la utilización de herramientas para el muestreo a escala de paisaje (trampas fotográficas y conteo de huellas), protocolos que están sujetos a modificaciones en función de los aportes técnicos y circunstancias del área con base al trabajo coordinado entre instituciones privadas y públicas (Guerrero, 2019). En un estudio realizado en el sureste del país, se registró con cámaras trampas la presencia inusual de un zorro andino a 1353 metros sobre el nivel del mar (Ordóñez et al., 2018); además Guntiñas (2018) empleó transectos fijos, donde se buscaron heces, técnica que les permitió analizar al culpeo desde el punto de vista ecológico. Asimismo, Castellanos et al., (2023), logró una estimación preliminar del zorro andino usando un collar en un individuo en el Parque Nacional Cotopaxi con una cobertura de 7 Km².

Por lo tanto, el presente artículo de revisión, ante los escasos estudios aplicados en el monitoreo del

zorro andino en los páramos de la provincia de Cotopaxi, y la falta de información actualizada sobre su población, comportamiento y estado de salud, se realizó una búsqueda bibliográfica sobre las metodologías para determinar su eficiencia y precisión, así como se propuso mejoras que permitan optimizar el registro y seguimiento de datos sobre su población y distribución. Para ello, se plantearon las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son las técnicas de monitoreo más adecuadas para el zorro andino en esta región? ¿Cómo se pueden adaptar o innovar dichas técnicas a las condiciones particulares de los páramos de Cotopaxi? ¿Qué impactos tienen estas metodologías en la comprensión y conservación de la especie? Estas interrogantes buscan generar conocimiento relevante que contribuya al diseño de estrategias efectivas para la protección del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), especie emblemática y su hábitat, con la finalidad de identificar aquellas que puedan ser aplicadas en el estudio biológico y conservación, en los páramos de la provincia de Cotopaxi.

1. Técnicas de muestreo directo

a) Censo. - Se fundamenta en el conteo de individuos de cada especie en el lugar y área específica, sin necesidad de contar el total de integrantes de la población; esto permite recabar información sobre la variación en la abundancia de ésta, para su comparación; todos los muestreos a través del tiempo se deben procurar hacer en los mismos lugares. Con este método en ocasiones es factible contar a todos los individuos que conforman una población. Sin embargo, es propenso a errores (Tellería, 1986).

Si las condiciones climáticas no son favorables e impiden la detección de individuos, no se ejecuta el censo; por consiguiente, se establece con certeza el hábitat utilizado por la especie animal, evitando así una subestimación en el tamaño de la población (De la Maza & Bonacic, 2013).

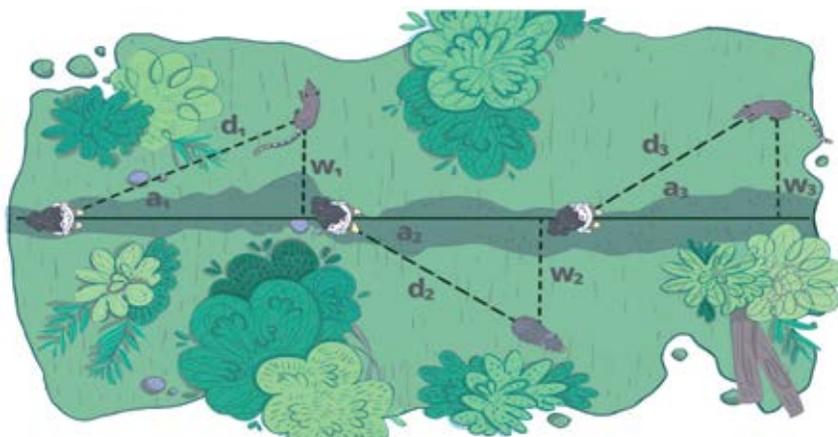
Para estimar el índice de abundancia relativa, Rumiz y Arispe (1998), aplicaron para cada especie por cada tramo de censo diario, los indicios, si bien estos criterios no aseguran la identificación de individuos, evitan el sesgo en la abundancia que generarían muchas huellas de un mismo animal en un censo, además, compararon separadamente los censos de sitios ribereños y no ribereños y asumieron que los factores climáticos afectaron en forma similar los diferentes censos, encontrando, finalmente a 3000 – 4000 m en la Ceja de Monte Yungueña y la Puna, 20 indicios, dando una abundancia relativa menor a 1 IDC/km para *Licalopex culpaeus*.

b) Transectos Lineales. - Son métodos de distancia para calcular la densidad y abundancia en poblaciones de mamíferos silvestres; es el modelo más utilizado a partir de una muestra de individuos detectados, el modelo comprende algunas líneas, a veces solo una, colocadas de manera subjetiva en diferentes puntos de un sendero, careciendo de aleatorización y de una réplica correcta, a menudo puede arrojar resultados sesgados (Buckland et al., 2010), es una técnica sencilla, que facilita reducir los costes, y permite establecer información para conseguir una estadística robusta y con precisión (Gallardo et al., 2010).

Los investigadores recorrieron los transectos como muestra la Figura 1, en un horario de 10:00 a 10:45 h y de 14:00 a 18:00 h a una velocidad aproximada de 1,250 m/h (Peres, 1999). En cada cuadrado muestreado, un voluntario recorre un transecto lineal, compuesto por dos líneas cada una de 1 km de longitud (Buckland et al, 2017). Es conveniente que los investigadores registren datos como: la fecha, las características de la ruta de estudio y el clima, así como la hora de inicio y finalización del recorrido. Una vez detectado; el momento, la especie, el tamaño del grupo, la dispersión, y la ubicación del avistamiento a lo largo del

sendero de observación, el rastro debe grabarse de preferencia en la misma secuencia en formulario para transectos lineales que facilite el almacenamiento de los datos en un dispositivo electrónico. Se sugiere seleccionar escenas donde se pueda observar su dieta, altura, edad y sexo de los animales avistados, asociados a especies mixtas y las peculiaridades de la flora, también son significativas y no deben ser desaprovechadas. Finalmente, los investigadores deberían seguir la línea de muestra pero en ciertos momentos pueden alejarse (por no más de 10 min) y aproximarse a los animales para hacer más observaciones (Peres, 1999).

Figura 1. Transecto lineal utilizado para el monitoreo en fauna silvestre



Nota. El figura representa el esquema de un transecto en línea donde se indican: a_1, a_2, a_3 , el ángulo de observación; d_1, d_2, d_3 , la distancia animal – observador; y w_1, w_2, w_3 , la distancia animal – transecto. El sujeto representa posiciones sucesivas del mismo observador. Adaptado de *Manual para el muestreo de fauna silvestre con transectos lineales* (p. 12), por V. Narváez, G. Zapata Ríos, y Wildlife Conservation Society, 2020, *ResearchGate*.

Los transectos lineales pueden tener un impacto negativo, lo que deben tenerse en cuenta al planificar una encuesta y optar

por utilizar transectos en línea o caminatas de reconocimiento, considerando que la penetración en regiones remotas y poco

conocidas puede indicarles a los cazadores locales la ruta hacia lugares donde nunca han cazado antes (White & Edwards, 2000).

El análisis de la información de los transectos lineales se sustenta en la medición de las distancias perpendiculares a lo largo de estos, para calcular la posibilidad de detección del individuo por el investigador (Buckland et al., 1993). Después de calcular la probabilidad de detección; se aproxima la densidad dividiendo el número de animales observados (n) entre el área de detección y la probabilidad para detectar estos individuos; por otra parte, el área para la detección en cada lado del transecto, es el ancho crítico (w) multiplicado por el largo del transecto (l); siendo $D = n / 2lwp$ donde, n se multiplica por dos, debido a la zona de detección a cada lado del transecto (Buckland et al., 2015). Generalmente; con el método de transectos lineales a menudo se presentan inconvenientes, cuando no se tiene en cuenta los supuestos, la replicación, la aleatorización, la selección del sitio, la preparación del transecto y la manera como se realizan los recorridos. Ante estas circunstancias, resulta difícil obtener inferencias que permitan conocer la confiabilidad de las aproximaciones en abundancia y densidad poblacional de la especie en estudio (Buckland et al., 2010). Por lo tanto; los transectos lineales no son recomendables para detección en la mayoría de mamíferos, en particular para especies con baja densidad de individuos como los carnívoros, su identificación no suele ser muy alta. También no es aplicable en diferentes hábitats que dependen de la disponibilidad de senderos y caminos transitables (Albuja et al., 2012).

Garmendia (2012) empleó esta técnica usando seis transectos de 20 x 100 m, complementándola con la técnica de avistamiento con el uso de binoculares 10 x 50 mm, lo que les permitió determinar cuatro familias de mamíferos.

c) Radio-telemetría. - Este método aporta mucha información sobre patrones de migración, y movimiento de animales; así como la dispersión, el tamaño de los territorios, el área que utiliza el animal, el hábitat para supervivencia y la mortalidad de los individuos. Esta metodología se basa en la instalación de un radio-transmisor que emite ondas de radio permitiendo localizar la señal en una zona geográfica; para instalar este equipo en el animal, se requiere de captura y sedación mediante el uso de trampas, dardos, anestésicos, entre otros. (Albuja et al., 2012)

Es una técnica que brinda altas posibilidades para la investigación de fauna silvestre; siendo importante evaluar la aplicación de la radio-telemetría sobre la especie animal de interés antes de iniciar un estudio de esta naturaleza, para evitar pérdidas de dinero y esfuerzo ya que puede ser inapropiada o ineficiente su uso en ciertas especies. (Kenward, 2001). El uso de radiotransmisores en animales difíciles de capturar no es posible, como tampoco es posible disponer de una muestra de tamaño adecuado, por la dificultad de fijar un radiotransmisor; debido a las características físicas de los mismos o de los lugares donde viven, o porque el uso de radiotransmisores ejerce efectos directos sobre el organismo del animal. Otro factor a considerar es que con el uso de estos instrumentos se conoce poco de sus

efectos en el comportamiento, reproducción, y a pesar de los avances tecnológicos es una técnica costosa para obtener datos en fauna silvestre. Actualmente existen 3 tipos de sistemas en radiotelemetría (Horne & Garton, 2006).

Telemetría por tierra. - Es la más utilizada en la investigación de animales silvestres, el investigador recibe en un receptor portátil la señal de las ondas de radio de alta frecuencia (VHF) para determinar la posición del individuo; por las características de las ondas de radio utilizadas en estos equipos viajan distancias cortas, una de las ventajas es que requiere baja potencia de la fuente de poder y el sistema en sí, es de bajo costo (Cooke et al., 2004).

Telemetría satelital. - Conocida desde mediados de 1980. Utiliza los dos satélites Argos en órbita polar para recibir señales de ultra alta frecuencia desde las terminales transmisoras de plataforma (PTT); en este sistema la posición del individuo es calculada por un satélite geoestacionario, las señales emitidas son de Ultra Alta Frecuencia (UHF) alcanzando grandes distancias y permitiendo que el técnico reciba información de manera periódica en la terminal de una computadora o actualmente en una página web específica. El sistema califica la señal e incluye esta calificación en la base de datos que recibe el investigador. Este sistema de monitoreo es más costoso que los otros sistemas de radio telemetría (Farve, 2002).

Telemetría por Sistema de Posicionamiento Global (GPS). - La señal enviada por los satélites, es receptada en el transmisor colocado en el animal; para esto, el transmisor del animal

consta de una computadora interna. A través de la triangulación de los datos enviados al mismo tiempo por los satélites, calcula la ubicación del animal en el área geográfica. Esta posición geográfica se almacena en el equipo colocado en el animal; en este caso, el investigador se servirá de los datos almacenados cuando recupere el transmisor o con el uso de equipos modernos, mediante un paquete de datos que se transmiten desde el dispositivo que porta el animal hasta un MODEM y finalmente a una computadora portátil (Gallina & López, 2011).

d) Captura de animales. - Actualmente la captura de animales silvestres es una práctica muy extendida con la necesidad de conocer los especímenes existentes en un área específica y las investigaciones que precisan de marcaje en los individuos para realizar su seguimiento; o en otras ocasiones, para trasladar ciertos ejemplares con motivos de repoblación en determinadas zonas (De la Maza & Bonazic, 2013).

En la ejecución de esta práctica, es importante elegir el lugar y la técnica más adecuada que brinde seguridad, mínimo estrés y evite la muerte del animal; también se debe considerar la parte económica, y el riesgo para las personas en el caso de animales agresivos. Por ser una acción bastante delicada, es necesario contar con la presencia de un profesional experimentado en el manejo de fauna silvestre, y el equipo adecuado. Esto debido al uso de tranquilizantes, anestésicos, y por la eventual causa de heridas en el animal capturado. (Lira et al, 2013)

Las trampas - jaulas. - Para mamíferos medianos dependiendo de la especie animal a capturar, son de tamaño variable. En el caso

del zorro andino, son metálicas y fijadas al suelo; generalmente para cánidos la trampa más utilizada es la Tomahawk, provista de una o dos puertas en forma de V que impiden la fuga del animal; también son de utilidad las trampas construidas artesanalmente de acuerdo a los requerimientos del espécimen. Estas se ubican en los pasos de los animales que previamente se han establecido como resultado de los rastros; para su uso, se coloca en su interior diferentes tipos de cebo que atraen al animal, y al entrar a comer, acciona un dispositivo permitiendo que la puerta se cierre. Una vez que las jaulas contienen el cebo en su interior, estas tienen que revisarse al menos cada 12 horas. Por otro lado, las jaulas brindan mayor seguridad, y minimizan posibles traumatismos en el animal capturado, pero resultan menos eficaces que los cepos y lazos para esta práctica (Corriale, 2008).

e) Cámaras Trampa. - El uso de cámaras en el estudio de fauna silvestre ha permitido disminuir el esfuerzo del investigador en terreno. Las cámaras trampa se han convertido en una herramienta importante desde su desarrollo a inicios de 1980 para monitorear especies crípticas, con bajas densidades y difíciles de observar, cubriendo además un amplio rango de ambientes que otras metodologías no permiten. (Maffei et al, 2002). Esta técnica es usada para múltiples propósitos, desde identificar individualmente especies hasta para evaluar tamaño de poblaciones y varios aspectos de su ecología y comportamiento, distinguir y confirmar la presencia de especies difíciles de reconocer por sus huellas u otros indicios, registrar animales que son difíciles de detectar por observación directa, estimar la riqueza,

abundancia y distribución de especies dentro de un área, determinar patrones de movimiento temporal y espacial de especies de interés (Lira, 2013), evaluar la integridad de un ecosistema mediante la composición y abundancia relativa de especies presentes, detectar amenazas que pueden afectar la biodiversidad del área (animales exóticos invasores, perros, ganado doméstico, cazadores, etc); esto ha hecho, que el uso de cámaras trampa se convierta en una de las metodologías más importantes y versátiles para el monitoreo de la biodiversidad; estas, poseen un sistema sensores térmicos y/o de movimiento que permiten fotografiar animales que pasan en frente del dispositivo y se activan de manera automática, registrando fotografías o videos importantes para el registro del investigador en el estudio de la especie de interés. El investigador regula las pulsaciones a ser bloqueadas para que registre una foto, pudiendo realizar ajustes según el tamaño del animal en estudio. Así, probablemente un animal grande necesite bloquear un mayor número de pulsaciones para gatillar una foto, en comparación a un animal pequeño (Albuja et al., 2012). Estos dispositivos también son utilizados para documentar la identificación individual de especies objetivo, uso de territorio, deforestación, fragmentación y destrucción del hábitat (Barros & Molina, 2015).

Un estudio dónde combinaron el uso de 30 cámaras trampa más 69 bebederos-comederos en un “Rancho San Huberto”, localizado en Sonora, México, lograron estimar una densidad de especies por bebedero-comedero como venado bura macho con una densidad

de un individuo, el venado bura hembra con 1.66 individuo, pecarí de collar con 0.7, coyote con 0.1, paloma ala blanca con 0.8, y paloma huilota con 0.2. (Mendoza et al., 2014). Asimismo, Hernández (2019) en Hidalgo, México fusionó las trampas Sherman y Tomahawk más cámara-trampa, y transectos, logrando obtener cuatro diferentes especies y una de fauna feral, dos registros uno de *Canis latrans* y una rata (no identificada) y durante los recorridos se logró obtener una gran cantidad de huellas y excretas de los mamíferos de fauna silvestre.

2. Técnicas de muestreo indirecto

Cuando el observador no puede avistar los animales recurre al registro de sus signos o rastros para evaluar las poblaciones de vida silvestre, utilizando la definición “todo vestigio, señal o indicio que dejan los mamíferos silvestres durante sus actividades, así como cualquier resto que quede de ellos” (Aranda, 2012). Los rastros encontrados en campo se utilizan para complementar la información en el proceso de monitoreo, especialmente en animales que viven en lugares de difícil acceso o son de hábito nocturno, y que habitan en grandes territorios, con bajas densidades, y son difíciles de detectar; en general, depende del hallazgo de huellas, deposiciones y pelo (Molina, 2021). Estas técnicas de monitoreo indirecto no involucran mediciones en abundancia de animales, pero son de alto valor para el seguimiento de los mamíferos que entregan información importante sobre la ecología de las poblaciones de fauna (De la Maza y Bonacic, 2013). Por otro lado; para la aplicación de esta metodología es necesario hacerse preguntas directrices como:

¿dónde buscar signos de presencia de fauna?, ¿cómo realizar un adecuado registro?, y cómo ¿determinar la especie a la que pertenecen? Para esto el investigador se concentrará en los signos más relevantes y que con mayor frecuencia indiquen la presencia de individuos como las huellas y las heces.

a) Huellas. - Este método es de gran utilidad cuando las especies en estudio son nocturnas, crípticas o difíciles de capturar. Son los signos más fáciles de observar y con mayor posibilidad de ser identificados correctamente; por lo tanto, es importante considerar la influencia del medio, ya que las huellas de un mismo animal pueden variar. En este caso, se buscarán las huellas más claras y fáciles de identificar; además es recomendable que, en épocas de lluvias intensas y prolongadas, no utilizar esta técnica de observación, porque la lluvia destruye o modifica los rastros en los bordes y más detalles para su correcta identificación (Díaz & Moreira, 2021).

Estos signos o huellas difieren entre especie animal en su forma y tamaño, pero algunas son relativamente parecidas. Con el registro de la información recabada en las “trampas de huellas” se puede estimar la presencia y abundancia relativa; utilizando para el cálculo por distancia: Número de huellas / Km (Zuñiga et al., 2004). Así mismo, para obtener las huellas, en cada trampa existe un lugar deforestado y acondicionado para marcar estos signos de los animales con o sin señuelo; también es importante registrar el tipo de sustrato utilizado en cada unidad, según el tipo de estudio y la especie de interés (Aranda, 2012).

Fecas. - Es recomendable realizar una breve descripción del lugar donde se encontró la muestra fecal con sus características, fotografías, y medir el diámetro de la parte más grande de las fecas sin deformaciones para su registro, porque estas pueden alterarse durante el transporte (Muñoz 2010). Los excrementos son una buena ayuda para estimar la presencia de ciertas especies en una zona geográfica o en un hábitat específico. La identificación de las muestras debe ser precisa con la colaboración de personal calificado; generalmente moradores de la zona. Las muestras fecales además permiten conocer el estado reproductivo de los animales, su parentesco, relaciones genéticas y presencia de parásitos u otros microorganismos (Hou, 2022)

3. Otras técnicas

a) Estaciones olfativas para carnívoros: Se aplica cuando las otras técnicas no han sido suficiente para conocer el comportamiento, evaluar la población, densidad, o el índice de la densidad, por la dificultad de observación y captura de estos animales. La técnica permite comparar la tendencia de las poblaciones entre zonas geográficas, hábitat, años, etc. Además, que, se ejecuta colocando puntos de muestreo de 1 metro de diámetro a lo largo de los transectos, en cada área se afloja y cierra tierra fina en el centro del círculo, se coloca cebo atractivo para los carnívoros, o se utiliza pastillas de ácidos grasos (Conner et al., 1983). La distancia entre estaciones olfativas depende de la especie de interés y el hábitat. Para evaluar zorros andinos (*Lycalopex culpaeus*), las estaciones se deben establecer cada 250 m, y si el hábitat a evaluar es cerrado, estas pueden colocarse más cercanas entre sí, pero

jamás menos de 100 m para especies medianas y 50 m para individuos pequeños. El número de estaciones a revisar depende del terreno a evaluar, y no deben ser menos de diez, con dos repeticiones (dos transectos) por área de observación, para revisarlos al menos dos días por período de muestreo (Novaro et al., 2000).

Para su aplicación se requiere establecer una cantidad de transectos con un número determinado de estaciones por biotopo o hábitat de interés. El número y la longitud de los mismos se pueden ajustar de acuerdo con la movilidad de la o las especies y con el tamaño del área de estudio (Roughton & Sweeny 1979). Se debe considerar la disponibilidad y tamaño de sectores de biotopo homogéneos, y por tanto comparables, así como el tiempo y personal para la instalación. Los transectos se ubican de manera aleatoria y espaciados entre sí a una distancia prudencial para considerarlos unidades de muestreo independientes.

Hay que minimizar la posibilidad de que individuos puedan visitar más de un transecto en una noche. Disminuya la distancia entre transectos con barreras naturales, como ríos, que impidan los movimientos de animales entre sectores del área de estudio. Para carnívoros se establece una distancia de 3,0 a 5,0 km entre transectos, la cual puede reducirse a 1,6 km para el caso de áreas de estudio pequeñas (Roughton y Sweeny 1982).

b) Búsqueda sistemática de signos en trayectos predefinidos. - Son recorridos frecuentes en el tiempo buscando signos de la especie de interés en senderos humanos y/o de fauna silvestre. Estos estudios son útiles

en programas de monitoreo para determinar cambios en la abundancia de especies que utilizan con mucha frecuencia los trayectos muestreados. Esta conexión con la naturaleza, al aire libre, y en diferentes ambientes naturales, coadyuva a desarrollar la sensibilidad para percibir signos de la presencia de animales silvestres (De la Maza y Bonacic, 2013).

c) Etograma. - Fantino y Logan (1979) consideran al etograma como una herramienta experimental que refleja ciertos aspectos físicos de la etología como disciplina, se lo define como el catálogo o descripción detallada y completa del comportamiento de un individuo en estado natural. Es útil aplicar el muestreo ad libitum, ya que, es un tipo de muestreo

donde los datos que se puedan registrar son ilimitados y el momento en el que se registran, donde el investigador toma nota de todo aquello que considera importante para la investigación; y el muestreo de conductas, que consiste en registrar las conductas, mediante grabaciones de manera continua, mientras que el observador registra cada conducta en el momento en que se produjo (Martin & Bateson, 2007; Villaroel, 2007). Un etograma debe incluir estudios de la conducta social (comportamiento epimelético, alelomimético y etepimelético), comportamiento reproductivo, comportamiento alimentario y fisiológicos, comportamiento exploratorio, comportamiento de descanso y relajación (Cañadilla, 2014).

Tabla 1. Ventajas y desventajas de las técnicas de monitoreo en el estudio de *Lycalopex culpaeus*

Técnica de monitoreo	Ventajas	Desventajas
Cámaras trampa	- Registro no invasivo. - Detecta patrones de comportamiento y de actividad.	- Costo elevado - Requiere mantenimiento y revisión frecuente - Riesgo de robo o daño. (Blake et al., 2012; Cuesta et al., 2023) - Baja probabilidad de avistamiento
Monitoreo directo	- Fácil implementación. - Bajo costo	- Condicionado por la experiencia del observador y el terreno (Rivas et al., 2022). - Difícil confirmación de especie sin análisis complementarios
Monitoreo indirecto (marcadores biológicos)	- Técnica económica - Permite identificar presencia en zonas de menos accesibilidad.	- Sujeta a errores de identificación (Montes et al., 2020). - Alto costo.
Colocación de radiocollares	- Proporciona datos precisos de movimiento y del hábitat.	- Estrés por captura. (Johnson et al., 2006; Zapata-Ríos & Araguez, 2012)- - Costoso
Análisis genético de heces y restos óseos	- Permite identificar individuos y diversidad genética sin captura directa	- Requiere infraestructura y personal capacitado. (Montero et al., 2021; Silva-Rodríguez et al., 2020).

Nota. Elaboración propia con base a las referencias bibliográficas.

Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se aplicó el tipo de investigación secundaria, ya que, se basó en una revisión sistemática cualitativa (Aguilera, 2014). Se propusieron tres etapas para el desarrollo de la revisión: 1) preguntas de la investigación, 2) recopilación de información pertinentes para su selección e inclusión, y; 3) ordenamiento, síntesis y procesamiento de los datos (Peters et al., 2015).

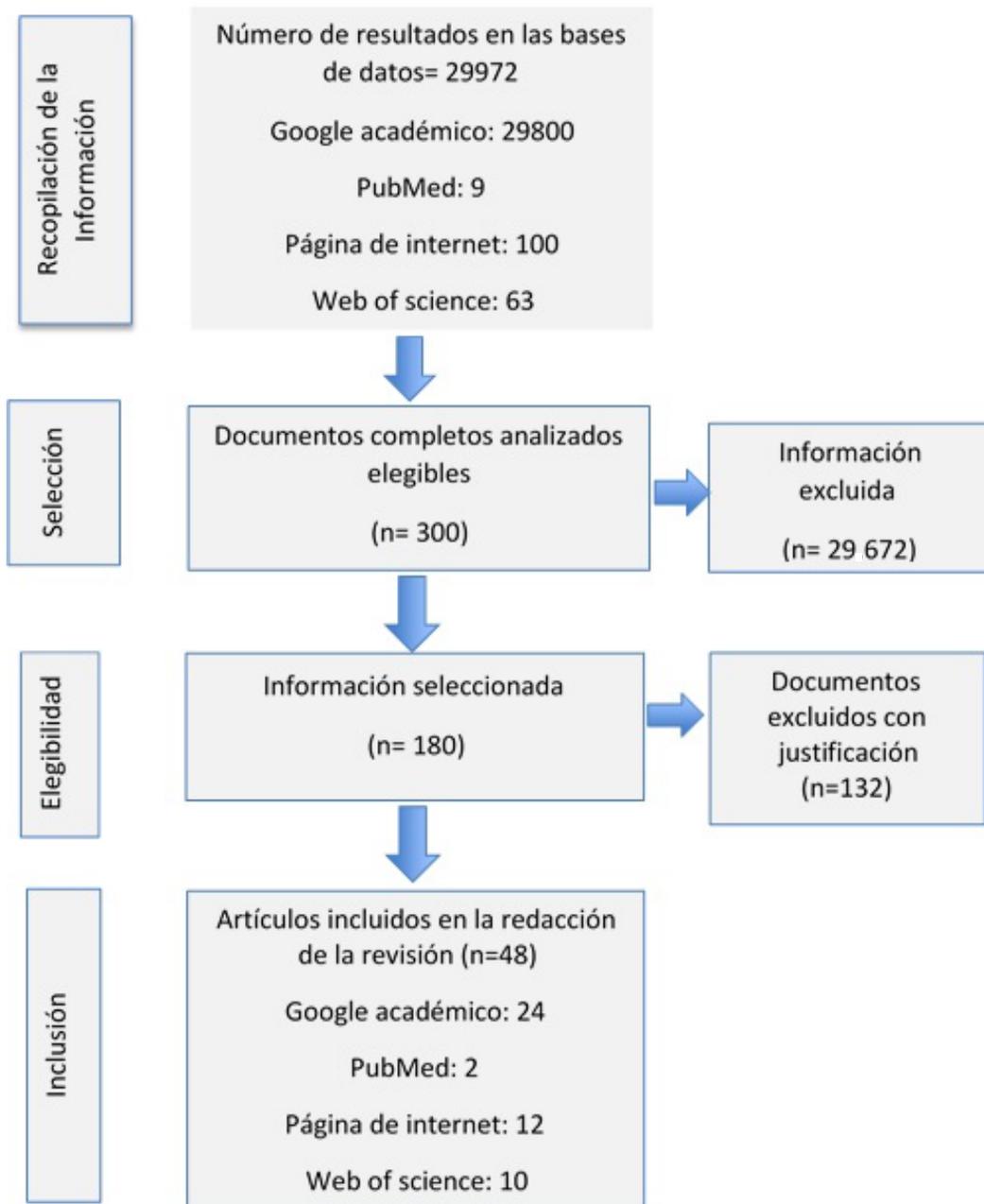
Las preguntas que se plantearon para el artículo de revisión fueron: ¿Cuáles son las técnicas de monitoreo que se aplican en fauna silvestre?, ¿Cuáles son las técnicas de monitoreo más adecuadas para el zorro andino en esta región? ¿Cómo se pueden adaptar o innovar dichas técnicas a las condiciones particulares de los páramos de Cotopaxi? ¿Qué impactos tienen estas metodologías en la comprensión y conservación del *Lycalopex culpaeus*?

La información se consultó en la base de datos científicos PubMed, Google académico, sitios web y Web of science, se eligieron artículos publicados entre los años 1959 y 2023, es importante acotar que la fecha inicial fue considerada debido a que existe información relativamente escasa sobre estudios de monitoreo en fauna silvestre y sobretodo de las técnicas de monitoreo aplicadas en el *Lycalopex culpaeus*, la búsqueda se realizó en los meses comprendidos de agosto a octubre de 2024. Para el buscador PubMed se usaron las palabras claves en inglés: “andean fox, monitoring techniques, monytoring techniques Lycalopex y wild fauna monitoring techniques” que dio cero resultados para las dos primeras

palabras claves, y la última dio un resultado de 9 artículos de los cuales se incluyeron 2, se descartaron el resto de los documentos ya que no se ajustaban a las preguntas de investigación. En el Google académico se usaron los términos “técnicas de monitoreo+fauna silvestre” y arrojó un total de 29800 artículos, de los cuales se integraron 24 documentos para la redacción. De las páginas de internet, se usaron los términos “Estudios+ zorro andino” que permitió obtener 100 documentos, entre tesis, artículos y libros de los cuales se seleccionaron 12. En el buscador Web of Science arrojó con las palabras claves “Andean fox” 63 artículos de los cuales seleccionaron 10, como muestra la figura 2. Es importante señalar que durante el periodo de búsqueda bibliográfica no se encontró un artículo de revisión con temas similares aplicados en la especie en estudio.

Los criterios de inclusión para la selección y ordenamiento de los documentos como pertinentes fueron: información sobre técnicas aplicadas en los páramos andinos, estudios preferentemente realizados en los páramos de Latinoamérica, además de estudios puntuales en el zorro andino. Los criterios de exclusión que determinaron la eliminación de los artículos fueron aquellos basados en técnicas aplicadas en aves, reptiles y animales acuáticos, y zonas geográficas donde no habita el *Lycalopex* o especies pertenecientes a la familia canidae (Pérez & Gómez, 2023, p. 45).

Figura 2. Flujograma de selección e inclusión de artículos



Conclusiones

Con base a la información recopilada se sugiere que las técnicas más eficientes para ser aplicadas en el monitoreo del *Lycalopex culpaeus*

en los páramos de la provincia de Cotopaxi son una combinación entre las técnicas directas e indirectas como: transectos lineales (biomarcadores), foto-trampeo, captura in vivo, radiotelemetría, y el uso de tecnologías

satelitales. Estas técnicas no solo son aplicables en diversas condiciones ambientales, sino que también permiten realizar una evaluación rápida y confiable del estado de conservación de la biodiversidad local. Aunque la inversión inicial en equipos y materiales sea elevada, el uso de estas técnicas está justificado por su relevancia y efectividad, debido a que permite implementar estrategias de conservación y manejo. También contribuye a la toma de decisiones sobre las políticas de protección en la provincia de Cotopaxi y otras áreas de su distribución.

Para futuras investigaciones, es importante desarrollar protocolos estandarizados, capacitar al personal técnico, y buscar convenios con aliados estratégicos mejorando la sostenibilidad económica de los proyectos y la colaboración de las comunidades para orientar una gestión y preservación más eficiente.

Literatura Citada

- Albuja, L., Ana, A., Ramiro, B., Daniel, M. L., Freddy, C., & Luis., R. J. (2012). *Fauna de Vertebrados del Ecuador*. © ARIAL 12 editorial. https://www.researchgate.net/publication/350625433_Libro_Fauna_Vertebrados_del_Ecuador_2012
- Aranda, M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Primera edición. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO)*. Mexico, Mexico D.F. 255 pp
- Buckland, S. T., Yuan, Y., & Marcon, E. (2017). *Measuring temporal trends in biodiversity*. *Advances in Statistical Analysis: AStA: A Journal of the German Statistical Society*, 101(4), 461–474. <https://doi.org/10.1007/s10182-017-0308-1>
- Buckland, Stephen T., Plumptre, A. J., Thomas, L., & Rexstad, E. A. (2010). *Design and analysis of line transect surveys for primates*. *International Journal of Primatology*, 31(5), 833–847. <https://doi.org/10.1007/s10764-010-9431-5>
- Cañadilla, J. (2014). *Etograma*. Obtenido de Enriquecimiento Ambiental: <http://www.enriquecimientoambiental.com/plantilla-para-etograma/>
- Castellanos, A., Vallejo, A., & Moscoso, G. (2023). *Lycalopex culpaeus*. *bioweb Ecuador*. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Lycalopex%20culpaeus>
- Chuncho, C., & Chuncho, G. (2019). *Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión*. *Bosque Latitud Cero*, 9(2), 71–83.
- Coll, D. G. (2022). *Análisis tafonómico actualístico de contenidos óseos de excrementos del zorro colorado de Achala, Provincia de Córdoba, Argentina (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina)*. Recuperado de http://chrome-extension://efaidnbnm-nnibpcajpcglclefindmkaj/https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/seminario/seminario_nPAL000072_Coll.pdf

- Colque Paredes, M. E. (2018). *Estudio del comportamiento en cautiverio del zorro andino (Lycalopex culpaeus) con el uso de etogramas*. Revista Estudiantil AGRO-VET, 2(1), 94–104. Recuperado a partir de <https://agrovvet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/86>
- Conner, M.; R. Labisky y D. Progulskje jr. (1983). “*Scent-station Indices as Measures of Population Abundance for Bobcats, Raccoons, Gray Foxes and Opossums*”. Wildlife Society Bulletin, 11(2):146-152.
- Cooke, S. J., Hinch, S. G., Wikelski, M., Andrews, R. D., Kuchel, L. J., Wolcott, T. G., & Butler, P. J. (2004). *Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology*. Trends in ecology & evolution, 19(6), 334–343. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.04.003>
- Corriale, M. J., Arias, S. M., Porini, G. M., & Bó, R. F. (2008). *Evaluación de trampas jaula y cebos para la captura viva de Myocastor coypus*. Mastozoología Neotropical, 15(2) (2, julio-diciembre,), 173–179. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/457/45716284002.pdf>
- De la Maza Musalem Cristián Bonacic Salas, M. (2013). *Manual para el monitoreo de fauna silvestre en Chile*. <https://agronomia.uc.cl/159-manual-para-el-monitoreo-de-fauna-silvestre-en-chile/file>
- Díaz, C. B., & Moreira, N. M. (2021). *Métodos para el estudio de mamíferos Guía de Huellas y Pelos de Guardia del Pacífico Ecuatorial* (Primera). Universidad Espíritu Santo.
- Fantino, E., & Logan, C. (1979). *A history of experimental analysis of behavior* (Primera). Recuperado de <https://es.scribd.com/document/653022397/Fantino-e-Logan-1979-A-history-of-experimental-analysis-of-behavior>
- Farve, R. (2002). *Demostración de telemetría satelital/GPS para monitorear los movimientos a pequeña escala del gallo de las praderas menor*. United States Forest Service. https://www.fs.usda.gov/t-d/programs/im/satellite_gps_telemetry/wildlifetrackingtelemetry.htm
- Gallardo, G., Nuñez, A., & Pacheco, L. (2010). *Transectos lineales como opción para estimar abundancia de vicuñas (Vicugna vicugna): Estudio de caso en el Parque Nacional Sajama*. Ecología en Bolivia, 45(1), 64–72, 9.
- Garmendia-Zapata, M. (2012). *Monitoreo de la Fauna Silvestre en Bosque Tropical Seco secundario, Nandarola, Nandaimé, Nicaragua*. La Calera, 11(16), 24–32. <https://doi.org/10.5377/calera.v11i16.749>
- Guerrero, M. M. (2019). *Acuerdo Ministerial N° 010*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/02/Acuerdo-Ministerial-No.-010-Expedir-protocolos-para->

el-censo-y-monitoreo-para-especies-amenazadas.pdf

- Gutiñas Rosado, M. (2018). “*El Lobo de Páramo (Lycalopex culpaeus): ecología trófica y patrones de abundancia.*” Universidad Rey Juan Carlos.
- Hernández, E. (2019). *Monitoreo de fauna silvestre en predios con aprovechamiento forestal en el Ejido San Antonio Tecocomulco Tres Cabezas, Cuatepec de Hinojosa, Hidalgo.* Instituto Tecnológico de Huejutla.
- Hou, C. Y. (2022). *Análisis de muestras fecales ayuda en la conservación de primates salvajes.* MONGABAY. <https://es.mongabay.com/2022/02/analisis-de-muestras-fecales-ayuda-en-la-conservacion-de-primates-salvajes/>
- Lira, I, Perez, J, Briones, M, Carrera, R. (2013). *Métodos de captura e inmovilización química del tapir centroamericano Tapirus bairdii en el sureste de México.* Chiapas 9 (1), Oaxaca, México.
- Maffei, L, Cuéllar E, Noss J. (2002). *Uso de trampas-cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía.* Rev. col. Ecol.
- Martin, P, y Bateson, P. (2007). *Medición del comportamiento: una guía introductoria* (3.ª ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mendoza, G., Ortega, A., & López, L. (Eds.). (2014). *Estimación de la abundancia poblacional de fauna silvestre, mediante el uso de cámaras-trampa.* Agro Productividad. <http://193.122.196.39:8080/handle/10521/2504>
- Molina, S. (2015). *Plan de Monitoreo de Fauna Silvestre con el uso de cámaras trampa en la provincia de Sucumbíos.* https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00M9X2.pdf
- Muñoz, A. (2010). *Huellas y signos de mamífero de Chile* (Primera). CEA.
- Narváez, V., Zapata Ríos, G., & Wildlife Conservation Society. (2020). *Manual para el muestreo de fauna silvestre con transectos lineales.* https://www.researchgate.net/profile/Galo-Zapata-Rios/publication/343296023_Manual_para_el_Muestreo_de_Fauna_Silvestre_con_Transectos_Lineales/links/5f21fd9292851cd302c87900/Manual-para-el-Muestreo-de-Fauna-Silvestre-con-Transectos-Lineales.pdf
- Novaro, A., Funes, M., Rambeaud, C., & Monsalvo, O. (2000). *Calibración del índice de estaciones odoríferas para estimar tendencias poblacionales del zorro colorado (Pseudalopex culpaeus) en Patagonia.* *Mastozoología Neotropical*, 7 (2)(28 de octubre 1999), 81–88. <https://mn.sarem.org.ar/article/calibracion-del-indice-de-estaciones-odoriferas-para-estimar-tendencias-poblacionales-del-zorro-colorado/>
- Ordóñez-Delgado, L., Vits, C., Valle, D., & González, I. (2018). *Registro altitudinal*

- inusual de Lobo de Páramo Lycalopex culpaeus (Carnivora: Canidae) en el sureste de Ecuador. Avances en Ciencias e Ingeniería*, 10(1). <https://doi.org/10.18272/aci.v10i1.862>
- Peres, C. A. (1999). General Guidelines for Standardizing Linetranssect Surveys of Tropical Forest Primates. *Neotropical Primates*, 7(1), 16.
- Rivera, S., & Leyzaquía, H. (2019). “*El delito de tráfico de fauna silvestre y la vulneración a la protección de especies amenazadas en el distrito de La Victoria periodo 2017*”. Universidad César vallejo.
- Roughton, R. D., & Bowden, D. C. (1979). Experimental design for field evaluation of odor attractants for predators. En J. R. Beck (Ed.), *Vertebrate pest control and management materials* (pp. 249-254). American Society for Testing and Materials (ASTM) STP 680, Philadelphia, PA.
- Roughton, R. D., & Sweeny, M. W. (1982). Refinements in scent-station methodology for assessing trends in carnivore populations. *Journal of Wildlife Management*, 46(2), 217–229.
- Rumiz, D., Christian, E., & Arispe, R. (1998). Evaluación de la diversidad de mamíferos medianos y grandes en el parque nacional carrasco (cochabamba - bolivia). *Revista Boliviana de ecología y conservación ambiental*, 4(77–90), 14.
- Seguí, P. (2018). *Páramo; Clima, flora, fauna y características*. OVACEN. <https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/paramol>
- Tellería, J. (1986). *Manual para el censo de los vertebrados terrestres* (Madrid, Ed.). Raíces.chrome-extension://efaidnbmn-nnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.federaciongalegadecaza.com/biblioteca/coello/LIBROS_038.pdf
- Tirira, D. G. (2001). *Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador*. Editorial Murciélago Blanco. https://www.researchgate.net/profile/Diego-Tirira/publication/315793476_Libro_Rojo_de_los_mamiferos_del_Ecuador/links/58e573de45851547e17f7c07/Libro-Rojo-de-los-mamiferos-del-Ecuador.pdf
- Vargas, O. (2013). Disturbios en los páramos andinos. En J. Cortés & C. Sarmiento (Eds.), *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana* (pp. 39–57). Instituto von Humboldt. https://www.researchgate.net/publication/260438569_Disturbios_en_los_paramos_andinos/citation/download
- Villaruel, R. (2007). Bienestar animal. Práctica 3. Observación de comportamiento. Recuperado a partir de <http://ocw.upm.es/producción/animal/bienestaranimal/contenido/practicas/Practica3ObservacionComportamiento.pdf>

- White, L., & Edwards, A. (2000). *Conservation Research in the African Rain Forest: A Technical Handbook* (Primera). Wildlife Conservation
- Zúñiga, F. B., González, H., Palacio, J., & Delgado, M. (2004). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Aguilera Eguía, R. (2014). ¿Revisión sistemática, revisión narrativa o metaanálisis? *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 21(6), 359–360. <https://doi.org/10.4321/s1134-80462014000600010>
- Peters, M. D., Godfrey, C. M., Khalil, H., McInerney, P., Parker, D., & Soares, C. B. (2015). Guidance for conducting systematic scoping reviews. *International journal of evidence-based healthcare*, 13(3), 141–146. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000050>
- Pérez, J., & Gómez, M. (2023). Importancia de los criterios de inclusión y exclusión en estudios clínicos. *Revista de Investigación Médica*, 12(3), 40-50.
- Gallina, S., & López-González, C. (Eds.). (2011). *Manual de técnicas para el estudio de la fauna* (Vol. 1). Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C.
- Barros-Díaz, C., & Molina Moreira, N. (2021). *Métodos para el estudio de mamíferos: Guía de huellas y pelos de guardia del Pacífico ecuatorial*. Universidad Espíritu Santo - Ecuador.
- Kenward, R. (2001). *A manual for wildlife radio tagging* (2nd ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012404242-2.X0001-X>
- Buckland, S. T., Rexstad, E. A., Marques, T. A., & Oedekoven, C. S. (2015). *Distance Sampling: Methods and Applications*. *Methods in Statistical Ecology*. doi:10.1007/978-3-319-19219-2
- Horne, J. S., & Garton, E. O. (2006). Analyzing animal movements using GPS telemetry data. *Ecology*, 87(10), 2070-2078. doi:10.1890/0012-9658(2006)87[2070:AAMUGT]2.0.CO;2 [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[2070:AAMUGT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[2070:AAMUGT]2.0.CO;2)