Modelo de identificación individual del jaguar *Panthera onca* (Linnaeus, 1758) por morfométria de huellas

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Modelo de identificación individual del jaguar *Panthera onca* (Linnaeus, 1758) por morfometría de huellas

Jose Fernando NAVARRO PELÁEZ

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
Facultad de Ciencias Agrarias
Área Curricular en Bosques y Conservación Ambiental
Departamento de Ciencias Forestales
Medellín, Colombia
2020

Modelo de identificación individual del jaguar *Panthera onca* (Linnaeus, 1758) por morfometría de huellas

Jose Fernando NAVARRO PELAEZ, BIOL

Tesis o trabajo de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Bosques y Conservación Ambiental

Director

Ph.D. Biól. **NÉSTOR JAVIER MANCERA RODRÍGUEZ**

Grupo de Investigación Ecología y Conservación de Fauna Silvestre

Profesor Titular, Departamento de Ciencias Forestales

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Facultad de Ciencias Agrarias

Área Curricular en Bosques y Conservación Ambiental

Departamento de Ciencias Forestales

2020

En la dificultad esta la respuesta

Agradecimientos

Quiero empezar esta lista de agradecimientos con mi familia. Gracias Juan y Gaby por permitirme la vida, a mi padre por ser el impulsor de muchas cosas entre ellas el amor a la naturaleza y llevarme de la mano a ese primer contacto con los animales motor desde la niñez para descubrir lo maravilloso de estos seres. A Gaby por su amor incondicional y apoyo en duros momentos. Gracias a ellos por la honestidad y enseñarme que la ética no se aprende en una aula de clase, sino que se construye día a día.

A mis hermanos gracias por todo lo que hemos vivido juntos, los recuerdos de la niñez, a mis hermanos mayores por enseñarme de una u otra manera a construirme y tratar de ser mejor, a Carlos Eduardo por siempre estar ahi. Y a la familia ausente y presente, mis sobrinos.

A Claudia, por el amor compromiso y apoyo, por ser mi compañera de viaje, por siempre estar ahí, en esos momentos de agobio y estrés, y hacerme ver que en la vida todo es posible.

Quiero agradecer a mi tutor el profesor Néstor Mancera, por la paciencia, y siempre tener el buen comentario y el positivismo para creer en este compromiso con la ciencia.

A La Negra y Teo, por el acompañamiento, en horas de estudio, por estar allí cuidándome y acompañándome, para darme la inspiración para muchas ideas.

A mis amigos de toda la vida, por estar allí, a Fredy Ruiz, por su amistad y buenos consejos, por ser psicólogo, chofer, entrenador, ayudante de campo y traductor. Gracias por todos los momentos que has compartido conmigo, los buenos y los malos, los que vamos a recordar y los que siempre trataremos de no olvidar, para saber cuál es nuestro destino en esta vida.

A Leidy Puerta y Sandra Ramírez, amigas incondicionales, en momentos de la vida y que perduraron en el tiempo.

A mis pupilos, los hijos que me dio la vida académica, Indira, Juan Pablo, Paula Andrea; Jaifran, Andres Felipe, Tibisay, Paulina, Yina, Estebana, Mildred, Yorleison y Anderson, con los que vives la vida y compartes cosas buenas de ella. A estos y otros que se quedaron presentes para acompañarme gracias….. Valió la pena.

A Andrés Arias, por los buenos momentos vividos, por su ayuda desinteresada y colegaje, a la lealtad.

Al grupo de Investigación Medio Ambiente y Sociedad de la Universidad de Antioquia, por el apoyo, durante todos estos años, de los cuales he aprendido la constancia y dedicación en el que hacer de la ciencia, un reconocimiento especial a la profesora Sandra Turbay, quien me ha respaldado y escuchado en momentos difíciles, acertando siempre en el buen consejo.

A la Universidad de Antioquia y el Comité para el Desarrollo de la Investigación -CODI- U. de A. por el apoyo económico brindado, a la UAESPNN y los operarios Guillermo Monzón, Rogelio Izquierdo, Arley Duque y Cristóbal Robledo, asistentes de campo les debo más que las gracias… sin ustedes el trabajo hubiese sido muy difícil.

A mi asesor estadístico el Profe Alvaro Lema, por ser constante en el apoyo y dejarme ver cosas que a simple vista no son visibles en la ciencia.

A mis maestros de los cuales he aprendido desde lo académico, pero más desde lo vivencial, al Profesor Ricardo Callejas, por siempre cuestionarme y hacerme ver que nada es fácil, a la profesora Imelda Vélez, al Profesor Javier Muñoz, a mis profesores de la maestría especialmente al profesor Flavio Moreno, quien me rescato, mil gracias.

A mis amigos de cohorte: Luisa, Rossalyn, Harley, Carlos Esteban. Gracias por las discusiones, por los buenos consejos.

Resumen

Modelo de identificación individual del jaguar *Panthera onca* (Linnaeus, 1758) por morfometría de huellas

Un impedimento para el estudio de macro mamíferos puede ser la imposibilidad que tienen estos de ser observados, debido sus bajas densidades y dificultad en capturarlos, entre otras variables. En la búsqueda de otros métodos que superen estas limitaciones, se han descrito técnicas que aprovechan los signos dejados por los animales al deambular en su hábitat. Los rastros, se definen como una señal o indicio que dejan los seres vivos durante sus actividades, incluyendo toda reliquia o vestigio que quede de ellos.

Enumerar el tamaño de una población depende de distinguir entre los distintos individuos que la componen. En el caso de los grandes depredadores, que son escasamente distribuidos, crípticos, nocturnos o crepusculares, y a menudo solitarios, dificulta el conteo y al mismo tiempo el poder discriminarlos. Para solucionar esto existen técnicas de campo y métodos de análisis cuantitativos que están siendo implementados para identificar los individuos por medio de signos tales como huellas.

La morfometría geométrica aplicada al rastreo, es un método no invasivo, el cual utiliza e interpreta las evidencias indirectas de los animales a través de sus rastros, convirtiéndose en una metodología complementaria para el estudio de los mamíferos, principalmente de especies cripticas o que habitan en bajas densidades poblacionales.

En esta investigación, haciendo uso de todas las técnicas necesarias para la identificación y colección de rastros, además de la utilización de análisis multivariados y morfométricas, ayudo a estimar la abundancia del Jaguar (*Panthera onca*) en el Parque Nacional Natural Los Katíos Colombia (en el Choco biogeográfico).

Se evaluaron trampas huella, las cuales son utilizadas en los diferentes ecosistemas por su fácil implementación y bajo costo en el monitoreo, con el fin de evaluar el mejor sustrato para su uso y ser utilizado en el levantamiento de la información, posteriormente se realizaron las campañas de campo, con un total de 1080 horas de esfuerzo muestrial, donde se logró el registro 22 especies de mamíferos terrestres y mediante la combinación de los métodos de rastreo y el uso de análisis morfométricos de huellas se logró identificar cuatro individuos de Jaguar en el área, estos análisis morfométricos permiten obtener registros confiables para la identificación de individuos de jaguar.

Los datos basados en análisis multivariados posibilitaron su uso con éxito y se presentan como una herramienta necesaria para mejorar el reconocimiento de rastros, tamaños poblacionales de mamíferos, selección del hábitat y la estructura social. Estos datos al combinarse con otros métodos como el foto-trampeo, la telemetría o los análisis genéticos por medio de pelos y heces, podrían generan información precisa para la conservación de mamíferos silvestres en Neotrópico.

Palabras claves: Jaguar, Huellas, Morfometría, Densidad poblacional, Diferenciación de individuos.

Abstract

Individual identification model of the jaguar *Panthera onca* (Linnaeus, 1758) by footprint morphometry

The study of macro mammals is impeded by the difficulty in observing them, due to their low densities and difficulty in capturing them, among other variables. In the search for other methods that overcome these limitations, techniques have been described that take advantage of the traces left by the mammals when wandering in their habitat. Traces are defined as a sign or sign left by living beings during their activities, including all the relic or vestige that remains of them.

Enumerating the size of a population depends on distinguishing between different animals. In the case of macro-mammals, these are poorly distributed, cryptic, nocturnal or crepuscular, and often solitary, which makes it difficult to count all individuals in a population and at the same time to discriminate between them. For this, field techniques and analysis methods have been developed that are being implemented to identify individual animals by means of traces such as their fingerprints; these tools use the quantitative properties of traces found allowing differentiation between individuals.

The geometric morphometry applied to tracking, is a non-invasive technique, which uses and interprets the indirect evidence of animals through their traces, transforming in a complementary technique for the study of mammal distribution and population size, mainly of cryptic species or those at low population densities.

In this investigation, making use of all the necessary techniques for the identification and collection of traces, in addition to the use of multivariate and morphometric analyzes, allowed is to estimate the population size of the Jaguar (*Panthera onca*) in the Los Katíos Colombia National Natural Park, in the Choco biogeographic.

Footprint traps were evaluated, which are used in the different ecosystems due to their easy implementation and low cost in monitoring, in order to evaluate the best substrate for their use and to be used in the gathering of information. Field sampling was carried out, with a total of 1080 hours of sampling effort, where 22 species of terrestrial mammals were registered. Through the combination of tracking methods and the use of morphometric analysis of footprints, it was possible to identify four individuals of Jaguar in the area, these morphometric analyzes allowed the obtainment of reliable records for the identification of jaguar individuals.

Data based on multivariate analyzes enabled its successful use and are presented by this study as a necessary tool to improve the recognition of mammal traces, enumerate their population size, habitat selection and social structure. Combining the data with other techniques such as photo trapping, telemetry or genetic analysis by means of hair and feces, could generate accurate information for the conservation of wild mammals in the Neotropics.

Key words: Jaguar, mammals, morphometric, population density and individuals difference.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción general	1
Objetivos general	4
Objetivos específicos	4
Capítulo 1. Uso del rastreo para el estudio de los mamíferos en el Neotrópico	5
Capítulo 2. Uso de parcelas de huellas para determinar la riqueza y abundancia de mamíferos en un fragmento de bosque húmedo tropical en la región de Urabá, Colombia	17
Capítulo 3. Abundancia del jaguar (*Panthera onca*) basado en huellas en el Parque Nacional Natural Los Katíos, Colombia	32
Capítulo 4. Abundancia del jaguar (*Panthera onca)* y diversidad de mamíferos terrestres mediante el uso de huellas en el Parque Nacional Natural Los Katíos – Colombia	41
Conclusiones o consideraciones finales	84
Recomendaciones	86
Referencias	87
Anexos	111

Lista de figuras

		Pág.
Figura. 2-1	Área de estudio; a. Mapa zona de estudio; b. Foto satelital Estación Sede de Estudios Ecológicos y Agroambientales de la Universidad de Antioquia Tulenapa, Región de Urabá, Departamento de Antioquia (Colombia).	**29**
Figura 3-1	Mapa de ubicación de los transectos: Tendal y Tilupo en el Parque Nacional Natural Los Katíos.	**36**
Figura 3-2	Variables morfométricas de una pata de jaguar (*Panthera onca*). A,B,C,D,E,F,G,H largo y ancho del dedo; I ángulo formado entre los dedos; J,K,L,M distancia entre los dedos y el cojinete plantar; N largo del cojinete plantar; O ancho máximo del lóbulo mesial izquierdo; P ancho máximo del cojinete plantar; Q ancho máximo del lóbulo mesial derecho; R largo total de la huella; S ancho total de la huella.	**37**
Figura 3-3	Clasificación jerárquica UPGMA (Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic. Averages) de las medidas morfométricas obtenidas a partir de las huellas de jaguar (*Panthera onca*) encontradas en el Parque Nacional Natural Los Katíos.	**38**
Figura 4-1	Ubicación de los sitios de muestreo, Parque Nacional Natural Los Katíos.	**46**
Figura 4-2	Unidades muestreales, para la colecta de rastros, parcelas de huellas »Huelleros«.	**48**
Figura 4-3	Levantamiento de improntas mediante la técnica de parafina y yeso.	**49**
Figura 4-4	Variables morfométricas de una huella de jaguar (*Panthera onca*), tomadas para el análisis.	**51**
Figura 4-5	Índice de abundancia relativa de mamíferos por épocas climáticas en el área de estudio.	**56**
Figura 4-6	Medidas morfométricas de las huellas del jaguar (*Panthera onca*).	**57**
Figura 4-7	Gráfico Biplot, aporte de cada variable.	**60**
Figura 4-8	Análisis de Cluster por métodos jerárquicos.	**61**
Figura 4-9	Gráficos de Silueta para k=2-5.	**62**
Figura 4-10	Análisis de Cluster por el método de las K-medias.	**63**

Lista de tablas

		Pág.
Tabla 2-1	Distribución de huelleros (H) y cebos (C) en los puntos de muestreo en cada transecto.	**22**
Tabla 2-2	Índice de abundancia relativa de ocurrencia (IAR_O), para cada uno de los huelleros.	**24**
Tabla 2-3	Frecuencia de huellas para los distintos grupos de animales en los diferentes transectos y huelleros.	**25**
Tabla 2-4	Frecuencia de huellas por cebo.	**26**
Tabla 2-5	Frecuencia de huellas por huellero.	**26**
Tabla 4-1	Lista de especies de acuerdo a los indicios encontrados en los Senderos El Tendal y El Tilupo en el Parque Nacional Natural Los Katíos.	**54**
Tabla 4-2	Comparación de la abundancia y número de indicios de mamíferos en dos senderos evaluados en el Parque Nacional Natural Los Katíos.	**55**
Tabla 4-3	Cargas de las componentes principales.	**59**
Tabla 4-4	Número de clusters óptimo de acuerdo a los índices de Scott y Hartigan.	**62**

Lista de Anexos

Anexo 1	Carta de aceptación de publicación como capítulo de libro.	**111**
Anexo 2	Certificado de ponencia III Congreso de Zoología.	**112**
Anexo 3	Certificado de ponencia I Simposio Iberico de rastreo de fauna.	**113**
Anexo 4	Análisis de varianza para Log (número de huellas + 1) – Tipo III suma de cuadrados.	**114**
Anexo 5	Test de rango múltiple para Log (número de huellas + 1) por día.	**114**
Anexo 6	Test de rango múltiple para Log (número de huellas +1) por transecto.	**114**
Anexo 7	Test de rango múltiple para Log (número de huellas +1) por huellero.	**115**
Anexo 8	Test de rango múltiple para Log (número de huellas +1) por cebo.	**115**
Anexo 9	Resumen estadístico variables morfométricas.	**115**
Anexo 10	Histogramas de frecuencia por variable.	**116**
Anexo 11	Gráfico pairs.	**116**
Anexo 12	Gráfico cuantil cuantil para normalidad multivariada sin transformacion y tranformada.	**117**
Anexo 13	Pruebas de Shapiro – Wilk y Mardia, Transformación de Box-Cox.	**117**
Anexo 14	Matriz de correlación.	**117**
Anexo 15	Resumen de las componentes principales, Gráfico Screeplot.	**118**
Anexo 16	Scores componentes principales.	**118**
Anexo 17	Screeplot Análisis paralelo.	**119**
Anexo 18	Resumen estadístico Análisis factorial con rotación Varimax.	**119**

Introducción general

La diversidad de la fauna silvestre es uno de los componentes de mayor significado en el patrimonio natural de nuestro país. Sin embargo, no se le ha reconocido en su adecuada medida el potencial ecológico, económico, científico, social, cultural y estético que representa para la humanidad. Además, es poco reconocido aun el papel que este conjunto de especies juega tanto individual como colectivamente en la dinámica de los sistemas naturales, muchas de las cuales aún desconocemos (Molina, 2001; Cardinale, *et al.*, 2012).

En este contexto los felinos parecen desempeñar un importante papel ecológico en los bosques neotropicales, como lo es mantener la estabilidad del ecosistema por medio de la regulación de la abundancia de sus presas (Terborgh, 1990; Miller, *et al*., 2001.). La presencia de estas poblaciones en un área significa que existen presas suficientes para alimentar a estos carnívoros y una biodiversidad asociada en condiciones favorables (Payan e*t al*., 2007).

Los felinos grandes son los primeros en desaparecer de los ecosistemas, dados sus requerimientos de grandes áreas, numerosas presas y baja tasa reproductiva, por lo que su presencia puede ser usada como indicador de buen estado de conservación de los ecosistemas (Lindenmayer *et al*., 2000). En la eventual ausencia de felinos, los herbívoros, omnívoros y aves podrían aumentar y la presión de consumo de plantas, plántulas y semillas por estos se verían alteradas, lo que afecta la dinámica de crecimiento y estructura de los bosques (Terborgh *et al*., 2001). Este papel regulador los convierte en una especie clave. El uso de los conceptos de especies focales es útil para identificar efectivamente hábitats bien conservados y definir prioridades de manejo y conservación (Payán *et al*., 2007).

Los felinos entre ellos el jaguar se encuentran en la cima de la pirámide trófica, carnívoros por excelencia, siendo este el depredador de mayor porte a nivel neotropical, además por cubrir grandes áreas en sus movimientos diarios y estacionales (Miller *et al*., 2000; McCain y Childs,

2008; Paviolo, 2010; Ceballos *et al*., 2016) y por ser oportunistas en sus hábitos alimenticios (Oliveira, 2002), es utilizado como especie paraguas o sombrilla (Quigley y Crawshaw, 1992; Emmons, 1987; Rabinowitz y Nottingham 1986; Lindenmayer, 1999). Sin embargo es uno de los animales más difíciles de estudiar (Galindo-Leal, 2009; Moreira *et al*., 2009; Chávez y Ceballos, 2014).

Diversos estudios en campo han utilizado estrategias de detección y monitoreo para las poblaciones de mamíferos de gran talla, para lo cual se usan diferentes métodos y técnicas. Estas técnicas pueden ser directas e indirectas (telemetría, capturas, cámaras trampa, huellas y otros rastros) (Chávez, 2013); estas posibilitan información útil el sobre comportamiento de las poblaciones, sus hábitos, densidades poblacionales e interacciones con otras especies, permitiendo tener información relevante de las especies (Wilson y Delahay, 2001; Hill *et al*., 2005; Aranda, 2012).

Dentro de los métodos indirectos, como aquellos que se basan en rastros como huellas y excretas (Grigione *et al.*, 1999; Jewell *et al.*, 2001; Stander, 1998; Lyra *et al.*, 2008); estas estimaciones basadas en frecuencias de avistamiento o técnicas de rastreo en sitios determinados constituyen una metodología que permite recabar información útil (Jewell *et al*., 2001; Lewison *et al*., 2001), para el manejo de poblaciones al interior de las áreas protegidas (Davis y Winstead, 1980; Glanz, 1982; Bailey, 1984); muchos trabajos han tratado de asignar huellas a individuos, mediante la comparación y clasificación de improntas realizadas en el campo, para tratar de identificar individuos y como se mueven estos al interior de las áreas (Panwar, 1979). Sin embargo, presentan inconvenientes ya que nos es posible identificar individuos a partir de ellas (Wemmer *et al*., 1996).

Estas metodologías han sido criticadas en la medida, debido a la subjetividad de cómo se implementan las técnicas (Karanth, 1987), estos criterios de clasificación de individuos deben ser trabajados y ajustados para poder conseguir estimaciones reales y fiables (Nowell y Jackson, 1996). Esta técnica de identificación de individuos por medio de huellas permitiría una evaluación rápida y económicamente accesible, además de no afectar el comportamiento de la especie (Putman, 1984; Clevenger, 1993; Contreras-Díaz *et al*., 2009).

Muchos estudios ecológicos realizados en campo han requerido técnicas utilizando rastros (Van Dyke, *et al*., 1986; Zielinski y Stauffer, 1996) por ejemplo, para análisis de densidad de

poblaciones (Koster y Hart, 1988; Komers y Brotherton, 1997) y uso del hábitat (Petrak, 1990; Putman, 1990). Otros estudios por el contrarios se han utilizado, para evaluar poblaciones de puma (*Puma concolor*) (Smallwood y Fitzhugh. 1993; Smallwood y Fitzhugh, 1995; Grigione *et al*., 1999; Lewison *et al*., 2001; García *et al*., 2010); densidades poblacionales de la danta de paramo (Lizcano y Cavelier, 2000); análisis de hábitat para el lobo de crin (*Chrysocyon brachyurus*) (Rumiz y Sainz, 2002); identificación individual de agutí (*Cuniculus paca*) (Contreras-Díaz, 2009); estructura de edades y proporción de sexos en oso negro (Piekielek y Burton,1975) y elefantes (Western *et al*.,1983) e identificación de coyotes (Andelt y Gipson, 1980; Henshaw, 1981); lince (Winegarner, 1985); diferenciación de pequeños felinos con el fin de resolver problemas con su identificación morfológica (Bertrand y Morisot, 2012; De Carvalho *et al*., 2015); para la diferenciación de ciervos del genero *Mazama* (Angeli, *et al.*, 2014), finamente se ha propuesto metodologías con análisis morfométricos para pequeños mamíferos (Palma y Gurgel-Gonçalves, 2007; Camargo *et al.*, 2008).

En el caso de Parques Nacionales Naturales de difícil acceso, como el Parque Nacional Natural Los Katíos, es necesario tener indicadores, fáciles de usar de costo bajo y confiables que muestren tendencias poblacionales de la presencia de algunos mamíferos, con el fin de tener información o para la toma de decisiones para el manejo de especies al interior de las áreas protegidas y/o naturales (Bailey, 1984; Brower *et al*., 1990).

En este trabajo, el primer capítulo se analiza el estado del arte de las técnicas de rastreo de mamíferos en el Neotrópico. Seguido a esto, en el capítulo 2 se propone la utilización de parcelas de huellas de barro comparándola con diferentes sustratos, con el fin de escoger la mejor unidad muestrial para el levantamiento de las improntas que permitieron estimar la riqueza y abundancia de los mamíferos en un fragmento de bosque húmedo tropical, más concretamente en el Urabá Antioqueño. En el Capítulo 3 se evalúa la abundancia del jaguar (*Panthera onca*) en el Parque Nacional Natural Los Katíos (PNN los Katíos), basado en utilización de huellas y aplicando métodos estadísticos simples como pueden ser distancias euclidianas, por último, en el capítulo 4 se muestra el uso de la técnica utilizando huellas mediante un método rápido y económicamente accesible para la identificación de individuos jaguar (*Panthera onca*), utilizando métodos morfométricos y documentándose también la diversidad de mamíferos presentes en el área de estudio mediante el uso de técnicas de rastreo.

Objetivo general

Formular una metodología apropiada para la identificación de individuos de Jaguar (*Panthera onca* = Felidae [Pantherine]) por medio de sus huellas.

Objetivos específicos

Analizar el estado del arte de las técnicas de rastreo de mamíferos en el Neotrópico.

Evaluar la metodología adecuada para la colección de rastros que permitan realizar mediciones en improntas, que posibilite la determinación de individuos por medio de huellas.

Estimar la riqueza y abundancia de los mamíferos en un fragmento de bosque húmedo tropical mediante el uso de huellas.

Validar el uso de la morfometría, para evaluar la abundancia del jaguar *Panthera onca* en el Parque Nacional Natural Los Katíos, con el fin de comprobar el uso de la técnica en campo.

Capítulo 1

Uso del rastreo para el estudio de los mamíferos en el Neotrópico

Jose Fernando Navarro Pelaez[1],

[1]Biólogo, Universidad de Antioquia Estudiante de Maestría en Bosques y Conservación Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; jfnavarrop@yahoo.com.mx.

Este artículo se encuentra publicado como articulo digital. Navarro, J. F. (2015, 01 de marzo). Uso del rastreo para el estudio de los mamíferos en el Neotrópico. *ICNOLOGÍA.* Recuperado de http://icnologia.blogspot.com/

Resumen

La identificación de rastros en el medio natural requiere de condiciones especiales de entrenamiento; el presente capítulo muestra una extensiva revisión del arte del rastreo indicando algunas ventajas y problemas en el uso de la técnica. El interés es generar conocimiento y trabajar por la conservación de los mamíferos neotropicales que actualmente están amenazados.

Palabras clave: Neoicniologia, rastros, huellas, rastreo.

Abstract

The identification of traces in the environment requires special training conditions; this chapter shows an extensive review of the technique of tracking these traces, it also indicates some advantages and disadvantages of using this technique. The goals are to generate knowledge and to work for the conservation of neotropical mammals that are currently threatened.

Key words: Neoicniology, traces, footprints, tracking.

Introducción

Los rastros animales dejados sobre sustratos naturales como suelo, nieve y conchas, restos de insectos o huesos en el caso de los depredadores, se comenzaron a estudiar y a clasificar por los geólogos a mediados del siglo XIX, encontrándolos en excavaciones y comparándolos con los rastros que producían los animales pobladores de la biosfera en ese entonces (Lastanao-Lobera, 2002). Ello dio nacimiento a una nueva disciplina dentro de la zoología: la neoicnología que representa el estudio de los rastros o las señales del comportamiento biológico que quedan impresas en soportes naturales y pueden ser estudiadas y comparadas con otros soportes artificiales para su análisis (Lastanao-Lobera, 2002). Considerada hoy día por muchos investigadores como un área interdisciplinaria de las ciencias biológicas, que nos ayuda a identificar el paso de los animales por sus signos de presencia en un lugar determinado (Gámez-Vintaned y Liñan, 1996).

La facultad investigadora que creemos propiedad exclusiva de nuestro tiempo tiene quizás una larga trayectoria, desarrollada por el hombre paleolítico y que algunos ven como un arte - el rastreo -, el conocimiento de los rastros estado ligado a la subsistencia del ser humano formando parte de la cultura ancestral de los pueblos para quienes la cacería es una actividad significativamente importante, Stander *et al*. (1997) han demostrado el refinamiento y alto grado de exactitud que puede alcanzar el rastreo en algunos pueblos indígenas.

En relación a los mamíferos silvestres, el término rastro se definen como “todo vestigio, señal o indicio que dejan durante sus actividades, además de todo resto que queda de ellos” (Aranda, 2000) “rastrear es un valioso método para aprender de los hábitos de los animales porque es prácticamente equivalente a observar a un animal por un largo período de tiempo. Bajo condiciones naturales los rastros son un lenguaje de signos que necesita una cierta interpretación para ser comprendido”.

El estudio de los mamíferos silvestres a través de sus rastros ha sido de gran utilidad, ya que no solamente ha permitido a los científicos y a las autoridades ambientales implementar normas de manejo en áreas silvestres y protegidas, sino también el descubrimiento de nuevas especies, como es el caso de los restos craneales encontrados en las egragrópilas de lechuzas y búhos o en las heces de algunos individuos (Sanz, 2005).

Para desarrollar trabajos de sistemática o ecología, los mastozoólogos deben constatar la presencia de los mamíferos en un área; para esto utilizan principalmente dos métodos: El primero, denominado observación directa, que implica la captura de los ejemplares utilizando variados dispositivos como trampas, cepos, redes, sistemas de inmovilización química, entre otros (Mayr *et al*., 2000). El segundo, denominado observación indirecta, que consiste en la interpretación de rastros o de otras señales dejadas por los mamíferos, utilizando métodos no invasivos (Travi y Gaetani, 1985).

Todos los mamíferos dejan rastros de sus actividades como huellas, excrementos, pelos, restos de alimentos, marcas territoriales, nidos, alteraciones en la vegetación, voces, sonidos y olores. Estas evidencias forman parte de lo cotidiano y su abundancia es proporcional a las poblaciones que las producen. Estos indicios muestran claramente que podemos utilizar los signos, o señales, para saber quién ocupa un determinado ecosistema, sin necesidad de observarlo directamente. Su localización, estudio e interpretación en su conjunto, permite no solamente el conocimiento de sus modos de vida, tamaño y morfología, sino también la identificación de géneros y especies (Cuellar-Carrasco, 1999).

La habilidad para interpretar rastros puede permitirnos "ver" a los animales y seguir sus movimientos, los signos posibilitan conocer aspectos más íntimos, como la abundancia de una especie, su organización social o la composición exacta de su dieta (Rabinowitz, 1986), para Elbroch (2003) citado por Aranda (2005) el rastreo es ecología de campo y asegura que no se conoce otro método mejor para ver y experimentar las relaciones entre los animales silvestres y el ambiente.

La observación e identificación de mamíferos en la naturaleza no resulta nada fácil, especialmente aquellos de gran talla, si se considera que la mayoría de ellos son de hábitos crepusculares o nocturnos, poseen sentidos muy desarrollados, y en consecuencia, manifiestan comportamientos cautelosos, discretos, crípticos, esquivos o huidizos ante la presencia del hombre o de cualquier estímulo por mínimo que sea; además se presentan en baja densidad (Cuellar–Carrasco, 1999), de modo que su observación directa, por prolongados períodos de tiempo, solo es posible para unas pocas especies, en ambientes abiertos (Stander *et al*., 1997).

Sin embargo, por ariscos o nocturnos que sean, siempre – o casi siempre – dejan tras de sí ciertas marcas en el terreno bastante útiles para confirmar su presencia en diferentes hábitats o en una área determinada (Alfaro, 2001). Las huellas por ejemplo son consideradas registros temporales; negar su existencia, importancia o utilidad es una actitud poco científica; una sola huella puede mantener viva

la esperanza de hallar con vida a una especie presuntamente extinta o desaparecida de un área. Bajo esta premisa, se podría preguntar si realmente el tilacino o lobo marsupial australiano (*Thylacinus cynocephalus* Harris, 1808), está extinto, o por el contrario, todavía se encuentra en alguna región Australiana. Este caso se podría aplicar al Neotrópico, donde aún se desconoce la distribución de muchas especies de mamíferos de mediano y gran tamaño. Realizando muestreos sistemáticos, con buenas metodologías y aplicando de forma correcta la técnica de seguimiento por rastros, se podrían resolver algunos interrogantes sobre estas especies, y por tanto, aclarar los patrones de distribución regional desconocidos hasta hoy para muchas de ellas.

El método más común empleado por los investigadores es atraer animales a una estación cebada donde las huellas se detectan en el suelo preparado u otros sustratos como la nieve fina (Cook, 1949; Wood, 1959; Linhart y Knowlton, 1975; Lindzey *et al*., 1977 y Taylor y Ráphale, 1988). Sin embargo, esta técnica no es aplicable en áreas donde los suelos son rocosos o muy finos, donde no se pueden observar los rastros fácilmente (Barrett 1983).

Los rastros más conspicuos son las huellas. Generalmente cuando se menciona este término, las personas tienden a visualizar la pisada del animal, es decir, la impresión cóncava, clara y profunda de la parte de la extremidad, tanto delantera como trasera que entra en contacto con la superficie del suelo; esta impresión generalmente se observa en suelos cuya composición es relativamente blanda y limpia como la arena húmeda o el barro (Navarro y Muñoz, 2000).

Existen varios factores que determinan la conservación y calidad de impresión de una huella. Los factores dependientes son relativos al animal como la especie, el sexo, la edad, la marcha (paso, trote, galope o salto) y la pata que produjo la impresión (anterior, posterior, derecha o izquierda). Los factores independientes son debidos a causas externas como el clima, las propiedades del terreno, la conformación del sustrato (arena, piedras, barro, etc.) y el tiempo de impresión de la misma (Becker y Dalponte, 1999).

Seguir la pista a las huellas es realmente fácil, basta mirar con detenimiento lugares donde los animales puedan pasar, como orillas y bancos de ríos, playas cerca de líneas de vegetación, márgenes de pantanos y caminos. Las huellas guardan a menudo su forma por 2 o 3 días - o aún más tiempo; es más fácil encontrar huellas en las mañanas o en las tardes donde el ángulo de la luz del sol crea sombras en los rastros, que cuando el sol está en el cenit; las huellas más fácilmente detectables se

dan en lugares desprovistos de vegetación y en suelos arcillosos no muy húmedos, los sustratos limoarenosos (como la arcilla), con granulometría menor a 1 mm son excelentes para la toma de huellas.

Lamentablemente la huella “ideal” es difícil de ubicar en ciertos ambientes boscosos del Neotrópico, pues existen dificultades en el medio natural para su buena conservación e impresión, por lo que tenemos que acostumbrarnos a encontrar huellas más sutiles, de formas irregulares o simplemente realizar muestreos sistemáticos que permitan visualizar de la manera más clara estos rastros, por medio de metodologías denominadas “sendas barridas” y “huelleros” (Cossíos *et al*., 2007).

Desde un punto de vista práctico, contar y medir las huellas es un método adecuado para poder hacer estimaciones poblacionales a gran escala (Aranda, 1998; Novell y Jackson, 1996). Los datos basados en análisis multivariados posibilitan su uso con éxito, presentándose como una herramientas para mejorar el reconocimiento de rastros (Zielinski y Truex, 1995; Zalewski, 1999; Harrington *et al.,* 2008; Steinmetz y Garshelis, 2008; De Angelo *et al.,* 2010), y su implementación es útil para establecer los tamaños poblacionales, la selección del hábitat y la estructura social, entre otras variables; información valiosa que viene siendo utilizada como herramienta de soporte y que al combinarse con otros métodos como el fototrampeo, la telemetría o los análisis genéticos por medio de pelos y heces, generan información precisa (Karanth *et al.*, 2003; Silveira *et al*., 2003).

La identificación individual de grandes mamíferos ha sido confirmada por diferentes autores en trabajos con felinos, como los propuestos por Schaller y Crawshaw, (1980); Smallwood y Fitzhugh, (1993, 1995); Riordan, 1998; Lewison, *et al*, (2001); Sharma *et al.,* (2003), (2005); Grigione, *et al*., (2002); Wilting *et al.*, (2006); Isasi-Catalá y Barreto (2008); De Angelo *et al.,* (2010); García *et al.,* (2010); Bertrand y Morisot, (2012) y Navarro *et al*., 2013, con el tapir (*Tapirus* sp. Brünnich, 1772) Salas, (1996); Lizcano y Cavelier, (2000), en los últimos años trabajos propuestos por Palma y Gurgel-Goncalves 2007 y Camargo *et al.,* 2008 abren nuevas oportunidades a la técnica para el estudio de pequeños mamíferos.

Con el uso de huellas es posible establecer índices indirectos para determinar presencia y abundancia relativa: la evidencia de presencia de una especie será diferente de cero y su frecuencia aumentará en la medida que el tamaño poblacional sea mayor (Simonetti y Huareco, 1999). Esto último requiere que la frecuencia de huellas se correlacione en forma lineal y monotónica con la abundancia absoluta de

la población, supuesto que tiene apoyo empírico (Conroy, 1996). Sin embargo, es importante tener presente que el índice de abundancia relativa refleja cambios o tendencias poblacionales, pero no da información del actual tamaño de las poblaciones silvestres (Crawford, 1991).

Se puede calcular la mastofauna de un lugar específico observando el número de rastros hallados durante un período de tiempo determinado, calculando así periodos de migraciones y ciclos estaciónales. Los índices de abundancia que se pueden obtener de este tipo de análisis son también útiles, porque reflejan cambios en la abundancia en épocas estaciónales o bajo tratamientos diferentes y porque tienen una serie de ventajas sobre los conteos basados en observaciones y capturas (Bider, 1962; 1968; Rocha, *et al.,* 2006).

En lo que se refiere a la distribución de abundancia relativa de las especies en el ambiente, es una característica que marca las comunidades en general, es que ellas tienen comparativamente pocas especies que son abundantes y muchas especies que son raras (Krebs, 1999). Con los métodos invasivos no es posible observar estas tendencias.

Una posible limitación en la utilización de signos y señales radica en que puede haber un pequeño desfase entre la densidad real y el índice obtenido, ya que el conteo de rastros dejados por los animales puede abarcar periodos más o menos largos desde su impresión, en consecuencia, la densidad puede sufrir variaciones (Telleria, 1986). Para ello, los datos se deben tomar independientemente por especie debido a que no todos los individuos tienen la misma probabilidad de dejar señales en los lugares donde se utilizan estaciones olfativas, siendo éstas trampas de tipo selectivo para la estimación. Es necesario tener personal capacitado en la interpretación de rastros, aunque el estudio implique limitaciones, es posible evaluar cuantitativa y cualitativamente la mastofauna de un lugar.

El conteo de huellas y signos presenta varias ventajas sobre el uso de otras metodologías. En primer lugar, su precisión no depende normalmente de un complejo cúmulo de factores condicionados, como la observación y captura, por lo tanto, su utilización no es tan compleja y suele ser de bajo costo, obteniendo los datos de una forma rápida y de aplicación en grandes áreas (Nachman, 1993). También se puede controlar la uniformidad en el muestreo y se beneficia con la capacidad de ser reproducibles en otras áreas o en diferentes épocas del año (Hon, 1979; Linscombe *et al*., 1983, Navarro y Muñoz, 2000), siendo en algunas ocasiones la única herramienta para el estudio de la distribución y abundancia relativa de ciertas especies nocturnas, crípticas y que tienden a huir o esconderse ante la

presencia humana, o que son difíciles de capturar, como los carnívoros o ungulados de gran talla (Wilson *et al*., 1996). Adicionalmente, las observaciones pueden realizarse independientemente de los horarios de actividad de la especie, y permite sumar todo tipo de indicio, ya que el interés es corroborar su presencia en los diferentes sitios muestreados (Simoneti y Huareco, 1999; Carrillo *et al*., 2000).

Se consideran que las huellas son altamente variables y pueden contener información de tipo ecológico. El hecho de encontrar huellas en ciertos lugares unicamente, como los rastros dejados por los mamíferos que pueden vivir en el agua y en tierra, en el caso de la nutria (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818), o la zarigüeya de agua (*Chironectes minimus* Illiger, 1811), cuyas patas provistas de membranas interdigitales demuestran claramente su propiedad para la natación, nos dan posibles especulaciones del hábitat que pueden explorar estos individuos, mientras que otros tipos de huellas muestran otras características con variados atributos de tipo ecológico (Navarro y Muñoz, 2000).

Ningún método es infalible, así como el uso de huellas tiene ventajas, también presenta algunas desventajas solucionables en cierta medida. Entre las desventajas tenemos: 1) Dependencia biológica (variación por sustrato, velocidad del animal, edad, peso y tamaño), que se considera como un factor dependiente. Esto se soluciona homogeneizando las condiciones del terreno donde se pretende montar las unidades muestriales. 2) Dependencia estadística, solucionable con la aplicación de algunas pruebas (Conroy, 1996), como los índices de abundancia de poblaciones animales basados en frecuencias de avistamiento o conteos de rastros en sitios determinados, para lo cual se recomienda consultar a Davis y Winstead (1980), Glanz (1982) y Bailey (1984). 3) Labilidad (fragilidad o inestabilidad), de las trampas por la lluvia, que puede incrementar el número de huelleros y las noches de muestreo, ante lo cual se propone el escoger épocas del año donde las lluvias no perjudiquen los muestreos, el cubrir las unidades muestriales, o construirlas con algo de altura para evitar que la escorrentía borre los signos. 4) Independencia de las muestras que se soluciona tomando un grupo de huellas en una sola dirección para no incluir varias veces un mismo individuo. 5) Detectabilidad que puede distorsionar los resultados, para lo cual se debe estandarizar la metodología teniendo en cuenta el horario de recorrido, las condiciones atmosféricas, el período del año, la velocidad de marcha, la frecuencia de parada, la intensidad de búsqueda, el equipo empleado y los criterios para incluir o excluir observaciones incompletas (Simoneti y Huareco, 1999; Orjuela y Jiménez, 2004).

Sin duda, la publicación de guías de campo ha cambiado la historia de la mastozoología, en torno a la observación y el conocimiento de los mamíferos Neotropicales. Los intentos en producir guías de

campo donde se muestren los signos o señales han beneficiado a los estudiosos y ha generado mucha información para las listas de especies (Navarro *et al*., 2005).

Se han publicado un gran número de guías de campo para la identificación e interpretación de los rastros de los mamíferos silvestres. Restringiendo el análisis solo a América, se puede mencionar la guía de Murie (1974) en la que se analiza los rastros de muchas especies, siendo en su momento la guía más completa y actualizada, referenciándose hoy día como un texto clásico del rastreo, para el presente siglo, una de las guías más completas es la de Elbroch (2003), exclusivamente dedicada a mamíferos de Norteamérica.

Para el Neotrópico, cabe destacar los esfuerzos realizados por Aranda (1981), donde usando los rastro (huellas y excretas), de algunos mamíferos de México edita “Rastros de los Mamíferos Silvestres de México”, más adelante en el año 2000, pone en circulación “Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México”, siendo este el compendio más completo de rastros del Neotrópico, en el cual incluye muchas modificaciones con respecto a su primer trabajo. Esta obra se basa en la revisión exhaustiva de los rastros de la mayoría de los mamíferos de talla mediana y grande que habitan México; no sólo ofrece información sobre los rastros de las especies, sino que incluye variados aspectos de la historia de vida, se destaca un aparte con datos para estimaciones de abundancia y estudios de parámetros poblacionales, entre otros temas, nuevamente par el año 2012, se edita “Manual para el rastreo de mamíferos silvetres de Mexico”, siendo esta una adecuación y actualizaciona la guía anterior.

Para Brasil, Travi y Gaetani (1985) realizaron una primera publicación, para la identificación de los mamíferos silvestres de Río Grande del Sur. Los registros fueron obtenidos en fragmentos de bosque donde al localizar una huella, procedían a vaciar yeso sobre la misma para extraer un molde que denominaron negativo, sobre el cual posteriormente se vaciaría parafina para obtener el positivo. Lo criticable de esta metodología es que las improntas obtenidas son muy delicadas y duran poco tiempo.

Posteriormente, Becker y Dalponte (1982), utilizando animales de zoológico y de campo fabricaron moldes en yeso e hicieron registros fotográficos, información que les permitió producir una guía de campo orientada a investigadores locales y que permitió el levantamiento de información adicional, luego en el año 1999, retomaron su trabajo y a diferencia del primero, tienen en cuenta la utilización de escalas para cada registro que sin duda ayuda en el reconocimiento de especies. Adecuando

sustratos previamente para la impresión de rastros, realizan dibujos sobre acetatos, impresiones de huellas con tinta, vaciado de moldes y contra moldes en parafina y yeso, mejorando notablemente la técnica, generan la guía de campo “Rastros de mamíferos silvestres brasileiros” (Becker y Dalponte 1999), con una reimpresión para el año 2013.

Para el Paraguay, Villalba y Yanosky, (2000), producen una guía de campo que ayuda al lector a identificar los signos y las señales dejados por mamíferos, lagartos y aves. La sección introductoria es un curso rápido en el seguimiento de fauna, al mismo tiempo que dan antecedentes sobre la ecología de las especies contempladas allí y presentan una sección bastante útil con índices para el conteo de restos fecales.

Cabrera, *et al*., (1995) son los primeros en generar una guía para Colombia, en su libro “Mamíferos de la Macarena” presentan la información relacionada con las huellas de algunos mamíferos que habitan esta área, siendo bastante útil para la determinación y el estudio de las especies, así como también para conocer algunos aspectos de su historia natural, Navarro y Muñoz (2000), elaboraron un manual de rastros en el cual se describen 32 especies de mamíferos presentes en Colombia, se muestra una descripción de cada especie con su distribución geográfica en el país; presentan aspectos ecológicos de las especies, constituyéndose hasta el momento, en la guía más aproximada y completa de huellas para el territorio Colombiano.

Lima-Borges y Tomás (2004), creen necesario la implementación de guías para apoyar otras áreas diferentes a las científicas, como es el caso del turismo de naturaleza o Ecoturismo, esta nueva alternativa que se realiza de forma organizada y protegida, busca evidenciar o visualizar animales silvestres en su medio natural, posibilitando generar conocimiento y facilitar los procesos de conservación de la vida silvestre, bajo estas premisas se publica la Guía de rastros y otros vestigios de mamíferos del Pantanal, reimpresa nuevamente para el año 2008.

Hacia la región austral y como parte de un estudio con eje central en el jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) y otros mamíferos del Bosque Atlántico de Misiones (Argentina), se inició en el 2001 el registro y descripción de huellas de los mamíferos presentes en ese lugar. La gran cantidad de información obtenida genero una guía de referencia, la cual consistía en una serie de fotocopias anilladas, publicadas el 2005. Las posteriores correcciones hechas al documento original, dieron pie a una versión mejorada que luego de varios años de trabajo profundo en el tema generaron en el 2010 la

“Guía de Huellas de los Mamíferos de Misiones y otras áreas del Subtrópico de Argentina” (Pereira, 2008; De Angelo *et al.,* 2010).

Para el año 2011 se edita la “Guía de Huellas, Rastros y Señales de los Mamíferos de los Parques Nacionales” para Argentina, es una publicación, que sirve de a modo de introducción para quienes deseen inclinarse en descubrir los secretos de la fauna en Parques Nacionales de Argentina, se presentan rastros de 91 especies de mamíferos medianos y grandes (casi un tercio del total del país, cuya buena parte son roedores y murciélagos con rastros difíciles de reconocer al nivel específico) (Rumboll *et al*., 2011).

Skewes-Ramm (2009), plantea un manual de huellas para Chile “Manual de huellas. Mamíferos silvestres de Chile (nativos y exóticos)” donde se incluyen 43 especies, tanto nativas como introducidas, anexa información adicional sobre su ecología, además de descripciones completas de sus rastros, esta guía reúne información dispersa de muchas fuentes, siendo en su momento la única guía de rastros para el territorio Chileno. Posteriomente, Muñoz-Pedreros, (2011) con la ayuda del MNHN de Chile y editado por el Centro de Estudios Agrarios y Ambientales edita "Huellas y signos de mamíferos en Chile", está publicación se orienta a facilitar la detección e identificación de especies principalmente a través de la impronta de sus huellas, posee un aparte con claves dicotómicas para la identificación de rastros como también una breve descripción de métodos estadísticos para ser usados en estudios ecológicos.

Es sin duda que Brasil por lo extenso de su territorio y debido a la gran diversidad de habitas naturales, ha editado el mayor número de guías de campo para la identificación de mamíferos, teniendo en cuenta que cada uno de los trabajos explora una región diferente persiguiendo un objetivo preciso; en algunos casos, sirviendo como material de apoyo a pobladores locales para el conocimiento y uso de los mamíferos de cada región, otros por lo contrario encaminados a mostrar la diversidad de estos animales y posibilitando propuesta de conservación en cada región, todas estas propuestas además de consolidar propuestas de ciencia ciudadana, que sin duda ayudan en la toma de decisiones importantes para la conservación de especies en alto grado de amenaza.

El Centro de Investigación y Conservación de la Naturaleza Pro-Mata, publica para el año 2007, la “Guía de pegadas de Mamíferos” registradas y con potencial ocurrencia en la reserva Pro-Mata, esta se desarrolló con el propósito de ayudar a los estudiantes e investigadores que frecuentan el área en

la identificación de especies de mamiferos. La guía tiene información sobre las principales características de los mamíferos que más se encuentran en los senderos y sus alrededores, así como ilustraciones de los animales y sus huellas.

La guía “Manual de Rastros da Fauna Paranaense” editada para ayudar a voluntarios de las áreas de conservación estatal y otras instancias interesadas en la identificación de algunos mamíferos, definido por el Proyecto Biodiversidad Paraná (Morro-Rios *et al*., 2008). La guía “Pegadas” encaminada a la utilización de mamíferos como indicadores ecológicos, ya que las características tales como el éxito de presencia / ausencia, abundancia y reproducción de algunas especies puede indicar la sostenibilidad ambiental, esta guía se centra sobre las especies de esta región brasilera amazónica (Carvalho y Luz, 2008). La guía "Impresiones del Cerrado y El Pantanal " es una publicación de los resultados de las observaciones de mamíferos salvajes de más de una década de trabajo y observación de mamíferos en el Pantanal, ubicándose en un contexto conservacionista (Mamede y Albo, 2006).

Gracias al Programa para la Conservación de los Mamíferos del Cerrado (PCMC), que rastrea y estudia a los animales en una zona de más de 1000 km^2, edito y se puso en marcha "Huellas y rastros" la cual propone ayudar a los agricultores a identificar los animales residentes contribuyendo así, a la preservación de las especies presentes en el Triángulo mediano y grande del sudeste de Goiás y Minas Gerais. La idea con la publicación es mostrar a los residentes locales, que hay animales que tiene las mismas necesidades básicas que una persona común y corriente, como la alimentación, la vivienda y la reproducción (Cavalcanti, y Gemésio-Lemos, 2012).

Para el año 2016 se publica la guía “Identificação de Mastofauna por Vestígios” siendo esta una obra que busca atender la demanda por material didáctico, tanto para la formación de graduandos y postgraduados en las áreas ligadas al medio ambiente, a la conservación y al uso de recursos naturales, así como también a aquellos que necesitan de capacitación específica para el levantamiento de la información de mamíferos por métodos indirectos. Esta guía presenta inicialmente un aparte introductorio para contextualización de estudios de fauna y su importancia, además de la metodología utilizada en este tipo de investigaciones (Castello-Branco y Garcia-Margonato, 2016).

En el año 2020 se publica digitalmente (para teléfonos inteligentes y tabletas) la “Guia de rastros de mamíferos Neotropicais de médio e grande porte”, esta guía fue creada con el propósito de facilitar la

difusión del conocimiento y la identificación de rastros de mamíferos medianos y grandes encontrados en el medio brasileño. A pesar de ser un trabajo que se viene desarrollando desde hace al menos 10 años (desde 2009), muchas especies aún no están presentes, la particularidad de esta guía es presentar imágenes de senderos en los más diversos sustratos y situaciones, como las se encuentran comúnmente en el trabajo de campo, facilitando así su identificación, de muchas especies, se pretende ir actualizando esta guía a través del tiempo, donde paulatinamente se puedan incluir todas las especies que se dan en territorio brasileño (Prist *et al*., 2020).

Es asi como las metodologías de detección mediante rastros son de gran utilidad en los estudios taxonómicos y ecológicos de especies de mamíferos por su facilidad, economía y rapidez, características indispensables a la hora de tomar decisiones de conservación. En el Neotrópico se han llevado a cabo múltiples estudios sobre mamíferos en los cuales se han utilizado los registros indirectos o métodos no invasivos como base para el estudio de este grupo de vertebrados. Independientemente de los adelantos tecnológicos, los rastros en general y los rastros de los mamíferos, en particular, siempre estarán presentes en el campo, porque todos los mamíferos dejan algún registro de su presencia en el medio natural.

Capítulo 2

Uso de parcelas de huellas para determinar la riqueza y abundancia de mamíferos en un fragmento de bosque húmedo tropical en la región de Urabá, Colombia

Jose Fernando Navarro Pelaez[1], Néstor Javier Mancera Rodríguez[2], Felipe Echeverri Gonzalez[3]

[1]Biólogo, Universidad de Antioquia Estudiante de Maestría en Bosques y Conservación Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; jfnavarrop@yahoo.com.mx, [2]Doctor en Biología. Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Departamento de Ciencias Forestales, Carrera. 65 #59 a-110, Bloque 20, oficina 211, Medellín, Colombia; njmancer@unal.edu.co; [3]Ecólogo Universidad de Antioquia MsC Biotecnología, Profesor Asistente. Universidad de Antioquia, Seccional Urabá, Antioquia Colombia, andres.echeverri1@udea.edu.co.

Este artículo será sometido a evaluación en la Revista Biodiversidad Neotropical (ISSN 2027-8918 e ISSN 2256-5426)

Resumen

El presente estudio tiene por objetivo comparar la eficiencia de tres tipos de huelleros para estimar la riqueza y abundancia de los mamíferos en un fragmento de bosque húmedo tropical ubicado en el municipio de Carepa (Antioquia - Colombia). Los huelleros se probaron por tres días en cuatro transectos lineales de 100 m. de longitud; en cada uno de los transectos se establecieron nueve puntos de muestreo separados uno de otro con una distancia de 11.1 metros, de manera aleatoria se ubicaron tres tipos de huelleros (barro, talco y tarjetas ahumadas), y se cebaron respectivamente con dos tipos de cebos (mezcla de mantequilla de maní, avena y esencia de vainilla; y sardina) y un control sin cebo; hasta obtener las combinaciones posibles entre los diferentes huelleros y cebos.

Mediante el Índice de Abundancia Relativa de Ocurrencia (IAR_o), se obtuvo un número considerablemente de rastros (308), siendo *C. thous* el mamífero más registrado en las unidades muestriales, en sólo tres días de muestreo, lo que indica la efectividad del método de huelleros.

El ANOVA general mostró que sólo el factor transecto tuvo una diferencia estadísticamente significativa $p = 0.033$. Aunque los parámetros día y huellero no presentaron diferencia ($p = 0.058$ y $p = 0.056$, respectivamente), esto permite entrever que existe una tendencia a influir en el número de huellas colectadas y por ende en la detección de actividad de los animales.

Los resultados revelaron posibles tendencias de la detección de mamíferos por el sustrato utilizado y cebo empleado.

Palabras claves: Icnología, huelleros, mesomamíferos, rastros, señales, Urabá.

Abstract

We compared the efficiency of three different types of animal tracks to estimate the diversity and abundance of mammals in rain forest fragments, located in the municipality of Carepa (Antioquia, Colombia). The animal tracks were tested for three days in four lineal transects of 100 meters of longitude. In each transect we established nine sampling points, each separated by a distance of 11.1 meters. We then randomly located in each transect three different animal tracks: clay, talcum powder and smoked cards. As bait, we used 1. A mix of peanut butter, oats and vanilla essence. 2. Sardines. 3. A control without bait. All the animal tracks had all possible baits.

By means of the Relative Abundance of Occurrence Index (IARo), a considerable number of tracks were obtained (N = 308), being *C. thous*, the mammal most frequently recorded over three days of sampling. This indicates the effectiveness of the animal tracks method.

The ANOVA showed that only transect had statistical significant differences p = 0.033. Although the day parameters and kind of animal tracks had no significant differences (p = 0.058 and p = 0.056, respectively), these permitted a glimpse into a trend in the number of animal tracks observed and the activity of the animals.

The results revealed that there are possible trends for the detection of mammals according the kind of animal tracks and bait used.

Key words: Icnology, medium mammals, tracks, signs, Urabá.

Introducción

Todos los animales dejan rastros de sus actividades, tales como huellas, excrementos, comida masticada y los cambios en la vegetación, que ayudan a detectar su presencia y los lugares donde pasan (Queiroz *et al*., 2008), los métodos no invasivos o indirectos son herramientas accesibles para la evaluación de la diversidad. Son métodos de bajo costos y fáciles de implementar, se obtienen resultados repetibles en cualquier sitio y en diferentes épocas del año. Una característica importante de este tipo de técnicas es que se pueden obtener series buenas de datos sin afectar el normal desarrollo de la actividad de las especies estudiadas (Balderrama *et al*., 2005).

El censo de mamíferos por medio de huellas es un método basado en la cuantificación de un signo dejado por la especie de interés, el rastro o huella. Estudiar las huellas en sustratos naturales como son los suelos, la nieve, las hojas, maderas, conchas o huesos en el caso de los depredadores, es probablemente uno de los métodos más antiguos de identificar los animales que se encuentran presentes en un área determinada (Lastanao-Lobera, 2002; Aranda 2000, 2012).

Por estas razones, las huellas son una herramienta valiosa para trabajar en campo y son la base para muchos estudios, no sólo para registrar la presencia de una determinada especie en el lugar, sino también para determinar cómo está usando el hábitat en el que se encuentra (Navarro y Muñoz, 2000; Villalba y Yanosky, 2000 y Guzmán-Lenis y Camargo-Sanabria, 2004).

Bider (1962,1968) puso de manifiesto el valor de la técnica de censo de huellas para evaluar la naturaleza dinámica de una comunidad de vertebrados a lo largo de un período reducido de tiempo y las relaciones espaciales y temporales de la comunidad de vertebrados. Es válido asumir que el número total de huellas en una zona estará relacionado directamente con el número de animales de esa especie presentes en ese sitio.

Una de las técnicas más utilizadas en el rastreo y monitoreo de mamíferos grandes y medianos, son las trampas huella (parcelas de huellas), la cual constituye una técnica indirecta no invasiva, ampliamente utilizada en estudios de riqueza de especies, abundancia, distribución, densidad poblacional y uso de hábitat (Bautista *et al*., 2004; González-Maya *et al.*, 2011; Zúñiga y Jiménez 2010). Esta técnica presenta propiedades, que facilitan o restringe su uso, para Wilson y Delahay (2001) establecen que reconocer las desventajas, ventajas, limitaciones, y posibilidades de las técnicas es

importante para disminuir los sesgos en los monitoreos orientados a establecer estrategias eficientes de conservación.

Básicamente una trampa de huellas, consiste en la delimitación y preparación de un área de dimensión conocida, donde es posible registrar rastros de mamíferos principalmente (eventualmente se pueden observar aves, reptiles e insectos). La delimitación puede ser sencilla o compleja y puede incluir adiciones parciales o totales de suelo (fango, arena, etc.).

El método de parcelas de registro de huellas (huelleros), se considera el método más eficaz para detectar a los mamíferos en el sitio de estudio (Ríos-Uzeda, 2001) y su relativo bajo costo indica su potencialidad para el estudio de los mamíferos Neotropicales.

El objetivo principal de este estudio fue comparar entre los tres métodos de huelleros (barro, polvo y placas ahumadas) y numero de cebos para obtener huellas de mamíferos que permitan cuantificar la riqueza y abundancia de mamíferos en un fragmento de bosque húmedo tropical en la región de Urabá, Colombia, para la aplicación futura de esta metodología en estudios más amplios.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio fue realizado en un fragmento de bosque de la Sede de Estudios Ecológicos y Agroambientales de la Universidad de Antioquia Tulenapa, (7˚45’12’’N - 76˚39’21’’W) ubicado en el municipio de Carepa – Antioquia, el bosque de Tulenapa es un mosaico de cubiertas de árboles nativos e introducidos, con una extensión 193 hectáreas, ubicado dentro de una antigua estación de investigación agropecuaria de Corpoica, presnta un mosaico de unidades paisajísticas a sus alrededores, producto de un proceso acelerado de fragmentación y cambios de uso de suelo para el establecimiento de cultivos de musáceas (plátano y banano) (Velásquez, 2012; Castañeda, 2014); a una altura de 36 m.s.n.m, con 28 °C de temperatura y entre 2100 y 3800 mm de precipitación media anual; se encuentra, según la clasificación de zonas de vida de Holdrigde, en la zona de vida bosque húmedo tropical - bh-T (ver Figura. 2-1.) Tobón (1990).

Levantamiento de transectos

Se instalaron parcelas de dimensión conocida (generalmente llamada estación de olor cuando se ceban), las parcelas consisten básicamente en un huellero preparado con cualquier sustrato, donde puedan quedar los rastros impresos. Se establecieron 4 transectos lineales, cada uno de 100 m de longitud, en áreas de bosque natural intervenido, los cuales se levantaron con la ayuda de brújula y lienza.

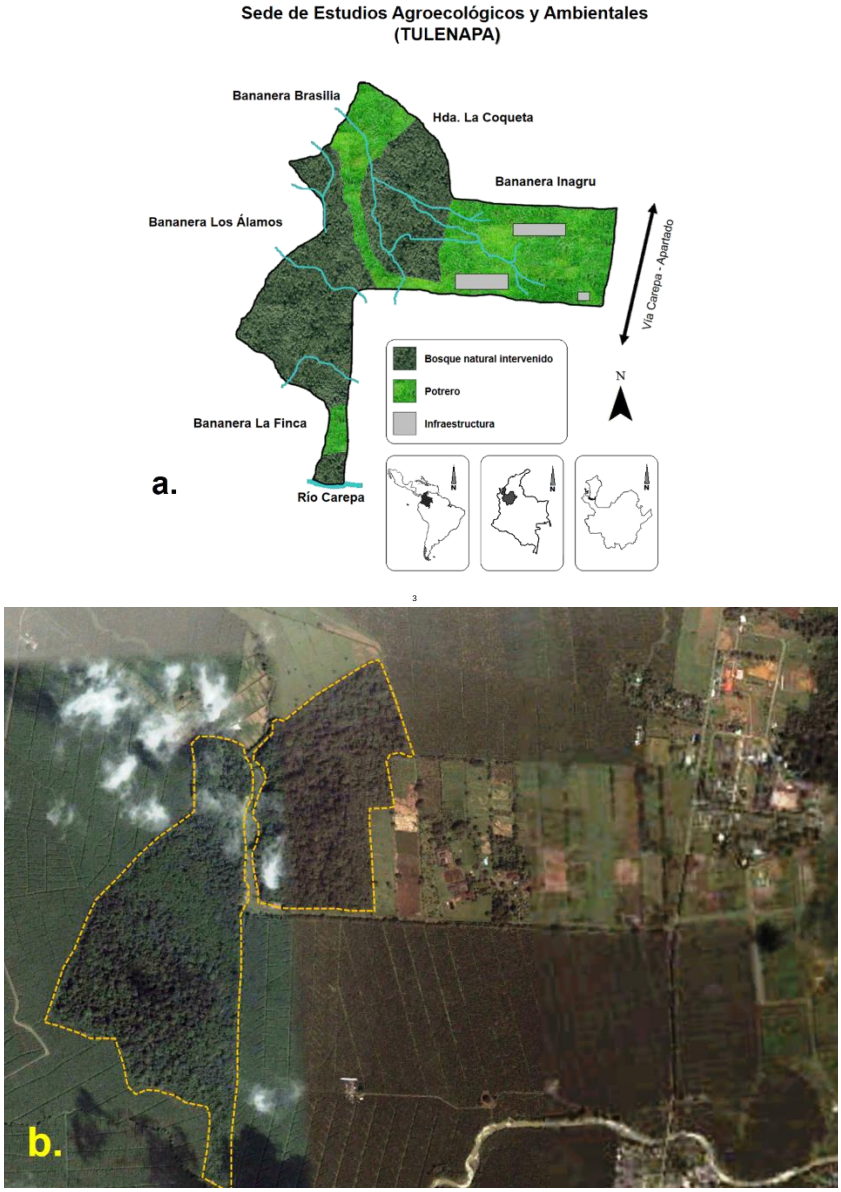


Figura. 2-1. Área de estudio; a. Mapa zona de estudio; b. Foto satelital Estación Sede de Estudios Ecológicos y Agroambientales de la Universidad de Antioquia Tulenapa, Región de Urabá, Departamento de Antioquia (Colombia) (Tomado y adaptado de Google Earth, 2019).

En cada uno de los transectos se establecieron nueve puntos de muestreo (huelleros) separados entre sí por 11.1 m. Luego se procedió a realizar el sorteo de manera aleatoria del tipo de huellero para cada punto (H1: Barro; H2: Talco; H3: Placa ahumada) y cebo (C1: mantequilla de maní + avena + esencia de vainilla; C2: Sardina; C3: Control, sin cebo), hasta obtener las combinaciones posibles entre los diferentes huelleros y cebos (Tabla 2-1).

Tabla 2-1. Distribución de huelleros (H) y cebos (C) en los puntos de muestreo en cada transecto.

Transecto	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9
1	H2/C2	H3/C2	H2/C3	H3/C3	H2/C1	H1/C3	H1/C2	H3/C1	H1/C1
2	H3/C2	H3/C3	H2/C3	H2/C2	H1/C3	H2/C1	H1/C2	H1/C1	H3/C1
3	H2/C3	H3/C1	H2/C2	H2/C1	H3/C3	H1/C3	H1/C2	H1/C1	H3/C2
4	H1/C1	H1/C3	H1/C2	H2/C1	H3/C3	H3/C2	H2/C2	H3/C1	H2/C3

Instalación de huelleros y cebos

Para la instalación del huellero 1 (H1), se limpió el terreno y se delineó un área circular de 60 cm de diámetro con ayuda de un aro metálico, a la cual se adicionó tierra del sitio humedecida (suelo arcilloso limoso) y se aplanó totalmente la superficie por medio de una llana de albañilería. Para la instalación de huellero 2 (H2), se siguió el mismo procedimiento que en H1 rellenando el área con talco industrial. Para el huellero 3 (H3) se instaló una placa metálica de 30x30 cm, la cual se ahumó en una de sus caras, burbujeando kerosene con la ayuda de un mechero.

En cada huellero se dispusieron los cebos seleccionados de manera aleatoria según el arreglo presentado en la Tabla 1.

Toma de datos y levantamiento de improntas

Durante 3 días en el mes de marzo, presentando la época de transición climática, se registró en cada uno de los puntos de muestreo el número de huellas totales y el número de huellas diferentes para cada huellero, en horas de la mañana se recorrían los huelleros, luego de lo cual se procedía a la reparación de cada huellero y a la reposición del cebo.

En los huelleros donde se evidenciaron rastros, se realizó el levantamiento de este mediante el siguiente procedimiento, se delineó el área inmediata a la huella con la ayuda de un cilindro de acetato

plástico, se vació parafina derretida previamente, no muy caliente para evitar la formación de burbujas que pudieran afectar el molde y se esperó hasta que se solidificara. Una vez realizado este procedimiento se tomó el cilindro de parafina, se rodeó con un aro plástico, al que se le vació yeso escayola y se esperó su secado. Finalmente, se retiró el aro plástico y se rotuló cada impronta, obteniendo así el positivo del rastro.

Análisis de la información

Luego de la detección, es fundamental realizar una correcta identificación de los signos de presencia. Errores o imprecisión en la determinación de la especie a la que pertenecen los signos, resultan en información errónea y resultados no válidos (De la Maza y Bonacic, 2013). La determinación de las especies se realizó mediante la experiencia de los investigadores. Cuando existía incertidumbre, se consultaron diferentes criterios para distinguir rastros, los cuales se encuentran ampliamente descritos en la literatura (Becker y Dalponte, 1999, 2013; Aranda, 2000, 2012; Navarro y Muñoz, 2000; Elbroch, 2003; Lima-Borges y Tomás, 2004, 2008; Mamede y Albo, 2006; Skewes-Ramm, 2009; De Angelo *et al*., 2010, Rumboll *et al*., 2011, Muñoz-Pedreros, 2011, Cavalcanti, y Gemésio-Lemos, 2012, Castello-Branco y Garcia-Margonato, 2016).

Los resultados de riqueza y abundancia se obtuvieron mediante la utilización del Índice de abundancia relativa de ocurrencia (IAR_o), que mide la ocurrencia de visita de una especie a unidades muestriales (huelleros) con respecto a las demás. Mientras más alto sea el número de visitas, mayor será el número de individuos de esa especie presentes en la zona estudiada (Roughton y Sweeny 1982; Carrillo *et al*., 2000; Gibbs, 2000; White y Edwards, 2000).

$$\mathbf{IAR_o} = \frac{\textit{Total de visitas por especie}}{\textit{Total de visitas de todas las especies}} \times 100$$

Los datos recolectados en los transectos en los diferentes puntos de muestreo, se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial, donde las variables empleadas fueron día, transecto, huellero y cebo. Previamente se chequeó si los datos se ajustaban a las asunciones de un análisis de varianza. Los datos fueron procesados en el paquete Statgraphics V. 4.0.

La variable de respuesta fue Log (NH +1). Los datos fueron transformados a logaritmo dado que la varianza de la muestra fue mayor que la media y se le sumó 1, toda vez que muchos de los datos registrados fueron cero y el logaritmo de cero es indeterminado (Fowler y Cohen, 1990).

Adicionalmente, se realizó un test de rangos múltiples para cada factor (día, transecto, huellero, cebo), con el fin establecer la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas a un 95% de confianza, entre ellos.

Resultados

En este estudio se tuvo un total de 308 registros, pertenecientes a 5 especies que pudieron ser identificadas, un total 122 registros no pudieron ser determinados por la falta de información sobre rastros de especies pequeñas, en este conteo se encontró una especie de marsupial, dos carnívoros y dos especies de roedores caviomorfos; el Índice de abundancia relativa de ocurrencia, permite entrever que la especie con mayor número de registros de ocurrencia fue *C. thous*, seguido de *D. marsupialis* (ver Tabla 2 -2), el huellero más visitado fue para el huellero de talco y la especie que más lo visito fue *C. thous*, seguido de los roedores caviomorfos.

Tabla 2-2. Índice de abundancia relativa de ocurrencia (IAR_O), para cada uno de los huelleros.

IAR_O	IAR_O Barro	IAR_O Talco	IAR_O Placa	IAR_O Total
Cerdocyon thous	25,23	30,51	0,00	20,78
Roedores caviomorfos	26,13	26,27	0,00	19,48
Didelpis marsupialis	9,01	16,10	40,51	19,81
Eira barbara	0,00	0,85	0,00	0,32
No determinado	39,64	26,27	59,49	39,61

El ANOVA general realizado mostró que sólo el factor transecto tuvo una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0335$); los parámetros día y huellero no presentaron diferencias significativas ($p = 0.058$ y $p = 0.056$, respectivamente) (Ver Anexo 4).

El test de rangos múltiples para cada factor (día, huellero, transecto, cebo), mostró diferencias significativas entre los días de muestreo 1 – 2 y 1 – 3 (-0,48962 y -0,448496, respectivamente), siendo el primer día el de menor éxito en el registro de rastros (Ver Anexo 5).

El análisis transecto presentó diferencias significativas entre el transecto 1 - 2 y 1 – 4 (-0,760899 y -0,520264, respectivamente), siendo mucho menor la presencia de huellas en el transecto 1 (Ver Anexo 6).

En lo concerniente al tipo de huellero, se presentaron diferencias significativas entre el huellero de barro y la placa ahumada y entre el huellero de talco y la placa ahumada (0,498103 y 0,444772, respectivamente), siendo la tarjeta ahumada menos exitosa que el huellero de barro (Ver Anexo 6).

El cebo no mostró ninguna diferencia significativamente importante (p = 0.185), sin embargo, la media del huellero sin cebo mostró la tendencia a ser menor visitado que los huelleros con cebo (Ver Anexo 7).

En cuanto a los tipos diferentes de huellas colectadas, se detectaron 4 morfotipos de huellas pertenecientes a: zorro perro (*Cerdocyon thous)* con 64 registros, el cual fue detectado también por contacto visual; roedores caviomorfos (*Cuniculus paca* y *Dasyprocta puntacta*) con 60 registros, zarigüeya (*Didelphis marsupialis)* con 61 registros y taira (*Eira barbara*) con 1 registro.

Al graficar el número de huellas respecto al cebo de su preferencia, se encontró que *C. thous* tiende a preferir el cebo uno (mantequilla de maní + avena + esencia de vainilla), mientras los roedores y *D. marsupialis* tienden a preferir el cebo dos (sardina). En el grupo de las huellas no identificadas hay una preferencia por el cebo C1, seguido por el cebo C3 (control) (Tabla 2-2).

De acuerdo con la Tabla 2-3 se puede deducir que existe una tendencia de los diferentes tipos de animales a preferir el cebo 1, siguiendo en orden de preferencia el cebo 2.

Tabla 2-3. Frecuencia de huellas para los distintos grupos de animales en los diferentes transectos y huelleros.

Transecto/ Cebo	***Cerdocyon thous***	**Roedores caviomorfos**	***Didelphis marsupialis***	***Eira barbara***	**No determinado**	**Total**
T1/H1	0	15	0	0	0	**15**
T1/H2	7	0	0	0	0	**7**
T1/H3	0	0	2	0	0	**2**
Total	7	15	2	0	0	**24**
T2/H1	15	0	0	0	14	**29**

T2/H2	27	23	0	0	12	**62**
T2/H3	0	0	0	0	47	**47**
Total	42	23	0	0	73	**138**
T3/H1	8	4	0	0	30	**42**
T3/H2	2	0	0	0	5	**7**
T3/H3	0	0	10	0	0	**10**
Total	10	4	10	0	35	**59**
T4/H1	5	10	10	0	0	**25**
T4/H2	0	8	19	1	14	**42**
T4/H3	0	0	20	0	0	**20**
T4/H1	5	18	49	1	14	**87**
Total	64	60	61	1	122	**308**

Tabla 2-4. Frecuencia de huellas por cebo.

Especies	**Tipo de Cebo**			**Total**
	C1	**C2**	**C3**	
Cerdocyon thous	36	23	5	64
Roedores caviomorfos	16	41	3	60
D. marsupialis	22	33	6	61
Eira barbara	0	1	0	1
No determinado	69	13	40	122
Total	143	111	54	308

C1 (mantequilla de maní + avena + esencia de vainilla), C2 (Sardina), C3 (Sin cebo)

Tabla 2-5. Frecuencia de huellas por huellero.

Especies	**Tipo de Huellero**			**Total**
	H1	H2	H3	
Cerdocyon thous	28	36	0	64
Roedores caviomorfos	29	31	0	60
D. marsupialis	10	19	32	61
Eira barbara	0	1	0	1
No determinado	44	31	47	122
Total	111	118	79	308

H1 (Barro); H2 (Talco); H3 (Placa Ahumada)

Para el tipo de huellero, según la Tabla 2-4, se aprecia que el huellero 2 (talco) tiende a ser más visitado por los diferentes tipos de animales, siguiéndole en orden de importancia el huellero 1 (barro).

Discusión

En general la aplicación de huelleros está condicionada a los requerimientos y supuestos de cada uno de los parámetros a evaluar, así como también a condiciones medioambientales del área de estudio, la biología y el comportamiento propio de cada una de las especies, aspectos importantes a tener en cuenta (Bautista *et al*., 2004). Sin embargo como cualquier técnica presentan ventajas y desventajas importantes, que tienen efecto sobre su uso y la información que estas proporcionan por lo que tienen la posibilidad de ser reformuladas y estandarizadas para ser replicadas en otras épocas y ambientes (Gallina y López, 2011; Isasi-Catalá y Barreto, 2008); por lo que es necesario tener en cuenta el diseño metodológico de la investigación y el grado de confiabilidad y solidez de la información que se requiere obtener (Witmer, 2005; Southwood y Henderson, 2009).

El ANOVA general mostró que sólo el factor transecto tuvo una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.033$). Aunque los parámetros día y huellero no presentaron diferencias ($p = 0.058$ y $p = 0.056$, respectivamente), esto permiten entrever que existe una tendencia a influir en el número de huellas colectadas para la detección de actividad de los animales. Normalmente los mamíferos evitan áreas con perturbación, la mayor parte de las especies registradas son animales con tolerancia a la intervención humana, se presentaron transectos muy cercanos al borde del bosque que pudo influir en la presencia de los animales en esos transectos (Zuñiga y Jimenez, 2004, Cuellar, 1999; Sáenz, 2005).

El menor éxito en la toma de huellas en el día 1, puede deberse al recelo presentado por algunos mamíferos frente a los huelleros al convertirse en una parte extraña del paisaje, situación que se atenúa con el pasar del tiempo, toda vez que los animales integran dichos elementos en la composición del hábitat; además por los disturbios ocasionados en el montaje de los transectos y la constante movilización del personal de campo.

En cuanto al tipo de huellero, se encontró que los cánidos y el grupo de roedores caviomorfos no muestran preferencia entre el huellero de barro y el de talco, siendo alta la colección de huellas en ambos, mientras que la actividad fue nula para estos dos grupos en la placa ahumada. Por otro lado, los marsupiales visitaron la placa ahumada con mayor frecuencia. Entre las huellas no identificadas no

hubo diferencias entre el huellero de barro y la tarjeta ahumada, mientras que el huellero de talco registró la mitad de huellas que los dos anteriores (Tabla 2-5).

Los huelleros, tanto de barro como de talco presentaron los mejores registros de huellas en relación con la placa ahumada y fueron homogéneamente visitados por los diferentes taxones de mamíferos identificados; Bilenca *et al*., 1999, plantean que la instalación de placas es poco eficiente respecto al sustrato natural como método de evaluación de la diversidad de mamíferos, las placas ahumadas son bastante sensibles, toda vez que registra huellas de insectos, gotas de agua y otros, que incrementan la dificultad para la detección de las huellas deseadas; adicionalmente, el área total de la placa ahumada es menor que la de los huelleros de talco y barro. Por otro lado, en el huellero de placa ahumada para la actividad de *C. thous* y de roedores caviomorfos fue nula; en el caso de los cánidos puede deberse a que su tamaño promedio es relativamente grande en comparación con otros pequeños mamíferos, por lo que el área y la consistencia de este huellero pudieron haber sido insuficientes para que se registraran sus huellas. La actividad nula en este huellero para roedores caviomorfos quizá se deba a la timidez que estos pueden presentar frente a objetos tan extraños al paisaje, se sugiere entonces que la utilización de este tipo de huelleros se debe utilizar para especies de pequeños mamíferos, debido principalmente a su sensibilidad (Boonstra, *et al*., 1992; Apeldoorn, *et al*., 1993; Glennon., 2002; Camargo *et al*., 2008; Wilkinson, *et al*., 2012).

Se colectaron 122 huellas no identificables, la mayor dificultad para poner en práctica técnicas de rastreo, para la determinación de pequeños mamíferos, radica en el desconocimiento que se tiene sobre el reconocimiento de sus huellas y/o rastros de estas especies (Murua, 1982). La detección de los rastros de los pequeños mamíferos, presenta varios inconvenientes, puesto que rara vez se encuentran en la naturaleza huellas claras y completas, salvo en condiciones excepcionales como polvo fino y barro; la identificación es una tarea difícil, porque muchas especies tienen rastros similares (Emmons y Feer, 1999; Reid 1997; Becker y Dalponte 2013), esto atribuible básicamente al tamaño físico y peso de estas especies, lo que los hace difíciles de reconocer (Palmar y Gurgel, 2007): pudiéndose llegar solo hasta el género (Ceballos-Cano *et al*., 2018).

El uso de placas ahumadas ha demostrado ser una herramienta eficaz para los estudios sobre la presencia de mamíferos pequeños, especialmente en los censos rápidos en las zonas donde el transporte de arena o barro es difícil. Mabee (1998), describió un método de impresión de rastros para

pequeños mamíferos basado en tubos de rastreo diseñados por Merriam (1990) y Van Apeldoorn *et al*., (1993) que soportan condiciones ambientales húmedas.

Algunos estudios han comparado el rendimiento exitoso de los métodos diseñados para el registro de rastros como los propuestos por Loukmass *et al*., 2002, Belant 2003, Sargeant *et al*., 2003. Por lo tanto, es necesario probar la eficacia de los métodos de seguimiento y encontrar métodos alternativos para superar dificultades.

En general, los animales se mostraron reacios a pisar la tarjeta ahumadas, muchos mamíferos de tamaño mediano a grande, especialmente carnivoros, presentan un excelente sentido del olfato o vista, lo que les permite percibir materiales artificiales en el medio ambiente, no es de extrañar que mamíferos como *C. thous* evite estas superficies artificiales o poco naturales. El mismo comportamiento parece ocurrir en otros taxones de mamíferos; Baldwin *et al*., (2006) describe que los gatos monteses (*Lynx rufus*) y coyotes (*Canis latrans*) evitan sitios en estaciones de olor cubiertas por láminas de plástico; por otro lado Gompper *et al*., (2006) encontraron que individuos de zorros gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y rojo (*Vulpes vulpes*) no fueron detectados por las placas, aunque fueron registrados por cámaras de fototrampeo, y Sargeant *et al*., (2003) encontraron que los *Vulpes velox* visitaban las estaciones de arena con una frecuencia 2, 4 veces mayor que las placas ahumadas.

Aunque el cebo no presentó ninguna influencia significativa en el registro de huellas (Ríos-Uzeda, 2001), se muestra cierta predilección hacia los cebos por los diferentes grupos de animales. Por ejemplo, *C. thous*, a pesar de ser carnívoro, prefirió el cebo a base de mantequilla de maní; esto puede deberse a que el zorro perro ingiere también frutas silvestres en su dieta y puede sentirse atraído por el olor dulce de este cebo. En *D. marsupialis* y roedores caviomorfos se observó aparentemente preferencia por el cebo de sardina, lo que puede deberse a que por su tamaño un mismo individuo al visitar un huellero pueden dejar múltiples improntas.

Conclusiones

Se recomienda en trabajos de campo el uso del huellero de barro, en la medida en que sea posible el transporte de sustratos, aunque el color blanco del huellero de talco, por ser tan llamativo puede desempeñar un papel atrayente, y presenta inconvenientes ya que puede producir contaminación en los sitios donde se disponga este.

En los huelleros de barro es posible observar huellas con una morfología más detallada y fina, teniendo en cuenta, por ejemplo, la impresión de garras del animal, lo que facilitaría una identificación más precisa en algunos mamíferos, como es el caso de *C. thous* cuyas uñas presentan un patrón bien particular que lo diferencia del perro doméstico, lo que puede causar sesgos en los análisis en áreas próximas a sitios poblados y puede producir sobrestimación de la especie.

Las parcelas de barro fueron más eficientes en el registro de huellas, permitiendo registros más claros, la determinación del rastro está ligada a parámetros como el tamaño y las concavidades que pueden presentar, cualidad indispensable para su determinación, la posibilidad de trabajar en tres dimensiones, funcionaron de manera adecuada. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede establecer que al aplicar la metodología de huelleros, es de gran importancia el uso de sustratos con alta elasticidad (como el barro), con el fin de que las huellas puedan ser fácilmente detectables y que permitan generar buenas improntas para su posterior determinación.

Las placas ahumadas por su labilidad, área reducida y un solo plano, no son eficaces para la obtención de buenas improntas de mamíferos medianos, su uso puede ser importante en la determinación de pequeños mamíferos, sin embargo la mayor dificultad para ponerlo en práctica, radica en el total desconocimiento que se tiene de las huellas en las diferentes especies de pequeños mamíferos.

Pudimos comprobar que las especies de mamíferos responden de manera diferente a los métodos de parcelas utilizados, este rastreo artificial es desventajosos en estudios de corto plazo, ya que los individuos tienden a necesitar tiempo para acostumbrarse a ellos. La implementación de estudios que prueben la eficiencia y ventajas en cada condición, toma tiempo.

Es indudable que se requiere mayor intensidad de muestreo que el del presente estudio (más días de observación en las parcelas), para poder obtener estimaciones confiables de la abundancia poblacional de especies.

En nuestro caso queda demostrado que las condiciones climáticas adversas, como la lluvia y la alta humedad que se presenta en zonas tropicales como en la región de Urabá, no permiten la implementación exitosa de parcelas de talco debido a que por acción directa de la humedad, hace que esta superficie se colmate y no es posible el levantamiento de improntas, por otro lado la implementación de placas ahumadas suelen ser dañados por la lluvia (labilidad).

En trabajos cuyo objetivo sea la colección de rastros de mamíferos, es recomendable el cebo de mantequilla de maní que muestra ser de buena aceptación por los diferentes tipos de animales. Claro está que la utilización de cebos genera sesgos en cuanto a la selectividad de los mamíferos atraídos, se recomienda el uso de cebos específicos de acuerdo con el grupo de mamíferos objeto de estudio, en general si lo que se desea es realizar levantamientos los huelleros deben utilizarse sin cebos.

La importancia de este tipo de trabajos, radica en que brinda elementos al investigador a la hora de decidir su metodología para la detección de mamíferos en campo mediante huellas. Es de entender que el método de muestreo con signos es una herramienta más que facilita esta labor.

Capítulo 3

Abundancia del jaguar (*Panthera onca*) basado en huellas en el Parque Nacional Natural Los Katíos - Colombia, Colombia

Jose Fernando Navarro Pelaez[1], Adriana Urueta-Cortes[2], Indira Gómez-Betancourt[2]

[1] Biólogo, Universidad de Antioquia; jfnavarrop@yahoo.com.mx, [2] Ecólogas Universidad de Antioquia

Este artículo se encuentra publicado como capítulo de libro

Navarro, J.F., Urueta, A.M., y Gómez-Betancourt, I. 2013. *Densidad del jaguar (Panthera onca) basado en huellas en el PNN Los Katíos Colombia*. Páginas 113-122 *En*: Payán Garrido E. y Castaño-Uribe, C. Grandes Felinos de Colombia, Vol. I. Panthera Colombia, Fundación Herencia Ambiental Caribe, Conservación Internacional y Cat Specialist Group UICN/SSC. ***ISBN: 978-958-57407-1-6*** **(Anexo 1)**

Se presentó como ponencia oral

Navarro, J. F., Urueta-Cortes, A. M. y Gómez-Betancourth, I. 2010. Densidad del jaguar (*Panthera onca*) basado en huellas y análisis de la diversidad de mamíferos en el PNN Los Katíos (Colombia). Libro resúmenes. III Congreso Colombiano de Zoología. 331. pp. Noviembre 21 al 26 Medellín, Colombia **(Anexo 2)**

Resumen

El jaguar (*Panthera onca*) es el único representante del género *Panthera* en las Américas. A pesar de su importancia ecológica, sus poblaciones se encuentran amenazadas principalmente por la caza directa y la deforestación de su hábitat. Con el propósito de conocer parámetros poblacionales de la especie, se evaluó la abundancia del jaguar en un área de bosque húmedo tropical del Parque Nacional Natural Los Katíos. Se realizaron cuatro campañas de campo de 15 días, para un total de 1,080 horas de esfuerzo de muestreo, en dos épocas climáticas, mediante el método de conteo de huellas en cuatro transectos lineales de 500 m cada uno. Para analizar la información se empleó el método de clasificación jerárquica UPGMA, combinado con la distancia Euclidiana y análisis de componentes principales. Logrando identificar cuatro individuos en la zona muestreada. La utilización del método de rastreo y los análisis morfométricos de huellas permitieron obtener registros confiables para la identificación de individuos de jaguar, validando la técnica para su implementación en próximos estudios. Estos resultados son importantes para la estructuración e implementación de la técnica como una herramienta útil en el estudio y conservación de la especie.

Palabras clave: jaguar, Morfometría, rastreo, huellas.

Abstract

The jaguar (*Panthera onca*) is the only representative of the genus *Panthera* in the Americas. Despite its ecological importance, its populations are threatened mainly by direct hunting and deforestation of its habitat. In order to estimate the species population parameters, jaguar abundance was assessed in a tropical rainforest area in the Katíos Natural National Park. Track count in four lineal transects of 500 m each were performed during four 15 day field trips, totaling 1080 hours of sampling effort in two climatic seasons. The information was analyzed using the clustering method UPGMA combined with the Euclidian distance and principal components analysis (PCA), identifying four individuals within the sampled area. The use of the tracking method and morphometric analysis of footprints allowed us to obtain reliable records for the identification of jaguar individuals, therefore validating the technique for its implementation in future studies. These results are important to structuring and implementing the technique as a useful tool in the study and conservation of the species.

Key words: Jaguar, morphometry, tracking, footprints.

Introducción

El jaguar (*Panthera onca*) es el felino más grande de América, el rango original de su distribución ha disminuido en las últimas décadas (Vaughan y Temple 2002), debido principalmente a las presiones antropogénicas (Rabinowitz y Zeller 2010). La población del jaguar está en la categoría global por la UICN 2003 como Casi Amenazada (NT) (Rodríguez-Mahecha *et al*., 2006). Se reconocen dos subespecies para el territorio nacional, planteándose, el Darién como una barrera geográfica que delimita estas subdivisiones (Eizirik *et al.,* 2001, Ruiz-García *et al.,* 2006).

Aunque su rango de distribución coincide con la mayoría de áreas protegidas, los aspectos ecológicos y la información sobre el estado de sus poblaciones (abundancia y densidad) es limitado, aspectos considerados importantes dentro de las estrategias y líneas de acción del programa nacional para la conservación de los felinos (Minambiente y FVSN 2006).

En particular, el Choco-Darién ha sido identificado como uno de los siete lugares con buen potencial para la supervivencia a largo plazo de la especie (Sanderson *et al.,* 2002). Entre los factores importantes de esta unidad geográfica, encontramos la conectividad entre hábitats, una alta calidad de hábitat, y una baja presión de cacería sobre el jaguar y sus presas (Rodríguez-Mahecha 2006).

En el caso de áreas protegidas extensas, es necesario contar con indicadores sencillos, de bajo costo y confiables que permitan definir tendencias poblacionales de algunos mamíferos, y que no requieran del contacto directo con los animales en cuestión (Putman 1984; Clevenger 1993), para tener elementos de juicio al tomar decisiones en el manejo de las especies silvestres y sus hábitats (Bailey 1984; Brower *et al.,* 1990).

Diversos estudios sobre la ecología del jaguar, precisan que la especie es de difícil observación por su comportamiento esquivo, por lo cual se hace necesaria la utilización de variados métodos como el de transectos lineales a través de registros indirectos (Ramírez 2003; De Almeida 2003; Carrillo 2000; Aranda 1993, 1990; Chinchilla 1997, 1994), radiotelemetría (Ceballos *et al.,* 2002; Nuñes *et al*., 2000; Saénz 1996; Schaller y Crawshaw 1980) y la detección por foto-trampas (Isasi-Catalá y Barreto 2008; Payan 2009). Estos métodos han mostrado buenos resultados,

posibilitando la estimación de abundancia de jaguares siendo en la práctica difíciles de implementar y costosos.

En ocasiones es necesario recurrir a otras herramientas de menor costo y logísticamente sencillas que no requieren de contacto directo con el animal o los animales en cuestión (Putman 1984; Clevenger 1993). El poder identificar a qué individuos pertenece un juego de huellas, permite la utilización de métodos indirectos para obtener información ecológica. Animales con características visibles en sus huellas, pueden ser un objeto de discriminación a simple vista, pero estos animales pueden ser escasos en la población de interés (Riordan 1998). Distinguir entre los diferentes animales de una población está basado en la implementación de técnicas cuantitativas para realizar identificaciones mediante el uso de análisis discriminantes de grupo múltiples para separar los conjuntos de huellas de diferentes individuos (Palma y Gurgel-Goncalves 2007; Isasi-Catalá y Barreto 2008; De Angelo *et al*., 2010).

En macroecología, el uso de la alometría predice el rango de acción de cada individuo estudiado., las ecuaciones alométricas demuestran que existe una relación lineal entre la masa corporal y variables tales como el ámbito hogareño (Fitzhugh y Gorenzel 1985; Lewison *et al.,* 2001; Grigione *et al.,* 1999). Sin embargo, varias medidas de tipo cuantitativo contribuirán con una única distribución de valores para cada animal, de este modo las diferentes distribuciones en la medida son utilizadas para identificar a los posibles individuos presentes en la muestra.

El desarrollo y perfeccionamiento de técnicas de seguimiento no invasivas, como el análisis de huellas, puede ser fundamental para el estudio de grandes carnívoros terrestres (Grigione *et al.,* 1999, Nowell y Jackson 1996, Isasi-Catalá y Barreto 2008).

Este trabajo, muestra la implementación del uso de la morfometría de huellas, que permite suplir vacíos de información acerca de las dinámicas poblacionales de los jaguares en el Darién, uno de los sitios con mayor prioridad para la conservación, ya que esta área representa la única conexión existente entre las poblaciones de jaguares entre Norte, Centro y Sur América.

Materiales y métodos

El Parque Nacional Natural Los Katíos está ubicado dentro de la región Biogeográfica del Chocó, en el noroccidente de Colombia, tiene una superficie de 80.658 ha (Vásquez y Serrano 2009) (Fig. 2). Presenta una precipitación anual promedio de 2500 a 3000 mm, y una temperatura promedio de 27ºC (Garcés y De la Zerda 1994). La selva húmeda o bosque tropical higrofítico es el bioma más extenso dentro del Parque.

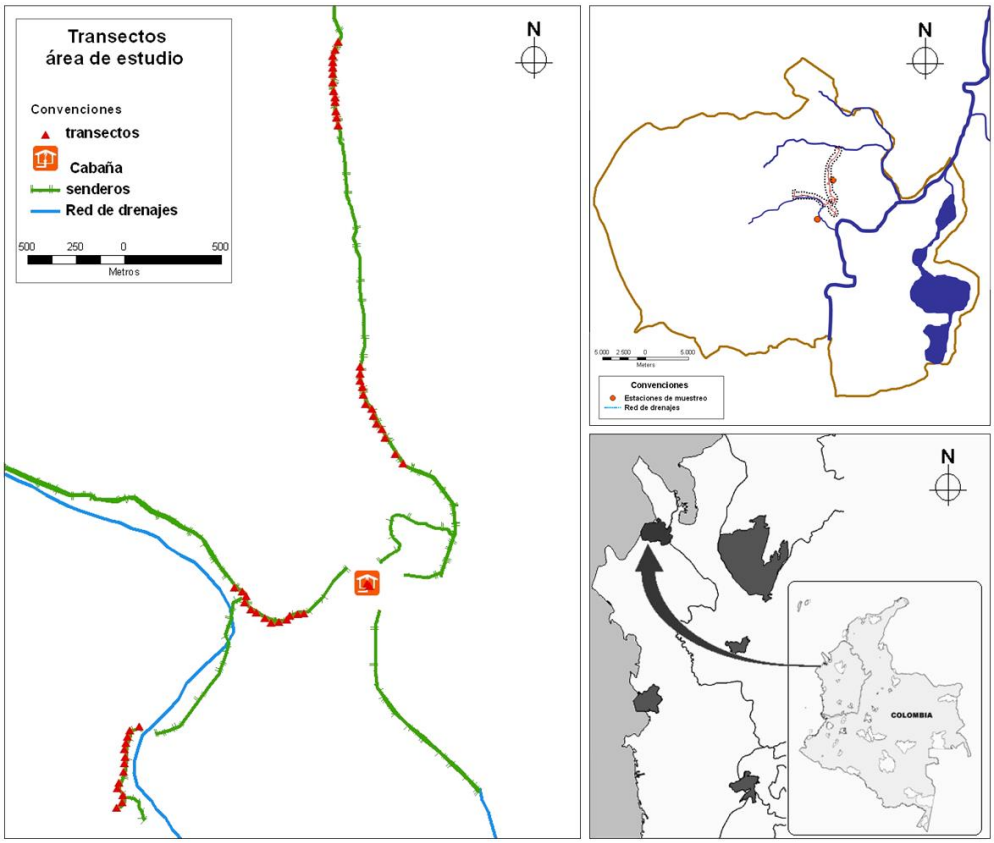


Figura 3-1. Mapa de ubicación de los transectos: Tendal y Tilupo en el del Parque Nacional Natural Los Katíos.

El estudio se realizó en cuatro campañas de campo, abarcando dos senderos, uno correspondiente a un bosque intervenido con crecimiento secundario y otro de bosque en estado de sucesión pionera. En cada uno se implementaron dos transectos de 500 m; ubicados en los senderos: bajo de la quebrada El Tendal, salto El Tendal y salto El Tilupo, todos separados 1000 m entre sí. Se abarco un área total de 23.18 km^2 (Fig. 3-1). Los muestreos de campo se realizaron

en época de invierno y verano, completando un total de 60 días. Se realizó el montaje de 13 huelleros por transecto con un área de 1.5 m^2, distanciados entre sí por 33 m. se revisaron día por medio, registrando, fotografiando y levantando las huellas con la técnica en parafina y yeso; activando de nuevo cada huellero, imprimiendo una señal para hacerla operable y borrando las huellas presentes. Para la identificación de los rastros se utilizó la guía de Navarro y Muñoz (2000).

La toma de medidas se hizo sobre la impronta en yeso (positivo) con un calibrador (± 0.05 mm), obteniendo 19 medidas para cada molde (Fig. 3 -2). Con el programas MVSP 3.0 se analizaron grupos (cluster) jerárquicos para explorar la relación entre variables discriminantes y se seleccionaron las variables explicativas. Adicionalmente, se realizó un análisis de componentes principales para reducir el número de variables; las variables restantes se analizaron con el método UPGMA y el coeficiente de distancia Euclidiana (Podani 1994; Lizcano y Cavelier 2000).

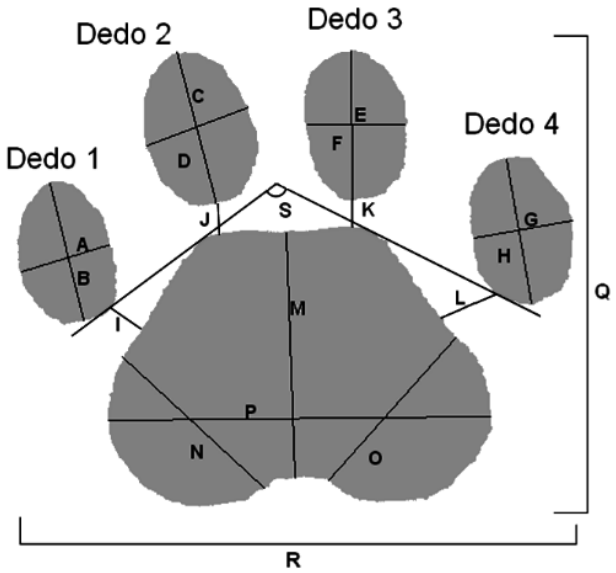


Figura 3-2. Variables morfométricas de una pata de jaguar (*Panthera onca*). A,B,C,D,E,F,G,H largo y ancho del dedo; I ángulo formado entre los dedos; J,K,L,M distancia entre los dedos y el cojinete plantar; N largo del cojinete plantar; O ancho máximo del lóbulo mesial izquierdo; P ancho máximo del cojinete plantar; Q ancho máximo del lóbulo mesial derecho; R largo total de la huella; S ancho total de la huella.

Resultados

Se utilizaron las improntas de las patas izquierdas de los jaguares (n=12), y se determinó la línea de corte en la distancia euclidiana 3.38 (figura 3 -3), basados en el número de agrupamientos arrojados por el dendograma (tenedores) y corroborado con la información de ubicación y fechas de colección de las improntas obtenidas en campo, para así realizar el análisis de agrupamiento y definir así el número de individuos.

El dendograma producto del análisis de agrupamiento, sugiere que en el área de estudio presentada en la figura 3-1, hay cuatro individuos de jaguar, esta área se encuentra delimitada por senderos naturales, enmarcados claramente por el río Tendal y la quebrada Gertrudis, entre las cotas 10 y 87 msnm, para este estudio no fue posible la utilización de marcadores debido a que no se tenían referencias sobre individuos conocidos.

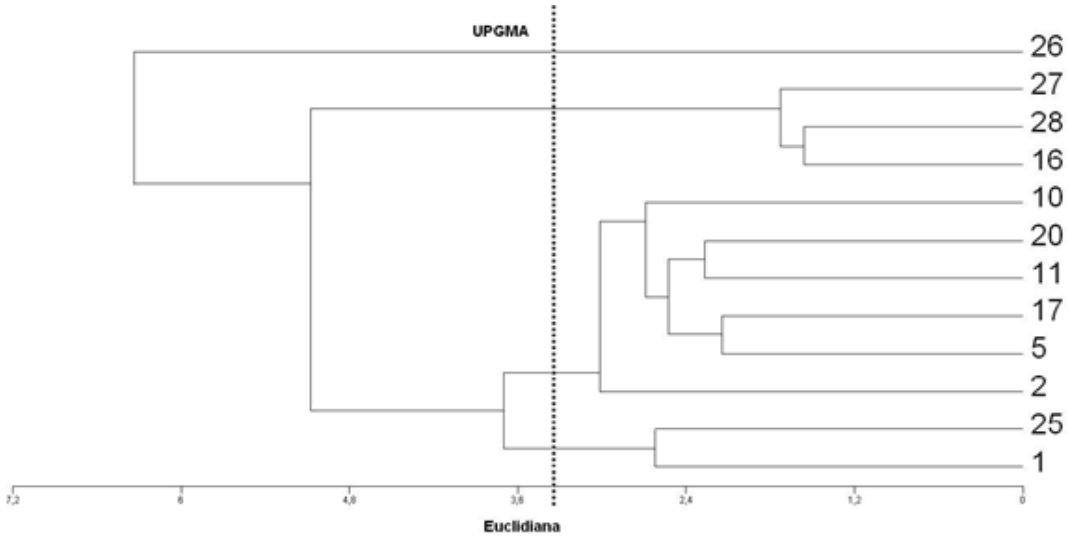


Figura 3-3. Clasificación jerárquica UPGMA de las medidas morfométricas obtenidas a partir de las huellas de jaguar (*Panthera onca*) encontradas en el PNN Los Katios.

Discusión

A partir del análisis de datos por agrupamiento se pudo estimar que dentro del área recorrida se hallan cuatro jaguares; lo que posiblemente podría corresponder a cuatro territorios dentro del área, sin que hasta el momento podamos identificar las fronteras de estos. Con base en los grupos de líneas del dendograma y la ubicación geográfica de los rastros se observa que uno de los individuos es errante, no nos es posible precisar si son machos o hembras, puesto que no se tienen datos relevantes para realizar esta aseveración, por ahora la metodología no permite realizar este tipo de inferencias, es posible que si se obtienen datos de animales de zoológico con información como sexo, edad y talla permita visualizar un patrón de discriminación más acertado.

El uso de huellas para construir índices de abundancia ha sido limitado en los bosques tropicales (Aranda 1990; Escamilla *et al.,* 2000). Dicha herramienta tiene algunas ventajas con relación a las observaciones directas: a) documenta la presencia y abundancia relativa de algunas especies que tienden a huir o esconderse ante la presencia humana; b) las observaciones son hechas independientemente de los horarios de actividad de la especie, por tanto es útil para especies nocturnas, crípticas y de difícil captura; c) los estudios son de bajo costo y se obtienen información rápida y; d) permite sumar todo tipo de indicio, ya que lo que interesa es corroborar la presencia de la especie (Simoneti y Huareco 1999).

Grigione *et al.,* (1999) estudiaron un conjunto de doce grupos de datos pertenecientes a patas traseras de pumas, tanto derechas como izquierdas, y determinaron que no existen diferencias significativas entre las medias de ambas patas para cada variable independiente considerada. Esto es soportado por el estudio de Isasi-Catalá y Barreto (2008), en el cual consideraron huellas de pumas y jaguares.

Se observó que el rastreo de huellas en los senderos presentó un mayor número de registros comparado con los huelleros, debido a que estas unidades por ser fijas y de menor área respecto a los senderos reduce el número de impresiones. La baja frecuencia de huellas en las unidades muéstrales, se minimiza al aumentar el tiempo de muestreo, ya que se incrementa la familiarización por parte de los animales y el tiempo de exposición de las mismas.

Por otro lado, la variabilidad obtenida en las medidas de talla y forma tomadas para las huellas de un mismo individuo depende, principalmente, de los sustratos en las que son encontradas estas huellas (Grigione *et al.,* 1999). Por lo que resulta de gran importancia utilizar trampas de huellas con un sustrato preparado y establecer un mayor número de estas para contrarrestar el bajo número de impresiones con respecto a las que se pueden obtener haciendo rastreo por senderos, aspectos que fueron tomados en cuenta en este estudio.

La funcionalidad del dispositivo depende de las condiciones atmosféricas puesto que el lavado de los huelleros dificulta la impresión; estas fueron diseñadas con elevación de 3 cm facilitando la escorrentía. Las unidades que presentaron este evento no fueron tomadas en cuenta, es decir fueron unidades no operables.

La utilización del método de rastreo y morfometría de huellas permitió obtener registros confiables para la identificación de individuos de jaguar, permitiendo con esto validar la técnica para su implementación en próximos estudios.

Esta técnica, constituye un método preciso para el estudio de jaguares en el territorio nacional, que permitirá usar este con mayor confianza para relevamientos de campo en el manejo y conservación de la especie.

Capítulo 4

Abundancia del jaguar (*Panthera onca)* y diversidad de mamíferos terrestres mediante el uso de huellas en el Parque Nacional Natural Los Katíos - Colombia

Jose Fernando Navarro Pelaez[1], Néstor Javier Mancera Rodríguez[2], Andrés Felipe Echeverri-Gonzalez[3], Indira Gómez-Betancourt[4] Andres Arias –Alzate[5]

[1]Biólogo, Universidad de Antioquia Estudiante de Maestría en Bosques y Conservación Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; jfnavarrop@yahoo.com.mx, [2]Doctor en Biología. Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Departamento de Ciencias Forestales, Calle 59A No. 63-20, Bloque 20, oficina 211, Medellín, Colombia; njmancer@unal.edu.co; [3]Ecólogo Universidad de Antioquia MsC Biotecnología, Profesor Asistente. Universidad de Antioquia, Seccional Urabá, Antioquia Colombia, andres.echeverri1@udea.edu.co. [4] Ecóloga Universidad de Antioquia Colombia, indigo1574@gmail.com. [5]Doctor en Ciencias biológicas (ecología geográfica y conservación). Profesor Universidad CES, Faculdad de Ciencias y biotecnología, Calle. 10a No 22 - 04, Medellín, Colombia; aariasa@ces.edu.co.

Este artículo será sometido a evaluación en la Revista Mastozoología Neotropical (ISSN 1666-0536).

Se presentó como ponencia oral
Navarro, J. F. 2019. Usos de la morfometría geométrica aplicada al rastreo de especies en Colombia, Libro resúmenes. I Simposio Iberico de rastreo de fauna. 48. pp. Enero 25, 26 y 27 Bagá - Barcelona, España **(Anexo 3)**

Resumen

Se evaluó la abundancia del Jaguar, así como la diversidad y abundancia de mamíferos terrestres en un área de bosque húmedo tropical en el Parque Nacional Natural Los Katíos (PNNK) durante dos épocas climáticas, mediante el método de parcelas de huellas, y el uso de técnicas morfométricas. Se utilizaron cuatro transectos lineales de 500 m, en los cuales se ubicaron 13 parcelas de huellas por transecto. En total se invirtió un esfuerzo de muestreo de 1080 horas. Para la estimación de la abundancia del Jaguar en la zona, se obtuvieron moldes de yeso de las huellas a los cuales se les tomaron diferentes medidas (18 lineales y un ángulo). Estas medidas fueron estandarizadas y analizadas por medio de un Análisis de Componentes Principales (ACP). En total se registraron 22 especies de mamíferos terrestres y mediante el ACP se logró identificar cuatro individuos de Jaguar en

el área. Las especies más frecuentes encontradas fueron *Dasyprocta punctata, Tapirus bairdii* seguidas por *Leopardus pardalis*, las menos frecuentes fueron *Leopardus weidii* y *Odocoileus virginianus*. Esta metodología de parcelas de huellas es una herramienta efectiva para realizar estimaciones de la diversidad de mamíferos presentes en un área en particular y resaltamos su efectividad para la identificación de individuos y estimación de la abundancia de Jaguar. Su bajo costo en la implementación posibilita su utilización, donde los recursos para este tipo de acciones son limitados.

Palabras claves: Diferenciación de individuos, Jaguar, Mamíferos, Morfometría, Parcelas de huellas.

Abstract

The abundance of the Jaguar (*Panthera onca*) was evaluated, as well as the diversity and abundance of terrestrial mammals in an area of tropical humid forest in the Los Katíos National Natural Park (PNNK). Evaluation was carried out over two climatic seasons, using the method of fingerprint plots and the use of morphometric techniques. Four 500 m linear transects were used, in which 13 plots of traces per transect were located. In total, a sampling effort of 1080 hours was invested. To estimate the abundance of the Jaguar in the area, plaster casts were obtained from the footprints from which different measures were taken (18 linear and one angle). These measures were standardized and analyzed by means of a Principal Components Analysis (PCA). In total, 22 species of terrestrial mammals were registered and application of PCA identified four Jaguar individuals in the area. The most frequent species found were *Dasyprocta punctata*, *Tapirus bairdii* followed by *Leopardus pardalis*, the least frequent were *Leopardus weidii* and *Odocoileus virginianus*. This methodology of footprint plots is an effective tool for estimating the diversity of mammals present in a particular area and I highlight their effectiveness in identifying individuals and estimating Jaguar abundance. This method is low in cost to implement thus allowing its use where resources for this type of action are limited.

Keywords: Differentiation of individuals, Jaguar, Mammals, Morphometry, Footprint plots.

Introducción

En los últimos siglos el hombre ha ocasionado un gran impacto sobre el ambiente y la biodiversidad, la cual a lo largo de la historia no ha tenido otra especie que la haya modificado e influenciado tan drásticamente junto con el paisaje como el ser humano (Ceballos *et al.,* 2010; Viquez-R *et al.,* 2013). Entre esta biodiversidad, los mamíferos son uno de los grupos más impactados por el hombre, de los cuales muchos se encuentran actualmente en grave peligro de extinción (UICN 2015; Rodríguez-Mahecha *et al.,* 2006). Por ello, su adecuado estudio y conservación son componentes de vital importancia para la correcta evaluación de los programas integrados de conservación y desarrollo no solamente de los ecosistemas, sino también de los servicios ambientales de los cuales el hombre depende (Kremen *et al.,* 1994; Brooks *et al.,* 2006; Viquez-R *et al.,* 2013).

No obstante, el estudio de los mamíferos silvestres en condiciones naturales no es una tarea fácil, presenta problemas prácticos y retos que hay que considerar. La mayoría de las especies debido a sus características físicas, ecológicas y etológicas tienden a ser animales crípticos, nocturnos, pueden ocurrir en densidades poblacionales bajas (Bergallo, 1990; Redford, 1992; Wilson y Delahay, 2001) Además presentan diferencias respecto a dispersión de las poblaciones, conductas específicas de individuos, uso de hábitat, efectos estacionales y por lo general evitan la presencia del ser humano. De este modo su observación directa, por prolongados períodos de tiempo, solo es posible para unas pocas especies, principalmente en ambientes abiertos (Stander *et al*,. 1997; Mangini y Nicola, 2004). Por ello es recomendable utilizar más de un método de muestreo y en la mayoría de los casos es recomendable utilizar técnicas no invasivas, al diseñar estudios que permitan maximizar el esfuerzo de muestreo, el tiempo y los costos de la investigación.

Esto conlleva a la necesidad de utilizar una herramienta específica, robusta y confiable que permita evaluar y estimar diferentes parámetros ecológicos como el rastreo (Arias-Alzate *et al.,* 2013). En este sentido, este método no invasivo el cual utiliza e interpreta la evidencia indirecta de los animales a través de las señas y rastros (Hon, 1979; Linscombe *et al.,* 1983; Wilson *et al*., 1996; Shackelford y Whitaker, 1997; Sarmento *et al*., 2009), se ha convertido en una metodología complementaria para el estudio de los mamíferos, principalmente de especies cripticas o que habitan en bajas densidades poblacionales (Wemmer *et al*., 1996;

Gompper *et al*., 2006). En general esta herramienta alternativa ha permitido obtener información importante para estimar la presencia de especies, sus tamaños poblacionales, uso y selección de hábitat; además de estructura social, y adicionalmente ha permitido el diseño de programas de monitoreo para diferentes áreas protegidas (Davis y Winstead, 1980; Glanz, 1982; Bailey, 1984; Tellería, 1986; Smallwood y Fitzhugh, 1995; Salas, 1996; Travaini *et al.,* 2003; Acosta-Jamett y Simonetti 2004).

En este sentido entre los mamíferos, el jaguar, al ser una especie de difícil observación debido a su comportamiento, ha requerido la utilización de variados métodos como el uso de cámaras automáticas (e.g. Silver *et al*., 2004; Isasi-Catalá y Barreto, 2008) o la telemetría (Schaller y Crawshaw, 1980; Carrillo, 2000; Ceballos *et al*., 2002; Nuñes *et al*., 2002). Sin embargo, a pesar de su efectividad estos métodos por lo general son costos y requieren de grandes esfuerzos de muestreo. Por ello, el uso de transectos lineales junto con estaciones de huellas (Aranda, 1990, 1993; Chinchilla, 1994, 1997; Carrillo, 2000; Ramírez, 2003; De Almeida, 2003) ha recibido una mayor atención.

En el presente trabajo, se presentan los resultados del uso de transectos con estaciones de huellas, junto con análisis multivariados y morfométricos, los cuales han permitido mejorar el reconocimiento de rastros (Zielinski y Truex, 1995; Zalewski, 1999; Harrington *et al*., 2008; Steinmetz y Garshelis, 2008; De Angelo, 2010), esta caracterización es importante como herramienta para la implementación de los planes de manejo y conservación del jaguar y de las demás especies de mamíferos de mamíferos no voladores en el área del Parque Nacional Natural Los Katíos.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en el Parque Nacional Natural Los Katíos (PNNK), uno de los mayores remanentes de bosque tropical de tierras bajas. Tiene una superficie aproximada de 80.658 hectáreas (Vásquez. y Serrano, 2009) y está ubicado al noroccidente del territorio nacional (Colombia), en el Choco Biogeográfico entre los departamentos de Antioquia y Choco (7º 42´ 7.56´ N - 77º03´ 77.19´´ W). El PNNK se ve atravesado por la cuenca del río Atrato (AZOBIONAL, 1988), la altitud varía entre 3 y 630 msnm. De acuerdo con el sistema de clasificación de Holdridge, esta región corresponde al bosque húmedo tropical (bh-T) y muy húmedo tropical (bmh-T). El área del parque está principalmente cubierta por selva tropical, la cual se encuentra representada por seis asociaciones vegetales dominadas principalmente por los bosques de cativo (*Prioria copaifera*) (Espinal y Montenegro, 1963; Espinal, 1964). La precipitación media anual en el parque es 2500 a 3000 mm, la temperatura media anual es de 27 ºC y la humedad relativa varía entre 80 y 100% durante el día (Garcés y De la Zerda, 1994), el Parque presenta un régimen bimodal (dos períodos secos y dos húmedos), esta condición se manifiestan pluvialmente con la presencia de una tendencia seca a principios de año (enero a marzo) generalmente con máxima expresión en febrero y marzo; la tendencia húmeda se establece hacia abril, alcanzando su pico máximo hacia octubre-noviembre; un veranillo a mitad de año (Mejia-Gutierrez, 1983; Mejía-Fernández, 1991).

El estudio se realizó en el sector conocido como Sautatá (Figura 4.-1), dominado principalmente especies como (*Bursera semaruba*- Burseraceae) especie que coloniza con facilidad claros en el bosque y terrenos donde el bosque se está regenerando, cañaguate (*Costus* spp- Costaceae), guacimo colorado (*Luehea semannii*– *Tiliaceae*), además de heliconias (*Heliconia* spp- Heliconiaceae), higuerones (*Ficus* spp- Moraceae), ceiba (*Ceiba* sp) y pachira o ceiba de agua (*Pachira aqoutica*- Bombacaceae) se encuentra en regeneración, cativo (*Priora copaifera*- Caesalpinaceae) se encuentra en regeneración, (*Acalypha* sp- Euphorbiaceae), cachimbo (*Erythrina fusca*- Papilionaceae) y guamos (*Inga* spp- Mimosaceae) (Herrera, 2008, com pers).

Estaciones de muestreo

Se realizaron campañas de 15 días tomando dos en temporada seca y dos en temporada húmeda, los muestreo en época seca se realizaron en los meses de enero, febrero y las evaluaciones para la temporada lluviosa se realizaron en los meses de mayo y junio, meses en los cuales se dan las mayores precipitaciones (Mejía-Fernández, 1991), completando un total de 60 días, con recorridos diarios de 07:00 a 17:00, durante el muestreo se establecieron dos zonas de muestreo en el área de estudio. El primer sitio es una zona intervenida, en proceso de regeneracion, con presencia de bosque secundario, y abarca desde el salto El Tendal hasta su desembocadura en el río Atrato. La segunda zona es un área con sucesión pionera y abarca desde la quebrada Gertrudis hasta el campamento Sautatá (En total comprenden 23,18 km) (Figura 4-1).

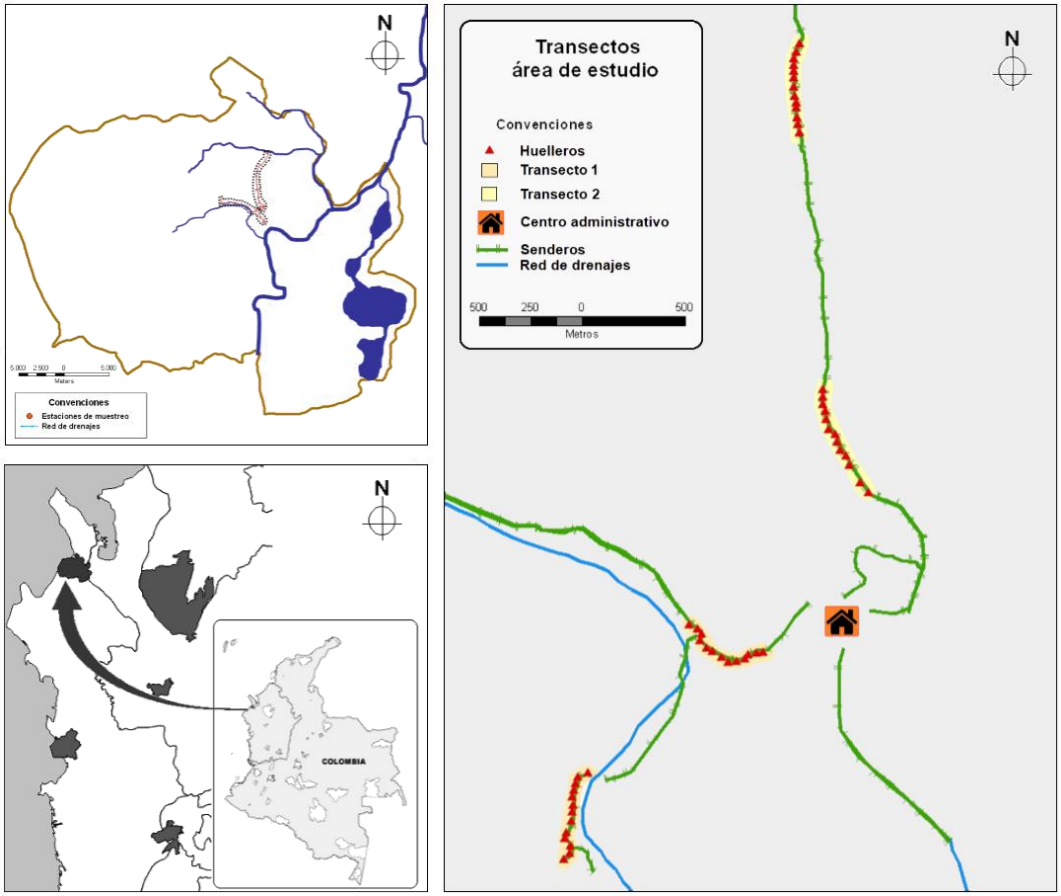


Figura 4-1.Ubicación de los sitios de muestreo, Parque Nacional Natural Los Katíos.

En cada área se establecieron dos (02) transectos lineales, en los cuales se realizó el montaje de 13 huelleros o estaciones de huellas (unidades muestréales) los transectos entre si separados por 1000 m, con un área de 2.25 m^2 (1.5 x 1.5 m) y una separación aproximada de 33 m entre huelleros (en total se ubicaron 52 parcelas de huellas). Estas unidades muéstrales con área conocida y preparada es uno de los métodos más eficaces para detectar mamíferos en un área en particular (Ríos- Uzeda, 2001; Scoss *et al*., 2004). En cada estación, inicialmente se limpió la superficie y posteriormente se incorporó suelo de la misma área, creando así una superficie lisa donde los animales pudieran imprimir sus rastros (Figura 4-2) El tamaño de cada unidad muestrial se consideró conveniente para abarcar huellas de mamíferos terrestres de gran talla en general, para especies con amplio rango de movimientos (carnívoros y cerdos de monte) y con rangos más estrechos (cérvidos y roedores) y así no sobreestimar el índice de huellas (tamaño recomendado según Cuauhtémoc Chávez com. pers.). Es importante señalar que estas estaciones al ser contadas periódicamente en forma estandarizada, además de ser implementadas en diferentes épocas del año, y además de ser aplicables a grandes áreas (Nachman, 1993), pueden utilizarse como referencia para estimar los efectos del manejo sobre las poblaciones faunísticas (Hon, 1979; Linscombe *et al*., 1983, Navarro y Muñoz, 2000; Naranjo, 2000).

Observación de huellas y signos

El muestreo de mamíferos se realizó mediante el levantamiento e interpretación de sus huellas (rastreo). Las unidades de muestreo fueron revisadas día de por medio (un día zona intervenida, segundo día sucesión pionera); en cada visita se registraron y fotografiaron los diferentes rastros presentes, los cuales se levantaron con la técnica en parafina y yeso (Aranda, 2000; Gonzales, 2005) (Figura 4-3); la información obtenida a partir de cada revisión fue consignada en la libreta de campo e ingresada a una base de datos. Posteriormente a la revisión, se procedió a borrar los rastros presentes en cada estación para luego activarla nuevamente imprimiendo una señal, en este caso la mano del investigador. De esta forma si esta señal no era encontrada durante la siguiente visita a cada estación, ésta era considerada como inactiva debido a que cualquier especie que pudiera haber pasado por la estación igualmente sus rastros no habría quedado impresos en la misma.

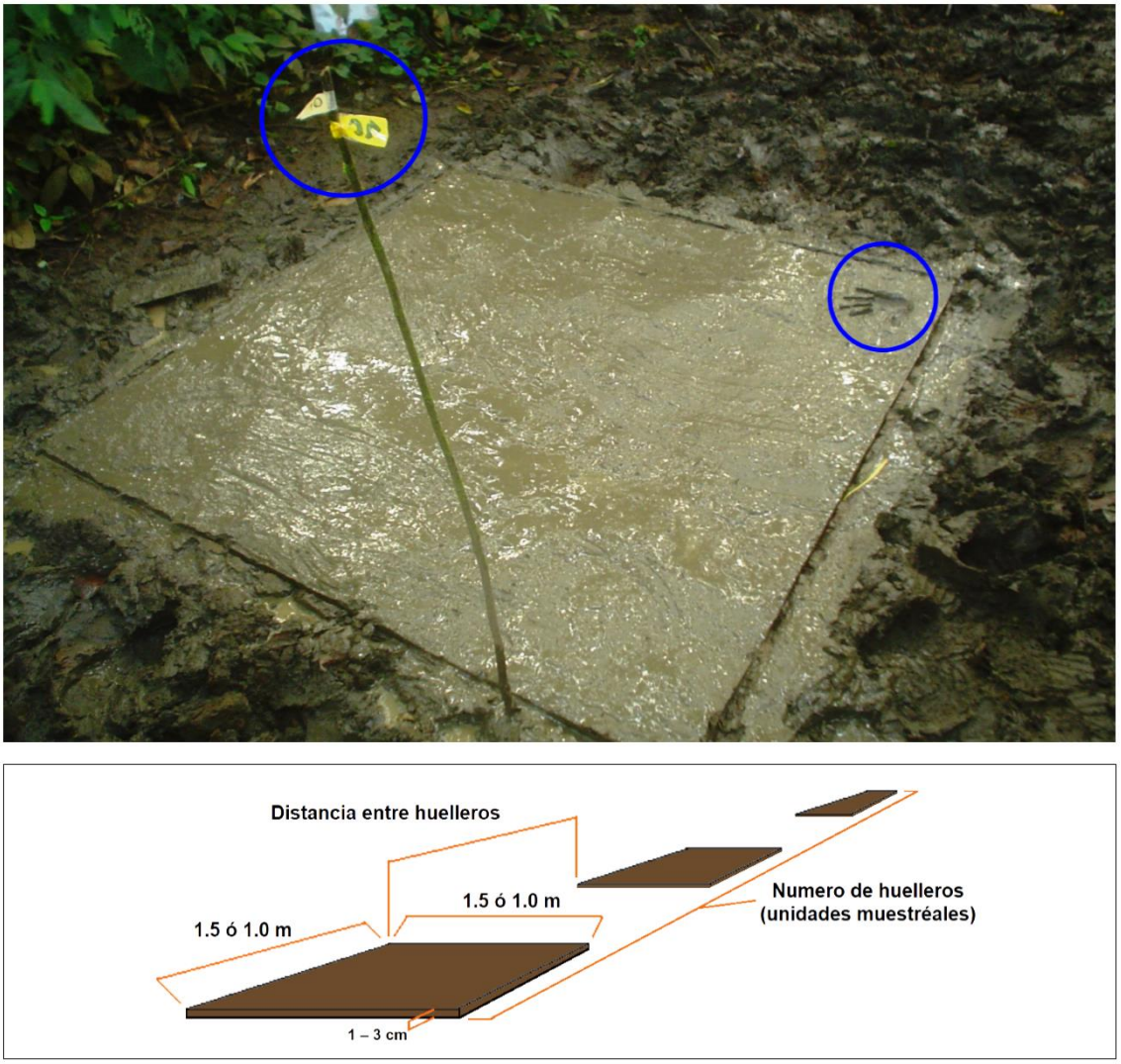


Figura 4-2.Unidades muestréales, para la colecta de rastros, parcelas de huellas »Huelleros«.

Para la identificación de las huellas se utilizaron las descripciones de Navarro y Muñoz (2000) y Aranda (2000, 2012). Esta información fue organizada para obtener la abundancia relativa de las especies y sus índices de riqueza.

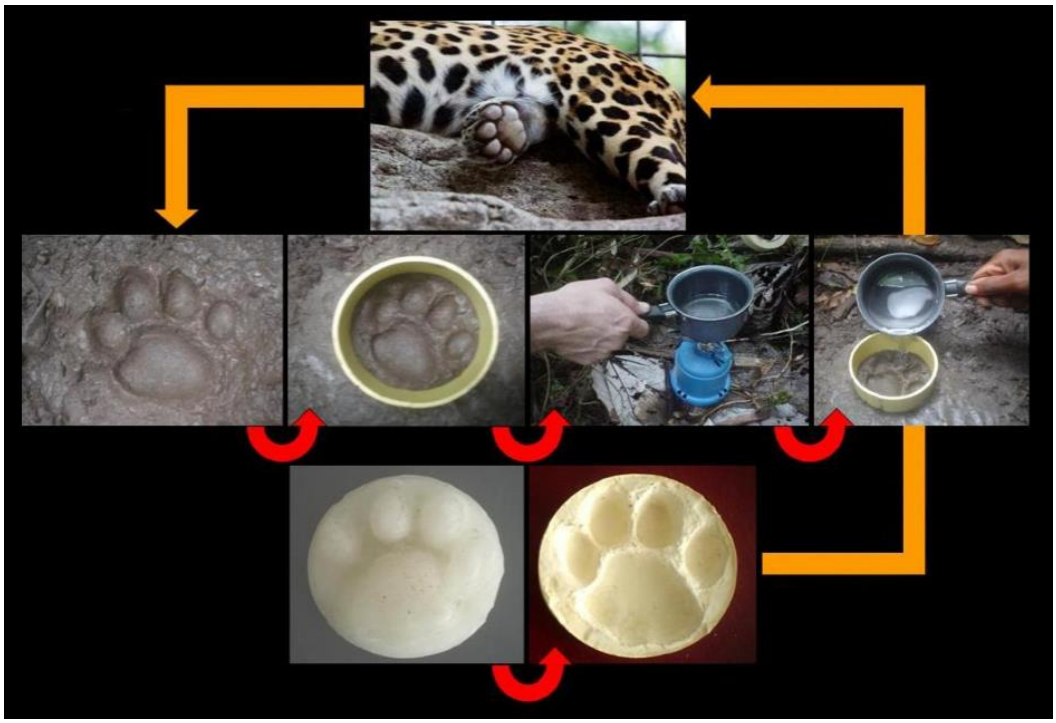


Figura 4-3. Levantamiento de improntas mediante la técnica de parafina y yeso.

Diversidad y abundancia relativa de mamíferos

La detección de huellas es una muy buena opción para estudiar a los mamíferos silvestres. Cuando se tiene un sustrato adecuado, los rastros dejadas por los animales son signos bastante conspicuos que permiten su identificación, diferenciación de macroclases de edad o, incluso, el número absoluto de animales presentes en un área.

Los índices de abundancia relativa, ya sea por conteo incompletos o conteo indirecto de signos, está correlacionado directamente con la abundancia de las especies (Caughley, 1977), teniendo un supuesto básico que el desplazamiento individual diario de los animales alrededor del transecto, sea este imaginario o permanente, es constante. De esta manera, puede establecerse una relación directa entre la abundancia absoluta de huellas y la abundancia relativa de la especie (Muñoz-Pedreros, 2006, 2011). Para cada sitio se recopilo el número de huellas por especie y se estimó por medio del índice de abundancia relativa (IAR) propuesta por Linhart y Knowlton (1975), el cual está dado por el total de las visitas de cada especie, divido por el total de visitas de todas las especies registradas (Roughton y Sweeny 1982; Carrillo *et al*., 2000; Gibbs, 2000; White y Edwards, 2000).

Con el fin de establecer la semejanza entre áreas evaluadas de acuerdo al estado del bosque, se calculó el índice de diversidad de Shannon, que otorga menor peso a las especies raras que a las comunes, ya que la probabilidad de encontrar una especie rara, siempre será proporcional al tamaño de la muestra (Ricklefs, 2001). Este índice mide la variedad de un área, donde una alta diversidad indica un alto grado de desarrollo y estabilidad de la biota. Estos análisis se realizaron con el uso del programa Divers y por medio del programa Simil se comparó la composición de las especies entre los dos sitios El Tendal y El Tilupo.

Morfometría de huellas y abundancia del Jaguar (*Panthera onca*)

Con base en los moldes recolectados se diseñó una propuesta de medición derivada de las características morfológicas constantes en la impresión de las huellas de jaguar para la identificación de los posibles individuos presentes en el área de estudio. Para esto, se utilizaron 18 medidas lineales (longitudes) y una medida angular [ángulo (I)] en función de dos características presentes en las huellas: el ancho de las crestas interdigitales y la porción más distal del primer y cuarto dedo (Smallwood y Fitzhugh, 1993; Lewison *et al*., 2001) (Figura 4-4). Es importante notar, que, aunque dos individuos puedan presenten un mismo ancho de huella, el ángulo no será el mismo ya que éste se verá afectado por la distancia del dedo al cojinete plantar. Entre más distante sea esta distancia, el ángulo será menos agudo. La toma de estas medidas se realizó con un calibrador sobre la impronta en yeso (positivo), teniendo en cuenta una precisión de ± 0.05 mm para medidas lineales y de 1 grado para los ángulos.

Para la identificación de los individuos se realizó un análisis de clúster utilizando como medida de similaridad la distancia euclidiana, debido a su sencillez de cálculo y a que verifica algunas propiedades interesantes, sin embargo presenta algunos inconvenientes a tener en cuenta, el primero es que es una distancia sensible a las unidades de medida de las variables y además si éstas están correlacionadas, nos darán una información, en gran medida redundante, como consecuencia de ello la distancia euclidiana inflará la disimilaridad o divergencia entre los individuos.

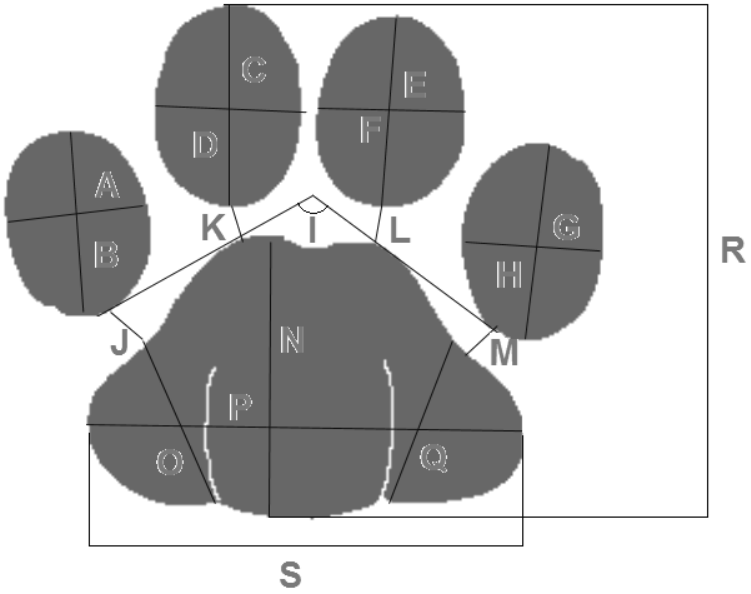


Figura 4-4. Variables morfométricas de una huella de jaguar (*Panthera onca*), tomadas para el análisis. A, B, C, D, E, F, G; H. Largo y ancho del dedo; I, J, K, L. Distancia entre los dedos y el cojinete plantar; M largo del cojinete plantar; N. Ancho máximo del lóbulo mesial izquierdo; O. Ancho máximo del lóbulo mesial derecho; P. Ancho máximo del cojinete plantar; Q. Largo total de la huella; R. Ancho total de la huella; S. Angulo formado entre los dedos.

Con el fin de solucionar esto se practicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) usando la matriz de correlaciones extraída de los datos morfométricos estandarizados. Esta técnica estadística de análisis multivariado permite seccionar la información contenida en un conjunto de *p* variables de interés en *m* nuevas variables independientes. Cada una explica una parte específica de la información, y mediante combinación lineal de las variables originales que otorgan la posibilidad de resumir la información total en pocos componentes, se reduce la dimensión del análisis propuesto. Así los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y serán independientes entre sí (James y McCulloch, 1990; Peña, 2002), esto permite conocer las variables con mayor importancia en la identificación de individuos de jaguar en función de las medidas de los diferentes elementos morfométricos que conforman las huellas.

Así mismo, una vez definido el número de clúster, se realizó un análisis de agrupamiento no jerárquico utilizando el método de K-Medias, este método permite asignar a cada observación el clúster que se encuentra más próximo en términos de su centroide. Para la

determinación del número de clústers naturales en la muestra (individuos de jaguar) se utilizó el índice de Scott y se corroboró con el gráfico de Silhouette (Rousseeuw, 1987).

Adicionalmente se realizó un gráfico de caja y bigotes con el fin de observar gráficamente visualizar algunos parámetros descriptivos de las variables analizadas, del gráfico fue excluida la variable angded [ángulo (I)], debido a que esta se encuentra medida en una escala diferente y distorsiona el gráfico, dificultando así su análisis. Se utilizo la transformación de Box-Cox para determinar la potencia de transformación ideal para cada variable y así mejorar la normalidad de los datos propuestos.

Resultados

Diversidad y abundancia relativa de mamíferos

Trabajando dentro de un transecto de 23,18 km en el transcurso de 60 días de muestreo en cuatro campañas (1080 horas de esfuerzo muestrial), colectamos información de presencia de 19 especies de mamíferos para la zona de estudio. Incluidos en este conteo total encontramos 1 especies de marsupial, 2 xenarthros, 7 carnivoros, 5 ungulados, 3 roedores y 1 lagomorfo. Agrupados en 8 Órdenes y 14 familias (Tabla 4-1). La riqueza de los mamíferos registrada a través de las huellas, dio como resultado que el orden con mayor representatividad fue el Carnivora (36.3%), seguido de Rodentia (18.2%). Los órdenes con menos especies registrados fueron Didelphimorphia, Perissodactyla y Lagomorpha. Con relación al número de especies por familia, Felidae (Carnivora) fue el de mayor riqueza (4). Las familias Dasypodidae, Myrmecophagidae, Dasyproctidae, Cuniculidae, Hidrocaeridae, Leporidae, Canidae, Procyonidae, Tapiridae presentaron una sola especie por familia.

Para el área del Tendal (Transecto 1), se estimó una diversidad de H'= 2.60 y un índice de riqueza de IC= 3.53 reflejada en las 19 especies registradas. Las especies que presentaron las mayores abundancias relativas fueron el ñeque (*Dasyprocta punctata*), la danta Centroamericana (*Tapirus bairdii*) y el ocelote (*Leopardus pardalis*). Y Entre las especies menos frecuentes están el margay (*Leopardus weidii*), el venado de racimo (*Odocoileus virginianus*), el armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*), la tayra (*Eira barbara*) y el chigüiro (*Hydrochaeris isthmius*) (Tabla 4 -2). Para el área del Tilupo (Transecto 2) se estimó una diversidad de H'= 2.49 y el índice de riqueza de IC= 3.22. Para este sector las especies más abundantes fueron el ñeque (*Dasyprocta punctata*), el jaguar (*Panthera onca*) y la danta Centroamericana (*Tapirus bairdii*). Entre las especies menos frecuentes se encontraron el Jaguaroundi o gato solo (*Puma yagouaroundi*), la zorra chucha (*Didelphis marsupialis*), el oso palmero (*Myrmecophaga tridactyla*) y el armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcintus*) (Tabla 4-2).

Tabla 4-1.Lista de especies de acuerdo a los indicios encontrados en los Senderos El Tendal y El Tilupo en el PNNK.

ORDEN, Familia; *Genero y especie*	Nombre común	Tendal	Tilupo
DIDELPHIMORPHIA			
Didelphidae			
Didelphis marsupialis Linnaeus, 1758	Zorra chucha o fara	Hu	Hu
No identificado	s/nv	Hu	Hu-Obs
PILOSA			
Myrmecophagidae			
Myrmecophaga tridactyla Linnaeus, 1758	Oso palmero	-	Hu-Obs
CINGULATA			
Dasypodidae			
Dasypus novemcinctus Linnaeus, 1758	Armadillo, gurre	Hu	Hu
CARNIVORA			
Canidae			
Cerdocyon thous (Linnaeus, 1766)	Zorro perro, zorro cenizo	Hu	Hu
Procyonidae			
Procyon cancrivorus (Brongniart, 1792)	Osito lavador	Hu	Hu
Mustelidae			
Eira barbara (Linnaeus, 1758)	Ulamá, comadreja	Hu	-
No identificado	s/nv	Hu	-
Felidae			
Puma yagouaroundi (E. Geoffory Saint-Hilaire, 1803)	Jaguarundi, gato solo	-	Hu
Leopardus pardalis (Linnaeus, 1758)	Ocelote, tigrillo	Hu	Hu
Leopardus wiedii (Schinz, 1821)	Margay, tigrillo	Hu	Hu
Panthera onca (Linnaeus, 1758)	Tigre, jaguar	Hu-Obs	Hu
PERISSODACTYLA			
Tapiridae			
Tapirus bairdii (Gill, 1865)	Danta	Hu	Hu-Obs
ARTIODACTYLA			
Tayassuidae			
Pecari tajacu (Linnaeus, 1758)	Saino, pecarí	Hu	Hu-Obs
Tayassu pecari (Link, 1795)	Pecarí, cerdo de monte	Hu	Hu
Cervidae			
Mazama temama Kerr, 1792	Venado temazate	Hu-Obs	Hu-Obs
Odocoileus virginianus (Zimmermann, 1780)	Venado de racimo	Hu	Hu-Obs
RODENTIA			
Hydrochaeridae			
Hydrochoerus isthmius (Goldman, 1912)	Chigüiro	Hu	-
Dasyproctidae			
Dasyprocta punctata Gray, 1842	Ñeque	Hu-Obs	Hu
Cuniculidae			
Cuniculus paca (Linnaeus, 1766)	Lapa, boruga	Hu	Hu

No identificado	s/nv	Hu	Hu
LAGOMORPHA			
Leporidae			
Sylvilagus brasiliensis (Linnaeus, 1758)	Conejo silvestre	Hu	Hu

Abrevicaciones: s/nv=Sin nombre común; Tendal= (sendero El Tendal); Tilupo= (Sendero El Tilupo); Hu=Huellas; Ob=observado.

Tabla 4-2. Comparación de la abundancia y número de indicios de mamíferos en dos senderos evaluados en el PNNK.

	Sendero el Tendal		Sendero el Tilupo	
Especies	**Número de registros**	**IAR**	**Número de registros**	**IAR**
Dasyprocta punctata	38	16.45	50	18.80
Tapirus bairdii	19	15.15	34	12.78
Leopardus pardalis	28	12.12	7	2.63
Mazama temama	23	9.96	18	6.77
Cuniculos paca	18	7.79	13	4.89
Panthera onca	15	6.49	45	16.92
Pecari tajacu	15	6.49	12	4.51
Cerdocyon thous	10	4.33	21	7.89
Sylvilagus brasiliensis	7	3.03	6	2.26
Tayassu pecari	6	2.60	18	6.77
Hydrochaeris isthmius	6	2.60	-	-
Didelphis marsupialis	4	1.73	1	0.38
Procyon cancrivorus	4	1.73	13	4.89
Myrmecophaga trydactila	-	-	4	1.50
Dasypus novemcinctus	2	0.87	1	0.38
Eira barbara	2	0.87	-	-
Leopardus weidii	2	0.87	3	1.13
Odocoileus virginianus	2	0.87	9	3.38
Puma yagouaroundi	-	-	1	0.38
Spp. 1 (Indeterminado)	2	0.87	6	2.26
Spp. 2 (Indeterminado)	1	0.43	0	0
Spp. 3 (Indeterminado)	11	4.76	4	1.50

Comparando las estimaciones obtenidas a partir de los rastros, no se encontraron grandes diferencias en los valores de diversidad y riqueza en cada sendero. La similitud observada entre los dos lugares fue del 66.52%.

Al comparar el índice de abundancia por época climática en los dos sitios muestreados a fin de verificarse la existencia de algún patrón estacional, se encontraron diferencias notables para 11 especies, en la estación lluviosa *Panthera onca*, *Cuniculus paca*, *Mazama temama*, *Pecari tajacu*, *Tayassu pecari* y *Odocoileus virginianus* fueron las especies de mayor abundancia. Para la estación seca *Tapirus bairdii*, *Dasyprocta punctata*, *Cerdocyon thous*, *Silvilagus brasilensis* y un roedor no determinado fueron las especies con las mayores abundancias (Figura 4-5). Para el caso de las especies *Didelphis marsupialis*, *Leopardus pardalis*, *Procyon cancrivorus*, *Dasypus novemcintus* y *Myrmecophaga trydactila* no presentaron diferencias notables entre sus índices de abundancia para estas dos épocas del año.

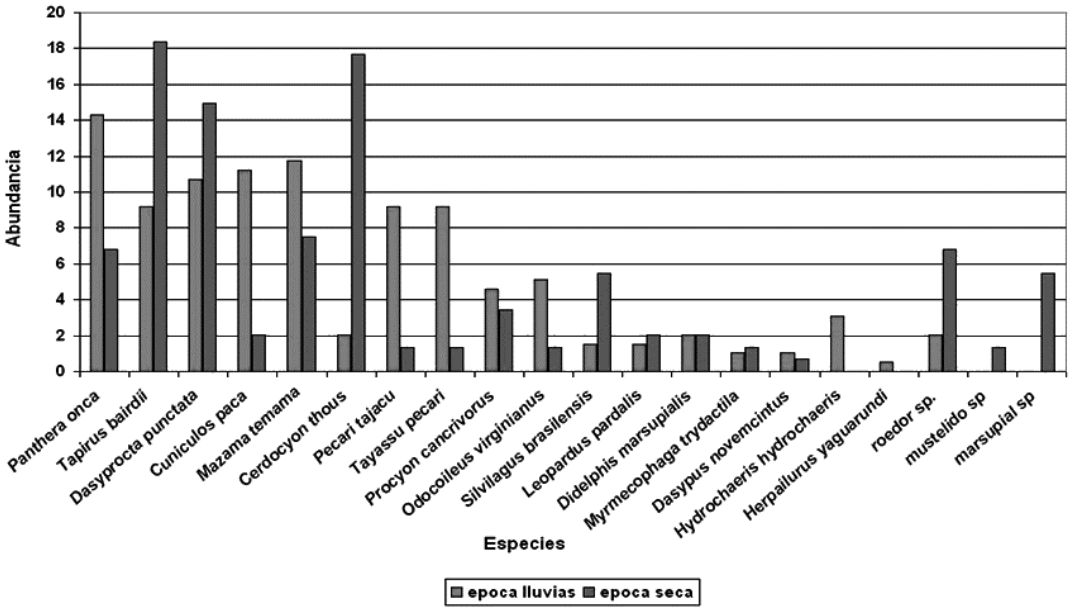


Figura 4-5. Índice de abundancia relativa de mamíferos por épocas climáticas en el área de estudio.

Morfometría de huellas y abundancia del Jaguar (*Panthera onca*)

En total se obtuvieron 32 improntas de huellas de jaguar «ideales» en el área de estudio. Sin embargo, solo 22 huellas correspondientes a improntas de patas derechas (n=10) e izquierdas (n=12) fueron tenidas en cuenta para el análisis (se descartaron las manos).

En el Anexo 9 se puede observar que la mayoría de las variables transformadas a razón como lo son larsanc1, larsanc2, larsanc3, larsanc4 y el ángulo formado entre los dedos (angded) tuvieron una variabilidad relativamente baja (CV= 13% - 18%), mientras que todas las distancias entre los dedos, el cojinete del pie y la razón entre el largo/ancho total de la huella, presentaron variabilidades relativamente altas (CV= 33% - 45%), de lo cual podríamos pensar que este último grupo de variables podría ser el que más aportaría a la hora de realizar el análisis de agrupamiento para la discriminación de individuos.

En la Figura 4-6, se observa nuevamente la alta variabilidad de las distancias entre los dedos, de igual forma se puede inferir que no existen diferencias estadísticamente significativas entre éstas, pero si entre estas y las razones largo/ancho de los dedos. La razón largo/ancho de la huella es la variable con valores más bajos, por lo cual lo único que podemos afirmar es que esta variable es estadísticamente diferente a las demás.

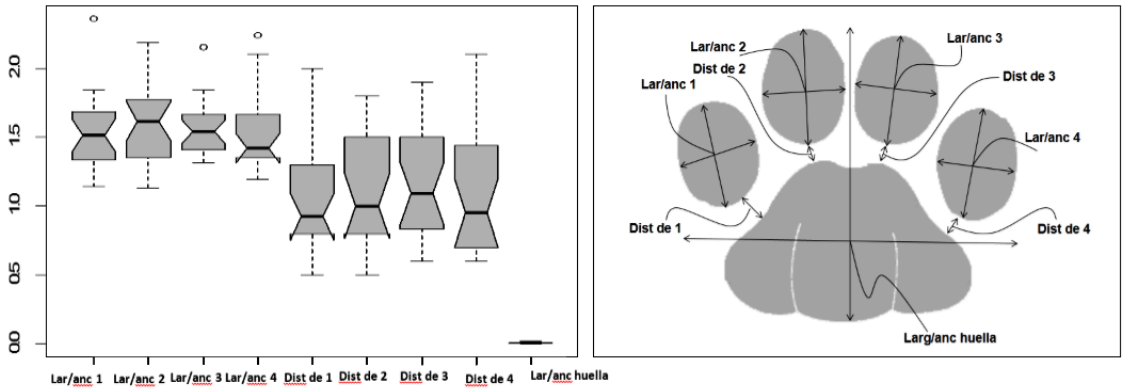


Figura 4-6. Medidas morfométricas de las huellas del Jaguar (*Panthera onca*), (Lar/anc 1= largo x ancho del dedo 1; Lar/anc 2= largo x ancho del dedo 2, Lar/anc 3= largo x ancho del dedo3; Lar/anc 4= largo x ancho del dedo 4; Dist de 1 = distancia del dedo 1 al cojinete plantar; Dist de 2 = distancia del dedo 2 al cojinete plantar; Dist de 3 = distancia del dedo 3 al cojinete plantar; Dist de 4 = distancia del dedo 4 al cojinete plantar; Larg/anc huella = Largo x ancho de la huella).

Con el objetivo de determinar graficamente la función de distribución aparente de las variables analizadas se realizó un histograma de frecuencia para las variables variable analizada (Anexo 10).

En la figura anterior se observa claramente que la mayoría de las variables presentan un bimodalidad marcada como lo son Lar/anc 2, Lar/anc 3, Dist dedo 2, Dist dedo 3 y Lar/anc Huella, estas bimodalidades podrían estar indicando que las muestras colectadas pertenecen a 2 grupos, posiblemente hembras y machos, tambien es apreciable que la unica variable que presenta una distribución aparentemente normal es el Lar/anc 1, lo cual nos indica que posiblemente no se logre la normalidad multivariada y que sea necesario aplicar algun tipo de transformación.

Adicionalmente se construyó un gráfico pairs (Ver Anexo 11) en el cual se pueden dilucidar las altas correlaciones existentes entre las distancia de los dedos y la proporción lar/anc de la huella, de igual forma en todos los XY plot del ángulo de la huella (angded) con las demás variables se observa un valor extremo alejado de los demás, este valor corresponde a la observación 2, la cual fue tomada en un área relatiavamente lejana de los senderos establecidos inicialmente y no estaba dentro del área de estudio, por lo cual pertenece a un individuo diferente.

Con el ánimo de verificar normalidad multivariada se realizó un gráfico cuantil - cuantil (Ver Anexo 12) y además de esto se corrieron las pruebas de normalidad multivariada de Shapiro – Wilk y Mardia. De acuerdo a los resultados obtenidos tanto en las pruebas de Shapiro – Wilk y Mardia (Ver Anexo 13) se puede inferir con este analisis que los datos no se distribuyen de manera normal multivariada, ya que el valor *P* en la prueba de Shapiro-Wilk es < 0.05 y en la prueba de mardia los valores de sesgo y curtosis muestrales son diferentes a los teoricos, por lo cual para es necesario realizar una transformación de los datos para cumplir con el supuesto de normalidad exigido en el anáilisis factorial por maxima verosimilitud (Anexo 11).

Los resultados obtenidos utilizando la familia de transformación de Box-Cox para determinar la potencia de transformación ideal para cada variable (Ver anexo 12),dejan entrever que la única variable que requiere ser transformada es larprsanchpro (largo/ancho

de la huella) y la transformación óptima para esta variable es el cuadrado de la misma, realizando la tansformación de la variable y se volvió a determinar normalidad de acuerdo a las pruebas antes descritas (Ver anexo 11), se observa con la tranformacion que se logra disminuir notoriamente el sesgo a la derecha que presentaba la distribución; pero los resultados obtenidos muestran que la transformación aplicada no fue suficiente para lograr la normalidad multivariada de los datos, por lo cual no es posible realizar análisis factorial por el método de estimación de maxima verosimilitud.

El Análisis de Componentes Principales (ACP), muestra Inicialmente muesta una alta correlación existente entre la distancia entre los dedos y la razon largo/ancho de la huella, por tal motivo es preciso y apropiado realizar el ACP, ya que se presenta redundancia en la información que podría ser disminuida mediante este tipo de análisis (Ver anexo 14).

De acuerdo al resumen estadístico propuesto para los componentes principales (Ver Anexo 14) y al screeplot (Ver Anexo 15), el numero de componentes a elegir sería de tres (3), ya que su desviacion estandar es mayor a 1 y con estos tres (3) componentes se explicaria el 80.6% de la variabilidad total de los datos.

De las cargas de las componentes principales resumidas en la Tabla 4-3 podemos determinar el peso de cada variable sobre las distintas componentes y asi determinar el significado de cada una de éstas (Componentes), de acuerdo a los resultados obtenidos podriamos nombrar las componentes de la siguiente manera:

Componente 1: Indicador promedio de la medida de la huella.
Componente 2: Indice de contraste entre las medidas de los dedos pares y el angulo de la huella.
Componente 3: Indice relación entre las medidas de los dedos impares y el angulo de la huella.

Tabla 4-3. Cargas de las componentes principales.

Loadings:	Comp.1	Comp.2	Comp.3
lar1sanc1	-0.201	0.156	-0.540
lar2sanc2	-0.118	-0.532	-

lar3sanc3	-	-0.358	-0.526
lar4sanc4	-	-0.547	-0.307
distancia.dedo.1	-0.427	-	-
distancia.dedo.2	-0.434	-	-
distancia.dedo.3	-0.415	-	0.251
distancia.dedo.4	-0.443	0.125	-
ángded		0.483	-0.489
larprsanchpro	-0.445		0.126

Graficamente se obserba, mediante el gráfico biplot (Figura 4-7), el aporte de cada variable sobre las dos primeras componetes, como se obserba en el análiiss anterior en la Componente 1, las variables con mayor peso son las distancias entre los dedos y la razon lar/anc de la huella, todas estas sobre el eje negativo, de igual forma para la Componente 2 las variables con mayor carga sobre ésta son el ángulo que se encuentra sobre el eje positivo y en contraste se encuentras las proporciones lar/anc de los dedos 2 y 4.

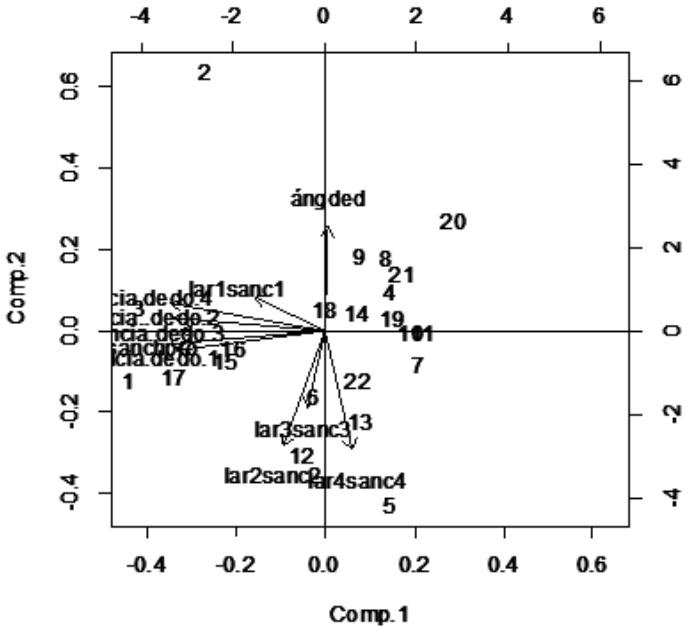


Figura 4-7. Gráfico Biplot, aporte de cada variable.

De acuerdo a las componentes principales encontrados, se obtuvieron los scores de cada observación (Anexo 16), los cuales fueron utilizados en el anáilisis de cluster para la determinación de individuos de jaguar, por las razones expuestas anteriormente.

Los resultados obtenidos mediante el análisis factorial fueron muy similares a los derivados del ACP (Anexo 16). Se presentan las sumas de cuadrados de las cargas y la proporción de varianza de cada factor que sugieren tomar en cuenta solo 3 factores, de igual forma el escreeplot del análisis paralelo (Anexo 17) sugiere 3 factores para el análisis factorial, coincidiendo así con el número de componentes principales.

Los factores obtenidos tienen la misma interpretación que las componentes halladas anteriormente, debido a que las cargas de cada variable son similares.

Al efectuar rotación de factores Varimax, el primer factor resultó inalterado, no sucediendo lo mismo para los factores dos y tres, donde se evidenció marcadamente la relación existente entre la relación lar/anc del dedo 1 con el ángulo de la huella en el segundo factor, mientras en el tercer factor se agruparon la relación lar/anc de los dedos 2, 3 y 4, el resultado anterior podría indicar que la relación lar/anc del dedo 1 podría influenciar en gran medida el ángulo formado por el rastro (Ver Anexo 18).

Con base a los scores obtenidos en el ACP, se realizó un análisis de cluster con el objetivo de determinar a cuantos individuos de jaguar pertenecían el total de las huellas colectadas en campo y tomadas para ser analizadas, el análisis establece como medida de similitud la distancia euclidiana por los métodos de ward y completo (Ver Figura 4-8).

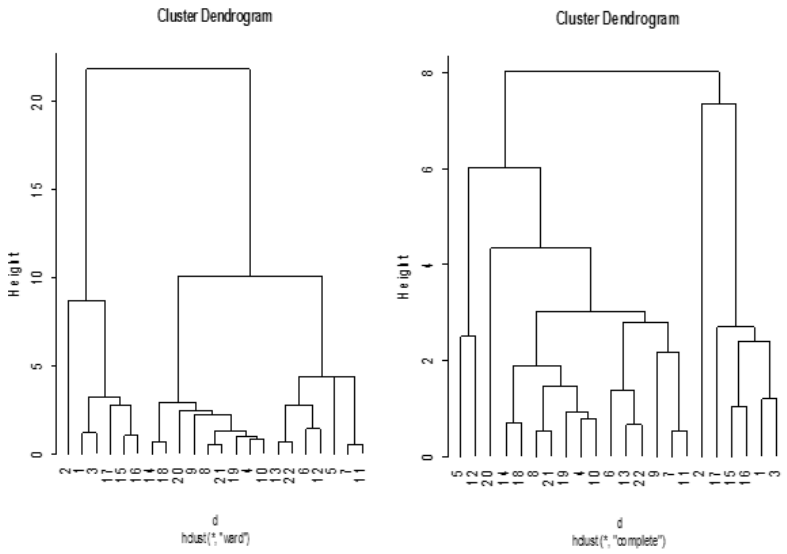


Figura 4-8. Análisis de Cluster por métodos jerárquicos.

Los resultados anteriores dejan entre ver que los rastros hallados pertenecen a cuatro individuos, ya que son los grupos más homogéneos a simple vista, pero para determinar estadísticamente y de manera más confiable el número natural de clusters, se utilizó el índice de Scott el cual fue corroborado con el índice de Hartigan y el gráfico de Silueta, los primeros se encuentra en la librería NbClust, mientras el gráfico se encuentra en la librería cluster del paquete estadístico R, (Ver Tabla 4-4 y Figura 4-9).

Tabla 4-4. Número de clusters óptimo de acuerdo a los índices de Scott y Hartigan.

	index.Hartigan	index.Scott
Numero de clúster optimo	4	4
Valor del Índice	55.612	366.973

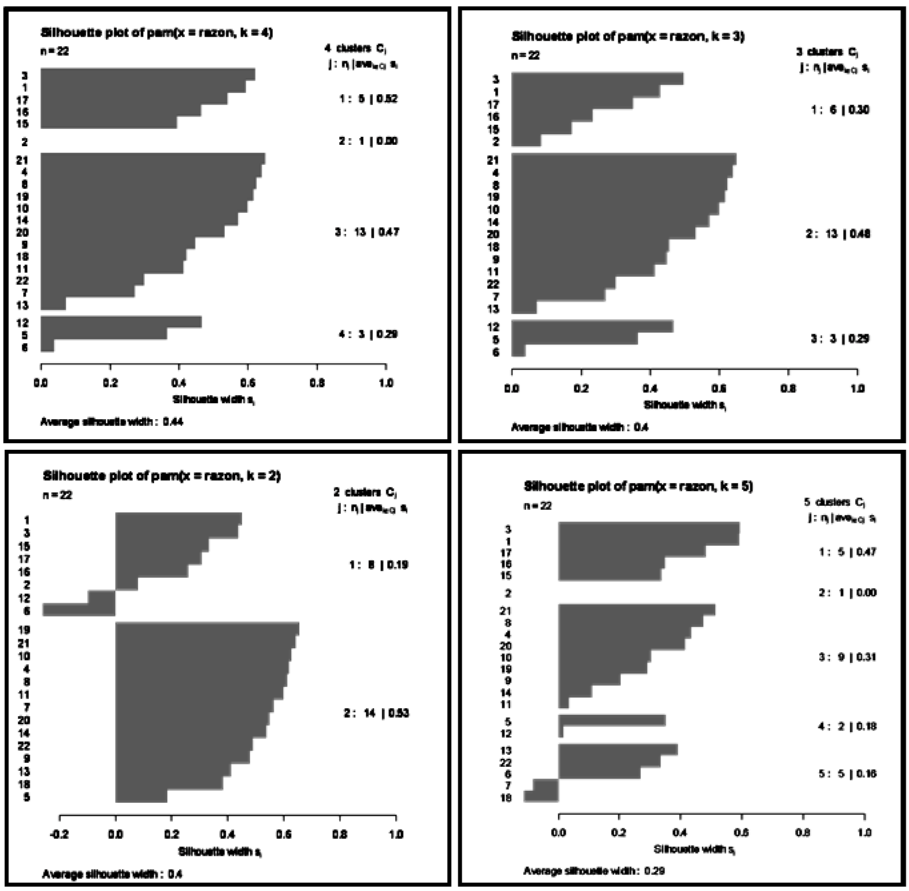


Figura 4-9. Gráficos de Silueta para k=2-5.

Los resultados de los índices de Scott y Hartigan sugieren que las huellas recolectadas en campo pertenecen a cuatro (4) jaguares diferentes, coincidiendo este dato con los obtenidos por los gráficos de silueta, cuyo índice de silueta más alto, es el gráfico para 4 grupos (Si=0.44), si se corrobora el dato obtenido por los índices de Scott y Hartigan podemos concluir con un alto grado de certeza que el número de jaguares presente en las muestras es 4; si procedemos a observa el método no jerárquico (K medias) para asignar cada observación a un grupo, los resultados propuestos muestran claramente la conformación de cuatro grupos (Ver figura 4-10).

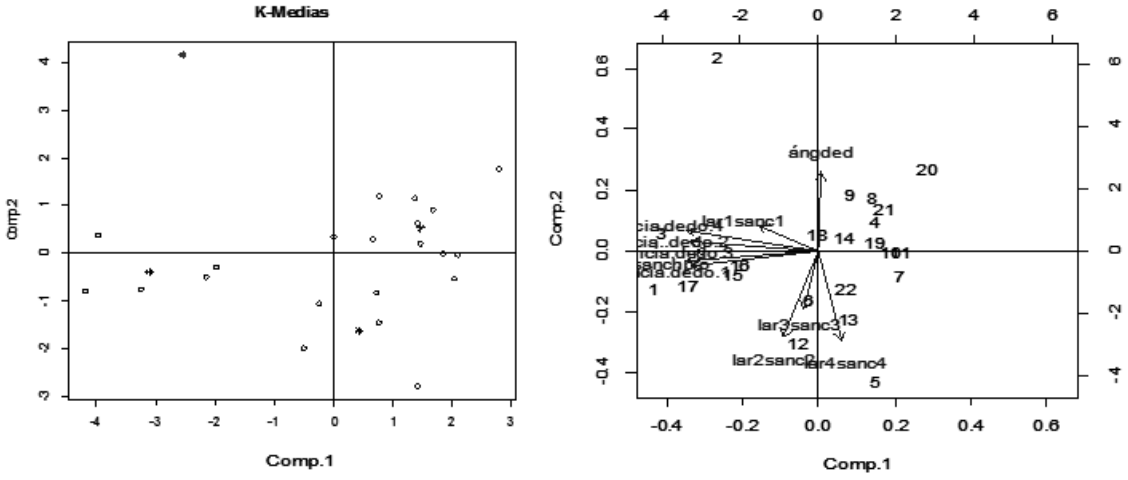


Figura 4-10. Análisis de Cluster por el método de las K-medias.

Discusión

El método de conteo de huellas y signos en estaciones de huellas (huelleros), aunque en ocasiones puede presentar una mayor inversión en términos de esfuerzo para su montaje, realmente pueden complementar los diseños de muestreo y representa una alternativa no invasiva y económica, que puede ser analizada con las mismas técnicas y con los mismos tratamientos estadísticos utilizados para diferentes métodos (Wemmer *et al*., 1996). Por ello, los índices de abundancia que se obtienen son útiles ya que pueden reflejar cambios en la diversidad y la abundancia en épocas climáticas diferentes o bajo tratamientos diferentes, posibilitando así comparaciones entre sitios (Roughton y Sweeny, 1982; Van Dyke, 1986; Travaini *et al.,* 1996 y Cuellar y Noss, 1997), como los registrados en este estudio. Igualmente permite documentar las especies más cripticas y esquivas, las cuales se pueden registrar independientemente de sus patrones de actividad (Carrillo *et al*., 2000).

El conteo de rastros en senderos de distancia conocida como en nuestro estudio, presenta varias ventajas sobre el uso de transectos en línea. Al no ser necesarias las observaciones directas, especialmente en el caso de especies grandes, el esfuerzo de muestreo para obtener un registro individual se reduce considerablemente (e.g., 14.77 km vs 384 km para *Tapirus terrestris;* 3.80 km vs 48 km para *Tayassu tajacu*; 2.33 km vs 96 km para *Dasypus novemcinctus*) (Zapata-Ríos *et al*., 2006).

Para los dos sitios de muestreo encontramos que esta diversidad similar entre ambos lugares puede deberse a que los dos sectores funcionan como una sola formación vegetal, con una leve variación en el grado de alteración y recuperación en sus ecosistemas. Por ello es de resaltar que especies como el ñeque (*D. punctata*) y la danta Centroamericana (*Tapirus bairdii*) fueron los mamíferos con mayor abundancia relativa en ambas zonas. Esto puede deberse a la amplitud en el uso del hábitat para estas especies, encontrándose en bosques primarios o secundarios y cerca de zonas húmedas o secas. Igualmente, al tratarse de un área protegida, las poblaciones de estas especies podrían ser altas al no ser objeto de cacería al interior del Parque. Donde la cacería, la destrucción y la fragmentación de los bosques en otras áreas se ha observado que condicionan la presencia y abundancia de estas especies (Starker, 2000; Linares, 1998).

Es importante señalar que a pesar que estas amenazas son poco frecuentes en la zona, entre las especies registradas, 8 presentan algún grado de amenaza a nivel nacional, jaguar (*Panthera onca*) (Vulnerable VU), ocelote (*Leopardus pardalis*) (Casi Amenazado: NT), margay (*Leopardus wiedii*) (Casi amenazado NT), pecarí de collar (*Tayassu pecari*) (Vulnerable VU), venado de racimo (*Odocoileus virginianus*) (En Peligro crítico CR) y la danta centroamericano (*Tapirus bairdii*) (En Peligro Crítico CR), (Rodríguez *et al*., 2006), (*Myrmecophaga tridactyla*) (Vulnerable VU).

Por otra parte la alta abundancia relativa de *L. pardalis* en la zona del Tendal puede estar asociada a la abundancia y presencia de sus presas principales en la zona como *D. puntacta y C. paca.* Sin embargo la presencia de abundante cobertura vegetal es importante como factor limitante para su distribución (Nowell y Jackson 1996), aunque algunos estudios indican que esta especie se adapta bien en hábitats perturbados (Linares 1998, Wong *et al.,* 1999, Emmons, 1999; Caso *et al*., 2008), condiciones que se observan en este sector. Donde con frecuencia utiliza los caminos hechos por el hombre (Harmsen *et al*., 2010; Arias-Alzate *et al*., 2012). Así mismo, la alta abundancia de jaguar en la zona del Tipulo puede asociarse tanto con un mejor grado de conservación del área, así como por la presencia y abundancia de sus presas principales de tamaño mediano-grande, como el *T. pecari*, *M. temama* y *T. bairdii*, las cuales son de gran importancia para la especie (Medellín *et al*., 2002; Estrada-Hernández, 2008). Igualmente presas pequeñas como *D. puntacta y C. paca* se observan con una alta frecuencia en el área.

Con relación a la temporalidad, se observa que durante la estación lluviosa las especies con mayor abundancia relativa fueron *P. onca*, *M. temama, C paca, D. puntata, P. tajacu* y *T pecari.* Esto puede relacionarse con el aumento y crecimiento de la vegetación como recurso para especies herbívoras, las cuales igualmente forman parte del recurso alimenticio del jaguar. De esta forma se evidencia que esta especie en el área de estudio se relaciona en gran medida con el patrón de dispersión de sus presas potenciales, siendo mayor su abundancia en época de lluvia que en época seca. Con respecto a la temporada seca, en la cual se observa que tanto la danta Centroamericana, como el ñeque y el zorro perro son las más abundantes, puede relacionarse al alto consumo de frutos y semillas de las primeras especies y que durante este periodo los individuos tienden a desplazarse más para encontrar suficiente cantidad de alimento. Esto concuerda con lo propuesto por

Restrepo y Betancourt (2006) los cuales señala que la alimentación del tapir en la zona de estudio en su gran mayoría se compone de frutos durante esta temporada seca. Es importante señalar que al parecer esta especie en el área durante esta época prefiere las zonas bajas que presentan abundantes fuentes de agua. Esto coincide con lo reportado por Naranjo (1995); Naranjo y Cruz (1998); Salas (1996) y Candido-Rocha *et al.,* (2006).

Con relación a la estimación de la abundancia a partir de la identificación de huellas, todas las huellas encontradas en las unidades muestrales fueron colectadas con la técnica de parafina vaciada, este procedimiento permite tener las improntas tal como se encuentran en el campo, posibilitando así realizar mediciones confiables. Otros métodos como el uso de fotografías, están condicionados a la luminosidad del ambiente y la destreza en la toma de las imágenes, lo que puede acarrear imprecisiones a la hora de realizar la medición un condicionante de la fotografía es el uso en lo posible de escalas. Los dibujos de huellas aunque son de bajo costo, requieren capacitación y están sujetos a la subjetividad de quien realiza los trazos, lo que puede acarrear errores y omisiones en la percepción de la forma y tamaño de la huella. De ahí la importancia de colectar las improntas para un adecuado análisis morfométrico. Una serie de estudios enfocados a identificar individualmente felinos por sus huellas, han mostrado que esta estimación es posible realizarla a partir de la discriminación objetiva de los rastros por medio de análisis morfométricos (Winegarner, 1985; Smallwood y Fitzhugh, 1993; Riordan, 1998; Grigione *et al*., 1999; Lewison *et al*., 2001; Sharma *et al*., 2003 y 2005; Gusset y Burgener, 2005).

Con base en las variables seleccionadas y siguiendo la metodología propuesta, se logró discriminar e identificar los posibles individuos presentes en la muestra. En los sectores analizados del PNNK, se estima la presencia de cuatro (04) jaguares, que posiblemente podrían corresponder a cuatro territorios. Sin embargo, esta metodología no permite realizar este tipo de inferencias. Posiblemente, un estudio más amplio de campo podrá permitir que la discriminación de individuos de ambos sexos por sus huellas junto con datos de animales conocidos (zoológico) y animales en estado silvestre, permitan obtener información más detallada y exacta como la densidad poblacional, la conformación de territorios, entre otros aspectos. García (2010), plantea que las diferencias entre las hembras y machos de puma son consistentes con el dimorfismo de tamaño de ambos sexos, lo que convierte en un factor importante para la identificación de los individuos a partir de sus huellas, tal y como

se evidencio en este estudio. Esto se debe a que cuando se analizan independientemente los datos pertenecientes únicamente a patas o manos, los posibles individuos que puedan encontrarse en la muestra son susceptibles a ser agrupadas dentro de una matriz como réplicas de un mismo individuo y no como individuos diferentes, Isasi-Catalá y Barreto, 2008; Grigione *et al*., (1999), quienes analizaron un conjunto de datos correspondientes únicamente a las extremidades posteriores (derechas e izquierdas) de varios individuos de puma, determinaron que no existen diferencias significativas entre ambas extremidades para cada variable, lo que apoya aún más la recopilación de información tanto de extremidades delanteras como traseras para estimar e identificar los individuos presentes en un área en particular.

Resultados similares obtenidos en estudios de campo con otras especies, referencian el uso de esta técnica como innovadora y con un potencial alto para ser usado en estudios donde su interés sea el cuantificar la abundancia (Smallwood y Schonewald, 1996; Aranda, 2000; Palma y Gurgel-Goncalves. 2007; Contreras-Díaz, 2009). Isasi-Catalá y Barreto (2008) señalan por ejemplo, que la subestimación o la sobreestimación en el número de individuos de manera más objetiva por medio de análisis morfométricos y multivariados de un área dada es menos riesgosa. Por ello este método resulta adecuado para ser aplicado en estudios con fines de conservación y manejo principalmente de áreas protegidas como el PNNK. Sin embargo, es importante considerar que algunas variables de campo pueden influir en la recopilación de los datos. Por ejemplo, el efecto del sustrato sobre la talla y forma de los rastros. Los resultados en otros estudios han demostrado que la variabilidad en la forma y tamaño de las huellas está relacionada a las características de plasticidad del sustrato, las condiciones climáticas y la velocidad de locomoción (Simonetti y Huareco 1999) y esto puede interferir con la capacidad del observador para determinar una especie por sus huellas (Grigione *et al*., 1999; Karanth, 1999; Isasi-Catalá y Barreto, 2008) y aunque en este estudio no se midió directamente, se procuró controlar este efecto al establecer las estaciones de muestreo con las mismas dimensiones y el mismo tipo de sustrato (limoarenosos), el cual presento una granulometría menor a 1 mm, condiciones adecuadas para una buena impresión de las huellas. En este sentido, esta estandarización del sustrato es parte importante de la metodología de estaciones de huellas para lograr adecuadas discriminación y estimaciones tanto de la diversidad como de la abundancia de las especies presentes en un área en particular.

Estudios de morfometría de huellas con pequeños felinos, han corroborado nuestras afirmaciones acerca del reconocimiento de estos por medio de sus rastros (De Carvalho *et al*., 2015), si su implementación se realiza con personal poco experto en el arte del rastreo.

Algunos autores sugieren, mayor precaución sobre datos de presencia de felinos pequeños, para asegurar el valor de conservación de un área en particular, particularmente para felinos pequeños, adoptando estrategias de muestreo multidisciplinario para aumentar la precisión de la identificación (Bertrand *et al*., 2012; De Carvalho *et al*., 2015).

El procedimiento de identificación por medio morfométrico es innovador, ya que simplifica y aumenta la confiabilidad de la identificación de especies basada en huellas. No basándose exclusivamente en la capacidad de observación, sino en análisis morfométricos, los cuales pueden ser utilizados por profesionales no expertos en el tema del rastreo (Bertrand *et al*., 2012).

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que es posible proponer un programa adecuado de control y vigilancia, utilizando parcelas de huellas distribuidas en diferentes transectos al interior de áreas protegidas, para detectar acciones de manejo en senderos intervenidos por la tala ilegal del bosque y otras acciones de tipo antrópico, que pueden afectar la sobrevivencia de especies importantes de fauna para su conservación, como lo son el jaguar y la danta centroamericana, objetos de conservación de esta unidad de conservación.

Uno de los grandes problemas de estudiar a los mamíferos silvestres a través de sus rastros es la dificultad para identificar diferentes individuos; con el desarrollo de este tipo herramienta se logra la identificación de individuos a partir del análisis morfométrico de sus huellas, método que brinda la posibilidad de identificar individuos de jaguar, permitiendo la evaluación rápida de sus poblaciones, sin involucrar altos costos y tecnologías sofisticadas (como el fototrampeo).

Se considera que este método de identificación de individuos es aplicable en campo y representa una manera fácil de estimar el número de jaguares presentes en un área muestreada. A pesar que es necesario mejorar la herramienta y complementarla con otras diferentes para lograr estimar de manera confiable la abundancia de estos felinos en campo, esta metodología representa una alternativa factible para obtener datos basados en estudios cuantitativos de estimación y necesarios para la implementación a largo plazo de planes de manejo y conservación para especies con alto grado de vulnerabilidad.

En conclusión, los muestreos de huellas son una herramienta efectiva para una rápida estimación de la diversidad, abundancia de mamíferos medianos y grandes, además de ser usados para la diferenciación de individuos de jaguar en el PNNK. Su bajo costo en la implementación posibilita su utilización en áreas protegidas, donde los recursos para este tipo de acciones son limitados.

Las técnicas para el monitoreo de las poblaciones deben estar debidamente probadas antes de ser implementadas a gran escala. Sin embargo, los métodos como el de parcelas de huellas demuestran ser eficientes para estimar la riqueza de especies que utilizan los

diferentes senderos al interior de las áreas protegidas. Este método puede ser útil para el diagnóstico y gestión de unidades de conservación, la generación de información y los pronósticos importantes para la gestión y conservación de los mamíferos, en especial aquellos que se encuentran en peligro de extinción. Se deberá dedicar esfuerzo y trabajo, ya que si se logran métodos prácticos para distinguir individuos por sus rastros, las posibilidades de estudio en el campo aumentaran y mejorarán notablemente.

Referencias

Acosta, G. y Simonetti, J. 1999. Guía de huellas de once especies de mamíferos del bosque templado chileno. *Boletín del museo nacional de historia natural*, Chile 48: 19-27.

Aranda, J. M. 1990. *El Jaguar (Panthera onca) en la reserva Calakmul, México: Morfometría, hábitos alimenticios y densidad de la población. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.*

Aranda, J. M. 1993. *Hábitos alimentarios del Jaguar (Panthera onca) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul*, Campeche. pp.. 231-238 In: R.A. Medellín y G. Ceballos (Eds). Avances en el Estudio de los Mamíferos de México, Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., México, D.F.

Aranda, J. M. 2000. *Huellas y otros Rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*. Primera edición. Ed. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz - México, 212 págs.

Aranda, J. M. 2012. *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). México, D.F., México.255 pp.

Arias-Alzate, A, Navarro, J.F., Martínez-Meyer, E. y González-Maya, J. F. 2013. Revisión de libro: Aranda JM. 2012. Manual para el Rastreo de Mamíferos Silvestres de México. *Revista Latinoamericana de Conservación* 3(2): 58-60.

Azobional. 1988. *Plan guía de manejo del Parque Nacional Natural los Katíos. Instituto Nacional de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables, INDERENA, Bogotá.*

Bailey, J. 1984. *Principles of wildlife management*. John Wiley y Sons. New York. 386 pp.

Bergallo, H.G. 1990. Fatores determinantes do tamanho da área de vida em mamíferos. *Ciência e Cultura* 42 (12): 1067-1072.

Bertrand A. S. y A. Morisot. 2012. Neotropical spotted cat species discrimination using morphometrics. *Natureza y Conservação* 10(1):1-5

Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A.B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Mittermeier, C. G., Pilgrim, J.D. y Rodrigues, A. S. L. 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313: 58–61.

Candido-Rocha, E., Silva, E.; Venancio-Martins, S. y Cardoso-Barreto. C., F. 2006. Evaluación estacional de la riqueza y abundancia de especies de mamíferos en la Reserva Biológica Municipal "Mário Viana", Mato Grosso, Brasil. *Rev. biol. Trop*. vol.54, n.3, pp.879-888.

Cardinale, B. J; Duffy, J.E.; Gonzalez, A.; Hooper, D.U.; Perrings, C.; Venail, P.; Narwani, A.; *et al*., 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486 (7401):59-67.

Carrillo, E. 2000. *Ecology and conservation of white-lipped peccaries and Jaguars in Corcovado Nacional Park, Costa Rica. Ph. D. Thesis, University of Massachusetts.*

Carrillo, E., Wong, G. y Cuarón, A. D. 2000. Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology* 14 (6): 1580-1591.

Caso, A., Lopez-Gonzales, C., Payan, E., Eizirik E., De Oliveira, T., Leite-Pitman, R., Kelly M. y Valderrama, C. 2008. *Leopardus pardalis*. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2012.2: 4

Caughley, G. 1977. Analysis of Vertebrate Populations. John Wiley y Sons Ltd., London.

Ceballos, G., Chávez, C., Rivera, A., Manterota, C. y Wal, l. B. 2002. *Tamaño poblacional y conservación del Jaguar en la reserva de la biosfera de Calakmul, Campeche, México*. El Jaguar en el nuevo milenio. 404 pp.

Ceballos, G., H. Zarza, C. Chávez, and J. F. González-Maya. 2016. Ecology and conservation of jaguars in México: State of knowledge and future challenges. Pp. 273-289,

in Tropical Conservation: Perspectives and local and global priorities (Aguirre A., y R. Sukumar, eds.). Oxford University Press. Oxford, U. S. A.

Chávez, C., y Ceballos, G. 2014. Jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758). In G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 507-509).USA: Johns Hopkins University Press.

Chinchilla, F. 1994. *Dos métodos de evaluación de abundancia relativa de felinos en ambientes tropicales: conteo de pistas y atracción olfativa. Tesis de Magister en Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamerica y el Caribe. Universidad Nacional. Costa Rica.*

Chinchilla, F. A. 1997. Diets of *Pathera onca*, *Felis concolor*, and *Felis pardalis* (Carnivora: Felidae) in Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. *Revista de Biologia Tropical* 45:1223-1229 pp.

Contreras-Díaz, R., Santos-Moreno, G. A., Alfaro, A. M. y Pérez-Lustre, M. 2009. Identificación individual de tepezcuintle (*Cuniculus paca*) mediante el uso de huellas. *Revista Mexicana de Mastozoología* 13:34-45.

Cuellar, E. y Noss, A. 1997. Conteo de huellas en brechas barridas: un índice de abundancia para mamíferos. *Ecología en Bolivia.* 30:55-67.

Davis, D. y Winstead, R. 1980. Estimación de tamaños poblacionales de vida Silvestre pp.233-258. En: Rodríguez-Tarrés R (Ed.), 1987. *Manual de técnicas de gestión de vida silvestre*, cuarta ed. WWF. Washington, D.C. 703 pp.

De Almeida, R. 2003. *Ecología y conservación de felinos silvestres en el área de influencia del Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. Tesis de Magister en Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamerica y el Caribe. Universidad Nacional. Costa Rica.*

De Angelo, C., Paviolo, A., Di Blanco, Y. y Di Bitetti, M. 2008. *Guía de huellas de los mamíferos de Misiones y otras áreas del subtrópico argentino*. Ediciones del subtrópico. 119 pp.

De Angelo, C., Paviolo, A. y Di Bitetti, M. 2010. Traditional Versus Multivariate Methods for Identifying Jaguar, Puma, and Large Canid Tracks. *Journal of Wildlife Management* 74(5):1141–1153.

De Carvalho, W. D., Rosalino, L. M., Dalponte, J. C., Santos, B., Harumi Adania, C. y Lustosa Esbérard, C. E. 2015. Can footprints of small and medium sized felids be distinguished in the field? Evidences from Brazil's Atlantic Forest. Tropical Conservation *Science* Vol. 8 (3): 760-777.

Emmons, L. H. 1999. *Mamíferos de los bosques húmedos de América Tropical: Una guía de campo*. Primera edición en español. Editorial F.A.N. Bolivia, 298 p.

Espinal, L. S. y Montenegro, E. 1963. *Formaciones vegetales de Colombia; memoria explicativa sobre el mapa ecológico*. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". 201 pp.

Espinal, L. S. 1964. Formaciones vegetales del departamento de Antioquia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* (Colombia) 24(60):1-83 pp.

Estrada-Hernández, C. G. 2008. Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) en la Selva Maya, Centroamérica. *Revista Mexicana de Mastozoología.* 12:113-130.

Galindo-Leal, C. 2009. *Panthera onca*. Ciudad de México, México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Garcés, D. y De La Zerda, S. 1994. *Gran libro de Parques Nacionales en Colombia*. Intermedio editores, Círculo de lectores. 230 pp.

García, K. P., Ortiz, J. C., Vidal, M. y Rau, J. R. 2010. Morphometrics of the tracks of *Puma concolor*: Is it possible to differentiate the sexes using measurements from captive animals?. *Zoological Studies* 49(4): 577-582.

Gibbs, J. P. 2000. Monitoring populations. Pp. 213-252, *En*: *Research techniques in animal ecology* (Boitani, L y Fuller, T. K., eds.). Columbia University Press, New York.

Glanz, W. E. 1982. Fauna de mamíferos terrestres de la isla Barro Colorado: censos y cambios a largo plazo. Pp. 523-536. *En*: Leiht, E. G., Rand, A. S. y Windsor, D. M. (Eds.), 1990. *Ecología de un bosque tropical*. Smithsonian Tropical Research Inst. Balboa, Panamá. 546 pp.

Gompper, M. E., Kays, R. W., Ray, J. C., Lapoint, S. D., Bogan, D. A. y Cryan, J. R. 2006. A comparison of noninvasive techniques to survey carnivore communities in Northeastern North America. *Wildlife Society Bulletin.* 34:1142-1151.

González, S. 2005. Métodos de muestreo no invasivo para el diagnóstico de la diversidad de mamíferos. *Agrociencia*. Vol. IX N˚ 1 y N° 2 pág. 545 – 550.

Grigione, M. M., Burman, P. V., Bleich, C. y Pierce, B. M. 1999. Identifying individual mountain lions *Felis concolor* by their tracks: refinement of an innovative technique. *Biological Conservation*. 88:25-32.

Gusset, M y Burgener, N. 2005. Estimating larger carnivore numbers from tracks counts and measurements. *African Journal of Ecology*, 43:320-324.

Harmsen, B. J., Foster, R. J., Silver, S., Ostro, L. y Doncaster, C. P. 2010. Differential use of trails by forest mammals and the implications for camera trap studies, a case study from Belize. *Biotropica.* 42(1):126-133.

Harrington, L. A., Harrington, A. L. y Macdonald, D. W. 2008. Distinguishing tracks of mink *Mustela vison* and polecat *M. putorius*. *European Journal of Wildlife Research* 54 (2):367-371.

Hill, D., Fasham M., Tucker G., Shewry M., y Shaw, P. 2005. *Handbook of Biodiversity Methods: Survey, Evaluation and Monitoring*. Cambridge University Press 573 p.

Hon, T. 1979. Relative abundance of bobcats in Georgia: survey techniques and preliminary results. 104 - 106 pp. *In*: Blums, L. G. y Escherich, P.C. (eds). Bobcat research conference proceedings. *Natl. Wildl. Fed., Tech. Rep*. Ser. 6. Washington, D.C.

Isasi-Catalá, E. y Barreto, G. R. 2008. Identificación de individuos de jaguares (*Panthera onca*) y pumas (*Puma concolor*) a partir de morfometría de sus huellas (Carnivora: Felidae). *International Journal of Tropical Biology.* 56:1893–1904.

James, F.C. y Mcculloch, C.E. 1990. Multivariate Analysis in ecology and Systematics: Panacea or Pandora's Box?. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21:129-166.

Karanth, U. 1999. *Counting tigers, with confidence*, p 350-353. *In*: Seidensticker, J., Christie S. y Jackson, P. (eds). Riding the Tiger. Cambridge University, Cambridge, Reino Unido.

Kremen, C., Merenlender, A. D. y Murphy, D. D. 1994. Ecological monitoring: a vital need for integrated conservation and development programs in the tropics. *Conserv. Biol*. 8:388-397.

Lewison, R., Fitzhugh, E. L. y Galentine, S. P. 2001. Validation of a rigorous track classification technique: identifying individual mountain lions. *Biol. Conserv*. 99: 313-321.

Linares, O. 1998. *Mamíferos de Venezuela*. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. 691 pp.

Linhart, S. B. y Knowlton, F. F. 1975. Determining the relative abundance of coyotes by scent station lines. *Wildlife Society Bulletin*, Vol. 3 No. 3 p 119-124.

Linscombe, G., Kinler, N. y Wrigth, V. 1983. An analysis of scent-station response Louisiana. Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Fish. Wildl. Agencies 37: 190 – 200 pp.

Lyra-Jorge, M.C., Ciocheti, G. y Pivello, V.R. 2008. Carnivore mammals in a fragmented landscape in northeast of Sao Paulo, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 17, 1573-1580.

McCain, E. B. y J. L. Childs. 2008. Evidence of resident jaguars (*Panthera onca*) in the Southwestern United States and the implications for conservation. Journal of Mammalogy 89:1-10.

Mangini, P. R. y Nicola, P. A. 2004. Captura e marcação de animais silvestres. *In*: Cullen-Jr. L.; Rudran, R. y Valladares-Pádua, C. (org). *Métodos de estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. Editora da Universidade Federal do Paraná, Paraná.

Medellín, R. A., Equihua, C., Chekiewicz, C., Crawshaw, P. G., JR, Rabinowitz, A., Redford, K.H., Robinson, J. G., Sanderson, E. W. y Taber, A. B. (comps.). 2002. *El jaguar en el nuevo milenio*. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife Conservation Society. México, D. F.

Mejía-Fernández M. 1991. Litoral pacífico colombiano y cuenca del Atrato: clima y uso de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, Vol. 3, No. 1, págs. 61-203

Mejia-Gutierrez, M. 1983. *Clasificaciones climáticas y clasificaciones ecológicas*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle. 32 págs.

Miller, B., Dugelby, B., Foreman, D., Martínez Del Río, C., Noss, R., Phillips, M., Reading, R., Soulé, M., Terborgh, J. y Wilcox, L. 2001. The Importance of Large Carnivores to Healthy Ecosystems. *Endangered Species UPDATE*, 18(5).

Moreira, J., García, R., McNab, R., Ponce-Santizo, G., Mérida, M., y Ruano, G. 2009. *Abundancia de Jaguares y Evaluación de Presas Asociadas al Fototrampeo en las Concesiones Comunitarias del Bloque de Melchor de Mencos, Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala (Informe Final).* Guatemala: Wildlife Conservation Society, Programa para Guatemala.

Muñoz-Pedreros, A. 2006. *Técnicas indirectas de detección de mamíferos terrestres no voladores*. Guía para los cursos de Evaluación de Recursos Naturales y Aves y Mamíferos

de Chile. Laboratorio de Ecología Aplicada, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco. 28 pp.

Muñoz-Pedreros, A. 2011. *Huellas y signos de mamíferos de Chile*. CEA Ediciones, Valdivia, Chile. 112 pp.

Nachman, J. E. 1993. *Use of Scent Station as a Survey Technique in the Neotropics*. En: Preliminary Comparison of Four Neotropical Survey Techniques for Terrestrial Mammals, Thesis, Master of Science in Natural Resource. University of Wisconsin.

Naranjo, E. J. 1995. Hábitos de alimentación del tapir (*Tapirus terrestris*) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. *Vida silvestre neotropical*. 34: 32-37.

Naranjo, E. J. y Cruz, E. 1998. Ecología del tapir (*Tapirus bairdii*) en la reserva de la biosfera La Sepultura, Chiapas México. *Acta zoológica mexicana* (ns) 73: 111-125.

Naranjo, E. J. 2000. Estimaciones de abundancia y densidad en poblaciones de fauna silvestre tropical. Pp. 37–46, en: *Manejo de fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica*. (Cabrera, E., Mercolli, C., y Resquin, R., eds), Asunción, Paraguay.

Navarro, J. F. y J. Muñoz. 2000. *Manual de huellas de algunos mamíferos terrestres de Colombia*. Multimpresos. Medellín. 136 p.

Nowell, K. y Jackson, P. (Eds). 1996. *Wild cats: status survey and conservation action plan*. Gland, Switzerland: IUCN.

Nuñes, R., Miller, B. y Lindsey, F. 2002. Ecología del Jaguar en la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México, En: Medellín R. *El Jaguar en el Nuevo Milenio*. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.

Palma, R. T. y Gurgel-Goncalves, R. 2007. Morphometric identification of small mammal footprints from ink tracking tunnels in the Brazilian Cerrado. *Rev. Bras. Zool*., vol.24, n.2, pp. 333-343.

Paviolo, A. J. 2010. Densidad de yaguareté (*Panthera onca*) en la selva paranaense: su relación con la disponibilidad de presas, presión de caza y coexistencia con el puma (*Puma concolor*). *Mastozoología Neotropical*. 2010; 17 (2): 397-398.

Peña, D. 2002. *Análisis de datos multivariados*. Madrid: Mac Graw Hill, pp. 133-158.

Ramírez, S. 2003. *Abundancia relativa y tipos de hábitat preferidos por el Jaguar (Panthera onca) y el puma (Puma concolor) en el Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. Tesis de Magíster en Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe. Universidad Nacional. Costa Rica.*

Redford, K. H. 1992. The empty forest. *BioScience* (42) 6: 412-422.

Restrepo, H. F. y Betancourt, O. 2006. Confirmación de la presencia del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) en Colombia, y estudio preliminar sobre algunos aspectos de su historia natural en el Parque Nacional Natural Los Katíos. *Tapir Conservation* vol.15/2, N˚ 20, pp. 29-36.

Ricklefs, R. E. 2001. *Invitación a la Ecología. La Economía de la Naturaleza*. Madrid, Editorial Médica Panamericana. 692p.

Riordan, P. 1998. Unsupervised recognition of individual tigers and snow leopards from their footprints. Anim. *Conserv*. 1: 253-262.

Ríos-Uzeda, B. 2001. Presencia de mamíferos medianos y grandes en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata a través del uso de métodos indirectos. *Ecología en Bolivia.* 35:3-16.

Rodríguez-M, J. V., Alberico, M., Trujillo, F. y Jorgenson, J. (Eds.). 2006. *Libro Rojo de los Mamíferos de Colombia*. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia.

Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 384 pp.

Roughton, R. y Sweeny, M. 1982. Refinements in scentstation methodology for assessing trends in carnivore populations. *J. Wildl. Manage.* 46: 217-229.

Rousseeuw, P. J. 1987. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *J. Comput. Appl. Math*., 20, 53–65.

Salas, L. A. 1996. Hábitat use by lowland tapirs (*Tapirus terrestris*) in the Tabaro River Valley, Southern Venezuela. *Canadian Journal of Zoology*. 74: 1452-1458 pp.

Sarmento, P., Cruz, J., Monterroso, P., Tarroso, P., Ferreira, C., Negroes, N y EIRA, C. 2009. Status survey of the critically endangered Iberian *lynx pardinus* in Portugal. *European Journal of Wildlife Research.* 55: 247-253.

Schaller, G. B. y Crawshaw, P. G. 1980. *Movement patterns of jaguar*. *Biotropica* 12 (3):161-168.

Scoss, L.M., De Marco, P. Jr., Silva, E. y Martins, S. V. 2004. Uso de parcelas de areia para o monitoramento de impacto sobre a riqueza de especies de mamíferos. *Rev. Árvore.* 28: 121-127.

Shackelford, J. y Whitaker, J. 1997. Relative abundance of the northern river otter, *Lutra canadensis*, in three drainage basins of southeastern. Oklahoma. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science.* 77:93–98.

Sharma, S., Jhala Y. y Sawarkar, V. B. 2003. Gender discrimination of tigers by using their pugmarks. *Wildlife society bulletin.* 31:258-264.

Sharma S, Y Jhala y V B Sawarkar. 2005. Identification of individual tigers (*Panthera tigris*) from their pugmarks. Journal of Zoology 267:11-18.

Simonetti, J. y Huareco, I. 1999. Uso de huellas para estimar diversidad y abundancia relativa de los mamíferos de la reserva de la Biosfera- Estación Biológica de Beni, Bolivia. *J neotrop. Mammal.* 6(1):139-144.

Smallwood, K. y Fitzhugh, E. 1993. A rigorous technique for identifying individual mountain lions Felis concolor by their tracks. *Biol. Conserv*. 65: 51-59.

Smallwood, K. S. y Fitzhugh, E. L. 1995. A track count for estimating mountain lion *Felis concolor californica* population trend. *Biol. Conserv*. 71: 251-259 pp.

Smallwood, K. S. y Schonewald, C. 1996. Scaling population density and spatial pattern for terrestrial, mammalian carnivores. *Oecologia.* 105, pp. 329–335

Stander, P.E., Haden, P.J., Kaqece y Ghau, I. I. 1997. The ecology of a sociality in Namibian leopards. *J. Zool., Lond*.242: 343–364.

Starker, A. 2000. *Fauna Silvestre de México, aves y mamíferos de caza*. 2ª edición. Editorial Pax México 608 p.

Steinmetz, R. y Garshelis, D. L. 2008. Distinguishing Asiatic black bears and sun bears by claw marks on climbed trees. *Journal of Wildlife Management.* 72 (3):814-821.

Telleria, J. L. 1986. *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Raíces. Barcelona-España. 278 pp.

Terborgh, J., Lopez, L., Nunez, P., Rao, M., Shahabuddin, G., Orihuela, G., Riveros, M., Ascanio, R., Adler, G.H., Lambert, T.D. y Balbas, L., 2001. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. Science 294(5548): 1923-1926.

Travaini, A, Pereira, J, Martínez-Peck, R. y Zapata, S. 2003. Monitoreo de zorros colorados (*Pseudalopex culpaeus*) y grises (*P. griseus*) en Patagonia: diseño y comparación de dos métodos alternativos. *Mastozoología Neotropical.* 10:277-291.

Travaini, A., Laffitte, R. y Delibes, M. 1996. Determining the relative abundance of European red foxes by scent-station methodology. *Wildl. Soc. Bull*. 24: 500-504.

UICN. 2015. The IUCN red list of threatened species. Versión 2015.3. Recuperado de: http://www.iucnredlist.org

Van Dyke, F. G., Brocke, R. H. y Shaw, H. G. 1986. Use of road track counts as indices of mountain lion presence. *J. Wildl. Manage.,* 50, 102-9.

Vásquez, V. y Serrano, M. 2009. *Las áreas naturales protegidas de Colombia*. Conservación Internacional – Colombia y Fundación Biocolombia. Bogotá, Colombia. XV. 696 pp

Víquez-R, L.R., Arias-Alzate, A., Cepeda, A. A y González-Maya, J. F. 2013. La conservación de la diversidad biológica más allá de los enfoques monoespecíficos. *Revista Latinoamericana de Conservación.* 3 (2): 1-6.

Wemmer, C, T., Kunz, H., Lundie-Jenkins, G. y Mcshea, W. J. 1996. Mammalian sign. *En*: *Measuring and Monitoring Biological Diversity - Standard Methods for Mammals*, editado por Wilson, D. E., Cole, F. R., Nichols J. D., Rudran, R. y Foster, M. S. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., USA. pp 157-176.

White, L. y Edwards, A. (eds). 2000. *Conservation research in the African rainforests: a technical handbook*. Wildlife Conservation Society, New York, 454 pp.

Wilson, D. E., Russell, F., Nichols, J. Rudran, R. y Foster, M. 1996. *Measuring and monitoring biological diversity, standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. 409 pp.

Wilson, G. J. y Delahay, R. J. 2001. A review of methods to estimate the abundance of terrestrial carnivores using field sings and observation. *Wildlife Research* 28: 151-164.

Winegarner, M. 1985. Pugmarks and the biology of the bobcat, *Lynx rufus*. *Mammalian Biology*. 50:166-174.

Wong, G., Sáenz, J.C. y Carrillo, E. 1999. *Mamíferos del Parque Nacional Corcovado, Costa Rica*. INBio. Santo Domingo de Heredia. 117 pp.

Zalewski, A. 1999. Identifying sex and individuals of pine marten using snow track measurements. *Wildlife Society Bulletin.* 27:28-31.

Zapata-Ríos, G., Aranguillin, E. y Jorgenson, J. P. 2006. Caracterización de la comunidad de mamíferos no voladores en las estribaciones orientales de las Cordillera del Kutukú, Amazonía Ecuatoriana. *Mastozoología Neotropical.* 13 (2):227-238.

Zielinski, W. J. y Truex, R. L. 1995. Distinguishing tracks of closely-related species: marten and fisher. *Journal of Wildlife Management.* 59:571-579.

Conclusiones o consideraciones finales

Los métodos de detección mediante el uso de rastros, son útiles en gran variedad de estudios tanto taxonómicos como ecológicos debido a su fácil implementación, bajo costo y rapidez. En el Neotrópico se han adelantado innumerables estudios utilizando métodos indirectos, como es el uso del rastreo. Los avances en la tecnología si bien han permitido la adecuación de una gran variedad de métodos para el estudio de los mamíferos, independientemente del dispositivo utilizado, el uso del rastreo permite en muchos casos la ubicación de estos en el medio natural, ya que la presencia y ubicación del objeto de estudio en muchos casos se dará por técnicas de rastreo, debido a que todos los animales dejan siempre señales de su actividad.

La evaluación de superficies donde puedan quedar impresos los rastros de los mamíferos son importantes debido a que no todos los sustratos permiten realizar un registros eficaz, si bien muchas veces estos conteos permitirán visualizar las especies presentes, en algunos casos será necesario y dependiendo del tipo de estudio conocer tendencias de las poblaciones presentes por lo tanto, una técnica que permita el reconocimiento en campo y a la vez el levantamiento de improntas para análisis posteriores, facilitara la tarea, esta técnica es de bajo costo y repetible en cualquier sitio permitiendo comparaciones entre sitios, épocas climáticas y ecosistemas.

Un aspecto importante al tener en cuenta en estudios poblacionales con rastros, es la toma de información en campo, en nuestro caso utilizando morfometría de huellas, los sustratos en las que se recojan estas, deben ser sustratos preparados toda vez que los diferentes tipos de superficies pueden alterar las mediciones dando resultados erróneos sobre el número de individuos de la muestra.

La funcionalidad de las unidades muestreales (huelleros) dependen en muchos casos de las condiciones atmosféricas puesto que el lavado de los huelleros dificulta la impresión; estas deben ser diseñadas y ubicadas teniendo en cuenta poder evadir la escorrentía, además de tener en cuenta de establecer un buen número de huelleros con el fin contrarrestar el bajo número de impresiones con respecto a las que se pueden obtener haciendo rastreo por senderos, aspectos que fueron tomados en cuenta en este estudio.

Los resultados obtenidos dejan entre ver que es posible realizar un seguimiento de la fauna, utilizando parcelas de huellas distribuidas en diferentes transectos, para detectar inconvenientes con acciones de manejo en áreas protegidas, que pueden afectar la sobrevivencia de especies importantes de fauna para su conservación.

Con el desarrollo de esta herramienta se logra la identificación de individuos a partir del análisis morfométrico de sus huellas, este método que brindara la posibilidad de identificar individuos de Jaguar, permite evaluaciones rápidas de sus poblaciones, sin involucrar altos costos y tecnologías sofisticadas (como el fototrampeo) en casos donde no se cuenta con los recursos necesarios. Se considera que este método de identificación de individuos es aplicable en campo y representa una manera fácil de estimar el número de Jaguares presentes en un área muestreada, es además una alternativa factible para obtener datos basados en estudios cuantitativos de estimación y necesarios para la implementación a largo plazo de planes de manejo y conservación para especies con alto grado de vulnerabilidad.

Recomendaciones

Los mamíferos no son fáciles de observar en su ambiente natural, incluso algunos son extremadamente evasivos; razón por la cual, en algunas ocasiones los registros obtenidos representan números bajos en individuos a diferencia de otros grupos de especies, se plantea la implementación de un método de identificación de los pequeños mamíferos por medio de rastros, si bien generar referencias de sus rastros, podría permitir la identificación de individuos, desde familias y/o generos, a partir de variables morfométrica de sus huellas, para así mejorar la detectabilidad de este grupo en campo, partiendo de la dificultad para capturar individuos lo cual puede subestimar la riqueza y abundancia de los pequeños mamíferos.

Las técnicas para el monitoreo de poblaciones deben estar debidamente probadas antes de ser implementadas a gran escala, sería deseable poder refinar mucho mejor la herramienta, para el reconocimiento de sexos, esto posiblemente se lograría teniendo datos de animales vivos conocidos, con el fin de obtener parámetros como edad, sexo y tallas, que ayuden a dar mayor valor algunas de sus variables y poder reconocer la composición de sexos dentro de la muestra obtenida.

Referencias

Acosta, G. y Simonetti, J. 1999. Guía de huellas de once especies de mamíferos del bosque templado chileno. *Boletín del museo nacional de historia natural*, Chile 48: 19-27.

Acosta-Jamett, G. y Simonetti, J. A. 2004. Habitat use by *Oncifelis guigna* and *Pseudalopex culpaeus* in a fragmented forest landscape in central Chile. *Biodiversity and Conservation* 13:1135-1151.

Alfaro, F. 2001. *Caracterización de la vegetación y uso de hábitat del borochi (Chrysocyon brachyurus) y el zorro de monte (Cerdocyon thous) en la época seca y lluviosa en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado*. Tesis de licenciatura en Biología, UMSS, Cochabamba.

Andelt, W. F. y Gipson, P. S. 1979. Home range, activity, and daily movements of coyotes. *The Journal of Wildlife Management* 43: 944–951.

Angeli, T.; Oliveira, M. L. y Duarte, J. M. B. 2014. Differentiation of deer species of the genus *Mazama* by track morphometry. *Studies Neotropical Fauna Environment* 49(3):199-203.

Apeldoorn, R., Daem, M., Hawley, K., Kozakiewicz, M., Merriam, G., Nieuwenhuizen, W. y wegner, J. 1993. Footprints of small mammals. A field method of sampling data for different species. *Mammalia* 57: 407-419.

Aranda, J. M. 1981. *Rastros de los mamíferos silvestres de México, manual de campo*. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos. México, D. F. 178 p.

Aranda, J. M. 1990. *El Jaguar (Panthera onca) en la reserva Calakmul, México: Morfometría, hábitos alimenticios y densidad de la población. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.*

Aranda, J. M. 1993. *Hábitos alimentarios del Jaguar (Panthera onca) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul*, Campeche. pp.. 231-238 In: R.A. Medellín y G. Ceballos (Eds).

Avances en el Estudio de los Mamíferos de México, Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., México, D.F.

Aranda, M. 1998. Densidad y estructura de una población del jaguar (Panthera onca) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Acta Zool. Mex*. (n.s.) 75:199-201.

Aranda, J. M. 2000. *Huellas y otros Rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*. Primera edición. Ed. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz - México, 212 págs.

Aranda, M. 2005. *Aplicaciones del rastreo en la investigación mastozoológica*. Documento sin publicar. 6 pp.

Aranda, J. M. 2012. *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). México, D.F., México.255 pp.

Arias-Alzate, A, Navarro, J.F., Martínez-Meyer, E. y González-Maya, J. F. 2013. Revisión de libro: Aranda JM. 2012. Manual para el Rastreo de Mamíferos Silvestres de México. *Revista Latinoamericana de Conservación* 3(2): 58-60.

Azobional. 1988. *Plan guía de manejo del Parque Nacional Natural Los Katíos. Instituto Nacional de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables, INDERENA, Bogotá.*

Bailey, J. 1984. *Principles of wildlife management*. John Wiley y Sons. New York. 386 pp.

Balderrama, J., Aguirre, L. F., Aguayo, R., Alfaro, F., Rejas, D. y Zuñiga, L. 2005. *Técnicas de Colecta y Censo de Fauna*. Museo Americano de Historia Natural (AMNH). Nueva York. 39 p.

Baldwin, R., Gipson, P. S., Zuercher G. L., y Troy, R. 2006. The effect of scent-station precipitation covers on visitations by mammalian carnivores y eastern cottontails. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 109: 3-10.

Barrett, R. H. 1983. Smoked aluminum track plots for determining furbearer distribution and relative abundance. *Calif. Fish and Game*. 69(3):188-190.

Bautista, F., Delfín, H., Palacio, J.L., y Delgado, M.C. 2004*. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Primera edición. Universidad Autónoma de México. México, México D.F. 507pp.

Becker, M. y Dalponte, J. C. 1999. *Rastros de mamíferos silvestres brasileiros: Um guia de campo*. 2ª.ed. Universidade de Brasília. 180 pp.

Becker, M. y Dalponte, J. C. 2013. *Rastros de Mamíferos Silvestres Brasileiros*: Um Guia de Campo. 3ª.ed. Technical Books. 170 pp.

Belant, J.L. 2003. Comparison of 3 tracking mediums for detecting forest carnivores. *Wildlife Society Bulletin* 31: 744-747.

Bergallo, H.G. 1990. Fatores determinantes do tamanho da área de vida em mamíferos. *Ciência e Cultura* 42 (12): 1067-1072.

Bertrand A. S. y A. Morisot. 2012. Neotropical spotted cat species discrimination using morphometrics. *Natureza y Conservação* 10(1):1-5

Bider, J. R. 1962. Dynamics and the temporo-spatial relations of a vertebrate community. *Ecology* 43:634-646

Bider, J.R. 1968. Animal activity in uncontrolled terrestrial communities as determined by a sand transect technique *Ecol. Monogr*. 38:274-291.

Bilenca, D., M. Balla, E. Alvarez, G. Zuleta. 1999. Evaluación de dos técnicas para determinar la actividad y abundancia de mamíferos en el bosque chaqueño, Argentina. *Revista de Ecología Latinoamericana* 6 (1): 13-18

Boonstra, R., Kanter, M. y Krebs, C. J. 1992. A tracking technique to locate small mammals at low densities. *Journal of Mammalogy* 73 (3): 683-685.

Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A.B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Mittermeier, C. G., Pilgrim, J.D. y Rodrigues, A. S. L. 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313: 58–61.

Brower, J.E., J.H. Zar y Von Ende. 1990. *Field y laboratory methods for general ecology*. 3rd. ed. Wm. C. brown publ. Dubuque, Iowa. 235 pp.

Cabrera, J. A., Molano, F. y Lozano, P. 1995. *Mamíferos Macarena*. Asociación para la defensa de la Macarena. Santa Fe de Bogotá. 133 pp.

Camargo, F. N., Palma, A. R. T. y Gurgel-gonçalves, R. 2008. Variação morfológica de pegadas de roedores arborícolas e cursoriais do cerrado. Revista brasileira de zoología. 25 (4): 696–704.

Candido-Rocha, E., Silva, E.; Venancio-Martins, S. y Cardoso-Barreto. C., F. 2006. Evaluación estacional de la riqueza y abundancia de especies de mamíferos en la Reserva Biológica Municipal "Mário Viana", Mato Grosso, Brasil. *Rev. biol. Trop*. vol.54, n.3, pp.879-888.

Carrillo, E. 2000. *Ecology and conservation of white-lipped peccaries and Jaguars in Corcovado Nacional Park, Costa Rica. Ph. D. Thesis, University of Massachusetts.*

Carrillo, E., Wong, G. y Cuarón, A. D. 2000. Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology* 14 (6): 1580-1591.

Carvalho Jr, O. y Luz, N.C. 2008. *Pegadas*, série boas práticas volume 3. Editora da Universidade Federal do Pará, Belém. 64 pp.

Carvalho, W. D., Rosalino, L. M., Dalponte, J. C.; Santos, B.; Adania, C. H. y Esbérard, C. E. L. 2015. Can footprints of small and medium sized felids be distinguished in the field? Evidences from Brazil's Atlantic Forest. *Tropical Conservation Science* 8(3):760-777.

Caso, A., Lopez-Gonzales, C., Payan, E., Eizirik E., De Oliveira, T., Leite-Pitman, R., Kelly M. y Valderrama, C. 2008. *Leopardus pardalis*. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2012.2: 4.

Castello-Branco Jr. A., Garcia-Margonato., M. 2016. Identificação de mastofauna por vestígios. Interciência. 110 pp.

Caughley, G. 1977. Analysis of Vertebrate Populations. John Wiley y Sons Ltd., London.

Cavalcanti, F. y Gemésio-Lemos, F. 2012. *Rastros e pistas: guia de mamíferos de médio e grande porte do Triângulo Mineiro e Sudeste de Goiás*. Consorcio Capin Branco Energia CCBE. 118 pp.

Ceballos, G., Chávez, C., Rivera, A., Manterota, C. y Wal, l. B. 2002. *Tamaño poblacional y conservación del Jaguar en la reserva de la biosfera de Calakmul, Campeche, México*. El Jaguar en el nuevo milenio. 404 pp.

Ceballos-Cano, Y., Echeverry, A. F. y Navarro, J. F. 2018. *Caracterización de huellas de pequeños mamíferos por comparación morfométrica en un fragmento de bosque tropical de la región de Urabá, Colombia*. Trabajo de grado Corporación Académica Ambiental universidad de Antioquia.

Chaverra-Castañeda, F.A., Aguilar-Julio, C. y Navarro, J.F. 2014. *Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaidaie) en un fragmento de bosque húmedo tropical y sus hábitats periféricos en el Urabá Antioqueño. En: Asociación Colombiana de Zoología. 2014. La biodiversidad sensible: patrimonio natural irremplazable. IV Congreso Colombiano de Zoología. Libro de resúmenes. Disponibles en línea: www.congresocolombianode zoología.org / www.aczcolombia.org.*

Chávez, C., A de la Torre, H. Bárcenas, Medellín, R.A., Zarza, H. y G. Ceballos. 2013. *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso*. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Chinchilla, F. 1994. *Dos métodos de evaluación de abundancia relativa de felinos en ambientes tropicales: conteo de pistas y atracción olfativa. Tesis de Magister en Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamerica y el Caribe. Universidad Nacional. Costa Rica.*

Chinchilla, F. A. 1997. Diets of *Pathera onca*, *Felis concolor*, and *Felis pardalis* (Carnivora: Felidae) in Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. *Revista de Biologia Tropical* 45:1223-1229 pp.

Clevenger, A. P. 1993. Sign survey as an important tool in carnivore conservation research and management programmes. In Seminar on the management of small populations of threatened mammals. *Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats (Bern convention)*: 36–46. Strasbourg, France: Council of Europe.

Conroy, M. J. 1996. *Abundance indices*. Pp. 179-192. En: *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals* (Wilson, D. E., Cole F. R., Nichols J.D., Rudran R. y Foster M., eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

Contreras-Díaz, R., Santos-Moreno, G. A., Alfaro, A. M. y Pérez-Lustre, M. 2009. Identificación individual de tepezcuintle (*Cuniculus paca*) mediante el uso de huellas. *Revista Mexicana de Mastozoología* 13:34-45.

Cook, A. H. 1949. *Furbearer investigations*. New York State Conservation Dept. PR Proj.1-R. Suppl. G. Final Rep.,57 pp.

Cossíos, D., Beltrán-Saavedra, F., Bennet, M. Bernal, N., Fajardo, U., Lucherini, M., Merino, M. J., Marino, J., Napolitano, C., Palacios, R., Perovic, P., Ramirez, Y., Villalba L., Walter, S., y Sillero-Zubiri, C. 2007. *Manual de metodologías para relevamientos de carnívoros alto andinos*. Alianza Gato. Andino. Buenos Aires, Argentina. 72 p.

Crawford, T. C. 1991. *The Calculation of index numbers from wildlife monitoring data*. *In*: Goldsmith, F. B. (ed). Monitoring for Conservation and Ecology. Chapman y Hall, 220-248.

Cuellar, E. y Noss, A. 1997. Conteo de huellas en brechas barridas: un índice de abundancia para mamíferos. *Ecología en Bolivia.* 30:55-67.

Cuellar-Carrasco, L. 1999. Identificación de mamíferos cinegéticos españoles por sus huellas y señales. *Anales de la real academia de ciencias veterinarias.* VI (6) 91-106

Davis, D. y Winstead, R. 1980. Estimación de tamaños poblacionales de vida Silvestre pp.233-258. En: Rodríguez-Tarrés R (Ed.), 1987. *Manual de técnicas de gestión de vida silvestre*, cuarta ed. WWF. Washington, D.C. 703 pp.

De Almeida, R. 2003. *Ecología y conservación de felinos silvestres en el área de influencia del Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. Tesis de Magister en Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamerica y el Caribe. Universidad Nacional. Costa Rica.*

De Angelo, C., Paviolo, A. y Di Bitetti, M. 2010. Traditional Versus Multivariate Methods for Identifying Jaguar, Puma, and Large Canid Tracks. *Journal of Wildlife Management* 74(5):1141–1153.

De Angelo, C., Paviolo, A., Di Blanco, Y. y Di Bitetti, M. 2008. *Guía de huellas de los mamíferos de Misiones y otras áreas del subtrópico argentino*. Ediciones del subtrópico. 119 pp.

De Camargo, N. F., Gurgel-Gonçalves, R. y Palma, A. R. T. 2008. Variação morfológica de pegadas de roedores arborícolas e cursoriais do Cerrado. *Rev. Bras. Zool*. 25 (4): 696–704.

De Carvalho, W. D., Rosalino, L. M., Dalponte, J. C., Santos, B., Harumi Adania, C. y Lustosa Esbérard, C. E. 2015. Can footprints of small and medium sized felids be

distinguished in the field? Evidences from Brazil's Atlantic Forest. Tropical Conservation *Science* Vol. 8 (3): 760-777.

De la Maza, M. y Bonacic, C. 2013*. Manual para el Monitoreo de Fauna Silvestre en Chile. Serie Fauna Australis*, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile, 194pp.

Elbroch, M. 2003. *Mammal Tracks and Sign. A Guide to North American Species*. Stackpole Books, 779 pp.

Emmons, L. H.1987. Jaguar Predation on Chelonias. *Journal of Herpetology.* 23 (3): 311-314 pp.

Emmons, L. H. 1999. *Mamíferos de los bosques húmedos de América Tropical: Una guía de campo*. Primera edición en español. Editorial F.A.N. Bolivia, 298 pp.

Espinal, L. S. 1964. Formaciones vegetales del departamento de Antioquia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* (Colombia) 24(60):1-83 pp.

Espinal, L. S. y Montenegro, E. 1963. *Formaciones vegetales de Colombia; memoria explicativa sobre el mapa ecológico*. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". 201 pp.

Estrada-Hernández, C. G. 2008. Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) en la Selva Maya, Centroamérica. *Revista Mexicana de Mastozoología.* 12:113-130.

Fowler, J. y L. Cohen. 1990. *Practical statistics for field biology*. Open University Press. 227 pp.

Gallina, S., y López- González, C. 2011*. Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México. 377 pp.

Gámez-Vintaned, J. A. y Liñán, E. 1996. Revisión de la terminología icnológica en español. *Revista Española de Paleontología.* 11 (2), 155-176.

Garcés, D. y De La Zerda, S. 1994. *Gran libro de parques nacionales en Colombia*. Intermedio editores, Círculo de lectores. 230 pp.

García, K. P., Ortiz, J. C., Vidal, M. y Rau, J. R. 2010. Morphometrics of the tracks of *Puma concolor*: Is it possible to differentiate the sexes using measurements from captive animals?. *Zoological Studies* 49(4): 577-582

Gibbs, J. P. 2000. Monitoring populations. Pp. 213-252, *En*: *Research techniques in animal ecology* (Boitani, L y Fuller, T. K., eds.). Columbia University Press, New York.

Glanz, W. E. 1982. Fauna de mamíferos terrestres de la isla Barro Colorado: censos y cambios a largo plazo. Pp. 523-536. *En*: Leiht, E. G., Rand, A. S. y Windsor, D. M. (Eds.), 1990. *Ecología de un bosque tropical*. Smithsonian Tropical Research Inst. Balboa, Panamá. 546 pp.

Glennon, M. J., Porter, W. F. y Demers, C. L. 2002. An alternative field technique for estimating diversity of small-mammal populations. *Journal of Mammalogy*. 83:734–742.

Gompper, M. E., Kays, R. W., Ray, J. C., Lapoint, S. D., Bogan, D. A. y Cryan, J. R. 2006. A comparison of noninvasive techniques to survey carnivore communities in Northeastern North America. *Wildlife Society Bulletin.* 34:1142-1151.

González-Maya, J. F., Castaño-Uribe, C., Balaguera-Reina, S. A., Zárrate-Charry, D., Cepeda, A. A., y Jaramillo, C. A. 2011. *La importancia de los felinos como especies clave en los procesos de planificación en Colombia: El plan de conservación de los felinos para el caribe colombiano*. Boletín Alúna Boletín Oficial Del Proyecto De Conservación De Aguas y Tierras ProCAT-Vol, 3, 2.

González, S. 2005. Métodos de muestreo no invasivo para el diagnóstico de la diversidad de mamíferos. *Agrociencia*. Vol. IX N˚ 1 y N° 2 pág. 545 – 550.

Grigione, M. M., Burman, P. V., Bleich, C. y Pierce, B. M. 1999. Identifying individual mountain lions *Felis concolor* by their tracks: refinement of an innovative technique. *Biological Conservation*. 88:25-32.

Goulart, F. V. B., N. C. Caceres, M. E. Graipel, M. A. Tortato, I. R. Ghizoni, y L. R. Oliveira-Santos. 2009. Habitat selection by large mammals in a southern Brazilian Atlantic Forest. Mammalian Biology 74:184-192

Gusset, M y Burgener, N. 2005. Estimating larger carnivore numbers from tracks counts and measurements. *African Journal of Ecology*, 43:320-324.

Guzmán-Lenis, A. y Camargo-Sanabria, A. 2004. Importancia de los rastros para la caracterización del uso de hábitat de mamíferos medianos y grandes en el bosque los Mangos (Puerto López, Meta, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 9 No 1.

Harmsen, B. J., Foster, R. J., Silver, S., Ostro, L. y Doncaster, C. P. 2010. Differential use of trails by forest mammals and the implications for camera trap studies, a case study from Belize. *Biotropica.* 42(1):126-133.

Harrington, L. A., Harrington, A. L. y Macdonald, D. W. 2008. Distinguishing tracks of mink *Mustela vison* and polecat *M. putorius*. *European Journal of Wildlife Research* 54 (2):367-371.

Henshaw, R. E. 1981. Toe-clipping coyotes for individual identification: a critique. *J. Wildl. Manage.* 45: 1005-1007.

Hon, T. 1979. Relative abundance of bobcats in Georgia: survey techniques and preliminary results. 104 - 106 pp. *In*: Blums, L. G. y Escherich, P.C. (eds). Bobcat research conference proceedings. *Natl. Wildl. Fed., Tech. Rep*. Ser. 6. Washington, D.C.

Isasi-Catalá, E. y Barreto, G. R. 2008. Identificación de individuos de jaguares (Panthera onca) y pumas (Puma concolor) a partir de morfometría de sus huellas (Carnivora: Felidae). *International Journal of Tropical Biology.* 56:1893–1904.

James, F.C. y Mcculloch, C.E. 1990. Multivariate Analysis in ecology and Systematics: Panacea or Pandora's Box?. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21:129-166.

Jewell, Z. C., Alibhai, S. K. y Law, P. R. 2001. Censusing and monitoring black rhino (*Diceros bicornis*) using an objective spoor (footprint) identification technique. *J. Zool*. 254(1):1–16.

Karanth, U. 1999. *Counting tigers, with confidence*, p 350-353. *In*: Seidensticker, J., Christie S. y Jackson, P. (eds). Riding the Tiger. Cambridge University, Cambridge, Reino Unido.

Karanth, K. U. 1987. Tigers in India: a critical review of field censuses. In *Tigers of the world – the biology, biopolitics, management and conservation of an endangered species:* 118–132. Tilson, R. L. y Seal, U. S. (Eds.). Park Ridge, NJ: Noyes Publications.

Karanth, K. U., Nichols, J. D., Seidensticker, J. Dinerstein, E. y Smith, J. L. D. 2003. Science deficiency in conservation practice: the monitoring of tiger populations in India. *Animal Conservation*. Vol 6; Part 2, pag 141-146.

Komers, P. E. y Brotherton, P. N. M. 1997. Dung pellets used to identify the distribution and density of dik-dik. *Afr. J. Ecol*. 35 (2): 124–132.

Koster, S. H. y Hart, J. A. 1988. Methods of estimating ungulate populations in tropical forests. *Afr. J. Ecol*. 26: 117–126.

Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison-Welsey Educational, California, EEUU. 620 pp.

Kremen, C., Merenlender, A. D. y Murphy, D. D. 1994. Ecological monitoring: a vital need for integrated conservation and development programs in the tropics. *Conserv. Biol*. 8:388-397.

Lastanao-Lobera, C. 2002. *Huellas y rastros de animales del pirineo y Europa*. Ediciones Montañas y Hombres S. L.. Zaragoza. 223 pp.

Lewison, R., Fitzhugh, E. L. y Galentine, S. P. 2001. Validation of a rigorous track classification technique: identifying individual mountain lions. *Biol. Conserv*. 99: 313-321.

Lima-Borges, P. A. y Tomás, W. M. 2004. *Guia de rastros e outros vestígios de mamíferos do Pantanal. EMBRAPA Pantanal*, Corumbá, Brasil. 148 pp.

Linares, O. 1998. *Mamíferos de Venezuela*. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. 691 pp.

Lindenmayer, D. B. 1999. Future directions for biodiversity conservation in managed forests: indicator species, impact studies and monitoring programs. *Forest Ecology and Management.* 115: 277–287.

Lindenmayer, D., C. Margules y Botkin, D. 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology.* 14:941-950.

Lindzey, F. G., Thompson, S. K., y Hodges, J. I. 1977. *Scent station index of black bear abundance*. *J. Wildl. Manage.* 41:151-153.

Linhart, S. B. y Knowlton, F. F. 1975. Determining the relative abundance of coyotes by scent station lines. *Wildlife Society Bulletin*, Vol. 3 no. 3 p 119-124

Linscombe, G., Kinler, N. y Wrigth, V. 1983. An analysis of scent-station response Louisiana. Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Fish. Wildl. Agencies 37: 190 – 200 pp.

Lizcano, D. J. y Cavelier, J. 2000. Densidad poblacional y disponibilidad de hábitat de la danta de montaña (*Tapirus pinchaque*) en los andes centrales de Colombia. *Biotropica* 31:165-173.

Loukmass, J. J. y Mayak, D.T. 2002. Track plate enclosures: box designs affecting attractiveness to riparian mammals. *American Midland Naturalist* 149: 219-224.

Mabee, T.J. 1998. A weather-resistant tracking tube for small mammals. *Wildlife Society Bulletin* 26: 571-574.

Mamede, S.B. y Albo, C.J.R. 2008. Impressões de Cerrado e Pantanal. 2a ed. Corumbá, MS, Brazil. 192 pp.

Mangini, P. R. y Nicola, P. A. 2004. Captura e marcação de animais silvestres. *In*: Cullen-Jr. L.; Rudran, R. y Valladares-Pádua, C. (org). *Métodos de estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. Editora da Universidade Federal do Paraná, Paraná.

Mayr, J., Martínez, C., Cifuentes, M., Andrade, A., Gómez, D., Gutiérrez, F., Montenegro, M., Moreno, R., Reina R., Rivera, A., Rodríguez, C., y Vaca, D. 2000. Guía para la Evaluación de Poblaciones de Fauna Silvestre. Bogotá. Ministerio del Medio Ambiente, SINA. 99 pp.

Medellín, R. A., Equihua, C., Chekiewicz, C., Crawshaw, P. G., JR, Rabinowitz, A., Redford, K.H., Robinson, J. G., Sanderson, E. W. y Taber, A. B. (comps.). 2002. *El jaguar en el nuevo milenio*. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife Conservation Society. México, D. F. 647 pp.

Mejía-Fernández M. 1991. Litoral pacífico colombiano y cuenca del Atrato: clima y uso de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, Vol. 3, No. 1, págs. 61-203

Mejia-Gutierrez, M. 1983. *Clasificaciones climáticas y clasificaciones ecológicas*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle. 32 pp.

Merriam, G.M. 1990. Ecological processes in time and space of farmland mosaics, p. 121-133. In: Zonnevelt, I.S. y Forman, R.T.T. (Eds). *Changing landscapes: an ecological perspective*. New York, Springer-Verlag.

Miller, B., A. R. Rabinowitz, y C. A. Lopez-Gonzalez. 2000. Memorandum to jaguar scientific advisory group 11/14/00.

Molina, F. 2001. La razón Económica; Economía y Biodiversidad. *Revista de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente*. No 22 Págs. 12 – 17.

Morro-Rios, R. F., Silva-Pereira, J. E., Silva, P. W. E., Mourabritto, M. y Patrpcínio, D. N. M. 2008. *Manual de Rastros da Fauna Paranaense*. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba. 70 pp.

Muñoz-Pedreros, A. 2011. *Huellas y signos de mamíferos de Chile*. CEA Ediciones, Valdivia, Chile. 112 pp.

Muñoz-Pedreros, A. 2006. *Técnicas indirectas de detección de mamíferos terrestres no voladores*. Guía para los cursos de Evaluación de Recursos Naturales y Aves y Mamíferos de Chile. Laboratorio de Ecología Aplicada, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco. 28 pp.

Murie, O. J. 1974. *A Field Guide to Animal Tracks*. Second Edition. Houhton Mifflin Company, Boston, 375 pp.

Murua, R. 1982. Características de las huellas de los roedores cricetidos del bosque Valdiviano. *Bol. Soc. Biol. de Concepción*, Chile. Tomo LIII. Pp. 78-86.

Nachman, J. E. 1993. *Use of Scent Station as a Survey Technique in the Neotropics*. En: Preliminary Comparison of Four Neotropical Survey Techniques for Terrestrial Mammals, Thesis, Master of Science in Natural Resource. University of Wisconsin.

Naranjo, E. J. 2000. Estimaciones de abundancia y densidad en poblaciones de fauna silvestre tropical. Pp. 37–46, en: *Manejo de fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica*. (Cabrera, E., Mercolli, C., y Resquin, R., eds), Asunción, Paraguay.

Naranjo, E. J. y Cruz, E. 1998. Ecología del tapir (*Tapirus bairdii*) en la reserva de la biosfera La Sepultura, Chiapas México. *Acta zoológica mexicana* (ns) 73: 111-125.

Naranjo, E. J. 1995. Hábitos de alimentación del tapir (*Tapirus terrestris*) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. *Vida silvestre neotropical*. 34: 32-37.

Navarro, J. F. y J. Muñoz. 2000. *Manual de huellas de algunos mamíferos terrestres de Colombia*. Multimpresos. Medellín. 136 pp.

Navarro, J. F., Hincapié S. P. y. Silva, L. M. .2005. *Catalogo de mamíferos del Oriente Antioqueño (Estado y Conservación)*"CORNARE – Universidad Católica de Oriente. 284 pp.

Navarro, J.F., Urueta, A. M., y Gómez-Betancourt, I. 2013. Densidad del jaguar (*Panthera onca*) basado en huellas en el PNN Los Katíos Colombia. Páginas 113-122 *En*: Payán Garrido E. y Castaño-Uribe, C. *Grandes Felinos de Colombia*, Vol. I. Panthera Colombia, Fundación Herencia Ambiental Caribe, Conservación Internacional and Cat Specialist Group UICN/SSC.

Nowell, K. y Jackson, P. (Eds). 1996. *Wild cats: status survey and conservation action plan*. Gland, Switzerland: IUCN.

Nuñes, R., Miller, B. y Lindsey, F. 2002. Ecología del Jaguar en la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México, En: Medellín R. *El Jaguar en el Nuevo Milenio*. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.

Oliveira, T. 2002. "Ecología comparativa de la alimentación del jaguar y del puma en el Neotrópico". Páginas 265-288. En: Medellín, R., Rabinowitz, A., Chetkiewicz, C., Redford, K., Robinson, J., Sanderson, E. y Taber, A. *El jaguar en el Nuevo milenio*: una evaluación

de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América. 1ª edición. Editorial Fondo de Cultura Económico. México, D.F. 647pp.

Orjuela, O. J. y Jiménez, G. 2004. Estudio de la abundancia relativa para mamíferos en diferentes tipos de coberturas y carretera, finca hacienda cristales, área Cerritos - La Virginia, municipio de Pereira, departamento de Risaralda – Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana* Vol. 9,87-96.

Palma, R. T. y Gurgel-Goncalves, R. 2007. Morphometric identification of small mammal footprints from ink tracking tunnels in the Brazilian Cerrado. *Rev. Bras. Zool*., vol.24, No.2, pp. 333-343.

Panwar, H. S. 1979. A note on tiger census techniques based on pugmark tracing. *Tigerpaper* 6: 16–18.

Payan, E., Quiceno, M. P. y Franco A. M. 2007. *Los felinos como especies focales y de alto valor cultural. Series Especies Colombianas no. 7*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Peña, D. 2002. *Análisis de datos multivariados*. Madrid: Mac Graw Hill, pp. 133-158.

Pereira, J. 2008. Guía de huellas de los mamíferos de Misiones y otras áreas del subtrópico de Argentina. *Mastozool. neotrop*. 15 (2): 377-379.

Petrak, M. 1990. Habitat use as assessed by vegetation survey. In *Methods for the study of large mammals in forest ecosystems:* 22–31. Groot Bruinderink, G. W. T. A. y van Wieren, S. E. (Eds). Arnhem, The Netherlands: Research Institute for Nature Management.

Piekieiek, W. y Burton, T. S. 1975. A black bear population study in northern California. *California Fish and Game.* 61:4-25.

Prist, P.R., Silva, M. X. y Papi, B. 2020. Guia de Rastros de Mamíferos Neotropicais de Médio e Grande Porte". Folio Digital, São Paulo, 249 pp.

Putman, R. J. 1984. Facts from faeces. *Mamm. Rev*. 14: 79–97.

Putman, R. J. 1990. Patterns of habitat use: an examination of the available methods. In *Methods for the study of large mammals in forest ecosystems:* 22–31. Groot Bruinderink, G. W. T. A. y Van Wieren, S. E. (Eds). Arnhem, The Netherlands: Research Institute for Nature Management.

Queiroz, A.I., Quaresma, C.M., Santos, C.P., Barbosa, A.J. y Carvalho, H.M. 1998. Bases para a conservacão da toupeira de água, *Galemys pyrenaicus*. *Estudos de Biologia e Conservacão da Natureza*, No. 27. ICN, Lisbon, Portugal, 118 pp.

Quigley, H. B., y Crawshaw JR, P. G. 1992. A conservation plan for the jaguar (*Panthera onca*) in the Pantanal region of Brazil. *Biological Conservation.* 61:149-157.

Rabinowitz, A. 1986. *Jaguar*. Arbor House, New Cork.

Rabinowitz, A. y Nottingham, B. 1986. Ecology and behaviour of the jaguar Panthera onca in Belize, Central America. *J. Zool. lond*. A 210: 149-159.

Ramírez, S. 2003. *Abundancia relativa y tipos de hábitat preferidos por el Jaguar (Panthera onca) y el puma (Puma concolor) en el Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. Tesis de Magíster en Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe. Universidad Nacional. Costa Rica.*

Redford, K. H. 1992. The empty forest. *BioScience* (42) 6: 412-422.

Reid, F. A. 1997. *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford, Oxford University Press, 334p.

Restrepo, H. F. y Betancourt, O. 2006. Confirmación de la presencia del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) en Colombia, y estudio preliminar sobre algunos aspectos

de su historia natural en el Parque Nacional Natural Los Katíos. *Tapir Conservation* vol.15/2, No 20, pp. 29-36.

Ricklefs, R. E. 2001. *Invitación a la Ecología. La Economía de la Naturaleza*. Madrid, Editorial Médica Panamericana. 692 pp.

Riordan, P. 1998. Unsupervised recognition of individual tigers and snow leopards from their footprints. Anim. *Conserv*. 1: 253-262.

Ríos-Uzeda, B. 2001. Presencia de mamíferos medianos y grandes en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata a través del uso de métodos indirectos. *Ecología en Bolivia.* 35:3-16.

Rocha, E. C., Silva, E., Martins, S. V. y Cardoso-Barretof, C. 2006. Evaluación estacional de la riqueza y abundancia de especies de mamíferos en la Reserva Biológica Municipal "Mário Viana", Mato Grosso, Brasil. *Rev. Biol. Trop*. Vol. 54 (3): 879-888.

Rodríguez-M, J. V., Alberico, M., Trujillo, F. y Jorgenson, J. (Eds.). 2006. *Libro Rojo de los Mamíferos de Colombia*. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 384 pp.

Roughton, R. y Sweeny, M. 1982. Refinements in scentstation methodology for assessing trends in carnivore populations. *J. Wildl. Manage.* 46: 217-229.

Rousseeuw, P. J. 1987. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *J. Comput. Appl. Math*., 20, 53–65.

Rumboll, M., Manzziones, M. y C., Blanco. 2011. Guía de Huellas, Rastros y Señales de los Mamíferos de los Parques Nacionales. Ed. Argentina. APN. 52 pp.

Rumiz, D. y Sainz, L. 2002. Estimación del hábitat útil y la abundancia potencial del lobo de crin o borochi (*Chrysocyon brachyurus*) en Huanchaca, Santa Cruz. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación.* 11:3-16.

Salas, L. A. 1996. Hábitat use by lowland tapirs (*Tapirus terrestris*) in the Tabaro River Valley, Southern Venezuela. *Canadian Journal of Zoology*. 74: 1452-1458 pp.

Sanz, B. 2005. *Huellas y rastros de mamíferos de la península Ibérica*. Primera edición. Ediciones Muskari. Zaragoza, España. 302 pp.

Sargeant, G. A., White, P. J., Sovada, M. A. y Cypher, B. L. 2003. Scent Scentstation survey techniques fox swift and kit foxes, p. 99-105. *In*: Sovada, M. A. y Carbyn, L. (Eds). *The swift fox: ecology and conservation in a changing world*. Regina, Canadian Plains Research Center.

Sarmento, P., Cruz, J., Monterroso, P., Tarroso, P., Ferreira, C., Negroes, N y EIRA, C. 2009. Status survey of the critically endangered Iberian *lynx pardinus* in Portugal. *European Journal of Wildlife Research.* 55: 247-253.

Schaller, G. B. y Crawshaw, P. G. 1980. *Movement patterns of jaguar*. *Biotropica* 12 (3):161-168.

Schmitz, B. 1993. *Rotafolio de mamíferos*, Costa Rica. Mammals flip chart. Ed. El jobo viajero S. A. San José. 93 pp.

Scoss, L.M., De Marco, P. Jr., Silva, E. y Martins, S. V. 2004. Uso de parcelas de areia para o monitoramento de impacto sobre a riqueza de especies de mamíferos. *Rev. Árvore.* 28: 121-127.

Shackelford, J. y Whitaker, J. 1997. Relative abundance of the northern river otter, *Lutra canadensis*, in three drainage basins of southeastern. Oklahoma. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science.* 77:93–98.

Sharma, S., Jhala Y. y Sawarkar, V. B. 2003. Gender discrimination of tigers by using their pugmarks. *Wildlife society bulletin.* 31:258-264.

Silveira, L., Jácomo, A.T.A. y Diniz-Filho, J.A.F. 2003. Câmera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation.* 114: 351-355.

Silver, S. C., Ostro, L. E., Marsh, L. K., Maffei, L., Noss, A. J., Kelly, M. J., Wallace, R. B., Gomez, H. y Ayala, G. 2004. The use of camera traps for estimating Jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx.* 38: 1-7

Simonetti, J. y Huareco, I. 1999. Uso de huellas para estimar diversidad y abundancia relativa de los mamíferos de la reserva de la Biosfera- Estación Biológica de Beni, Bolivia. *J neotrop. Mammal.* 6(1):139-144.

Skewes-Ramm, O. 2009. *Manual de huellas. Mamíferos silvestres de Chile (nativos y exóticos)*. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 100 pp.

Smallwood, K. S. y Schonewald, C. 1996. Scaling population density and spatial pattern for terrestrial, mammalian carnivores. *Oecologia.* 105, pp. 329–335

Smallwood, K. y Fitzhugh, E. 1993. A rigorous technique for identifying individual mountain lions Felis concolor by their tracks. *Biol. Conserv*. 65: 51-59.

Smallwood, K. S. y Fitzhugh, E. L. 1995. A track count for estimating mountain lion *Felis concolor californica* population trend. *Biol. Conserv*. 71: 251-259 pp.

Southwood y Henderson (2009).*Ecological Methods*. Blackwell Science, USA. 575 pp

Stander, P. E. 1998. Track counts as indices of large carnivore populations: the relationship between track frequency, sampling effort and true density. *Journal of Applied Ecology*. 35:378–385.

Stander, P.E., Ghau, D. Tsisaba, Oma, I. I. y Ui, I. I. 1997. Tracking and the interpretation of spoor: a scientifically sound method in ecology. *Journal of Zoology (London).* 242: 329-341.

Stander, P.E., Haden, P.J., Kaqece y Ghau, I. I. 1997. The ecology of a sociality in Namibian leopards. *J. Zool., Lond*.242: 343–364.

Starker, A. 2000. *Fauna Silvestre de México, aves y mamíferos de caza*. 2ª edición. Editorial Pax México 608 pp.

Steinmetz, R. y Garshelis, D. L. 2008. Distinguishing Asiatic black bears and sun bears by claw marks on climbed trees. *Journal of Wildlife Management.* 72 (3):814-821.

Taylor, C. A. y Raphael, M. G. 1988. Identification of mammal tracks from sooted track stations in the Pacific Northwest. *Calif. Fish and Game.* 74(1): 4-15.

Telleria, J. L. 1986. *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Raíces. Barcelona-España. 278 pp.

Terborgh, J. 1990. The role of felid predators in neotropical forests. *Vida Silvestre Neotropical.* 2:3-5.

Tobon, J. A. y Montoya, M. I. 1990, *Casuística del Centro de Diagnóstico Veterinario "Tulenapa" – Carepa*. 1976 – 1988. Medellín. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), 98 (5).

Travaini, A, Pereira, J, Martínez-Peck, R. y Zapata, S. 2003. Monitoreo de zorros colorados (*Pseudalopex culpaeus*) y grises (*P. griseus*) en Patagonia: diseño y comparación de dos métodos alternativos. *Mastozoología Neotropical.* 10:277-291.

Travaini, A., Laffitte, R. y Delibes, M. 1996. Determining the relative abundance of European red foxes by scent-station methodology. *Wildl. Soc. Bull*. 24: 500-504.

Travi, V. H. y Gaetani, M. C. 1985, Guia de pegadas para a identificação de mamíferos silvestres do Rio Grande do Sul. *Veritas.* 30(117): 77-92.

UICN. 2015. The IUCN red list of threatened species. Versión 2015.3. Recuperado de: http://www.iucnredlist.org

Van Apeldoorn, R., Daem, M. E. L., Hawley, K., Kozakiewciz, M., Merriam, G., Nieuwenhuizen, W. y Wegner, J. 1993. Footprints of small mammals: a field method of sampling data for different species. *Mammalia.* 57: 407-422.

Van Dyke, F. G., Brocke, R. H. y Shaw, H. G. 1986. Use of road track counts as indices of mountain lion presence. *J. Wildl. Manage.,* 50, 102-9.

Vásquez, V. y Serrano, M. 2009. *Las áreas naturales protegidas de Colombia*. Conservación Internacional – Colombia y Fundación Biocolombia. Bogotá, Colombia. XV. 696 pp

Velásquez-Vinazco, E. 2012. *Efecto de borde en la comunidad de orquídeas de dos fragmentos de bosque de la región de Urabá. Tesis de grado. Corporación académica ambiental. Universidad de Antioquia. Turbo (Antioquia), Colombia.*

Villalba, R., A. Yanosky. 2000. *Guía de huellas y señales: fauna paraguaya*. Asunción, Paraguay. 111 pp.

Víquez-R, L.R., Arias-Alzate, A., Cepeda, A. A y González-Maya, J. F. 2013. La conservación de la diversidad biológica más allá de los enfoques monoespecíficos. *Revista Latinoamericana de Conservación.* 3 (2): 1-6.

Wemmer, C, T., Kunz, H., Lundie-Jenkins, G. y Mcshea, W. J. 1996. Mammalian sign. *En*: *Measuring and Monitoring Biological Diversity - Standard Methods for Mammals*, editado por Wilson, D. E., Cole, F. R., Nichols J. D., Rudran, R. y Foster, M. S. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., USA. pp 157-176.

Western, D., Moss, C., y Georgiadis, N., 1983, Age estimation and population age structure of elephants from footprint dimensions: *Journal of Wildlife Management*, V. 47, p. 1192–1197.

White, L. y Edwards, A. (eds). 2000. *Conservation research in the African rainforests: a technical handbook*. Wildlife Conservation Society, New York, 454 pp.

Wilkinson, E., Branch, L., Miller D., Gore, J., y Maher, C. 2012. Use of track tubes to detect changes in abundance of beach mice. *Journal of Mammalogy*. 93. 791-798.

Wilson, D. E., Russell, F., Nichols, J. Rudran, R. y Foster, M. 1996. *Measuring and monitoring biological diversity, standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. 409 pp.

Wilson, G. J. y Delahay, R. J. 2001. A review of methods to estimate the abundance of terrestrial carnivores using field sings and observation. Wildlife Research 28: 151-164.

Wilting, A., Fischer, F., Bakar, S. A.B.U y Linsenmair, K. E. 2006. Clouded leopards, the secretive top-carnivore of South-East Asian rainforests: their distribution, status and conservation needs in Sabah, Malaysia. *BMC Ecology*. 6 (1):16.

Winegarner, M. 1985. Pugmarks and the biology of the bobcat, *Lynx rufus*. *Mammalian Biology*. 50:166-174.

Witmer, G. 2005. Wildlife population monitoring: some practical considerations. *Wildlife Research* 32:259-263.

Wong, G., Sáenz, J.C. y Carrillo, E. 1999. *Mamíferos del Parque Nacional Corcovado, Costa Rica*. INBio. Santo Domingo de Heredia. 117 pp.

Wood, J. E. 1959. Relative estimates of fox populations level. *J. Wiidl. Manage.* 23:53-63.

Zalewski, A. 1999. Identifying sex and individuals of pine marten using snow track measurements. *Wildlife Society Bulletin.* 27:28-31.

Zapata-Ríos, G., Aranguillin, E. y Jorgenson, J. P. 2006. Caracterización de la comunidad de mamíferos no voladores en las estribaciones orientales de las Cordillera del Kutukú, Amazonía Ecuatoriana. *Mastozoología Neotropical.* 13 (2):227-238.

Zielinski, W. J. y Truex, R. L. 1995. Distinguishing tracks of closely-related species: marten and fisher. *Journal of Wildlife Management.* 59:571-579.

Zielinski, W. J. y Stauffer, H. B. 1996. Monitoring *Martes* populations in California – survey design and power analysis. *Ecol. Applic*. 6 (4): 1254–1267.

Zúñiga y Jiménez (2010). Uso de técnicas no invasivas en el estudio ecológico de Carnívoros: un análisis cuantitativo. *Gestión Ambiental*, 19, 67-96.

Anexos

Anexo 1. Carta de aceptación de publicación como capítulo de libro.

PANTHERA
LIDERES EN CONSERVACION DE FELINOS

CERTIFICA

Que el Biólogo José Fernando Navarro actualmente tiene sometido el manuscrito titulado "Densidad del jaguar (*Panthera onca*) basado en huellas en el PNN Los Katíos (Colombia)". Este manuscrito será incluido en el libro: Grandes Felinos de Colombia - Volumen I, Memorias del Simposio realizado por Panthera y Conservación Internacional en el marco del III Congreso Colombiano de Zoología. Dicho libro será publicado e impreso en el presente año.

La presente certificación se expide a solicitud del interesado a los 24 días del mes de julio de 2012.

Esteban Payan Garrido, Ph.D.

Director Ejecutivo
Fundación Panthera Colombia

Panthera Colombia
Tel: 5268940 Telefax: 6734898
Carrera 7 # 156-78 Of 1004, Bogotá, Colombia

Anexo 2. Certificado de ponencia III Congreso de Zoologia.

LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ZOOLOGÍA

Certifica que el trabajo titulado

DENSIDAD DEL JAGUAR (*Panthera onca*) BASADO EN HUELLAS Y ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS EN EL PNN LOS KATÍOS (COLOMBIA)

por

Navarro, J. Fernando*, Universidad de Antioquia, jfnavarrop@yahoo.com.mx
Urueta-Cortes, Adriana María, Universidad de Antioquia, aluda10@hotmail.com
Gómez-Betancourth, Indira, Universidad de Antioquia, indigo1574@gmail.com

fue presentado en el

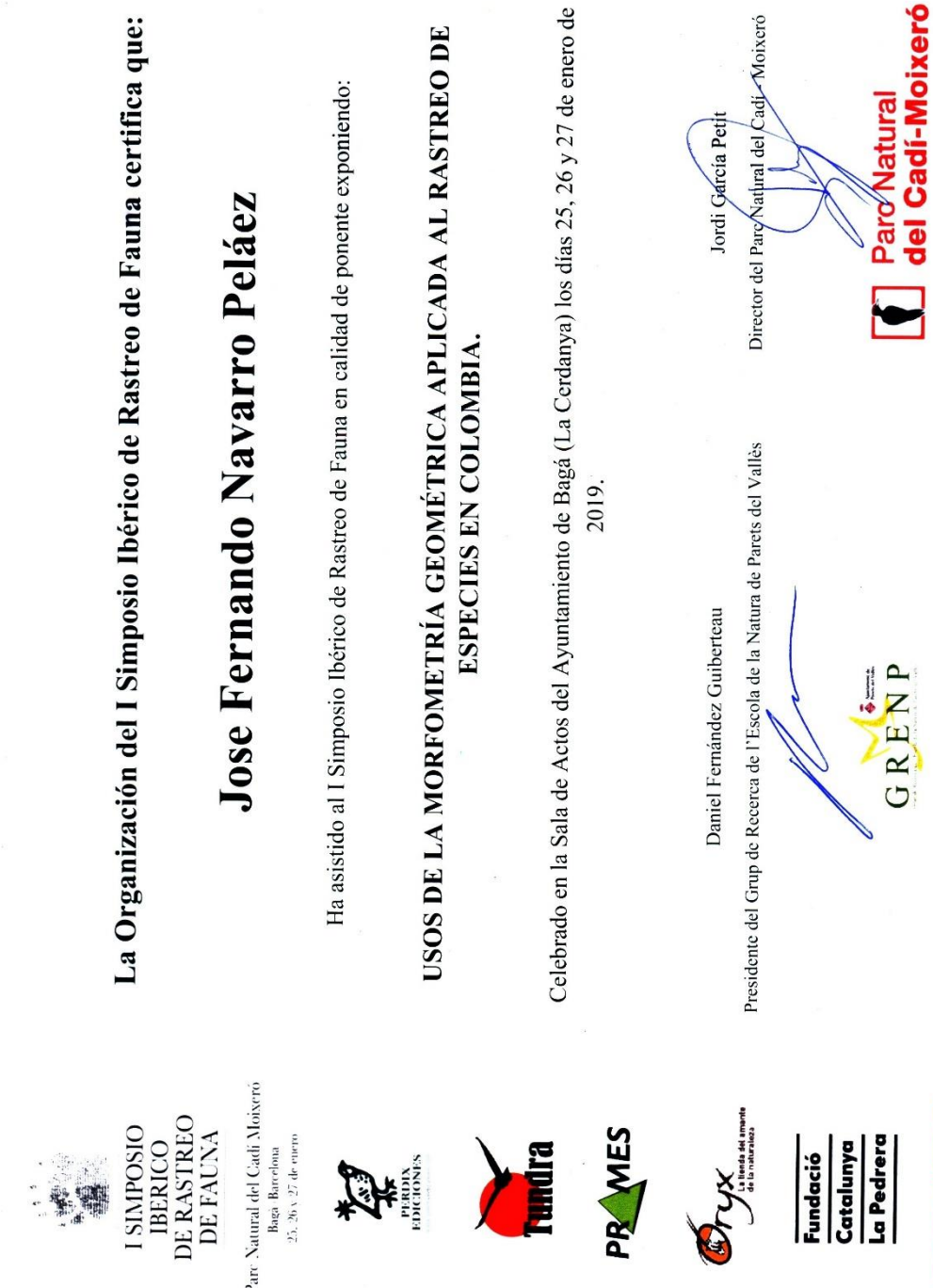
III Congreso Colombiano de ZOOLOGÍA
Medellín, 21 a 26 de Noviembre de 2010

JOSÉ VICENTE RODRÍGUEZ MAHECHA
Presidente – ACZ

LUIS MIGUEL RENGIFO
Vice-presidente – ACZ

Asociación Colombiana de Zoología
www.aczcolombia.org - info@aczcolombia.org

Anexo 3. Certificado de ponencia I Simposio Iberico de rastreo de fauna.



I SIMPOSIO IBERICO DE RASTREO DE FAUNA

Parc Natural del Cadí Moixeró
Bagà Barcelona
25, 26 y 27 de enero

PERDIX EDICIONES

Tundra

PRAMES

Oryx La tienda del amante de la naturaleza

Fundació Catalunya La Pedrera

ECOWILDLIFE TRAVEL

La Organización del I Simposio Ibérico de Rastreo de Fauna certifica que:

Jose Fernando Navarro Peláez

Ha asistido al I Simposio Ibérico de Rastreo de Fauna en calidad de ponente exponiendo:

USOS DE LA MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA APLICADA AL RASTREO DE ESPECIES EN COLOMBIA.

Celebrado en la Sala de Actos del Ayuntamiento de Bagà (La Cerdanya) los días 25, 26 y 27 de enero de 2019.

Daniel Fernández Guiberteau
Presidente del Grup de Recerca de l'Escola de la Natura de Parets del Vallès

GRENP

Jordi García Petit
Director del Parc Natural del Cadí-Moixeró

Parc Natural del Cadí-Moixeró

Anexo 4. Análisis de varianza para Log (número de huellas + 1) – Tipo III suma de cuadrados.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Efectos principales					
A: día	5,31081	2	2,65541	2,92	0,0587
B: transecto	8,23662	3	2,74554	3,02	0,3335
C: huellero	5,3866	2	2,6933	2,96	0,0564
D: cebo	3,11856	2	1,55928	1,71	0,1855
Residual	89,1415	98	0,99607		
Total (corregido)	111,194		107		

Anexo 5. Test de rango múltiple para Log (número de huellas + 1) por día.

Método Día	Cantidad	95,0 % LSD Día	Cantidad		Método Día
1	36	0,320183	X		
2	36	0,7686679		X	
3	36	0,809803		X	

Contraste	Diferencia	+/- límite
1 – 2	* -0, 48962	0,446103
1 – 3	* -0,448496	0,446103
2 - 3	0, 0411237	0,446103

Anexo 6. Test de rango múltiple para Log (número de huellas +1) por transecto.

Método Transecto	Cantidad	Media	95,0 % LSD Grupos homogéneos		
1	27	0,220394	X		
3	27	0,589208	X	X	
4	27	0,740659		X	
2	27	0,981293		X	

Contraste	Diferencia	+/- límite
1 - 2	- 0,760899	0,504261
1 – 3	-0,368814	0,504261
1 – 4	-0,520265	0,504261
2 - 3	0,392085	0,504261
2 – 4	0,240634	0,504261
3 - 4	-0,151451	0,504261

Anexo 7. Test de rango múltiple para Log (número de huellas +1) por huellero.

Método Huellero	Cantidad	Media	95,0 % LSD Grupos homogéneos		
3	36	0,318563	X		
2	36	0,763336		X	
1	36	0,816766		X	
	Contraste		Diferencia		+/- límite
	1 – 2		0,0534307		0,436703
	1 – 3		* 0,498103		0,436703
	2 - 3		* 0,444772		0,436703

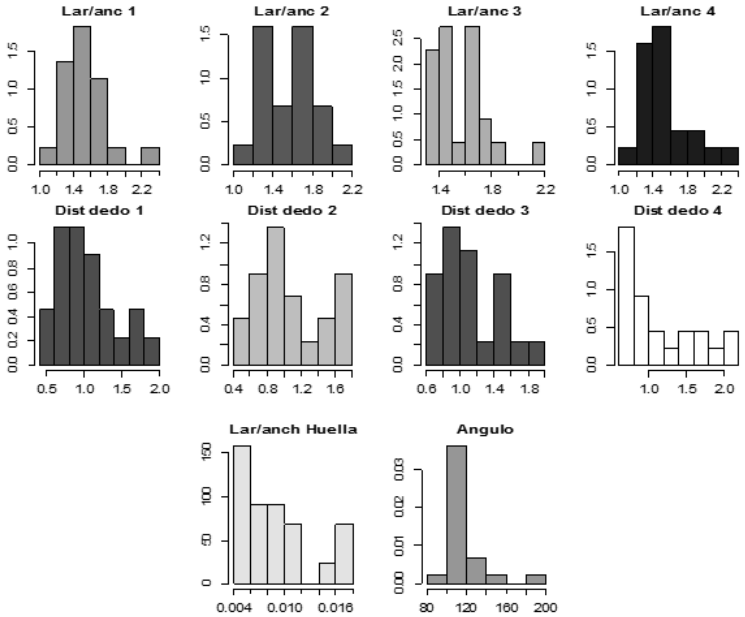
Anexo 8. Test de rango múltiple para Log (número de huellas +1) por cebo.

Método Cebo	Cantidad	Media	95,0 % LSD Grupos homogéneos		
3	36	0,395907	X		
2	36	0,716835		X	
1	36	0,785922		X	
	Contraste		Diferencia		+/- límite
	1 – 2		0,0690855		0,436703
	1 – 3		0,390015		0,436703
	2 – 3		0,320929		0,436703

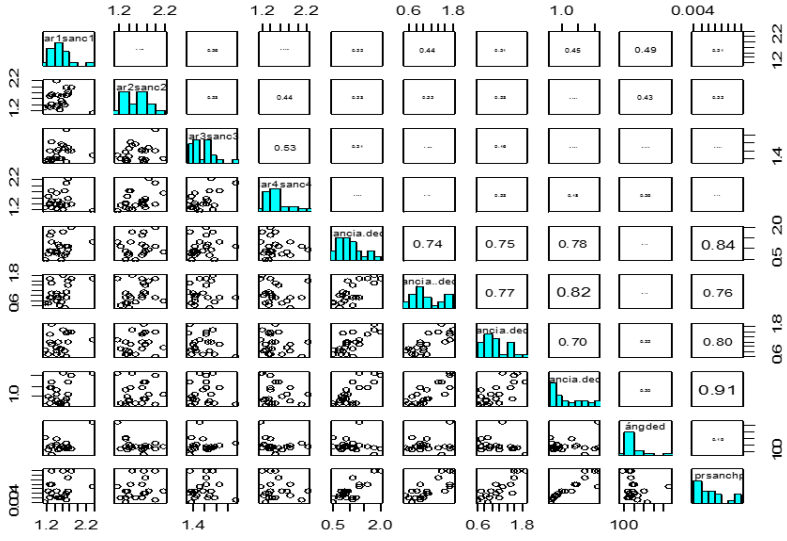
Anexo 9. Resumen estadístico variables morfométricas.

	angded	Dist dedo 1	Dist dedo 2	Dist dedo 3	Dist dedo 4	larsan huella	larsanc1	larsanc2	larsanc3	larsanc4
Promedio	121,227	1,069	1,10818	1,13091	1,14182	0,0095	1,53209	1,59368	1,55805	1,52027
Mediana	117,0	0,925	1,0	1,09	0,95	0,0085	1,5145	1,616	1,5395	1,4195
Desv Están	18,966	0,419	0,402	0,374	0,500	0,004	0,264	0,278	0,206	0,280
Coef de Variación	15,6%	39,2%	36,2%	33,0%	43,8%	45,4%	17,3%	17,5%	13,2%	18,4%
Mínimo	96,0	0,5	0,5	0,6	0,6	0,004	1,138	1,133	1,316	1,19
Máximo	192,0	2,0	1,8	1,9	2,1	0,018	2,357	2,188	2,154	2,24
Rango	96,0	1,5	1,3	1,3	1,5	0,014	1,219	1,055	0,838	1,05

Anexo 10. Histogramas de frecuencia por variable.

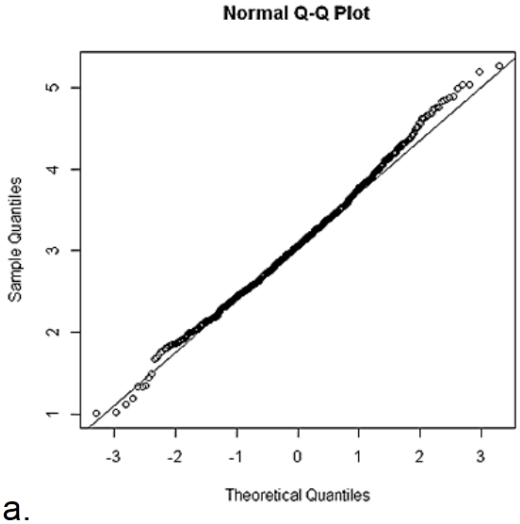


Anexo 11. Gráfico pairs.

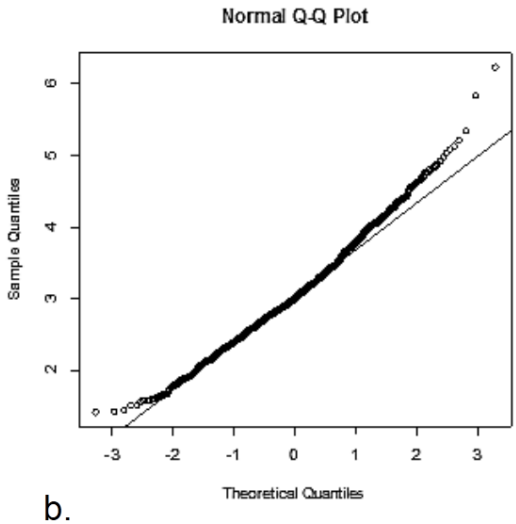


3

Anexo 12. Gráfico cuantil cuantil para normalidad multivariada (a); Gráfico cuantil cuantil para normalidad multivariada despues de trasformación (b).



a.



b.

Anexo 13. Pruebas de Shapiro – Wilk y Mardia, Transformación de Box-Cox.

```
Shapiro-Wilk normality test
data: Z
W = 0.9893, p-value = 1.148e-06
Mardia tests of multivariate skew and kurtosis
Use describe(x) the to get univariate tests
n.obs = 1000  num.vars = 10
b1p = 1.38  skew= 229.6 with probability = 0.31
 small sample skew = 230.41  with probability = 0.3
b2p = 120.98  kurtosis = 1 with probability = 0.31>
Sesgo y Curtosis Teóricos
Sesgo = 120
Curtosis = 6
```

	Est.Power	Std.Err.	Wald Lower Bound	Wald Upper Bound
Y1	0.7240	0.2567	0.2208	1.2272
Y2	0.8911	0.2562	0.3890	1.3932
Y3	0.9062	0.2544	0.4077	1.4048
Y4	1.1863	0.2733	0.6506	1.7220
Y5	1.0027	0.2648	0.4838	1.5217
Y6	1.1555	0.2593	0.6472	1.6638
Y7	0.9427	0.2699	0.4136	1.4717
Y8	0.7282	0.2482	0.2417	1.2146
Y9	0.6826	0.2657	0.1618	1.2033
Y10	1.5381	0.2631	1.0225	2.0537

```
Likelihood ratio tests about transformation parameters
                                                  LRT  df  pval
LR test, lambda = (0 0 0 0 0 0 0 0 0 0) 150.398996 10  0.0000000
LR test, lambda = (1 1 1 1 1 1 1 1 1 1)  9.205032  10  0.5127623
LR test, lambda = (1 1 1 1 1 1 1 1 1 2)  8.007798  10  0.6280752
```

Anexo 14. Matriz de correlación.

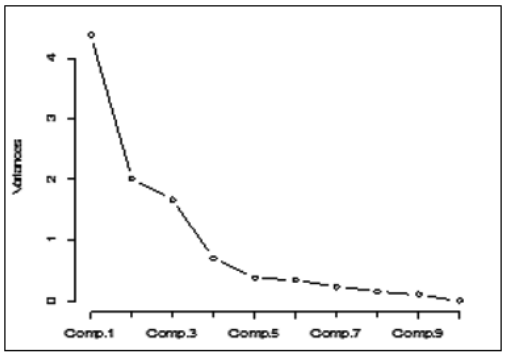
	lar1sanc1	lar2sanc2	lar3sanc3	lar4sanc4	distancia,dedo,1	distancia,dedo,2
lar1sanc1	1,000	0,049	0,255	0,008	0,223	0,438
lar2sanc2	0,049	1,000	0,230	0,439	0,226	0,223
lar3sanc3	0,255	0,230	1,000	0,529	0,209	0,094
lar4sanc4	0,008	0,439	0,529	1,000	-0,096	-0,159
distancia,dedo,1	0,223	0,226	0,209	-0,096	1,000	0,742
distancia,,dedo,2	0,438	0,223	0,094	-0,159	0,742	1,000
distancia,dedo,3	0,211	0,234	-0,162	-0,229	0,750	0,771
distancia,dedo,4	0,447	0,042	0,092	-0,182	0,780	0,816
ángded	0,487	-0,432	0,029	-0,247	-0,152	0,146
larprsanchpro	0,212	0,218	0,057	-0,103	0,837	0,758

	distancia,dedo,3	distancia,dedo,4	ángded	larprsanchpro
lar1sanc1	0,211	0,447	0,487	0,212
lar2sanc2	0,234	0,042	-0,432	0,218
lar3sanc3	-0,162	0,092	0,029	0,057
lar4sanc4	-0,229	-0,182	-0,247	-0,103
distancia,dedo,1	0,750	0,780	-0,152	0,837
distancia,,dedo,2	0,771	0,816	0,146	0,758
distancia,dedo,3	1,000	0,700	-0,218	0,798
distancia,dedo,4	0,700	1,000	0,204	0,914
ángded	-0,218	0,204	1,000	-0,190
larprsanchpro	0,798	0,914	-0,190	1,000

Anexo 15. Resumen de las componentes principales, Gráfico Screeplot.

Importance of components:				
	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4
Desv Est	2,044	1,388	1,261	0,822
Prop Var	0,438	0,202	0,166	0,071
Var acumu	0,438	0,639	0,806	0,877

	Comp.5	Comp.6	Comp.7
Desv Est	0,604	0,573	0,479
Prop Var	0,038	0,034	0,024
Var acumu	0,915	0,949	0,973

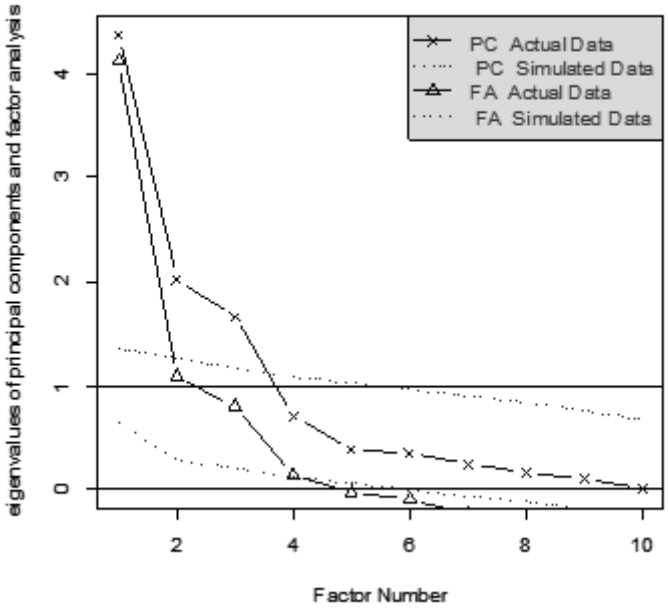


Anexo 16. Scores componentes principales.

Comp.1	Comp.2	Comp.3
-4,200	-0,785	0,076
-2,554	4,165	-3,127
-3,978	0,381	0,258
1,407	0,632	1,167
1,405	-2,796	-2,959
-0,249	-1,054	-0,544
2,029	-0,536	-0,839
1,361	1,150	0,354
0,760	1,201	-0,566
1,846	-0,017	1,088
2,082	-0,027	-0,700
-0,506	-1,988	-1,576
0,754	-1,466	0,286
0,655	0,294	1,110
-2,161	-0,505	-0,154
-1,981	-0,285	0,842
-3,262	-0,754	2,293
-0,013	0,338	0,909

1,452	0,195	0,339
2,776	1,769	0,723
1,669	0,908	0,728
0,710	-0,820	0,293

Anexo 17. Screeplot Análisis paralelo.



Anexo 18. Resumen estadístico Análisis factorial con rotación Varimax.

	PA1	PA2	PA3	h2	u2
lar1sanc1	0.31	0.56	0.18	0.43	0.565
lar2sanc2	0.22	-0.30	0.49	0.38	0.621
lar3sanc3	0.04	0.21	0.68	0.51	0.494
lar4sanc4	-0.18	-0.11	0.83	0.73	0.273
Distancia.dedo.1	0.87	-0.02	0.12	0.77	0.231
Distancia.dedo.2	0.86	0.23	0.05	0.80	0.199
Distancia.dedo.3	0.88	-0.15	-0.13	0.81	0.190
Distancia.dedo.4	0.90	0.31	-0.01	0.91	0.089
Ángded	-0.11	0.99	-0.21	1.04	-0.045
larprsanchpro	0.94	-0.07	0.04	0.89	0.106
	PA1	PA2	PA3		
SS loadings	4.16	1.62	1.50		
Proportion Var	0.42	0.16	0.15		
Cumulative Var	0.42	0.58	0.73		