

Pontificia Universidad Javeriana
Facultad de Estudios Ambientales y Rurales
Carrera de Ecología



Título del trabajo

“Patrones espaciales, temporales y apreciaciones sociales asociados al atropellamiento de hormigueros (Xenarthra: Vermilingua) en la vía Marginal de la Selva, Colombia”.

Omar Santiago Holguín Contreras
Carrera de Ecología

Director: Cesar Rojano Bolaño

Trabajo de grado
Presentado como requisito parcial para optar por el título de
Ecólogo

Facultad de Estudios Ambientales y Rurales

Bogotá, Julio 22 de 2019

Patrones espaciales, temporales y apreciaciones sociales asociados al atropellamiento de hormigueros (*Xenarthra: Vermilingua*) en la vía Marginal de la Selva, Colombia

Pregunta de investigación: ¿cuáles son los patrones espaciales y temporales asociados al atropellamiento de hormigueros en la vía Marginal de la Selva?

Objetivo general: Identificar y describir los patrones espaciales, temporales y apreciaciones sociales asociados al atropellamiento de hormigueros en la vía marginal de la selva, tramo Villavicencio-Yopal

Identificar los patrones espaciales relacionados directamente con el atropellamiento de hormigueros en la vía

Determinar la influencia de las variables temporales referentes a épocas climáticas sobre la dinámica de atropellamiento de hormigueros en la vía

Conocer las opiniones de los usuarios de la vía Marginal de la Selva, tramo Villavicencio-Yopal, sobre el atropellamiento de hormigueros y sus potenciales soluciones.

Spatial, temporal patterns and social appreciations associated with the collision of anteaters (*Xenarthra: Vermilingua*) at the Marginal de la Selva road, Colombia

Omar Santiago Holguín Contreras

Resumen. Las carreteras constituyen un elemento fundamental para el desarrollo socioeconómico de una región, sin embargo también generan impactos negativos sobre la biodiversidad, estableciendo barreras que impiden el paso de las especies y afectando sus poblaciones. En Colombia los trabajos dirigidos a estudiar esta problemática se han enfocado en determinar la mortalidad de fauna silvestre, especialmente en las regiones andina y atlántica. En el caso de la Orinoquía colombiana, estudios han evidenciado el atropellamiento de 77 especies incluyendo a *Myrmecophaga tridactyla* y *Tamandua tetradactyla*, estos registros constituyen la primera aproximación a la problemática de atropellamiento de hormigueros en esta región, esta circunstancia, genera la necesidad de generar más información, que permita determinar el impacto de esta problemática sobre esta y otras especies en la región. Este trabajo pretende identificar y describir los patrones espaciales (referentes a características del paisaje), temporales (referentes a épocas climáticas) y apreciaciones sociales (punto de vista de la comunidad) asociados al atropellamiento de hormigueros. Se registraron datos de atropellamiento vehicular para *M. tridactyla* y *T. tetradactyla*, en un tramo de 260 km perteneciente a la vía Marginal de la selva; para determinar las variables espaciales asociadas a los registros de atropellamiento, se delimitaron cuadrantes de 250 m de largo y 2 km de ancho y se relacionó la información de los muestreos con las coberturas adyacentes utilizando una regresión logística. Para determinar si las variables temporales están asociadas al

atropellamiento, se calcularon dos índices kilométricos expresados en tasa de mortalidad por día y tasa de mortalidad por kilómetro para cada especie a lo largo del estudio y para cada época climática, utilizando el software SIRIEMA- Road Mortality Software V. 2.0. Para conocer la opinión de los la comunidad se establecieron tres grupos de muestreo: conductores de carga pesada (CP), conductores de transporte público (TR) y usuarios de la vía (U) y se encuestaron 120 personas. Se registró un total de 87 atropellamientos, 20 para *M. tridactyla* y 67 para *T. tetradactyla*. Las tasas de atropellamiento *T. tetradactyla* (0,9045 ind/día) fueron mayores que las de *M. tridactyla* (0,27 ind/día), además no se presentaron variaciones en las tasas de atropellamiento relacionadas con la época climática. La variable de “Distancia al Casco Urbano” fue la que explicó mejor la relación causal de atropellamientos para ambas especies, seguida de la “Pendiente”. Del total de los encuestados, 82% manifestó ser consciente de la problemática y 73% dijo haber visto hormigueros atropellados, además 16 admitieron haber atropellado hormigueros alguna vez (TR= 6, CP= 9 Y U= 1), por otro lado, la comunidad señaló al exceso de velocidad como la principal causa responsable del atropellamiento de hormigueros en la vía y a la señalización como la medida de solución más efectiva.

Palabras clave: barreras, cuadrantes, Orinoquía, conductor, época.

Abstract. Roads are fundamental element for the socioeconomic development of a region, but they also generate negative impacts on biodiversity, establishing barriers that prevent species movement and affecting their populations. In Colombia some works that were aimed at studying this problem has focused on determining the mortality of wildlife, specially in the Andean and Atlantic regions. In the case of the Colombian Orinoquía, studies have shown the collision of 77 species including *Myrmecophaga tridactyla* and *Tamandua tetradactyla*, these records constitute the first approach to the problem of roadway mortality of anteaters in this region. This work pretend to identify and describe spatial patterns (referring to landscape characteristics), temporal patterns (referinf to climatic seasons), and social appreciations (community point of view) associated with the roadway mortality of anteaters. Roadkill data were recorded for *M. tridactyla* and *T. tetradactyla*, in a stretch of 260 belonging to the Marginal of the jungle highway; To determinate the spatial variables associated with the traffic collision record, quadrants of 250 m long and 2 km wide were delimited and the information of the samplings was related to the adjacent coverages using a logistic regression. To determine if the temporary variables are associated with road collisions, two kilometric indexes were calculated, expreseed in the mortality rate per day and the mortality rate per kilometer for each species throughout the study and for each climate season, using the SIRIEMA-Road Mortality Software V.2.0. To know the opinion of the community, three sampling groups were established: heavy load drivers (CP), public transport drivers (TR) and road users (U) and 120 people were surveyed. An amount of 87 collisions were recorded, 20 for *M. tridactyla* and 67 for *T. tetradactyla*.

The roadkill rate *T. tetradactyla* (0.9045 ind / day) were higher than those of *M. tridactyla* (0.27 ind / day), and there were no variations in the rates of roadkill related to the climatic season. The variable "Distance to the Urban Zone" was the one that best explained the causal relationship of roadkill for both species, followed by the "Slope". From the total of the people that were asked about their opinion concerning roadkill, 82% said they were aware of the problem and 73% said they had seen roadkill anteaters, in addition 16 recognized having crashed with a anteater at some time (TR = 6, CP = 9 YU = 1), by the way, the community pointed "speeding up" as the main cause responsible for the collision of anteaters in the road and road sign as the most effective solution measure

Keywords: Barriers, quadrants, Orinoquía, driver, season

Introducción: A nivel mundial se considera que las carreteras constituyen un elemento fundamental para el desarrollo de una región. La cantidad y calidad de la infraestructura vial son factores clave para el crecimiento económico, facilitando el acceso de los habitantes a los servicios de salud y educación, además de contribuir a reducir la pobreza. (Bird *et al.* 2011). Sin embargo, este tipo de infraestructura no solo genera impactos positivos. Las carreteras y el tráfico afectan en dos formas las poblaciones de animales; indirectamente, la creación de una obra fragmenta un hábitat amplio y continuo, lo reduce y divide generando "efecto barrera" que impide la comunicación de las especies afectando su reproducción, dispersión y colonización (Hels *et al.* 2001; Clevenger *et al.* 2003; Arroyave *et al.* 2006).

El impacto de las carreteras sobre la biodiversidad es tal, que a nivel mundial las redes de carreteras son consideradas una de las principales contribuciones antropogénicas a la pérdida de hábitat y fragmentación; también se han destacado como uno de los principales motores de pérdida de biodiversidad y extinción de especies (Pinto *et al.* 2018). Kang *et al.* (2016) afirman que la conservación y mejora de la conectividad del hábitat en paisajes de carreteras, son cruciales para mantener de manera efectiva la persistencia a largo plazo de los procesos ecológicos, como el flujo de genes y la migración.

En el caso de los mamíferos, miles mueren anualmente a causa de las colisiones con vehículos, haciendo de este, un problema importante para los biólogos de la conservación (Smith-Patten *et al.* 2008). La fragmentación de hábitat, por sí misma constituye una seria amenaza para los mamíferos en todo el mundo. Los individuos a menudo necesitan cruzar matrices abiertas entre fragmentos naturales, exponiéndose a varios tipos de riesgos. Debido a que la mayoría de estos son altamente móviles a menudo cruzan caminos, lo que los hace más propensos a encontrarse con vehículos y sufrir accidentes (Cáceres *et al.* 2010; Crooks *et al.* 2017).

En Colombia las investigaciones enfocadas en el atropellamiento de fauna silvestre han demostrado que las carreteras afectan negativamente a la biodiversidad. En el caso de los mamíferos, estudios enfocados en las regiones andina y atlántica, encontraron que la infraestructura vial restringe el movimiento de estos organismos y afecta negativamente

sus poblaciones (De La Ossa *et al.* 2015; Caballero *et al.* 2017; C. Rojano *et al.* 2016; Vélez 2014 y Vargas-Salinas *et al.* 2012). La Orinoquia colombiana es otra región del país que atraviesa un proceso de transformación económica, social y ecológica sin precedentes. Estas transformaciones conllevan impactos ecológicos, cuyas dimensiones son hasta la fecha desconocidas (Andrade *et al.* 2009). Los trabajos de investigación desarrollados en esta región son escasos, sin embargo, en el departamento del Meta. Rincón-Aranguri *et al.* (2015) realizó un primer diagnóstico general del atropellamiento de fauna silvestre en la red vial del departamento, encontrando 77 especies de mamíferos con eventos de atropellamiento.

Uno de los grupos de mamíferos comúnmente afectados por los atropellamientos en la Orinoquia son los Vermilingua, conocidos localmente como osos hormigueros, dentro de los que se encuentran *Myrmecophaga tridactyla* y *Tamandua tetradactyla* (Rojano *et al.* 2014). En el caso de Colombia Rincón-Aranguri *et al.* (2015) evidenció, el impacto de la infraestructura vial sobre este grupo, aportando el primer estudio con registros de atropellamiento en la Orinoquia colombiana, sin embargo a nivel nacional las repercusiones de esta problemática son aún desconocidas, tanto a nivel de distribución como a nivel poblacional.

El oso hormiguero *Tamandua tetradactyla*, conocido localmente como oso melero, es un mamífero mediano que alcanza un peso máximo de 8,5 kg (Correa *et al.* 2012). Se alimenta de hormigas y termitas, aunque también ataca panales de abejas para consumir la miel (Emmons- Feer 1990). Respecto a su problemática de atropellamiento, la fundación Cunaguaro reporta tasas de atropellamientos de 4.5 ind/semana, en una vía de la región (Fundación Cunaguaro, Yopal, Casanare. Disponible en fundacioncunaguaro@gmail.com). Aunque no se encuentra categorizada como una especie en peligro de extinción, presenta una tendencia poblacional desconocida. Los ataques de perros, la pérdida y degradación de hábitat y los atropellamientos representan amenazas considerables en algunas áreas de su distribución (Superina *et al.* 2010; Miranda *et al.* 2014).

Myrmecophaga tridactyla, conocido localmente como oso palmero, es un mamífero que puede alcanzar un peso mayor a los 39 kg (Eisenberg & redford 1989). Es uno de los mamíferos más distintivos de Suramérica debido a su tamaño y características morfológicas, como la cola en forma de penacho y su cabeza cilíndrica larga y tubular. Es una especie de hábitos nocturnos, crepusculares, terrestre y solitaria (Polanco *et al.* 2006). Presenta una densidad poblacional calculada de 0,64 ind/km², en Casanare (Rojano *et al.* 2015). Se ha calculado que la densidad máxima de carreteras que tolera antes de iniciar un declive poblacional es de 0,55 km/ km² en Brasil (Pinto *et al.* 2018). De Freitas *et al.* (2014) encontraron que la edad y el sexo pueden influir en la movilidad y también pueden tener implicaciones en las proporciones de muertes en carretera. Este insectívoro suramericano se encuentra clasificado como vulnerable tanto a nivel internacional (Miranda *et al.* 2014), como a nivel nacional (Minambiente. 2017). Sus poblaciones presentan una tendencia actual de disminución con registros de extinciones en América central y en las partes sur de su área de distribución. En gran parte de su

distribución se ha registrado que son particularmente vulnerables a las carreteras (Miranda *et al.* 2014; Pinto *et al.* 2018). En Colombia presenta una reducción estimada del 30% de su población en los últimos años por causa de la pérdida de hábitat, atropellamientos y quemas (Rodríguez *et al.* 2006).

Este estudio pretende abordar la dinámica de atropellamiento de dos especies de hormigueros en una vía de la Orinoquía. Por lo tanto, el objetivo central de esta investigación es identificar y describir las variables espaciales y temporales, con el fin de saber cuáles están asociadas a los eventos de atropellamiento y las apreciaciones sociales para conocer la opinión de la población acerca de esta problemática, para saber cuáles inciden en el atropellamiento de *M. tridactyla* y *T. tetradactyla* en la vía Marginal de la selva, en el tramo Villavicencio-Yopal, ubicado en la Orinoquía colombiana, orientando los resultados obtenidos a la implementación de soluciones a esta problemática.

Materiales y métodos

Área de estudio: La investigación se realizó en la vía Marginal de la selva, específicamente en el corredor vial que comprende desde Villavicencio en el departamento del Meta ($5^{\circ} 19' 35.2''$ N y $72^{\circ} 24' 43.2''$ O) hasta Yopal en el departamento de Casanare ($- 4^{\circ} 11' 18.3''$ N y $73^{\circ} 36' 14.8''$ O). Esta vía cuenta con una longitud cercana a los 260 km y conecta los municipios de Villavicencio, Cumaral, Paratebueno, Villanueva, Monterrey, Tauramena, Aguazul y el Yopal, atravesando el suroeste del departamento de Casanare, el oriente de departamento de Cundinamarca y el norte del departamento del Meta (Figura 3).

La vía está ubicada a lo largo del piedemonte llanero colombiano, el cual es una franja geográfica que abarca una amplia gama de biomas bordeando el este de la Cordillera Oriental. (IGAC. 2003; Briceño-Vanegas. 2015). Es posible encontrar tres tipos de biomas: Orobiomas bajos de los andes, Helobiomas de la Orinoquía y Penobiomas de la Orinoquía. (Romero, 2009). El paisaje está compuesto por coberturas mixtas de bosques naturales, pastos, cultivos permanentes y semipermanentes. (CORMACARENA. 2017). En esta zona el clima es de tipo monomodal, con dos periodos hidrológicos: seco (que va de diciembre a marzo, con un promedio de temperatura mensual de $28,1^{\circ}\text{C}$ y $48,2$ mm de precipitación/mes) y de lluvias (de mayo a octubre, con un promedio de temperatura mensual de $25,8^{\circ}\text{C}$ y $274,6$ mm de precipitación/mes). Los meses de abril y noviembre son considerados de transición entre los periodos (IDEAM. 2017).

Métodos: Los muestreos fueron realizados durante 11 meses continuos, comprendidos entre mayo de 2018 y abril de 2019. Se realizaron en total 47 recorridos ida y vuelta, uno cada semana, su número fue definido por conveniencia. Cada monitoreo consistió en dos observadores, con un recorrido inicial a las 10:00 am, partiendo de la ciudad de Yopal, a una velocidad promedio de 40 km/hora, con el fin de facilitar la observación de fauna atropellada. Al día siguiente, a las 6:00 am se llevó a cabo el recorrido de regreso. En total, por salida, se recorrieron en promedio 520 km. Al observarse un ejemplar silvestre atropellado, se tomaron coordenadas geográficas del punto, utilizando un GPS

Garmin® Oregón con un margen de error de 5 m. Así mismo, se tomaron datos referentes a orden, familia, especie, mes, hora y tipo de cobertura adyacente. La cobertura fue tomada en cuenta para identificar las variables asociadas al evento de atropellamiento. Para su identificación se usó la metodología CORINE Land Cover (IDEAM. 2010), adaptándola a las características del área y necesidades del estudio. Luego del muestreo, los cadáveres fueron retirados de la vía para evitar errores muestrales.

Patrones temporales: Se calcularon dos índices kilométricos expresados en tasa de mortalidad por día y tasa de mortalidad por día por kilómetro para cada especie. Para su cálculo se utilizó la metodología propuesta por Santos *et al.* (2011) y Teixeira *et al.* (2013) (Figura 1). Las tasas de mortalidad se calcularon utilizando el software libre SIRIEMA- Road Mortality Software V. 2.0 (Coelho *et al.* 2014). Las tasas fueron obtenidas para el total del periodo de muestreo y para los periodos climáticos de lluvia y sequía (para el análisis de los dos periodos no se tuvieron en cuenta los meses de abril y noviembre considerados transicionales) para determinar si las tasas de atropellamiento están relacionadas con los periodos climáticos para cada especie. Fue utilizado el siguiente modelo:

$$N = \sum_{i=0}^{n-1} N_i = \lambda TR p \sum_{i=0}^{n-1} \left(1 - \sum_{j=1}^i e^{-\frac{TR}{TS}} p (1-p)^{j-1} \right)$$

Figura 1. Modelo matemático de Teixeira *et al.* 2013

Donde N es el número total de cadáveres registrados durante el estudio; λ es el número de cadáveres por día; p la capacidad de detección, que se calculó con el intervalo de muestreo y el tiempo transcurrido desde el atropellamiento hasta la remoción del cadáveres y se fijó en 0,59 %; TR el tiempo en días que transcurre desde el momento de la colisión hasta la desaparición total del cadáver, este dato fue calculado usando la información de detección de cadáveres en la vía usando la función Estimar TR del software SIRIEMA – Road Mortality Software V. 2.0 (Coelho *et al.* 2014). Arrojando un valor promedio de 2,81; TS que es el intervalo de muestreo o número de días entre un recorrido establecido como 7; i que es un punto dado en la vía y j que es cada evento de atropellamiento.

Patrones espaciales: Para determinar la representatividad de los atropellamientos en la vía, se definieron cuadrantes con una extensión de 250 m de largo y 2 km de ancho, 1 km a cada lado, tomando como punto medio la carretera. Estos cuadrantes se utilizaron como unidad de análisis, siendo establecidos como referencia para medir las variables explicativas y la variable de respuesta para los registros de atropellamiento obtenido.

Variable de respuesta: se definió a esta variable como el atropellamiento y se utilizaron las coordenadas de los puntos de registro de hormigueros tomadas durante los recorridos. Para medir el grado de agrupamiento de los atropellamientos en los cuadrantes se utilizó el estadístico de autocorrelación espacial G_i (Getis & Ord. 1992).

Se calculó la cantidad de registros de atropellamientos para cada cuadrante; finalmente para medir la auto correlación en todos los cuadrantes se utilizaron valores de agrupamiento otorgando valores a los datos, debido a que se utilizó un valor continuo de agrupamiento que indica atropellamiento estos valores van de 0 a 1. Los valores de 0 hacen referencia a los cuadrantes cuyos valores de agrupamiento son bajos y los valores de 1 se asignan a los cuadrantes cuyos valores de agrupamiento son altos.

Variables explicativas: Se tomaron en primera instancia las variables de paisaje. Estas se definieron como las coberturas identificadas en los puntos donde se registraron atropellamientos y fueron adaptadas acorde a las necesidades del estudio. Como resultado se obtuvieron las variables bosque, cultivo, intervenida, pastura, rio y casco urbano (Anexo 1). Estos datos fueron considerados como parámetros para determinar su relación causal con el atropellamiento de hormigueros. También se utilizó el paquete *rgeos* para medir la distancia de los puntos de atropellamiento a las coberturas, estos datos fueron incluidos como variables. En segunda instancia se tuvieron en cuenta variables propias de las características de la vía, en este caso la pendiente. Para calcular esta variable se utilizó el modelo digital de elevación (Jarvis *et al.* 2008). Basándose en esa información se calculó la pendiente de la carretera en cada cuadrante. Las variables de los datos espaciales fueron utilizadas en un modelo de regresión logística para determinar cuáles resultan representativas en los eventos de atropellamientos de hormigueros.

Apreciaciones sociales: Se realizaron encuestas de manera aleatoria, teniendo en cuenta personas de diferente género, su disponibilidad, disposición y residencia en el área de al menos un año. Se definieron tres grupos de muestreo con la intención de abarcar diferentes actores. Los grupos definidos fueron conductores de vehículos de carga, conductores de vehículos de transporte público y usuarios de la vía, (definidos como personas que transitan en sus vehículos particulares o de servicio público). El número de personas encuestadas se definió por conveniencia, estableciendo un número mínimo de 40 muestras por cada grupo, siendo el 50% encuestado en el departamento de Casanare y 50% en el departamento del Meta. Las preguntas realizadas a cada encuestado se encuentran en el Anexo 2. En total se desarrollaron 120 encuestas entre las ciudades de Yopal y Villavicencio.

Análisis de los datos: Para el análisis y procesamiento de la información se utilizó el programa R (versión 3.5.3). La regresión logística fue desarrollada usando el paquete *stats*, para determinar cuáles de las variables anteriormente mencionadas explican mejor la relación causal de atropellamiento de hormigueros en la vía. Con el objetivo de obtener el modelo de regresión logística que describiera mejor la relación causal entre las variables explicatorias y la variable de respuesta. Se corrieron varios modelos en los cuales se tomó en cuenta que: el modelo resultante presentara solo las variables explicativas, el criterio de información de Akaike o AIC que es una medida de calidad de un modelo estadístico fuera bajo, el P valor asociado fuera menor a 0,2 y que la desviación residual tuviera valores cercanos a los grados de libertad.

Al correr el modelo y seleccionar aquel en el cual las variables de respuesta explicaran mejor la relación causal con el atropellamiento, fue calculada la razón de Odds (Medida de incremento de riesgo) (Figura 2). Esta medida se calculó con la fórmula:

$$\left[\frac{p}{1-p}\right] = \{ \exp(b_0) \} \{ \exp(b_1) x_1 \} * \{ \exp(b_2) x_2 \} * \{ \exp(b_3) * x_3 \}$$

Figura 2. Fórmula para el cálculo de la medida de incremento de riesgo

Donde P: es la probabilidad de ser atropellado, 1-P es la probabilidad de no ser atropellado, b0, b1, b2, b3 son los coeficientes de la regresión logística asociados a cada variable explicativa y x1, x2 y x3 son los valores que toma cada variable de respuesta. Para el análisis de la información obtenida por la comunidad se empleó el programa Excel (versión 14.0.4760.1000 32 bits). También fue usado para obtener porcentajes y graficar los resultados obtenidos, finalmente para el análisis de las variables temporales se comparan los datos obtenidos por medio del modelo matemático propuesto por Teixeira *et al.* (2013).

Resultados

Se registró un total de 87 atropellamientos, 20 para *M. tridactyla* y 67 para *T. tetradactyla* (Fig. 3), en un total de 47 recorridos. Se recorrió un total de 24.440 km a lo largo del estudio.

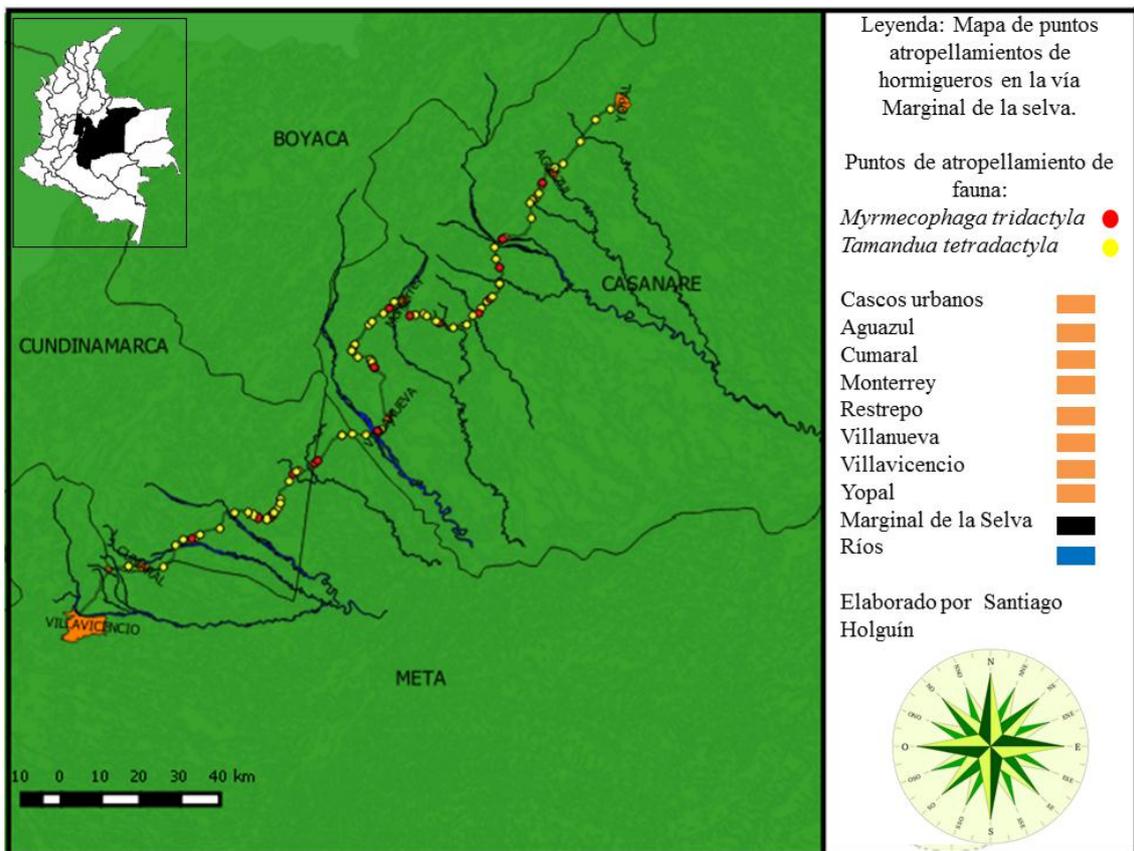


Figura. 3 Representación de los puntos de atropellamiento de las especies; 20 para *M. tridactyla* y 67 para *T. tetradactyla*.

Las tasas de atropellamientos por día y por kilómetros para cada especie total y en las dos épocas se presentan en la tabla 1. El número total de atropellamientos para la época seca fue de 26, mientras que para la de lluvias se registraron 61.

Tabla 1. Índices kilométricos expresados en tasas de mortalidad por día y por kilómetro por especie, para las especies *M. tridactyla* y *T. tetradactyla*, para los periodos climáticos de lluvia y sequía.

Total (47 recorridos)	<i>T. tetradactyla</i>	<i>M. tridactyla</i>
Tasa (ind/día)	0,9045	0,27
Tasa (ind/km/día)	0,0034	0,001
Época seca(16 recorridos)		
Tasa (ind/día)	0,9496	0,31
Tasa (ind/km/día)	0,0036	0,0012
Época lluvias(23 recorridos)		
Tasa (ind/día)	0,93	0,303115
Tasa (ind/km/día)	0,0036	0,00116582

Según los datos obtenidos en la tabla 1, la tasa de atropellamientos/día total para *T. tetradactyla* es mayor que la de *M. tridactyla*, al igual que la tasa de atropellamientos (km/día). En la época seca (diciembre a marzo) y en la época de lluvias (mayo a octubre) las tasas de atropellamiento de *T. tetradactyla* siguen presentando valores superiores a las de *M. tridactyla*, esta tendencia se mantiene para las tres estimaciones. Por otro lado ninguna de las especies presenta variaciones significativas en las tasas de atropellamiento influenciadas por los periodos climáticos en la vía Marginal de la Selva.

Patrones espaciales

La variable “Distancia al Casco Urbano” (Tabla 2), fue la que se ajustó mejor al modelo para explicar el atropellamiento de *M. tridactyla* y presentó un coeficiente positivo ($p \geq 0,05$), seguida de “Pendiente” y “Distancia al bosque”, ambas con coeficientes negativos P -9.013 y P -1.449, respectivamente. Esto quiere decir en la primera variable, que a mayor distancia del “Casco Urbano” mayores serán las probabilidades de sufrir atropellamientos. En el caso de la “Pendiente”, que, a medida que esta aumenta, se presentó menor número de atropellamientos; y finalmente, respecto a la “Distancia al Bosque”, a distancias más alejadas del bosque, se presentó un menor número de atropellamiento.

Tabla 2. Datos obtenidos del modelo de regresión logística para *M. tridactyla* en la vía marginal de la selva

Variables	Coefficiente	P-valor	Odds
Distancia Casco Urbano	3.923e-05	0.000613	0,000041
Pendiente	-9.013e+00	0.014880	-9,013

Distancia al Bosque	-1.449e-03	0.011937	-0,0015
----------------------------	------------	----------	---------

La variable explicativa “Distancia al Casco Urbano” fue la que mejor se ajustó al modelo para explicar el atropellamiento de *T. tetradactyla* (Tabla 3), presentó un coeficiente positivo ($p \geq 0,05$), seguida de “Distancia al Río” y “Pendiente”, todas con coeficientes positivos ($p \geq 0,05$), es decir que son directamente proporcionales. Esto a su vez significa que a mayor “Distancia al Casco Urbano” la expectativa de atropellamiento será mayor; también que a medida que la “Pendiente” aumente, el número de atropellamientos será mayor; y finalmente a mayor “Distancia al Río” la expectativa de atropellamientos también aumentará.

Tabla 3. Datos obtenidos del modelo de regresión logística para *T. tetradactyla* en la vía marginal de la selva

VARIABLES	COEFICIENTE	P-valor	ODDS
Distancia Casco Urbano	6.858e-05	0.000218	0,0000686
Distancia Río	2.756e-04	0.000272	0,000276
Pendiente	1.162e+01	6.28e-05	111300,1

Apreciaciones sociales

Del total de personas encuestadas, el 82% manifestó conocer la problemática de atropellamiento de osos hormigueros en el corredor vial; de ese total 34 eran conductores de carga, 34 de transporte público y 30 usuarios de la vía. Respecto a la visualización o registro de individuos atropellados, 73% de los encuestados reportaron haber visto al menos una vez un hormiguero atropellado a lo largo del trayecto (TR=34, CP=34 Y U= 20). Mientras que 27% dijeron no haber visto ninguno (TR= 6, CP=6 Y U= 20).

Cuando se preguntó a los usuarios si habían atropellado hormigueros en la vía, de 120 individuos encuestados, 16 admitieron haber atropellado hormigueros alguna vez (TR= 6, CP= 9 Y U= 1). Cuando se cuestionó a este grupo acerca de las causas que justifican el evento de atropellamiento, ellos aportaron 6 razones diferentes que están consignadas a continuación (Figura 4).

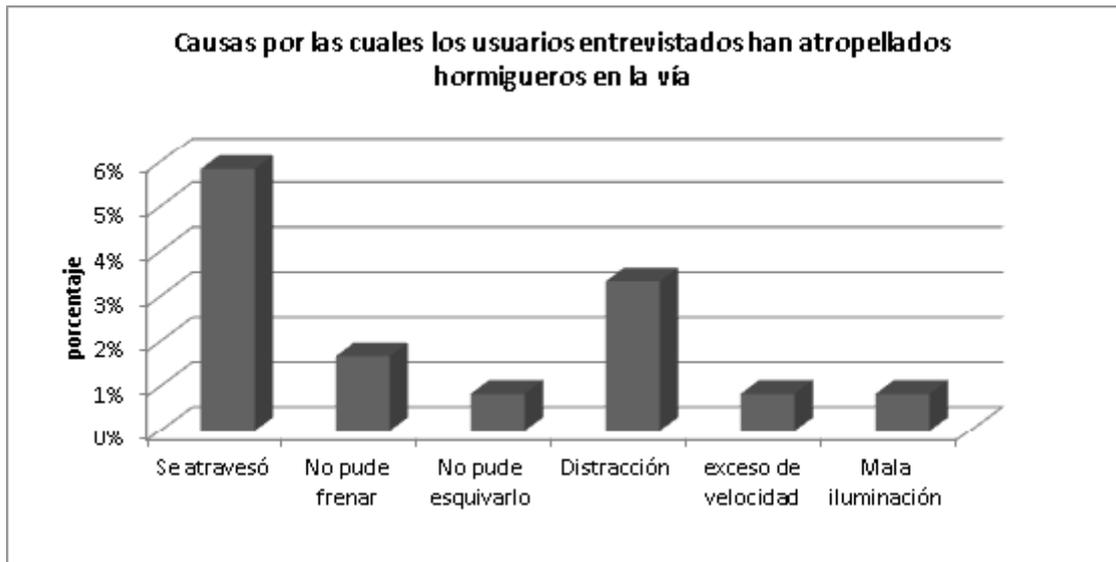


Figura 4. Causas expuestas por los usuarios que admitieron haber atropellado hormigueros

Cuando se consultó a la comunidad acerca de las causas que ellos consideraban eran las responsables del atropellamiento de hormigueros en la vía, los usuarios identificaron 5 causas consignadas a continuación (Figura 5). El 100% de los encuestados, sugirió medidas o soluciones para prevenir o disminuir el atropellamiento de fauna, en total expusieron 8 medidas diferentes, que están consignadas en la tabla 4, junto al número total de usuarios por cada respuesta y sus porcentajes.

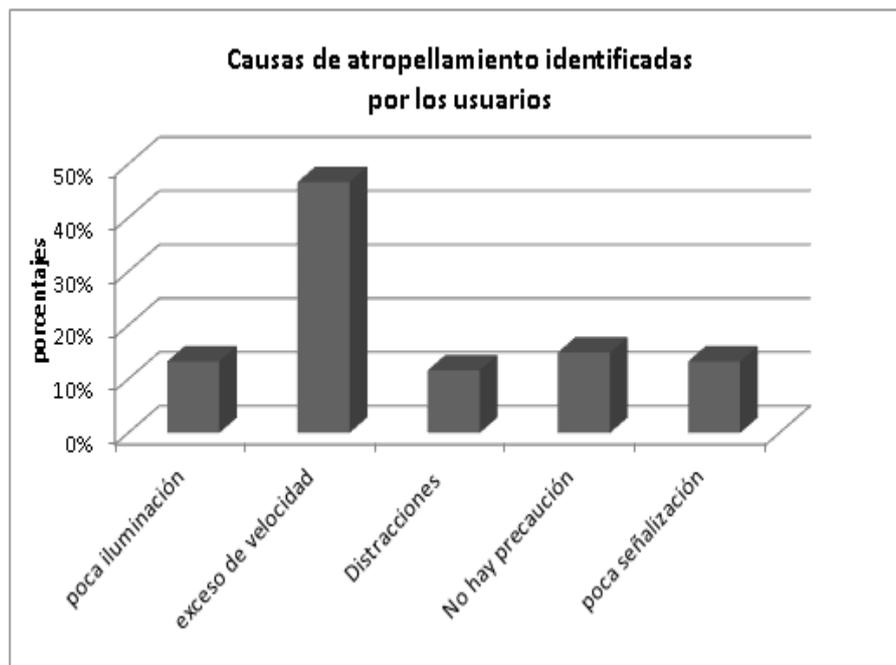


Figura 4. Causas de atropellamiento de hormigueros identificadas por los usuarios

Tabla 4. Medidas de solución recomendadas por la comunidad

Medidas de solución	# de respuestas	%
Señalización	43	36
Prudencia	18	15
Reductores de velocidad	16	13
Cercas	16	13
Concientización	11	9
Pasos de fauna	8	7
Mejorar iluminación	6	5
Control policial	2	2

Discusión.

Este es el primer estudio de atropellamiento de fauna silvestre enfocado en un grupo de mamíferos para la Orinoquia colombiana. De forma general, se considera que los atropellamientos representan una de las principales amenazas para los hormigueros en toda su área de distribución, incluyendo Colombia (Miranda *et al.*, 2014; Rojano *et al.*, 2014), principalmente por las bajas tasas de reproducción que presentan, de forma natural, ambas especies (Miranda *et al.*, 2014). Incluso los hormigueros del género *Tamandua* han sido reportados en el tercer lugar en el ranking de las especies con mayor número de registros de atropellamiento en el país (Jaramillo-Fayad *et al.* 2017). Esto podría afectar de forma considerable la recuperación de las poblaciones en aquellas zonas donde están siendo afectadas por los atropellamientos permanentes, como el caso del área de estudio.

Se calcularon tasas de atropellamiento de 330,1 individuos de *T. tetradactyla* por año y de 6,33 individuos por semana para el área de estudio. Datos sin publicar de la Fundación Cunaguaro aportan tasas de atropellamiento para *T. tetradactyla* de 4,5 individuos por semana para el tramo contiguo de la vía marginal de la selva (Yopal-Paz de Ariporo), esta información no dista de la obtenida en este estudio, lo que demuestra la vulnerabilidad de esta especie frente a la infraestructura vial. Para *M. tridactyla* se calcularon tasas de atropellamiento que equivaldrían a 98,55 ind/año y 1,89 ind/semana. Dado que esta es una especie catalogada a nivel internacional como vulnerable, se requieren más esfuerzos de investigación que permitan dimensionar el impacto de las vías en sus poblaciones. Por otro lado, las tasas de atropellamiento de las dos especies de hormigueros estimadas no presentan una correlación con la época climática. En un estudio dirigido a *M. Tridactyla* por De Freitas *et al.* (2014), encontró que los atropellamientos de esta especie fueron más comunes en la época de sequía, esto difiere con los datos obtenidos en este estudio

Diversos aspectos se han tenido en cuenta para intentar explicar los factores que influyen en el atropellamiento de hormigueros. De forma general, se considera que estos mamíferos pueden verse atraídos a las carreteras, dado que éstas favorecen potencialmente el establecimiento de colonias de hormigas en los bordes, puesto que como espacio abierto incrementan la acumulación de malezas y hojarasca, incrementando la producción de invertebrados (Waide, 1991). Esto concuerda con los

resultados obtenidos por De Freitas *et al.* (2014), que sugieren que los sitios de colisión están relacionados con áreas de alimentación y forrajeo.

Algunos autores afirman que los movimientos lentos y torpes de los hormigueros sobre terreno, y la alta demanda de coberturas vegetales, los hacen muy vulnerables al atropello (Argotte & Monsalvo, 2002; Carvajal-Alfaro & Quesada, 2013). Otros aspectos deben ser considerados en el atropellamiento de hormigueros son los hábitos de las especies que tratan de cruzar y la actuación intencional de algunos conductores que podría favorecer el atropellamiento (Carvajal-Alfaro & Quesada, 2016; Sánchez-Páez *et al.*, 2004).

Para este estudio, se encontró que *T. tetradactyla*, presenta mayores tasas de atropellamiento que *M. tridactyla* en las dos épocas evaluadas. Esto puede deberse a diversos factores. No obstante, no se cuenta con datos sobre la ecología de la especie en la región. Un factor explicativo podría ser la reducción inferida de las poblaciones de *M. tridactyla* en el área; estando categorizada como Vulnerable, se estima que en los últimos años se ha perdido por lo menos un tercio de la población original, con poblaciones más reducidas que las de *T. tetradactyla*, lo que podría explicar porque esta tiene más reportes de atropellamiento (Miranda *et al.*, 2014).

Tamandua mexicana fue reportada como uno de los mamíferos más atropellados en la Ruta del Sol, vía que abarca los departamentos de Cesar, Magdalena y Santander. La tasa estimada para esta ruta fue de 0,0334 ind/km (92 ind), con casi media tonelada de biomasa atropellada durante los trayectos realizados (2773 km) (Payán *et al.* 2013). De igual forma, Rojano *et al.*, (2016) reportaron a una tasa de 0,006 ind/km para esta misma especie en el Viaparque Isla Salamanca, indicando un promedio de 4,5 animales atropellados por semana en esa zona. Ambos trabajos indican que los osos meleros podrían llegar a ser abundantes de forma natural y por lo tanto víctima frecuente de atropellamiento en las diferentes zonas geográficas del país.

De Freitas *et al.* (2014) señala que la dieta especializada del oso hormiguero influye en sus hábitos estacionales que a su vez sugieren efectos indirectos sobre las tasas de muertes en carretera. Esto podría sugerir que sus tasas de dispersión se ven afectadas por la época lo que lo obligaría a moverse más y en consecuencia aumentar su probabilidad de ser atropellado. No obstante, no se observó esta tendencia en el presente trabajo.

En los modelos de regresión logística se presentaron variables que resultaron ser explicativas para ambas especies. La primera es la “Distancia al Casco Urbano”. Esta variable es positiva, lo que quiere decir que a medida que los individuos de las dos especies se alejan de esta cobertura, las probabilidades de atropellamiento aumentan. Esta relación sería el resultado de la reducción de velocidad en relación a la disminución de la distancia con respecto al casco urbano; esta dinámica puede deberse a diversos factores como los reductores de velocidad o la señalización. También podría

deberse a que los hormigueros evitan zonas tan intervenidas como los cascos urbanos, esto explicaría porque los registros de atropellamiento fueron mayores lejos de esta cobertura.

La variable de pendiente también es constante para los dos modelos; sin embargo, para para *T. tetradactyla* a medida que esta variable aumenta, el riesgo de atropellamiento es mayor, esto podría explicarse porque la pendiente puede disminuir la visibilidad de los conductores. En el caso de *M. tridactyla*, la relación es inversamente proporcional, esto significa que a medida que la pendiente aumenta el riesgo de atropellamiento es menor. Esta información contrasta con la obtenida por De Freitas *et al.* (2014), que indica que el atropellamiento de osos hormigueros no está influenciado por los atributos de topografía de la carretera.

Se encontró en *T. tetradactyla* que a mayor distancia del río, hay mayor número de atropellamientos, esto se podría explicar porque esta especie se adapta a varios hábitats como los bosques de galería, sabanas y potreros (Eisenberg, 1989), es decir que no se restringe a las áreas circundantes a los ríos y en este caso, podría utilizar más las sabanas y los potreros para movilizarse. Sin embargo, para determinar esta relación es necesario que realizar más estudios complementarios.

En el modelo también se encontró que a mayor distancia del bosque, los individuos de *M. tridactyla* presentan valores mayores de atropellamiento. Esta relación podría explicarse porque esta especie no estaría usando solamente esta cobertura como corredor. Robert *et al.* (2000) afirman que el bosque alberga diversas especies como *M. Tridactyla*; su vegetación representa una fuente directa e indirecta de alimentos y refugio, en los que la fauna se encuentra fuertemente relacionada con el uso de sombrío, zonas de forrajeo, refugio, y reproducción, lo que respaldaría el planteamiento del uso de estos ecosistemas como corredores en el área de estudio. Sin embargo, Rojano *et al.* (2015) identificaron que para Casanare los individuos de esta especie pueden usar coberturas de bosque y de sabana, pero muestran preferencias por los potreros para ganadería y los pastizales altos para forrajear, eso podría explicar porque los individuos presentan atropellamientos en zonas distantes a las coberturas de bosque.

Tener en cuenta a la comunidad para poder entender la problemática de atropellamiento de hormigueros, es una aproximación novedosa que ofrece un enfoque diferencial con respecto a otros estudios. Sin embargo, en Colombia no existen estudios que abarquen esta problemática y a la vez consideren el punto de vista de la comunidad para entenderlo. A pesar de esto Rincón-Aranguri *et al.* (2015) llegó a la conclusión de que, la falta de cultura vial es otro de los principales problemas para la fauna silvestre, por ello, es importante la responsabilidad y precaución al momento de conducir para evitar accidentes fatales para los animales silvestres y pérdidas humanas.

En las encuestas se encontró que el 82% de los usuarios es consciente de esta problemática, lo cual indica que se ha visibilizado y la comunidad no es indiferente ante este tema. Sin embargo, del 18% que contestó que no, un 45% eran usuarios de la vía y no conductores. Respecto a los 16 encuestados que admitieron haber atropellado

hormigueros, uno era de los usuarios, seis de los conductores de transporte público y nueve de los conductores de carga pesada, lo que sugiere, que, este grupo es el que mayor incidencia tiene dentro de esta problemática. No obstante, hacen falta más datos para conocer si es una tendencia constante o solo es un efecto del número de réplicas.

En las causas expuestas por los usuarios que dijeron haber atropellado hormigueros, se identifica que solo dos categorías -exceso de velocidad y distracción-, hacen referencia a errores humanos. Por otro lado se identificó señalización, en soluciones propuestas como en problemas identificados por los encuestados, esto quiere decir que es un factor que los conductores de vehículos de transporte público de la vía consideran crucial, al igual que los conductores de vehículos de carga pesada. Esto contrasta con Rincón-Aranguri *et al* (2015), que advierten que la señalización preventiva sobre presencia de animales y límites de velocidad en la zona es ignorada. Gunther *et al.* (2001) señala que los estudios referentes a esta técnica han encontrado que los letreros y demás avisos de precaución que indican la presencia de animales en la vía, en gran medida, son ignorados por los conductores. No obstante, también indica que pueden llegar a ser efectivos en la reducción de mortalidad de animales por atropellamiento. A pesar de esto, es necesario realizar estudios que validen la efectividad de estas medidas en el país.

Los usuarios también identifican la iluminación de la vía, tanto en soluciones como en causas de atropellamiento. Esta variable no obedecería solo a características de infraestructura de la vía, sino que las características mecánicas de los autos también serían relevantes. Eso explicaría por qué los encuestados no la consideraron importante. Es probable que el tamaño del individuo juegue un papel determinante, haciendo que los ejemplares de *T. tetradactyla* sean más difíciles de identificar en la vía para evitar el atropellamiento, mientras que los individuos de *M. tridactyla* por tener un tamaño mayor probablemente puedan verse a mayor distancia y evitar el atropellamiento.

Respecto al apartado de medidas de solución sugeridas por la comunidad, se identificaron los “reductores de velocidad” y las “cercas”, debido a que dentro de las razones que llevaron a que usuarios de la vía atropellaran hormigueros está el exceso de velocidad. Gunther *et al.* (2001) identificó que las altas velocidades de los vehículos en autopistas facilitan el atropellamiento de los animales; por otro lado, Bauni *et al.* (2017) señala que las diferencias en características de las vías como el flujo vehicular o la velocidad límite inciden directamente en el atropellamiento, respaldando la teoría de los usuarios de que los reductores de velocidad serían una alternativa de solución a esta problemática. Finalmente, Astwood *et al.* (2018) afirman que cuando los vehículos viajan a velocidades mayores a los 64 km/h, la probabilidad de colisión es significativamente mayor para algunas especies de fauna, esto respalda la consideración de los usuarios de utilizar reductores de velocidad.

Respecto a las cercas, otra de las medidas planteadas, Plante *et al.* (2019) indica que son efectivas para reducir los casos de atropellamiento de fauna silvestre, encontrando puntos significativamente altos de atropellamiento en los lugares donde la cerca se

termina. Esta solución podría presentar efectividad a la hora de mitigar los atropellamientos, no obstante, tienen que tenerse primero establecidos los puntos críticos de paso de fauna para que el esfuerzo de cercado aporte resultados más efectivos.

Los pasos de fauna son otra estrategia ampliamente usada para prevenir el atropellamiento de fauna en las carreteras. Berris (1997) indica que algunos estudios que se han hecho para observar la efectividad de estos sistemas muestran que depende de variables tales como el tamaño, el lugar, los niveles de ruido, el sustrato, la cobertura vegetal, la humedad, la temperatura, la luz, las interacciones entre las especies y las perturbaciones humanas. Esta información podría sumarse a los patrones espaciales obtenidos en este estudio para identificar puntos potenciales buscando ubicar pasos de fauna para *T. tetradactyla* y de *M. tridactyla*.

La mortalidad de osos hormigueros en la vía Marginal de la selva, en el tramo Villavicencio-Yopal es común, las tasas de atropellamiento calculadas para las dos especies son elevadas. Aunque no se encontró una influencia marcada por parte de todas las coberturas es posible que los osos las empleen activamente para su movilización. Este estudio no determinó los niveles de tráfico ni su influencia en las tasas de atropellamiento, dado que estos datos son relevantes para obtener información más concreta acerca de esta dinámica, se considera pertinente tenerlos en cuenta para implementar medidas de solución a esta problemática.

Las estrategias y medidas enfocadas en la reducción de los efectos de las carreteras sobre la biodiversidad son costosas, sin embargo su implementación y monitoreo son claves para validar su eficacia. Este tipo de medidas son las recomendaciones propuestas para intentar reducir la amenaza de las autopistas sobre los osos hormigueros; también se resalta la importancia de desarrollar estudios más extensos con replicas en sus áreas de distribución a lo largo del país para determinar los impactos del desarrollo de infraestructura vial sobre estas especies y de esta forma conocer las implicaciones más relevantes para su conservación.

Bibliografía:

Andrade, G. I., Castro-Gutiérrez, L., Rodríguez-Becerra, M., Uribe-Botero, E., & Wills-Herrera, E. (2009). La mejor Orinoquía que podemos construir. Elementos para la sostenibilidad ambiental del desarrollo. *Universidad Andes y Corporinoquia. Bogotá, Colombia.*

- Alfaro, C.V. y F.D. Quesada. 2015. La educación ambiental como herramienta para sensibilizar sobre la muerte por atropello de mamíferos silvestres en carretera. *Biocenosis*. 29:29-35.
- Arroyave, M. D. P., Gómez, C., Gutiérrez, M. E., Múnera, D. P., Zapata, P. A., Vergara, I. C., & Ramos, K. C. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista eia*, (5), 45-57.
- Astwood-R, J.A. y Reyes-D, M.C. y Rincón-A, M. T. y Pachón-G, J. y Eslava-M, P.R. y C.A. Parra-S. 2018. Mortalidad de reptiles en carreteras del piedemonte de los llanos orientales colombianos. *Caldasia* 40:321-334.
- Ávila, R.C. y Rojano. C. y Castro. F. y H. Padilla. 2014 (Selección de áreas para la liberación de Hormigueros) Pp:131-139 En: Rojano, C., Miranda, L., Ávila, R. (Editores). 2014. Manual de Rehabilitación de Hormigueros de Colombia. Fundación Cunaguaro, Geopark Colombia S.A.S, Corporinoquía. El Yopal, Casanare. 155p.
- Berris, L. 1997. The importance of the ecoduct at Terlet for migrating mammals. pp. 418-420. En: K. Canters (ed.) *Habitat fragmentation and infrastructure, proceedings of the International Conference on Habitat Fragmentation, Infrastructure and the Role of Ecological Engineering*. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Delft, Netherlands.
- Bird K, A. Mckay y I. Shinyekwa. 2011. Isolation and poverty the relationship between spatially differentiated access to goods and services and poverty. Overseas Development Institute (ODI), ODI Working paper 322:2011. London, UK.
- Bolaño, C.R. y Lopez-Giraldo, M.E. y Miranda-Cortés, L. y R. Ávila-Avilán. 2015. Área de vida y uso de hábitats de dos individuos de oso palmero (*Myrmecophaga tridactyla*) en Pore, Casanare, Colombia. *Edentata*, 37.
- Caballero, M. A. A., & Moreno, L. C. G. (2017, July). Mortalidad de vertebrados silvestres en dos segmentos de la carretera troncal del Caribe a su paso a través de dos ecosistemas de interés biológico en la costa Caribe Colombiana (Magdalena). In 2017.
- Cáceres, N.C., y Hannibal, W., y Freltas, D.R., y Silva, E.L., y Roman, C., y J. Casella. 2010. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. *Zoologia* 27:709-717
- Clevenger, A. P., Chruszcz, B., & Gunson, K. E. (2003). Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological conservation*, 109(1), 15-26.
- Coelho A.V.P., Coelho I.P., Teixeira F.T., Kindel A. 2014. Siriema: road mortality software. User's Manual V. 2.0. NERF, UFRGS, Porto Alegre, Brazil. Available at: www.ufrgs.br/siriema
- CORMACARENA. 2017. Resolución PS-GJ.1.2.6.18. 0228. “por medio del cual se acoge el concepto técnico No. PM-GA.3.44.18.489. y se otorga licencia ambiental a favor del proyecto Construcción de las obras de mejoramiento ampliación del corredor vial Villavicencio-Yopal”. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo especial la Macarena “CORMACARENA”.

Correa V., Tadeu R. Jansen A.M. Delciellos A.C., D'Andrea P. 2012. Notes on Food Habits of Armadillos (*Cingulata, Dasypodidae*) and Anteaters (*Pilosa, Myrmecophagidae*) at Serra Da Capivara National Park (Piauí State, Brazil). *Edentata*, 13: 84-89.

Cran.r-project.org. 2019. The R Project for Statistical Computing. Packages. Recuperado de: <https://cran.r-project.org/web/packages>

Crooks, K.R., y Burdett, C.L., y Theobald, D.M., y King, S.R.B., y Di Marco, M., y Rondinini, C. y L., Boitani. 2017. Quantification of hábitat fragmentation reveals extinction risk in terrestrial mammals. *PNAS* 114:7635-7640

Cunha, H. F., Moreira, F. G. A., & Silva, S. S. D. (2010). Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 32 (3), 257-263.

De La Ossa-Nadjar, O. y J De La Ossa-v. 2013. Fauna silvestre atropellada en dos vías principales que rodean los montes de María, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias* 5:158-164

De La Ossa-V, j. y S. Galván-Guevara. 2015. Registro de mortalidad de fauna silvestre por colisión vehicular en la carretera Toluviejo – ciénaga La Caimanera, Sucre, Colombia. *Biota Colombiana* 16:66-77

Delgado-Vélez, C.A. 2007. Muerte de mamíferos por vehículos en vía del escobero, envigado (Antioquia), Colombia. *Actualidad Biológica*. 29:229-233.

Delgado-Vélez, C.A. 2014. Adiciones al atropellamiento vehicular de mamíferos en la vía de el Escobero Envigado (Antioquia), Colombia. *Revista EIA*. 11:147-153

De Freitas, C. H., Justino, C. S., & Setz, E. Z. (2015). Road-kills of the giant anteater in south-eastern Brazil: 10 years monitoring spatial and temporal determinants. *Wildlife Research*, 41(8), 673-680.

Desbiez, A. L. J., & Medri, Í. M. (2010). Density and habitat use by giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) and southern tamanduas (*Tamandua tetradactyla*) in the Pantanal wetland, Brazil. *Edentata*, 11(1), 4-11.

Eisenberg, J. F., & Redford, K. H. (1989). *Mammals of the Neotropics, Volume 3: Ecuador, Bolivia, Brazil* (Vol. 3). University of Chicago Press.

Emmons, L., & Feer, F. (1997). *Neotropical rainforest mammals: a field guide* (No. Sirsi) i9780226207193).

Fayad, J. J.C. y Gonzales-M, J.L. y Velásquez-L, M.M. y Correa-Ayram, C.C. y P, Isaacs-Cubides. 2017. Los animales atropellados de Colombia. Estrategias para mitigar los efectos de la infraestructura vial en la fauna silvestre. En Moreno, L. A., Rueda, C. y Andrade, G. I. (Eds.). 2018. Biodiversidad 2017. *Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Ferrer Pérez, A., y Beltrán, M., y Díaz Pulido, A.P., y Trujillo, F., y Mantilla-Meluk, H., y Herrera, O., y Alfonso, A.F., y E, Payán. 2009. Lista de los mamíferos de la cuenca del río Orinoco. *Biota Colombiana* 10:179-207

Geilfus, F. (2001). *Ochenta herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación*. Editorial Kimpres.

Getis A. y Ord J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis* 24, p. 189-206.

Gunther K., Biel, N. J. and Robinson, H. L. 2001. Influence of vehicle speed and vegetation cover-type on road-killed wildlife in Yellowstone National Park. pp. 42-51. En: *Wildlife and highways: seeking solutions to an ecological and socio-economic dilemma*. 7th Annual Meeting of the Wildlife Society. Nashville, Tennessee. 178p.

Hels, T., & Buchwald, E. (2001). The effect of road kills on amphibian populations. *Biological conservation*, 99(3), 331-340.

Humanez-López, E. y J. Chacón Pacheco. 2014. (Taxonomía, identificación y distribución de las especies del suborden Vermilingua en Colombia) Pp: 18-31. En: Rojano, C., Miranda, L., Ávila, R. (Editores). 2014. Manual de Rehabilitación de Hormigueros de Colombia. Fundación Cunaguaro, Geopark Colombia S.A.S, Corporinoquía. El Yopal, Casanare. 155p.

IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C., 72p.

IDEAM. 2017. Promedios de precipitación y temperatura media. Promedio de los años 1981-2010. Recuperado de: https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Promedios-Precipitaci-n-y-Temperatura-media-Promed/nsxu-h2dh?category=Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible&view_name=Promedios-Precipitaci-n-yTemperatura-media-Promed.

Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from <http://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata>.

Jari Oksanen, F. Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan McGlenn, Peter R. Minchin, R. B.O'Hara, Gavin L. Simpson, Peter Solymos, M. Henry H. Stevens, Eduard Szoecs and Helene Wagner (2019). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Kang, W., Minor, E. S., Woo, D., Lee, D., & Park, C. R. (2016). Forest mammal roadkills as related to habitat connectivity in protected areas. *Biodiversity and conservation*, 25(13), 2673-2686.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2017. Resolución No. 1912 del 15 de SEP de 2017. Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Col. 38p

Mintransporte-Ministerio de Transporte de Colombia. 2018. La revolución de las vías 4G. Descargado de:

https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/con_la_revolucion_de_la_infraestructura_las_vias_4g_son_la_columna_vertebral_del_crecimiento_economico_del_pais.

Miranda, F., y Bertassoni, A. y A.M., Abba. 2014. *Myrmecophaga tridactyla*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2014:

e.T14224A47441961. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T14224A47441961>

Miranda, F., Fallabrino, A., Arteaga, M., Tirira, D.G., Meritt, D.A. & Superina, M. 2014. *Tamandua tetradactyla*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2014: e.T21350A47442916.

Morales-Martínez, D.M., y Rodríguez-Posada, M.E., y Fernández-Rodríguez, C., y Calderón-Capote, M.C., y D.R. Gutiérrez-Sanabria. 2018. Spatial variation of bat diversity between three floodplain-savanna ecosystems of the Colombian Llanos. *THERYA* 9:41-52

Pardo-Vargas, L.E., y E. Payán-Garrido. 2015. Mamíferos de un agropaisaje de palma de aceite en las sabanas inundables de Orocué. *Biota Colombiana* 16:54-66

Pinto, F. A.S. y Bager, A. y Cleverger, A.P. y C Grilo. 2018. Giant anteater (*Myrmecophaga Tridactyla*) conservation in Brazil: Analyzing the relative effects of fragmentation and mortality due to roads. *Biological Conservation* 228:148-157

Plante, J., Jaeger, J. A., & Desrochers, A. (2019). How do landscape context and fences influence roadkill locations of small and medium-sized mammals?. *Journal of environmental management*, 235, 511-520

Polanco, R., Ochoa, H., López, F., Arce, M. y Camargo, A. 2006. Oso hormiguero palmero (*Myrmecophaga tridactyla*). En: Rodríguez, J., M. Alberico, F. Trujillo y J. Jorgenson (Eds.). Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá. Colombia 182-186 pp.

Redford KH, Eisenberg JF. 1992. *Mammals of the Neotropics, Volume 2: The Southern Cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay*. Chicago: The University of Chicago Press. 460 p.

Rincón-Aranguri, M. y Urbina-Cardona, N. y Galeano, S.P. y V.P. Páez. 2019. Road Kill of snakes on a highway in an Orinoco Ecosystem: Landscape factors and species traits related to their mortality. *Tropical Conservation Science* 12:1-18

Robert, J., Naiman, R., Bilby, E., Peter, A., & Bisson, P. (2000). Riparian Ecology and Management in the Pacific Coastal Rain Forest. *BioScience*, 50, 996-1010.

Rodríguez, J., y Alberico, M., y Trujillo, F., y J., Jorgenson. 2006. Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, Bogotá, Col

Rojano, C., y Miranda, L., y R., Ávila. (Editores). 2014. Manual de Rehabilitación de Hormigueros de Colombia. Fundación Cunaguaro, Geopark Colombia S.A.S. El Yopal, Casanare. 155p

Rojano, C., Miranda, L., & Ávila, R. (2015). Densidad poblacional y biomasa del oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*) en Pore, Casanare, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 5(1), 64-70.

Rojano, C. y Pacheco, C, J y A. F, Polo. 2016. El oso meleo (*Tamandua mexicana*), en el Caribe colombiano: aportes sobre su ecología y amenazas. *Edentata* 17:17-24

Romero, M. H., y Maldonado-Ocampo J.A., y Bogotá-Gregory J.D., Usma J.S., Umaña-Villaveces, A.M., y Murillo, J.I., y Restrepo-Calle, S., Álvarez, M., y Palacios-Lozano, M.T., y Valbuena, M.S, y Mejía, S.L., y Aldana-Domínguez, J., Y E, Payán. 2009. Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2007-2008; piedemonte orinoquense, sabanas y bosques asociados al norte del río Guaviare. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. D.C., Colombia. 133p.

Santos SM, Carvalho F, Mira A. 2011. How Long Do the Dead Survive on the Road? Carcass Persistence Probability and Implications for Road-Kill Monitoring Surveys. *PLoS ONE* 6(9): e25383. doi:10.1371/journal.pone.0025383

Smith-Patten, B. D., & Patten, M. A. (2008). Diversity, seasonality, and context of mammalian roadkills in the southern Great Plains. *Environmental Management*, 41(6), 844-852.

Superina, M., y Miranda, F., y A.M, Abba. 2010. Anteater Red List assesment. *Edentata* 11:96-114

Teixeira FZ, Coelho AVPC, Esperandio IB & Kindel A. 2013. Vertebrate road mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. *Biological Conservation* 157: 317-323,

Vargas-Salinas, F., & López-Aranda, F. (2012). ¿ Las carreteras pueden restringir el movimiento de pequeños mamíferos en bosques andinos de Colombia? Estudio de caso en el bosque de Yotoco, Valle del Cauca. *Caldasia*, 34(2), 409-420.

Vélez, C. A. D. (2014). Adiciones al atropellamiento vehicular de mamíferos en la vía de El Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia. *Revista EIA*, (22), 147-153.

Visintin, C., y Van der Ree, R., y A. McCarthy. 2016. A simple framework for a complex problem? Predicting wildlife-vehicle collisions. *Ecology and Evolution*, 6:6409-6421

Waide, R. B. (1991). Summary of the response of animal populations to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica*, 23(4), 508-512.

Anexo 1

A continuación se describen las coberturas ajustadas y empleadas en el estudio, acorde a los objetivos de investigación, utilizando la metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia.

Bosque: Comprende áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas, esta cobertura comprende los bosques naturales y las plantaciones. Son determinados por la presencia de árboles cuya altura de dosel es superior a 5 m (IDEAM, 2010).

Casco Urbano: Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio de uso de suelo. Incluye zonas industriales, zonas de extracción minera y zonas verdes artificializadas, no agrícolas (IDEAM, 2010).

Cultivo: Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Incluye cultivos transitorios, cultivos permanentes y áreas agrícolas heterogéneas (IDEAM, 2010).

Intervenida: Refleja grados de intervención sin coincidir con las demás coberturas, puede presentar tierras cubiertas con pastos, quemas, zonas de transición entre cultivos y tierras con asociaciones vegetales, como pastos enmalezados y arbustales (IDEAM, 2010).

Pastura: Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Puede presentar arreglos temporales donde se combinan pastos destinados a ganadería con sabana y anegamientos temporales. Incluye pastos limpios, arbolados y pastos enmalezados (IDEAM, 2010).

Río: Es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Incluye los ríos que tienen un ancho de cauce mayor o igual a 50 m. (IDEAM, 2010).

Anexo 2

Encuesta

1. ¿Es consciente de la problemática de atropellamiento de osos en la vía?

Sí _____

No _____

2. ¿ha visto osos Hormigueros atropellados?

Sí _____

No _____

3. ¿ha atropellado osos hormigueros?

Sí _____

No _____

4. De haber contestado Si en la pregunta anterior, ¿Por qué los ha atropellado?

5. ¿Qué solución cree usted que se puede plantear?

6. ¿Cuál cree que es la principal causa del atropellamiento de osos en la vía?

Encuesta

1. ¿Es consciente de la problemática de atropellamiento de osos en la vía?

Sí _____

No _____

2. ¿ha visto osos Hormigueros atropellados?

Sí _____

No _____

3. ¿ha atropellado osos hormigueros?

Sí _____

No _____

4. De haber contestado Si en la pregunta anterior, ¿Por qué los ha atropellado?

5. ¿Qué solución cree usted que se puede plantear?

6. ¿Cuál cree que es la principal causa del atropellamiento de osos en la vía?
