

Atropellamiento de fauna sobre vías del ferrocarril en el Parque Nacional Ciervo de los Pantanos, Buenos Aires, Argentina

Wildlife roadkill on railroad tracks in Ciervo de los Pantanos National Park, Buenos Aires, Argentina

Diana Patricia Cruz ^a, Paula Courtalon  ^a

^a Universidad de Buenos Aires, Argentina

Recibido: noviembre 6, 2023

Aceptado: marzo 19, 2024

Publicado en línea: octubre 2, 2024

<https://doi.org/10.21068/2539200X.1221>



Resumen

El Parque Nacional Ciervo de los Pantanos se encuentra ubicado en el partido de Campana, provincia de Buenos Aires, Argentina. Es un área protegida que conserva ambientes naturales de la región pampeana y del delta del Paraná. Debido a su emplazamiento, el parque está atravesado por una línea férrea cuyo tránsito provoca muertes por atropellamiento, lo que genera un efecto negativo directo en la fauna silvestre. Para identificar y cuantificar las especies afectadas se registraron sistemáticamente los animales muertos sobre la vía férrea entre diciembre de 2013 y noviembre de 2014. Los resultados muestran fauna silvestre atropellada perteneciente a los cuatro grupos de vertebrados terrestres: anfibios, reptiles, aves y mamíferos, en especial en la época de verano, siendo *Leptodactylus latrans* (rana criolla) la más afectada. Para mitigar este fenómeno, se recomienda reducir la cantidad de balasto entre los durmientes de la vía férrea para crear pasafaunas, usar cartelería vial en general para advertir la presencia de fauna y limitar la velocidad.

Palabras clave: atropellamiento, vertebrados, vías férreas, hábitat, pasafaunas.

Abstract

Ciervo de los Pantanos National Park is located in the Campana district, Buenos Aires Province, Argentina. This protected area preserves natural environments of the Pampas region and the Paraná Delta. Due to its location, the park is crossed by a railroad line, which leads to wildlife fatalities caused by collisions, creating a direct negative impact on wildlife. To identify and quantify the affected species, a systematic survey of dead animals on the railroad track was conducted between December 2013 and November 2014. The results show wildlife collisions involving four groups of terrestrial vertebrates: amphibians, reptiles, birds, and mammals, particularly during the summer season. *Leptodactylus latrans* (creole frog) was the most affected species. To mitigate this phenomenon, it is recommended to reduce ballast between the railroad sleepers to create wildlife crossings, install road signage to alert drivers to the presence of wildlife, and enforce speed limits.

Keywords: roadkill, vertebrates, railway tracks, habitat, wildlife passages.

Introducción

Las vías de transporte terrestre construidas con el propósito de facilitar el acceso a diferentes lugares han generado un gran impacto en la fauna de vertebrados, llegando a ser la primera causa directa de su muerte. El atropellamiento se debe principalmente al arreglo espacial de los recursos, es decir, es decir, cuando los animales están tratando de llegar a recursos como alimento, agua, luz, entre otros (Coffin, 2007). Muchos investigadores han descrito un patrón temporal para este fenómeno, que depende factores como la permanencia de agua durante ciclos húmedos y la historia de vida de los organismos, por ejemplo, los patrones de dispersión, hibernación o forrajeo (Coffin, 2007). Arroyave et al. (2006) proponen que el principal impacto del atropellamiento de animales se ve reflejado en la afectación de las poblaciones de las especies involucradas, más que todo de aquellas especies que se encuentran amenazadas o son vulnerables. Por estas razones, se han propuesto medidas como la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, considerando los atropellamientos como efectos particularmente negativos (MMAMRM, 2010).

A nivel internacional existen varios estudios acerca del atropellamiento de fauna en vías de transporte terrestres (Delgado, 2007; Pfeifer et al., 2008; Fahrig & Rytwinski, 2009; Cáceres et al., 2010; Carvalho &

Mira, 2011; Farmer & Brooks, 2011; Borkovcová et al., 2012; Espinosa et al., 2012; Gonzales et al., 2013; Adárraga, 2019; Costa et al., 2022; Astwood et al., 2018; Bedoya et al., 2018; Da Silva et al., 2022); atropellamientos en áreas naturales protegidas (Ramp et al., 2006; Garriga et al., 2012; Pfeifer et al., 2012; Dumas, 2021); en Argentina (Nigro & Lodeiro, 2009; Barri, 2010; Attademo et al., 2011; Cuyckens et al., 2016; Bauni et al., 2017; Medrano et al., 2022); y puntualmente en vías del tren y en el Parque Nacional Ciervo de los Pantanos (Fracassi et al., 1998; Falcón, 2009; APN, 2013).

El Parque Nacional Ciervo de los Pantanos (PNCP) se caracteriza por contener más de la mitad de la diversidad de vertebrados de Buenos Aires, lo que probablemente lo convierte en el área protegida con mayor riqueza específica del territorio provincial (Haene & Pereira, 2003). Posee asimismo una ubicación estratégica, ya que se encuentra en la zona de mayor biodiversidad provincial y con muestras de dos de las cinco ecorregiones del territorio bonaerense: delta e islas del Río Paraná y pampa (Haene & Pereira, 2003). La presencia de los cuatro grupos de vertebrados potencialmente objeto de ser atropellados se han descrito en el PNCP, así: anfibios (Guzmán & Raffo, 2011), reptiles (Haene & Pereira, 2003), aves (Haene & Pereira, 2003; Di Giacomo, 2005) y mamíferos (Haene & Pereira, 2003; Pereira et al., 2019; Courtalon et al., 2015).

Por ello, se hace relevante estudiar no solo el efecto del atropellamiento en la fauna de vertebrados, sino también el del aumento de acceso a dicha fauna, ya que las dos situaciones se pueden presentar en un mismo lugar. En este caso, en el PNCP, que posee tres caminos principales por donde transitan vehículos: la vía férrea, el camino Islas Malvinas y un sendero que comunica al área administrativa de la reserva con el arroyo Otamendi. Generalmente se cree que en las áreas menos pobladas, como las reservas naturales, hay poco tráfico y los animales tienen un bajo riesgo de ser atropellados. No obstante, en estas áreas el aumento en el acceso de los humanos es la principal causa de las bajas densidades de animales, en parte por el aumento de la presión de caza (Coffin, 2007).

El objetivo general de este trabajo es analizar los atropellamientos de la fauna de vertebrados como efecto provocado por las vías férreas en el PNCP. Para ello, se establecen diferentes objetivos específicos e hipótesis.

Objetivo específico 1: identificar la fauna silvestre de vertebrados atropellados en la vía férrea, dentro del PNCP.

Hipótesis 1: los grupos de vertebrados afectados por los atropellamientos son anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Objetivo específico 2: analizar el número de individuos atropellados de los distintos grupos taxonómicos de la fauna silvestre de vertebrados en la vía férrea, en las distintas estaciones del año.

Hipótesis 2: se registra el mayor número de individuos atropellados en la estación de verano.

Objetivo específico 3: analizar el índice de atropellamiento de fauna silvestre de vertebrados en la vía férrea.

Hipótesis 3: se registra el mayor índice de atropellamiento de vertebrados en la estación de verano.

Hipótesis 3-1: el grupo de vertebrados que presenta el mayor índice de atropellamiento es de los reptiles.

Hipótesis 3-2: el grupo de vertebrados que presenta el menor índice de atropellamiento es el de los mamíferos.

Materiales y métodos

Área de estudio

El PNCP se encuentra ubicado en el partido de Campana a 65 km de Buenos Aires, Capital Federal, y forma parte del sistema de Áreas Protegidas Nacionales de la República de Argentina bajo la tutela de la Administración de Parques Nacionales. El área posee ambientes naturales actualmente muy modificados en el resto de la región pampeana y del delta del Paraná, escasamente representados en los sistemas de áreas protegidas del país, con 5588 ha (APN, 2004; APN, 2015) (Figura 1).

El PNCP está declarado como sitio Ramsar, ya que es un humedal continental que incluye la laguna Grande, de aproximadamente 210 ha, y la laguna del Pescado, de unas 30 ha de superficie promedio. A estas lagunas llegan grandes bandadas de aves acuáticas y son hábitat de especies de aves y mamíferos amenazados de extinción. Este humedal se extiende hasta una barranca ocupada por el bosque de una especie endémica, el tala (*Celtis ehrenbergiana*), que lo limita por la zona alta donde se desarrolla el pastizal pampeano.

El sitio de estudio fue la vía del ferrocarril Línea Mitre, Ramal Villa Ballester-Zárate, comprendida dentro del PNCP entre las estaciones Río Luján (Sur) e Ingeniero Rómulo Otamendi (Norte), con una extensión de 6 km aproximadamente y tres curvas en su recorrido (Figura 1). Esta se halla situada en la gran unidad de paisaje terraza baja, que presenta un relieve plano en su mayoría y suelos que sufren inundaciones periódicas (APN, 2015), lo que determina la presencia de vegetación característica, como pajonales y pastizales húmedos (Figura 2). De norte a sur de la vía, se evidencian diferentes tipos de ambientes o comunidades vegetales, según Chichizola (1993), con predominio en el norte, donde está más cerca el pie de barranca, del bosque de *Celtis tala*, mientras que

hacia el este hay predominio de pastizales. Al sur de este tramo se repiten los pastizales mencionados.

En este sitio existen cuerpos de agua perpendiculares a la vía, entre los que se destacan el arroyo Otamendi en la parte norte (Figura 2) y el arroyo El Pescado en el centro-sur. La presencia del terraplén del ferrocarril actúa como dique y retardador del escurrimiento superficial del agua de lluvia, debido a que este se dispone en forma transversal a la pendiente regional. Asimismo, el terraplén presenta alcantarillas y/o puentes para el escurrimiento de agua (Delguy, 2007).

Registro de atropellamientos

El estudio se llevó a cabo entre diciembre de 2013 y noviembre de 2014, tiempo durante el cual se realizaron dos muestreos por estación del año. El sitio fue censado a pie, en horarios que coincidieron con los de circulación del tren. La presencia de vertebrados atropellados se registró georreferenciando cada punto mediante un GPS Garmin (60GsX) y la aplicación OruxMaps para dispositivos móviles. De esta manera, se obtuvieron las coordenadas correspondientes a cada suceso. También se hizo un registro fotográfico y se identificaron los individuos taxonómicamente hasta género o especie *in situ*. Los individuos atropellados se retiraron a un lado de la vía de circulación para evitar el doble conteo. Las comunidades vegetales se caracterizaron para cada uno de los censos estacionales, teniendo en cuenta descripción de la vegetación de la zona realizada por Chichizola (1993) y las unidades de paisaje descritas por la Administración de Parques Nacionales (APN, 2015).

Como método para registrar la cantidad de vertebrados atropellados se estableció una banda transecta: un cuadrante largo y angosto para el cual se asume que todos los individuos dentro de la banda han sido contados y los individuos por fuera son ignorados (Krebbs, 1999). En este caso, se consideraron las vías del ferrocarril como una banda transecta de 6 km de largo por 0,0075 km de ancho, en la cual se relevaron la totalidad de individuos

atropellados, es decir, se realizó un censo para estimar el número de individuos atropellados.

Las bandas transectas pueden ser utilizadas para muestrear especies inmóviles o sedentarias, como es el caso de los vertebrados atropellados en los caminos (Hill et al., 2005), lo que permite obtener un índice de atropellamiento, en este caso, el número de individuos por kilómetro lineal. Las bandas constituyen así las unidades muestrales con el propósito de observar, medir o registrar los elementos contenidos en ellas (Coburn et al., 2009).

Análisis de datos

Se utilizó el programa Infostat para aplicar la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis a los datos correspondientes a la cantidad de individuos atropellados. A las pruebas que arrojaron una diferencia significativa ($p < 0,05$) se les aplicó una prueba de comparaciones por pares entre las medianas de los valores (Di Rienzo et al., 2014). Con la cantidad de individuos atropellados se estableció un índice de atropellamiento (IA):

$$IA = \frac{N}{Km\ lineal}$$

Donde N = número de individuos atropellados. MMAMRM, 2010.

Para construir el índice de atropellamiento según flujo vehicular (IAFV) se tuvo en cuenta la cantidad de trenes que pasan dentro de los límites del parque, lo cual depende del día de la semana (lunes a viernes, sábado, domingo o feriado). Se estandarizó a 30 días antes de la fecha del censo y se estableció la cantidad de trenes que pasaron en ese periodo. El índice que describe el porcentaje de animales que atropella un tren en 30 días y se calcula de la siguiente manera:

$$IAFV = \left(\frac{N}{Q} \right) \times 100$$

Donde N = número de individuos atropellados; Q = cantidad de trenes en 30 días.

Figura 1. Tramo del Ferrocarril FFCC Mitre dentro de los límites del Parque Nacional Ciervo de los Pantanos.

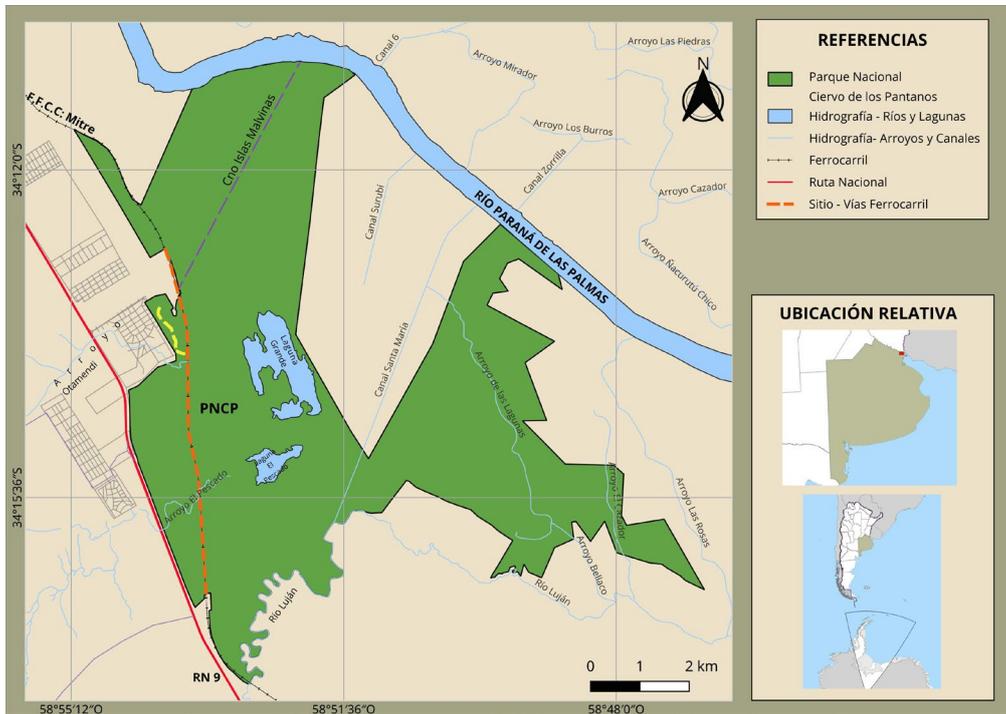
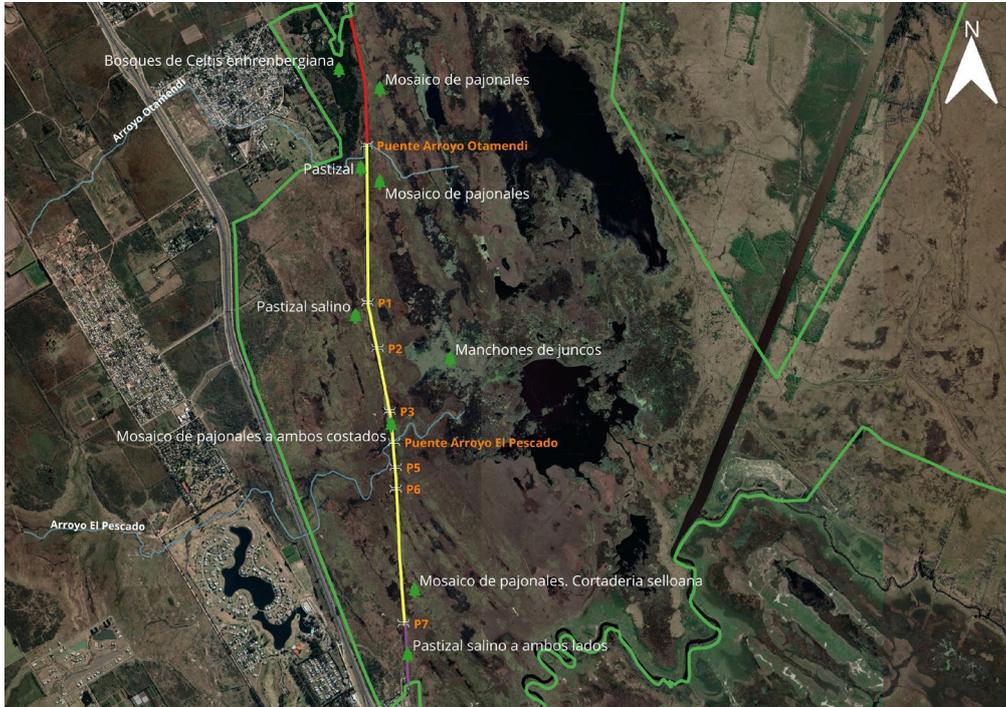


Figura 2. Comunidades vegetales en el área de estudio.



Notas. Línea roja = primeros 1200 m con predominio de bosque de tala; línea amarilla = mayor distancia con predominio de pastizales en el lado oeste; línea violeta = últimos 500 m con predominio de pastizales. P = puentes bajo las líneas férreas. Elaboración: Gabriela Gerardo.

Resultados

En la [Tabla 1](#) se muestran los grupos de vertebrados atropellados identificados hasta especie. Entre ellos, se destaca la presencia de anfibios y reptiles.

El número de individuos atropellados mostró diferencias significativas entre la cantidad de individuos totales atropellados entre las estaciones climáticas del año ($H = 13,79$; $P = 0,0006$). La prueba *a posteriori* de comparación por pares confirma que la estación de verano difiere significativamente del invierno ($P = 0,01$) y la primavera ($P = 0,004$). Por otra parte, la cantidad de individuos en el grupo de los anfibios no varió significativamente a lo largo de las estaciones ($H = 3,51$; $P = 0,2932$). Este fenómeno se repitió para el grupo de los mamíferos ($H = 2,67$; $P = 0,7714$) y para el grupo de las aves ($H = 1,38$; $P = 0,99$). Respecto de los reptiles, la cantidad de individuos varió significativamente a lo largo de las estaciones ($H = 6,5$; $P = 0,034$). La prueba *a posteriori* de comparación por pares confirma que la estación de

verano para este grupo difiere significativamente de la primavera ($P = 0,01$).

Distribución espacial de individuos atropellados

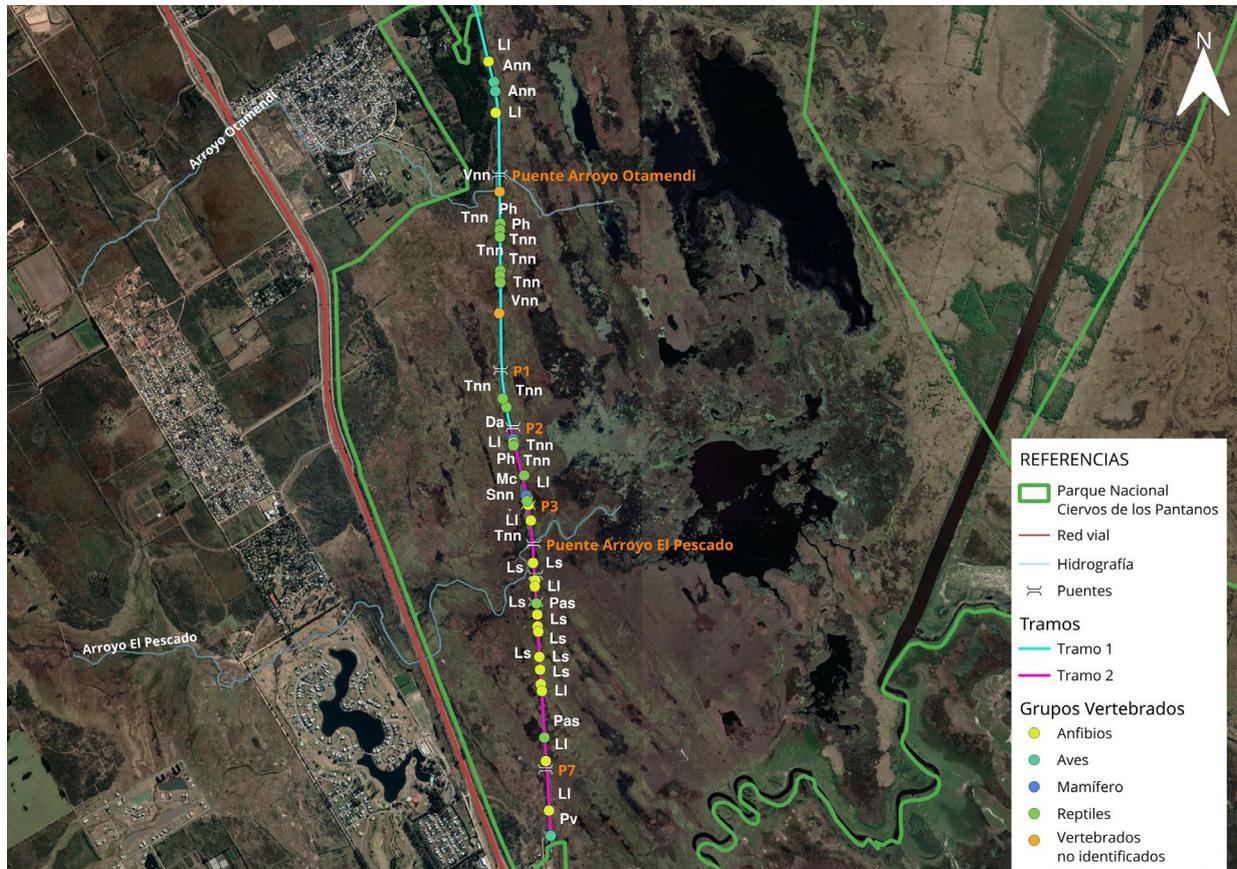
Los individuos atropellados presentan una distribución aleatoria en primera instancia ([Figura 3](#)). Específicamente, el género de anfibios *Leptodactylus* muestra una concentración en el centro-sur de la vía férrea. Ocurre lo contrario con el orden de las tortugas, las cuales se concentran en la parte centro-norte de la vía férrea (incluso cuando se encontraron individuos vivos). Al realizar una superposición de los puntos registrados y los puntos donde se encuentran los cuerpos de agua y la vegetación, los puntos que corresponden a un mosaico de pajonales inundables y puentes/alcantarillas coinciden con los puntos donde se registraron atropellamientos de anfibios. Los puntos en donde se encuentran cuerpos de agua a los lados de la vía férrea coinciden con puntos cercanos en donde se registraron atropellamientos de tortugas ([Figura 3](#)).

Tabla 1. Número de individuos atropellados en el Parque Nacional Ciervo de los Pantanos, por grupo, estación y especie.

Grupo (IA)	Especie	IA	PRI 2013	VER 2014	OTO 2014	INV 2014	PRI 2014	Total
Anfibios (IA = 3,17)	<i>Leptodactylus latrans</i>	1,67	SD	7	2	0	1	10
	<i>Leptodactylus</i> sp.	1,5	SD	9	0	0	0	9
	<i>Hypsiboas pulchellus</i>	0	SD	0	0	0	0	0
	<i>Pseudis minuta</i>	0	SD	0	0	0	0	0
	<i>Rhinella fernandezae</i>	0	SD	0	0	0	0	0
Aves (IA = 0,5)	<i>Pseudoleistes virescens</i>	0,17	SD	0	0	1	0	1
	Ave NN	SD	SD	2	0	0	0	2
	<i>Laterallus leucopyrrhus</i>	0	SD	0	0	0	0	0
	<i>Athene cunicularia</i>	0	SD	0	0	0	0	0
NN	NN (vertebrados)	SD	SD	1	2	0	0	3
Reptiles (IA = 5)	<i>Thamnodynastes ypoconia</i>	0	SD	0	0	0	0	0
	<i>Phrynops hilarii</i>	0,83	SD	2	2	1	0	5
	<i>Mabuya dorsovitata</i>	0,17	SD	1	0	0	0	1
	<i>Philodryas aestivus</i>	0,33	SD	2	0	0	0	2
	<i>Subcarinatus</i>	0	SD	0	0	0	0	0
	<i>Amphisbaena</i> sp.	0	SD	0	0	0	0	0
	<i>Erythrolamprus semiaureus</i>	SD	SD	12	8	0	0	20
	Tortugas NN	SD	SD	0	0	1	0	1
Lagarto NN	SD	SD	1	0	0	0	1	
Mamíferos (IA = 0,5)	<i>Didelphis albiventris</i>	0,17	SD	1	0	0	0	1
	<i>Myocastor coypus</i>	0,33	SD	1	0	1	0	2
Totales				39	14	4	1	58

Notas. (IA) = índice de atropellamiento para todo el periodo de estudio; IA = índice de atropellamiento; NN = individuos no identificados; SD = sin datos; PRI = primavera, VER = verano, OTO = otoño, INV = invierno.

Figura 3. Disposición espacial de los vertebrados atropellados sobre las vías del tren.



Notas. Tramo 1 (color cian) desde estación de tren Otamendi hasta el puente 2; Tramo 2 (color rosa) desde el puente 2 hasta la estación Río Luján. LI: *Leptodactylus latrans*; Vnn: vertebrado nn; Ph: *Phrynops hilarii*; Tnn: tortuga nn; Snn: serpiente nn; Da: *Didelphis albiventris*; Mc: *Myocastor coipus*; Ann: aves nn; Ls: *Leptodactylus* sp.; Pas: *Philodryas aestivus subcarinatus*; Md: *Mabuya dorsovitata*; Ts: *Tupinambis* sp.; Pv: *Pseudoleistes virescens*. Elaboración: Gabriela Gerardo.

Índice de atropellamiento (IA)

Se registraron 58 individuos atropellados con un IA total de 9,6 individuos por kilómetro. El IA total por estación del año fue el siguiente: primavera 2013 = sin datos; verano 2014 = 6,5; otoño 2014 = 2,33; invierno 2014 = 0,67; y primavera 2014 = 0,17.

Los reptiles encabezaron la lista con la mayor cantidad de individuos atropellados por grupo, seguidos del grupo de los anfibios (Tabla 1). A nivel de especie, la que presentó más individuos atropellados fue la rana criolla (*Leptodactylus latrans*) con un IA = 1,67.

Con respecto al IAFV, que describe el porcentaje de animales que atropella un tren, se observa que la estación de verano presenta el mayor porcentaje (4,51 %), seguida de otoño (1,69 %) (Tabla 2).

Tabla 2. Índice de atropellamiento según flujo vehicular.

Estación	Trenes	
	(30 días)	IAFV
Primavera 2013	SD	SD
Verano 2014	864	4,51 %
Otoño 2014	828	1,69 %
Invierno 2014	900	0,44 %
Primavera 2014	882	0,11 %

Notas. SD = sin datos.

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, se corrobora la primera hipótesis planteada, dado que se identificaron individuos atropellados de los grupos de vertebrados anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Esto coincide con los resultados descritos por [Fracassi et al. \(1998\)](#) y [Falcón \(2009\)](#) para el PNCP. Se observó la presencia de la rana criolla *Leptodactylus latrans*, descrita por [Ceí \(1980\)](#) y por [Haene y Pereira \(2003\)](#), asociada a pastizales húmedos y a bordes de cuerpos de agua, y, a su vez, reportada atropellada por [Fracassi et al. \(1998\)](#), [Haene y Pereira \(2003\)](#) y [Falcón \(2009\)](#). Coincidentemente, en el presente estudio, al superponer las imágenes donde se encuentran los cuerpos de agua y la vegetación, los puntos corresponden a un mosaico de pajonales inundables y puentes/alcantarillas. Estos hábitats son utilizados por los anfibios y se encontraron muy cercanos a los sitios donde se registraron los atropellamientos.

Del grupo de los reptiles, la presencia de la tortuga de río *Phrynops hilarii* ([Duméril & Bibron, 1835](#)) coincide con lo registrado por [Fracassi et al. \(1998\)](#), [Falcón \(2009\)](#) y [APN \(2013\)](#). Estas tortugas son una especie común en ambientes acuáticos de circulación lenta, y para desovar concurren hacia la zona de la barranca, donde se las observa atropelladas por el tren desde el final de la primavera hasta el final del verano ([Haene & Pereira, 2003](#)). Esto concuerda con el estudio de [Ashley y Robinson \(1996\)](#), donde se afirma que en los caminos con estanques adyacentes poco profundos se producen la mayoría de los atropellamientos de tortugas. A esto se suma el hecho de que la mayoría de los atropellamientos de tortugas ocurrió en los primeros 3,5 km, en donde se encuentran las curvas de la vía, que es donde [Falcón \(2009\)](#) registró la ocurrencia de atropellamientos de estos mismos animales. Esto podría deberse a que la poca visibilidad o el retardo del animal en percibir el sonido del tren generan un escape tardío ([Falcón, 2009](#)).

Por otra parte, la presencia de la culebra verde, *Phylodrias aestivus*, y la lagartija brillante rayada, *Mabuya dorsovittata*, coincide con el trabajo de [Falcón \(2009\)](#). La culebra verde es común en

pastizales y se desplaza sobre estos sin tocar el suelo, de modo que con frecuencia se hallan restos de ejemplares arrollados por el tren en el terraplén de las vías. Respecto a la lagartija brillante rayada, el registro encontrado aporta otro punto de avistamiento, pues cabe destacar que esta especie es escasa y se observa esporádicamente en pastizales húmedos ([Haene & Pereira, 2003](#)).

Del grupo de los mamíferos, la presencia de *Didelphis albiventris* ([Lund, 1840](#)) coincide con otros registros, por lo general en zonas boscosas, como los talares de la barranca. Según [Haene y Pereira \(2003\)](#), resulta la especie de mamífero con mayor mortalidad producto del paso del ferrocarril que atraviesa la reserva, coincidiendo también con [Fracassi et al. \(1998\)](#). La presencia de *Myocastor coypus* ([Molina, 1782](#)), mamíferos comunes en ambientes semiacuáticos como los pastizales salinos inundables de la vía férrea, coincide con resultados previos de otros autores ([Courtalon & Fronza, 2012](#); [Courtalon & Cuba, 2013](#)).

El pecho amarillo común, *Pseudoleistes virescens*, es descrita como abundante en bajos inundables y pastizales salinos ([Haene & Pereira 2003](#)), coincidente con la vegetación descrita para el área de estudio.

Los resultados obtenidos también aportan evidencia de que el IA de fauna más alto se da en la estación de verano. Este fenómeno también ha sido documentado en otros trabajos ([Ashley & Robinson, 1996](#); [Pfeifer et al., 2008](#); [Pfeifer et al., 2012](#)). Según [Coffin \(2007\)](#), los patrones de atropellamiento dependen de la variedad de los recursos, la permanencia de agua durante ciclos húmedos y la historia de vida de los organismos, lo que podría ayudar a explicar por qué se encuentran más individuos atropellados en las estaciones cálidas, al ser periodos de más actividad de la fauna.

Los hábitos reproductivos de los anfibios que residen en el lugar de estudio están asociados a los meses cálidos (desde octubre hasta abril) y a lluvias copiosas en verano; y algo similar ocurre con la actividad de los reptiles, lo que los hace más susceptibles de ser atropellados ([Haene & Pereira, 2003](#); [Guzmán &](#)

Raffo, 2011; AHA, 2014; IUCN, 2014). Por ejemplo, la tortuga de laguna (*Phrynops hilarii*) se observa concurriendo a la zona de las barrancas para desovar desde finales de la primavera hasta finales del verano. Durante este recorrido, los individuos deben pasar las vías del tren, y allí es cuando ocurre el atropellamiento. Por su parte, la culebra verde se halla activa en días de calor (Haene & Pereira, 2003). Trabajos en Brasil y República Checa perfilan dinámicas semejantes (Pfeifer et al., 2008; Borkovcová et al., 2012).

Los resultados confirman que el grupo de vertebrados que presenta el mayor IA es de los reptiles. Esto no coincide con lo registrado por Fracassi et al. (1998), quienes hallaron que los anfibios son el grupo más afectado en la estación de verano, pero sí con lo reportado por Falcón (2009), quien afirma que las diferencias pueden deberse a disminuciones en los números poblacionales.

El hecho de que los reptiles sean los más afectados en el área de estudio podría estar relacionado con la movilidad limitada de estos animales ectotermos. Según Haene y Pereira (2003), estos reptiles acuáticos visitan los campos altos para desovar y termorregular, lo cual convierte las vías del tren en un lugar óptimo para realizar dichas actividades. Algunas serpientes usan la superficie del camino para termorregular y algunas tortugas dejan sus huevos entre la grava (Fahrig & Rytwinski, 2009), en este caso, entre las piedras. Además, los reptiles y sus periodos de actividad están relacionados con las oscilaciones en la temperatura, lo que a su vez puede estar vinculado con un patrón temporal de cantidad (Garriga et al., 2012), como se registró para este estudio en relación con la estación de verano. Las vías del tren constituyen así un sector alto no inundable en medio de grandes bajos, además de ofrecer parches descubiertos ideales para asolearse, como el balasto donde se asientan los durmientes de la vía, mientras que en sus bordes hay vegetación tupida; todas condiciones favorables para este grupo de vertebrados (Haene & Pereira, 2003).

Garriga et al. (2012) afirman que muchos atropellamientos de anfibios ocurren durante la

migración de los individuos adultos a los charcos donde se reproducen. Pfeifer et al. (2012) afirman que la mortalidad de anfibios está concentrada en la estación de verano y que está asociada con la temperatura, la lluvia y el fotoperiodo, como ocurre en una reserva periurbana en Brasil. Estos patrones se asemejan a lo registrado para la zona.

Los grupos de mamíferos y aves son los menos afectados por los atropellamientos, lo que coincide con lo registrado por Fracassi (1998) y Falcón (2009). Los resultados obtenidos para la especie comadreja overa, *Didelphis albiventris* (un individuo), coinciden con lo que registra Falcón (2009). También se registró el coipo, *Myocastor coypus*, cuya respuesta de huida es probablemente más eficaz que la de los anfibios o los reptiles, debido a su forma de desplazarse, además de las diferencias en los periodos de actividad, dado que los coipos son vespertinos, momento en que las frecuencias de circulación del tren son bajas y, en ciertos rangos horarios, nulas. Los atropellamientos de las comadreas podrían estar asociados a dos factores: la existencia de corredores arbóreos a los lados de las vías y la presencia de instalaciones habitacionales o recreativas rodeadas por bosques (Falcón, 2009).

El caso del atropellamiento de aves se puede considerar un evento raro, dado que las vías, al igual que algunas rutas o caminos, no parecen constituir una barrera para su desplazamiento. Por lo tanto, las muertes en este grupo pueden deberse a la utilización de las vías como sitio de descanso o de alimentación, pues podrían estar depredando sobre vertebrados o invertebrados que se encuentran allí (Fracassi et al., 1998).

Al analizar los IA de las especies, se observó que la rana criolla *Leptodactylus latrans* presentó el valor más alto. Esta especie de rana es común en el pastizal húmedo y en los bordes de cuerpos de agua; es terrestre y más caminadora que saltadora; tiene periodos de reproducción entre octubre y abril; y sería susceptible de ser atropellada cuando entra en esta etapa de su ciclo biológico, ya que busca cuerpos de agua temporales (Haene & Pereira, 2003; Guzmán & Raffo, 2011; AHA, 2014; IUCN, 2014).

La mortalidad, analizada a través del IAFV, también demuestra que existen patrones estacionales consistentes con los ciclos de vida de los organismos. Aunque el IAFV es una forma de cuantificar los atropellamientos, para determinar si depende directamente de este factor se deben realizar experimentos de campo en los que se controlen las demás variables, como la velocidad, el comportamiento de las especies y la cobertura vegetal (Arroyave, 2006). Asimismo, el porcentaje de animales que atropella un vehículo en una determinada estación del año (en este caso, el verano) es un indicador que aporta información acerca del efecto negativo directo sobre la fauna de vertebrados, y se puede aplicar si se tiene en cuenta el contexto del área de estudio, pues los indicadores que miden directamente los efectos sobre organismos han tenido poco desarrollo respecto a los que obtienen medidas indirectas. Esto se explica por el costo de obtención de datos necesarios y por el hecho de que a estas escalas tan detalladas los efectos dependen en gran medida del contexto (MMAMRM, 2010). Se tomarían entonces en consideración los dos índices planteados para poder llegar a proponer soluciones de mitigación, ya que los dos arrojan información relevante acerca de las estaciones del año y los grupos de vertebrados más afectados en donde se pueden tomar medidas directas.

Recomendaciones y medidas de mitigación

En función de los resultados, a continuación se proponen algunas estrategias para mitigar los impactos de las vías de transporte terrestre en el Parque Nacional Ciervo de los Pantanos. Las medidas, que incluyen la instalación de reductores de velocidad, señales activas o pasivas, vallas, pasajes aéreos y subterráneos, están dirigidas a reducir la mortalidad de animales silvestres resultante del atropellamiento y a permitir el mantenimiento de procesos ecológicos como el movimiento, el flujo genético y la conectividad (Van der Ree et al., 2015).

Una de estas medidas está relacionada con el parámetro de velocidad. Si los vehículos circulan a una velocidad excesiva dentro del parque, su

capacidad de frenado disminuye y aumentan las probabilidades de atropellamiento. La velocidad excesiva es aquella que no permite al conductor percibir la presencia de un animal en su camino y accionar los mecanismos necesarios para frenar o eludirlo sin riesgo para él ni para el animal (Nigro & Lodeiro, 2009). Por ello, es conveniente medir este parámetro y tenerlo en cuenta en futuros estudios.

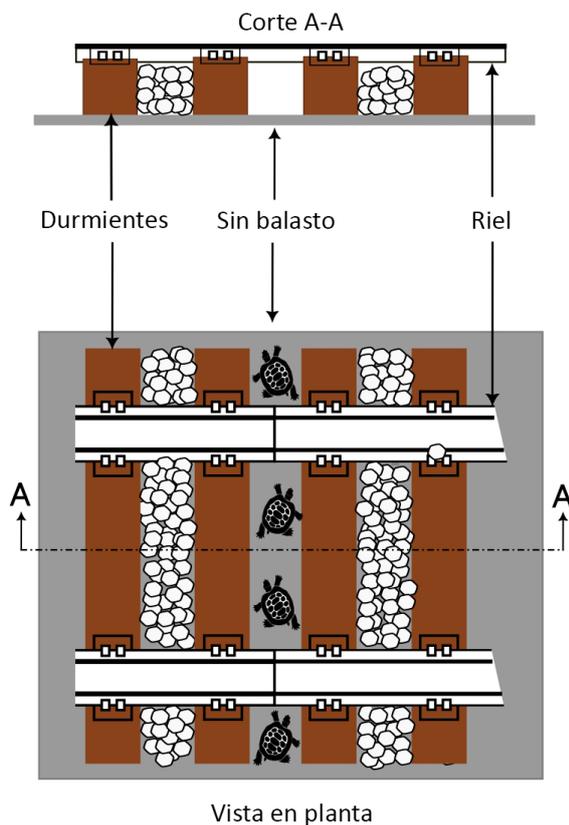
Adicionalmente, las medidas de mitigación deben ser contextuales. Por ello, es importante prestarles mayor atención durante el verano (dado que el IA y el IAFV arrojaron los valores más altos en dicha estación) y determinar sus especificidades, según las diferentes secciones de la vía férrea:

Sección 1 (entre la estación Rómulo Otamendi y el puente del arroyo Otamendi): con 1200 m aproximadamente, se caracteriza por el predominio del bosque de tala (*Celtis ehrenbergiana*), lo que corresponde al pie de la barranca en el lado oeste. Allí se observaron pocos atropellamientos, todos pertenecientes al grupo de los anfibios y reptiles (tortugas). Dado que es una zona de barranca con pocos cuerpos de agua, se propone la medida general de disminución de la velocidad del tren a 60 km/h, desde que llega a cualquiera de las estaciones (Ingeniero Rómulo Otamendi o Río Luján).

Sección 2 (desde arroyo Otamendi hasta el puente 1): como las tortugas utilizan la barranca de las vías del tren como lugar de desove, se propone modificar la cantidad de balasto de piedra bajo los rieles, de manera que el espacio bajo los durmientes permita la libre circulación de tortugas adultas y recién eclosionadas, como si fuese un túnel; es decir, que las tortugas del lado este puedan subir por la barranca y cruzar hacia el lado oeste y viceversa. El balasto consiste en piedras de granito que se colocan entre las vías del ferrocarril. Su función es fijar las traviesas (piezas de madera o cemento que se atraviesan en la vía férrea para sujetar los rieles) y actúa como un muelle capaz de amortiguar las vibraciones del terreno. El granito, además, tiene la propiedad de absorber el agua, lo que evita posibles accidentes causados por la lluvia. Se considera que los rieles y durmientes puestos en la obra de remodelación de

octubre del 2014 pueden cumplir en parte con esta recomendación, teniendo en cuenta la función principal que cumple el balasto en las vías férreas, que es amortiguar lo más homogéneamente posible las presiones de los durmientes. Dado que la falta de balasto genera una disminución de la resistencia lateral de la vía (NCA, 2014), se propone intercalar entre los durmientes dichos espacios para la circulación de fauna (Figura 4). Además, se debería preparar un camino que guíe a los animales hacia el túnel (el cual se puede acondicionar con el mismo balasto) y levantar pequeños muros para que las tortugas no puedan avanzar por otra parte.

Figura 4. Disposición recomendada de balasto en la vía del tren.



Notas. Elaboración: Gabriela Gerardo.

Sección 3 (desde el puente 1 hasta la estación Río Luján). Se propone mantener el drenaje libre en las alcantarillas debajo de los puentes a través de la remoción residuos sólidos, la remoción de la vegetación excesiva para permitir el drenaje y el acondicionamiento de la zona debajo de los puentes

con elevaciones de terreno para anfibios, mamíferos pequeños (roedores, comadrejas), con sus respectivas rampas de acceso, teniendo en cuenta que estos animales prefieren el desplazamiento en tierra firme. Estas acciones deben tener en cuenta las consideraciones que propone la APN (2013) para el desarrollo de la obra de remodelación de las vías y evaluar nuevamente el efecto de dichas remodelaciones en la fauna de vertebrados.

Agradecimientos

Al personal técnico del Parque Nacional Ciervo de los Pantanos, dependiente de la Administración de Parques Nacionales de la Argentina, por su apoyo incondicional en las tareas de campo. A Gabriela Gerardo por el diseño y elaboración de las figuras. Este trabajo fue financiado por la Universidad de Buenos Aires.

Referencias

- Adárraga-Caballero, M. A., & Gutiérrez-Moreno, L. C. (2019). Mortalidad de vertebrados silvestres en la carretera Troncal del Caribe, Magdalena, Colombia. *Biota Colombiana*, 20(1), 106-118. <https://doi.org/10.21068/c2019.v20n01a07>
- Administración de Parques Nacionales. (2004). *Plan de manejo de la Reserva Natural Otamendi, 2005-2009*. APN.
- Administración de Parques Nacionales. (2013). *Consideraciones técnicas para la elaboración de la evaluación del impacto ambiental y el desarrollo del proyecto Obra de remodelación de vías y nuevo servicio de trenes Bancalari-Rosario en el tramo que atraviesa la Reserva Natural Otamendi*. APN.
- Administración de Parques Nacionales. (2015). *Plan de gestión de la Reserva Natural Otamendi, 2016-2021*. APN.
- Arroyave, M., Gómez, C., Gutiérrez, M., Múnera, D., Zapata, P., Vergara, I., Andrade, L., & Ramos, K. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna

- silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*, 3(5), 45-57.
- Ashley, E. P., & Robinson, J. T. (1996). Road Mortality of Amphibians, Reptiles and Other Wildlife on the Long Point Causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field-Naturalist*, 110(3), 403-412.
- Asociación Herpetológica Argentina. (2014). *Categorización de la Herpetofauna Argentina*. AHA.
- Astwood, R. J. A., Reyes-D., M. C., Rincón, A. M. T., Pachón, G. J., Eslava, M. P. R., & Parra, S. C. A. (2018). Mortalidad de reptiles en carreteras del piedemonte de los Llanos Orientales colombianos. *Caldasia*, 40(2), 321-334. <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v40n2.67578>
- Attademo, A. M., Peltzer, P. M., Lajmanovich, R. C., Elberg, G., Junges, C., Sánchez, L. C., & Bassó, A. (2011). Wildlife vertebrate mortality in roads from Santa Fe Province, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 915-925. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.3.783>
- Barri, F. (2010). Evaluación preliminar de la mortandad de mastofauna nativa por colisión con vehículos en tres rutas argentinas. *Ecología Aplicada*, 9(2), 161-165. <https://doi.org/10.21704/rea.v9i1-2.406>
- Bauni, V., Anfuso, J., & Schivo, F. (2017). Wildlife roadkill mortality in the Upper Paraná Atlantic Forest, Argentina. *Ecosistemas*, 26(3), 54-66.
- Bedoya, M. M., Arias, A. A., & Delgado, V. C. A. (2018). Atropellamientos de fauna silvestre en la red vial urbana de cinco ciudades del Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia). *Caldasia*, 40(2), 335-348. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n2.68297>
- Borkovcová, M., Mrtká, J., & Winkler, J. (2012). Factors affecting mortality of vertebrates on the roads in Czech Republic. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(1), 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.09.011>
- Cáceres, N., Hannibal, W., Freitas, D., Silva, E., Roman, C. & Casella, J. (2010). Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. *Zoologia (Curitiba)*, 27(5), 709-117.
- Carvalho, F., & Mira, A. (2011). Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: A case study in Mediterranean farmland. *European Journal of Wildlife Research*, 57, 157-174. <http://dx.doi.org/10.1007/s10344-010-0410-0>
- Cei, J. (1980). Amphibians of Argentina. *Monitore Zoologico Italiano. Italian Journal of Zoology*.
- Chichizola, S. (1993). Las comunidades vegetales de la Reserva Natural Estricta Otamendi. *Parodiana*, 8(2), 227-263.
- Coffin, A. W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15(5), 396-406. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006>
- Coburn, T., McKenna, S., & Saito, H. (2009). Strip transect sampling to estimate object abundance in homogeneous and non-homogeneous Poisson fields: A simulation study of the effects of changing transect width and number. *Mathematical Geoscience*, 41, 51-70.
- Costa, I. M. d., Ferreira, M. S., Mourão, C. L. B., & Bueno, C. (2022). Spatial patterns of carnivore roadkill in a high-traffic-volume highway in the endangered Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology*, 102, 477-487. <https://doi.org/10.1007/s42991-022-00247-1>
- Courtalon, P., & Fronza, G. (2012). *Selección de hábitat del coipo (Myocastor coypus) en humedales presentes en la Reserva Natural Otamendi (RNO) Argentina. Período Julio 2011-Julio 2012*. APN.
- Courtalon, P., & Cuba, F. (2013). *Selección de hábitat del coipo (Myocastor coypus) en humedales presentes en la Reserva Natural Otamendi (RNO) Argentina. Período Julio 2012-Julio 2013*. APN.

- Courtalon, P., Bó, R. F., Spina, F., Jiménez, N., Cantil, L., Fernández, R., & Porini, G. (2015). Reproductive ecology of coypu (*Myocastor coypus*) in the Middle Delta of the Paraná River Argentina. *Brazilian Journal of Biology*, 75(2), 30-38. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.06813>
- Cuyckens, G. A. E., Mochi, L. S., Vallejos, M., Perovic, P. G., & Biganzoli, F. (2016). Patterns and composition of road-killed wildlife in northwest Argentina. *Environmental Management*, 58(5), 810-820.
- Da Silva, A. C. F. B., Saraiva De Menezes, J. F., & Rodrigues, Oliveira Santos, L. G. (2022). Roadkill risk for capybaras in an urban environment. *Landscape and Urban Planning*, 222, 104398. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104398>
- Delgado, V. C. A. (2007). Muerte de mamíferos por vehículos en la vía del Escobero, Envigado (Antioquía), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 29(87), 235-239. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.acbi.329342>
- Delguy, A. (2007). *Diagnóstico ambiental de la Reserva Natural Otamendi y sus humedales* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Luján, Argentina].
- Di Giacomo, A. (Ed.). (2005). *Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. Asociación Ornitológica de la Plata.
- Dumas-Gálvez, L. (2021). Three-year monitoring of roadkill trend in a road adjacent to a national park in Panama. *Biotropica*, 53(5), 1270-1275. <https://doi.org/10.1111/btp.12995>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, V., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2014). *InfoStat* [Software]. <https://www.infostat.com.ar/>
- Espinosa, A., Serrano, J., & Montori, A. (2012). Incidencia de los atropellos sobre la fauna vertebrada en el Valle de El Paular. LIC "Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte". *Munibe*, 60, 209-236.
- Fahrig, L., & Rytwinski, T. (2009). Effects of roads on animal abundance: An empirical review and synthesis. *Ecology and Society*, 14(1), 21. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-02815-140121>
- Falcón, M. (2009). *Atropellamiento de vertebrados silvestres en la Reserva Natural Rómulo Otamendi (APN) y sus alrededores*. Universidad Caece.
- Farmer, R., & Brooks, R. (2011). Integrated risk factors for vertebrate roadkill in Southern Ontario. *The Journal of Wildlife Management*, 76(6), 1-10. <https://doi.org/10.1002/jwmg.358>
- Fracassi, N., Pereira, J., Entrocassi, M., & Jubber, J. (1998). *Impacto provocado por el atropellamiento del ferrocarril sobre la fauna de la Reserva Natural Otamendi, Provincia de Buenos Aires*.
- Garriga, N., Santos, X., Montori, A., Richter-Boix, A., Franch, M., & Llorente, G. A. (2012). Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna. *Biodiversity and Conservation*, 21, 2761-2774. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0332-0>
- Gonzales-Gallina, A., Benítez-Badillo, G., Rojas-Soto, O. R., & Hidalgo-Mihart, M. G. (2013). The small, the forgotten and the death: Highway impact on vertebrates and its implications for mitigations strategies. *Biodiversity and Conservation*, 22, 325-342. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-012-0396-x>
- Guzmán, A., & Raffo, L. (2011). *Guía de los anfibios del Parque Nacional el Palmar y la Reserva Natural Otamendi*. APN.
- Haene, E., & Pereira, J. (Eds.). (2003). *Fauna de Otamendi. Inventario de los animales vertebrados de la Reserva Natural Otamendi, Campana, Buenos Aires, Argentina*. Asociación Ornitológica de la Plata.
- Hill, D., Fasham, M., Tucker, G., Shewry, M., & Shaw, P. (2005). *Handbook of biodiversity methods: Survey, evaluation and monitoring*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542084>

- International Union for Conservation of Nature (2014). Amphibians on the IUCN Red List. <http://www.iucnredlist.org/initiatives/amphibians>
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology*. Benjamin Cummings.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). *Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras lineales de transporte*. Parques Nacionales, MMAMRM.
- Medrano-Vizcaíno, P., Grilo, C., Silva Pinto, F. A., Carvalho, W. D., Melinski, R. D., Schultz, E. D., & González-Suárez, M. (2022). Roadkill patterns in Latin American birds and mammals. *Global Ecology and Biogeography*, 31(9), 1756-1783.
- Nigro, N. A., & Lodeiro Ocampo, N. (2009). Atropellamiento de fauna silvestre en las rutas de la Provincia de Misiones, Argentina. Análisis y propuestas preliminares para mitigar su impacto. *Tigres*.
- Nuevo Central Argentino. (2014). *Manual integral de vías*. Nuevo Central Argentino.
- Pereira, J. A., Varela, D., Aprile, G., Cirignoli, S., Orozco, M. M., Lartigau, B., De Angelo, C., & Giraud, A. R. (2019). *Blastocerus dichotomus*. *Categorización 2019 de los mamíferos de Argentina según su riesgo de extinción. Lista Roja de los Mamíferos de Argentina*. SAyDS-Sarem. <http://cma.sarem.org.ar>
- Pfeifer Coelho, I., Kindel, A., & Pfeifer Coelho, A. V. (2008). Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research*, 54, 689-699. <https://doi.org/10.1007/s10344-008-0197-4>
- Pfeifer Coelho, I., Zimmermann, F., Colombo, P., Pfeifer Coelho, A. V., & Kindel, A. (2012). Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Environmental Management*, 112, 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.07.004>
- Ramp, D., Wilson, V. K., & Croft, D. B. (2006). Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. *Biological Conservation*, 129, 348-359. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.11.002>
- Van der Ree, R., Smith, D., & Grilo, C. (2015). *Handbook of Road Ecology*. Wiley.