



## Fauna silvestre atropellada en la Ruta Nacional 21: ¿cuáles especies están en riesgo en el cantón de Carrillo, Guanacaste?

### Wild fauna run over on Route 21: Which species are at risk in the Carrillo canton, Guanacaste?

Henry Abarca Morales<sup>1</sup>

DOI: 10.22458/rb.v34i1.4825

Recibido – Received: 08/ 02/ 2023 / Corregido – Revised: 18/ 05/ 2023 / Aceptado – Accepted: 24 /05 / 2023

## RESUMEN

La provincia de Guanacaste ha sido objeto de un aumento en el desarrollo inmobiliario y de su red vial. El aumento de las calles nacionales y cantonales han fragmentado el hábitat y cambiado la dinámica natural de los ecosistemas y de sus poblaciones silvestres. El tránsito vehicular a través de la Ruta Nacional 21 en el cantón de Carrillo ha generado un impacto negativo en aves, mamíferos silvestres y especialmente en la herpetofauna.

**Palabras claves:** atropello, fragmentación, Carrillo, Ruta 21, fauna silvestre.

## ABSTRACT

The province of Guanacaste has been subject to an increase in real estate development and its road network. This increase in national and cantonal streets has fragmented the habitat and changed the natural dynamics of ecosystems and their wild populations. Traffic through National Route 21 in the canton of Carrillo has generated a negative impact on birds, wild mammals and especially on herpetofauna.

**Keywords:** run over, fragmentation, Carrillo, Route 21, wildlife.

<sup>1</sup> Biólogo, gestor ambiental de la Municipalidad de Carrillo, Guanacaste, Costa Rica. [biohenry@hotmail.com](mailto:biohenry@hotmail.com)  
ID: <https://orcid.org/0009-0008-4467-1072>

## Introducción

El crecimiento de la red vial tanto cantonal como nacional es la génesis que permite dinamizar el desarrollo económico y social de toda comunidad. Sin embargo, se ha señalado que el proceso de expansión y construcción de carreteras son factores intrínsecamente relacionados con procesos de fragmentación de hábitats que generan el aislamiento de la flora y la fauna silvestre, eliminan microhábitats necesarios para reproducción y, en casos extremos, propician la extinción local de especies (Kattan et al., 2004; Becker et al., 2007).

En la última década, la provincia de Guanacaste ha experimentado una expansión inmobiliaria y en su red vial, producto de la creación de polos de desarrollo en las zonas costeras. La expansión de edificaciones ha generado que la provincia ostente los porcentajes más altos de desarrollo inmobiliario para Costa Rica, (Cámara Costarricense de la Construcción, 2020).

El proceso de expansión de la huella constructiva ha sido la génesis para el desarrollo de una mayor red vial tanto nacional como cantonal, ambas han permitido el movimiento de personas y mercancías a lo largo de la provincia. Sin embargo, las carreteras también han sido artífices de impactos negativos en la dinámica natural de los ecosistemas y de la fauna silvestre asociada a ellas. Se debe considerar que el entramado vial es una barrera física que aísla el flujo genético de las poblaciones silvestres, afecta su comportamiento, así como los patrones ecológicos relacionados con los procesos de dispersión de las especies (Holderegger y Di Giulio, 2010),

Se debe considerar que la presencia de carreteras en Guanacaste afecta de diferente

manera a la fauna silvestre, ya que existen muchas variables como el cambio en el uso del suelo, la ubicación geográfica, la deforestación, la cacería, la sequía y los incendios forestales. Los factores no son ajenos a lo observado en otras latitudes, pero el denominador común es que existe una correlación entre el tamaño de las poblaciones de especies silvestres y su mortalidad por atropellamiento (Trombulak y Frissell, 2000).

La relación entre la mortalidad por atropellamientos de animales silvestres se encuentra intrínsecamente vinculada con el tipo de hábitat que es atravesado por la carretera. Se ha demostrado que la diversidad y heterogeneidad de especies atropelladas se vincula de manera directa con el paisaje (Gunson et al., 2011).

Por otra parte, la velocidad de reacción de huida de un animal silvestre ante la presencia de un automóvil es un factor que condiciona la estimación de los porcentajes de mortalidad de sus individuos (Summers et al., 2011).

Es necesario considerar que la mayoría de los estudios sobre la mortalidad en las carreteras se ha enfocado en mamíferos, especialmente en carnívoros y ungulados, dejando con una menor atención a la herpetofauna, la cual ostenta una alta afectación en carreteras (Aresco, 2005).

Por otra parte, la mayoría de las investigaciones se han realizado en carreteras nacionales con cercanía a áreas protegidas como parques nacionales; sin embargo, no se tiene registro de ninguna investigación similar en la Ruta 21 o rutas que tengan plantaciones de caña de azúcar en sus inmediaciones. De la misma forma, no se cuenta con investigaciones similares en el cantón de Carrillo, por lo que el estudio es pionero.



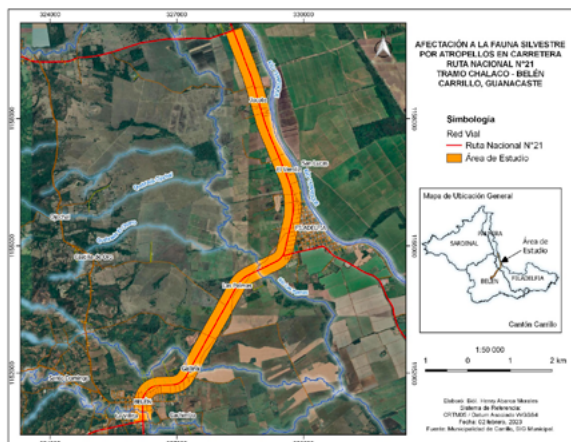
## Materiales y métodos

### 1) Área de estudio

La caracterización de la fauna silvestre atropellada se realizó en el cantón de Carrillo, provincia de Guanacaste, en un sector de 10 km de longitud que van desde el sector conocido como “cruce de Chalaco” (coordenadas CRTM-O5: X 328342,1, Y: 1160081.1 en el distrito de Filadelfia), hasta el parque del distrito de Belén (coordenadas CRTM-O5: X: 326180.1, Y: 1151310.8), sobre la Carretera Nacional n.º 21, (figura 1).

**Figura 1**

*Ubicación geográfica del área de estudio: cantón de Carrillo, Guanacaste*



*Nota.* Elaborado por el autor con base en datos de la Municipalidad de Carrillo.

La carretera citada atraviesa tres grandes bloques de uso del suelo:

1. Agropaisaje: cultivos de caña de azúcar
2. Uso urbano
3. Un sector cuyas propiedades no presentan un uso específico

Cabe señalar que el área de estudio atraviesa la cuenca del río Las Palmas (Coordenadas CRTM-05: X: 329052.8, Y: 1154361.2). De la misma forma, se ubica a escasos 200 metros de la cuenca del río Tempisque, el cual tiene un régimen de protección especial (Humedal Riverino Zapandí), por lo que el área mantiene un bosque ripario (agrupaciones arbóreas en las riberas de las corrientes de agua) en el margen derecho del cauce de dominio público.

En el área de muestreo, la carretera es asfaltada y posee en promedio once metros de ancho, la topografía es plana en su totalidad. Esta ruta nacional permite el tránsito vehicular hacia el sector costero del cantón, así como la conectividad con cantones vecinos. De la misma forma, es común el tránsito de maquinaria pesada especialmente en el traslado de caña de azúcar hacia los ingenios.

Se estableció geográficamente la ubicación del animal atropellado y su relación con el sitio del deceso: 1. Área urbana, 2. área agrícola y 3. área sin un uso de suelo específico. De la misma forma, se estableció la incidencia de atropellos según la época del año: época lluviosa (mayo a octubre) y época seca (noviembre-abril).

### 2) Conteo de atropellos

La mortalidad de la fauna silvestre fue contabilizada durante un plazo de tres años (2019-2022), mediante recorridos semanales realizados en vehículo. Cada vez que se encontró un animal muerto en la vía, se registró la posición del cadáver con un GPS y se procedió a identificar la especie, luego se anotó en el cuadro de registros. Se almacenó la información en la aplicación I Naturalist para todas las especies identificadas en campo.

Para evitar el doble conteo se removieron las carcasas del sitio.

Se llevó a cabo un muestreo semanal, lo que equivale a un total de 144 semanas de observaciones. La fauna se contabilizaba una vez observado el cadáver sobre la ruta o en el espaldón de la carretera. Técnicamente, el espaldón se define como el área o superficie adyacente a ambos lados de la calzada, cuya finalidad es dar soporte lateral al pavimento, servir para el tránsito de peatones y proporcionar espacio para las emergencias del tránsito y para el estacionamiento eventual de vehículos (artículo 3, Decreto 34624-MOPT, 2013).

Los individuos que por su estado de descomposición o degradación de su cuerpo imposibilitaron su identificación a nivel de especie, pero que aún presentaban rasgos externos como pelaje, plumas, escamas u osamenta, se contabilizaron como *especies desconocidas*.

## Resultados y discusión

Para el cantón de Carrillo es probable que los atropellos de fauna silvestre se vinculen con cambios en la dinámica de las poblaciones silvestres, así como con factores civiles relacionados con el diseño de la calzada y la velocidad a la que transitan los vehículos. Lo anterior, en virtud de que en las calles de tierra o lastre dentro del mismo cantón es menos común observar presencia de animales silvestres muertos.

Durante el periodo de estudio, se identificaron 24 especies de fauna silvestre atropelladas en un tramo vial de 10 km en el cantón de Carrillo. Producto del análisis se debe destacar que la velocidad parece ser factor determinante en las tasas de atropellamiento

observadas, en virtud de que a lo largo de la ruta existen algunos semáforos (barrio los Jocotes de Filadelfia, parque de Belén), así como intersecciones hacia otras comunidades, factores que generan una disminución de la velocidad del tránsito, pero estos reductores de velocidad no implicaron una disminución en los atropellos a la fauna silvestre.

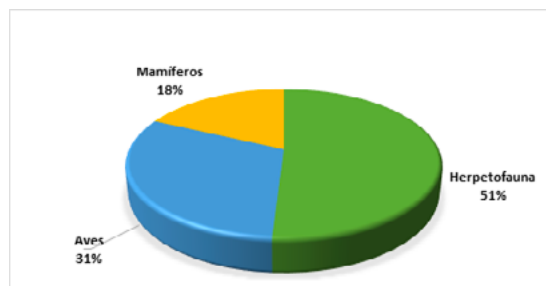
## Impacto en la herpetofauna

Específicamente en Costa Rica, los estudios han indicado que son los anfibios y los reptiles los que presentan mayor afectación por atropellos en las rutas nacionales, computando hasta 5600 individuos al año en una distancia de 4,2 km, (Honda, 2012).

Conforme se puede observar en la figura 2, la herpetofauna es el grupo de vertebrados con el mayor porcentaje de atropellos en la carretera (51 %), seguido de las aves (31 %) y en menor medida los mamíferos (18 %). El dato difiere de los establecidos por Carvajal y Díaz (2013), quienes realizaron una investigación similar en el cantón de Liberia, pero en la cual concluyen que los mamíferos fueron el taxón más afectado y en menor medida los anfibios y los reptiles.

**Figura 2**

Porcentajes de la fauna silvestre atropellada en la Ruta Nacional n.º 21, cantón de Carrillo, Guanacaste, Costa Rica

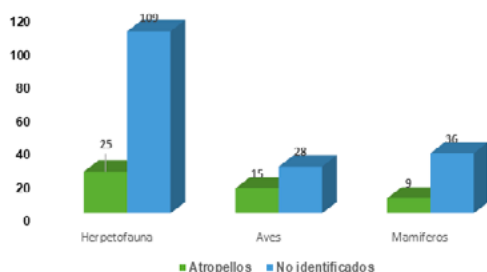


Nota. Elaborado por el autor con base en datos de la investigación.

Por otra parte, conforme se observa en la figura 3, dentro de la fauna silvestre atropellada, los anfibios se destacan por ser el grupo taxonómico de mayor afectación, se incluyen las especies que no pudieron ser reconocidas a nivel de especie. La herpetofauna es el grupo más vulnerable a los efectos de las carreteras en virtud de su condición anfibia, sus patrones reproductivos, su pequeño tamaño, escasa velocidad de reacción ante la presencia de un vehículo y la aversión humana hacia la especie (Monge, 2018).

**Figura 3**

Cantidad de individuos atropellados por grupo taxonómico en la Ruta Nacional n.º 21, cantón de Carrillo, Guanacaste, Costa Rica



Nota. Elaborado por el autor con base en datos de la investigación.

El impacto de la ruta nacional en la herpetofauna de la zona, es más altamente asociado a los anfibios (principalmente ranas), en virtud de que este grupo en particular está asociado con factores ambientales como la precipitación, la temperatura y la humedad relativa.

Se tiene evidencia que a medida que aumenta la lluvia, la cual se extiende entre los meses de mayo y octubre, crece la mortalidad de anfibios (Canales et al., 2020). Según se destaca en investigaciones relacionadas con el impacto de la red vial en la población silvestre, se ha establecido que en la época lluviosa se

realiza la mayor actividad reproductiva y de alimentación de los anfibios, por lo que están más expuestos a atropellos cuando los individuos se desplazan desde los fundos privados hacia la red vial colindante.

Conforme se establece en el cuadro 1, son los anfibios el grupo de vertebrados con la mayor afectación por atropellamientos entre las comunidades de Filadelfia y Belén, y en menor medida los ofidios e iguanas, los cuales muestran una mayor capacidad de reacción ante los vehículos.

**Cuadro 1**

Herpetofauna atropellada en la Ruta Nacional 21, Cantón de Carrillo, Guanacaste

Nombre científico	Nombre común	Familia	N.º Individuos
<i>Trimorphodon quadruplex</i>	toboba gata	Colubridae	2
<i>Oxybelis aeneus</i>	bejuquilla café	Colubridae	2
<i>Ctenosaura similis</i>	garrobo, iguana negra	Iguanidae	1
<i>Iguana iguana</i>	iguana verde	Iguanidae	3
<i>Boa imperator</i>	boa	Boidae	1
<i>Senticolis triapsis</i>	ratonera	Colubridae	2
<i>Masticophis mentovarius</i>	sabanera	Colubridae	1
<i>Loxocemus bicolor</i>	pitón escavador	Loxocemidae	1
<i>Rhinella marina</i>	sapo de caña	Bufonidae	1
<i>Lithobates forreri</i>	rana leopardo	Ranidae	11
Total de individuos atropellados	25		
Total de individuos atropellados no identificados	109		

Nota. Elaborado por el autor con base en datos de la investigación.

Producto de la investigación, se pudo establecer que la especie con la mayor cantidad de individuos atropellados fue *Lithobates forreri*. De la misma forma, los cadáveres que no pudieron ser identificados se presume que eran de esta misma especie, ya que tenían características muy similares a los individuos observados vivos. Un elemento que justifica que las ranas atropelladas correspondieran a la especie *L. forreri*, se basa en el hecho de que durante la época lluviosa son muy abundantes en la zona de estudio. Esta especie, en particular, se ubican en tierras bajas del bosque seco tropical, necesita pozas o lagunas permanentes para reproducirse y, además, sus poblaciones han sido catalogadas como de preocupación menor (Santos et al., 2019).

Por otra parte, la presencia de otras especies de anfibios fue casi nula durante el periodo de la investigación. Las razones de la baja presencia de anfibios en la zona debe ser objeto de un análisis más riguroso de las poblaciones; sin embargo, se podría indicar que la presencia de agroquímicos y quema de cañales, el cambio en el uso del suelo o el cambio climático, sean los factores que han generado que no haya variedad de anfibios en la zona de estudio y solo habite una especie.

Para el caso de los reptiles, resulta necesario considerar que en la zona de Filadelfia, durante la época seca, se realiza el proceso de la quema de la caña, razón por la cual las serpientes e iguanas muestran un comportamiento de huida del fuego y con ello aumenta su vulnerabilidad por atropello. No obstante, se debe realizar un estudio más exhaustivo con los reptiles, de modo que se pueda determinar si es la quema de la caña el factor que incide en la tasa de atropellos, o es producto de otros factores ecológicos.

Sobre el proceso de la práctica de la quema de la caña, se ha expresado que es un mecanismo agropecuario para evitar accidentes por mordeduras de serpientes a los trabajadores (Chávez y Bermúdez, 2006).

Por último, resulta necesario considerar que el análisis espacial reveló que el mayor número de atropellos de herpetofauna sucedió fuera de los centros urbanos del área de estudio, principalmente porque las áreas agrícolas y las propiedades como potreros son sitios que generalmente se anegan en el invierno y son habitados con fines reproductivos en el caso de los anfibios y las serpientes, ya que son áreas abiertas donde pueden cazar mamíferos, aves pequeñas e incluso ranas.

## Impacto en la avifauna

La avifauna es un grupo muy diverso de animales en donde las aproximadamente 910 especies reportadas para Costa Rica se pueden encontrar en gran variedad de hábitats dependiendo de sus requerimientos ecológicos (Artavia, 2015).

El atropellamiento de las aves suele estar asociado a variables como la estacionalidad y el comportamiento. Se debe destacar que muchas de las especies de aves tienden a desplazarse en un rango de altura similar a la de la vegetación que está dispuesta en los bordes de la carretera, lo que las expone a choques con los vehículos (Adárraga y Gutiérrez, 2019).

Para el caso de la Ruta 21, la existencia de recursos alimenticios o de refugio a ambos lados de la vía (frutos, árboles, flores, insectos, etcétera), podría estar influyendo en las tasas de accidentalidad para el grupo, de manera que, en lugares con mayor acceso a recursos naturales, genere la necesidad de moverse y, por ende, su vulnerabilidad.



Tal como se observa en el cuadro 2, en el caso de la avifauna no se establece una familia específica que haya sido la más afectada por atropellamientos, sino que el impacto es muy heterogéneo entre especies de aves. Sin embargo, son los cuyeos (*Nyctidromus albicollis*, Caprimulgidae) los que presentaron una mayor cantidad de individuos atropellados. La razón que podría justificar el resultado es el de ser aves que poseen hábitos de forrajeo en áreas abiertas.

Sobre el tema, resulta necesario considerar que los cuyeos prefieren forrajear en áreas abiertas que en áreas con vegetación, donde los sitios más comunes son caminos, pastos, plantaciones forestales en etapas tempranas de sucesión, áreas quemadas y bordes de bosque (Sánchez y Martínez, 2014).

Por otra parte, no se pudo determinar si la afectación a las aves se relaciona con la época del año, ya que los porcentajes de atropellamientos son relativamente similares tanto en la estación seca como en la lluviosa (figura 3).



**Cuadro 2**  
**Avifauna atropellada en la Ruta Nacional 21,**  
**Cantón de Carrillo, Guanacaste**

Nombre científico	Nombre común	Familia	N.º Individuos
<i>Tyto alba</i>	lechuza de campanario	Tytonidae	1
<i>Brotogeris jugularis</i>	periquito catano	Psittacidae	1
<i>Turdus grayi</i>	yigüirro	Turdidae	2
<i>Tyrannus melancholicus</i>	pecho amarillo	Tiranidae	1
<i>Nyctidromus albicollis</i>	cuyeo	Caprimulgidae	2
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	piche	Anatidae	1
<i>Sporophila corvina</i>	semillerito aurita	Emberizidae	1
<i>Zenaida asiatica</i>	paloma de alas blancas	Columbidae	1
<i>Volatinia jacarina</i>	pius, semillerito	Emberizidae	1
<i>Quiscalus mexicanus</i>	zanate	Icteridae	4
Total de individuos atropellados	15		
Total de individuos atropellados no identificados	28		

*Nota.* Elaborado por el autor con base en datos de la investigación.

Resulta necesario indicar que, para el estudio, no se reportaron aves carroñeras atropelladas en la Ruta 21, a pesar de la considerable cantidad de animales muertos durante el periodo de estudio. El resultado difiere de las investigaciones realizadas por Pomareda (2012) y Rubí (2014), las investigadoras indicaron que las carroñeras eran el grupo de aves más impactado por los vehículos.

## Impacto en la mastofauna

Se debe considerar que los mamíferos son animales que suelen tener un rango de movilidad muy amplio, en virtud que deben desplazarse en búsqueda de alimentos, refugio, agua, reproducción u otras necesidades (Guzmán, 2019).

Conforme se describe en el cuadro 3, el grupo de los mamíferos fue el de menor afectación comparado con otros grupos taxonómicos. La condición podría deberse a que estas especies son más sensibles a los ruidos y las luces emitidas por los vehículos, por tanto, los individuos no se acercan con tanta frecuencia a la ruta nacional.

**Cuadro 3**

*Mastofauna atropellada en la Ruta Nacional 21, Cantón de Carrillo, Guanacaste*

Nombre científico	Nombre común	Familia	N.º Individuos
<i>Procyon lotor</i>	mapache	Procyonidae	1
<i>Sciurus variegatoides</i>	ardilla	Sciuridae	1
<i>Didelphis marsupialis</i>	zorro, zarigüeya	Didelphidae	5
<i>Conepatus semistriatus</i>	zorro hediondo	Mustelidae	1
<i>Tamandua mexicana</i>	oso hormiguero	Myrmecophagidae	1
Total de individuos atropellados	9		
Total de individuos atropellados no identificados	36		

Nota. Elaborado por el autor con base en datos de la investigación.

Se destaca que la disponibilidad alimenticia suele variar a lo largo del año en el río Tempisque y áreas aledañas, lo que podría generar que algunos mamíferos se alejen del área de protección de la cuenca y se acerquen a las casas de habitación en busca de presas tal y como lo hace la especie *Didelphis marsupialis* (zorro).

El zorro en particular se caracteriza por su gran adaptabilidad a los centros de población y son muy comunes en el cantón de Carrillo, ya que usualmente se introducen a las casas de habitación en busca de residuos orgánicos (Mora, 2000).

Los resultados de la investigación determinaron que la especie *Didelphis marsupialis* fue el mamífero que más atropellos tuvo. Esta especie suele tener una alimentación muy variada y el hecho de tener hábitos nocturnos provocan que ante la presencia de un automóvil se paralicen, lo cual aumenta su vulnerabilidad a atropellos (Castillo et al., 2015).

Con respecto al dato de mamíferos no identificados, probablemente correspondía a roedores, murciélagos y otros que por su estado de descomposición no se identificaron.

Un resultado de interés es el hecho de que, durante el periodo de investigación, no se observó la afectación por atropellamientos a primates ni felinos. La razón que podría justificar el dato se debe a que las poblaciones de *Alouatta palliata* (mono congo) así como las de félidos comunes en la zona como *Herpailurus yagouaroundi* (león breñero), suelen mantenerse en el bosque ripario que existe a lo largo del área de protección del río Tempisque y, salvo raras ocasiones, se acercan a la ruta nacional. De la misma forma, muchas de las propiedades están sembradas de caña de azúcar,

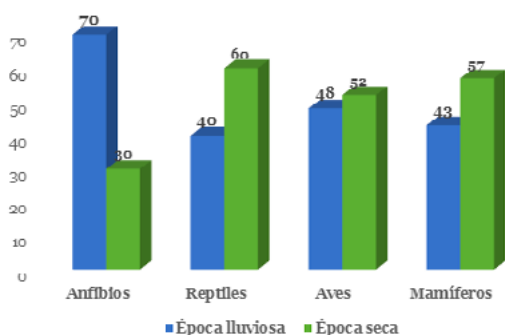


lo cual genera que estas especies no cuenten con fuentes de alimentación y no requieran pasar por la carretera.

Por otra parte, la afectación a la fauna silvestre, según la época del año, varía dependiendo del grupo. No obstante, la investigación indica que los anfibios suelen tener más afectación en la época lluviosa. Con respecto a las aves y mamíferos no se presentó una tendencia clara ya que los datos son similares a lo largo del año (figura 3).

**Figura 4**

*Porcentajes de atropellos de fauna silvestre en la Ruta Nacional 21, según época del año, Cantón de Carrillo, Guanacaste*



*Nota.* Elaborado por el autor con base en datos de la investigación.

Con base en los datos obtenidos de la investigación, se observa que la Ruta Nacional 21 ha generado una afectación a la fauna silvestre que utiliza la calzada para el desplazamiento entre propiedades con fines de huida, alimentación o reproducción. Sin embargo, para poder determinar con un mayor nivel de precisión el impacto de la vía en las poblaciones, se tendrá que monitorear la ruta por un periodo más prolongado, máxime que se espera que haya un crecimiento exponencial en el área constructiva en los distritos de Filadelfia y Belén por lo que las propiedades que en la actualidad son potreros o poseen

alguna actividad agropecuaria podrían cambiar su uso del suelo y provocar una pérdida de las especies silvestre o en su defecto se genere un desplazamiento de la biodiversidad a sitios menos poblados.

## Conclusiones

El estudio se realizó durante un periodo de 144 semanas en la Ruta Nacional 21, la cual se ubica entre los distritos de Filadelfia y Belén en el cantón de Carrillo. La zona en particular carece de espacios boscosos, se caracteriza por plantaciones de caña de azúcar, núcleos habitacionales y fincas sin un uso económico específico.

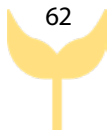
Producto de las observaciones realizadas, se evidenció que la Ruta Nacional 21 ha generado un impacto negativo en las poblaciones silvestres del cantón de Carrillo provincia de Guanacaste, donde la herpetofauna es el grupo de vertebrados que ostenta el mayor porcentaje de atropellamientos (muerte de 24 especies). Sin embargo, la cantidad de individuos superan el centenar, por lo que el impacto es considerable. Para el grupo taxonómico en particular, se observó que en la época lluviosa los anfibios inician con su etapa reproductiva, lo que los hace más vulnerable a ser atropellados cuando intentan atravesar la vía.

Por otra parte, el proceso de quema de caña en la época de verano podría ser la causante de la pérdida de reptiles en su proceso de huida del fuego, pero el dato debe ser objeto de un mayor análisis. Para el caso de las aves y mamíferos, no se pudo determinar si había alguna correlación entre la tasa de atropellamientos y la época del año.

La Ruta Nacional 21 es usada para el desplazamiento vehicular hacia las zonas costeras turísticas de la provincia de Guanacaste y a lo largo de la carretera no existen reductores de velocidad (salvo dos semáforos en las principales intersecciones), por lo que los automotores pueden desplazarse sin restricción alguna, lo cual aumenta la vulnerabilidad de impacto en la fauna silvestre en la zona de estudio.

## Referencias

- Adárraga, M. y Gutiérrez, L. (2019). Mortalidad de vertebrados silvestres en la carretera troncal del Caribe, Magdalena, Colombia. *Biota Colombiana*, 20 (1), 106-119. <https://doi.org/10.21068/c2019.v20n01a07>
- Aresco, M. (2005). Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a north Florida lake. *Journal of Wildlife Management*, 69(2), 549-560. [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2005\)069\[0549:MMTRHM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2005)069[0549:MMTRHM]2.0.CO;2)
- Artavia, A. (2015). *Identificación y caracterización de cruces de fauna silvestre en la sección de la ampliación de la carretera nacional Ruta 32, Limón, Costa Rica* [Tesis de Máster en Conservación de la Biodiversidad, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE]. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Identificacion\_y\_caracterizacion\_de\_cruces.pdf
- Becker, C., Fonseca, C., Baptista, F. y Prado, P. (2007). Hábitat Split and the Global Decline of Amphibians. *Science*, (1), 1775-1777. [https://www.science.org/doi/10.1126/science.1149374#:~:text=Amphibian%20populations%20are%20declining%20worldwide,effects%20\(3%E2%80%9335\)](https://www.science.org/doi/10.1126/science.1149374#:~:text=Amphibian%20populations%20are%20declining%20worldwide,effects%20(3%E2%80%9335))
- Cámara Costarricense de la Construcción. (25 de junio de 2020). *La realidad de Guanacaste en metros cuadrados*. <https://www.construccion.co.cr/Post/Detalle/37428/la-realidad-de-guanacaste-en-metros-cuadrados>
- Canales, J., Pérez, R., Zaldívar, A., Gómez, M y Vásquez, N. (2020). Muertes por tráfico sobre la carretera costera del golfo de México: ¿cuántas y cuáles especies de fauna silvestre se están perdiendo? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (91), 1-12. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3189>
- Carvajal, V. y Díaz, F. (2013). Atropello de mamíferos silvestres en la ruta de acceso al cantón de Liberia, Guanacaste, Costa Rica. *Ventana*, 7 (1), 12-14. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/ventana/article/view/4679/4314>
- Castillo, Julio., Urméndez, M. y Zambrano, G. (2015). Mortalidad de fauna por atropello vehicular en un sector de la vía Panamericana entre Popayán y Patía. *Boletín Científico, Centro de Museos y Museo de Historia Natural*, 19(2), 207-219. <https://dx.doi.org/10.17151/bccm.2015.19.2.12>
- Chávez, M. y Bermúdez, A. (1-4 de agosto de 2006). Motivos y razones para quemar las plantaciones de caña de azúcar en Costa Rica. Presentado en *XVI Congreso ATACA y XVI Congreso ATACORI*, celebrado en Heredia, Costa Rica.
- Decreto 34624-MOPT. Reforma Reglamento sobre el manejo, normalización y responsabilidad para la inversión pública en la red vial cantonal y el Plan Nacional de Seguridad Vial. 25 de septiembre de 2013. *La Gaceta n.º 184*
- Gunson, K., Mountrakis, G y Quackenbush, L. (2011). Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of environmental management*, 92(4), 1074-1082. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.027>
- Guzmán, J. (2019). Correlación entre variables físicas de la carretera y los atropellos de vertebrados silvestres en la Carretera Interamericana Norte, Costa Rica. *Ecología y desarrollo sostenible*, (1), 1-13. <https://revistas.ulatina.ac.cr/index.php/ecologia/article/view/317/346>
- Holderegger, R. y Di Giulio, M. (2010). The genetic effects of roads: a review of empirical evidence. *Basic and Applied Ecology*, (11), 522-531. <https://doi.org/10.1016/j.baec.2010.06.006>
- Honda, W. (2012). *Informe final de actividades de voluntariado en el Parque Nacional Carara 2010-2012*. 70 p
- Kattan, G., Franco, V. y Morales, G. (2004). Biological Diversification in a Complex Region: A Spatial Analysis of Faunistic Diversity and Biogeography of the Andes of Colombia. *Journal of Biogeography*, 31 (11), 1829-1839. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01109.x>



- Monge, M. (2018). *Herpetofauna atropellada en la Carretera Interamericana Norte, Guanacaste, Costa Rica: Influencia de los atributos del paisaje en las muertes y medidas para su mitigación* [Tesis para optar al título de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional]. [https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14857/TFG\\_Michelle%20Monge%20Vel%c3%a1zquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14857/TFG_Michelle%20Monge%20Vel%c3%a1zquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mora, J. (2000). *Mamíferos silvestres de Costa Rica*. Universidad Estatal a Distancia, UNED.
- Pomareda, E. (2012). Atropello de fauna Silvestre y su rescate en Cañas, Guanacaste (presentación en Power Point en: *Simposio Ecología de Caminos*). San José, Costa Rica, UNED (Universidad Estatal a Distancia).
- Rubí, J. (2014). Atropello de aves en la zona del Parque Nacional Los Quetzales (presentación en Power Point en: *Simposio Impacto de la Infraestructura en Fauna Silvestre*). San José, Costa Rica, UNED (Universidad Estatal a Distancia).
- Sánchez, N. y Martínez, D. (2014). Patrones de forrajeo del cuyeo (*Nyctidromus albicollis*) en noches de luna, Palo Verde, Costa Rica. *Zeledonia*, 18 (1), 18-27. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Sanchez-Martinez2014.pdf
- Santos, G., Chávez, G., Savage, J., y Wilson, L. (04 de septiembre de 2019). *Lithobates forreri*, Forrer's Grass Frog. IUCN Red List of Threatened Species. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/10.2305\_IUCN.UK.2020-1.RLTS.T58599A53970598.en.pdf
- Summers, P., Cunnigton, G. y Fahrig, L. (2011). Are the negative effects of roads on breeding birds caused by traffic noise? *Journal of Applied Ecology*, (48), 1527–1534. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02041.x>
- Trombulak, S. y Frissell, C. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, (14), 18–30. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>

