



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN

**Mortalidad de aves en la carretera Cuenca – Molleturo –
Naranjal: tramo que atraviesa el Parque Nacional Cajas**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
BIÓLOGO CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

Autor:

CARLA NATALY ESPINOZA PALOMEQUE

SAMANTHA GABRIELA LOJA DELGADO

Director:

BORIS ADRIAN TINOCO MOLINA

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A dos personitas que han sido, son, y serán el impulso para todos mis logros, me han enseñado que no importa el camino, a veces sólo necesitas a alguien que sostenga tu mano, otros pies que acompañen tus pasos y un corazón latiendo al lado. Ellos me han demostrado que soy capaz de esto y mucho más; Emilio Josué y Juan Manuel.

Gabriela

En este momento no entiendes del todo mis palabras, pero cuando seas capaz, quiero que te des cuenta lo mucho que significas para mí, y lo importante que ha sido tu llegada a mi vida. Eres mi motor y mi mayor motivación, por eso, este logro va dedicado a vos, Inti Julián, te amo.

Nataly

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, al Dr. Boris Tinoco, quien nos dirigió en la realización de este trabajo, a la Blga. Andrea Nieto, por creer en nosotros, apoyarnos y exigirnos, al Blgo. Juan Manuel Aguilar por sus consejos y sugerencias. A la gestión del Parque Nacional Cajas, a sus amables guardaparques. Y a todas las personas que de una forma u otra nos apoyaron para la culminación de este proyecto. A todos. Gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: METODOLOGÍA.....	6
1.1 Área de Estudio.....	6
1.1.1. Diseño de Estudio.....	7
1.2. Trabajo de Campo.....	9
1.3. Trabajo de Laboratorio.....	9
1.4. Análisis de Datos.....	10

CAPITULO 2: RESULTADOS	12
2.1. Variación Temporal.....	14
2.2. Variación Espacial.....	14
CAPITULO 3: DISCUSIONES	18
CONCLUSIONES	22
RECOMENDACIONES	23
BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXOS	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa del área de estudio. Tramo de la vía Cuenca – Molleturo – Naranjal. Parque Nacional Cajas, Azuay, Ecuador.....	5
Figura 1.2 Puntos de referencia en el área de estudio (Control Quínoas, Tres cruces, Control Huagrahuma). Tramo de vía Cuenca- Molleturo Naranjal.....	6
Figura 2.1. Abundancia mensual de aves muertas en 15.5 km de vía que atraviesa el PNC, Azuay, Ecuador	13
Figura 2.2. Abundancia de individuos muertos cada 500 m en 15.5 km de vía que atraviesa el PNC, Azuay, Ecuador	14
Figura 2.3. Representación visual de los puntos claves con mayor mortalidad de aves en la carretera Cuenca-Molleturo –Naranjal	15
Figura 2.4. Abundancia de individuos muertos respecto a los rangos de topografía .	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Rangos topográficos en los que se categorizó las zonas aledañas a los 15.5 km de vía que atraviesa el PNC, Azuay, Ecuador	7
Tabla2.1. Cálculo de la tasa de mortalidad (TM).....	11
Tabla 2.2. Abundancia, orden y familia de las especies muertas registradas a lo largo de 15.5 km de vía que atraviesa el PNC, Azuay, Ecuador.....	12
Tabla 2.3. Resultados del análisis GLM de las variables espaciales (topografía, forma de la vía, cobertura vegetal), sobre la presencia de individuos muertos en 15.5 km de vía que atraviesa el PNC, Azuay, Ecuador	16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estado UICN Internacional, Nacional de las especies registradas.....	27
Anexo 2. Guardaparque del PNC realizando la limpieza de la vía Cuenca – Molleturo – Naranjal	28
Anexo 3. Ave muerta encontrada en la vía Cuenca- Molleturo - Naranjal. <i>Xenodacnis parina</i> . Km 32.900	29
Anexo 4. Restos de <i>Cinclodes</i> sp. encontrados en la vía Cuenca- Molleturo - Naranjal.km 31.800	29
Anexo 5. Ave realizada el proceso de taxidermia. <i>Grallaria quitensis</i>	30
Anexo 6. Ave muerta encontrada en la vía. <i>Oreotrochilus Chimborazo</i> km 32.200.....	30

**MORTALIDAD DE AVES EN LA CARRETERA CUENCA – MOLLETURO
– NARANJAL: TRAMO QUE ATRAVIESA EL PARQUE NACIONAL
CAJAS.**

RESUMEN

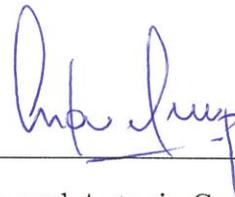
Las carreteras causan efectos negativos sobre la diversidad de aves, la mayor amenaza está dada por colisiones con vehículos, lo que resulta en la mortalidad de las mismas. Con el objetivo de conocer las variables que influyen en esta mortalidad, se realizaron recorridos sobre los 15.5 km de vía de primer orden, que atraviesa el Parque Nacional Cajas (PNC). Las aves muertas encontradas fueron colectadas, identificadas y trasladadas al museo de la Universidad del Azuay. Luego de completar 372 km durante seis meses de recorridos, se registró un total de 19 especies y 56 individuos. La especie más común corresponde a *Cinclodes sp.* La cobertura vegetal, topografía y forma de la vía, no mostraron influencia sobre la mortalidad de aves.

Palabras Clave: Influencia, carretera, variables, mortalidad aves, Parque Nacional Cajas.



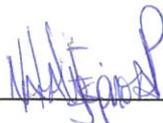
Boris Adrián Tinoco Molina

Director del Trabajo de Titulación

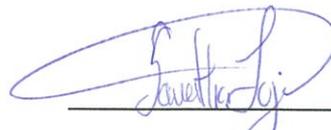


Manuel Antonio Crespo Ampudia

Director de Escuela



Carla Nataly Espinoza Palomeque



Samantha Gabriela Loja Delgado

Autoras

**BIRDS MORTALITY IN THE CUENCA - MOLLETURO – NARANJAL ROAD:
STRETCH THAT CROSSES THE CAJAS NATIONAL PARK.**

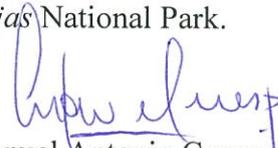
ABSTRACT

Roads cause negative effects on bird diversity; the greatest threat is due to collisions with vehicles, which result in mortality. In order to know the variables that influence this mortality, field trips through the 15.5 km first-order road that crosses the *Cajas* National Park (PNC) were carried out. The dead birds found were collected, identified and transferred to the museum of *Universidad del Azuay*. After completing 372 km during six months of field trips, a total of 19 species and 56 individuals were recorded. The most common species is *Cinclodes sp.* The vegetation cover, topography and shape of the road did not show influence on birds' mortality.

Keywords: Influence, Road, Variables, Mortality, Birds, *Cajas* National Park.



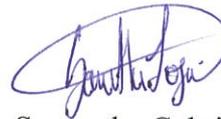
Boris Adrián Tinoco Molina
Thesis Director



Manuel Antonio Crespo Ampudia
School Director

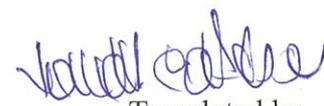


Carla Nataly Espinoza Palomeque



Samantha Gabriela Loja Delgado

Authors



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Espinoza Palomeque Carla Nataly

Loja Delgado Samantha Gabriela

Trabajo de Titulación

Blgo. Boris Adrián Tinoco Molina. PhD

Enero, 2017.

**MORTALIDAD DE AVES EN LA CARRETERA CUENCA – MOLLETURO
– NARANJAL: TRAMO QUE ATRAVIESA EL PARQUE NACIONAL
CAJAS**

INTRODUCCIÓN

Motivación de la investigación

El PNC se encuentra atravesado por 15.5 km de carretera de primer orden sobre la cual se han encontrado varias especies de aves muertas. Admitiendo que estas muertes son ocasionadas por colisiones con vehículos, nace la preocupación por conocer cuáles son las especies afectadas y los posibles factores espaciales y temporales que podrían influenciar en su mortalidad. Registros accidentales de aves muertas sobre esta vía han incluido especies endémicas como: *Xenodacnis parina*, *Cinclodes excelsior* y *Schizoeaca grisoemurina* y una amenazada: *Metallura baroni*.

Problemática

Las carreteras al igual que todas las obras de infraestructura y actividades humanas, causan efectos negativos sobre ecosistemas naturales (Arroyave et. al 2006). El rápido crecimiento poblacional ha generado un aumento de las redes viales con lo cual ha surgido una nueva fuente de mortandad de animales. La evidencia del

impacto negativo de las carreteras sobre la biodiversidad es la muerte de vertebrados silvestres por atropellamiento (Puc Sánchez, Delgado, Mendoza y Sauzo, 2013).

Según Forman y Lauren (1998) se asume que la mortalidad de aves sobre las carreteras resulta de las colisiones con vehículos. Debido a que la vía Cuenca-Molleturo-Naranjal es una carretera de primer orden con frecuente tráfico, es común observar aves muertas a lo largo de esta vía. Considerando que esta carretera es la vía principal entre las provincias de Azuay y Guayas, y además que, el PNC es un refugio irremplazable para la conservación de aves de páramo y bosque montano alto (Tinoco y Astudillo, 2007), se cree necesario generar información acerca de la mortalidad de aves sobre la vía de este parque nacional. Con este estudio, se podría identificar si la carretera representa un impacto negativo para las aves y aportar con sugerencias y recomendaciones de manejo.

Pregunta de investigación

¿Qué variables están relacionadas con la mortalidad de aves en la carretera Cuenca-Molleturo-Naranjal?

Hipótesis

Las variables de topografía, forma de la vía y cobertura vegetal están relacionadas con la mortalidad de aves en la vía Cuenca-Molleturo-Naranjal.

Objetivo General

- Explorar variables espaciales y temporales relacionadas a la mortalidad de aves en el tramo de vía Cuenca – Molleturo – Naranjal que atraviesa el Parque Nacional Cajas (PNC).

Objetivos específicos:

- Determinar épocas del año que presenten mayor mortalidad de aves en la vía.
- Determinar si la topografía, forma de la vía y cobertura vegetal están relacionadas con la mortalidad de aves en la vía.
- Establecer las zonas de mayor mortalidad de aves en la vía.
- Sugerir posibles medidas de mitigación para evitar la mortalidad de aves en la vía.

Cuerpo del trabajo

Estado del Arte y marco teórico

Las carreteras son un factor importante de disturbio en los ecosistemas naturales (Cisneros, 2004). Una de las consecuencias de las carreteras es la fragmentación del hábitat, produciendo un efecto barrera y efecto de borde que divide a la población y da lugar a posibles extinciones (Arroyave et. al, 2006). Sin embargo, el impacto más visible es la mortalidad por atropellamiento y colisiones. La frecuencia y la velocidad de los vehículos representan los principales factores que afectan al tamaño de la población y el comportamiento animal alrededor de las vías (Taylor y Goldingay, 2004). También se ha evidenciado que los efectos de las carreteras sobre el ensamble de aves están asociados con una pérdida en la riqueza de especies (Cisneros, 2004).

Debido a que la fauna silvestre suele estar relacionada con determinados hábitats y tipos de uso del suelo, se esperaría que las variables espaciales jueguen un rol importante en la determinación de sitios y tasas de atropellamiento (Forman y Lauren 1998, Clevenger et. al, 2003 cp. Medrano, 2015). Por ejemplo, las aves utilizan las carreteras como sitios de anidación y fuente de alimento, además el calor del asfalto les ayuda en la reducción de gastos metabólicos, por lo que se esperaría que su mortalidad esté ligada a sitios con vías (Kociolek y Clevenger, 2011). Además, la

frecuencia de atropellamiento en las carreteras está relacionada con diversos patrones estacionales de conducta como cortejo, migraciones, reproducción, apareamiento, abundancia y búsqueda de alimentos, lo que genera una mayor mortalidad en determinados períodos del año (Cupul, 2002).

El estudio del efecto ecológico causado por las carreteras no es nuevo, sin embargo, la mayor parte de investigaciones se han realizado en Estados Unidos y Australia, mientras que son muy escasos en países que se destacan por su alta biodiversidad como México, Brasil, Ecuador o Indonesia (Puc Sánchez et. al, 2013). Se conoce que en el PNC la mortalidad de aves de páramo puede estar relacionada con la carretera. Así, Samaniego y Machado (2007) encontraron cambios en la avifauna a distintas distancias de la carretera, demostrando que la riqueza y abundancia es mayor en áreas cercanas a la misma. Esto se debe a que especies de amplia distribución y hábitos generalistas se ven atraídos por la cobertura vegetal cercana a la carretera para nidificación o percha, siendo más vulnerables a la mortalidad por atropellamiento (Samaniego y Machado, 2007).

Sin embargo, no existen estudios previos respecto a la mortalidad de aves en la vía que atraviesa el PNC por lo que es importante investigar este efecto. Una buena manera de investigar el impacto de las carreteras sobre la mortalidad de fauna, en áreas protegidas, es involucrando a los manejadores del área; como los guardaparques. Ellos son los encargados de llevar a cabo actividades que garantizan la protección, el mantenimiento y la seguridad de los recursos con que cuenta un área protegida (Martínez, 2011). Específicamente en el PNC, los guardaparques tienen entre sus actividades la limpieza de las vías, contribuyendo con la recolección de aves muertas en estos sitios. Los cadáveres recolectados ofrecen información importante de la especie como: el área de distribución, la dieta, genética e incluso la estructura de la población (proporción de edades y sexos, etc.) (Cobo y Munárriz, 2009) así también información sobre las especies que están siendo mayormente afectadas y si son de interés para el PNC.

Es imposible mitigar toda consecuencia negativa a lo largo de cada kilómetro de carretera pavimentada, pero una evaluación sistemática en forma de estudios locales puede servir para comprender mejor esta creciente amenaza sobre las poblaciones de aves. (Jacobson, 2005). Las técnicas utilizadas para la mitigación en otros taxones como grandes carnívoros, pueden ser aplicables como medidas de mitigación en comunidades de aves (Jacobson, 2005). Con la información obtenida en este estudio se pueden sugerir recomendaciones como posibles medidas de mitigación en este tema.

CAPÍTULO 1

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizó en 15.5 km de la carretera Cuenca – Molleturo – Naranjal, tramo que atraviesa el Parque Nacional Cajas (Figura 1.1). El PNC ocupa un territorio en la Cordillera Occidental del Sur de los Andes ecuatorianos que oscila entre los 3.160 msnm y los 4.450 msnm (Ministerio del Ambiente, 2013).

El PNC cuenta con un área alrededor de 28.544 hectáreas, de las cuales el 90.6% corresponde al ecosistema de páramo herbáceo, exceptuando pequeñas áreas, localizadas al Sureste (Mazán) y Oeste (Canoas) que presentan bosque montano (Ministerio del Ambiente, 2012).

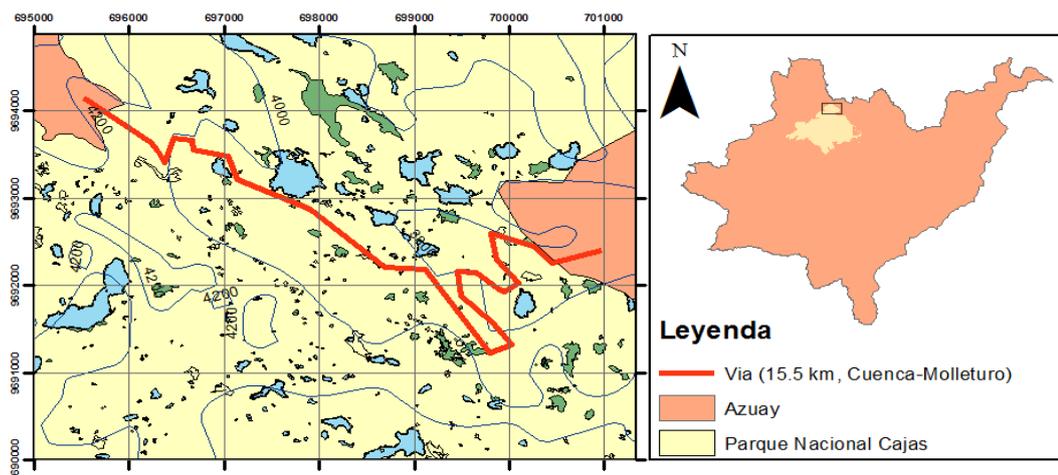


Figura 1.1. Mapa del área de estudio. Tramo de la vía Cuenca – Molleturo – Naranjal. Parque Nacional Cajas, Azuay, Ecuador.

Diseño de estudio

El trabajo se realizó a lo largo de 15.5 km de carretera que atraviesa el PNC (Fig. 1.1). Este tramo se dividió en dos recorridos, tomando como punto de división al sector de Tres Cruces. A partir de esta localidad se recorrió 10 kilómetros hacia el Este, en dirección al control de Quínoas, y 5.5 kilómetros hacia el Oeste, en dirección al control de Huagrahuma (Figura 1.2). La altitud máxima corresponde al sector Tres Cruces con 4.152 m.s.n.m. mientras que la mínima es de 3.663 m.s.n.m. ubicada en el sector de Quínoas.

Para los análisis también se incluyeron datos de registros previos a este estudio que fueron colectados desde abril hasta junio del 2015.

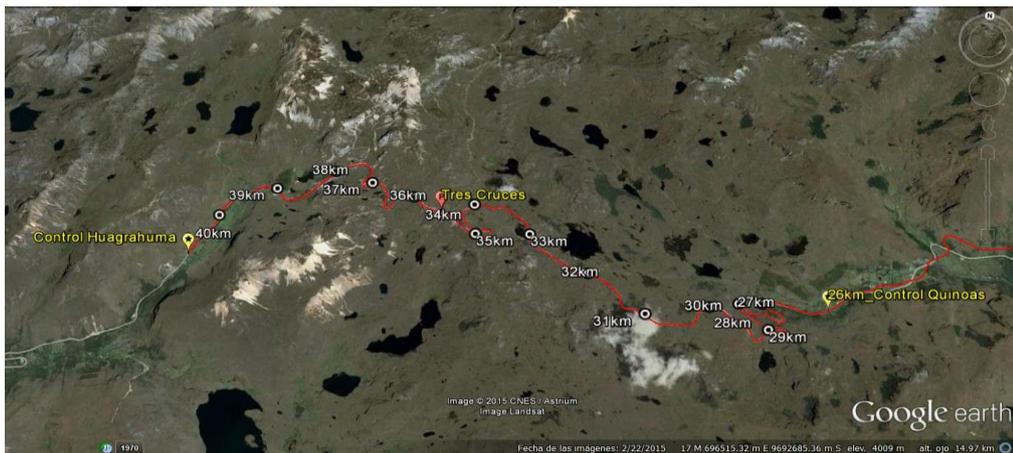


Figura 1.2. Puntos de referencia en el área de estudio (Control Quínoas, Tres cruces, Control Huagrahuma). Tramo de vía Cuenca- Molleturo Naranjal.

Fuente: (Google Earth, 2015,)

Variables espaciales

Cobertura vegetal

Con el fin de conocer la relación entre la vegetación alrededor de la vía y la abundancia de aves muertas, la cobertura vegetal circundante a la carretera fue categorizada a través de parcelas de 25m x 100m a cada lado de la vía. Dentro de cada parcela se consideraron seis rangos de cobertura vegetal que incluyeron: páramo arbustivo, páramo de almohadillas, pajonal, agua, roca y polylepis, determinando el porcentaje de cada una de ellas. Las categorías fueron basadas en el trabajo realizado por Samaniego y Machado (2012).

Topografía

Para analizar la influencia de la topografía sobre la mortalidad de aves se consideró la metodología citada por Clevenger et.al (2003), en donde se evaluó la importancia del paisaje adyacente a la carretera en la mortalidad de individuos. En este estudio se consideraron seis rangos de topografía (Tabla 1.2), que fueron registrados cada 100m.

Tabla 1.1. Rangos de topografía en los que se categorizó las zonas aledañas a los 15.5 km de vía que atraviesa el PNC, Azuay, Ecuador.

Rangos Topografía	
1.Con elevación	\ _ /
2.Con Pendiente	/ - \
3.Con pendiente – con elevación	/ - /
4.A nivel	- - -
5.Con elevación – a nivel	\ - -
6.Con pendiente – a nivel	/ - -

Forma de la vía

Considerando que la forma de la vía podría influenciar en la mortalidad de aves, debido a que la mortalidad ocurre significativamente más en las rectas que en las curvas (Hernández y Herrera, 2011); se consideró analizar la forma de la vía sobre la mortalidad de aves. La carretera fue descrita cada 100m bajo dos rangos: 0= Recta y 1= Curva. Las curvas correspondieron a tramos que presenten ángulos menores a 45°.

Trabajo de campo

Durante seis meses, entre julio y diciembre de 2015, se realizaron recorridos a lo largo de la vía junto a guardaparques del PNC. Los recorridos se realizaron a pie, a ambos lados de la carretera manteniendo una velocidad constante. Durante el trayecto, se recolectaron todas las aves muertas siempre y cuando estuvieran en buen estado para luego ser trasladadas al laboratorio. Los especímenes recogidos fueron almacenados en fundas herméticas y guardados con una etiqueta que incluyó la información de: especie, kilómetro, nombre del recolector, fecha y ruta. Los individuos encontrados en estado de putrefacción avanzada o aplastados en la vía, fueron considerados únicamente como registros de presencia. El muestreo se lo realizó todos los lunes de cada semana entre las 08h30 y 12h30. En total se realizaron 24 visitas a la carretera durante 6 meses.

Trabajo de laboratorio

Los especímenes recolectados fueron trasladados al Museo de la Universidad del Azuay (MZUA) identificados hasta especie, y fueron realizados taxidermia. La información generada se guardó en la base de datos del MZUA.

Análisis de datos

Aves

La riqueza quedó expresada como el número total de especies muertas encontradas a lo largo del estudio, y la abundancia como el número total de individuos muertos encontrados sobre este mismo tiempo. Adicionalmente se consideró datos de endemismo y amenaza (Anexo 1).

Aves y variables temporales

Se determinaron los meses en los que existió mayor cantidad de individuos encontrados muertos sobre la vía.

Aves y variables espaciales

Para medir la relación de las variables espaciales como: topografía, forma de la vía y cobertura vegetal, sobre la presencia y ausencia de aves muertas en la vía, se emplearon Modelos Lineales Generalizados (GLM). Se elaboró un modelo multivariante en función de las variables espaciales, usando como función de enlace a la logística (0: muertes ausentes, 1: muertes presentes) y como distribución de error a la binomial (McCullagh y Nelder, 1989). Este tipo de modelos de regresión logística permite relacionar la variable de interés, en este caso presencia o ausencia de muertes cada 100 m, con variables ambientales tanto continuas como discretas. Los análisis estadísticos de las variables, fueron realizados en el software R RStudio Equipo (2015).

Tasa de mortalidad

Se calculó la tasa de mortalidad diaria y por kilómetro, dividiendo el número total de individuos muertos para el total de kilómetros recorridos durante el estudio (372 km) y esto, para el total de días en los que se realizaron los muestreos (24 días), (Eloy, Araujo y Suarez, 2013). (De la Osa y Galván, 2015). Es importante el cálculo de la tasa de mortalidad en este tipo de estudios, debido a que se convierte en un método indirecto de valoración poblacional (Monroy, De la Ossa y De la Ossa, 2013).

Mapa de calor

Para conocer los puntos con mayor número de individuos muertos a lo largo de la vía, se realizó un análisis de agrupamiento por medio del mapa de calor a una escala paisajística de 500m. El mapa de calor es una representación visual de la densidad de puntos ingresados; la densidad se calcula según la cantidad de puntos en una ubicación, donde las áreas de mayor número de puntos agrupados presentan valores mayores. Este análisis se realizó con el número total de animales muertos encontrados a lo largo del estudio. Los mapas de calor permiten una fácil identificación de los “puntos calientes”, es decir las áreas de mayor concentración de mortalidad. (Guía de usuario de QGIS, 2016). El mapa de calor fue realizado en el programa Qgis versión 2.14 (QGIS Team Developer, 2014).

CAPÍTULO 2

RESULTADOS

Entre abril y diciembre de 2015, luego de recorrer 372 km, se registró un total de 19 especies asociadas a 56 individuos, lo que corresponde a una tasa de mortalidad de 0,0062 individuo/km/día (Tabla 2.3). Las especies encontradas incluyeron a: *Cinclodes sp*, *Schizoeaca griseomurina*, *Anairetes parulus*, *Turdus fuscater*, *Xenodacnis parina*, *Prigilus unicolor*, *Grallaria quitensis*, *Eriocnemis luciani*, *Carduelis magellanica*, *Ochthoeca fumicolor*, *Oreotrochilus Chimborazo*, *Scytalopus latrans*, *Leptasthenura andicola*, *Cistothorus platensis*, *Tyto alba*, *Zonotrichia capensis*, *Catamenia inornata*, *Metallura baroni*, y un individuo que fue identificado hasta la familia *Emberizidae*. Cuatro de estas especies en Ecuador son consideradas endémicas de Laderas y Valles Interandinos; como *Cinclodes excelsior*, *Schizoeaca griseomurina*, *Xenodacnis parina* y *Oreotrochilus chimborazo*; y una como especie amenazada *Metallura baroni* (Ridgely y Greenfield, 2006). La especie más abundante fue *Cinclodes sp.*, seguida por *Xenodacnis parina*, *Prhygilus unicolor*, *Grallaria quitensis* y *Leptasthenura andicola*, (Tabla 2.1). Algunos individuos no lograron ser identificados hasta especie, sin embargo, fueron considerados como registro de individuos muertos. Se registró un total de 16 individuos desconocidos debido a su avanzado estado de descomposición.

Tabla2.1. Cálculo de la tasa de mortalidad (TM)

TOTAL IND	TOTAL KM	IND/KM	TOTAL DIAS	TM (ind/km/día)
56	372	0.15	24	0.0062

Tabla 2.2. Abundancia, orden y familia de las especies muertas registradas al largo de 15.5 km de vía que atraviesa el PNC, Azuay, Ecuador.

Especie	# ind	Orden	Familia
<i>Desconocidos</i>	16		
<i>Cinclodes excelsior</i>	8	Passeriformes	Fumariidae
<i>Xenodacnis parina</i>	3	Passeriformes	Thraupidae
<i>Grallaria quitensis</i>	3	Passeriformes	Fumariidae
<i>Leptasthenura andicola</i>	3	Passeriformes	Grallaridae
<i>Phrygilus unicolor</i>	3	Passeriformes	Thraupidae
<i>Scytalopus latrans</i>	3	Passeriformes	Rhynocriptidae
<i>Anairetes parulus</i>	2	Passeriformes	Tyrannidae
<i>Cistothorus platensis</i>	2	Passeriformes	Troglodytidae
<i>Schizoeaca griseomurina</i>	2	Passeriformes	Fumariidae
<i>Carduelis magellanica</i>	1	Passeriformes	Fringillidae
<i>Catamenia inornata</i>	1	Passeriformes	Thraupidae
<i>Cinclodes fuscus</i>	1	Passeriformes	Fumariidae
<i>Emberezidae</i>	1	Passeriformes	Emberezidae
<i>Eriocnemis luciani</i>	1	Apodiformes	Trochilidae
<i>Metallura baroni</i>	1	Apodiformes	Trochilidae
<i>Ochthoeca fumicolor</i>	1	Passeriformes	Tyrannidae
<i>Oreotrochilus chimborazo</i>	1	Apodiformes	Trochilidae
<i>Turdus fuscater</i>	1	Passeriformes	Turdidae

<i>Tyto alba</i>	1	Strigiformes	Tytonidae
<i>Zonotrichia capensis</i>	1	Passeriformes	Emberizidae

Variación temporal

La frecuencia de individuos muertos encontrados mostró variación mensual; así el mayor número de cadáveres fue registrado en los meses de diciembre con trece individuos y Noviembre con once individuos, mientras que; el menor número se registró en Agosto con un individuo (Figura 2.1).

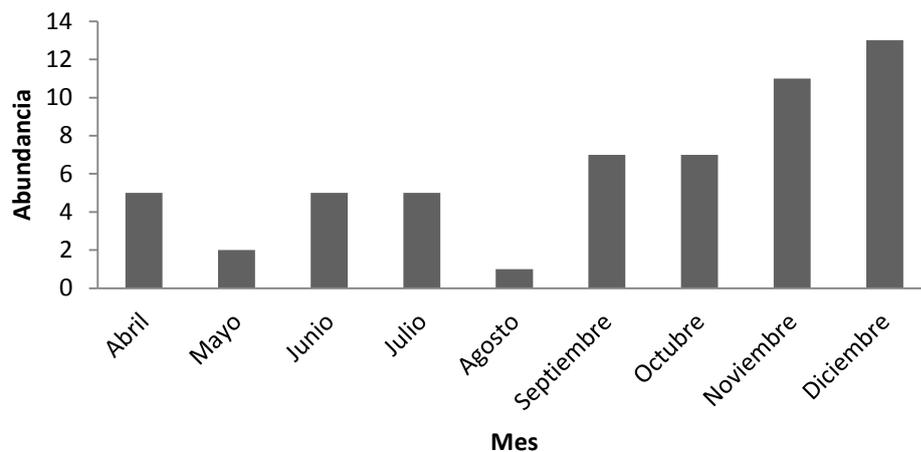


Figura 2.1. Abundancia mensual de aves muertas en 15.5 km de vía que atraviesa el PNC, Azuay, Ecuador.

Variación Espacial

Las zonas que presentaron mayor abundancia de individuos muertos fueron los kilómetros desde el 31.800 hasta 32.200 y desde el 32.800 hasta 33.200, donde se encontraron seis individuos en cada tramo, correspondientes, a las especies: *Cinclodes sp.*, *Oreotrochilus Chimborazo*, *Scytalopus latrans*, *Schizoeaca*

griseomurina, *Leptasthenura andicola*, *Phrygilus unicolor*, *Xenodacnis parina*, *Eriocnemis luciani* y un individuo de la familia *Emberezidae*. Seguido por los kilómetros 38.800 hasta el 39.200 con cinco individuos pertenecientes a las especies *Metallura baroni*, *Leptasthenura andicola*, *Cistothorus platensis* y *Grallaria quitensis* (Figura 2.2)

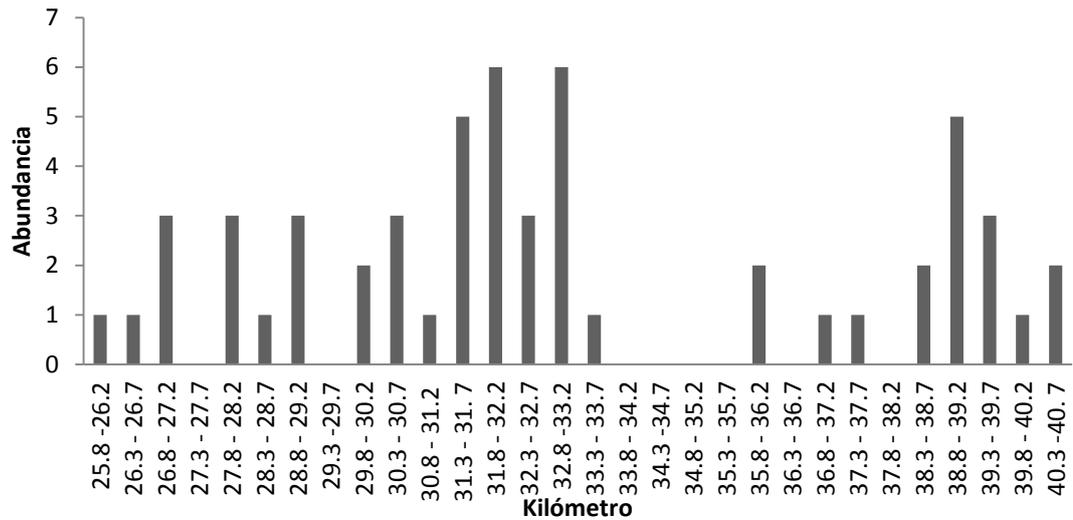


Figura 2.2. Abundancia de individuos muertos cada 500 m en 15.5 km de vía que atraviesa el PNC, Azuay, Ecuador.

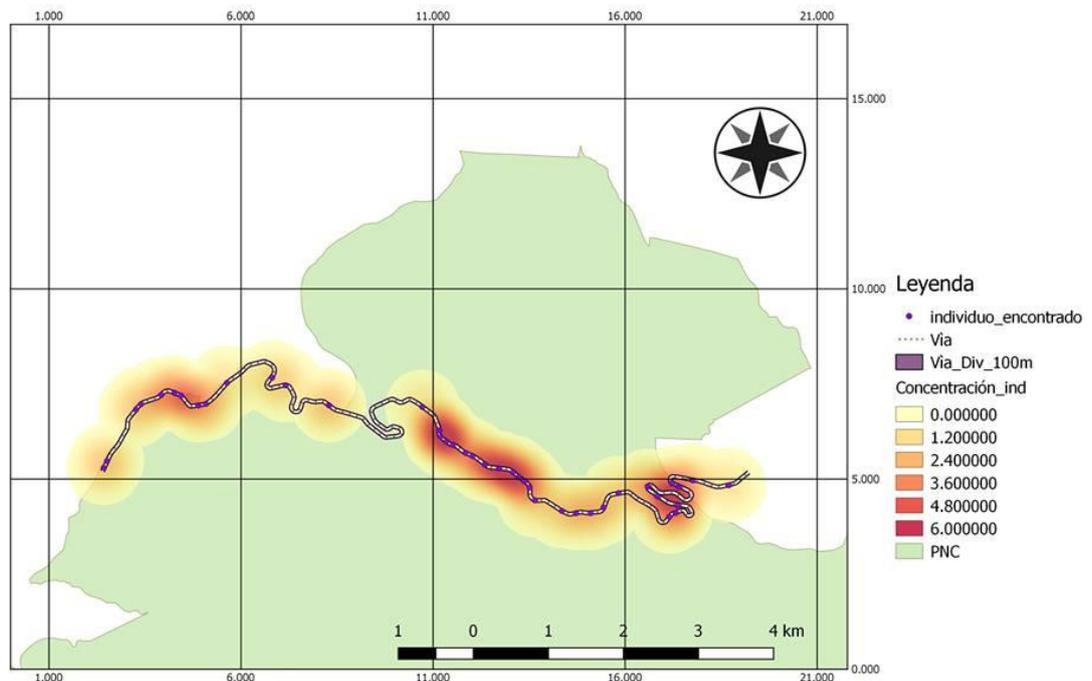


Figura 2.3. Representación visual de los puntos claves con mayor mortalidad de aves en la carretera Cuenca-Molleturo –Naranjal (Div= Divida, ind= individuos).

Los tres puntos rojos localizados en el mapa caliente corresponden a los tramos 31.800 – 32.200 m con seis individuos atropellados, seguido por el 32.800 – 33.200 m también con seis individuos y 38.800 – 39.200 m con cinco individuos. Estos puntos indican las zonas donde el impacto de la carretera es más notorio según el número de aves muertas encontradas.

Las variables espaciales correspondientes a cobertura vegetal, topografía y forma de la vía no mostraron una influencia significativa sobre la presencia de aves muertas de la vía (Tabla 2.3). Sin embargo, una mayor cantidad de individuos se registraron en tramos de vía recta, además, la variable topografía tuvo un efecto cercano a significativo con 0.07 de probabilidad, considerando el rango 5 con elevación- a nivel (Figura 2.4).

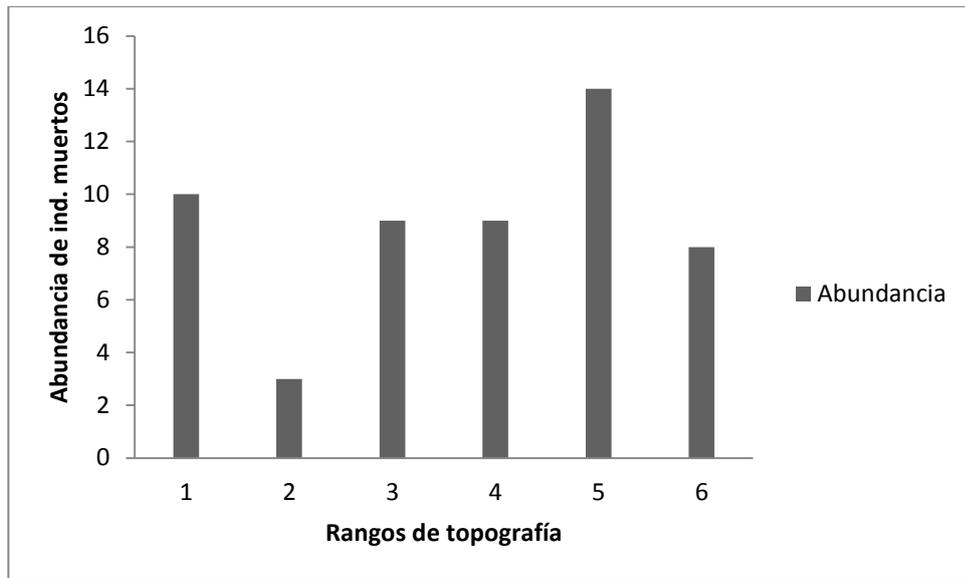


Figura 2.4. Abundancia de individuos muertos respecto a los rangos de topografía.

Tabla 2.3. Análisis GLM de las variables espaciales, sobre la presencia de individuos muertos en la vía que atraviesa el PNC, Azuay, Ecuador (Las variables significativas presentan valores de p menores a 0.05).

Variables Espaciales	Error		Z	Probabilidad
	Estimate	Estándar	value	$p < 0.05$
Topografía	-0.28	0.15	-1.84	0.07
Forma de la vía	-0.48	0.62	-0.77	0.44
Cobertura vegetal	-0.21	0.15	-1.45	0.15

CAPÍTULO 3

DISCUSIONES

El tramo de la vía cuenca- Molleturo –Naranjal, que atraviesa el PNC, se presenta como una fuente de mortalidad para las aves que habitan en el parque, afectando a especies de importancia como: *Metallura baroni* (endémicas) y *Xenodacnis parina* (amenazada). La distribución de individuos muertos no mostró estar relacionada con ninguna de las variables presentadas en este estudio, sin embargo, los resultados obtenidos señalan épocas y puntos clave para la mitigación de la mortalidad de avifauna en el PNC.

Indagar en el comportamiento y uso de hábitat de las especies que fueron encontradas con mayor frecuencia, podría ofrecer otras respuestas a su mortalidad. *Cinclodes* fue el género con mayor número de individuos muertos. En el Parque Nacional Cajas se encuentran dos especies de este género, *Cinclodes excelsior* y *Cinclodes fuscus*. Estas especies por lo general habitan en páramo abierto y bordes de *Polylepis* (Ridgely y Greenfield, 2006) en donde caminan picoteando el suelo buscando semillas, invertebrados y pequeños anfibios (Tinoco y Astudillo, 2007). La mortalidad de estas especies puede deberse a que se acercan a la vía para ingerir residuos orgánicos arrojados en la misma (Nigro y Lodeiro, 2009). Otro factor es el calor de las carreteras atrae a los insectos, por lo que se esperaría que las aves que usan este recurso también sean susceptibles de ser atropelladas por vehículos (Bergmann, 1974 cp. Medrano, 2015). La segunda especie más encontrada fue *Xenodacnis parina*, es muy localista en arboledas dispersas y arbustivas principalmente *Gynoxys* en el PNC (Ridgely y Greenfield, 2006). Estos resultados son de interés para el PNC, ya que *Cinclodes excelsior* al igual que *Xenodacnis parina* son especies endémicas de la biorregión páramo de los andes centrales en Colombia y Ecuador (Tinoco y Astudillo, 2007). Además *Xenodancnis parina* está considerada en peligro para el Ecuador (Ridgely y Greenfield, 2006).

Con respecto a las variaciones temporales, los meses con mayor incidencia de muertes en este estudio están representados por noviembre y diciembre, y el mes con menor número, corresponde a agosto. Según datos proporcionados por la gestión del PNC, para el año 2015, el mes con mayor flujo vehicular, fue el mes de agosto. Si estos datos son verdaderos, se interpretaría que la mortalidad de aves en este tramo de vía para este año ha disminuido en el mes que existió mayor tránsito vehicular. Según Eloy et.al (2008) el volumen de tráfico vehicular y el atropellamiento con la fauna silvestre no necesariamente tienen una relación lineal (creciente o decreciente), puede existir un umbral de tráfico por encima del cual ya algunas especies evitan la carretera lo que se reflejaría en la tasa general de mortalidad, dando la impresión errónea de que el tamaño de las poblaciones ha variado. Por otro lado, la mayor cantidad de individuos muertos encontrados en los meses de noviembre y diciembre, podría relacionarse a que estos últimos corresponden a meses de feriado. Clevenger (2003) exploró la mortalidad de fauna silvestre en relación al tráfico vehicular, y encontró que cuando las aves están en actividades de reproducción y dispersión son más susceptibles a la mortalidad por el elevado volumen vehicular. También Kuitunen (1998) registró que el tráfico aumenta la mortalidad de aves de cría, debido a que los adultos están llevando alimentos a los nidos y vuelan a través de la carretera. Por lo que la incidencia de aves muertas encontradas puede explicarse a una alta vulnerabilidad a las perturbaciones del tráfico.

Esta investigación obtuvo una tasa de mortalidad de 0.0062 individuo/km/día en 15.5km de carretera. Esta tasa es relativamente alta al compararla, con lo reportado por Cunha *et al.*, (2010) en Goiás, Brasil, en 216 km, donde se obtuvo una tasa de 0,001 individuos/km/día. Pero resultó menor que en un estudio realizado por Medrano (2015) realizado en 99 km de vía, ubicada entre tres áreas protegidas de las estribaciones nororientales de los Andes ecuatorianos, en donde la tasa de mortalidad para aves fue de 0,02 individuos/km/día. De igual manera fue menor que en un estudio de mortalidad de fauna silvestre sobre una carretera en Colombia (Galván y De la Ossa, 2015), en el cual, para el grupo de aves, se reportó una tasa de mortalidad del 0,094 individuo/km/día en 27.2 km recorridos. Al comparar la tasa de mortalidad del presente trabajo con varios estudios de mortalidad de fauna en carreteras (De La

Ossa y Galvan, 2015; Eloy et.al, 2013; Medrano, 2015; etc) se pudo constatar que es baja. Sin embargo, la densidad de aves en el páramo es baja en relación a otros ecosistemas, por lo que esta vía podría representar un factor de impacto importante en las poblaciones de aves de la zona estudiada.

Los resultados de este estudio pueden estar subestimando la dimensión de la problemática, teniendo en cuenta que tanto los mamíferos, la actividad humana como el flujo vehicular pueden estar desplazando los cadáveres, por lo tanto, la mortalidad podría ser mucho mayor. (Monroy, De La Ossa, De La Ossa; 2015).

En este estudio la variable cobertura vegetal no respondió significativamente como influencia sobre la mortalidad de aves en la vía, sin embargo en un estudio similar realizado en Colombia por (Castillo, Urmendez, y Zambrano, 2015) determinan que las mayores causas de la mortalidad de aves por atropello vehicular, pueden estar relacionadas con la concentración de vegetación arbórea y arbustiva en los márgenes de la carretera y ambientes adyacentes que han sido transformados en zonas de cultivos y pastizales, reduciendo la disponibilidad de lugares de paso para las aves. La cantidad arbustiva al borde la vía puede servir como sitios de nidificación y percha de algunas especies, así como en este estudio los árboles de *Polylepis* pueden servir como corredor biológico especialmente para especies de borde (Samaniego y Machado, 2007). Algo similar establece Medrano, (2015) donde la frecuencia de atropellamientos fue mayor en áreas cercanas a zonas de pastoreo y distantes de vegetación remanente. Sin embargo, al no encontrar influencia de la cobertura vegetal sobre la mortalidad, en el presente estudio puede deberse a que las frecuencias de aves muertas relacionadas a las áreas de pastoreo podrían estar dominadas por especies generalistas.

La topografía no demostró influencia sobre la abundancia de aves muertas sin embargo fue la que más cerca estuvo de tener un efecto significativo en la mortalidad de aves en la vía. Clevenger (2003) demostró que la topografía influye fuertemente en la mortalidad de pequeños vertebrados, aunque para las aves es menos probable que la mortalidad ocurra en tramos de carretera con topografía con pendiente, debido

a que la topografía puede servir como escondite para que las aves puedan evitar los vehículos.

Respecto a la variable; forma de la vía, se asume que los vehículos van a mayor velocidad en rectas que en curvas, lo que podría resultar en mayores muertes de animales en las vías (Clevenger et. al, 2003). Según un estudio realizado en el Parque Nacional Yellowstone en Estados Unidos por Gunther et. al (2001), las altas velocidades de los vehículos en autopistas facilitan el atropellamiento de animales. Esta puede ser una de las razones por la que en el presente estudio existieron más individuos muertos en los tramos de vía recta.

En el mapa de calor lo puntos rojos indicaron las zonas en los que hubo mayor cantidad de individuos muertos. Estas zonas se localizaron en tramos en su mayoría con rectas ocasionando un mayor número de atropellamientos. En estos puntos la vegetación predominante corresponde a *Polylepis racemosa*. La especie *Cinclodes sp* con la mayoría de individuos muertos en este estudio, utiliza los bordes de *Polylepis* como hábitat, lo que corrobora que el comportamiento de la especie nos puede dar respuestas más significativas a su mortalidad. Estos puntos determinan zonas clave para la implementación de sistemas de mitigación (Medrano, 2015).

En el estudio realizado por Samaniego y Machado, (2012) acerca de la influencia de la carretera sobre la comunidad de aves del PNC, se detectaron 34 especies de aves cerca de la vía, siendo la más abundante *Cinclodes fuscus*, seguida por *Phrygilus unicolor* y *Metallura baroni*. De estas 34 especies detectadas, 14 coinciden con este estudio que fueron registradas muertas siendo las más abundantes especies del género *Cinclodes* seguida por *Xenodacnis parina* y *Phrygilus unicolor*. Los resultados demuestran que la riqueza y la abundancia de aves son mayores a las distancias más cercanas a la carretera. (Samaniego y Machado, 2012). De esta manera se explica que las especies que más mueren serían las más abundantes en el PNC.

CONCLUSIONES

- La carretera Cuenca-Molleturo-Naranjal tramo que atraviesa el PNC tiene una influencia negativa sobre la comunidad de aves del parque, ya que se registró mortalidad de aves endémicas y amenazadas dentro del área de estudio. La abundancia de individuos muertos sobre la vía, incrementó en los meses de Noviembre y Diciembre, los cuales corresponden a temporada de feriado en la ciudad de Cuenca, registrándose mayor mortalidad en tres tramos de vía predominados por rectas.
- A pesar que ninguna de las variables exploradas respondió significativamente como influencia sobre la mortalidad de aves, los resultados de este estudio son necesarios e importantes ya que se registraron especies amenazadas como *Metallura baroni* y *Xenodacnis parina*; y endémicas como: *Cinclodes excelsior* y *Schizoeaca grisoemurina*.
- Cabe mencionar que no se han realizado estudios de este tema dentro de áreas protegidas y mucho menos en páramos del Ecuador. Por lo que los datos obtenidos, son pioneros en mortalidad de aves dentro del PNC y podrá servir como un parámetro importante para posteriores investigaciones sobre la mortalidad de fauna en esta vía

Recomendaciones:

- Entre los individuos muertos se registraron especies de interés para el PNC, por lo que se recomendaría el desarrollo de medidas de mitigación para la disminución de la mortalidad.
- Los puntos rojos señalados en el mapa caliente, indican áreas clave para la colocación de sistemas de mitigación. Algunas de las medidas empleadas en el ámbito internacional, que son de bajo costo y fácil aplicación pueden ser señalizaciones, campañas de educación, mantenimiento de la vegetación aledaña a la vía. Estas estrategias pueden ser funcionales para reducir los impactos negativos de los vehículos en la fauna de esta área.
- Es importante la intervención de entidades públicas para que estas medidas sean implementadas, además el apoyo de estas instituciones es relevante para la ejecución de programas de monitoreo y la localización de puntos rojos en especial en áreas con una alta biodiversidad.
- Se recomienda continuar con el monitoreo de mortalidad de fauna sobre esta vía, incluyendo a los otros grupos de vertebrados, de esta manera identificar que otras especies de interés para el PNC están siendo afectadas, y explorar variables que pueden estar influyendo en su mortalidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Angela V. Kociolek, A. P. (2009). Effects of Paved Roads on Birds: A Literature Review and Yellowstone to Yukon Conservation Initiative Society, Canada.: Western Transportation Institute College of Engineering Montana State University .
- Arroyave, M., Gómez, C., Gutiérrez , M. E., Múnera , D. P., Zapata, P. A., Vergara, I. C., y otros. (2006). Impactos de las Carreteras sobre la fauna Silvestre y sus Principales Medidas de Manejo. EIA, 45-57.
- Castaño, C. (2002). Páramos y Ecosistemas Altoandinos de Colombia en Condición Hotspot y Global Climatic Tensor. Colombia: Ministerio del Ambiente.
- Castillo, J. C., Urmendez M., D., & Zambrano G., G. (2015). Mortalidad de fauna por atropello vehicular en un sector de la vía panamericana entre popayán y pa. Cauca.
- Cisneros, F. L. (2004). La Carretera Cajanuma - Lagunas del Compadre en el Parque Nacional Podocarpus: La Susceptibilidad de las Áreas Protegidas. Quito: Abya Yala.
- Cobo, A., & Munárriz, Ò. (2009). Guia para la Recogida de Información sobre la Mortralidad de Fauna. Navarra: CRANA.
- Coffin, A. W. (2007). From roadkill to road ecology: A Review of the Ecological Effects of Roads. Florida: Journal of Transport Geography.
- Gerencia General Operativa del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2000). Plan de Manejo Integral del Parque Nacional Cajas. Cuenca.
- Contreras Díaz, J., López R., S., Poats, S. V., & Suárez, D. (2007). Análisis de los Modelos de Guardapaques en las Áreas Protegidas del Ecuador Continental. Quito.
- Cuenca, GAD Municipal. (31 de Julio de 2015). Parque Nacional Cajas. Cuenca, Azuay, Ecuador.

- Cunha, H., Alves, F. y Sousa, S. 2010. Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road _ between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences. Maringá* 32 (3): 257-263.
- Cupul, F. (2002) Víctimas de la Carretera: Fauna Apachurrada. *Gaceta CUC. Departamento de Ciencias. Centro Universitario de la Costa. México. Gaceta CUC.*
- De La Ossa J., Galván S. (2015). Registro de mortalidad de fauna silvestre por colisión vehicular en la carretera Toluviejo – ciénaga La Caimanera, Sucre, Colombia. Colombia.
- Ecuador Tierra Incógnita. (2012). Folleto Informativo de Turismo Sostenible en Parque Nacional Cajas, Ministerio de Turismo/Ministerio de Ambiente, Quito.
- Eloy Seijas, A., Araujo Quintero, A., & Velásquez, N. (2013). Mortalidad de vertebrados en la carretera Guanare - Guanrito, Estado Portuguesa, Venezuela. *Biología Tropical*, 1619-1636.
- Forman, R., & Lauren, A. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*.
- Garcés, S. (2008). Aprendiendo a cerca de las Áreas Protegidas. *Letras Verdes*.
- Glennon, M. J., & Porter, W. F. (2005) Effects of land use management on biotic integrity: An investigation of bird communities: An. Elsevier.
- Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. (2000). La Importancia de la Participacion Comunitaria en los Planes de Manejo de Fauna Silvestre. Iquitos.
- Jacobson, S. L. (2005). *Mitigation Measures for Highway-caused Impacts to Birds. California.*
- Kattán G. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. En: Guariguata MR, Kattán G. (Eds.). *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales (561-590). Libro Universitario Regional. Cartago, Costa Rica; 2002.*

- Lodeiro N., Nigro N. (2009). La búsqueda de soluciones al atropellamiento de yagaretés en las rutas de misiones. Argentina.
- Machado Tapia, P. J., & Samaniego Regalado, G. M. (2012). Influencia de la Carretera Cuenca Molleturo Naranjal sobre la Comunidad de Aves de Páramo en el Parque Nacional Cajas. Cuenca.
- Martínez, T. E. (2011). Formación de Guardaparques Bajo el Enfoque de Competencias. Quito.
- Medrano Vizcaíno, P. M. (2015). Efecto de las Carreteras en la Mortalidad de Vertebrados en un Area Megadiversa: Los Andes Tropicales del Ecuador. Quito.
- Mena Vásconez, P., & Hofstede, R. (2006). Los Páramos Ecuatorianos. La Paz.
- Michale J. Glennon, W. F. (2005). Effects of Land Use Management on Biotic Integrity: An. Elsevier.
- Minga, D., & Verdugo, A. (2007). Riqueza florística y endemismo del Parque Nacional Cajas. Universidad del Azuay, Cuenca - Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2009). Control de Mortalidad de Aves Endémicas. San Cristóbal.
- Ministerio del Ambiente. (2013). Parques Nacionales Ecuador. Quito.
- Monroy, M. C., De La Ossa Lacayo, A., & De La Ossa V., J. (2015). Tasa de atropellamiento de fauna silvestre en la vía san onofre – maría la baja, caribe colombiano. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*.
- Omena, J. R., Pantoja Lima, J., Santos, A. L., Ribeiro, G. A., & Aride Rocha, P. H. (2012). caracterización de la fauna de vertebrados atropellada en lacarretera br 174, amazonas, brasil. *Ciencia Animal*.
- Parque Nacional Cajas Blog. (27 de noviembre de 2008). *Parque Nacional Cajas Azuay- Ecuador*. Recuperado el 23 de 05 de 2016, de <http://elcajas.blogspot.com/2008/11/clima.html>

- Puc Sánchez, J. I., Delgado Trejo, C., Mendoza Ramírez, E., & Sauzo Ortuño, I. (2013). Las Carreteras como una Fuente de Mortalidad de Fauna Silvestre en México. *Biodiversitas*.
- QGIS Development Team. (2014-9. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/>
- RStudio : desarrollo integrado para R. RStudio , Inc. , Boston , MA URL <http://www.rstudio.com/> .
- Reck, G., & Martínez, P. (2010). Áreas protegidas: ¿Turismo para la conservación o conservación para el turismo? Quito.
- Río de Janeiro. (1992). Cumbre para la Tierra. Río de Janeiro.
- Ruiz González A., Rubines J. & Lahoz E. (2007) Efecto de la Contaminación Acústica sobre las Poblaciones de Vertebrados Forestales en Álava. España.
- Taylor, B. D., & Goldingay, R. L. (2004) Wildlife road-kills on three major roads in north-eastern NSW. *Wildlife Research*.
- Tinoco, B., & Astudillo, P. (2007). Guía de Campo de las Aves del Parque Nacional Cajas. Cuenca: ETAPA.
- Hernández, N., & Herrera Robledo, R. (2011). *Mortalidad de vertebrados silvestres en la carretera costera de Michoacán*. Michoacán.
- Guía de usuario de QGIS. (2016). [Docs.qgis.org](http://docs.qgis.org). Retrieved 27 June 2016, from http://docs.qgis.org/2.2/es/docs/user_manual/index.htm

ANEXOS

Anexo 1. Estado UICN Internacional, Nacional de las especies registradas.

Especie	Estado UICN Internacional	Estado de conservación Ecuador
<i>Unknown</i>		
<i>Cinclodes excelsior</i>	Preocupación Menor	Preocupación menor
<i>Xenodacnis parina</i>	Preocupación Menor	En peligro
<i>Grallaria quitensis</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Leptasthenura andicola</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Prigilus unicolor</i>	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Scytalopus latrans</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Anairetes parulus</i>	Preocupación Menor	Preocupación menor
<i>Cistothorus platensis</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Schizoeaca griseomurina</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Carduelis magellanica</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Catamenia inornata</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Cinclodes fuscus</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Emberezidae</i>		
<i>Eriocnemis luciani</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Metallura baroni</i>	En peligro	En peligro
<i>Ochthoeca fumicolor</i>	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Oreotrochilus chimborazo</i>	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Turdus fuscater</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Tyto alba</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor
<i>Zonotrichia capensis</i>	Preocupación Menor	Preocupación Menor

Anexo 2. Guardaparque del PNC realizando la limpieza de la vía Cuenca – Molleturo – Naranjal.



Anexo 3. Ave muerta encontrada en la vía Cuenca- Molleturo - Naranjal. *Xenodacnis parina*. Km 32.900.



Anexo 4. Restos de Cinclodes sp. encontrados en la vía Cuenca- Molleturo - Naranjal.km 31.800.



Anexo 5. Ave realizada el proceso de taxidermia. *Grallaria quitensis*.



Anexo 6. Ave muerta encontrada en la vía *Oreotrochilus Chimborazo* km 32.200.

