

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

CARACTERIZACIÓN DE FAUNA SILVESTRE EN VIAS DE SEGUNDO ORDEN

DENTRO DE LA RESERVA DE BIÓSFERA SUMACO

Tesis previa a la obtención del título de Magister en Biología de la

Conservación

CRISTINA ARACELY DÍAZ CARRERA

Quito, Marzo 2021

Certifico que la tesis de Maestría en Biología de la Conservación de la candidata Cristina Aracely Díaz Carrera ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.



Omar Torres, Ph.D.

Director de tesis

26 de marzo 2021

*A mis hijos Johann y Jade, mis hermanas Meyfita, Verito, Dayssita, Jesita, mi madre,
mi padre, y mi tía Bachita porque ustedes son mi motivación
y mi energía para salir adelante!*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Omar Torres por compartir conmigo sus conocimientos, tiempo, experiencia y ser mi guía en el desarrollo de este estudio.

Dr. Rafael Cárdenas, Dra. Verónica Crespo, Dra. Catalina Quintana y Dra. María Fernanda Checa por sus valiosas recomendaciones para la edición del presente estudio.

A la sección de Herpetología del Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCAZ-H) por haberme prestado todas las facilidades para el periodo de campo y colaborado en la identificación de las serpientes y anfibios.

A la PUCE y todo su equipo profesional porque me abrió las puertas a un nuevo mundo de conocimiento, de investigación y así me han permitido cumplir un sueño más.

Ing. Vanessa Cruz por toda su apertura para permitirme la realización de este estudio dentro de la Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair en pro de la conservación ambiental.

Ing. Darwin Ramos por su ayuda en la fase de campo e interés de aplicar medidas de conservación ambiental dentro de la Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair

Ing. Marco Moreira por su ayuda con recomendaciones para la edición del presente estudio

A mis hijos Johann y Jade porque me han prestado de tu tiempo para seguir preparándome.

A mis padres, mi tía Bachita, mis hermanas Verito, Dayssita, Meyfi y Yesita por siempre estar presentes, por su ayuda incondicional, su tiempo y ánimos para continuar.

A ti Germán por todo tu tiempo, ayuda y motivación para acompañarme en toda la realización de este estudio.

A todos aquellos profesionales y amigos que contribuyeron en el desarrollo de esta tesis.

Gracias a ti Padre Nuestro, que nos das la vida, la salud, y cada día la posibilidad de sonreír. Gracias por permitirme cumplir con este sueño, y durante el desarrollo de esta tesis contar con la compañía de mis seres queridos.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE ANEXOS.....	X
1.- RESUMEN	1
2.- ABSTRACT.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
3.1 OBJETIVOS.....	7
3.1.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
3.2 JUSTIFICACIÓN	7
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
4.1. ÁREA DE ESTUDIO	7
4.2. RECORRIDOS Y TOMA DE REGISTROS.....	9
4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS GEOGRÁFICOS	10
4.4. ÍNDICES DE DIVERSIDAD	11
4.4.1 ENTROPÍA SHANNON–WIEVER	11
4.4.2 ÍNDICE DE JACCARD.....	12
5.- RESULTADOS	13
5.1. DIVERSIDAD	13
5.1.1. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA.....	13
5.1.2. ÍNDICES DE DIVERSIDAD	14
5.2 DISTRIBUCIÓN	15
5.2.1. ENTORNO PAISAJÍSTICO.....	15
5.2.2. REGISTROS POR ABSCISAS.....	16
5.2.3. TEMPORADAS	16
5.2.4. PUNTOS CALIENTES Y SEMICALIENTES	16
6.- DISCUSIÓN	18
6.1. DIVERSIDAD	18
6.1.1. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA.....	18
6.1.2. INDICES DE DIVERSIDAD	19
6.2. DISTRIBUCIÓN	20

6.2.1. ENTORNO PAISAJÍSTICO.....	20
6.2.2 TEMPORADAS	22
6.2.3 RELACIÓN CON EL TRÁFICO VEHICULAR.....	23
6.3. MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	23
6.3.1. EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	24
6.3.2. CONTROL ESTRICTO DE VELOCIDAD	25
6.3.3. SEÑALIZACIONES DE ADVERTENCIA CON SENSORES DE DETECCIÓN DE FAUNA	26
6.3.4. REDUCTORES DE VELOCIDAD	27
6.3.5 PASA FAUNAS SUPERIORES.....	27
7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
8. LITERATURA CITADA	30
9. FIGURAS.....	38
10. TABLAS.....	43
11.- ANEXOS.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo

Figura 2.- Mapa total de registros en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador

Figura 3.- Número de registros mensuales por grupo taxonómico durante 2016 (A) y 2017 (B).

Figura 4.- Mapa de calor de las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

Figura 5.- Mapas de calor para los grupos reptiles (A), anfibios (B), mamíferos (C) y aves (D).

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Número de muestreos realizados durante los dos años de estudio.

Tabla 2.- Número de registros para cada taxón en las vías de Casa de Máquinas y Embalse Compensador

Tabla 3.- Registros en porcentajes para cada taxón en las vías de Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

Tabla 4.- Registros por cada taxón en la vía de Casa de Máquinas.

Tabla 5.- Registros en porcentaje de registros por cada taxón en la vía de Casa de Máquinas.

Tabla 6.- Registros por cada taxón en la vía Embalse Compensador.

Tabla 7.- Registros en porcentajes por cada taxón en la vía Embalse Compensador.

Tabla 8.- Registros por grupo taxonómico.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.- Mapa de vías: Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

Anexo 2.- Fotografías del trabajo realizado en campo

Anexo 3.- Registro de anfibios en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

Anexo 4.- Registro de aves en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

Anexo 5.- Registro de mamíferos en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

Anexo 6.- Registro de reptiles en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

Anexo 7.- Registros de crustáceos en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

Anexo 8.- Mapa total de registros en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

1.- RESUMEN

La existencia de vías y carreteras dentro de reservas naturales, áreas protegidas y parques nacionales traen como consecuencia que muchas especies silvestres las tengan que atravesar para llegar de un lugar a otro con el riesgo de ser atropelladas. El presente estudio fue realizado con el objetivo de caracterizar los grupos taxonómicos de fauna silvestre que atraviesan las vías “Casa de Máquinas” y “Embalse Compensador” dentro de la Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, que se encuentra ubicada en la Reserva de Biósfera Sumaco en la Provincia de Sucumbíos, Ecuador.

Se realizaron 161 muestreos por las dos vías entre los meses de febrero de 2016 y diciembre de 2017, sumando un total de 7728 kilómetros recorridos. Se obtuvieron 71 registros en total (52 atropellamientos, 4 individuos golpeados y 15 registros de avistamientos de fauna cruzando las vías). El grupo taxonómico con mayor cantidad de registros fue el de los reptiles, seguido por mamíferos, aves, anfibios y crustáceos. Se calculó el índice de Jaccard cuyo resultado refleja heterogeneidad entre las dos vías. Adicionalmente, se realizaron mapas de calor acorde a la metodología de cálculo de Densidad de Kernel, y se obtuvo como resultado tres puntos calientes en la vía Casa de Máquinas, un punto semi-caliente entre las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador, y un segundo punto semi-caliente en la vía Embalse Compensador. Para los puntos calientes el atributo de paisaje que destaca la vegetación secundaria remanente y cercanía al río Coca. En base a estos resultados se sugieren medidas de mitigación.

Palabras clave:

Atropellamiento de fauna, Coca Codo Sinclair, conservación, cruces de fauna, mitigación ambiental, puntos calientes.

2.- ABSTRACT

The existence of roads and highways within natural reserves, protected areas, and national parks bring as a consequence that many wild species have to cross them with the risk of being run over. The present study was carried out with the objective of characterizing the taxonomic groups of wildlife that cross two roads within the Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, which is located in the Sumaco Biosphere Reserve in the Province of Sucumbíos. 161 sampling trips were made on both roads between February 2016 and December 2017, reaching a total of 7728 traveled kilometers. During this period of time, 71 records were obtained (52 run over, 4 beaten individuals and 15 records of wildlife sightings crossing the tracks). The taxonomic group with the largest number of records were reptiles followed by mammals, birds, amphibians, and crustaceans with. On the other hand, the Jaccard index shows considerable diversity between the two roads. Kernel Density heat maps resulted in three hotspots along Casa de Máquinas road, a semi-hotspot in both Casa de Máquinas and Embalse Compensador roads, and a second semi-hotspot on the Embalse Compensador. For hotspots, two attributes of landscape stand out: remaining secondary vegetation and closeness to the Coca River. Based on these results, mitigation measures are suggested.

Key words:

Run-over of fauna, Coca Codo Sinclair, conservation, wildlife crossings, environmental mitigation, hotspots.

3. INTRODUCCIÓN

La construcción de vías y carreteras son consideradas como proyecto de beneficio social y económico, constituyéndose en elementos de importancia para el desarrollo (Arroyave *et al.* 2006); sin embargo, pueden traer consigo impactos ambientales negativos, entre ellos la mortalidad de fauna silvestre (Forman *et al.*, 2003), siendo anfibios, reptiles, aves y mamíferos los principales grupos de vertebrados perjudicados por los atropellamientos (Puc *et al.*, 2013).

Según datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, que mantiene la lista roja de especies amenazadas, de 13761 especies en peligro de extinción o en peligro crítico, 4383 están directamente amenazadas por proyectos de infraestructura (Lawton, 2018). Estos incluyen el desarrollo residencial y comercial, industrias extractivas, proyectos de energía y construcción de carreteras. Las vías o carreteras crean un efecto barrera para la fauna terrestre al dificultar su paso a modo de filtro, disminuyendo así el intercambio de individuos a ambos lados de la infraestructura, aumentando el aislamiento de las poblaciones y disminuyendo el intercambio genético entre las mismas (Strasburg, 2006).

El atropellamiento de la macro fauna en vías de transporte depende en gran medida de su comportamiento respecto al eje vial, el tipo de hábitat circundante, la accesibilidad por tierra a la vía, la intensidad y la distribución noche-día del tráfico. Estos factores resultan determinantes en las tasas de mortalidad total asociadas a cada infraestructura vial (Gurrutxag y Lozano, 2010).

Estudios demuestran que las densidades poblacionales del 60% de las especies de bosques y pastizales que viven cerca de los bordes de carreteras son inferiores a las densidades de poblaciones más lejanas (Reijnen *et al.*, 1996). Las construcciones de carreteras en bosques

producen graves deterioros ambientales (Dourojeanni, 2015); las técnicas de mitigación que se apliquen en la carreteras o redes viales deberían al menos compensar el daño ecológico que ocasionan (Forman *et al.*, 2003). En una investigación realizada en Finlandia Central se pudo determinar que si bien la distancia a las vías no tuvo efecto sobre la época reproductiva ni sobre el tamaño del huevo o polluelo del atrapamoscas *Ficedula hypoleuca*, las crías emplumadas disminuyeron con la cercanía a la carretera, ya que los padres mueren atropellados cuando están buscando alimento para sus crías, por lo que estas quedan sin protección alguna (Kuitunen *et al.*, 2003).

Existen pocas investigaciones realizadas respecto al índice de atropellamientos en las vías; sin embargo, los datos existentes son alarmantes. Cabe citar el caso de Estados Unidos con un millón de atropellamientos al día en todas las autopistas del país (Noss, 2002), España veinte y siete mil cuatrocientos atropellamientos de especies diarias para un total de diez millones al año (Real Automóvil Club de Cataluña, 2011), Australia, Canadá, Finlandia y Costa Rica con datos que muestran una significativa disminución en la densidad de la población de especies silvestres (Cupul, 2002), a conocimiento de que el grado de atropellamiento muchas veces dificulta la identificación de la especie a la que corresponden.

En Sudamérica, en general muy pocos estudios reportan los datos de atropellamientos de fauna silvestre. En Colombia un estudio estableció 45 individuos/km/año atropellados en más de 2700 kilómetros de carreteras que atraviesan el Valle del Río Magdalena (Pantera, 2016). En Ecuador únicamente un estudio ha reportado el alto índice de mortalidad de fauna silvestre principalmente de vertebrados, 0,046 individuos/km en 7128 kilómetros recorridos en 72 días, en las carreteras ubicadas entre las áreas protegidas Reserva Ecológica Antisana, Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras y Parque Nacional Cayambe-Coca, en la provincia de Napo (Medrano, 2015). Las medidas de mitigación propuestas en la investigación han

sido implementadas de manera parcial (Medrano, 2015), y su efectividad aún no ha sido evaluada.

Respecto a las medidas de mitigación frente a los atropellamientos de fauna silvestre en las carreteras, se ha optado principalmente por la implementación de pasos fauna, que son cruces que se implementan en las vías tales como túneles viaductos, puentes e incluso alcantarillas. Los pasos de fauna son medidas muy efectivas para reducir localmente al mínimo el efecto barrera provocado por la infraestructura de transporte, aunque son estructuras de alto costo (Real Automóvil Club de Cataluña, 2011). Florida fue el pionero en 1950, donde la Ruta Estatal 46 fue elevada para permitir el cruce de pequeñas especies de mamíferos (Forman *et al.*, 2003); en Australia, a las alcantarillas se las conoce como “los túneles del amor”, ya que permiten el encuentro entre hembras y machos de especies como el pequeño marsupial oposum pigmeo de montaña *Burramys parvus*. En la Isla de Navidad en el Océano Indico, pasos de fauna efectivos permitieron evidenciar el aumento de la población del cangrejo rojo *Gecarcoidea natalis* donde antes cientos de estos eran atropellados anualmente. En Holanda, con el paso diseñado para los tejones *Meles meles* se evidenció también el aumento de especímenes (Forman *et al.*, 2003).

Los vallados perimetrales para carreteras de alta intensidad de tráfico representan otra de las técnicas diseñadas para disminuir los atropellamientos, sin embargo, esta técnica aumenta el efecto barrera, por lo que al instalarse se sugiere la combinación con pasos de fauna. Estos consisten en vallas de refuerzo instaladas a los lados de las carreteras que impiden el cruce de las especies silvestres a la vía, con ubicación, tipo, materiales, altura y densidad específica de acuerdo al tipo de población que se debe proteger. En Suecia esta medida ha reducido las colisiones de alces *Alces* en un 60-70% (Real Automóvil Club de Cataluña, 2011).

El uso de feromonas de ahuyentamiento es otra técnica, que consiste en generar condiciones de estrés ambiental como simular la presencia de un depredador en la zona, lo cual genera desplazamiento de las especies en las zonas sensibles (Congo, 2009). Dispositivos artificiales de disuasión, tales como espejos reflectores, de disuasión acústica y olfativa, tienen el objetivo de evitar que las especies se acerquen a las carreteras (Real Automóvil Club de Cataluña, 2011). En Eslovenia, luego de una evaluación de estos dispositivos se optó por el uso del dispositivo olfativo; sin embargo, el único resultado que se tuvo fue que los alces *Alces* retrasaron su tiempo de cruce (Real Automóvil Club de Cataluña, 2011).

Finalmente, la medida de mitigación de atropellamiento de fauna silvestre más comúnmente utilizada es la seguridad vial, en la que el conductor es el responsable en caso de atropellamientos. Esto implica una señalización adecuada, reflectores luminosos, pintura reflectiva, respeto a las señales de tránsito, reducción de velocidad en zonas sensibles a una que les permita detenerse en caso de esquivar a un animal, evitar el cambio de carril en caso del cruce de una especie grande para evitar colisión del otro lado de la vía. (En la Carretera, 2014). En Suecia las señales de advertencia redujeron en un 80% los accidentes; sin embargo, no se recomienda únicamente las señalizaciones de advertencia sin el complemento de los sensores de fauna, por la poca atención que prestan los conductores (Real Automóvil Club De Cataluña, 2011).

La Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair está ubicada en la Reserva de Biósfera Sumaco, considerada como la hidroeléctrica más grande a nivel nacional (Coca Sinclair, 2013). Para la movilización interna de las fases constructivas y de operación de la hidroeléctrica se construyeron las vías Embalse Compensador y Casa de Máquinas, que atraviesan gran parte de la Reserva de Biósfera Sumaco, constituyéndose así en efectos barrera y vías de atropellamiento de fauna silvestre.

3.1 OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objetivo determinar el índice de mortalidad de la fauna silvestre en carreteras de segundo orden, dentro de la Reserva de Biosfera Sumaco, y con ello establecer recomendaciones para mitigar el impacto en la fauna silvestre.

3.1.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Caracterizar y cuantificar la fauna silvestre en carreteras de segundo orden.
2. Recomendar medidas de mitigación para prevenir el atropellamiento de fauna silvestre en las vías en las vías que conectan el Embalse Compensador con Casa de Máquinas en la Central Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair dentro de la Reserva de Biósfera Sumaco.

3.2 JUSTIFICACIÓN

Conservar la biodiversidad de la Reserva de Biósfera Sumaco, estableciendo medidas de mitigación para evitar la mortalidad de los vertebrados en carreteras de segundo orden

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó desde febrero 2016 hasta diciembre 2017, durante las fases constructivas y de operación inicial de la Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, dentro de la Reserva de Biósfera Sumaco (COCA SINCLAIR, 2013). La Reserva de Biósfera Sumaco fue formada tras un proceso participativo e incluye al Parque Nacional Sumaco – Napo Galeras, junto con los Bosques Protectores La Cascada y de la Parte Media y Alta del Río Tigre (Unesco, 2017; Entrix, 2009 a).

Con el objetivo de facilitar la movilización dentro de la hidroeléctrica, fue necesaria la construcción de dos vías: la vía Embalse Compensador que atraviesa el Bosque y Vegetación Protectora La Cascada y la vía a Casa de Máquinas, que atraviesa el Bosque de la Parte Alta y Media del Río Tigre (Anexo 1).

La vía a Casa de Máquinas se extiende desde el kilómetro 74 de la carretera Lago Agrio - Quito, cruza el río Coca por un puente y continúa hasta llegar a la Casa de Máquinas. Esta vía tiene una longitud aproximada de 20 kilómetros. Según las líneas de gradiente con pendientes y radios de curvatura, de acuerdo a las normas aprobadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, la vía está caracterizada como de segundo orden, con una calzada de 7.20 m de ancho y pavimento de hormigón rígido con cunetas y drenajes pluviales (Entrix, 2009 a).

Por otra parte, la vía al Embalse Compensador se extiende desde el kilómetro 2 de la vía de acceso a Casa de Máquinas, por el margen este del río Coca, y lo cruza por un puente carrozable en la abscisa 5 de la vía. Esta vía tiene una longitud aproximada de 28 kilómetros. Al igual que la vía a Casa de Máquinas, es una vía de segundo orden, con una calzada de 7.20 m de ancho, pavimento de hormigón rígido, con cunetas y drenajes pluviales en cada kilómetro (Entrix, 2009 b). Los rangos altitudinales a lo largo de las dos vías varían entre 650 m como uno de los puntos más bajos al término de la vía de Casa de Máquinas; y 1213 m como uno de los puntos más altos de la vía del Embalse Compensador.

La zona de estudio se ubica en el Bosque Siempre Verde Montano Bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes y Bosque Siempre Verde Pie Montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2013). El Bosque Siempre Verde Montano Bajo del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes alcanza un dosel de 20–35 m de altura (Ministerio de Ambiente de Ecuador, 2012). Algunas de las

especies de utilidad humana que se encuentran en este tipo de bosque son: *Hypericum laricifolium*, *Valle astipularis*, *Buddleja incana*, *Siphocampylus giganteus*, *Buddleja pichinchensis*, *Myrcianthes rhopaloides*, *Hesperomeles ferruginea*, *Cinchona officinalis*, *Brachyotum ledifolium* y *Hedyosmum luteynii* (Navarrete *et al.*, 2008). Por otra parte, el Bosque Siempre Verde Pie Montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes es un bosque denso, de tierra firme, con dosel entre 15–35 m (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2012), algunas de las especies de utilidad humana son: *Iriartea deltoidea*, *Carludovica palmata*, *Phytelephas aequatorialis*, *Wettinia maynensis*, *Guadua angustifolia*, *Geonoma macrostachys*, *Perebea xanthochyma*, *Caryodendron orinocense* y *Otoba glycyarpa* (Navarrete *et al.*, 2008).

Según la información descrita en el Plan de Ordenamiento Territorial para Sucumbíos, versión 2015, las precipitaciones para la región amazónica son elevadas, con rangos anuales entre 1000 mm (parte alta) a 6000 mm por el sector del Reventador. Sucumbíos presenta una distribución estacional de las lluvias durante todo el año; sin embargo, los meses de intensa lluvia son abril, mayo, junio, julio; los menos intensos son septiembre, octubre y los meses más secos van de diciembre a febrero (Gobierno Autónomo Descentralizado de Sucumbíos, 2015).

4.2. RECORRIDOS Y TOMA DE REGISTROS

Se realizaron 161 recorridos (Tabla 1) a lo largo de las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador en un período de tiempo de 23 meses, entre febrero 2016 y diciembre 2017, para un total de 7728 km recorridos (48 km x 161). Entre estos se realizaron diez recorridos nocturnos entre los meses de marzo y diciembre 2016, mientras hubo construcción nocturna en la hidroeléctrica. Los recorridos se realizaron en vehículo a una velocidad no superior a

50 km/h con el fin de registrar atropellamientos, avistamientos de fauna cruzando las vías o rastros tales como plumas, pelaje o piel de fauna silvestre sobre las vías (Anexo 2).

En cada punto de muestreo se registraron coordenadas UTM WGS 84, zona 18M, fotografías y, cuando fue posible, se trasladaron los especímenes para ser depositados e identificados en el Museo de Zoología QCAZ de la PUCE (permiso de investigación científica Nro. 23-15-IC-FAU-DPAN/MA). Además se consideró como punto de referencia las abscisas determinadas en las vías. En total fueron depositados 21 especímenes, de los cuales 19 fueron reptiles y 2 anfibios. Los mamíferos y aves no pudieron ser trasladados por cuestiones de restricciones internas de la hidroeléctrica, de manera que fueron fotografiados en el sitio.

4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS GEOGRÁFICOS

Se usó el programa ArcGIS (ESRI) para la elaboración de mapas de calor con la herramienta Densidad de Kernel, la misma que permite visualizar los lugares con mayor abundancia de registros, a los cuales denominaremos puntos calientes, seguido de lugares con menor abundancia, a los cuales denominaremos puntos semi-calientes. El método Kernel utiliza un conjunto de datos que provienen de una distribución continua, univariada y desconocida para aproximar la función de densidad (Rodríguez, 2014). Para el presente estudio se incluyeron todos los registros, se realizó una interpolación planar, y se estableció un radio de búsqueda de 1500 m ($r = 1500$ m) dentro del cual se calcula la densidad de individuos por m^2 .

En cuanto a la parte descriptiva, se realizaron tablas con el detalle de los registros por grupo taxonómico y figuras considerando los registros por temporadas.

4.4. ÍNDICES DE DIVERSIDAD

Los índices de diversidad biológica son indicadores del bienestar de los ecosistemas (Magurran, 1988). Existen diferentes criterios entre biólogos y ecólogos para el uso de los índices de diversidad, por lo que se sugiere el uso índices que se complementen (Alcolado, 1998).

Para el presente estudio se ha considerado la entropía de Shannon-Wiever, con el objetivo de evaluar la equitatividad de la diversidad biológica y el índice de Jaccard con el objetivo de medir la heterogeneidad de la diversidad presente en las dos vías; para ambos casos, N representa el número total de especies atropelladas encontradas en las dos vías.

4.4.1 ENTROPÍA SHANNON–WIEVER

El índice o la entropía Shannon-Wiever permite evaluar la equitatividad de la biodiversidad de un ecosistema (Hill, 1973). Es uno de los índices más utilizados en ecología a pesar de los problemas que presenta en su interpretación (Magurran, 1988) y mide la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción existente en la población; es decir, mide la probabilidad de que una muestra seleccionada al azar de una población infinitamente grande contenga n_1, n_2, \dots, n_s individuos de las especies 1, 2, ..., S respectivamente (Hill, 1973).

Para este estudio, la población se considera como la fauna silvestre alrededor de las vías. H' es el valor buscado y comprende un rango de 0,5 a 5, considerándose valores inferiores a 2 como baja diversidad, entre 2 y 3 diversidad media y superiores a 3 como diversidad alta (Hill, 1973; McPherson y DeStefano, 2003). Se realizó el cálculo en Excel, aplicando la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

En donde:

S = número de especies presentes,

ln = logaritmo natural,

Pi = proporción de las especies ni/N,

ni = número de individuos de la especie i, y

N = número de individuos de todas las especies.

4.4.2 ÍNDICE DE JACCARD

El índice de Jaccard mide la heterogeneidad entre comunidades o el recambio de especies entre diferentes tipos de hábitats - diversidad beta (Magurran, 1988). Este índice considera la presencia o ausencia de especies, más no sus proporciones o abundancias (Magurran, 1988). Se realizó el cálculo en excel, aplicando la siguiente fórmula:

$$JI = \frac{a}{c + b - c}$$

En donde:

a = número de especies comunes a ambas comunidades

b = número de especies de la comunidad 1

c = número de especies de la comunidad 2

Para el presente estudio se tomó como comunidad 1 a la vía Casa de Máquinas y como comunidad 2 a la vía Embalse Compensador. Las especies en común fueron aquellas que se encontraron en las dos vías, sin tomar en cuenta el número de especímenes encontrados.

En cuanto a los resultados, la evaluación se realiza entre variantes de 0 a 1, siendo el valor de 0 cuando las vías no presentan especies en común y 1 cuando las vías presentan el mismo número de especies.

5.- RESULTADOS

Durante este periodo de tiempo se obtuvieron 71 registros, de los cuales el 73,24 % corresponde a especies atropelladas (n=52), el 5,63 % a especies golpeadas por vehículos pero aún vivas (n=4) y el 21,13 % (n=15) corresponde a avistamientos de especies cruzando la vía.

5.1. DIVERSIDAD

5.1.1. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA

Considerando las dos vías, el grupo taxonómico más abundante fue el de los reptiles con el 49,30 % (n=35) de los registros; a continuación los mamíferos arborícolas con 22,54 % (n=16); mamíferos terrestres con 8,45 % (n=6), mamíferos voladores con 4,23 % (n=3), aves con el 7,04 % (n=5); los anfibios con el 5,63 % (n=4); y finalmente los crustáceos con 2,82 % (n=2) (Tablas 2 y 3). En cuanto a la vía a Casa de Máquinas, el mayor porcentaje de registros corresponde a reptiles con un 58,33 % (n=28), seguido de los mamíferos arborícolas con el 16,67 % (n=8), mamíferos terrestres con un 8,33 % (n= 4), en iguales porcentajes las aves y los anfibios 6,25 % (n=3), y finalmente los mamíferos voladores con el 4,17 % (n=2) (Tablas 4 y 5). En cuanto a la vía Embalse Compensador, el grupo con mayor cantidad de registros fueron los mamíferos arborícolas con el 34,78 % (n=8), seguido de los reptiles con el 30,43 % (n=7); en iguales porcentajes los crustáceos, aves, y mamíferos terrestres con el 8,70 % (n=2); y finalmente, en igual porcentaje los anfibios y mamíferos voladores con 4,35

% (n=1) (Tablas 6 y 7). En la Tabla 8 se detallan los registros por grupo taxonómico y por especies cuando su identificación fue factible.

5.1.2. ÍNDICES DE DIVERSIDAD

A continuación se presentan los resultados obtenidos del cálculo de los índices de diversidad biológica presente en las dos vías.

5.1.2.1 ÍNDICE DE SHANNON-WIEVER

Se calculó el índice de Shannon-Wiever de ambas vías, con el objetivo de evaluar la equitatividad de la diversidad biológica existente en las dos vías.

DIVERSIDAD ALFA EN AMBAS VÍAS:

- Alta equitatividad para los reptiles $H' = 3,05$ (s=35)
- Media equitatividad para los mamíferos, $H' = 2,48$ (s=25)
- Baja equitatividad para los anfibios $H' = 1,03$ (s=4)
- Baja equitatividad para las aves $H' = 1,03$ (s=5)

5.1.2.2 ÍNDICE DE DIVERSIDAD BETA

El cálculo del Índice de diversidad Beta se realizó a partir del coeficiente de similitud del Índice de Jaccard, para lo cual se consideró todos los grupos taxonómicos de los cuales se pudo determinar las especies, 25 especies identificadas en la vía Casa de Máquinas y 11 especies identificadas en la vía del Embalse Compensador. Se determinó cuáles de ellas son comunes en las dos vías, y como resultado se obtuvo 4 especies en común: conejos, raposas o zarigüellas, ardillas y serpiente ojos de gato (*L. annulata*). Por lo tanto, los resultados

revelan bastante heterogeneidad entre las vías de Casa de Máquinas y Embalse Compensador (JI= 0,12).

5.2 DISTRIBUCIÓN

5.2.1. ENTORNO PAISAJÍSTICO

A lo largo de las vías se determinaron diferentes entornos paisajísticos, para efectos del presente estudio se los segmenta acorde cobertura vegetal y entorno paisajístico diferente de cobertura vegetal (Figuras 1).

ENTORNO PAISAJISTICO ACORDE COBERTURA VEGETAL

- 1. Vegetación natural poco intervenida.-** este tipo de cobertura vegetal se encontró entre las abscisas 9 y 10 de la vía Casa de Máquinas.
- 2. Vegetación secundaria remanente.-** este tipo de cobertura vegetal se identificó entre las abscisas 6 y 17 de la vía Casa de Máquinas; y 10 y 15 de la vía Embalse Compensador.
- 3. Cultivos.-** este tipo de cobertura se identificó entre las abscisas 1 y 2 de la vía Casa de Máquinas
- 4. Pastizales.-** este tipo de cobertura se identificó entre las abscisas 1 y 6 de la vía Casa de Máquinas y 1 y 4 de la vía Embalse Compensador

ENTORNO PAISAJISTICO DIFERENTE A COBERTURA VEGETAL

- 5. Fincas aledañas y campamentos.-** se identificaron fincas entre las abscisas 1 y 2 de la vía casa de Máquinas y 7 y 8 de la vía Embalse Compensador
- 6. Zonas de escombreras.-** se identificaron escombreras entre las abscisas 18-19 de la vía Casa de Máquinas y en las abscisas 8 y 25 de la vía Embalse Compensador.

7. **Intersección con río Coca.**- el río Coca intersecta entre las abscisas 5 de la vía Embalse Compensador y 18 de la vía Casa de Máquinas.
8. **Mina.**- se identificó en entre las abscisas 5 y 7 de Casa de Máquinas
9. **Ladera.**- Se identificó ladera alrededor de la abscisa 15 de la vía Casa de Máquinas
10. **Zona fangosa.**- Se identificó en la abscisa 17 de la vía Casa de Máquinas

5.2.2. REGISTROS POR ABSCISAS

La vía de Casa de Máquinas presenta registros dispersos a lo largo de la vía; sin embargo, una mayor cantidad de registros se evidenció entre las abscisas 7 (7 registros), 10 (6 registros) y 15 (6 registros) de la vía. A continuación, la abscisa 9 presenta 5 registros y se encuentra ubicada dentro del área de vegetación natural poco intervenida. Esta vía bordea el río Coca con distancias variables entre 400 a 1500 metros. En cuanto a la vía Embalse Compensador, un mayor porcentaje de registros se evidenció en las abscisas 5 (4 registros) y 14 (4 registros); abscisa 5 se ubica cerca de la garita de control para ingreso a la vía Embalse Compensador durante la fase constructiva (actualmente esta garita fue trasladada a la abscisa 28 de la misma vía) (Figura 3).

5.2.3. TEMPORADAS

Sucumbíos presenta una distribución estacional de las lluvias durante todo el año; sin embargo, los meses de intensa lluvia son abril, mayo, junio, julio; los menos intensos son septiembre, octubre y los meses más secos van de diciembre a febrero (GAD Sucumbíos, 2015).

Acorde Informes estadísticos mensuales Meteorológicos del INAMHI, reportados por la Estación en Lago Agrío, los meses de mayor precipitación en el año 2016 fueron marzo,

junio y noviembre; mientras que los meses más secos fueron enero y septiembre (INAMHI, 2016)

En cuanto las precipitaciones reportadas en el 2017, los meses mayor pluviosidad fueron de igual manera, marzo, junio y noviembre; mientras que los meses más secos fueron mayo, octubre y diciembre (INAMHI, 2017)

Los meses que se destacaron por mayor cantidad de registros durante el 2016 fueron los meses de marzo y mayo; mientras en el 2017 se destacan los meses de abril a junio; y noviembre a diciembre (Figura 3 A y B).

5.2.4. PUNTOS CALIENTES Y SEMICALIENTES

Aplicando el método de densidad de Kernel, se obtuvieron tres puntos calientes en la vía Casa de Máquinas, entre las abscisas 7, 10 y 15. La característica paisajística en estas áreas es muy similar en los tres puntos, se encuentran colindantes con el río Coca, presentan remanentes de bosque y la vía se encuentra ubicada a menor altitud en relación a la vía Embalse Compensador (altitud de la vía 680–800 m); existen fincas aledañas a una distancia aproximada de 1500 m de los puntos de registros. También se determinó un punto semi-caliente ubicado entre las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador entre la abscisa 1 de Casa de Máquinas y abscisa 2 de la vía Embalse Compensador; esta zona está compuesta por pastizales, fincas y corresponde a un punto caliente para los mamíferos. Finalmente, se determinó un punto semi caliente entre los km 5 y 7 de la vía del Embalse Compensador, por donde cruza el río Coca, pero también es zona de campamentos; éste fue el segundo punto caliente para los mamíferos (Figura 4).

Para el caso de reptiles se determinó un punto caliente en la abscisa 10 y un punto semi caliente en la abscisa 7 de la vía a Casa de Máquinas. En cuanto a los anfibios se determinó como punto caliente a las abscisas 14, 15 y 16, las mismas que se presentan formando una

“u” en la vía; este punto presenta cercanía al río Coca (aproximadamente 800 m) y corresponde a vegetación remanente en ladera. Aves y mamíferos comparten un punto caliente (abscisas 1 y 2) en una zona compuesta por pastizales y fincas (Figura 4). En cuanto a los crustáceos, se obtuvieron únicamente dos registros en puntos diferentes.

6.- DISCUSIÓN

6.1. DIVERSIDAD

6.1.1. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA

Al considerar los registros sumados de las dos vías, se identificó un mayor porcentaje de reptiles, seguido de los mamíferos. En un estudio similar realizado por Medrano (2015) en las estribaciones nororientales de los Andes ecuatorianos, en carreteras cercanas al presente estudio, se obtuvo un mayor porcentaje de mamíferos, seguido de reptiles.

En cuanto a la especie con mayor presencia fue la equis del oriente (*Bothrops atrox*); este reptil también se muestra como predominante en su grupo taxonómico en el estudio de Zavala (2020). La mayor cantidad de registros se obtuvo en épocas lluviosas, su presencia se puede asumir a que los reptiles suelen mantenerse cerca de las carreteras para aprovechar su calor tanto en la noche como en el día (Autum et al, 1994 y Lehtinen *et al.*, 2003), así también, el metabolismo de los reptiles tiende a optimizarse conforme aumenta la temperatura de su ámbito de tolerancia, por lo que requieren mantener sus niveles de calor (Fraser y Grigg, 1984).

En Ecuador, México, Brasil o Indonesia, que son países que destacan por su alta diversidad en vertebrados, los estudios de atropellamientos en carreteras son escasos (Puc *et al.* 2013).

En Ecuador se han realizado estudios con los que se tiene cifras estimadas de atropellamientos en carreteras de diferente orden y región (Medrano, 2015, Espinoza y Loja, 2017; Gonzalez, 2018; Zavala, 2020). En Estados Unidos y Australia se cuenta con mayor cantidad de estudios; en Estados Unidos por ejemplo, la cifra de vertebrados alcanza un millón de muertes al día (Forman *et al.* 2003); mientras que en Australia se estima la muerte de cinco millones de anfibios y reptiles por año (Vargas *et al.* 2011).

Al igual que en el presente estudio, el mamífero que presentó mayor cantidad de registros fue la zarigüeya (Medrano 2015). Dos carreteras en México: Michoacán y Oaxaca, coinciden en el resultado de que el taxón mayormente atropellado es *Didelphis* sp., en México conocida como tlacuaches (Puc *et al.* 2013), y para nuestro medio conocida como zarigüella, este marsupial tiene una fácil capacidad de adaptación a ambientes terrestres y arbóreos, así como una amplia dieta, razón por la cual usualmente se las encuentra en zonas aledañas a fincas y ecosistemas alterados (Rapini, 1986).

6.1.2. INDICES DE DIVERSIDAD

Según el índice de entropía de Shannon-Wiever, los resultados del presente estudio reflejan alta equitatividad para los reptiles $H' = 3,05$, media equitatividad para los mamíferos, $H' = 2,48$; baja equitatividad para los anfibios $H' = 1,03$ y baja equitatividad para las aves $H' = 1,03$. Valores que reflejan la equitatividad biológica de las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador, siendo los reptiles los que mayor índice de equitatividad presentan, resultados que van en concordancia con los resultados obtenidos en el estudio de línea base de la Hidroeléctrica, obteniendo equitatividad media y alta para los mamíferos, reptiles y anfibios en las dos vías, con dos puntos de muestreo en la vía Embalse Compensador y tres puntos de muestreo en la vía Casa de Máquinas; el grupo de las aves refleja diferencias con el presente estudio ya que su resultado

fue equitatividad media y alta, la razón puede estar relacionada con el estado natural de los puntos de muestreo, ya que la vía no existía en la fecha de la realización del estudio (Entrix, 2009 a; Entrix 2009 b).

Además, se calculó el índice de diversidad beta a partir del coeficiente de similitud del índice de Jaccard cuyos resultados presentan bastante heterogeneidad entre las dos vías: Casa de Máquinas y Embalse Compensador, esta heterogeneidad puede estar relacionada con las variantes de vegetación en relación a la altitud de las dos vías; la vía Casa de Máquinas se encuentra a menor altitud que la vía Embalse Compensador.

6.2. DISTRIBUCIÓN

6.2.1. ENTORNO PAISAJÍSTICO

El entorno paisajístico que se determinó como punto caliente para los reptiles fue la vegetación natural poco intervenida y vegetación secundaria remanente, diferente de otros estudios en donde entorno paisajístico predominante para la presencia de este grupo taxonómico fue las zonas de pastizales (Zavala, 2020 y Medrano, 2015).

En cuanto a mamíferos, la especie con mayor cantidad de registros fue la zarigüella común (*Didelphis marsupialis*); esta es la especie que encabeza las listas en estudios a nivel nacional: carretera Taura – Naranjal (Gonzalez, 2018); carretera Jipijapa -Puerto Cayo (Zavala, 2020); y en las estribaciones nororientales de los Andes ecuatorianos (Medrano, 2015); es común en el país, y posee una dieta generalista, es decir es poco selectiva, lo que le permite que sea abundante en varios hábitats, incluyendo poblaciones humanas cercanas a carreteras (Tirira, 2007 y Carvajal y Díaz, 2013), esta puede ser la razón por la cual se la identificó principalmente aledaña a las fincas y pastizales.

Los grupos taxonómicos o especies que se presentan mayoritarios en los estudios respecto a atropellamientos en las carreteras, varían de una región a otra, y de un país a otro; la aplicación de diferentes metodologías generan dificultad para comparar los resultados entre estudios, ya sea por características de la carretera, ubicación geográfica, estaciones climáticas, vegetación circundante, tráfico vehicular, entre otros (Cunha *et al.*, 2010; Arroyave *et al.*, 2006; Artavia, 2015). Brasil por ejemplo en la carretera GO-060, reporta mayor cantidad de registros de mamíferos, con la especie *Tamandua tetradactyla* (Cunha, 2010); a diferencia de la carretera del poblado de Toluviejo en Colombia que reporta mayor cantidad de atropellamientos de aves (De la Ossa, 2015) y en Costa Rica, mayor cantidad de anfibios (Artavia, 2015).

El tercer grupo taxonómico son las aves con el orden *Strigiformes*; estas aves son de costumbres nocturnas y su alimentación se compone de vertebrados e invertebrados (Hodes, 2010); se podría suponer que salieron a la vía en búsqueda de alimento, ya que usualmente en las vías y carreteras existe gran cantidad de insectos e invertebrados y las aves pueden verse atraídas por el alimento presente (de la Ossa *et al.*, 2015; Forman, 2003); el atributo paisajístico no mostró mayor influencia para la presencia de registros, ya estos estuvieron dispersos en diferentes puntos de las vías; al igual que se concluye en el estudio realizado en la carretera Cuenca- Molleturo – Naranjal, en el Parque Nacional Cajas en el Ecuador, la cobertura vegetal, topografía y forma de la vía, no mostraron influencia sobre la mortalidad de las aves (Espinoza y Loja, 2017).

El cuarto grupo taxonómico son los anfibios, la cercanía al río Coca y vegetación secundaria remane fue la característica principal para la identificación de registros, estos anuros se alimentan de invertebrados y pueden consumir hasta 200 insectos por noche (Savage, 2002); lo que puede ser un motivo para su exposición en las vías, otra razón puede ser la migración por época reproductiva, estas migraciones suelen obligar a los anfibios a cruzar caminos

transitados (Holdgate, 1989); además, poseen una delicada estructura corporal lo que puede hacerlos más susceptibles a las ondas de alta presión creadas por los vehículos (Holden, 2002).

Finalmente, el grupos de los crustáceos, dos cangrejos de agua dulce, identificados en puntos distantes entre uno y otro en las dos vías; su régimen alimenticio está determinado por plantas, larvas e invertebrados (Margalef, 1948), al igual que el anterior grupo taxonómico, su presencia puede asumirse por migración y búsqueda de larvas que se las podrían encontrar en las canaletas de las vías.

6.2.2 TEMPORADAS

En cuanto a la temporada, los meses lluviosos fueron los que mayor cantidad de registros presentaron, especialmente de reptiles (Figuras 1 y 2). Los reptiles, al ser ectotérmicos, requieren regular su temperatura corporal mediante la absorción de calor del medio, por lo cual se acercan a las carreteras para aprovechar el calor absorbido por el pavimento, tanto en el día como en la noche (Lehtinen *et al.*, 2003). Puede ser que los reptiles buscaron las vías de hormigón que se encontraban más secas y más calientes para regular su temperatura corporal durante la época lluviosa, pues este comportamiento no se observó en las épocas secas.

No obstante, la relación del tiempo difiere de un estudio a otro, así tenemos que en la investigación realizada en la carretera GO-060 - Brasil, durante 17 meses, la temporada seca se diferenció ligeramente de la cantidad de registros obtenidos en la temporada lluviosa, se considera que esta variación puede tener relación con una mayor dispersión de las especies en busca de alimentos por época seca (Cunha *et al.*, 2010).

6.2.3 RELACIÓN CON EL TRÁFICO VEHICULAR

En cuanto a la presencia de individuos por kilómetros recorridos, tenemos que en el presente estudio se ha obtenido un resultado de 0,006 individuo/km/día considerando únicamente los valores de atropellamientos; el valor estimado de circulación diaria en base a los registros de acceso a la hidroeléctrica fue de 354 vehículos para las dos vías. En el caso de Medrano (2015) su resultado fue 0,063 individuo/km/día, en carreteras de circulación vehicular interprovincial, mientras que el presente estudio fue realizado en carreteras de acceso restringido. En la carretera de Toluviejo – Colombia, la tasa de atropellamiento fue 0,32 individuo/km/día, al igual que el estudio de Medrano, la carretera es de circulación abierta (Ossa *et al.*, 2015).

6.3. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Actualmente las vías cuentan con alcantarillas diseñadas para drenajes pluviales que podrían ser usadas como pasos de fauna, aunque no se ha evidenciado al momento del estudio ninguna especie utilizando estas alcantarillas; esto no exime que en efecto puedan ser utilizadas. Estudios en Europa han confirmado que mamíferos pequeños usan pasos de fauna inferiores como las alcantarillas existentes en la vía y drenajes pluviales, siempre y cuando estos no estén inundados (Real Automóvil Club De Cataluña, 2011). Las alcantarillas que se encuentran presentes en las vías tanto de Casa de Máquinas y Embalse Compensador suelen inundarse especialmente en las épocas lluviosas.

Por otra parte, entre las abscisas 13 y 14 de la vía Embalse Compensador existen dos rótulos (uno para cada carril) de cruces de fauna, los mismos que fueron identificados como cruce de especies en el estudio de línea base realizado por la empresa consultora ambiental; sin embargo, en este estudio se registraron atropellamientos en esta área, por lo que se concluye

que la medida no cumplió su objetivo. Los estudios realizados en Europa respecto a la eficiencia de medidas de mitigación frente a atropellamientos de fauna han demostrado que los conductores no prestan mucha atención a las señaléticas y no reducen la velocidad (Real Automóvil Club De Cataluña, 2011).

En los lineamientos de seguridad para la emisión de los permisos de acceso vehicular, existe marcado un límite de velocidad permitido dentro de las vías que es de 60 km/h para vehículos livianos y 40 km/h para vehículos pesados; sin embargo, estos límites no siempre son respetados. Durante el 2016, mientras se mantuvo la obra en construcción del Embalse Compensador, se realizaban ocasionalmente controles de velocidad, lo cual posiblemente ayudó a evitar la mortalidad de muchos individuos en esta vía; mientras que en la vía a Casa de Máquinas no se realizó ningún tipo de control. Según Arroyave *et al.* (2006), en un estudio realizado en el Parque Nacional Yellowstone en Estados Unidos las altas velocidades de los vehículos en autopistas facilitan el atropellamiento de los animales (Gunther *et al.*, 1998).

Una vez realizado el análisis de datos y determinados los puntos calientes y semi calientes a lo largo de la vía de Casa de Máquinas y Embalse Compensador, se proponen las siguientes medidas de mitigación:

6.3.1. EDUCACIÓN AMBIENTAL

Como primer punto se antepone la educación ambiental, indispensable para todos los usuarios de la vía. La educación ambiental es un desarrollo de hábitos a lo largo de la vida, que permiten contribuir a la sostenibilidad (Tokuhama-Espinosa y Bramwell, 2013).

Es así que la implementación de un plan de educación ambiental y trabajo de concientización para cuidado a la biodiversidad es indispensable para todo el personal que circula sobre las

vías y comunidades dentro de la reserva. Iniciativas sencillas como frases cortas o carteles informativos pueden ser colocadas en las garitas de control o a lo largo de las vías, previo el ingreso a los puntos calientes; así también charlas, capacitaciones o actividades lúdicas pueden reforzar el trabajo de sensibilización, actividades que pueden ser evaluadas con la participación activa de los trabajadores.

6.3.2. CONTROL ESTRICTO DE VELOCIDAD

Los controles estrictos en vías dentro de parques nacionales y reservas han obtenido resultados favorables, tanto como medida de seguridad, como para evitar atropellamientos de fauna. Se han aplicado diferentes sistemas, entre ellos la incorporación de radares de velocidad a vehículos de circulación permanente, o controles de garita a garita respecto al tiempo de llegada de los vehículos. En una entrevista telefónica realizada en enero 2018 al Blgo. Miguel Ángel Rodríguez, ex-administrador de la Estación Científica Yasuní de la PUCE, comenta que en los siete años que él ha trabajado para la Estación, no ha registrado ningún atropellamiento de fauna silvestre en los 47 kilómetros que comprenden la vía desde Pompeya hasta llegar a la Estación, comenta que alguna vez evidenció una zariguella golpeada como único evento; la vía tiene 10 m de ancho y 20 de servidumbre o derecho de vía. Menciona que el éxito de estos resultados son los controles estrictos de velocidad que realiza la Compañía Repsol S.A.; así como las inducciones de aspectos de seguridad y conservación ambiental. La velocidad máxima en esta vía es de 45 km/h. Sin embargo, no se ha realizado ningún estudio respecto a atropellamientos de fauna silvestre en esa vía.

En este estudio se registraron menos atropellamientos en la vía del Embalse Compensador, pese a que posee mayor longitud que la vía de Casa de Máquinas. Una explicación para esto puede ser que en la vía Embalse Compensador se realizaban ocasionalmente controles de

velocidad con radares y el trabajador que infringía el límite de velocidad era multado; a diferencia de la vía de Casa de Máquinas en el que no se realizaba ningún tipo de control de velocidad. Se recomienda la impartición de inducciones de cuidado ambiental previo la emisión de los permisos de circulación, la implementación de controles de velocidad más estrictos como la colocación de radares en cada vehículo que ingresa y mientras circula en las vías de la hidroeléctrica o control mediante radares y el establecimiento de multas a los vehículos que circulen en exceso de velocidad.

6.3.3. SEÑALIZACIONES DE ADVERTENCIA CON SENSORES DE DETECCIÓN DE FAUNA

Como se ha mencionado anteriormente, la señalética por sí sola no cumple la función como medida de mitigación frente a los atropellamientos de fauna, por esto se han desarrollado otros sistemas como las señalizaciones de advertencia con sensores de detección de fauna. Este tipo de señales, combinadas con sensores de calor que detectan la aproximación de animales, han mostrado su eficacia en la reducción del número de colisiones de fauna en países como Suecia (Real Automóvil Club De Cataluña, 2011). Los sensores detectan la presencia de animales, especialmente grandes mamíferos, a una distancia de unos 250 m y activan la iluminación destellante de las señales de advertencia, así como las de limitación de velocidad, hasta un mínimo de 50–60 km/h. Existen distintos tipos de señalización con sensores de detección de fauna, tales como sensores térmicos, infrarrojos, y con señal variable de fibra óptica (Real Automóvil Club De Cataluña, 2011). Esta señalética se recomendaría colocar en los lugares determinados como puntos calientes y semi calientes a lo largo de las vías.

6.3.4. REDUCTORES DE VELOCIDAD

Otra medida eficaz es la implementación de reductores de velocidad en los puntos determinados como calientes y semi-calientes: se recomienda la ubicación de reductores, para el caso de la vía de Casa de Máquinas, entre las abscisas 8, 10, 13 y 15; y para la vía al Embalse Compensador, entre las abscisas 5 y 13, un reductor de velocidad reflectivo en cada abscisa.

6.3.5 PASA FAUNAS SUPERIORES

En los lugares en donde se ha identificado mayor presencia de mamíferos arborícolas, las abscisas 1 y 8 para la vía Casa de Máquinas y abscisa 5 para la vía Embalse Compensador, se recomienda la implementación de pasa faunas superiores, pudiendo ser puentes de dosel naturales o artificiales. En Ecuador, la empresa Petroamazonas EP ha implementado estas medidas en sus bloques 31, 12 y 46, en donde además se han instalado cámaras para monitoreo de la eficiencia del sistema, cuyos resultados han sido bastante positivos, pues los mamíferos arborícolas usan los puentes (Petroamazonas EP, 2014; Gregory *et al.*, 2017).

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El problema de atropellamientos de fauna silvestre se extiende a nivel mundial, pero hay buenos ejemplos a seguir, como la iniciativa de Recosfa, que es la Red Colombiana de Seguimiento de Fauna Atropellada, la cual desarrolló una aplicación para teléfonos celulares que permite al usuario tomar una foto en el sitio del atropellamiento, registrar coordenadas y enviarlo por la aplicación, de esta manera se levanta un registro de atropellamientos en las carreteras colombianas, la iniciativa va acompañada de un plan de educación y

sensibilización ambiental en vías, con esta base de datos se pretende establecer medidas de mitigación en las vías y carreteras colombianas (Red Colombiana de Seguimiento de Fauna Atropellada, 2018).

Es indispensable la aplicación de nuevas medidas de mitigación para evitar que se siga perjudicando a la biodiversidad y mucho más aún en reservas de biósfera. En el Ecuador contamos con seis ecosistemas que han sido considerados reservas de biósfera; estos lugares, según la declaración de la UNESCO han sido constituidos como sitios de apoyo a la ciencia al servicio de la sostenibilidad (UNESCO, 2017). Es así que hemos adquirido un compromiso con el mundo entero de conservar los recursos de la Reserva de Biósfera Sumaco. Según los resultados de este estudio, los Bosques Protectores La Cascada y de la Parte Media y Alta del río Tigre albergan un alto índice de diversidad, lo que obliga a la implementación urgente de medidas de mitigación para evitar que más fauna silvestre se siga perdiendo.

En el presente estudio se ha podido evidenciar el impacto negativo de las vías sobre poblaciones de reptiles y mamíferos, por lo que se recomienda ampliar los estudios sobre los efectos de las vías sobre la biodiversidad dentro de la Reserva de Biósfera Sumaco.

Otro problema es el aumento de fincas alrededor de las vías, muchas de ellas se dedican a la extracción de madera y monocultivos. La extracción de madera debería estar restringida considerando que estas tierras forman parte de la Reserva de Biósfera Sumaco, a pesar de que el plan de manejo ambiental de la reserva permite ciertas actividades extractivas de menor impacto.

También se pudo evidenciar el aumento de especies invasivas en la zona como perros y gatos, los mismos que deberían ser reubicados fuera de la reserva y establecer medidas de control de natalidad mediante campañas esterilización de los individuos que son

consideradas mascotas de la gente de la comunidad y residen dentro de la reserva. Finalmente, se debería crear un plan de educación ambiental dirigido a la comunidad residente en la reserva para evitar el tráfico y cacería de vida silvestre.

Quedan abiertas muchas tareas para conservar la biodiversidad que alberga la Reserva de Biosfera Sumaco, por lo que hago un llamado a los directivos de la hidroeléctrica para abrir sus puertas a la comunidad científica, académica y organizaciones dedicadas a la conservación de recursos naturales para que se pueda dar continuidad a los estudios dentro de la reserva, y para que se tomen en cuenta las medidas de mitigación para conservación de la biodiversidad propuestas en el presente estudio.

8. LITERATURA CITADA

Alcolado, P. (1998). Conceptos e índices relacionados con la diversidad. Instituto de Oceanología. Habana, Cuba. 8/9: 7-21.

Arroyave, M., Gómez, C., Gutiérrez, M., Múnera, D., Zapata, P., Vergara, I., Andrade, L., y Ramos, K. 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales Medidas de manejo. Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín, Colombia, vol. 3, núm. 5, p. 45-57.

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 Maestría. Escuela de Posgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Autumn, K., Weinstein, R.B., Full, R.J., 1994. Low cost of locomotion increases performance at low temperature in a nocturnal lizard. *Physiol. Zool.* 67, 238–262.

Carvajal, V. y Díaz, F. 2013. Atropello de Mamíferos Silvestres en la Ruta de acceso al Cantón de Liberia, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Ventana* 7 (1): 12-14.

COCA SINCLAIR. (2013). Flora y Fauna representativa de los Bosques pie montanos y montano bajo del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair. Publicación Técnico Divulgativa de la Empresa Pública Estratégica Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, Quito, 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, México.*

De La Ossa, V., Galván Guevara, S. (2015). Registro de mortalidad de fauna silvestre por colisión vehicular en la carretera Toluviejo – ciénaga La Caimanera, Sucre, Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. *Biota Colombiana*, vol. 16, núm. 1, pp. 67-77

Dourojeanni, M. (2015). Evaluación ambiental de proyectos de carretera en la Amazonía. Universidad Agraria la Molina, La Molina, Perú.

Entrix Cía. Ltda. (2009 a). Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental Vía de acceso a Casa de Máquinas del Proyecto Hidroeléctrico COCA – CODO SINCLAIR, Sucumbíos, Ecuador.

Entrix Cía. Ltda. (2009 b). Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental Vía de acceso al Embalse Compensador del Proyecto Hidroeléctrico COCA – CODO SINCLAIR, Sucumbíos, Ecuador.

Espinoza, C., Loja, S. (2017). Mortalidad de aves en la carretera Cuenca- Molleturo, Naranjal: tramo que atraviesa el Parque Nacional Cajas. Tesis de grado de la Universidad del Azuay, Ecuador.

Forman, R.T., Sperling, D., Bissonette, J., Clevenger, A., Cutshall, C., Dale, V., Fahrig, L., France, R., Goldman, C., Heanue, K., Jones, J., Swanson, F., Turrentine, T. y Winter, T. (2003). Road ecology: Science and solutions. Island Press. Washington, DC, USA.

Fraser, S., y Grigg, G. C. 1984. Control of thermal conductance is insignificant to thermoregulation in small reptiles. *Physiological Zoology*, 57(4): 392-400.

Gobierno Autónomo Descentralizado de Sucumbíos. (2015). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Sucumbíos, Ecuador.

Galeas, R. Guevara, J. (2012). Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio de Ambiente del Ecuador. Proyecto Mapa de Vegetación del Ecuador.

Gregory, T, Carrasco-Rueda, F, Alonso, A, Kolowski, J, L. Deichmann, J. (2017). Natural canopy bridges effectively mitigate tropical forest fragmentation for arboreal mammals. *Scientific Reports*. 7: 3892.

Gunther, K, Biel, M, Robinson, H. (1998). Factors influencing the frequency of road-killed wildlife in Yellowstone National Park. The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Washington, USA

Gurrutxag, M, Lozano, P. (2010). Causas de los procesos territoriales de fragmentación de hábitats. Universidad el País Vasco, País Vasco, España.

González, M. (2018). Mortalidad de fauna silvestre por efecto vehicular en el área de influencia de la Reserva Ecológica Maglares de Churute durante la época seca y húmeda. Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Hill, MO. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*. 54 (2): 427-432.

Hodes, C. (2010). Greater Rhea, version 1.0. In Neotropical Birds Online. T. S. Schulenberg, Editor. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York USA.

Holden, C. 2002. Spring Road Peril: Toad blowout. *Science*: 296:43

Holdgate, M. W. 1989. Preface. Pp. 3. In. T. E. S. Langton (Ed.), *Amphibians and Roads*. Proceedings of the Toad Tunnel Conference, Rendsburg. Federal Republic of Germany. ACO Polymer Products Ltd. Shefford, U.K.

INAMHI (2016). Boletines Meteorológicos mensuales de febrero a diciembre
www.boletinesmeteorologicos.gob.ec

INAMHI (2017). Boletines Meteorológicos mensuales de enero a diciembre
www.boletinesmeteorologicos.gob.ec

Kuitunen, M.T, Viljanen, J, Rossi, E, Stenroos, A. (2003). Impact of busy roads on breeding success in pied flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Environmental Management* 31:79–85.

Lehtinen, R.J.; Ramanamanjato, J.B.; Raveloarison, J.G. (2003). Edge effects and extinction proneness in a herpetofauna from Madagascar. *Biodiversity and Conservation* 12:1357–1370.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

Margalef, R. (1948). *Sobre el regimen alimenticio de los animales en agua dulce*. Publicación de Laboratorio de Fisiología Comparada, Universidad de Barcelona. España.

McPherson, G, DeStefano, S. (2003). *Applied Ecology and Natural Resource Management*; University of Arizona. Cambridge University Press. NY, USA.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental. Proyecto mapa de vegetación del Ecuador. Dirección Nacional Forestal. Quito, Ecuador.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Mapa Interactivo Ambiental. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito, Ecuador.

Medrano, P. (2015). Efecto de las carreteras en la mortalidad de vertebrados en un área megadiversa: Los Andes Tropicales del Ecuador. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Exactas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

Navarrete, P., Muriel, P. (2008). La diversidad de los ecosistemas. Herbario QCA & Herbario AAU- Quito & Aarus. 28-38.

Noss, R. (2002). Eco-Action - Ecological Direct Action. The ecological effects of roads. Recuperado de: <http://www.eco-action.org/dt/roads.html>.

Puc Sánchez, J.I., C. Delgado Trejo, E. Mendoza Ramírez, I. Sauzo Ortuño. (2013). Las carreteras como una fuente de mortalidad de vida silvestre de México. CONABIO. Biodiversitas, 111:12-16.

Petroamazonas EP. (2014). Informe de Gestión 2014. Responsabilidad Social – Petroamazonas EP cuenta con 209 salvaguardas ambientales en su operación, Ecuador. pp 126-131

Papini, M. (1986). Psicología Comparada de los Marsupiales. Revista Latinoamericana de Psicología, Universidad de Buenos Aires. Volumen 18- Nro 2, 215:2146.

Real Automóvil Club de Cataluña (2011). Accidentes de tráfico con animales.

Análisis de la situación a nivel europeo y español. España.

Reijnen, R.; Foppen, R. And Meeuwsen, H. (1996). The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. En: Biological Conservation 75: 255-260.

Red Colombiana de Seguimiento de Fauna Atropellada (2018). La APP Recosfa. Colombia.

Recuperado de: <http://www.recosfa.com>

Rodríguez, L. (2014). Construcción de Kernels y funciones de densidad de probabilidad. Escuela Politécnica del Litoral. Departamento de Matemáticas. Ecuador.

Sagan, C. (1977). The Dragons of Eden: Speculations on the Evolution of Human Intelligence. Random House. Ballantine Books. New York.

Savage, J.M. 2002. The amphibians and reptiles of Costa Rica: a herpetofauna between two continenets, between two seas. University of Chicago press.

Strasburg, J.L. (2006). Conservation biology: roads and genetic connectivity, Nature, 440, 875-876.

Tirira, D. G. 2007. Mamíferos del Ecuador. Guía de campo. Ediciones Murciélago Blanco. Publicación Especial de los Mamíferos del Ecuador 6. Quito.

Tokuhama-Espinosa, T, Bramwell, D. (2013). Revista Polémica: “Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible”. Universidad San Francisco de Quito.

Unesco (2017). Biosphere Reserves. Recuperado de: www.unesco.org.

Vargas Salinas, F., I. Delgado Ospina y F. López Aranda. 2011. “Mortalidad por atropello vehicular y distribución de anfibios y reptiles en un bosque subandino en el occidente de Colombia, Caldasia 33(1): 121-138.

Zavala, J. (2020). Mortalidad de Fauna Silvestre en la Carretera 483 Tramo Jipijapa- Puerto Cayo. Tesis de grado. Universidad Estatal del Sur de Manabí.

9. FIGURAS

Figura 1.- Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo.

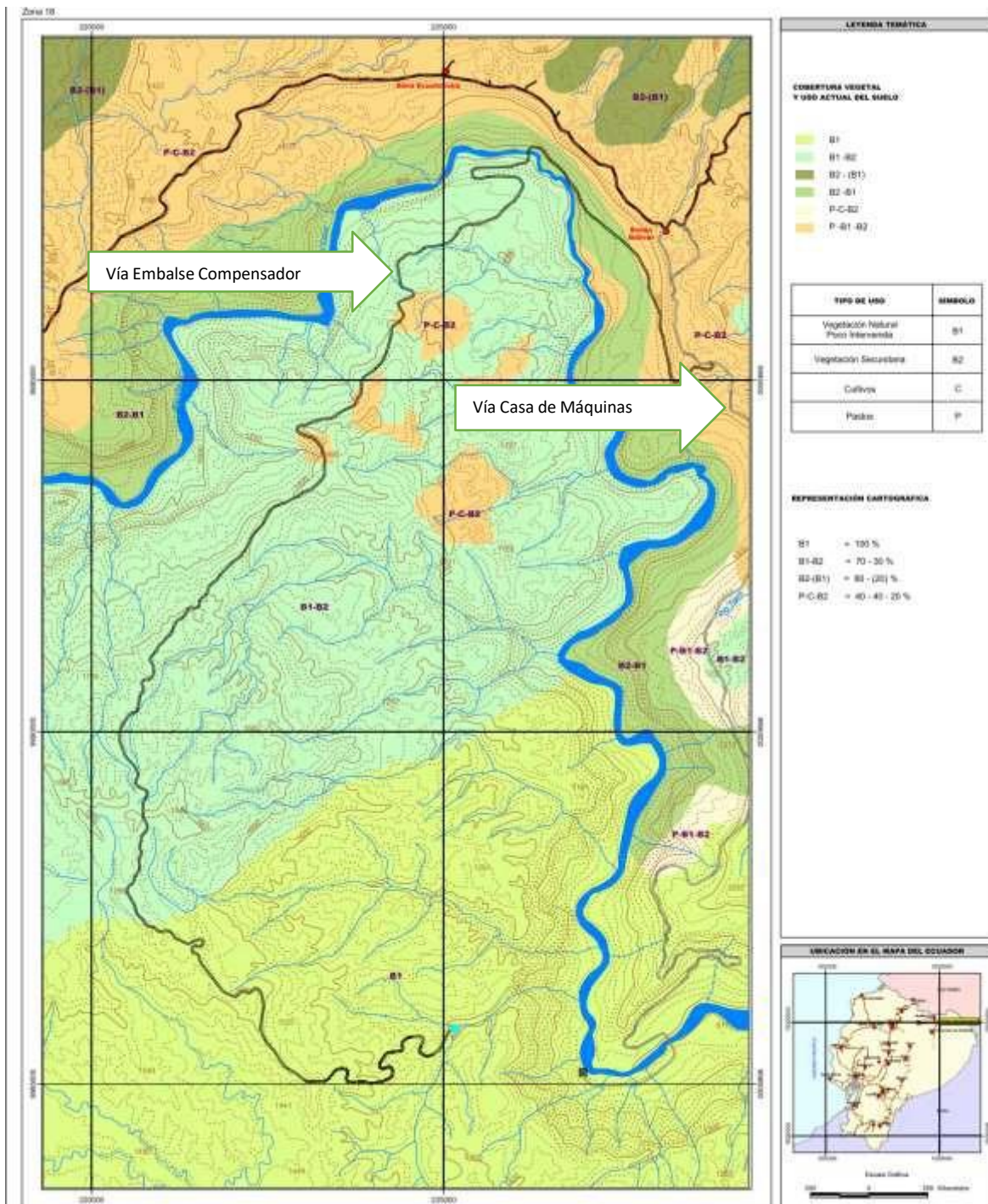


Figura 3.- Número de registros mensuales por grupo taxonómico durante 2016 (A) y 2017 (B).

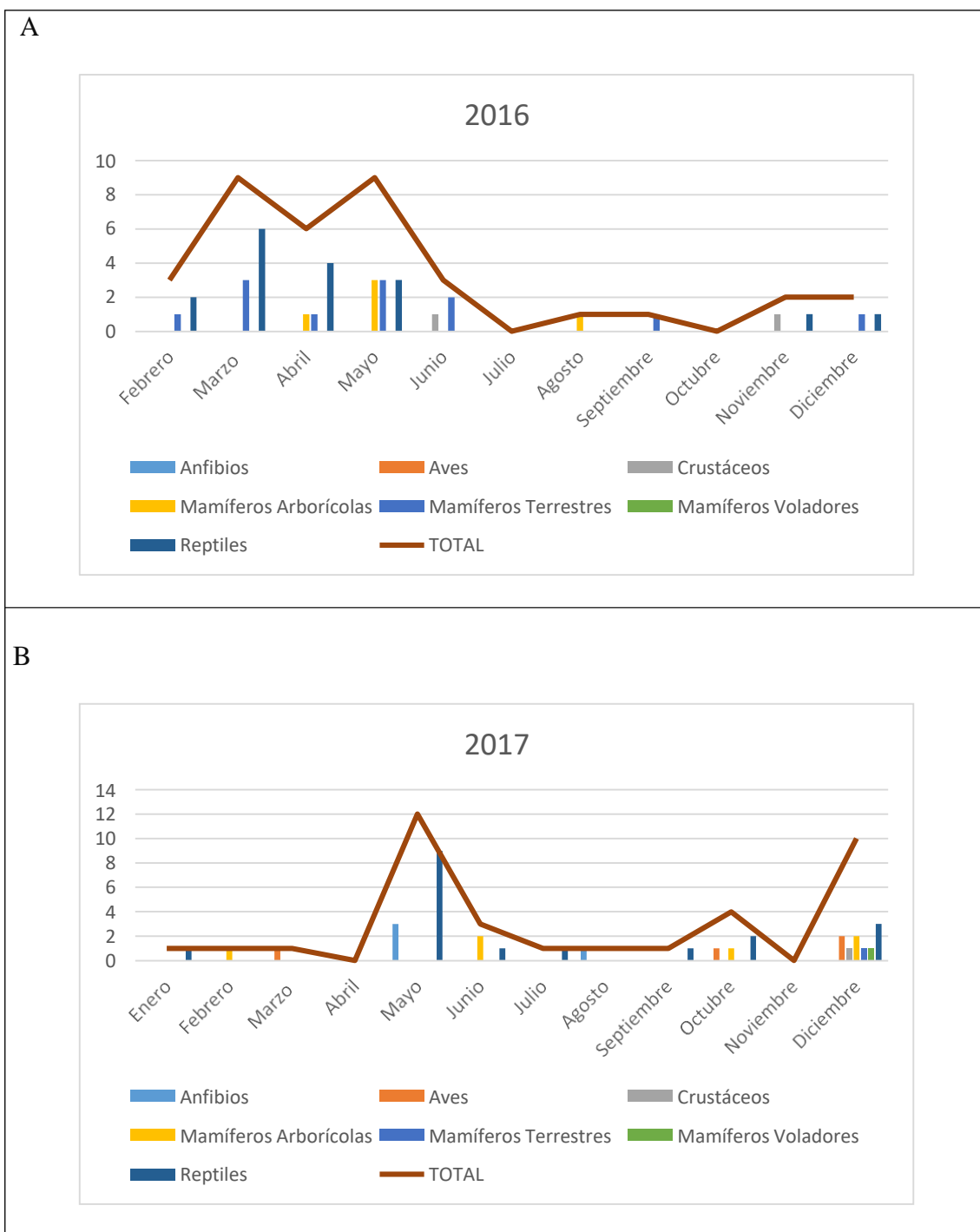


Figura 4.- Mapa de calor de las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

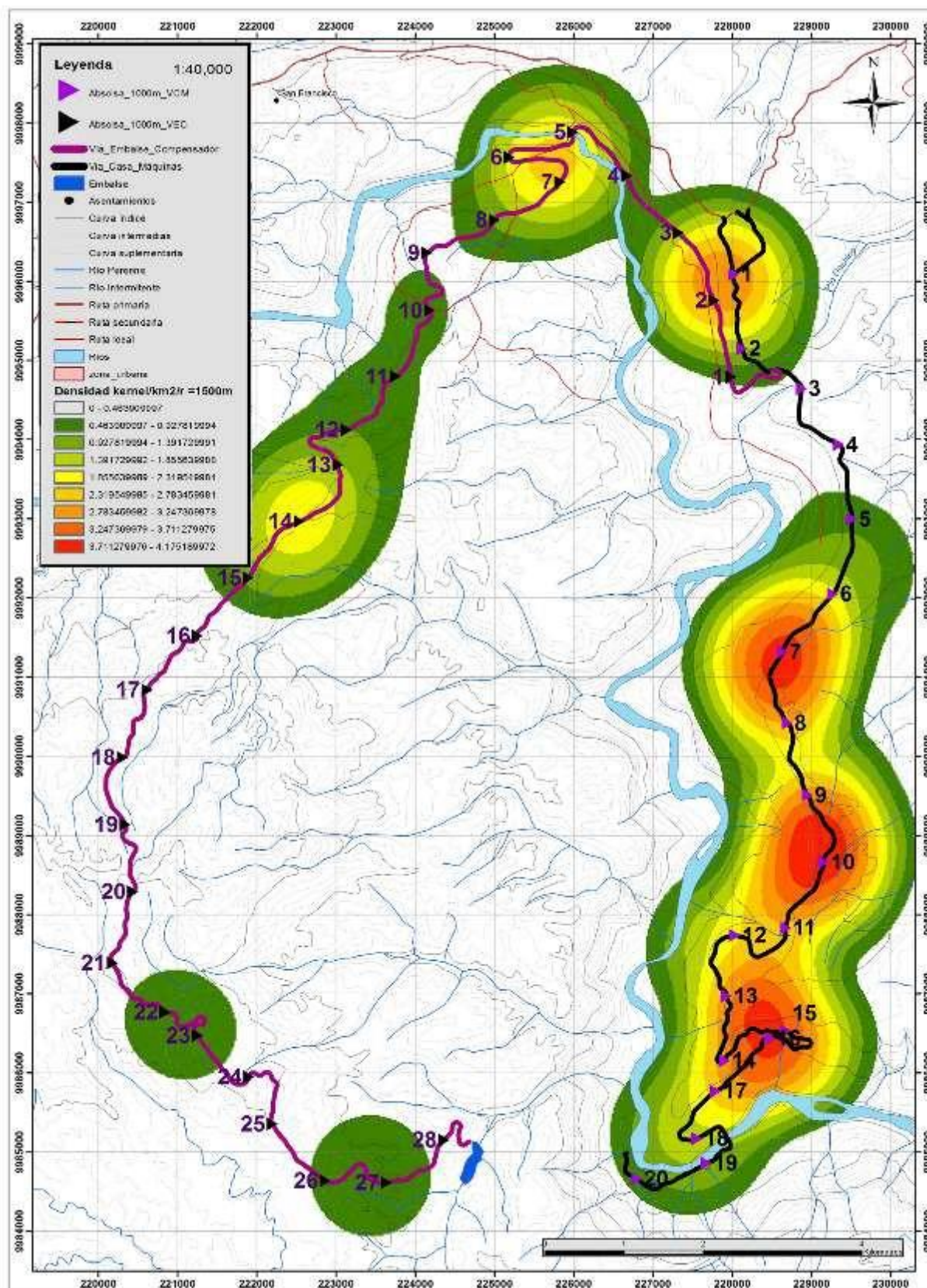
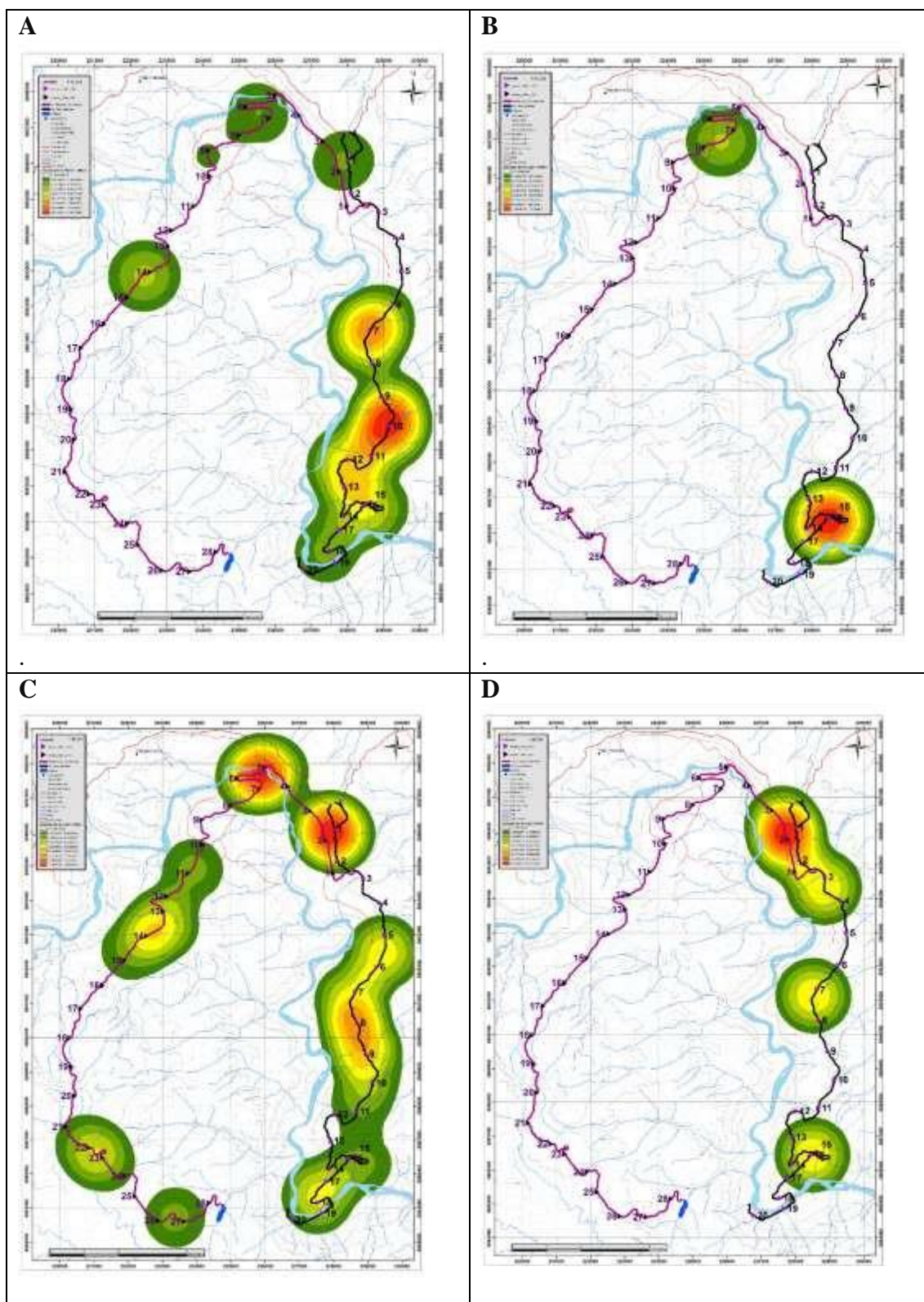


Figura 5.- Mapas de calor por grupo taxonómico: reptiles (A), anfibios (B), mamíferos (C) y aves (D). Las leyendas son idénticas a las de la figura 2.



10. TABLAS

Tabla 1. Número de muestreos realizados durante los dos años de estudio.

AÑO	HORARIO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		2016	diurno	0	7	6	6	6	6	6	6	6	6
nocturno	0		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2017	diurno	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Tabla 2. Número de registros para cada taxón en las vías de Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

Clasificación taxonómica	Mamíferos Terrestres	Mamíferos Arborícolas	Mamíferos Voladores	Reptiles	Aves	Anfibios	Crustáceos	TOTAL
Atropellados	4	9	1	33	1	4	0	52
Golpeados aún vivos	0	1	0	0	3	0	0	4
Avistamiento de especies vivas	2	6	2	2	1	0	2	15
Total Registros	6	16	3	35	5	4	2	71

Tabla 3. Registros en porcentajes para cada taxón en las vías de Casa de Máquinas y Embalse Compensador.

Clasificación taxonómica	Mamíferos Terrestres	Mamíferos Arborícolas	Mamíferos Voladores	Reptiles	Aves	Anfibios	Crustáceos
Atropellados	7,69%	17,31%	1,92%	63,46%	1,92%	7,69%	0,00%
Golpeados aún vivos	0,00%	25,00%	0,00%	0,00%	75,00%	0,00%	0,00%
Avistamiento de especies vivas	13,33%	40,00%	13,33%	13,33%	6,67%	0,00%	13,33%
TOTAL	8,45%	22,54%	4,23%	49,30%	7,04%	5,63%	2,82%

Tabla 4. Registros por cada taxón en la vía de Casa de Máquinas.

Clasificación taxonómica	Mamíferos Terrestres	Mamíferos Arborícolas	Mamíferos Voladores	Reptiles	Aves	Anfibios	Crustáceos	TOTAL
Atropellados	3	3	1	27	0	3	0	37
Golpeados aún vivos	0	1	0	0	3	0	0	4
Avistamiento de especies vivas	1	4	1	1	0	0	0	7
Total Registros	4	8	2	28	3	3	0	48

Tabla 5. Registros en porcentaje de registros por cada taxón en la vía de Casa de Máquinas.

Clasificación taxonómica	Mamíferos Terrestres	Mamíferos Arborícolas	Mamíferos Voladores	Reptiles	Aves	Anfibios	Crustáceos
Atropellados	8,11 %	8,11 %	2,70 %	72,97 %	0,00 %	8,11 %	0,00 %
Golpeados aún vivos	0,00 %	25,00 %	0,00 %	0,00 %	75,00 %	0,00 %	0,00 %
Avistamiento de especies vivas	14,29 %	57,14 %	14,29 %	14,29 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
TOTAL	8,33 %	16,67 %	4,17 %	58,33 %	6,25 %	6,25	0,00 %

Tabla 6. Registros por cada taxón en la vía Embalse Compensador.

Clasificación taxonómica	Mamíferos Terrestres	Mamíferos Arborícolas	Mamíferos Voladores	Reptiles	Aves	Anfibios	Crustáceos	TOTAL
Atropellados	1	6	0	6	1	1	0	15
Golpeados aún vivos	0	0	0	0	0	0	0	0
Avistamiento de especies vivas	1	2	1	1	1	0	2	8
Total Registros	2	8	1	7	2	1	2	23

Tabla 7. Registros en porcentajes por cada taxón en la vía Embalse

Compensador.

Clasificación taxonómica	Mamíferos Terrestres	Mamíferos Arborícolas	Mamíferos Voladores	Reptiles	Aves	Anfibios	Crustáceos
Atropellados	6,67 %	40,00 %	0,00 %	40,00 %	6,67 %	6,67 %	0,00 %
Avistamiento de especies vivas	12,50 %	25,00 %	12,50 %	12,50 %	12,50 %	0,00 %	25,00 %
VALOR EN PORCENAJE	8,70 %	34,78 %	4,35 %	30,43 %	8,70 %	4,35 %	8,70 %

Tabla 8. Registros por grupo taxonómico.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CANTIDAD
Amphibia	Gymnophiona	Caeciliidae	<i>Caecilia</i>	No Identificado	Cecilias	1
Amphibia	Anura	No Identificado	No Identificado	No Identificado	Ranas	2
Amphibia	Anura	Bufoinidae	<i>Rhinella</i>	<i>marina</i>	Sapo de la caña	1
Aves	Incertae sedis	Cathartidae	<i>Coragyps</i>	<i>atratus</i>	Gallinazo	1
Aves	Strigiformes	Strigidae	<i>Otus</i>	<i>choliba</i>	Búho autillo tropical	1
Aves	Strigiformes	Strigidae	<i>Pulsatrix</i>	<i>melanota</i>	Lechuzón acollarado grande	2
Aves	Caprimulgiformes	Apodidae	<i>Cypseloides</i>	<i>cryptus</i>	Vencejo barbiblanco	1
Crustácea	Decapoda	Ocypodidae	No Identificado	No Identificado	Cangrejo	2
Mammalia	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Caluromys</i>	<i>lanatus</i>	Raposa lanuda del oriente	5
Mammalia	Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua</i>	<i>tetradactyla</i>	Oso hormiguero del oriente	1
Mammalia	Pilosa	Bradypodidae	<i>Bradypus</i>	<i>variegatus</i>	Perezoso de tres dedos	1
Mammalia	Primates	Callitrichidae	<i>Leontocebus</i>	<i>nigricollis</i>	Mono chichico negro	3
Mammalia	Rodentia	Sciuridae	No Identificado	No Identificado	Ardilla	2
Mammalia	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua</i>	<i>nasua</i>	Coatí amazónico	1
Mammalia	Carnivora	Mustelidae	<i>Eira</i>	<i>barbara</i>	Cabeza de mate	1

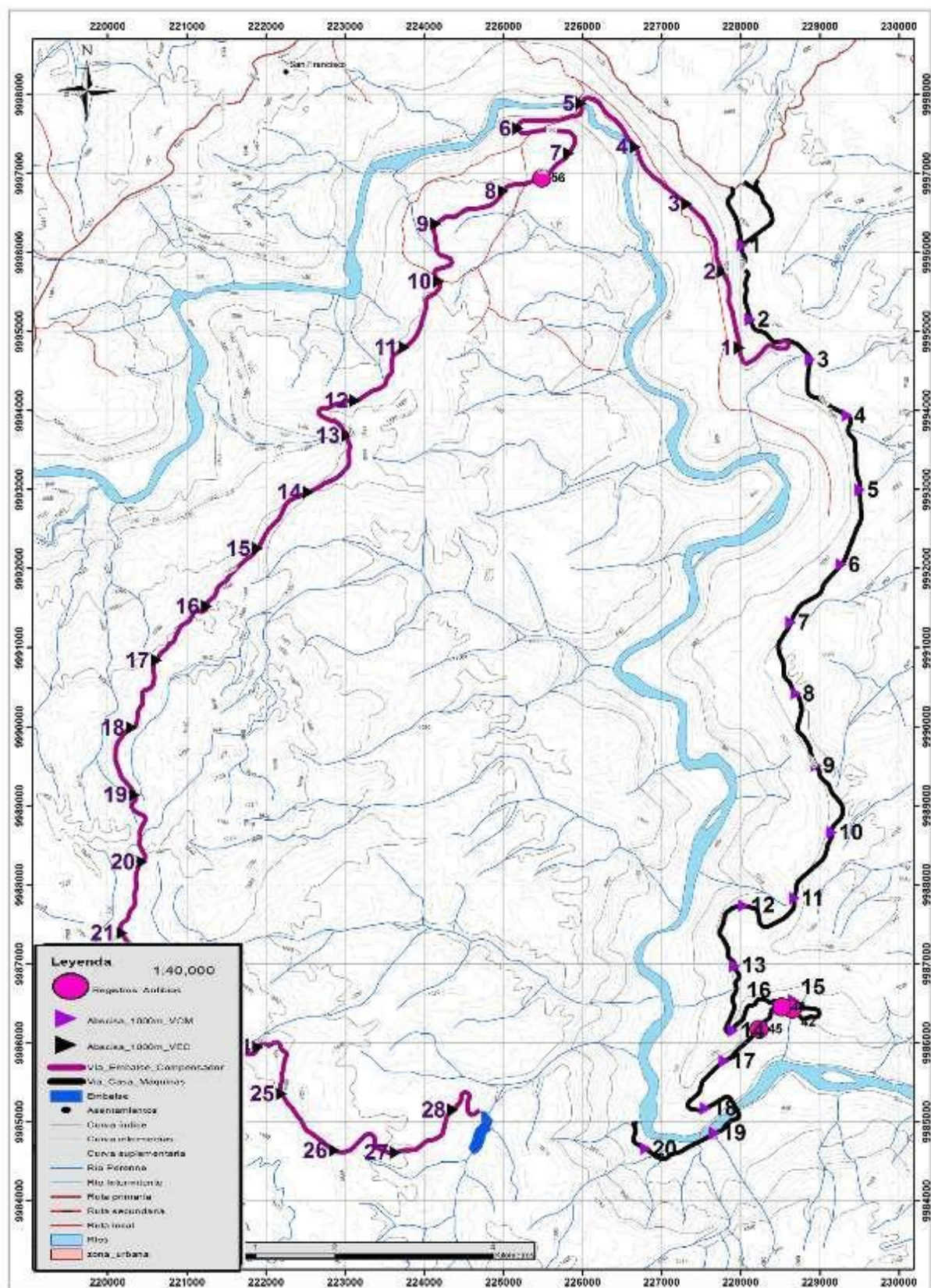
Mammalia	Primates	Cebidae	<i>Saimiri</i>	<i>cassiquiarensis</i>	Mono ardilla ecuatoriano	2
Mammalia	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus</i>	<i>brasiliensi</i>	Conejo	2
Mammalia	No indentificado	No indentificado	No indentificado	No indentificado	No indentificado	1
Mammalia	Carnivora	Felidae	<i>Puma</i>	<i>concolor</i>	Puma	1
Mammalia	Rodentia	Cricetidae	No indentificado	No Identificado	Rata	2
Mammalia	Chiroptera	Phyllostomidae	No indentificado	No indentificado	Murciélago	1
Mammalia	Chiroptera	No indentificado	No indentificado	No indentificado	Murciélago	2
Reptilia	Amphisbaenia	Amphisbaenidae	<i>Amphisbaena</i>	<i>alba</i>	Culebras ciegas	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Chironius</i>	<i>multiventris</i>	Serpientes látigo	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Xenodon</i>	<i>rabdocephalus</i>	Falsa equis	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Erythrolamprus</i>	<i>aesculapii</i>	Falsas corales comunes	2
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Chironius</i>	<i>monticola</i>	Serpientes látigo de montaña	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Oxyrhopus</i>	<i>occipitalis</i>	Falsa coral	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Xenodon</i>	<i>severus</i>	Falsa equis Oriental	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Chironius</i>	<i>fuscus</i>	Serpientes látigo olivas	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Dipsas</i>	<i>peruana</i>	Culebras caracoleras de Perú	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Atractus</i>	No indentificado	No indentificado	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Atractus</i>	<i>elaps</i>	Falsa coral tiererra	3
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Chironius</i>	<i>cf. exoletus</i>	Serpientes látigo	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Coniophanes</i>	No indentificado	No indentificado	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Erythrolamprus</i>	<i>cf. festae</i>	No indentificado	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Chironius</i>	<i>scurrulus</i>	Serpientes látigo de Wagler	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Leptodeira</i>	<i>annulata</i>	Serpiente ojos de gato anilladas	2

Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Atractus</i>	<i>orcei</i>	Culebras tierreras de Orcés	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Oxyrhopus</i>	<i>petolarius</i>	Falsas corales amazónicas	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Phrynonax</i>	<i>polylepis</i>	Culebras silbadoras amazónicas	1
Reptilia	Squamata	Elapidae	<i>Micrurus</i>	<i>spixii</i>	Coral amazónica de cuello negro	1
Reptilia	Squamata	Elapidae	<i>Micrurus</i>	<i>lemniscatus</i>	Corales acintadas amazónicas	1
Reptilia	No identificado	No identificado	No identificado	No identificado	No identificado	3
Reptilia	Squamata	Viperidae	<i>Bothrops</i>	<i>atrox</i>	Equis del oriente	5
Reptilia	Squamata	Viperidae	<i>Bothriopsis</i>	<i>taeniata</i>	Chichis	1
Reptilia	Squamata	Viperidae	<i>Lachesis</i>	<i>muta</i>	Verrugosas del oriente	1

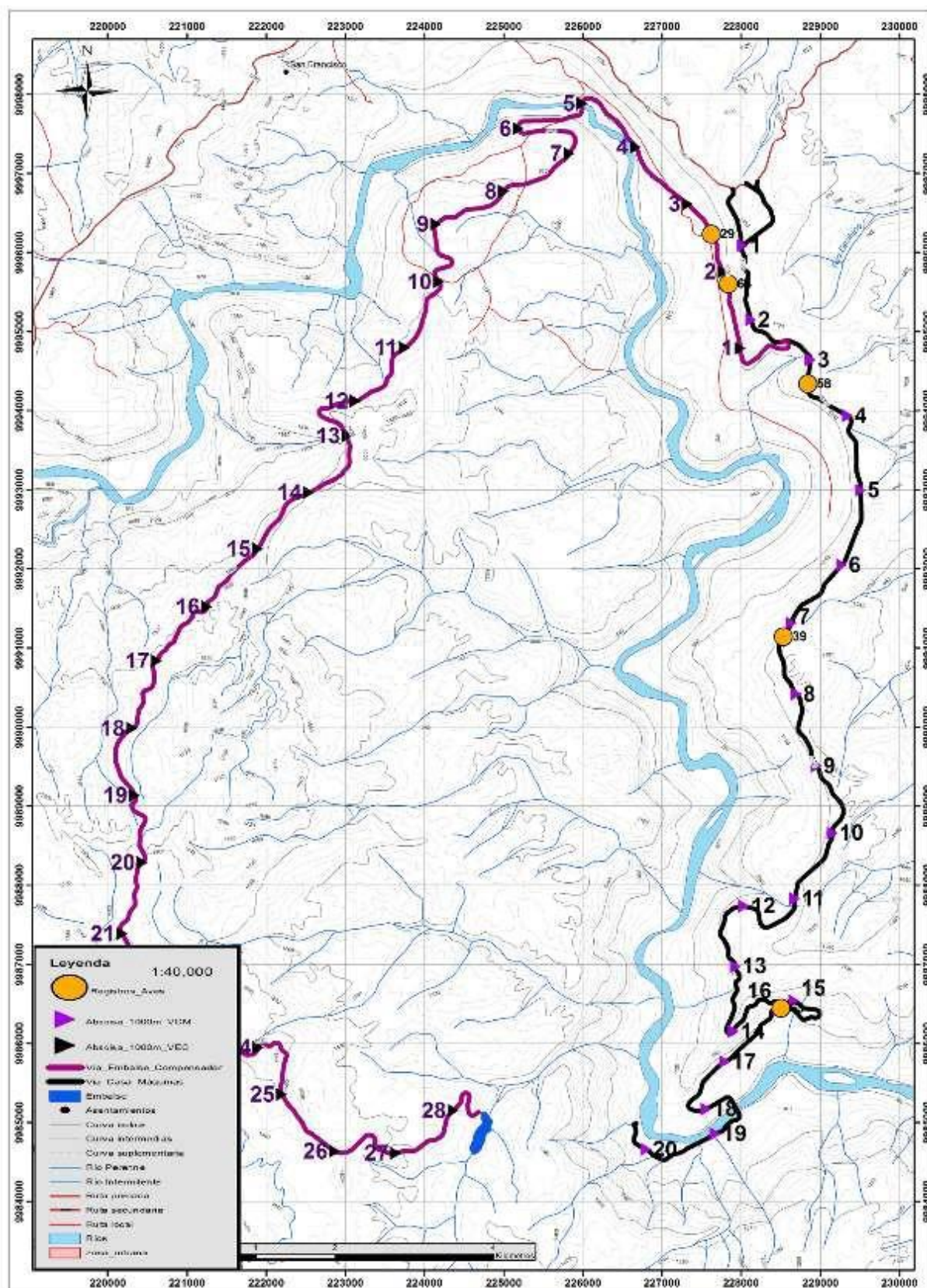
Anexo 2.- Fotografías del trabajo realizado en campo

 <p>A.-Recorridos vehiculares por las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador.</p>	 <p>B.- Cadáveres encontrados en las vías. (<i>Tamandua tetradactyla</i>, Linnaeus, 1758)</p>
 <p>C.- Cadáveres encontrados en las vías. (<i>Erythrolamprus aesculapii</i>, Linnaeus, 1758)</p>	 <p>D.- Cadáveres etiquetados siguiendo los procedimientos establecidos por el Museo de Zoología de la PUCE (QCAZ)</p>

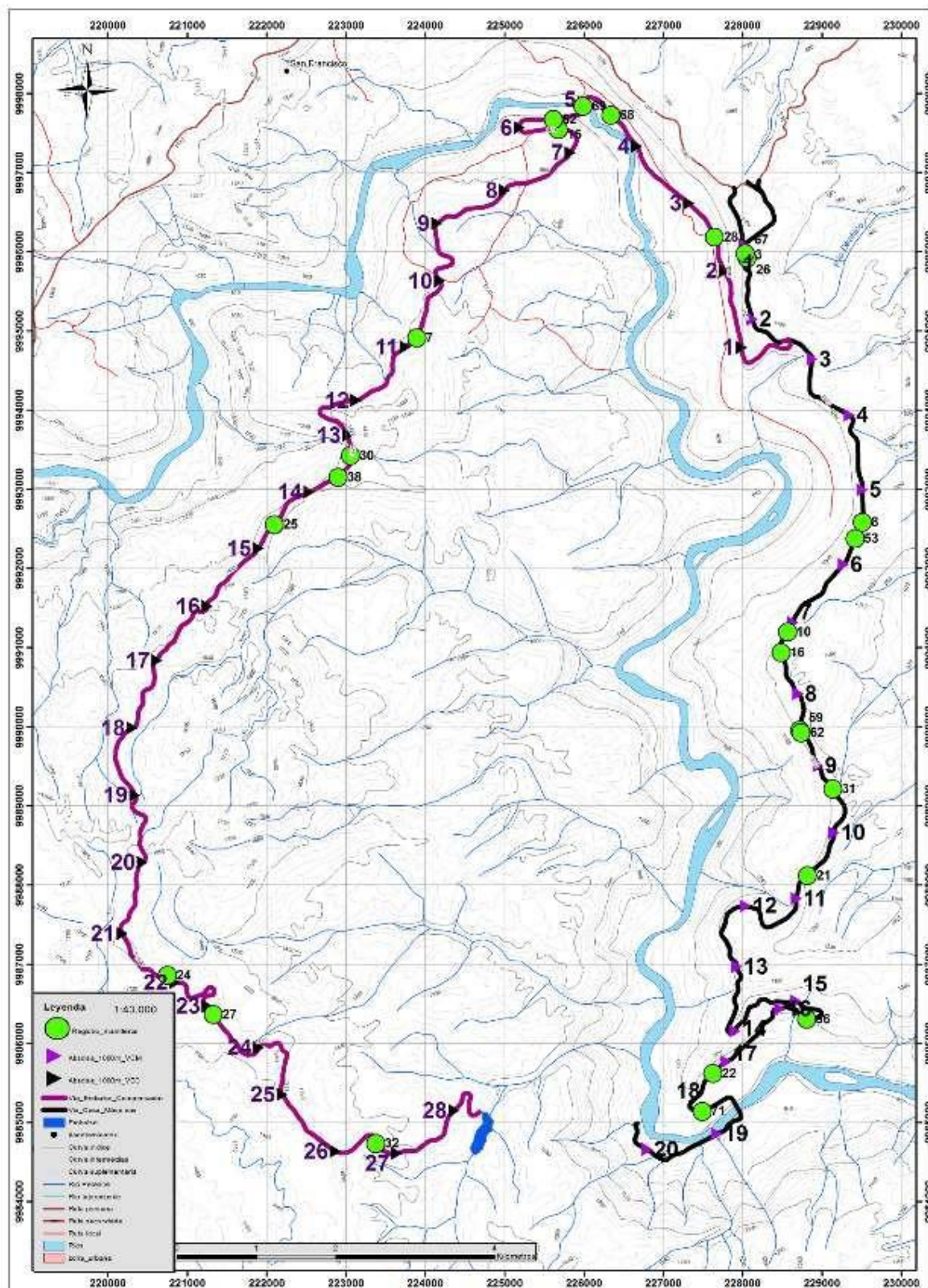
Anexo 3.- Registro de anfibios en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador



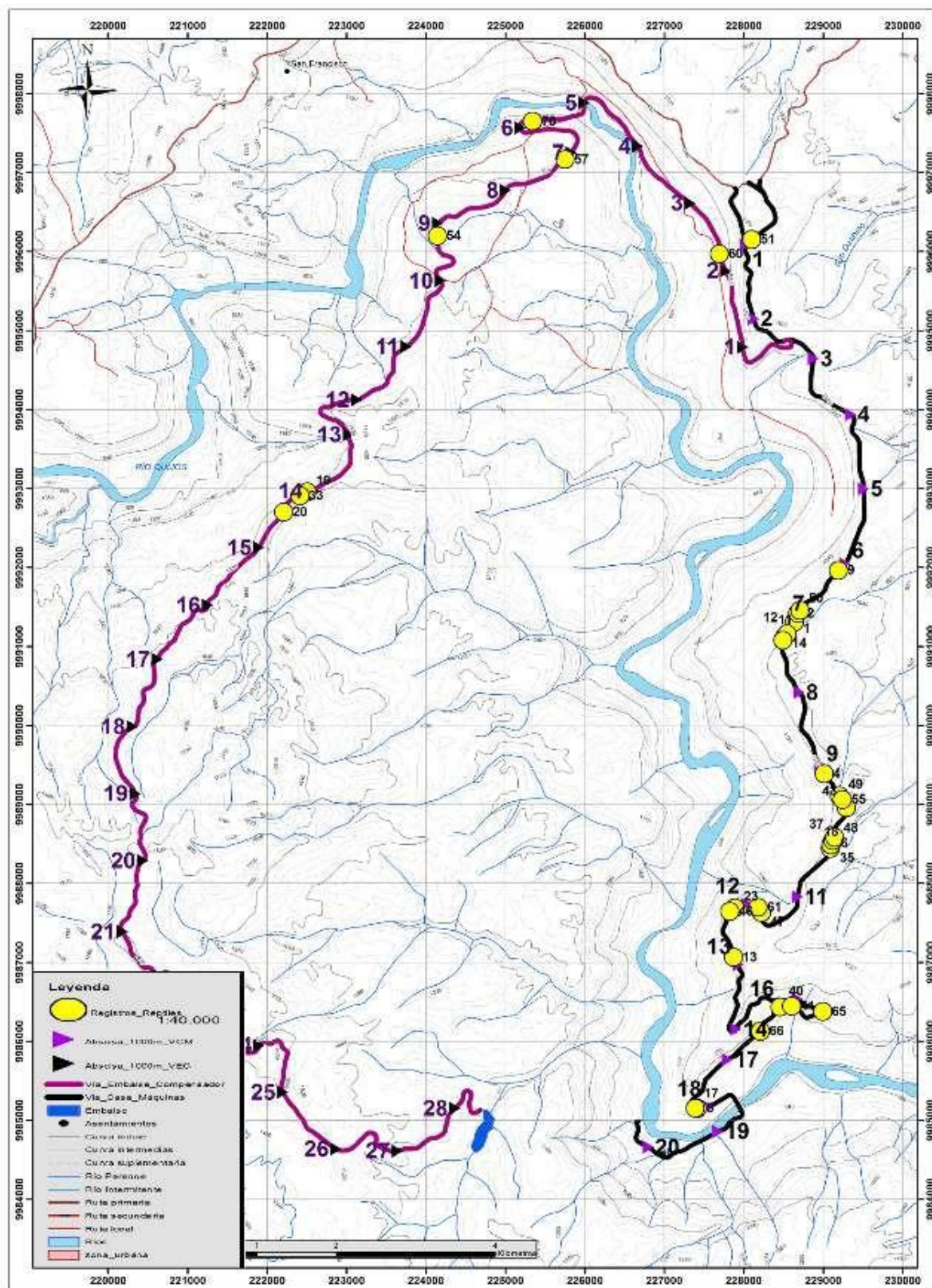
Anexo 4.- Registro de aves en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador



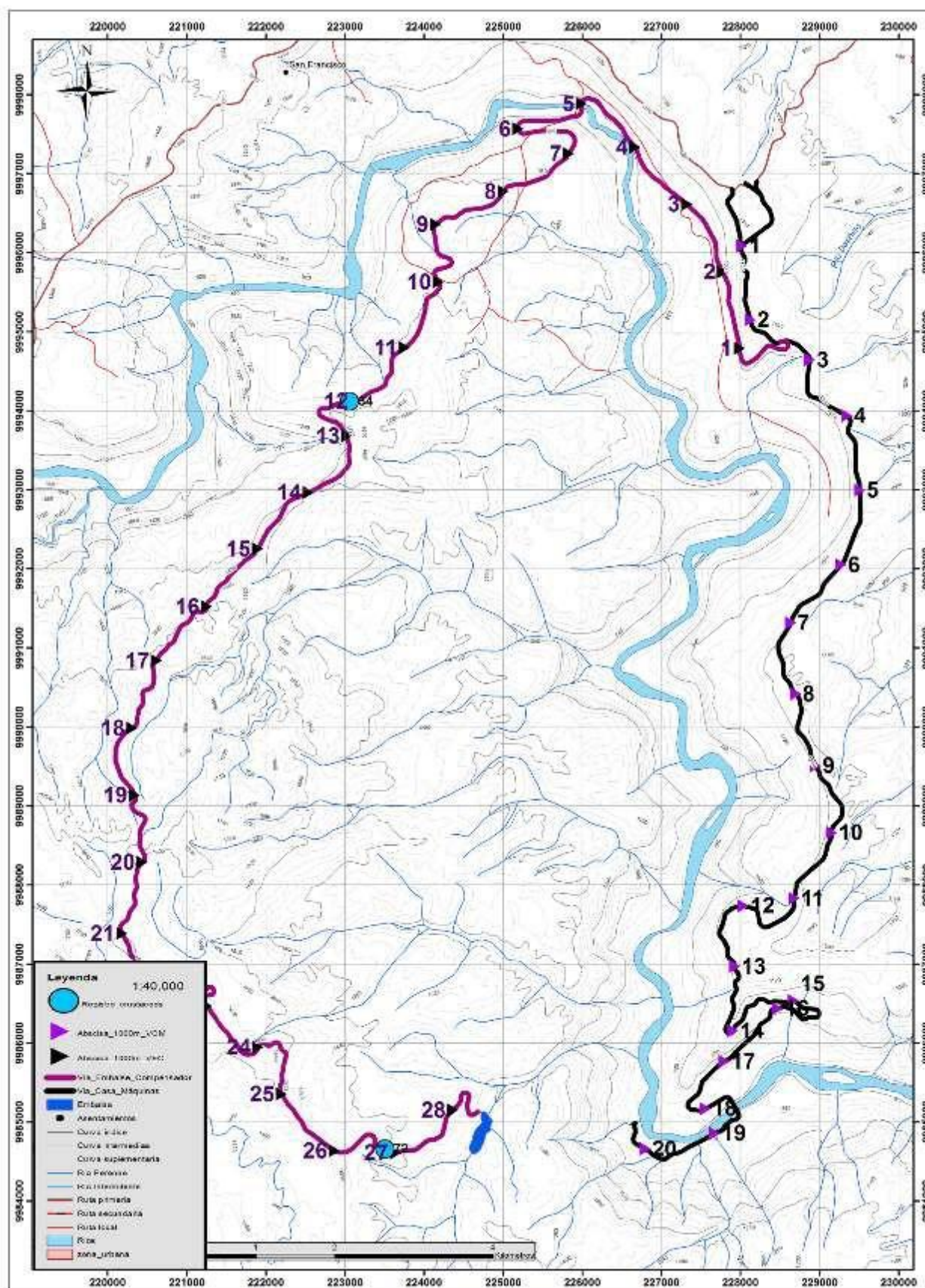
Anexo 5.- Registro de mamíferos en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador



Anexo 6.- Registro de reptiles en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador



Anexo 7.- Registros de crustáceos en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador



Anexo 8.- Mapa total de registros en las vías Casa de Máquinas y Embalse Compensador

