

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN EL ORDEN  
QUIRÓPTERA EN LA ZONA DE INFLUENCIA MINERA  
DE LA CUENCA DEL RÍO MADRE DE DIOS”**

Presentada por:

**Jorge Jhonatan Contreras Luna**

**Eduardo Alberto Chávez Estibur**

Trabajo Académico para Optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGO**

**Lima –Perú**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN EL ORDEN  
QUIRÓPTERA EN LA ZONA DE INFLUENCIA MINERA  
DE LA CUENCA DEL RÍO MADRE DE DIOS”**

Presentada por:

**Jorge Jhonatan Contreras Luna**

**Eduardo Alberto Chávez Estibur**

Trabajo Académico para Optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGO**

Sustentada y aprobada por el siguiente Jurado:

---

Mg. Sc. Zulema Quinteros Carlos  
PRESIDENTE

---

Ph. D. Lisveth Flores del Pino  
MIEMBRO

---

Ing. Luis Antonio Tovar Narváez  
MIEMBRO

---

Dra. Marta Leonor Williams de Castro  
ASESORA

*A mi esposa, a quien conocí en la fase de campo de esta tesis.  
A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional.  
Y a Wilson, mi mascota, quien siempre me arrancó sonrisas  
en momentos de cansancio y estrés.*  
Jorge Contreras Luna

*A mis padres Luis y Celia, por sus consejos, su apoyo incondicional,  
su paciencia y por el ejemplo que recibo de ellos día a día.  
Y a mis dos hermanas que siempre creyeron en mí  
y que siempre estaré para lo que ellas necesiten.*  
Eduardo Chávez Estibur

## **AGRADECIMIENTOS**

Damos nuestro más sincero agradeciendo a nuestra excelente profesora y asesora Dra. Marta Leonor Williams de Castro, docente de la Universidad Nacional Agraria La Molina por toda la paciencia y los consejos tan acertados que nos brindó para la realización del presente trabajo académico.

Debemos también agradecer a todas las personas que nos apoyaron durante las evaluaciones de campo: al Blgo. Hugo Tomas Zamora Mesa, Eva Henrard, Joanne Garrad, y los voluntarios de la Reserva Ecológica Taricaya. Así como a Amazon Planet Lodge por permitirnos trabajar en sus instalaciones, y a la consultora ambiental INSIDEO por brindarnos los materiales de campo.

Por último y no menos importante queremos agradecer a nuestras familias por su apoyo incondicional en todo este proceso.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
SUMMARY .....	ii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Ecología del orden Chiroptera .....	4
2.2. Importancia de los quirópteros (murciélagos) en el ecosistema .....	5
2.2.1. Nectarívoros.....	6
2.2.2. Frugívoros.....	6
2.2.3. Insectívoros.....	7
2.3. Variables ambientales .....	8
2.4. Bioacumulación .....	8
2.4.1. Mercurio .....	9
2.5. Cuenca del río Madre de Dios .....	11
2.5.1. Problemática en Madre de Dios.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1. Materiales y equipos .....	15
3.1.1. Materiales de campo.....	15

3.1.2	Materiales de escritorio .....	16
3.1.3	Equipo.....	16
3.2.	Ubicación del área de estudio .....	16
3.3.	Métodos .....	18
3.3.1.	Colecta de animales .....	18
3.3.2.	Análisis de Mercurio. ....	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1.	Resultados.....	21
4.1.1	Riqueza y abundancia.....	21
4.1.2	Concentración de mercurio en murciélagos .....	26
4.2.	Discusiones .....	31
V.	CONCLUSIONES .....	37
VI.	RECOMENDACIONES .....	39
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
VIII.	ANEXOS .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Gremios tróficos de las especies de murciélagos .....	5
Tabla 2: Tiempo de muestreo para quirópteros en el área de estudio .....	19
Tabla 3: Concentración de mercurio por individuo capturado en el área de estudio .....	27
Tabla 4: Concentración de mercurio por especie de murciélago registrada en el área de estudio.....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Marco de la exposición de mercurio.....	10
Figura 2: Producción de oro en la región Madre de Dios.....	13
Figura 3: Variación en producción de oro y uso de mercurio en la cuenca del río Madre de Dios .....	14
Figura 4: Mapa de ubicación .....	17
Figura 5: Composición porcentual de individuos de murciélagos capturados en el área de estudio por familia taxonómica.....	22
Figura 6: Composición porcentual de individuos de murciélagos capturados en el área de estudio por subfamilia taxonómica.....	22
Figura 7: Abundancia de especies de murciélagos registrados en el área de estudio.....	23
Figura 8: Condición reproductiva de los individuos de murciélagos registrados en el área de estudio por subfamilia taxonómica. ....	24
Figura 9: Composición porcentual de especies de murciélagos registrados en el área de estudio por gremio trófico. ....	25
Figura 10: Composición porcentual de individuos de murciélagos registrados en el área de estudio por gremio trófico.....	25
Figura 11: Concentración de Hg en ppm y peso en g de la muestra analizada. ....	26
Figura 12: Concentración de mercurio registrada de las muestras individuales .....	27
Figura 13: Concentración de Hg por condición reproductiva. ....	28
Figura 14: Concentración de mercurio por especie .....	30



Figura 15: Concentración de mercurio por gremio trófico.....	31
--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Lista de especies de murciélagos registrados en el área de estudio.....	52
Anexo 2: Condición reproductiva de los individuos de murciélagos registrados en el área de estudio .....	54
Anexo 3: Abundancia de individuos de murciélagos registrados en el área de estudio por gremio trófico.....	55
Anexo 4: Lectura de pelos de murciélagos en el equipo DMA-80 (analizador directo de mercurio).....	56
Anexo 5: Concentración por gremio trófico.....	58

## RESUMEN

Durante la época de transición de húmeda a seca (mayo a junio 2014), se evaluaron las comunidades de murciélagos presentes en las inmediaciones de Amazon Planet, centro privado de turismo y conservación, ubicado a una hora río abajo de la ciudad de Puerto Maldonado, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios, Perú. El objetivo del presente trabajo fue determinar la concentración de mercurio en murciélagos de la zona de influencia de la cuenca Madre de Dios, en la transición de la época húmeda con la época seca. La captura de los individuos de murciélagos se realizó mediante el uso de redes de neblina, las cuales fueron distribuidas sistemáticamente en el área de estudio. De cada individuo colectado se tomó una muestra de pelos que fueron utilizados para medir la concentración de mercurio mediante un equipo DMA-80 analizador directo de mercurio.

En ese sentido, se capturaron 69 individuos del orden Chiroptera, pertenecientes a 19 especies, 13 géneros y dos familias (Phyllostomidae y Emballonuridae). Las especies pertenecieron a cuatro gremios tróficos (Insectívoros, Carnívoros, Omnívoros y Frugívoros), siendo los frugívoros el que registró el mayor valor de riqueza. Se encontró mayor acumulación de mercurio en los gremios tróficos de los insectívoros y carnívoros en comparación con los omnívoros y frugívoros. El rango de concentración, en partes por millón (ppm), entre las especies fue el siguiente: 2,39 y 0,012. El mercurio en la cuenca Madre de Dios tiene una historia que se remonta desde los años 80 debido al crecimiento de la búsqueda de oro en la zona, por ende este estudio demuestra que los murciélagos son buenos bioindicadores para hallar la presencia de metales pesados en una escala trófica y que además se puede hacer con un método no invasivo, como es la medición de mercurio en el pelo.

Palabras clave: murciélagos, Madre de Dios, pelos, mercurio, gremio trófico.

## SUMMARY

Bat communities were evaluated during transitional season (rainy to dry season of 2014) around Amazon Planet Lodge. It's a private center of tourism and conservation, located in the Tambopata province, region of Madre de Dios at one hour down by the Madre de Dios River from Puerto Maldonado city. The objective was to determine the mercury concentrations in bats in the Madre de Dios basin, in the transition from rainy season to dry season. The individuals of bats were captured using mist nets, which were distributed systematically in the study area. From each individual was collected a sample of hair. These samples were used to measure the mercury concentration using a DMA-80 (Direct Mercury Analyzer).

Therefore, 69 individuals of bats were captured, representing 19 species, in 13 genera, two families (Phyllostomidae y Emballonuridae) and order Chiroptera. The species belonged to four trophic guilds (insectivores, carnivores, omnivores and frugivores). The frugivorous bats recorded the major species richness. Besides, the higher values of mercury concentration were found in insectivores and carnivores, while the lower values of mercury concentration were found in omnivores and frugivores. The concentration range, in parts per million (ppm), among the species varied from 0,012 to 2,39. The mercury in the Madre de Dios basin has a history dating back to the 1980s because of the increasing gold search in that area. This study shows that bats are good bioindicators for determining the presence of heavy metals in a trophic scale and all results could be discovered through a non-invasive method, such as measuring mercury in the hair.

Key words: bats, Madre de Dios, hair, mercury, trophic guild.

## I. INTRODUCCIÓN

El mercurio es un metal pesado, y como todos ellos, es tóxico o venenoso a muy bajas concentraciones, y no puede ser degradado o destruido. De hecho, es uno de los tóxicos más peligrosos que se conoce: la cantidad de mercurio contenida en un termómetro casero es suficiente para superar los niveles permisibles de mercurio en aire dentro de una casa. El mercurio no ocurre naturalmente en los organismos vivos, ni tiene ninguna función fisiológica en ellos, a diferencia de otros metales. Por tratarse de un elemento, no se puede descomponer ni degradar en sustancias inofensivas; el mercurio puede cambiar de estado, pero no desaparece como metal: una vez liberado a partir de los depósitos naturales (usualmente minerales de la corteza terrestre) y emitido a la biosfera, el mercurio puede tener una gran movilidad y circular entre la superficie terrestre y la atmósfera, y entrar a la cadena trófica de los organismos vivos.

En años recientes, los investigadores han descubierto que los murciélagos juegan un papel clave en muchos ecosistemas como depredadores de insectos, dispersores de semillas y polinizadores. Los murciélagos también muestran sorprendente diversidad ecológica y evolutiva y sirven como importantes modelos para el estudio de una amplia variedad de temas, incluyendo las redes alimentarias, la biogeografía y enfermedades emergentes (Kunz y Fenton, 2003). Dependiendo del hábitat, se estima que entre el 50 por ciento y 90 por ciento de los árboles y arbustos en los trópicos requieren de animales para dispersar sus semillas (Howe y Smallwood, 1982).

Los murciélagos tienen una gran importancia ecológica y económica, ya que existen murciélagos insectívoros que controlan muchas plagas de insectos, prescindiendo de esta manera el uso de sustancias químicas, insecticidas u otros en la agricultura, minimizando así daños en la salud. Adicionalmente, los murciélagos que viven en áreas urbanas consumen una gran cantidad de insectos que transmiten enfermedades. Por otra parte, los

murciélagos que se alimentan de frutas contribuyen a la dispersión de las semillas, distribuyendo éstas en lugares donde la vegetación natural ha sido removida. Un “murciélago de cola corta” puede transportar más de 60 000 semillas de “matico” (*Piper sp.*) por noche, ayudando de esta forma a la reforestación natural. Los murciélagos que se alimentan de néctar y polen de las flores contribuyen mediante la polinización al mantenimiento de la calidad genética de los bosques y de muchas plantas económicamente importantes, como ser la balsa, el ágave, el plátano en estado natural, el árbol de pan y otros (Ospina y Gómez, 1999). Los murciélagos carnívoros, al igual que las otras especies, al ser depredadores son importantes eslabones dentro de la cadena alimenticia, pues ayudan a mantener el equilibrio natural en los ecosistemas. Por otro lado, se están realizando estudios de investigación médica con hematófagos, principalmente de las enzimas anticoagulantes que producen su saliva, las que están siendo utilizadas en el tratamiento de enfermedades cardíacas. En zonas donde la ganadería es intensiva pueden existir problemas con el vampiro, ocasionando que éstos transmitan rabia al ganado y a los animales domésticos, representando en algunas ocasiones problemas económicos locales. Sin embargo, con una buena campaña de vacunación periódica del ganado, sumado a campañas ecológicas de control de la población del vampiro, este problema puede controlarse (Aguirre, 2007).

A partir de la década del 80, en un contexto de recesión económica, crisis del campo, y violencia política generada por el terrorismo que produjeron procesos migratorios, principalmente a zonas con filiación aurífera, dado los altos precios alcanzados por este metal; esto explica que un elevado porcentaje de esta actividad esté orientada a la explotación de yacimientos auríferos aluviales. En la actualidad se han destruido al menos 18 000 hectáreas de bosques por la minería aurífera en Madre de Dios y cada año se destruyen unas 400 hectáreas adicionales.

En este contexto, el objetivo principal del presente trabajo es determinar la concentración de mercurio en murciélagos de la zona de influencia de la cuenca Madre de Dios, en la transición de la época húmeda con la época seca. Asimismo, se cuenta con los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la especie, estadio reproductivo y gremio trófico al que pertenece cada individuo capturado.

- Establecer diferencias en la concentración de mercurio por especie.
- Establecer diferencias en la concentración de mercurio por estado reproductivo de los individuos capturados.
- Establecer diferencias en la concentración de mercurio por gremio trófico.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Ecología del orden Chiroptera**

De acuerdo con Bat Conservation Trust (BCT), para el año 2016 se reportan aproximadamente 1300 especies de murciélagos en el mundo, que constituyen la quinta parte de los mamíferos. Para el Perú, del total de las 548 especies de mamíferos terrestres, acuáticos y marinos nativos, 179 especies son murciélagos (orden Chiroptera), divididas en ocho familias (Pacheco et al., 2009; Medina et al., 2016; SERFOR, 2017).

Los murciélagos están ubicados en los ecosistemas terrestres con vegetación del mundo y son particularmente diversos y abundantes (Fenton, 1992). Además los murciélagos constituyen una parte muy importante de la fauna mastozoológica Neotropical (Ibáñez, 1981). Ellos son relativamente fáciles de encontrar y representan el segundo orden más grande de mamíferos en términos de número de especies (Wilson y Reeder, 1993).

Muchos murciélagos tienen necesidades especiales en la dieta, sitios de descanso y selección de hábitat (Fenton, 1992). Los murciélagos son consumidores de alto nivel en la red trófica, por lo que puede existir bioacumulación de metales pesados como el mercurio existente en las presas que consumen. La mayoría de los murciélagos son insectívoros, aunque existen otros gremios de alimentación tales como los frugívoros, piscívoros, nectarívoros y sanguinívoros (Schnitzler y Kalko, 2001). En ese sentido, Zortúa y Alho (2008) plantean que la comunidad de los murciélagos están asociados a la oferta de alimento, mientras que, Aragón y Aguirre (2007) señalan a las especies de murciélagos como un importante grupo taxonómico por su rol en los ecosistemas. Debido a ello, los murciélagos han sido propuestos como indicadores biológicos para determinar el grado de perturbación ambiental. Para ser un buen indicador biológico, un taxón debe ser abundante



y diverso, así como responder a los cambios ambientales a través de cambios en la riqueza y abundancia de especies (Castro–Luna et al., 2007).

## 2.2. Importancia de los quirópteros (murciélagos) en el ecosistema

Estos mamíferos son componentes importantes de los ecosistemas tropicales por tener diferentes roles en procesos ecológicos complejos, como el ser depredadores de especies plagas, polinizadores y dispersores de semillas de especies vegetales económicas y ecológicamente importantes (Flores-Saldaña, 2008).

Las especies de murciélagos se agrupan en diversos gremios tróficos de acuerdo a la dieta, hábitat y modo de alimentación que poseen (Kalko, 1997). En ese sentido, de acuerdo con Kalko (1997), Patterson et al. (1996) y Flórez-Saldaña (2008), los murciélagos se agrupan en los gremios tróficos mostrados en la **Tabla 1**.

**Tabla 1: Gremios tróficos de las especies de murciélagos**

<b>Código</b>	<b>Gremio trófico</b>
Iaa	Insectívoros aéreos de ambientes abiertos
Iae	Insectívoros aéreos de espacios con fondo denso
Ig	Insectívoros acechadores de espacios con fondo altamente denso
C	Carnívoros acechadores de espacios con fondo altamente denso
H	Hematófagos acechadores de espacios con fondo altamente denso
Fa	Frugívoros acechadores de espacios con fondo altamente denso de vuelo alto
Fb	Frugívoros acechadores de espacios con fondo altamente denso de vuelo bajo
N	Nectarívoros acechadores de espacios con fondo altamente denso
O	Omnívoros acechadores de espacios con fondo altamente denso

FUENTE: Kalko, 1997; Patterson et al., 1996; Flórez-Saldaña, 2008.

Por otro lado, Goldman y Henson (1977), en función de la repartición de los recursos de alimento disponibles, agrupan a los murciélagos del neotrópico en siete gremios tróficos:

insectívoros, frugívoros, carnívoros, piscívoros, hematófagos, nectarívoros y omnívoros. Asimismo, del total de gremios tróficos registrados para el orden Chiroptera, los gremios frugívoros, los nectarívoros y los insectívoros suelen ser los más abundantes (Carrera, 2003).

### **2.2.1. Nectarívoros**

Los murciélagos nectarívoros, al alimentarse de polen y néctar de las flores, actúan como polinizadores de numerosas especies de plantas, muchas de ellas importantes frutos o cultivos. Las especies de este gremio suelen consumir frutos como recurso alternativo en ocasiones en que las flores son escasas (Carrasco, 2011).

Arias et al. (2009) mencionan que, si bien es cierto, estudios sobre la dieta de especies nectarívoras y su función en la polinización no son conocidas en Perú, existen estudios realizados en otras partes del Neotrópico, como en México, Brasil y Ecuador, los cuales han documentado a la especie *Anoura geoffroyi* como consumidor y transportador de polen de plantas en hábitats de la selva baja caducifolia de México y la Cuenca Amazónica de Brasil, así como en la vertiente occidental de los Andes del Ecuador.

Los murciélagos pertenecientes a este gremio trófico, ayudan a la reproducción sexual de las plantas y al intercambio de información genética que permite la posibilidad de adaptación ante cambios en el ambiente y da mayor resistencia a enfermedades y plagas (Gándara et al., 2006).

Este grupo al igual que los frugívoros juegan un papel importante en los ecosistemas tropicales, asimismo, los nectarívoros son los principales mamíferos polinizadores, debido a que las plantas han coevolucionado con los murciélagos y dependen de ellos para su éxito reproductivo (Stoner, 2002).

### **2.2.2. Frugívoros**

La disponibilidad de recursos alimenticios es uno de los factores más importantes que afecta la dieta y comportamiento de forrajeo de murciélagos frugívoros (Loayza et al.; 2006). Los murciélagos, al alimentarse principalmente de frutos, las semillas pasan por el tubo digestivo y son defecadas en áreas distintas de donde fueron consumidas, por lo tanto

pueden cumplir la función de dispersadores de semillas, participando en los procesos de regeneración de los ecosistemas (Gándara et al., 2006; Oria y Machado, 2007).

Este gremio es esencial en ecosistemas tropicales, debido a que éstos consumen los frutos y dispersan las semillas de un gran número de especies vegetales, principalmente especies pioneras del bosque por ejemplo, aquellas que crecen en los primeros estadios de sucesión, y que brindan cobijo y sombra para que otras semillas de árboles del bosque maduro crezcan a su sombra), y son importantes para la regeneración natural del bosque (Fleming y Heithaus, 1981; Orozco-Segovia et al.; 1985; Hodgkinson et al.; 2003; Stoner, 2002; Oria y Machado, 2007).

Se considera que los murciélagos tienen un papel particularmente importante en el mantenimiento de la diversidad de las plantas (López y Vaughan, 2004). Los murciélagos que forman parte del presente gremio trófico son considerados como indicadores de patrones de sucesión vegetal, debido a que juegan un rol importante en la regeneración de los bosques tropicales (Medellín y Gaona; 1999; Loayza et al., 2006).

### **2.2.3. Insectívoros**

Las especies insectívoras recogedoras del sotobosque y/o de espacios cerrados son controladores naturales y efectivos de insectos nocturnos, muchos de los cuales son plagas de cultivos (Pacheco y Solari, 1997).

Los murciélagos que pertenecen a este gremio trófico presentan hábitos de vuelo y forrajeo por encima del dosel, así como una alta eficiencia en la detección de redes de niebla (Macswiney et al., 2006). Asimismo, pueden en cierta medida controlar poblaciones de artrópodos considerados plagas en muchos cultivos o vectores de enfermedades, brindando un servicio ecológico importante como controlador biológico (Gándara et al., 2006). En promedio, los murciélagos insectívoros consumen entre 25 por ciento a 100 por ciento de su peso corporal total en cada noche de forrajeo de insectos (Kunz y Fenton, 2003).

La utilidad de los murciélagos insectívoros se ve reflejada en la agricultura, debido a que una colonia puede consumir millones de insectos en una noche (Willig et al., 1993). Por otro lado, debido a que los murciélagos insectívoros pueden capturar casi a cualquier insecto en movimiento, la selección de la presa puede variar dependiendo del tamaño y la

dureza de la misma, formando parte de la dieta cualquier insecto, siempre y cuando se encuentre dentro del espectro de tamaño y dureza apropiada (Oria y Machado, 2007).

### **2.3. Variables ambientales**

Es importante considerar que la abundancia y riqueza de especies en un lugar y momento específico está determinada por su respuesta ante cada una de las variables ambientales allí presentes, así como por las interrelaciones bióticas manifiestas con las demás especies ocurrentes, entre las variables ambientales que pueden afectar a la actividad de los murciélagos tenemos a la temperatura, fase lunar, minutos de luz lunar, oferta de alimento, estructura vegetal, época de evaluación, gradiente altitudinal, estación del año, entre otros (Ramírez, 2005; Gómez, 2006, O'Donnell, 2000).

Asimismo, algunos estudios muestran que estas variables ambientales influyen en la actividad de los murciélagos. En ese sentido, la evaluación desarrollada por Paterson et al. (1996), concluye que la riqueza de especies de murciélagos se incrementa a medida que se desciende de los Andes hacia los trópicos (variación altitudinal). Por otro lado, Flores-Saldaña (2008) menciona que la disminución de especies de vertebrados con el incremento de la altura es un patrón bastante general, sin embargo esta relación no es lineal, debido a que es posible encontrar diferentes estructuras vegetales a una misma altura, ofertando diferentes tipos de alimento. Por último, tal como menciona Gómez (2006), la temperatura, fase lunar y minutos de luz lunar también pueden influenciar en la actividad de los quirópteros. Por consiguiente, tales estudios muestran que las diferentes variables en conjunto o individualmente pueden influenciar en la riqueza, abundancia, forrajeo, comportamiento u otra actividad de los murciélagos.

### **2.4. Bioacumulación**

Es el proceso de acumulación de ciertos productos (metales pesados, hidrocarburos, entre otros) dentro de los organismos. Estos procesos se deben principalmente a que los organismos no presentan la función de mantener los niveles necesarios de excreción del contaminante, como los metales pesados (mercurio, plomo, cadmio, entre otros) e hidrocarburos, por ello sufre una retención en el interior del mismo (Marcovecchio et al., 1991). Los murciélagos al tener rasgos distintivos como tener una dieta especializada,

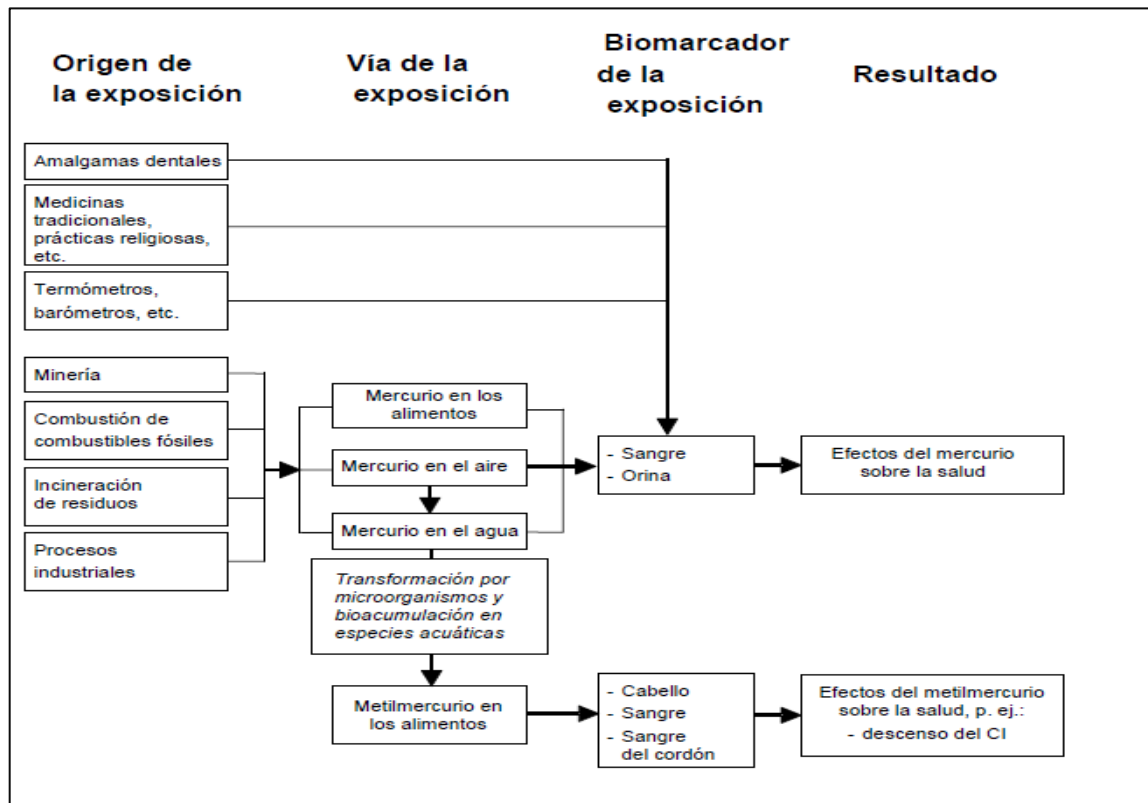
sitios de descanso y hábitats específicos hacen que sean considerados buenos indicadores de los estados y características de los hábitats (Blair, 1999).

Mientras que los murciélagos no han sido utilizados tradicionalmente para investigar la bioacumulación de mercurio en los ecosistemas terrestres, son un objeto de estudio útil para mostrar el movimiento de mercurio y otros metales pesados a través de los niveles tróficos (Nam et al., 2012).

Los metales pesados, que agrupan sustancias como cadmio y mercurio, principales contaminantes dentro de este grupo de sustancias (metales pesados), además de otras como cromo, cobalto, cobre, molibdeno, níquel, plomo, estaño, titanio, vanadio, zinc o plata, no pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Abollino et al., 2002). Éstos constituyen un riesgo serio para el medio ambiente, ya que son sustancias con una gran estabilidad química ante los procesos de biodegradación, por lo que los seres vivos son incapaces de metabolizarlos, generándose una contaminación por bioacumulación y un efecto multiplicador en la concentración del contaminante en la cadena trófica. Alcanzan niveles altos de toxicidad y se absorben muy eficientemente a través de las membranas biológicas por su elevada afinidad química por el grupo sulfhidrilo de las proteínas (Mancera y Álvarez, 2006).

#### **2.4.1. Mercurio**

Los metales pesados (mercurio, plomo, cadmio, entre otros) pueden incorporarse a un sistema de abastecimiento de agua por medio de diferentes tipos de residuos industriales o artesanales, los cuales son vertidos sin previo tratamiento, los que posteriormente se depositan en lagos, ríos y distintos sistemas acuíferos (García et al., 2005). Asimismo, la absorción de metales pesados (mercurio, plomo, cadmio, entre otros) por las plantas es generalmente el primer paso para la entrada de estos en la cadena alimentaria (Prieto-Méndez et al., 2009). La asimilación de metales pesados como el mercurio (Hg) en murciélagos puede darse por el grado de exposición a la fuente contaminante (mercurio y otros metales pesados, **Figura 1**), al tipo de dieta o a la variación en la asimilación existente entre las especies y hasta individuos (Hoenerhoff y Williams, 2004; Walker et al., 2007).



**Figura 1: Marco de la exposición de mercurio.**

FUENTE: Poulin y Gibb, 2008.

El mercurio es un metal pesado ampliamente utilizado por el hombre, que ha sido catalogado como un material peligroso debido a los graves daños que ocasiona a la salud y al ambiente (Insug et al., 1997; Marcusson et al., 2000), el cual puede resultar tóxica para los organismos del suelo, plantas y animales (Spain et al., 2003). Tal como se muestra en la **Figura 1**, el mercurio puede ser absorbido como mercurio metálico (inorgánico) o metilmercurio (orgánico), lo cual, de acuerdo con el MINAM (2011), estos son los tipos de mercurio presentes en el ambiente.

El mercurio metálico se encuentra en forma natural en el suelo, pero se incrementa exponencialmente por los vertidos del hombre. El mercurio que se evapora al quemar las amalgamas de oro va a la atmósfera, éste se condensa y luego se precipita en micro-gotitas, contaminando el suelo, el agua, plantas, animales y personas. En el agua, por su elevada densidad, el mercurio se acumula y deposita en el barro del fondo. En cuanto al metilmercurio o mercurio orgánico, las bacterias u otros microorganismos transforman el mercurio metálico en metilmercurio, esta reacción se da principalmente en el fondo de los

cuerpos de agua y en zonas pantanosas. El metilmercurio es consumido por los organismos de la cadena trófica y también se van acumulando en sus tejidos a lo largo de su vida (bioacumulación) y al ser comidos por los depredadores superiores, acumulan más mercurio (biomagnificación) (MINAM, 2011).

Este metal pesado (mercurio) es utilizado por muchos países para separar el oro de los sedimentos fluviales (Kumar, 2012). Dicho mercurio es absorbido por los murciélagos a través de su gran diversidad de forrajeo. Esto afecta directamente al sistema nervioso central, perturbando su ciclo de vida natural y con ello también estaría causando un daño irreparable en el ensamblaje del ecosistema, considerando que la bioacumulación de mercurio por encima de 10 ppm en los murciélagos tienen cambios significativos y perjudiciales para la neuroquímica del cerebro (Wada et al., 2010; Nam et al., 2012).

Dadas sus interesantes propiedades químicas, este metal ha sido utilizado ampliamente en industrias como la minera y en la medicina (Morales y Reyes, 2003). El mercurio se utiliza para lavar el oro en ríos en operaciones artesanales y en pequeña escala. Este metal amalgama el oro por medio de un proceso de tamizado que se hace a menudo en los márgenes de ríos y arroyos, y el sobrante es descartado directamente en el río y/o en los sedimentos (Veiga y Hinton, 2002). Los excesos de mercurio se eliminan del oro también a través de la quema, directamente a la atmósfera (Veiga y Hinton, 2002). Mientras que los problemas de salud y ambientales asociados con la exposición al mercurio están bien documentados, este metal sigue siendo un componente importante de la minería artesanal (Swenson et al., 2011) y se estima que, desde 1998, la minería artesanal en Perú ha producido un 20-30 por ciento de la producción de oro mundial y es responsable de un tercio de todo el mercurio liberado en el medio ambiente (Telmer y Veiga, 2009, Swenson et al., 2011).

## **2.5. Cuenca del río Madre de Dios**

La Cuenca hidrográfica del río Madre de Dios se encuentra ubicada en la parte Sur Oriental del Perú, limítrofe por el norte con Brasil y el departamento de Ucayali, por el este con Bolivia, por el sur con el departamento de Puno y por el oeste con el departamento de Cusco (ANA, 2010).

La cuenca del río Madre de Dios tiene como eje hídrico principal al río Madre de Dios, tributario del río Madeira que desemboca por la margen derecha del río Amazonas, a la altura de la ciudad de Manaus. Está formado por la unión de dos ríos que se originan en los Andes del sur del Perú, el río Manu y el río Alto Madre de Dios (ANA, 2010).

A lo largo del siglo XX que la Cuenca del río Madre de Dios experimenta un fenómeno migratorio importante, debido principalmente al desarrollo de la actividad aurífera y actividad forestal.

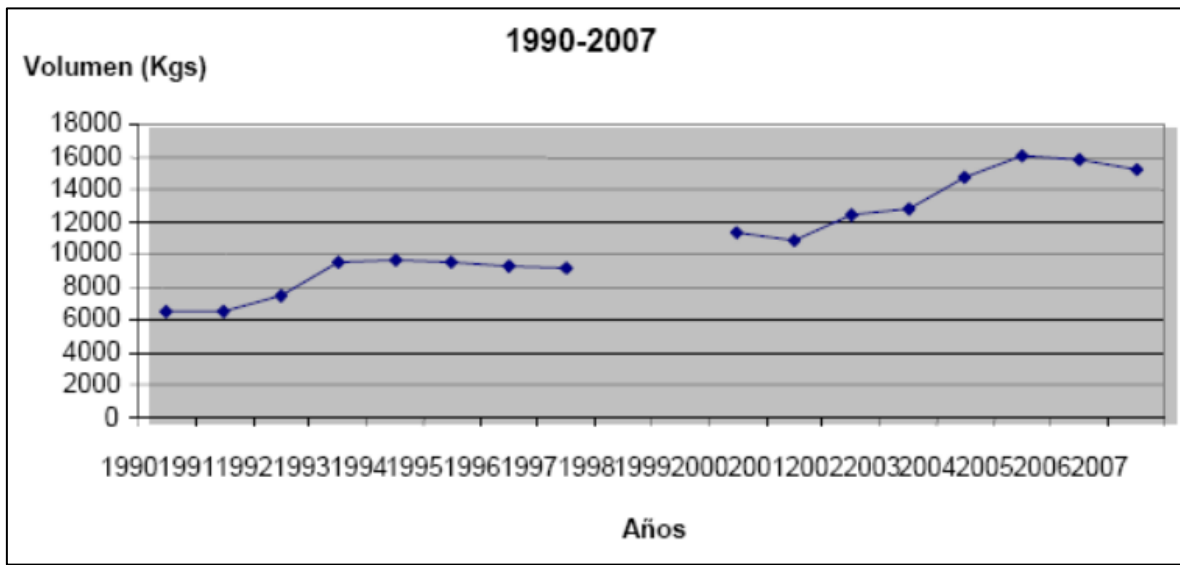
### **2.5.1. Problemática en Madre de Dios**

El incremento significativo de la población, debido a procesos migratorios, está concentrado principalmente en la actividad minera. Dicha actividad origina problemas en la contaminación de los cuerpos de agua por explotación del oro, cambios en el paisaje, remoción y movimientos masivos de tierras, los cuales forman parte de la problemática ambiental en esa parte de la zona sur de la Amazonía (ANA, 2010).

Los efectos antropogénicos tienen resultados en un patrón global ocasionando disturbaciones a diferentes niveles (Franklin, 1992). La población minera en la Región Madre de Dios se estima en 12000 personas dedicadas directamente a la actividad minera (el 30 por ciento aproximadamente son mineros informales) y 30000 personas aproximadamente dependen indirectamente de ella a través de actividades colaterales. (MINEM, 2010).

La producción de oro en Madre de Dios en el periodo 1990 – 2007 fue incrementando progresivamente, tal como se muestra en la **Figura 2**, alcanzando las 16 toneladas aproximadamente para los años 2005, 2006 y 2007 (ANA, 2010).

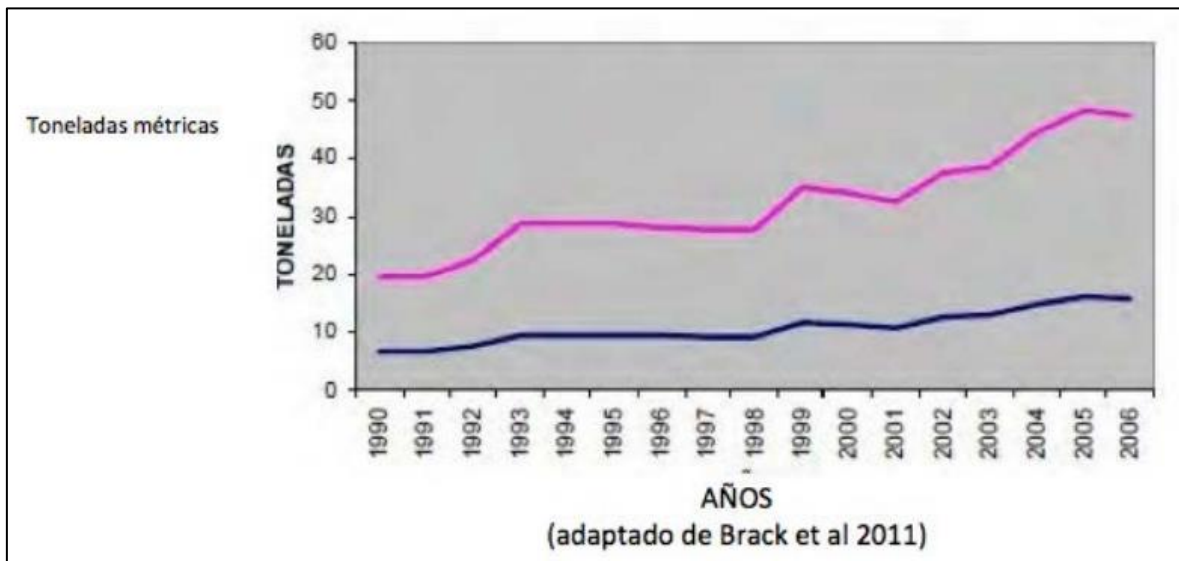




**Figura 2: Producción de oro en la región Madre de Dios**

FUENTE: ANA, 2010.

Asimismo, de acuerdo con la WCS (*Worldlife Consevation Society*), en el artículo de junio de 2014, considera que el incremento de la producción de oro está relacionado directamente con el incremento de la producción de mercurio, además calcula que, de las 16 toneladas métricas de oro anuales que se producen en la región Madre de Dios, se usan 44,8 toneladas de mercurio. Tanto la producción de oro como el uso de mercurio han aumentado a través de los años y la liberación acumulada de mercurio al medio fluvial durante este periodo fue potencialmente muy grande (**Figura 3**).



**Figura 3: Variación en producción de oro y uso de mercurio en la cuenca del río Madre de Dios**

FUENTE: WCS, 2014.

El alza del precio del oro impulsa la minería informal, la cual está deteriorando el ecosistema, ya que los ríos están siendo contaminados por mercurio y los árboles sepultados por relaves. Esta porción de selva destruida amenaza zonas de reservas naturales y parques nacionales que antes han caracterizado a Madre de Dios, donde la minería artesanal crece sin control. (El Comercio, 2013). El frenar la minería artesanal redundaría en una recuperación de los bosques naturales de este Departamento, dándole valor a la rica diversidad biológica presente en la Capital de la Biodiversidad en el Perú.

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Materiales y equipos**

#### **3.1.1 Materiales de campo**

- 7 redes de neblina 6m x 2.5m
- 3 redes de neblina de 12m x 2.5m
- Bolsas de tela
- Conos de driza (100m)
- Machetes
- Lima metálica
- Rollo de cinta marcadora
- Bolsas Ziploc
- Eppendorf (contenedores para colecta de muestras de pelo)
- Plumones indelebles
- Lápices
- Borrador
- Cinta de embalaje
- Pliego papel Canson
- Tijeras
- Calibrador (Vernier)
- balanza de 100g (Pesola)
- Linternas de mano y frente
- Guías de campo.

### **3.1.2 Materiales de escritorio**

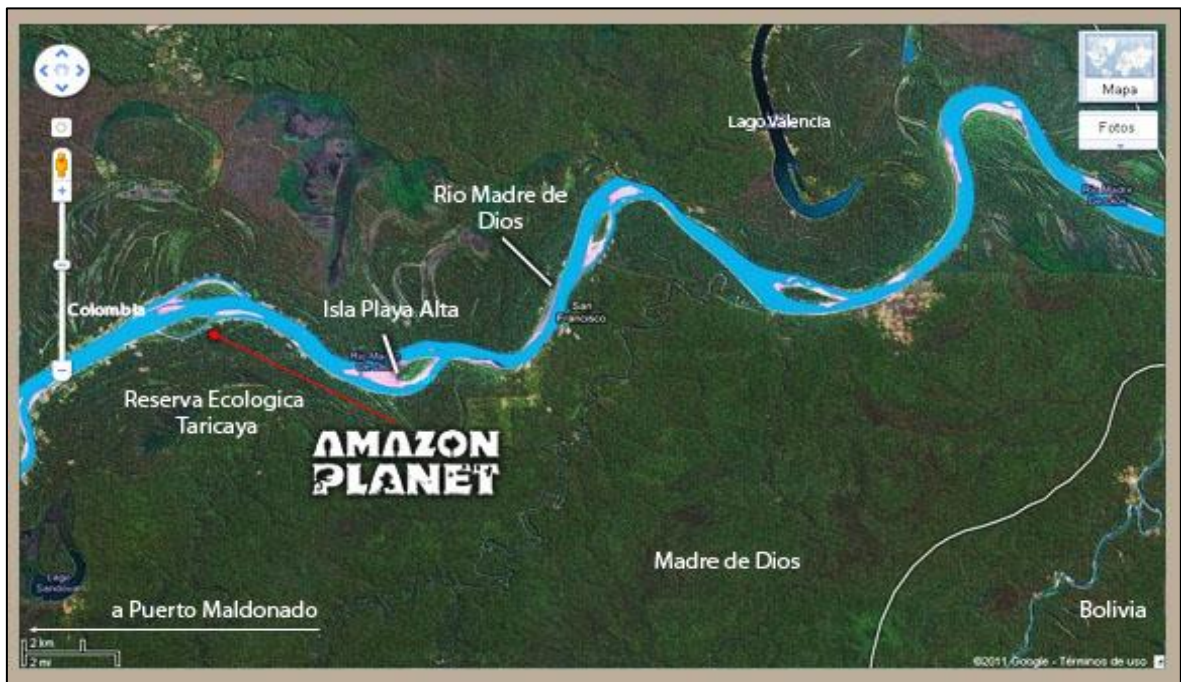
- Laptop
- Hojas bond
- Lapicero
- Lápiz

### **3.1.3 Equipo**

- Analizador Directo de Mercurio (DMA-80)
- GPS.
- Cámara digital.
- Balanza digital.

## **3.2. Ubicación del área de estudio**

El presente estudio se realizó en las inmediaciones de Amazon Planet (**Figura 4**), de coordenadas UTM 19L 500890 8613900 (Datum WGS-84), el cual es un centro privado de turismo y conservación, que involucra un proyecto llamado Reserva Ecológica Taricaya, la cual es una reserva privada de 480 hectáreas que protege un espacio importante de bosque casi intacto. En el 2001, se creó el Centro de Investigación Taricaya, organización sin fines de lucro con la misión de promover la conservación de la biodiversidad, el manejo adecuado de los recursos naturales, la educación y el desarrollo social mediante los diversos proyectos que realiza en el área. Allí se han generado datos sobre estudios de individuos del orden Chiroptera.



**Figura 4: Mapa de ubicación**

FUENTE: Google Earth, 2017.

Amazon Planet está ubicado en el sudeste de la Amazonia Peruana, en la margen derecha del Río Madre de Dios, en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata Candamo, a una hora río abajo de la ciudad de Puerto Maldonado, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú.

El clima tropical húmedo que presenta la selva de Madre de Dios forma parte del clima ecuatorial, y se caracteriza por ser cálido y tener a la vez mucha precipitación. Durante todo el año presenta de manera regular temperaturas altas de escasa oscilación térmica. La temperatura media mensual es de 26°C con una variación anual no superior a 2°C. Durante las épocas de precipitaciones este clima muestra una estación seca donde las precipitaciones son escasas entre los meses de junio a agosto y con una estación lluviosa entre diciembre y marzo. Se considera como época de transición los meses de abril - mayo y setiembre – noviembre.

La vegetación más representativa de este bosque son árboles aislados y hierbas altas que se desarrollan con la estación húmeda para secarse durante las épocas sin lluvia. Esta es muy diversa y abundante, con bosques frondosos en las orillas de los ríos.

Esta vegetación genera un paisaje llamado la pluvisilva, que se caracteriza por varios estratos de árboles, de los cuales los más altos forman bóvedas que impiden a los rayos solares llegar hasta el suelo.

Es importante mencionar que, con la finalidad reducir la influencia de las variables ambientales mencionadas en la sección 4.3, y tal como se menciona en la presente sección, el estudio se realizó durante una misma época de evaluación (transición), con la finalidad de evitar grandes cambios de temperatura entre cada día de muestreo. Asimismo, la evaluación de quirópteros se realizó a un mismo gradiente altitudinal y en un área que represente la misma estructura vegetal. Por último, la evaluación de murciélagos se desarrolló considerando la fase lunar y los minutos de luz lunar, evitando principalmente los días de luna llena.

### **3.3. Métodos**

#### **3.3.1. Colecta de animales**

En campo se trabajó en las trochas dentro de la reserva durante las horas de la noche, ya que por su etología se sabe que los murciélagos realizan sus actividades de forrajeo a estas horas.

Se utilizó redes de neblina en las capturas. Se colocaron redes de neblina de seis y doce metros de largo por aproximadamente 2,5 m de alto, completando siempre un área o superficie representativa de 225 m<sup>2</sup> de red por noche de muestreo. Este número de redes ha sido utilizado en trabajos previos (Hice et al., 2004; Carrera, 2003), asimismo, tal como se muestra en la **Tabla 2**, el tiempo de muestreo fue de 18 525 horas por metro cuadrado (h.m<sup>2</sup>). Es importante mencionar que las redes de neblina siempre fueron instaladas dentro de la propiedad de Amazon Planet.

**Tabla 2: Tiempo de muestreo para quirópteros en el área de estudio**

Fecha de Muestreo	Largo de red (m)	Cantidad	Área Total (m <sup>2</sup> )	Tiempo de exposición (h)	Repeticiones (noches de muestreo)	Tiempo exposición Total (h)	Esfuerzo (h.m <sup>2</sup> )	Esfuerzo total (h.m <sup>2</sup> )
26 de Mayo al 5 de Junio	12	3	90	5	11	55	10 725	18 525
	6	7	105					
9 al 11 de Junio	12	3	90	5	3	15	2 925	
	6	7	105					
19 al 23 de Junio	12	3	90	5	5	25	4 875	
	6	7	105					

Las redes se colocaron en los lugares que se consideró que tenían mayor probabilidad de captura de murciélagos, y se cambió de posición cada tres días en promedio. Asimismo, se evitó el efecto de fobia lunar muestreando en fase de luna nueva, en la que ocurre una mayor actividad de murciélagos (Morrison, 1978). Las redes se mantuvieron abiertas por un periodo diario de seis horas, desde el anochecer, aproximadamente a las 18.00 hrs, hasta las 24.00 hrs.

La revisión de las redes se realizó en promedio cada hora. Los murciélagos capturados fueron colocados en bolsas de tela hasta el momento de su procesamiento. A cada individuo capturado se le tomó datos biométricos, estado reproductivo, sexo, edad, determinación de especie y gremio trófico al que pertenece, y algunas observaciones adicionales. Para el análisis del contenido de mercurio se les cortó a todos un mechón de pelo en la espalda y el vientre cerca de 0,02 g con una tijera que fue limpiada con alcohol de 96° y algodón por cada nuevo individuo. Las muestras de pelo fueron colocadas en tubos Eppendorf y rotuladas para la posterior determinación de contenido de mercurio. En la medida de lo posible se realizó un registro fotográfico de todos los individuos capturados.

Por último, para la determinación de especies en campo se utilizaron una serie de claves de identificación de murciélagos (LaVal, 1973; Pacheco y Solari, 1997; Giannini y Barquez, 2003, Gardner, 2007; Aguirre et al., 2009).

### **3.3.2. Análisis de Mercurio.**

Los pelos de los murciélagos se analizaron para determinar la concentración de mercurio total, con el equipo Direct Mercury Analyzer (DMA-80, Milestone) en el laboratorio de Científica Andina S.A.C. Asimismo, el DMA-80 ha sido utilizado para desarrollar el método de US EPA 7473 (Mercurio en sólidos y soluciones por descomposición térmica, amalgamación, y espectrofotometría de absorción atómica), cumpliendo de esta manera con normatividad dictada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Por otro lado, cumple además con el método ASTM D-6722-01 (Mercurio total en carbón y residuos de combustión en carbón) y el método ASTM D-7623-10 (Mercurio total en petróleo crudo). Es importante recalcar que, de acuerdo con la EPA (1998), el análisis de mercurio total incluye al análisis de mercurio orgánico e inorgánico. Este equipo usa los principios de descomposición térmica, amalgamación y absorción atómica. En ese sentido, el equipo DMA-80 se basa en una primera etapa de secado de la muestra, seguida de sucesivas etapas de descomposición térmica y atomización del mercurio. El control interno de la temperatura de cada una de las etapas se realiza mediante sensores internos, mientras que, en la reducción de mercurio en sus diferentes estados a mercurio elemental (mercurio metálico) se emplea un sistema catalítico y los vapores de este elemento son atrapados en un amalgamador de oro, asimismo, para la cuantificación de mercurio el equipo (DMA-80) emplea un detector UV de diodo de silicio y una lámpara de mercurio que emite una luz a una longitud de onda de 253,65 nm. (Bolaños et al., 2016; Milestone, 2013).

Por otro lado, el equipo DMA-80 alcanza un límite de detección mínimo de 0,001 nanogramos de mercurio, y puede medir hasta 30 mil nanogramos de mercurio. Asimismo, es posible analizar muestras sólidas que pesan desde 0,001 gramo hasta 1,5 gramos (Milestone, 2013; EPA, 1998).

Por último, es importante mencionar que debido a la sensibilidad del equipo analizador y al peso variable de la muestra de pelos, algunos análisis se efectuaron por individuo mientras que en otros, se tuvo que unir las muestras de pelo de más de un individuo para proceder a la lectura del contenido de Hg.



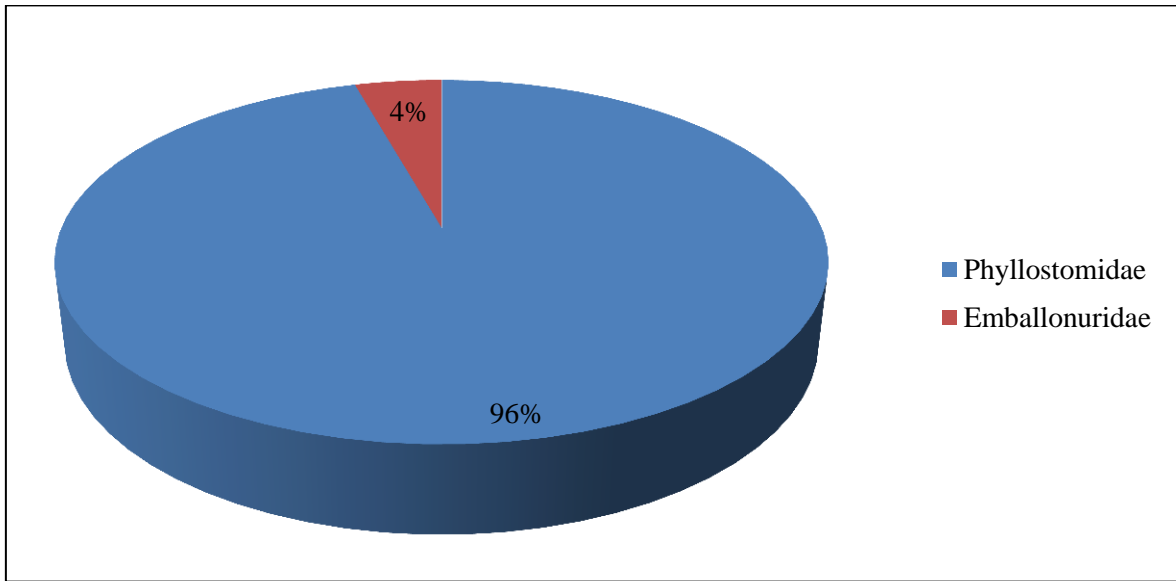
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

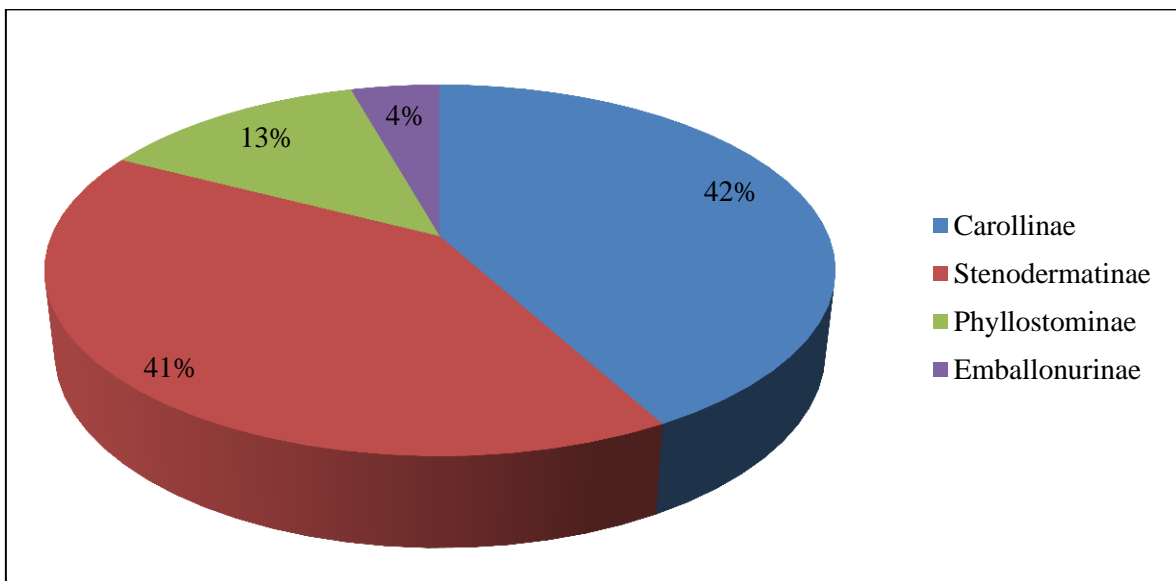
#### 4.1.1 Riqueza y abundancia

Durante la evaluación desarrollada en las inmediaciones de Amazon Planet (adyacente a la cuenca del Río Madre de Dios, **Figura 4**), se registraron 19 especies, pertenecientes a cuatro subfamilias y dos familias del orden Chiroptera. (**Anexo 1**).

Del total de individuos capturados (69), la familia Phyllostomidae reportó la mayor abundancia, con 66 individuos reportados (96 por ciento del total), mientras que la familia Emballonuridae registró tres individuos de murciélagos (4 por ciento), como lo muestra la **Figura 5**. Asimismo, tal como se observa en la **Figura 6**, la subfamilia Carrollinae reportó la mayor abundancia, con 29 individuos registrados (42 por ciento), seguido de la subfamilia Sternodermatinae, con 28 individuos (41 por ciento). Mientras que, la subfamilia Emballonurinae reportó la menor abundancia, con tres individuos registrados (cuatro por ciento), seguido de la subfamilia Phyllostominae, con nueve individuos (13 por ciento).

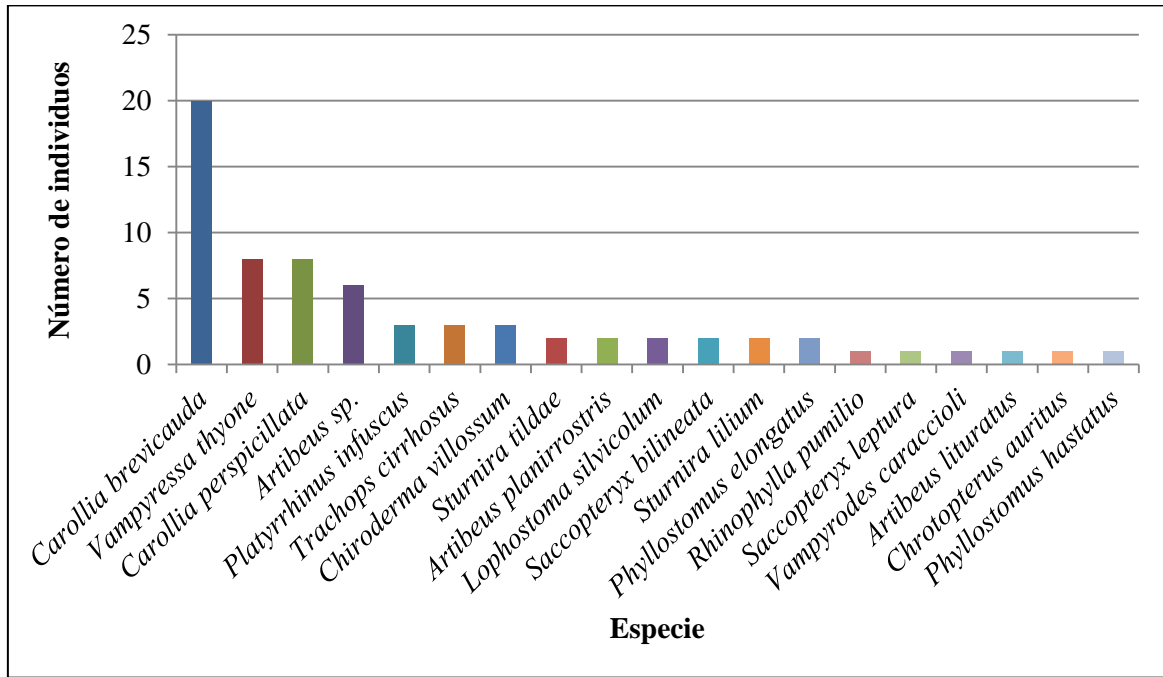


**Figura 5: Composición porcentual de individuos de murciélagos capturados en el área de estudio por familia taxonómica**



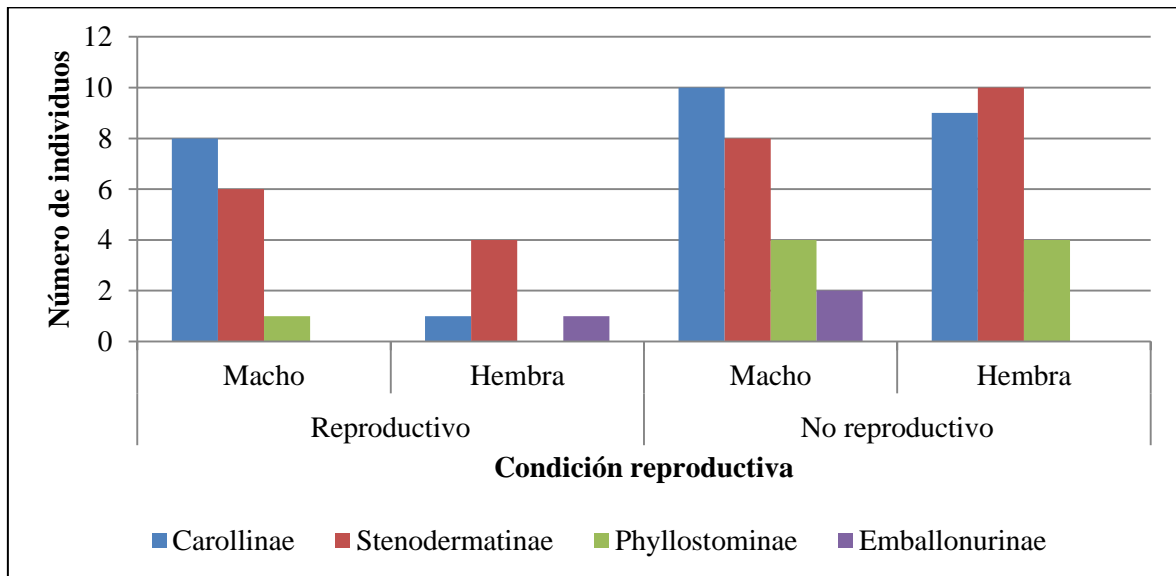
**Figura 6: Composición porcentual de individuos de murciélagos capturados en el área de estudio por subfamilia taxonómica**

De acuerdo con la **Figura 7**, la especie *Carollia brevicauda* “murciélago frutero colicorto” (subfamilia Carollinae) registró la mayor abundancia, con 20 individuos reportados, seguida de las especies *Vampyressa thylene* “murciélago de orejas amarillas ecuatoriano” (subfamilia Stenodermatinae) y *Carollia perspicillata* “murciélago frutero común” (subfamilia Carollinae), con ocho individuos registrados cada una. Por otro lado, las demás especies (16), reportaron abundancias menores a siete individuos.



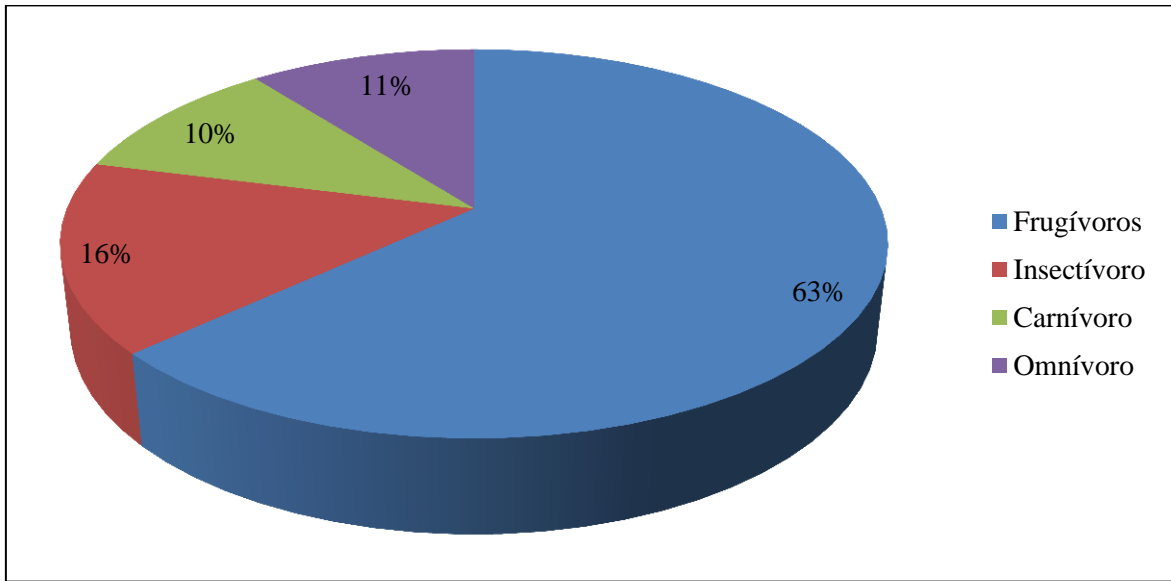
**Figura 7: Abundancia de especies de murciélagos registrados en el área de estudio**

Durante la evaluación de murciélagos desarrollada durante la época de transición (época húmeda y época seca) de 2014, del total de individuos capturados, 21 individuos se encontraron en estadio reproductivo (15 machos y seis hembras), mientras que 47 individuos se reportaron en estadio no reproductivo (24 machos y 23 hembras). Los datos se presentan en el **Anexo 2**. Del mismo modo, tal como se muestra en la **Figura 8**, las cuatro subfamilias reportadas en el área de estudio registraron individuos machos en estadio no reproductivos, mientras que ningún individuo macho de la subfamilia Emballonurinae se registró en estadio reproductivo y ningún individuo hembra de la subfamilia Phyllostominae se reportó en estadio reproductivo.



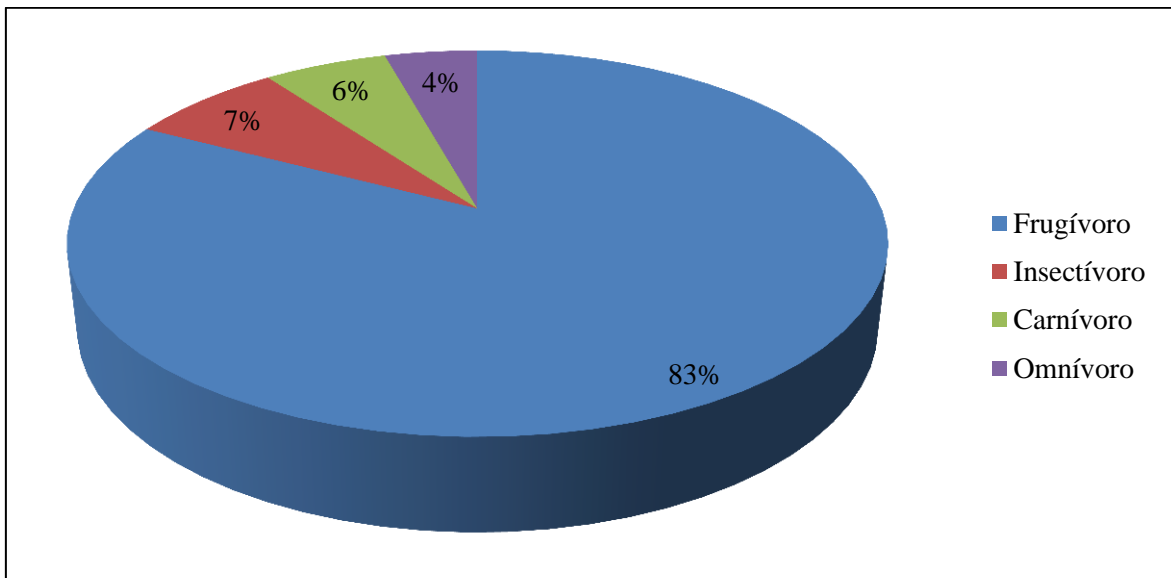
**Figura 8: Condición reproductiva de los individuos de murciélagos registrados en el área de estudio por subfamilia taxonómica.**

Tal como se muestra en la **Figura 9**, del total de especies de murciélagos reportadas en el área de estudio (19 especies), el gremio trófico Frugívoro reportó la mayor riqueza, con 12 especies registradas (63 por ciento del total), seguido del gremio trófico Insectívoro, con tres especies reportadas (16 por ciento). Asimismo, los gremios tróficos Carnívoro y Omnívoro reportaron la menor riqueza, con dos especies registradas cada una (dos por ciento del total).



**Figura 9: Composición porcentual de especies de murciélagos registrados en el área de estudio por gremio trófico.**

Por último, del total de individuos reportados en el área de estudio (69), el gremio trófico Frugívoro registró la mayor abundancia, con 57 individuos (83 por ciento del total). Por otro lado, el gremio trófico Insectívoro reportó cinco individuos (7 por ciento), el gremio trófico Carnívoro registró cuatro individuos (seis por ciento) y el gremio trófico Omnívoro reportó tres individuos (cuatro por ciento), **Anexo 3 y Figura 10.**

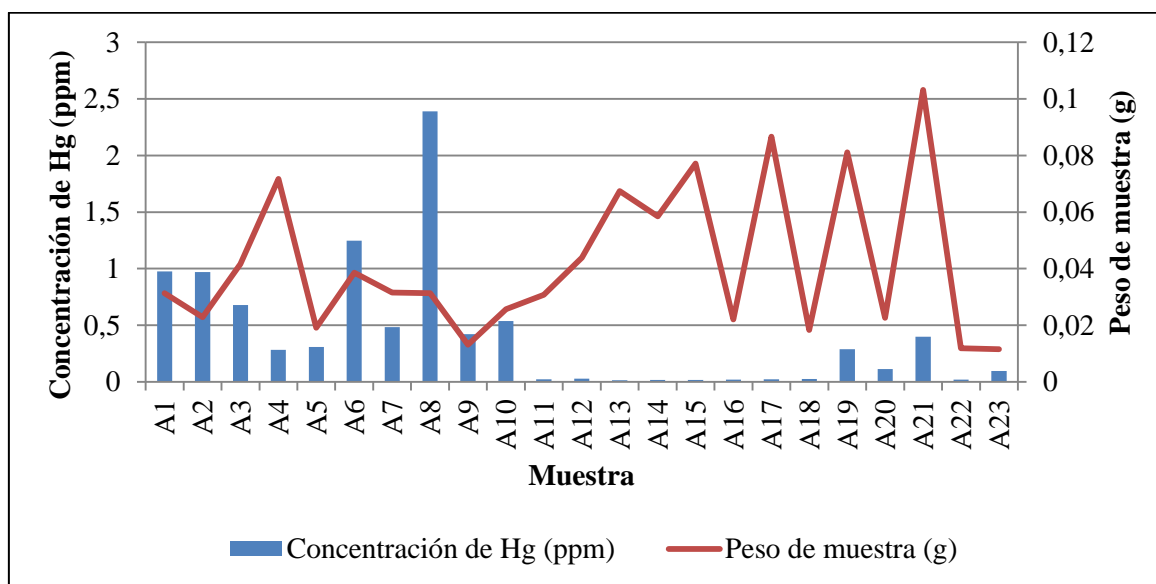


**Figura 10: Composición porcentual de individuos de murciélagos registrados en el área de estudio por gremio trófico.**

#### 4.1.2 Concentración de mercurio en murciélagos

Debido a la sensibilidad del equipo analizador y al peso variable de la muestra de pelos, algunos análisis se efectuaron por individuo mientras que en otros, se tuvo que unir las muestras de pelo de más de un individuo para la determinación del contenido de Hg. En este sentido, las 69 muestras de pelo colectadas, se agruparon en 23 muestras, de las cuales nueve muestras pertenecen a nueve individuos distintos (muestras individuales) y 14 muestras corresponden a la unión de diferentes muestras de pelo de más de un individuo dentro de una misma especie (muestras compuestas), tal como se muestra en el **Anexo 4**. Por otro lado, las tablas y/o figuras en la presente sección, primero muestran los resultados de las muestras individuales, es decir en los que se pudo hacer el análisis individual y después se presentan los resultados de las muestras compuestas, es decir muestras de pelo que debieron unirse para proceder a la lectura del contenido de mercurio, debido a la sensibilidad del equipo analizador.

Los resultados obtenidos del análisis de las nueve muestras individuales y 14 muestras compuestas de pelos de murciélagos, reportan que los valores de concentración se encuentran en un rango de 0,012 ppm a 2,39 ppm, tal como se presenta en la **Figura 11** y **Anexo 4**.



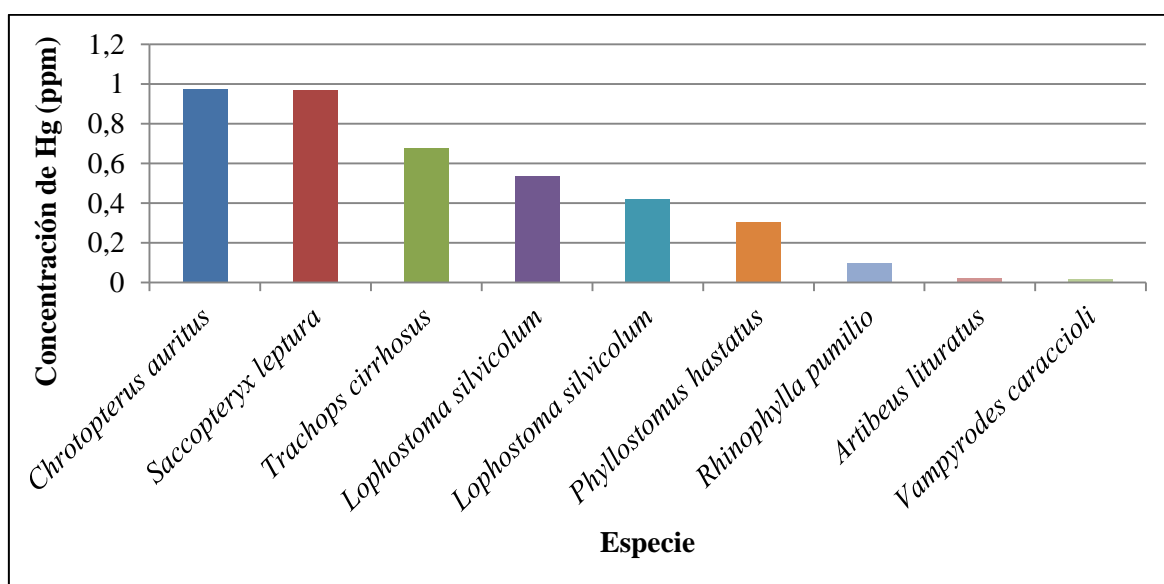
**Figura 11: Concentración de Hg en ppm y peso en g de la muestra analizada.**

La **Tabla 3** y la **Figura 12** muestran la concentración de mercurio de las nueve muestras individuales analizadas (nueve). Es importante mencionar que para el caso de la especie *Lophostoma silvicolum*, se pudo analizar dos muestras individuales. El individuo de la especie *Chrotopterus auritus* reportó el mayor valor de concentración de mercurio (0,975 ppm), mientras que el espécimen de *Vampyrodes caraccioli* registró el menor valor de concentración de mercurio (0,018 ppm).

**Tabla 3: Concentración de mercurio por individuo capturado en el área de estudio**

Familia	Subfamilia	Especie	Concentración de Hg (ppm)	Código de muestra en laboratorio
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Saccopteryx leptura</i>	0,969	A2
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	0,975	A1
		<i>Trachops cirrhosus</i>	0,679	A3
		<i>Lophostoma silvicolum</i>	0,421	A9
		<i>Lophostoma silvicolum</i>	0,536	A10
		<i>Phyllostomus hastatus</i>	0,307	A5
	Stenodermatinae	<i>Artibeus lituratus</i>	0,022	A11
		<i>Vampyrodes caraccioli</i>	0,018	A22
	Carollinae	<i>Rhinophylla pumilio</i>	0,096	A23

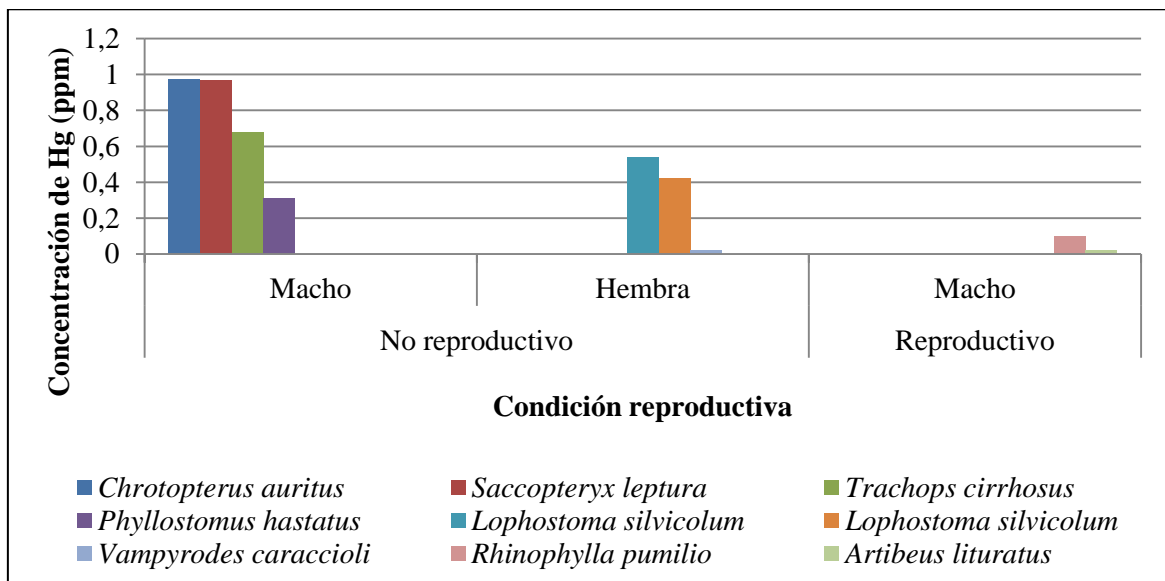
Nota: Solo se presentan las lecturas de las muestras individuales.



Nota: Solo se presentan las lecturas de las muestras individuales.

**Figura 12: Concentración de mercurio registrada de las muestras individuales**

La **Figura 13** presenta la concentración de Hg la condición reproductiva de las muestras individuales. Los machos de *Chrotopterus auritus* y *Saccopteryx leptura* en estado no reproductivo reportaron los valores más altos de concentración de mercurio. Asimismo, las hembras en estado no reproductivo que reportaron los valores más altos de concentración de mercurio fueron los dos individuos de *Lophostoma Silvicolum*, mientras que del total de machos en estadio reproductivo evaluados, el individuo de *Rhinophylla pumilio* registró el mayor valor de concentración de mercurio.



**Figura 13: Concentración de Hg por condición reproductiva.**

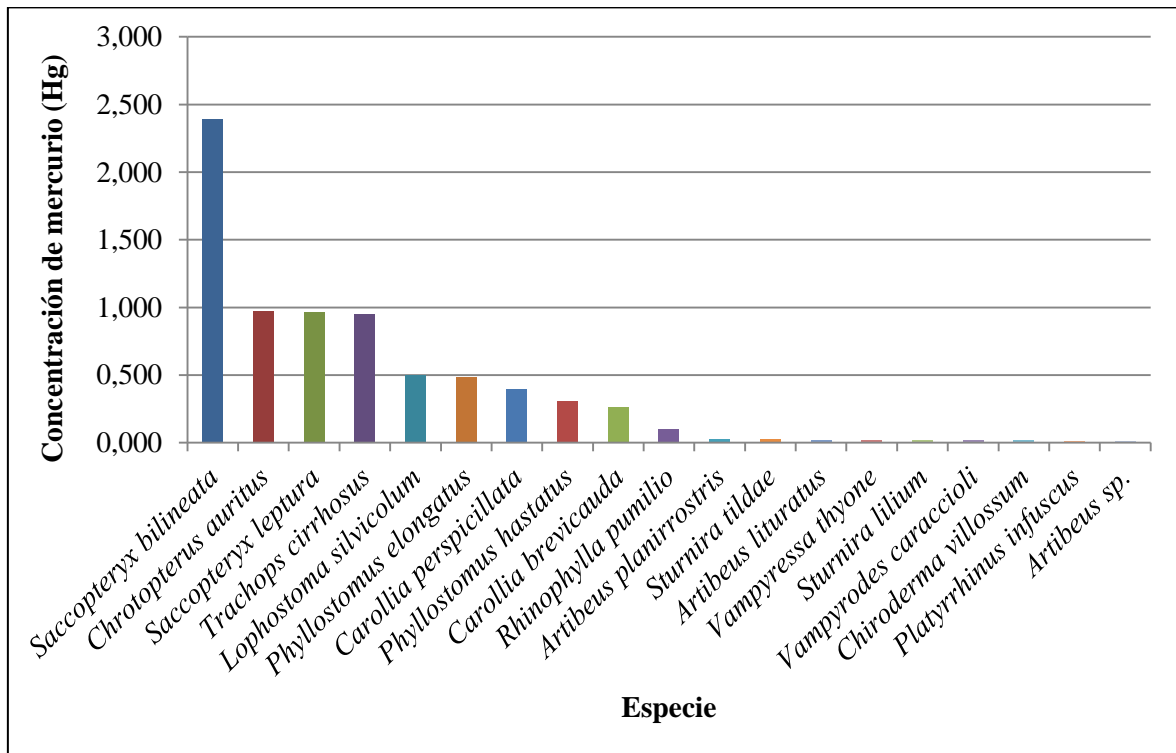
La **Tabla 4** y la **Figura 14** muestran los datos del promedio ponderado de la concentración de mercurio por especie. En ese sentido, se reportó que *Saccopteryx bilineata* fue la especie que registró mayor concentración de mercurio en comparación con el resto de especies, con un valor de 2,39 ppm, mientras que *Artibeus sp.* reportó el menor valor de concentración de mercurio, con 0,012 ppm.



**Tabla 4: Concentración de mercurio por especie de murciélago registrada en el área de estudio**

<b>Familia</b>	<b>Subfamilia</b>	<b>Especie</b>	<b>Concentración de Hg (ppm)</b>	
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Saccopteryx leptura</i>	0,969	
		<i>Saccopteryx bilineata</i>	2,390	
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	0,975	
		<i>Trachops cirrhosus</i>	0,952	
		<i>Lophostoma silvicolum</i>	0,497	
		<i>Phyllostomus hastatus</i>	0,307	
		<i>Phyllostomus elongatus</i>	0,482	
		<i>Artibeus lituratus</i>	0,022	
	Stenodermatinae	<i>Artibeus planirostris</i>	0,027	
		<i>Artibeus sp.</i>	0,012	
		<i>Chiroderma villosum</i>	0,017	
		<i>Platyrrhinus infuscus</i>	0,015	
		<i>Vampyressa thyone</i>	0,021	
		<i>Vampyrodes caraccioli</i>	0,018	
		<i>Sturnira lilium</i>	0,018	
		<i>Sturnira tildae</i>	0,026	
		Carollinae	<i>Carollia brevicauda</i>	0,263
			<i>Carollia perspicillata</i>	0,397
	<i>Rhinophylla pumilio</i>		0,096	

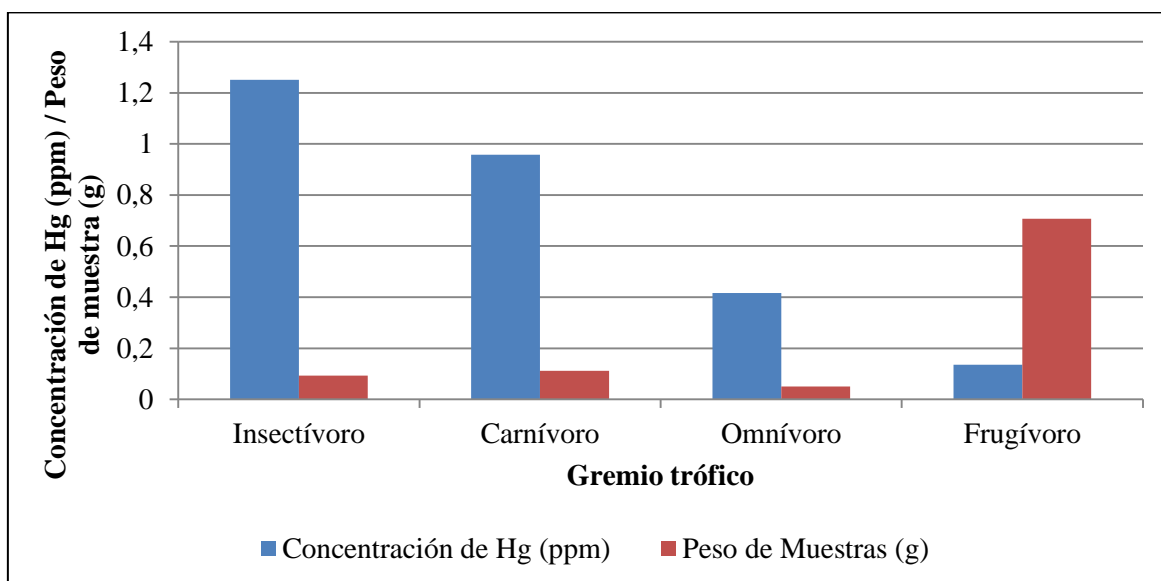
Nota: Se realizó el promedio ponderado para determinar la concentración por especie.



Nota: Se realizó el promedio ponderado para determinar la concentración por especie.

**Figura 14: Concentración de mercurio por especie**

La **Figura 15** muestra la concentración de mercurio por gremio trófico. Puede observarse que el gremio trófico Insectívoro reportó la mayor concentración de mercurio, con 1,25 ppm, seguido del gremio trófico Carnívoro con 0,96 ppm, el gremio trófico Omnívoro con 0,42 ppm y el gremio trófico frugívoro con 0,13 ppm, siendo este último el que registró el menor valor de concentración de mercurio (**Anexo 5**). Asimismo, es importante mencionar que los valores de concentración de mercurio obtenidos por gremio trófico, son los promedios ponderados de los valores registrados por cada muestra.



**Figura 15: Concentración de mercurio por gremio trófico**

## 4.2. Discusiones

La minería artesanal en el Perú es una actividad que sigue tomando gran impulso en la región Madre de Dios, la cual es desarrollada con gran informalidad. Esta actividad no solo trae como consecuencia la deforestación en diferentes áreas de la región (SPDA, 2017), sino también acompaña con la contaminación de los ríos por causa del mercurio (metal pesado que se emplea en la explotación de yacimientos auríferos aluviales) vertido directamente y de forma desmedida a los ríos, tales como el río Madre de Dios y sus afluentes (Brack et al., 2011). El mercurio, al encontrarse en los ríos, puede ser absorbido por organismos vivos (peces, plantas, mamíferos, entre otros) y bioacumularse a una red trófica superior, tal es el caso de los murciélagos (grupo taxonómico de interés para el presente estudio). En ese sentido, el presente estudio se ejecutó en una época transitoria para poder coleccionar un mayor número de diversidad de individuos, y así tener representados más gremios tróficos haciendo una mejor comparación de resultados.

En la región Madre de Dios existen diferentes estudios relacionados con la minería aurífera y contaminación con mercurio, tales como el informe preparado por el IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana) y Ministerio del Ambiente, el cual menciona la situación actual de la minería aurífera en Madre de Dios, el camino del mercurio y los impactos ambientales, sociales y económicos (Brack et al., 2011). Así también, como el estudio elaborado por Osoreo et al. (2012), enfocan al mercurio como un problema de la

salud pública. Sin embargo, hay escasos estudios que relacionen al mercurio, u otro metal pesado, con los murciélagos, considerados como buenos indicadores biológicos según Blair (1999), Medellín y Gaona (1999) y Loayza et al. (2006). Entre ellos se tiene el estudio desarrollado por Williams et al. (2010), considerado posiblemente como el primer informe de concentración de metales pesados en murciélagos de Sudamérica, el cual determinó las diferencias en los niveles de metales pesados (plomo, cadmio, cobre y zinc) en tres géneros de murciélagos (*Carollia*, *Sturnira* y *Anoura*), incluidos en el gremio trófico Frugívoros. En ese sentido, el presente estudio brinda una primera información de la bioacumulación de mercurio en mamíferos del orden Chiroptera en el área de evaluación, considerada importante por el equipo de investigadores, ya que está ubicada dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata, una importante área natural protegida por el Estado y que registra uno de los más altos índices de biodiversidad en el mundo (Amazon Planet, 2017).

Para la extracción informal de material aurífero en la región Madre de Dios se utilizan embarcaciones tipo draga (Inforegión, 2010). Durante esta extracción se utiliza el mercurio para separar y extraer el oro de las rocas o piedras en las que se encuentra. El mercurio se adhiere al oro, formando una amalgama que facilita su separación de la roca, arena u otro material, luego se calienta la amalgama para que se evapore el mercurio y quede el oro (PNUMA, 2008). Los daños ocasionados por esta actividad son irreversibles, los impactos más perjudiciales que generan es la contaminación por mercurio, incluyendo la alteración de cauces de los ríos y generación de sedimentos (SPDA, 2016). En la actualidad, se considera que el incremento en la producción de oro está relacionado directamente con el incremento de la producción de mercurio (WCS, 2014).

Por otro lado, durante el traslado por vía fluvial desde la ciudad de Puerto Maldonado hacia las instalaciones de Amazon Planet se observó una embarcación tipo draga. Si bien es cierto, aparentemente esta embarcación no se encontraba operativa, este hecho reafirma la problemática que ocurre en la región Madre de Dios, en el cual el impacto de la minería ilegal alcanza a la salud pública y al ecosistema. El gobierno regional y nacional, en la medida de lo posible tratan de combatir esta actividad ilegal y tales esfuerzos por lo general llevan a decomisar los equipos usados durante la extracción de oro. Por ello, en septiembre de 2010, la Marina de Guerra del Perú informa que la Capitanía Guardacostas Fluvial de Puerto Maldonado intervino cuatro embarcaciones tipo draga dedicadas a la

extracción de material aurífero en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional del Tambopata, en la margen derecha del río bajo Madre de Dios (Inforegión, 2010). Mientras que, en febrero de 2011, se realizó la operación contra dragas dedicadas a minería aurífera informal en Madre de Dios (Andina, 2011). Asimismo, en mayo de 2014 la policía y agentes del ejército confiscaron y destruyeron más de 180 equipos usados por los mineros informales, motores y dragas entre ellos (La Prensa, 2014). A pesar de tales esfuerzos, las autoridades no pueden detener esa problemática en esta porción de selva donde las zonas de reservas naturales y parques naturales siguen amenazadas por la minería informal que crece sin control en el departamento de Madre de Dios (El Comercio, 2013). El frenar la minería artesanal favorecería en una recuperación de los bosques naturales de este Departamento, dándole valor a la rica diversidad biológica presente en la Capital de la Biodiversidad en el Perú.

El mercurio en estado normal o metálico puede oxidarse y combinarse con otros elementos formando sales (Khatoonabadi, 2008) y compuestos orgánicos llamados organomercuriales, los cuales se forman cuando el mercurio se combina con el carbono e hidrogeno, por ejemplo fenilmercurio, etilmercurio y metilmercurio (Khatoonabadi, 2008), siendo esta especie altamente tóxica para los mamíferos (WHO, 2005; Timberell, 2009). El mercurio para llegar a metilmercurio se combina con carbono e hidrógeno; en el entorno los microorganismos (bacterias, hongos) y procesos naturales (abióticos) pueden ocasionar este cambio (PNUMA, 2005; Llorenete, 2011). El metilmercurio que es una de las especies más tóxicas para los humanos, generalmente entra al cuerpo a través del consumo de alimentos contaminados de origen marino principalmente (Peña, 2001; Gilbert, 2012). Así mismo, es la especie orgánica más abundante en el ambiente (Llorente, 2011). Estos son otros motivos de haber trabajado con el pelo de murciélagos ya que en la el pelo es el bioacumulador de la exposición de metilmercurio por ingesta de alimentos contaminados (Poulin y Gibb, 2008).

Los murciélagos son un grupo taxonómico que juegan un rol importante en el ecosistema (Aragón y Aguirre, 2007), los cuales responden a cambios ambientales a través de cambios en la riqueza y abundancia de especies (Castro–Luna et al., 2007). En este sentido, bajo esta premisa se decide trabajar con los mamíferos de este orden (Chiroptera), para determinar principalmente la presencia de mercurio en murciélagos. El análisis de mercurio se puede desarrollar de dos formas: (a) invasiva, en la que se tiene que sacrificar

a los individuos capturados y extraer el hígado y/o páncreas y (b) no invasiva, en la que se procede a tomar una muestra de pelo en el animal vivo. En ese sentido, con la finalidad de evitar el muestreo invasivo, alterando la abundancia de los individuos de murciélagos en el área de estudio, teniendo como posible consecuencia reducir su capacidad de controladores de plagas, polinizadores y dispersores de semillas (Flores-Saldaña, 2008), el análisis del contenido de mercurio se realizó a través de la colecta de muestras de pelos de los individuos de murciélagos capturados.

Se obtuvo un mayor número de individuos de la familia Phyllostomidae que de la familia Emballonuridae (**Figura 5**). La familia Phyllostomidae tiene una mayor presencia de especies en el nuevo mundo, por ello es considerada la familia de murciélagos más abundante en el Neotrópico.

Se obtuvo un mayor número de individuos de la subfamilia Carollinae y Stenodermatinae (**Figura 6**), por ser este grupo de tendencia frugívora y como dispensadores por excelencia de la Amazonía. Además estos dos grupos están ligados a especies botánicas como las Cecropias y Piperaceas, las cuales son abundantes en toda la extensión del bosque lluvioso. Varios estudios han demostrado que la subfamilia Carollinae y la subfamilia Sternodermatinae reportan el mayor número de individuos (Bejarano et al., 2007; Arias, 1997; Mena, 2010). Asimismo, se considera a los murciélagos del género *Carollia* entre los mamíferos más comunes del Neotrópico (Zurc y Velazco, 2010), registrándose durante el presente estudio 28 individuos pertenecientes al género *Carollinae*, representando el 41 por ciento del total de individuos registrados.

La especie *Carollia brevicauda*, fue la que reportó mayor número de individuos, posiblemente debido a que tiene hábitos alimenticios netamente frugívoros y de especies pioneras pertenecientes al género *Cecropia* y *Piper*, (Oria y Machado, 2007; Maguiña et al., 2012). Estas especies forestales están ligadas a zonas intervenidas de forma natural o antrópica donde su crecimiento es predominante y por ende hay más alimentos para esta especie de quiróptero y grupo trófico al que pertenece (Oria y Machado, 2007). Tiene una gran correlación al lugar donde se realizó el estudio por encontrarse sitios cercanos donde el impacto antrópico por la extracción de madera y ganadería están presentes.

Estudios sobre la biología reproductiva de murciélagos neotropicales indican que la mayoría se reproducen estacionalmente (Fleming et al., 1972; Wilson, 1979), siendo poliestras la mayoría de especies (Bonaccorso, 1979; Bradbury y Vehrencamp, 1976; Fleming et al., 1972; Wilson, 1979, Mena y Williams, 2002). Este patrón estacional de reproducción corresponde a incrementos estacionales en la abundancia alimenticia, tanto para frugívoros como para insectívoros (August y Baker, 1982). Con picos altos en la época lluviosa donde los frutos se encuentran en abundancia. El criterio para la determinación de la condición reproductiva es la identificación de los testículos escrotales o abdominales en machos y si las hembras han tenido copula o no tuvieron cópula. (Anexo 2)

Según Pacheco et al. (2009), del total de murciélagos registrados en el Perú el 58% son de la familia Phyllostomidae (murciélagos del nuevo mundo). Dentro de este gran grupo hay predominancia de especies con hábitos alimenticios frugívoros, por ende en la **Figura 9** (donde se muestra el porcentaje de especies según su gremio trófico) hay un mayor porcentaje de individuos pertenecientes al gremio trófico frugívoro.

Los murciélagos pasan más de la mitad de la vida en sus refugios (Kunz, 1982; Rodríguez-Herrera, 2007), entendiéndose como tales a los espacios que les brindan condiciones propicias plantas, cuevas, grietas, y termiteros, mientras que los artificiales están vinculados a construcciones humanas. Algunos murciélagos neotropicales viven en refugios naturales no modificados por ellos mismos (e.g. *Artibeus lituratus* Olfers) mientras que otros tienen la capacidad de modificar hojas y construir tiendas (Rodríguez-Herrera, 2007), que pueden ser ocupadas por las especies que las construyen (e.g. especies del género *Dermanura* Gervais) como también por usuarios secundarios (e.g. *Uroderma bilobatum* Peters) (Lim, 1998). De estos últimos se observó áreas ideales para realizar refugios de tipo modificaciones de hojas; específicamente del género heliconias, teniendo un gran potencial para la captura por medio de redes atrapa mariposas.

De los 69 individuos evaluados y 69 muestras de pelos (**Anexo 4**) de cada uno de ellos y por razones de pesos en la lectura del equipo DMA-80, en algunas especies se tuvo que reunir en una muestra la colecta de pelos de varios individuos, obteniendo una muestra compuesta, y en los casos donde la muestra unitaria alcanzó un peso adecuado (según especificidades del laboratorio) se hizo la lectura individual (muestra individual).

Los machos de *Chrotopterus auritus* y *Saccopteryx leptura* en estado no reproductivo reportaron los valores más altos de concentración de mercurio (**Figura 12** y **Figura 13**), estos debido a conformar parte de los gremios carnívoro e insectívoro. Posiblemente *C. auritus* registró la mayor concentración de mercurio, debido a la bioacumulación en este individuo, ya que se alimenta principalmente de pequeños vertebrados (murciélagos pequeños, ratones, palomas, entre otros), asimismo forman parte de su dieta los insectos largos (Medellín, 1989).

De las 19 especies evaluadas, *Saccopteryx bilineata* “Murcielaguito negro de listas”, gremio trófico Insectívoro, presentó la concentración más alta de mercurio (2,39 ppm) (**Figura 14**), posiblemente la especie *Saccopteryx bilineata* registró el valor más alto de concentración de mercurio, debido a que presenta como fuente principal de alimento a los insectos, asimismo, existe una alta correlación entre murciélagos consumidores de insectos – cuerpos de agua – insectos (Voigt et al., 2013, Ríos y Torres, 2015; Suarez, 2012), infiriendo que probablemente la dieta de *S. bilineata* está compuesta por los insectos asociados a cuerpos de agua, los cuales al igual que las plantas pueden acumular metales y ser transferidos a los murciélagos al ser consumidos por éstos (Racero et al., 2017). Esta especie vive en harenes de unas seis hembras por macho adheridos a troncos de árboles que crecen cerca de orillas de cuerpo de agua.

Al hacer el promedio ponderado de todas las especies se obtuvo la concentración por gremio trófico (**Anexo 5**), siendo el gremio trófico Insectívoro el que reportó la mayor concentración de mercurio, seguido del gremio trófico Carnívoro. Posiblemente estos gremios tróficos obtuvieron los valores más altos, debido a que la bioacumulación de mercurio depende de la dieta y a la fuente a la que está expuesto (Racero et al., 2017), es decir, para el presente estudio y tal como se mencionó anteriormente, la dieta de los insectívoros estaría compuesta por los insectos asociados a los cuerpos de agua y tal como menciona Brack et al. (2011) el río Madre de Dios y sus afluentes son contaminados con mercurio a causa de la minería informal. Asimismo, los carnívoros bioacumulan con mayor rapidez los metales pesados a través de la cadena trófica (Racero et al., 2017), además, murciélagos pequeños (algunos insectívoros o nectarívoros) pueden formar parte de su dieta (Medellín, 1989).



## V. CONCLUSIONES

- La concentración de mercurio en murciélagos de la zona de influencia de la cuenca Madre de Dios, en la transición de la época húmeda a seca (Mayo y Junio, 2014) es de 2,39 ppm a 0,012 ppm.
- En el presente trabajo se registraron 69 individuos de murciélagos, distribuidos en 19 especies, pertenecientes a cuatro subfamilias y dos familias, siendo la familia Phyllostomidae la que registró el mayor valor de riqueza y abundancia. Con respecto a la condición reproductiva del total de individuos reportados en el área de estudio, se encontró tanto un mayor número de machos como de hembras en estadio no reproductivos.
- De acuerdo al promedio ponderado de concentración de mercurio por especie registrada, la especie *Saccopteryx bilineata* registró la mayor concentración de mercurio, posiblemente debido a que al ser insectívora ligada a cuerpos de agua, existe mayor bioacumulación de este metal pesado (mercurio).
- Del análisis de concentración de mercurio de nueve especímenes de murciélagos por estadio reproductivo, los machos y hembras en estadio no reproductivo registraron mayores concentraciones de mercurio en comparación de los machos reproductivos. Es importante mencionar que no se analizó muestras de hembras en estadio reproductivo.
- De acuerdo al promedio ponderado de concentración de mercurio por gremio trófico reportado en el área de estudio (adyacente al río Madre de Dios), el gremio trófico insectívoro reportó mayor concentración de mercurio, probablemente debido a que

- estas especies hayan estado bioacumulando mercurio en el cuerpo por estar alimentándose de dichos insectos ligados a la zona de influencia del río Madre de Dios.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer el mismo análisis durante diferentes temporadas (época húmeda y época seca) y durante la temporada de transición de la época seca a época húmeda, para contrastar la información de lectura de mercurio del presente estudio con las lecturas de las otras temporadas de evaluación.
- Para el análisis de mercurio en quirópteros, se recomienda coleccionar un mínimo de 20 miligramos de muestras de pelo por individuo de murciélago capturado, este pelo puede ser cortado del pecho y espalda de cada individuo.
- Debido a que el presente trabajo es la primera evaluación de mercurio en el orden Chiroptera en la región Madre de Dios, se recomienda hacer un análisis similar en zonas de impacto por la minería informal (e.g. La Pampa) y de zonas donde no haya impacto de la minería (como blanco o testigo) y poder comparar la concentración de mercurio registrada por los quirópteros de dichas áreas.
- Para brindar un mayor soporte de la bioacumulación de mercurio en los gremios tróficos Carnívoro e Insectívoro, se recomienda elaborar un estudio de la dieta de las especies de murciélagos presentes en esta zona de influencia, realizando una colecta de los posibles frutos (en caso de omnívoros y frugívoros) y de especies presa (en caso de carnívoros e insectívoros), y posteriormente realizar el análisis de la concentración de mercurio que puedan tener éstas.
- Agregar técnicas de captura diferentes a redes de neblina en sotobosque, como colocar redes en dosel (para murciélagos de espacios abiertos), búsqueda de refugios (hojas, troncos huecos, hormigueros, techos de casa, etc.) y su posterior colecta con redes tipo

- atrapa mariposas. De esta manera aumentará la probabilidad de registrar un mayor número de especies y familias.
- Realizar un monitoreo a largo plazo y en diferentes zonas, de las especies de murciélagos; que pueda capturar posibles fluctuaciones en la concentración de mercurio. Que podrían relacionarse con diversos factores e incluso brindar información importante sobre el cambio climático como se sugiere en Mena *et al.* (2011).

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abollino, O; Aceto, M; Malandrino, M; Mentaste, E; Sarzanini, C; Barberis, R. 2002. Distribution and Mobility of Metals in Contaminated Sites. Chemometric Investigation of Pollutant Profiles. *Environmental Pollution*, 119: 177.

Aguilar, LMS; Marinho-Filho, J. 2004. Activity patterns of nine phyllostomid bats in a fragment of the Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21(2): 385-390.

Aguirre, A; Vargas, A; Solari, S. 2009. Clave de campo para la identificación de los murciélagos de Bolivia. Centro de Estudios en Biología Teórica y Aplicada. Cochabamba, Bolivia. 38 p.

Aguirre, L. 2007. Historia Natural, Distribución y Conservación de los Murciélagos de Bolivia. Editorial: Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño Santa Cruz, Bolivia. 416 pp.

Ahumada R. 1994. Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb y Zn) en tejidos de invertebrados béticos de Bahía San Vicente, Chile. *Revista de Biología Marina*. 29(1): 77-87.

Amazon Planet. 2017. Amazon Planet: Ubicación (en línea). Madre de Dios, Perú. Consultado 10 jul. 2017. Disponible en <http://www.amazonplanetperu.com/en/>

ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2010. Estudio Hidrológico de la cuenca Madre de Dios. Madre de Dios, Perú.

Andina. 2011. Brack: Destrucción de dragas informales es por la salud y el futuro de Madre de Dios (en línea). Lima, Perú. Consultado 09 jul. 2017. Disponible en <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-brack-destruccion-dragas-informales-es-por-salud-y-el-343976.aspx>

Aragón, G; Aguirre, M. 2007. Conservación, distribución y densidad poblacional de *Platalina genovensium* (Thomas, 1928) en las Lomas del Morro Sama, distrito de Sama, Provincia de Tacna. Zonas Áridas. 11(1): 219-232.

Arias Chauca, L. 1997. Gremios alimenticios en una comunidad de murciélagos de sotobosque de la Amazonía Central. Acad. Bras. Ci. 69(2):243-252.

Arias, E; Cadenillas, R; Pacheco, V. 2009. Dieta de murciélagos nectarívoros del Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes. Re. Peru. Bio. 16(2): 187-190.

Ascorra, CF; Gorchov, DL; Cornejo, F. 1993. The bats from Jenaro Herrera, Loreto, Peru. Mammalia 57(4): 533–552.

August, P.V; Baker, R.J. 1982. Observations on the reproductive ecology of some Neotropical bats. Mammalia. 46:177-181.

Bat Conservation Trust. 2016. Bats of the world consulta 29 de mayo <http://www.bats.org.uk/publications.php>.

Bejarano-Bonilla, DA. 2007. Diversidad y distribución de la fauna quiróptera en un transecto altitudinal en el departamento del Tolima, Colombia. Caldasia 29(2):297-308.

Bizerril, M; Raw, A. 1998. Feeding behavior of bats and the dispersal of *Piper arboreum* sedes in Brazil. Short communication. Journal of Tropical Ecology. Cambridge University Press 14(1): 109 – 114.

Blair, R. 1999. Birds and butterflies along an urban gradient: surrogate taxa for assessing biodiversity? Ecological Applications 9:164-170.

Bolaños-Álvarez, Y; Cos-Negret, K; Guillén-Arruebarrena, A; Torres-Martín, AM. 2016. Validación del método de determinación de mercurio en muestras de sedimentos y tejidos

biológicos utilizando un Analizador Directo de Mercurio (DMA-80). Rev. Cubana Quím. 28(3):784-792.

Bonaccorso F.J. 1979. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. Bull. Fla. State. Mus. Biol. Ser. 24: 359-408.

Brack, A; Ipenza, C; Alvarez, J; Sotero, V. 2011. Minería Aurífera en Madre de Dios y Contaminación con Mercurio - Una Bomba de Tiempo. Ministerio del Ambiente. Perú.

Brack, A; Ipenza, C; Álvarez, J; Sotero, V. 2011. Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación de mercurio – Una bomba de tiempo. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

Carrasco Rueda, FM. 2011. Diversidad y distribución de especies de quirópteros en relictos de bosque de la provincia de Chanchamayo. Tesis MSc. Lima, Perú, UNALM. 7p.

Castro–Luna, AA; Sosa, VJ; Castillo–Campos, G. 2007. Quantifying phyllostomid bats at different taxonomic levels are ecological indicators in a disturbed tropical forest. Acta Chiropterologica 9(1): 219 – 228.

Delgado, C. 2010. Variación estacional en la diversidad y estado reproductivo de quirópteros con énfasis en los géneros *Sturnira* y *Carollia* (Chiroptera: Phyllostomidae) en el bosque nublado de San Pedro- Cusco. Tesis para optar el grado de Bióloga. UPCH.

Díaz, M; Aguirre, L; Basquez, R. 2011. Clave de identificación de los murciélagos del cono sur de sudamerica. Centro de Estudios en Biología Teórica y Aplicada. Cochabamaba, Bolivia. 94 pp.

El Comercio. 2013. Madre de Dios: problema ecológico sin solución. Lifweek 13. 29 de diciembre del 2009.

EPA. 1998. Method 7473 (SW-846): Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry. Revision 0.

Estrada-Villegas, S; Pérez-Torres, J; Stevenson, P. 2007. Dispersión de semillas por murciélagos en un borde de bosque montano. Ecotrópicos. 20(1): 1-14.

Fenton, M. 1992. Bats. Facts on File. New York.

- Fleming T.H., Hooper E.T., & Wilson D.E. 1972. Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. *Ecology*. 53: 653-670.
- Fleming, TH; Heithaus; ER. 1981. Frugivorous bats, seed shadows and the structure of tropical forests. *Biotropica* 13: 45-53.
- Flores-Saldaña. 2008. Estructura de las comunidades de murciélagos en un gradiente ambiental en la Reserva de la Biósfera y tierra comunitaria de Origen Pilon Lajas, Bolivia. *Mastozoología Neotropical* 15(2):309-322.
- Forsberg, B. 2014. Mercurio en la cuenca de río Madre de Dios: Un examen crítico de los niveles de contaminación existentes y sus posibles causas y consecuencias. Documento de trabajo #13. Wildlife Conservation Society. Lima, Perú.
- Franklin, J. 1992. An ecologists view of sustainability. *Defining sustainable forestry*. Island Press, Washington, D.C.
- Galindo-González, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 73: 57-74.
- Gándara, G; Correa, A; Hernández, C. 2006. Valoración económica de los servicios ecológicos que prestan los murciélagos *Tadarida brasiliensis* como controladores de plagas en el norte de México. Tecnológico de Monterrey. EGAP. Pags. 1-18.
- García, I. and Dorronsoro, C. 2005. Contaminación por Metales Pesados. En *Tecnología de Suelos*. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola. <http://edafologia.ugr.es>
- Gardner, A. 1977. Feeding Habits. Pp: 293-350. En R.J. Baker, J.K. Jones, Jr., & D. C. Carter (Eds.) *Biology of bats of the new world, family Phyllostomidae*. Part II, Spec. Public. Mus. Texas Tech Univ., 13.
- Giannini, N; Barquez, R. 2003. *Sturnira erythromos*. *Mammalian Species* No. 729. p. 1-5.



Gil, M; Torres, A; Harvey, M; Esteves, J. 2006. Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 41(2): 167-176.

Gilbert, S. (2012). A Small Dose of Mercury or An Introduction to The Health Effects of Mercury. *A Small Dose of Toxicology*. Seattle, Healthy World Press: 97-111.

Goldman, L; Henson, O. 1977. Prey recognition and selection by the constant frequency bat, *Pteronotus, P. parnellii*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 2: 411– 419.

Gonçalves Da Silva, A; Gaona, O; Medellín, R. 2008. Diet and trophic structure in a community of fruit-eating bats in Lacandon forest, México. *Journal of Mammalogy*. 89(1): 43-49.

Greenhall, A. 1965. Importancia de los murciélagos y de su control en la salud pública con especial referencia a Trinidad. *Bol. Oficina Sanit. Panam.*, v.58, p.294-302.

Hodgkinson, RS; Balding, A; Zubaid; T; Kunz, H. 2003. Fruit bats (Chiroptera: Pteropodidae) as seed dispersers and pollinators in a lowland Malaysian rain forest. *Biotropica* 35: 491–502.

Hoenerhoff, M; Williams, K. 2004. Copper-associated hepatopathy in a Mexican fruit bat (*Artibeus jamaicensis*) and establishment of a reference range for hepatic copper in bats. *J Vet Diagn Invest.* 16: 590-593.

Howe, HF; Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228.

Info región. 2010. Intervienen cuatro dragas dedicadas a la minería ilegal en Puerto Maldonado (en línea). Madre de Dios, Perú. Consultado 08 jul. 2017. Disponible en <http://www.inforegion.pe/71301/intervienen-cuatro-dragas-dedicadas-a-la-mineria-ilegal-en-puerto-maldonado/>

Kalko, E. 1997. Diversity in tropical bats. Pp. 13-43. En: Ulrich H. (Ed.). *Tropical Biodiversity and systematics*. Boom: Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander König.

Khatoonabadi, A., Sheikh H., Khalili B. 2008. Effect of mercury on the human health and environmental: A review. *International Journal of Food Safety, Nutrition and Public Health* 1:33-50.

Kumar, A. 2012. Acumulación de mercurio en los murciélagos por la minería del oro en Amazonia, Perú. Massachusetts Institute of Technology.

Kunz, T.H. 1982. Roosting Ecology. En: *Ecology of bats* (Ed. KUNZ, T.H.), pp. 1-56, New York/London: Plenum Press.

Kunz, T; Fenton, M. 2003. *Bat Ecology*, University of Chicago Press, 798 p.

La Prensa. 2014. Madre de Dios: Destruyen más de 180 motores y dragas de mineros informales (en línea). Lima, Perú. Consultado 08 jul. 2017. Disponible en <http://laprensa.peru.com/actualidad/noticia-madre-dios-destruyen-mas-180-motores-y-dragas-mineros-informales-25600>

LaVal, R. 1973. A revision of the Neotropical bats of the Genus *Myotis*. *Natural History Museum. Los Angeles County. Science Bulletin* 15. 54 p.

LIM, B.K. 1998. Relative abundance of small tent-roosting bats (*Artibeus phaeotis* and *Uroderma bilobatum*) and foliage tents (*Carludivica palmata*) in Panama. *Bat Research News* 39:1-3.

Llorente, B., Virseda Ch., Peral J., Sanz G., Ruiz T., López C. (2011). “Metilmercurio en el cabello de población infantil”. *Sanidad Militar* 67:299-303.

Loayza, AP; Ríos, RS; Larrea-Alcázar, DM. 2006. Disponibilidad de recurso y dieta de murciélagos frugívoros en la Estación Biológica Tunquini, Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 41(1):7-23.

López, JE; Vaughan, C. 2004. Observations on the role of frugivorous bats as seed dispersers in Costa Rican secondary humid forests. *Acta Chiropterologica* 6: 111-119.

Lou, S; Yurrita, C. 2005. Análisis de nicho alimentario en la comunidad de murciélagos frugívoros de Yaxhá, Petén, Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana*. 21(1): 83-94.

Macswiney MC; Bolívar, B; Clarke, FM; Racey, P. 2006. Nuevos registros de *Pteronotus personatus* y *Cynomops mexicanus* (Chiroptera) en el estado de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 10:80-87.

Marcovecchio, JE; Moreno, VJ; Pérez, A. 1991. Metal accumulation in tissues of sharks from Bahia Blanca estuary, Argentina. *Mar. Environm. Res.*, 31: 263-274.

Medellín, RA. 1989. Mammalian species *Chrotopterus auritus*. *The American Society of Mammalogists*. 343:1-5.

Medellín, RA; Gaona, O. 1999. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, México. *Biotropica* 31: 478-485.

Mello, M; Kalko, E; Silva, W. 2008. Diet and abundance of the bat *Sturnira lilium* (Chiroptera) in a Brazilian montane Atlantic forest. *Journal of Mammalogy*. 89(2): 485-492.

Mena, JL. 2010. Respuestas de los murciélagos a la fragmentación del bosque en Pozuzo, Perú. *Rev. peru. biol.* 17(3):277-284.

Mena, JL; Solari, S; Carrera, JP; Aguirre, LF; Gomez, H. 2011. Small Mammal Diversity in the Tropical Andes: An overview. *In*: Herzog, SK; Martínez, R; Jorgensen, PM; Tiessen, H. eds. *Climate change in biodiversity in the Tropical Andes*. p. 260-275.

Mena, JL; Williams, M. 2002. Diversidad y patrones reproductivos de quirópteros en un área urbana de Lima, Perú. *Ecología Aplicada*. 1(1):1-8.

Mickleburgh, S; Hutson, A; Racey, P. 1992. Old World Fruit Bats An Action Plan for their Conservation. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland. On line.

Milestone. 2013. DMA-80 Analizador directo de mercurio para muestras sólidas, líquidas y gaseosas (en línea). Lima, Perú. Consultado 10 sep. 2017. Disponible en <https://www.milestonesrl.com/es/mercurio/dma-80.html>

MINEM (Ministerio De Energía y Minas, Perú). 2010. Minería aurífera en el departamento de Madre de Dios. Perú.

Nam, D; Yates, D; Ardapple, P; Evers, D; Schmerfeld, J; Basu, N. 2012. Elevated mercury exposure and neurochemical alterations in little brown bats (*Myotis lucifugus*) from a site with historical mercury contamination. *Ecotoxicology* 21: 1094 – 1101.

O'Donnell, C.F.J. 2000. Influence of season, habitat, temperatura, and invertebrate availability on nocturnal activity of the New Zealand long-tailed bat (*Chalinolobus tuberculatus*). *New Zealand Journal of Zoology*. 27:207-221.

Oria, FV; Machado, MC. 2007. Determinación de la dieta de algunas especies de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) de la Cordillera Central de Venezuela. *Faraute Ciens. y Tec.* 2(2):5-15.

Orozco-Segovia, A., C. Vasquez-Yanes, M.A. Armelia & N. Correa. 1985. Interacciones entre una población de la especie de *Artibeus jamaicensis* y la vegetación del área circundante, en la región de los Tuxtlas, Veracruz. pp. 365-377.

Ortega, J; Alarcón, D. 2008. *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Mammalian Species*. 818: 1-7.

Osores F; Rojas J.E; Lara C.H.M. 2012. Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública.

Osores Plenge, F; Rojas Jaimes, JE; Manrique Lara Estrada, CH. 2012. Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública. *Acta Med. Per.* 29(1)38-42.

Ospina-Ante, O; Gómez, LG. 1999. Riqueza, abundancia relativa y patrones de actividad temporal de la comunidad de mur-cié-lagos de la Reserva Natural La Planada, Nariño, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 23(Suplemento especial): 659-669.

Pacheco, V; Cadenillas, R; Salas, E; Tello, C; Zeballos, H. 2009. Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Rev. peru. biol.* 16(1):5-32.

Pacheco, V; Solari, S. 1997. Manual de los murciélagos peruanos con énfasis en las especies hematófagas. Lima – Perú. MHN, UNMSM. 70 p.

Patterson, B; Pacheco, V; Solari, S. 1996. Distributions of bat along an elevational gradient in the Andes of southeastern Perú. *The Zoological Society of London*. 240: 637-658.

Peña, C., Carter D., Ayala-Fierro F. 2001. Toxicología Ambiental. Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. Arizona, The University of Arizona.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2008. El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala. Nairobi, Kenya.

PNUMA. 2005. Evaluación Mundial Sobre el mercurio. <http://www.chem.unep.ch>, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Poulin, J y Gibb, H. 2008. Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. *Salud Pública y Medio Ambiente Ginebra 2008*. OMS.

Prieto Méndez, J; González Ramírez, CA; Román Gutiérrez, AD; Prieto García, F. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelo y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10:29-44.

Racero-Casarrubia, J; Pinedo-Hernández, J; Ballesteros,-Correa, J; Marrugo-Negrete, J. 2017. Metales pesados en especies de murciélagos (Quiróptera) asociadas a una finca bajo manejo silvopastoril en el departamento de Córdoba, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*. 33(1):45-54.

Ramírez González, A. 2005. Ecología aplicada: diseño y análisis estadístico. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.

Ríos-Blanco, MC; Pérez-Torres, J. 2015. Dieta de las especies dominantes del ensamblaje de murciélagos frugívoros en un Bosque Seco Tropical (Colombia). *Mastozoología Neotropical*. 22(1):103-111.

Rodrigo, A; Héctor, T; Oscar, S. 2008. Identificación de los Murciélagos de México. Diseño de edición por Maricarmen García.

Rodríguez-Herrera, B; Medellín, R.A; Timm, R.M. 2007. Neotropical Tent-roosting Bats / Murciélagos neotropicales que acampan en hojas. Editorial INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 184 pp.

SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre). 2017. Perú megadiverso: Diversidad de especies (en línea). Lima, Perú. Consultado 29 may. 2017. Disponible en <http://www.serfor.gob.pe/peru-megadiverso/diversidad-de-especies>

Spain, A. 2003. Implications Of Microbial Heavy Metals Tolerance in the Environment. *Reviews In Undergraduate Research*, 2:1-6

SPDA Actualidad Ambiental. 2016. Madre de Dios: minería ilegal afecta río frente a Puerto Maldonado (en línea). Lima, Perú. Consultado 09 jul. 2017. Disponible en <http://www.actualidadambiental.pe/?p=39599>

SPDA Actualidad Ambiental. 2017. MAAP: Tasa de deforestación se ha reducido dentro de la Reserva Tambopata (en línea). Lima, Perú. Consultado 09 jul. 2017. Disponible en <http://www.actualidadambiental.pe/?p=45026>

Stoner, KE. 2002. Murciélagos nectarívoros y frugívoros del bosque tropical caducifolio de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. *Historia Natural de Chamela*. México. pp.379-395.

Suárez Castro, AF. 2012. Dispersión de semillas por murciélagos en zonas abiertas heterogéneas adyacentes a fragmentos de bosque de la Orinoquía Colombiana. Tesis Magister. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Timbrell, J. (2009). *Biochemical Mechanisms of Toxicity: Specific Examples*. *Principles of Biochemical Toxicology*. New York,informa Healthcare, 387-390.

Voigt, CC; Schneeberger, K; Luckner, A. 2013. Ecological and dietary correlates of stable hydrogen isotope ratios in fur and body wáter of syntopic tropical bats. *Ecology*. 94(2):346-355.

- Wada, H; Yates, D; Evers, D; Taylor, R; Hopkins, W. 2010. Tissue mercury concentrations and adrenocortical responses of female big brown bats (*Eptesicus fuscus*) near a contaminated river. *Ecotoxicology*. 19: 1277 – 1284.
- Webb, J; Mainville, N; Mergler, D; Lucotte, M; BetanCourt, O; Davidson, R; Cueva, E; Quizhpe, E. 2004. Mercury in fish-eating communities of the Andean Amazon, Napo River Valley, Ecuador. *EcoHealth* 1(SUP 2): 59-71.
- WHO. 2005. Mercury in Health Care. Ginebra, World Health Organization: 1-3.
- Williams, M; Ramos, D; Butrón, A; Gonzales-Zúñiga, S; Ortiz, N; La Torre, B. 2010. Concentraciones de metales pesados en murciélagos del lodge “Cock of The Rocks” y alrededores, Kosñipata, Cuzco, Perú. *Ecología Aplicada*. 9(2): 133-139.
- Willig, M; Camilo, G; Noble, S. 1993. Dietary overlap in frugivorous and insectivorous bats from edaphic Cerrado habitats of Brazil. *J. Mammal*. 74:117- 128.
- Wilson, D; Reeder, D. 1993. Mammal species of the world, a taxonomic and geographic reference. 2<sup>nd</sup> edition. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Zortéa, M; Alho, CJR. 2008. Bat diversity of a Cerrado habitat in central Brazil. *Biodiversity and Conservation* 17(4):791-805.
- Zurc, D; Velazco, PM. 2010. Análisis morfológico y morfométrico de *Carollia colombiana* Cuartas et al. 2001 y *C. monohernandezii* Muñoz et al. 2004 (Phyllostomidae: Carollinae) en Colombia. *Chiroptera Neotropical*. 16(1):567-572.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Lista de especies de murciélagos registrados en el área de estudio

Familia	Subfamilia	Especie	Nombre Común	Abundancia
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Saccopteryx bilineata</i>	Murcielaguito negro de listas	2
		<i>Saccopteryx leptura</i>	Murcielaguito pardo de listas	1
Phyllostomidae	Carollinae	<i>Carollia brevicauda</i>	Murciélago frutero colicorto	19
		<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago frutero común	8
		<i>Rhinophylla pumilio</i>	Murciélago pequeño frutero común	1
	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	Falso vampiro	1
		<i>Lophostoma silvicolum</i>	Murciélago de orejas redondas de garganta blanca	2
		<i>Phyllostomus elongatus</i>	Murciélago hoja de lanza alargado	2
		<i>Phyllostomus hastatus</i>	Murciélago hoja de lanza mayor	1
		<i>Trachops cirrhosus</i>	Murciélago verrucoso	3

FUENTE: Pacheco et al., 2009.



**Continuación.**

<b>Familia</b>	<b>Subfamilia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Abundancia</b>
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Artibeus lituratus</i>	Murcielaguito frugívoro mayor	1
		<i>Artibeus planirostris</i>	Murciélago frutero de rostro plano	2
		<i>Artibeus sp.</i>	Murciélago frutero	6
		<i>Chiroderma villosum</i>	Murciélago de líneas tenues	3
		<i>Platyrrhinus infuscus</i>	Murciélago de nariz ancha de listas tenues	3
		<i>Sturnira lilium</i>	Murciélago de charreteras amarillas	2
		<i>Sturnira tildae</i>	Murciélago de charreteras rojizas	2
		<i>Vampyressa thyone</i>	Murciélago de orejas amarillas ecuatoriano	8
		<i>Vampyrodes caraccioli</i>	Murciélago de listas pronunciadas	1

FUENTE: Pacheco et al., 2009.

**Anexo 2: Condición reproductiva de los individuos de murciélagos registrados en el área de estudio**

Familia	Subfamilia	Especie	Condición reproductiva			
			Reproductivo		No reproductivo	
			Macho	Hembra	Macho	Hembra
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Saccopteryx bilineata</i>		1	1	
		<i>Saccopteryx leptura</i>			1	
Phyllostomidae	Carollinae	<i>Carollia brevicauda</i> <sup>(1)</sup>	6	1	6	6
		<i>Carollia perspicillata</i>	1		4	3
		<i>Rhinophylla pumilio</i>	1			
	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>			1	
		<i>Lophostoma silvicolum</i>				2
		<i>Phyllostomus elongatus</i>			1	1
		<i>Phyllostomus hastatus</i>			1	
	Stenodermatinae	<i>Trachops cirrhosus</i>	1		1	1
		<i>Artibeus lituratus</i>	1			
		<i>Artibeus planirostris</i>	1	1		
		<i>Artibeus sp.</i>	2	1	1	2
		<i>Chiroderma villosum</i>		1	2	
		<i>Platyrrhinus infuscus</i>	2		1	
		<i>Sturnira lilium</i>			1	1
		<i>Sturnira tildae</i>			1	1
<i>Vampyressa thylene</i>		1	2	5		
<i>Vampyroides caraccioli</i>				1		
<b>Total estadio reproductivo</b>			<b>15</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>23</b>
<b>Total género</b>			<b>21</b>		<b>47</b>	

Nota: (1) No se determinó el estadio reproductivo de un individuo de esta especie ya que se escape.

**Anexo 3: Abundancia de individuos de murciélagos registrados en el área de estudio por gremio trófico.**

<b>Familia</b>	<b>Subfamilia</b>	<b>Especie</b>	<b>Carnívoro</b>	<b>Frugívoro</b>	<b>Insectívoro</b>	<b>Omnívoro</b>
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Saccopteryx bilineata</i>	0	0	2	0
		<i>Saccopteryx leptura</i>	0	0	1	0
Phyllostomidae	Carollinae	<i>Carollia brevicauda</i>	0	20	0	0
		<i>Carollia perspicillata</i>	0	8	0	0
		<i>Rhinophylla pumilio</i>	0	1	0	0
	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	1	0	0	0
		<i>Lophostoma silvicolum</i>	0	0	2	0
		<i>Phyllostomus elongatus</i>	0	0	0	2
		<i>Phyllostomus hastatus</i>	0	0	0	1
	Stenodermatinae	<i>Trachops cirrhosus</i>	3	0	0	0
		<i>Artibeus lituratus</i>	0	1	0	0
		<i>Artibeus planirrostris</i>	0	2	0	0
		<i>Artibeus sp.</i>	0	6	0	0
		<i>Chiroderma villosum</i>	0	3	0	0
		<i>Platyrrhinus infuscus</i>	0	3	0	0
		<i>Sturnira lilium</i>	0	2	0	0
		<i>Sturnira tildae</i>	0	2	0	0
		<i>Vampyressa thuyone</i>	0	8	0	0
<i>Vampyrodes caraccioli</i>	0	1	0	0		
<b>Total</b>			<b>4</b>	<b>57</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

FUENTE: Kalko, 1997; Patterson et al., 1996; Flórez-Saldaña, 2008.

**Anexo 4: Lectura de pelos de murciélagos en el equipo DMA-80 (analizador directo de mercurio)**

<b>Especie</b>	<b>Código de Colecta</b>	<b>Codificación Laboratorio</b>	<b>Peso de Muestras (mg)</b>	<b>Concentración de Hg (ppm)</b>
<i>Saccopteryx leptura</i>	PTT010	A2	22.8	0.9688
<i>Saccopteryx bilineata</i>	PTT063	A8	31.3	2.39
<i>Saccopteryx bilineata</i>	PTT064			
<i>Chrotopterus auritus</i>	PTT006	A1	31.3	0.9747
<i>Trachops cirrhosus</i>	PTT057	A6	38.5	1.2471
<i>Trachops cirrhosus</i>	PTT066			
<i>Trachops cirrhosus</i>	PTT017	A3	41.6	0.6785
<i>Lophostoma silvicolum</i>	PTT065	A9	13.1	0.4209
<i>Lophostoma silvicolum</i>	PTT067	A10	25.6	0.5356
<i>Phyllostomus hastatus</i>	PTT056	A5	19.1	0.3066
<i>Phyllostomus elongatus</i>	PTT058	A7	31.5	0.4822
<i>Phyllostomus elongatus</i>	PTT059			
<i>Artibeus lituratus</i>	PTT024	A11	30.8	0.0215
<i>Artibeus planirostris</i>	PTT029	A12	43.9	0.0266
<i>Artibeus planirostris</i>	PTT032			
<i>Artibeus sp.</i>	PTT050	A13	67.4	0.012
<i>Artibeus sp.</i>	PTT051			
<i>Artibeus sp.</i>	PTT052			
<i>Artibeus sp.</i>	PTT053			
<i>Artibeus sp.</i>	PTT054			
<i>Artibeus sp.</i>	PTT055			
<i>Chiroderma villosum</i>	PTT041	A14	58.5	0.0169
<i>Chiroderma villosum</i>	PTT042			
<i>Chiroderma villosum</i>	PTT044			
<i>Platyrrhinus infuscus</i>	PTT035	A15	77.1	0.0146
<i>Platyrrhinus infuscus</i>	PTT038			
<i>Platyrrhinus infuscus</i>	PTT061			
<i>Vampyressa thyone</i>	PTT021	A17	86.7	0.0206
<i>Vampyressa thyone</i>	PTT023			
<i>Vampyressa thyone</i>	PTT031			
<i>Vampyressa thyone</i>	PTT033			
<i>Vampyressa thyone</i>	PTT036			
<i>Vampyressa thyone</i>	PTT037			
<i>Vampyressa thyone</i>	PTT039			
<i>Vampyressa thyone</i>	PTT043			
<i>Vampyrodes caraccioli</i>	PTT026	A22	11.8	0.0176

FUENTE: Científica Andina S.A.C.

**Continuación.**

<b>Especie</b>	<b>Código de Colecta</b>	<b>Codificación Laboratorio</b>	<b>Peso de Muestras (mg)</b>	<b>Concentración de Hg (ppm)</b>
<i>Sturnira lilium</i>	PTT013	A16	22	0.018
<i>Sturnira lilium</i>	PTT025			
<i>Sturnira tildae</i>	PTT007	A18	18.3	0.0255
<i>Sturnira tildae</i>	PTT019			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT005	A19	81.1	0.2872
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT014			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT018			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT027			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT028			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT034			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT047			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT049			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT060			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT068			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT069			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT015			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT030			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT001	A4	71.7	0.2831
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT002			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT003			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT004			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT008			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT009			
<i>Carollia brevicauda</i>	PTT011			
<i>Carollia perspicillata</i>	PTT016			
<i>Carollia perspicillata</i>	PTT020	A21	103.2	0.3973
<i>Carollia perspicillata</i>	PTT022			
<i>Carollia perspicillata</i>	PTT040			
<i>Carollia perspicillata</i>	PTT045			
<i>Carollia perspicillata</i>	PTT046			
<i>Carollia perspicillata</i>	PTT048			
<i>Carollia perspicillata</i>	PTT062			
<i>Rhinophylla pumilio</i>	PTT012	A23	11.5	0.0964

FUENTE: Científica Andina S.A.C.

### Anexo 5: Concentración por gremio trófico

Gremio Trófico	Especie	Peso de Muestras (mg)	Concentración de Hg (ppm)
Insectívoro	<i>Saccopteryx leptura</i>	92.800	1.251
	<i>Saccopteryx bilineata</i>		
	<i>Lophostoma silvicolum</i>		
Carnívoro	<i>Chrotopterus auritus</i>	111.400	0.958
	<i>Trachops cirrhosus</i>		
Omnívoro	<i>Phyllostomus hastatus</i>	50.600	0.416
	<i>Phyllostomus elongatus</i>		
Frugívoro	<i>Artibeus lituratus</i>	706.600	0.136
	<i>Artibeus planirrostris</i>		
	<i>Artibeus sp.</i>		
	<i>Chiroderma trinitatum</i>		
	<i>Platyrrhinus infuscus</i>		
	<i>Vampyressa thuyone</i>		
	<i>Vampyrodes caraccioli</i>		
	<i>Sturnira lilium</i>		
	<i>Sturnira tildae</i>		
	<i>Carollia brevicauda</i>		
	<i>Carollia perspicillata</i>		
	<i>Rhinophylla pumilio</i>		

Nota: Se realizó un promedio ponderado para determinar la concentración por gremio trófico.

FUENTE: Científica Andina S.A.C.