

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología - Microbiología

“Diversidad y distribución del Orden Chiroptera en una
gradiente altitudinal en la cuenca del río Locumba,
provincia de Jorge Basadre - Tacna”

TESIS

Presentada por:

Bach. GIÜSEPPY EDISON CALIZAYA MAMANI

Para optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO MICROBIÓLOGO

TACNA - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, TACNA

FACULTAD DE CIENCIAS

TESIS N° 295 TÍTULO PROFESIONAL BIÓLOGO – MICROBIÓLOGO

El Secretario Académico de la Facultad de Ciencias, certifica que por Resolución de Facultad N° 8719-2017-FACI-UN/JBG, el Consejo de Facultad ha designado como jurados para la sustentación de la tesis; **"Diversidad y distribución del Orden Chiroptera en una gradiente altitudinal en la cuenca del río Locumba, provincia de Jorge Basadre - Tacna"**, el mismo que está conformado:

PRESIDENTE: DR. DALADIER MIGUEL CASTILLO COTRINA

SECRETARIO: MSc. VICENTE FREDDY CHAMBILLA QUISPE

VOCAL: BLGO. VÍCTOR CARBAJAL ZEGARRA

Para examinar y calificar la sustentación de tesis en acto público el día 18 de enero de 2017 a las 11:25 horas.

Presentado por el Bachiller: **GIÜSEPPY EDISON CALIZAYA MAMANI**, de la Escuela Profesional de Biología - Microbiología.

Los miembros de Jurado Calificador, en forma individual y secreta emitieron su calificación sobre la tesis expuesta y procedió a emitir el siguiente resultado; Aprobada por **UNANIMIDAD**, con el calificativo de **SOBRESALIENTE** y promedio 17.

Para ratificar lo detallado firman:



Presidente



Secretario



Vocal

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre Erfania, quien en su indesmayable labor de educarme, supo guiarme por el camino del bien y sigue iluminándome día a día para ser un triunfador en la vida, a Maribel Carbajal Ticona quien es como mi segunda madre y siempre me da los ánimos para continuar. A Marisel Flores Quispe, mi compañera de aventuras, viajes y desafíos interminables en pos de conocer más acerca de los misterios de la vida. Al Programa de Conservación de Murciélagos del Perú por haberme permitido aprender y superarme como persona y profesional, al Mgr. Giovanni Aragón Alvarado por toda la paciencia, sabiduría y dedicación en cada una de sus palabras y consejos los cuales me inspiran día a día para seguir creciendo en el camino de la investigación.

A los murciélagos por ser tan extraordinarios.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque sin él nada de esto hubiese sido posible. Mi agradecimiento profundo al Mgr. Giovanni Aragón Alvarado por los valiosos consejos de asesor y amigo para la consecución de esta investigación.

Al Departamento de Mastozoología del Museo de Historia Natural “Javier Prado” de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en la persona del Ph.D. Víctor Pacheco Torres, su curador y jefe, por brindarme la oportunidad de ser parte de su equipo investigador y por su gran apoyo en el uso de la colección científica de mamíferos para la revisión de especímenes.

A mis grandes amigos y excompañeros del Departamento de Mastozoología del Museo de Historia Natural “Javier Prado” de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Mgr. Edgardo Rengifo, Mgr. Natali Hurtado, Blga. Sandra Velazco, Blga. Edith Arias, Blga. María Peralta, Blga. Angie Uturnco, Blga. Edith Salas, Blga. Melisa del Alcázar, Blgo. Carlos Jiménez, Blgo. José Serrano, Blgo. Octavio Klauss Cervantes, Bach. José Álvarez y Bach. Pamela Sánchez, quienes me sirvieron de

inspiración y aportaron con sus consejos para la realización de esta investigación.

Al Blgo. Carlos Tello, Bach. Anthony Almeyda y Bach. Adela Aguilar, quienes me instruyeron en la captura, manipulación y preparación de ejemplares para colecciones científicas en varias expediciones de campo a diferentes lugares del Perú, las cuales tuvieron lugar durante mi estancia en el Museo de Historia Natural “Javier Prado” y que me sirvieron enormemente en las expediciones de campo de este estudio.

A Marisel Flores Quispe, mi compañera de aventuras, viajes y desafíos interminables. A los miembros del PCMP sede Tacna, en especial a Marcela Oversluijs, Gandhy Portugal, Yazmín Ticona, Sebastián Marmanillo, Valeria Flor, Richar Ramírez y Karen Neyra por su valioso apoyo en las expediciones de campo.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| RESUMEN | 1 |
| I. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 5 |
| 1.2. Hipótesis | 7 |
| 1.3. Objetivos | 7 |
| 1.3.1. Objetivo general | 7 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 8 |
| 1.4. Marco teórico | 9 |
| 1.4.1. El orden Chiroptera | 9 |
| A. Generalidades | 9 |
| B. Ecolocalización | 10 |
| C. Hábitos alimenticios | 11 |
| D. Refugios | 12 |
| 1.4.2. Los murciélagos en el Perú | 13 |
| 1.4.3. La altitud y la biodiversidad | 14 |
| 1.4.4. Influencia altitudinal sobre la diversidad de murciélagos | 18 |
| A. Aspectos anatómicos | 20 |

| | Pág. |
|--|------|
| B. Aspectos fisiológicos | 21 |
| C. Aspectos alimenticios | 23 |
| 1.4.5. Patrones de distribución de la diversidad de murciélagos en el Perú en gradientes altitudinales | 24 |
| 1.4.6. Avances en la investigación acerca del orden Chiroptera en la región Tacna | 26 |
| II. MATERIALES Y MÉTODOS | 29 |
| 2.1. Área de estudio | 29 |
| 2.1.1. El Desierto del Pacífico | 30 |
| A. Clima | 31 |
| B. Relieve | 32 |
| C. Vegetación | 33 |
| 2.1.2. La Serranía Esteparia | 35 |
| A. Clima | 35 |
| B. Relieve | 36 |
| C. Vegetación | 36 |
| 2.1.3. La Puna | 37 |
| A. Clima | 37 |
| B. Relieve | 38 |

| | Pág. |
|---|------|
| C. Vegetación | 38 |
| 2.2. Población y muestra | 39 |
| 2.3. Método | 39 |
| 2.3.1. Gradiente altitudinal | 39 |
| 2.3.2. Localidades evaluadas | 40 |
| A. Pampa Baja (36 m.s.n.m.) | 41 |
| B. Oconchay (913 m.s.n.m.) | 41 |
| C. Ilabaya (1 383 m.s.n.m.) | 42 |
| D. Toco Grande (2 119 m.s.n.m.) | 42 |
| E. Borogueña (2 820 m.s.n.m.) | 43 |
| F. Candarave (3 445 m.s.n.m.) | 43 |
| 2.3.3. Captura de los individuos y esfuerzo de muestreo | 44 |
| 2.3.4. Identificación de los individuos | 46 |
| 2.4. Análisis de datos | 46 |
| 2.4.1. Riqueza de especies | 46 |
| 2.4.2. Curva de acumulación de especies | 47 |
| 2.4.3. Abundancia relativa | 48 |
| 2.4.4. Curvas de Rango-Abundancia | 49 |
| 2.4.5. Índices de diversidad | 49 |

| | Pág. |
|--|------|
| A. Diversidad alfa (α) | 49 |
| -Índice de Shannon – Wiener (H') | 50 |
| -Índice de Simpson (D) | 51 |
| B. Diversidad beta (β) | 52 |
| -Índice de Jaccard | 52 |
| -Índice de Morisita-Horn | 53 |
| 2.4.6. Análisis de gradiente | 54 |
| 2.4.7. Perfil altitudinal de especies | 55 |
| 2.4.8. Modelado de distribución potencial de especies | 56 |
| III. RESULTADOS | 58 |
| 3.1. Ubicación de las localidades evaluadas y esfuerzo de captura | 58 |
| 3.2. Composición y riqueza de especies | 59 |
| 3.3. Curva de acumulación de especies | 66 |
| 3.4. Abundancia relativa | 69 |
| 3.5. Curvas de Rango – Abundancia | 71 |
| 3.6. Índices de diversidad | 75 |
| 3.6.1. Diversidad Alfa (α) | 75 |
| A. Índice de Shannon – Wiener | 75 |

| | Pág. |
|---|------|
| B. Índice de Simpson (D; 1-D) | 75 |
| 3.6.2. Diversidad Beta (β) | 78 |
| A. Matriz de similaridad – índices de Jaccard y Morisita | 78 |
| 3.7. Análisis de gradiente | 84 |
| 3.8. Perfil altitudinal | 88 |
| 3.9. Modelado de distribución potencial de especies | 92 |
| IV. DISCUSIÓN | 105 |
| V. CONCLUSIONES | 112 |
| VI. RECOMENDACIONES | 114 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 115 |
| VIII. ANEXOS | 138 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|------|
| ANEXO 1: Ubicación del área de estudio. | 139 |
| ANEXO 2: Mapa de las ecorregiones de Tacna. | 140 |
| ANEXO 3: Mapa de ubicación de las estaciones y localidades de muestreo en la cuenca del río Locumba. | 141 |
| ANEXO 4: Vistas de hábitat de las localidades evaluadas. | 142 |
| ANEXO 5: Instalación de redes de niebla en la cuenca del río Locumba. | 150 |
| ANEXO 6: Datos de ubicación de las redes de niebla utilizadas en el muestreo a lo largo de la cuenca del río Locumba. | 156 |
| ANEXO 7: Manipulación de ejemplares, toma de datos biométricos y marcaje. | 158 |
| ANEXO 8: Datos biométricos de los individuos capturados. | 161 |
| ANEXO 9: Variables climáticas utilizadas en la distribución potencial de especies en la cuenca del río Locumba. | 168 |
| ANEXO 10: Especies registradas en la cuenca del río Locumba. | 169 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|--|------|
| CUADRO 1: Ubicación de las localidades evaluadas. | 58 |
| CUADRO 2: Esfuerzo de captura expresado en Redes-Noche. | 58 |
| CUADRO 3: Número total de individuos capturados por especie y localidad de muestreo. | 59 |
| CUADRO 4: Abundancia relativa de individuos de las especies de murciélagos registradas en la cuenca del río Locumba. | 69 |
| CUADRO 5: Abundancia relativa del número de individuos de las especies registradas por localidad evaluada en la cuenca del río Locumba. | 71 |
| CUADRO 6: Índices de diversidad de especies de murciélagos por localidad evaluada en la cuenca del río Locumba. | 75 |
| CUADRO 7: Matriz de similaridad cuantitativa de las especies registradas en las localidades evaluadas considerando los índices de Jaccard y Morisita-Horn. | 78 |
| CUADRO 8: Especies registradas por localidad de muestreo. | 85 |

| | Pág. |
|--|------|
| CUADRO 9: Regresión lineal y polinomial cuadrática o de segundo grado de la riqueza total de especies y correlación de Pearson con la altitud. | 86 |
| CUADRO 10: Rangos altitudinales muestreados y bibliográficos de las especies de murciélagos de la cuenca del río Locumba. | 88 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | Pág. |
|--|------|
| GRÁFICO 1: Número total de individuos capturados por especie. | 60 |
| GRÁFICO 2: Proporción de las familias de murciélagos registradas en la cuenca del río Locumba. | 61 |
| GRÁFICO 3: Porcentaje de especies de murciélagos registradas en la cuenca del río Locumba. | 62 |
| GRÁFICO 4: Comparativo del número de especies e individuos por localidad de muestreo. | 64 |
| GRÁFICO 5: Comparativo del número de especies por familia y localidad de muestreo. | 65 |
| GRÁFICO 6: Curva de acumulación de las especies de murciélagos registradas de la cuenca del río Locumba a lo largo de una gradiente altitudinal. | 67 |
| GRÁFICO 7: Curvas de Rango-Abundancia de las especies de murciélagos registradas en la cuenca del río Locumba por localidad evaluada. | 72 |

| | Pág. |
|---|------|
| GRÁFICO 8: Dendograma de similaridad, análisis de clúster o agrupamiento en base al índice de similaridad Jaccard y UPGMA. | 79 |
| GRÁFICO 9: Dendograma de similaridad, análisis de clúster o agrupamiento en base al índice de similaridad de Morisita-Horn y UPGMA. | 82 |
| GRÁFICO 10: Análisis de gradiente mediante regresión lineal y regresión polinomial de segundo grado o cuadrática. | 87 |
| GRÁFICO 11: Diagrama de cajas de los rangos altitudinales muestreados y bibliográficos de las especies de murciélagos de la cuenca del río Locumba. | 90 |
| GRÁFICO 12: Mapa de distribución potencial de <i>A. schnablii</i> . | 93 |
| GRÁFICO 13: Mapa de distribución potencial de <i>M. kalinowskii</i> . | 95 |
| GRÁFICO 14: Mapa de distribución potencial de <i>P. davisoni</i> . | 97 |
| GRÁFICO 15: Mapa de distribución potencial de <i>H. macrotus</i> . | 99 |
| GRÁFICO 16: Mapa de distribución potencial de <i>H. montanus</i> . | 101 |
| GRÁFICO 17: Mapa de distribución potencial de <i>M. atacamensis</i> . | 103 |

RESUMEN

La presente investigación estudió la diversidad y distribución del Orden Chiroptera en la cuenca del río Locumba a lo largo de una gradiente altitudinal. La evaluación se llevó a cabo en dos temporadas: húmeda (Diciembre de 2013 y Enero de 2014) y seca (Junio de 2014), evaluándose seis localidades, manteniendo entre ellas una diferencia de aproximadamente 700 m.s.n.m., siempre que las condiciones logísticas y de terreno lo permitieron. Por cada localidad se emplearon 10 redes de niebla, acumulando un total de 360 RN (Redes-Noche) y 68 ejemplares capturados, registrando seis especies: *Amorphochilus schnablii*, *Mormopterus kalinowskii*, *Promops davisoni*, *Histiotus macrotus*, *H. montanus* y *Myotis atacamensis*; y tres familias: Furipteridae, Molossidae y Vespertilionidae. La riqueza de especies declinó con el aumento de la altitud, mostrando una correlación negativa ($r=-0,896$; $p=0,016$) significativa ($p<0,05$) al aplicar la correlación de Pearson. El modelo de distribución altitudinal de especies se ajustó mejor ($p<0,05$) al ser sometido a una regresión polinomial cuadrática ($r^2=0,955$; $p=0,010$) en comparación a la regresión lineal ($r^2=0,803$; $p=0,016$), describiendo un patrón de joroba (unimodal) e indicando una mayor riqueza de especies a alturas intermedias. Se elaboró el perfil altitudinal de las especies en base a sus rangos altitudinales probables, los cuales cumplen la regla de Stevens para gradientes altitudinales. Mapas de distribución potencial para los quirópteros de la cuenca del río Locumba fueron elaborados en el software MaxEnt versión 3.3.3k y proyectados en Arc Gis versión 10.2.1., brindando una comprensión gráfica de la distribución geográfica potencial de las especies registradas en esta cuenca y la región.

I. INTRODUCCIÓN

El incremento sustancial de investigaciones en mamíferos a nivel mundial y la explosión de investigaciones en mastozoología en el Perú sobre todo en el orden Chiroptera, ha dado lugar a la generación de nuevos conocimientos, los cuales han ido cubriendo vacíos de información en la distribución, ecología e historia natural de varias especies de mamíferos.

Los estudios en murciélagos en nuestro país se han concentrado en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, específicamente en las Yungas peruanas y la Selva baja, en donde la diversidad y riqueza de especies son abundantes, sin embargo, son muy pocos los que brindan información acerca de la variación de su diversidad y distribución a lo largo de una gradiente altitudinal. Los resultados de estas investigaciones muestran que existe una correlación significativa inversa de la riqueza de especies y su abundancia relativa con respecto a la elevación (Graham, 1983 y 1990; Patterson et al., 1996; Pacheco et al., 2007; Pacheco et al., 2011).

En la vertiente occidental peruana los estudios de la quiropterofauna comprenden listados de especies e inventarios regionales de biodiversidad,

los cuales han cubierto varios vacíos de información (Ortiz de la Puente, 1951; Velásquez, 1992; Zeballos et al., 2001; Pari et al., 2015). Sin embargo, son escasos aquellos que consideran un análisis de la diversidad y distribución de las especies con respecto a una gradiente de elevación. En el sur del Perú, el único estudio a lo largo de una gradiente altitudinal fue realizado hace 38 años, el cual documenta diversos taxones de vertebrados con excepción del orden Chiroptera (Pearson y Pearson, 1978).

Cadenillas (2010) realizó un estudio biogeográfico del orden Chiróptera en el Parque Nacional Cerros de Amotape en la región de Tumbes, considerando un análisis de gradiente en ambientes de Bosque Seco Ecuatorial y Bosque Tropical del Pacífico, el cual demostró que los murciélagos frugívoros mostraban una correlación positiva con la elevación, de forma contraria a lo establecido por los estudios realizados en la vertiente oriental.

A nivel regional la diversidad y distribución de la quiroptero fauna local no está bien estudiada, sin embargo se documentan cuatro familias con un total de nueve especies: Furipteridae (*Amorphochilus schnablii*), Molossidae (*Mormopterus kalinowskii*, *Promops davisoni*, *Tadarida*

brasiliensis), Phyllostomidae (*Desmodus rotundus*, *Platalina genovensium*) y Vespertilionidae (*Histiotus macrotus*, *H. montanus*, *Myotis atacamensis*) (Lanchipa, 2011; Veliz, 2011; Ticona, 2013; Aragón y Aguirre, 2014; Flores et al., 2015).

La cuenca del río Locumba es uno de los sistemas hídricos más importantes de la región, comprendiendo valles agrícolas y ganaderos que se han mantenido en el tiempo a pesar de la aridez característica de su suelo; por otro lado, es uno de los lugares en el que más estudios se han llevado a cabo en cuanto a biodiversidad de la región, sin embargo la mayoría de los trabajos previos se han enfocado principalmente en la cuenca baja del río Locumba debido a la presencia de los humedales de Ite los cuales atraen a una gran diversidad de aves, lo que ha dado lugar a varias investigaciones en este taxón, en contraste al de los mamíferos y dentro de ellos los quirópteros, de los cuales se sabe muy poco.

Ninguna de las investigaciones en murciélagos realizadas en la parte centro-sur de la vertiente occidental de la cordillera de los Andes contempla el análisis de su diversidad y distribución a lo largo de una gradiente altitudinal y en ambientes de aridez extrema, característica que se acentúa hacia el sur de las ecorregiones de Desierto Costero del Pacífico, Serranía

Esteparia y Puna, las cuales comprenden el territorio de la región de Tacna en el extremo sur de nuestro país.

1.1. Planteamiento del problema

El rol ecológico de los murciélagos como controladores biológicos de plagas de cultivos, dispersores de semillas y polinizadores es ampliamente respaldado por la literatura científica debido al incremento sustancial de las investigaciones en este grupo taxonómico a nivel mundial, no obstante, salvo los estudios de Cadenillas (2010) en el Parque Nacional Cerros de Amotape (Bosque Seco Ecuatorial y Bosque Tropical del Pacífico), la variación y los factores que determinan la diversidad y distribución altitudinal de las especies de quirópteros no han sido estudiados en ningún otro lugar de la vertiente occidental peruana, ya que la vasta biodiversidad y geografía de nuestro país ha atraído el interés de la comunidad científica hacia los territorios de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes (Yungas peruanas y la Selva baja), dando como resultado un limitado conocimiento acerca de la diversidad y ecología de las especies de quirópteros presentes en el lado occidental peruano.

En este contexto, la diversidad de especies de quirópteros en los ambientes desérticos y de influencia desértica en la vertiente sur-occidental peruana (Desierto Costero del Pacífico, Serranía Esteparia, Puna) se encontraría subestimada, por lo que necesita ser estudiada minuciosamente para cubrir los enormes vacíos de información que se tienen acerca de su ecología e historia natural.

En nuestra región los esfuerzos desplegados por Aguirre (2007), Aragón y Aguirre (2007), Lanchipa (2011), Veliz (2011), Ticona (2013) y Aragón y Aguirre (2014), han sido una valiosa y enorme contribución al conocimiento de la quirópteroфаuna para Tacna y el Perú, con importante información acerca de la ecología e historia natural de las especies, sin embargo, con los nuevos aportes dados por Flores et al. (2015), aun parece estar lejos un reporte total de las especies de quirópteros en la región.

Es así que ante la necesidad de generar más información acerca de cómo la altitud afecta a la diversidad y distribución de especies de quirópteros hacia la vertiente sur-occidental peruana, además de profundizar el conocimiento de la quirópteroфаuna en la región de Tacna, se plantea estudiar la diversidad y distribución del orden

Chiroptera en una gradiente altitudinal en la cuenca del río Locumba, debido a las peculiares características de relieve y flora de la zona, las cuales estarían contribuyendo a la formación de un ambiente idóneo para la presencia de una diversidad importante en dicha cuenca.

1.2. Hipótesis

El orden Chiroptera posee una alta diversidad y distribución en la cuenca del río Locumba pero ambas decrecen al incrementarse la altitud.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la diversidad y distribución del orden Chiroptera en la cuenca del río Locumba a lo largo de una gradiente altitudinal.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar taxonómicamente las especies de murciélagos presentes en la cuenca del río Locumba.
- Estimar la diversidad de murciélagos presentes en la cuenca del río Locumba.
- Establecer la distribución altitudinal de las especies de murciélagos en la cuenca del río Locumba.
- Elaborar el perfil altitudinal y los mapas de distribución potencial de las especies de murciélagos que se registren en esta cuenca.

1.4. Marco teórico

1.4.1. El orden Chiroptera

A. Generalidades

Según la última revisión efectuada por Simmons (2005), el orden Chiroptera es el segundo orden de mamíferos más diverso a nivel mundial con más de 1 116 especies, constituyendo un quinto del total de las especies de mamíferos actuales (Murray y Kunz, 2005).

El orden Chiroptera se divide en dos subórdenes: Megachiroptera y Microchiroptera. Los Megachiroptera se distribuyen ampliamente desde África hasta Australia incluyendo varias islas del Pacífico Occidental, mientras que los Microchiroptera son considerados un grupo cosmopolita, sólo especies de este suborden habitan en Sudamérica (Pacheco y Solari, 1997; Gardner, 2007).

Los murciélagos constituyen uno de los órdenes más característicos de mamíferos, pues son los únicos que presentan estructuras especializadas que permiten un vuelo verdadero, otros mamíferos como las ardillas voladoras sólo pueden deslizarse o planear (Eisenberg y Redford, 1999). La capacidad de volar les ha permitido colonizar casi todos los ecosistemas terrestres en todos los continentes con excepción de la Antártida, alcanzando hábitats con alturas superiores a los 4 000 m.s.n.m. (Medellín et al., 2007).

Todos los murciélagos son de hábitos nocturnos, aunque ciertas especies inician su actividad al final de la tarde o la terminan poco después del amanecer (Tirira, 2008).

B. Ecolocalización

La ecolocación o ecolocalización es la capacidad que tienen los murciélagos de emitir ultrasonidos (pulsos de sonido de muy alta frecuencia) por encima de los niveles

audibles humanos) (Pacheco y Solari, 1997). Este mecanismo les permite orientarse, encontrar alimento, parejas o sitios de refugio, así como distinguir la forma, tamaño y distancia de los objetos que se encuentran delante de ellos, esta característica se encuentra más desarrollada en los murciélagos insectívoros (Aguirre L., 2007; Moya et al., 2007; Viveros, 2010).

C. Hábitos alimenticios

El orden Chiroptera es altamente diverso en lo que respecta a hábitos alimenticios. Existen murciélagos frugívoros, nectarívoros, carnívoros, insectívoros y hematófagos, sin embargo, algunas especies también poseen hábitos alimenticios de tipo generalista. Una de las teorías del origen y evolución de los murciélagos supone que el tipo ancestral de estos organismos poseía una dieta insectívora y fue de este ancestro a partir del cual evolucionaron otras especies con diferentes tipos de dietas (Aguirre L., 2007; Tirira, 2008).

De este modo, los murciélagos brindan cruciales servicios ambientales en la dispersión y polinización de plantas, en la regulación del tamaño de las poblaciones de insectos, en el equilibrio de las cadenas alimentarias y en la producción de guano, útil como fertilizante (Wilson, 2002).

D. Refugios

Los murciélagos son quizás los mamíferos más dependientes de sus refugios quienes los usan para el descanso, reproducción y sociabilización, pudiendo albergar colonias muy numerosas de cientos, miles y hasta millones de individuos (Kunz y Lumsden, 2003; Muñoz et al., 2008; Pinto et al., 2013).

El tipo de refugio empleado por los quirópteros para descansar durante el día varía en función de la especie: los murciélagos de hábitos cavernícolas suelen emplear cavidades subterráneas para refugiarse (cuevas, minas, simas y túneles), los forestales descansan en fisuras y

huecos de árboles añosos de gran porte, normalmente ubicados en áreas forestales extensas (Aguirre-Mendi, 2003).

Las hojas de los árboles y los termiteros también pueden ser lugares propicios para los murciélagos. Aquellos de hábitos fisurícolas emplean grietas en las rocas, edificios y construcciones para resguardarse (tejados, puentes). En una misma especie este comportamiento puede variar en diferentes épocas del año (Aguirre-Mendi, 2003; Moya et al., 2007).

La observación de acumulación de heces o restos de alimento ayudan a identificar la presencia de refugios e incluso y de forma muy frecuente a las familias de murciélagos que los habitan (Pacheco y Solari, 1997).

1.4.2. Los murciélagos en el Perú

Actualmente se conocen más de 250 especies de murciélagos para Sudamérica, las cuales están comprendidas

en nueve familias y 74 géneros (Gardner, 2007). El último listado de mamíferos para Perú realizado por Pacheco et al. (2009) ubica al orden Chiroptera como el grupo de mamíferos más diverso con un total de 165 especies, distribuidas en ocho familias (Emballonuridae, Furipteridae, Molossidae, Mormoopidae, Noctilionidae, Phyllostomidae, Thyropteridae, Vespertilionidae), sin embargo, recientes investigaciones han elevado este número rápidamente a 173 especies (Lim et al., 2010; Mantilla y Baker, 2010; Velazco et al., 2011; Velazco y Cadenillas, 2011; Calderón y Pacheco, 2012; Escobedo y Velazco, 2012; Medina et al., 2012; Parlos et al., 2014; Velazco et al., 2014).

1.4.3. La altitud y la biodiversidad

Hasta antes del siglo XVIII, los estudios en biodiversidad estuvieron alejados de las grandes altitudes, siendo Amado Bonpland y Alexander Von Humboldt los primeros científicos en realizar investigaciones en las montañas de los trópicos americanos a partir de su obra titulada “Geografía de Plantas”, en la cual se discute acerca de la gran biodiversidad de los

bosques tropicales de montaña, determinando que existe una flora característica a diferentes alturas (Martin, 2000; Ezcurra, 2005).

A finales del siglo XX la tendencia de aceptar que la biodiversidad decrecía con el aumento de la altitud se vio acentuada al observar las similitudes existentes con los patrones latitudinales de riqueza de especies que establecen un claro declive de la misma al alejarse del ecuador y los trópicos (Hawkins, 2001; Grytnes y McCain, 2007). Sin embargo, a pesar de esta generalización existen excepciones definidas como un patrón latitudinal inverso, el cual puede explicarse por la disponibilidad de hábitat, las interacciones bióticas y la historia evolutiva de los organismos (Morales-Castilla y García-Valdés, 2014). Del mismo modo se ha observado que el postulado generalizado del decrecimiento de la biodiversidad con el aumento de la altitud no es el único patrón en gradientes altitudinales (Rahbek, 1995 y 2005).

Bajo esta nueva visión acerca del comportamiento de la biodiversidad a lo largo de gradientes altitudinales se han

podido reconocer cinco relaciones entre la riqueza de especies y la altitud: 1) la riqueza disminuye con la altitud; 2) la riqueza de especies se eleva conforme se incrementa la elevación; 3) la riqueza se eleva a una altitud intermedia para luego caer fuertemente en el extremo más alto; 4) la riqueza se eleva a una altitud intermedia disminuyendo en ambos extremos de la gradiente; 5) la riqueza es alta en una porción de la gradiente asociada a tierras bajas pero posteriormente cae con la altitud. Los factores que explican estas tendencias serían: la temperatura, la relación especies-área, los niveles de productividad asociados al agua y el “efecto de dominancia media” (Marquet, 1994; Brown y Lomolino, 1998; Brown, 2001; McCain y Grytnes, 2010; Pacheco, 2002).

Tal vez es la temperatura uno de los factores que más ha sido relacionado con la disminución de la riqueza de especies. Varios estudios han demostrado que la disminución de la temperatura al incrementarse la altitud también conlleva a disminución de la riqueza de especies (Brown y Lomolino, 1998; McCain y Grytnes, 2010).

Algunos estudios han demostrado que existe una estrecha relación especie-área, es decir la riqueza de especies es mayor en donde existen grandes extensiones de terreno basándose en el supuesto que el área decrece con la elevación, lo cual es coherente bajo cuatro lineamientos: 1) un área de mayor extensión recibe una mayor cantidad de energía solar; 2) las especies con amplias áreas de distribución se ven beneficiadas con más espacio y lugares para establecer sus refugios; 3) se produce una gran diversidad de ambientes y 4) se incrementa el potencial como área receptora de potenciales especies inmigrantes (Brown y Lomolino, 1998; Lomolino, 2001).

El supuesto que el área decrece con la elevación no se repite en todo el planeta, sobre todo en nuestro país. Un claro ejemplo es la ecorregión Puna, la cual presenta una gran extensión a grandes altitudes, sin embargo, la relación especie-área se cumple sólo para algunos taxones tal como sucede con el orden Rodentia al presentar una gran riqueza de especies. Por otro lado, esto se debería también procesos biogeográficos históricos (Patterson et al., 2012).

Niveles de productividad altos han sido asociados a una elevada riqueza de especies debido a la disponibilidad de agua (proveniente de lluvias u otras fuentes) para la producción de materia orgánica y biomasa. Generalmente se asocia una alta riqueza de especies a ambientes húmedos y una baja riqueza de especies a ambientes con escasa humedad (Owen, 1989; Sanchez-Cordero, 2001).

Otro de los factores es el llamado “Efecto de Dominancia Media” o “Mid Domain Effect”, el cual plantea un escenario libre de cualquier factor adicional (modelo nulo) en el que las especies se encuentran distribuidas al azar y cuyos rangos de distribución se traslapan geoméricamente en algún punto del gradiente altitudinal (principalmente al centro del gradiente) dando como resultado una gran riqueza de especies a ese nivel (Colwell y Lees, 2000).

1.4.4. Influencia altitudinal sobre la diversidad de murciélagos

El enorme papel que desempeñan los murciélagos en los ecosistemas debido a sus hábitos alimenticios está

respaldado por una gran diversidad de especies mayormente concentradas en las zonas tropicales alrededor del mundo, en donde esta enorme diversidad sugiere su probable evolución dentro de las selvas tropicales, diversidad que va disminuyendo a medida que nos alejamos de los trópicos (gradiente latitudinal) y a medida que se incrementa la altitud de los hábitats (gradiente altitudinal) (Altringham, 1996; Teeling et al., 2005).

Varios estudios han demostrado que la biodiversidad disminuye a medida que se incrementa la altitud, muchos mamíferos incluyendo a los murciélagos no escapan a esta afirmación (Terborgh, 1971; Graham, 1990; Patterson et al., 1996). A pesar de esta tendencia que se repite de diferentes maneras en varios taxones hasta ahora ha sido imposible establecer de forma definitiva un patrón único y un factor único que combinado con la altitud afecte a la diversidad de especies de murciélagos, ya que son varios los que funcionan como un conjunto (temperatura, presión atmosférica, evapotranspiración, disponibilidad de recursos, etc.) a la ocurrencia de este fenómeno (Brown, 2001).

De los numerosos factores que influyen en el declive de la diversidad son dos los que principalmente se relacionan de forma común a su disminución conforme a la altitud: la temperatura y la disponibilidad de recursos (Graham, 1983). Por otra parte, se debe mencionar que la diversidad de murciélagos no solamente se ve afectada por la altitud sino también por factores propios de la biología del orden Chiroptera comprendiendo aspectos anatómicos, fisiológicos y alimenticios (Graham, 1990).

A. Aspectos anatómicos:

Una de las características más sorprendentes del orden Chiroptera es sin lugar a dudas el vuelo, característica que es compartida con las aves, sin embargo las estructuras que lo permiten son totalmente diferentes, ya que las aves poseen alas cubiertas de plumas queratinizadas, mientras que los murciélagos poseen alas membranosas constituidas por piel usualmente desnuda y vascularizada, esta membrana cubre los dedos alargados que constituyen las alas de los

murciélagos además de extenderse hasta los calcares (Graham, 1990).

Otra gran diferencia es la estructura del sistema respiratorio, mientras que los murciélagos poseen pulmones típicos de mamíferos en donde los alveolos pulmonares juegan un papel importante en el intercambio gaseoso (hematosis), las aves poseen pulmones parabronquiales sin alveolos (Schmidt-Nielsen, 1971; Graham, 1990).

B. Aspectos fisiológicos:

Las diferencias anatómicas entre las alas de las aves y los murciélagos influyen de sobremanera en la fisiología de ambos taxones sobre todo en la forma en la que tanto murciélagos como aves previenen pérdida de calor y el gasto energético durante el vuelo ya que en el caso de las aves estas utilizan sus plumas para lograr retener al máximo el calor corporal, sin embargo, las alas membranosas, desnudas, vascularizadas y de superficie

más grande de los murciélagos son una desventaja al presentar una mayor tasa de pérdida de calor con un menor tiempo de retención y un período más corto de gasto energético que las aves (Graham, 1990).

En este sentido, el éxito que tienen las aves en colonizar grandes altitudes y los lugares más fríos del planeta en desmedro de los murciélagos se debe a que la supervivencia de un organismo depende de la cantidad de energía que puede almacenar en comparación con su tasa de uso de energía (McNab, 1982; Calder, 1984). De este modo si un organismo agota su energía almacenada, su proceso de termorregulación se ve comprometido seriamente y si a esto se le suma una baja temperatura ambiental el organismo podría morir al acercarse a su límite letal de temperatura (Graham, 1990).

La respiración suele ser más eficiente en las aves que en los murciélagos, ya que mientras en estos últimos el aire rico en oxígeno atraviesa las diferentes porciones del sistema respiratorio hasta los alveolos en donde se

produce el intercambio gaseoso, en las aves los pulmones para-bronquiales que poseen sin alveolos, la sangre rica en oxígeno difunde a través de los capilares repetidamente, encontrando siempre un suministro de sangre desoxigenada dando lugar a una oxigenación más eficiente, explicando así la bajísima diversidad de especies murciélagos a grandes altitudes en comparación a la mostrada por las aves (Schmidt-Nielsen, 1971; Graham, 1990).

C. Aspectos alimenticios:

Los requerimientos alimenticios juegan un papel importante en la diversidad y distribución de murciélagos, pues en gran medida los recursos de los cuales se alimentan son menos abundantes al incrementarse la altitud (Graham, 1990). Este decrecimiento ha sido soportado por algunos estudios realizados en murciélagos frugívoros, insectívoros y carnívoros, en donde se detalla que la abundancia y diversidad de los recursos alimenticios (especies de árboles, plantas,

insectos y especies de animales) que aprovechan los murciélagos decrece con la altitud luego de experimentar picos altos a elevaciones medias (Terborgh, 1977). Esto parece ser contrario a lo que sucede en las aves, cuya disponibilidad de recursos alimenticios parece no ser tan afectada como en los murciélagos (Terborgh, 1977; Graham, 1990).

1.4.5. Patrones de distribución de la diversidad de murciélagos en el Perú en gradientes altitudinales

En el Perú, los estudios acerca de la diversidad y distribución de murciélagos a lo largo de gradientes altitudinales son escasos, dada la complejidad de su geografía y ecosistemas, sin embargo, las pocas investigaciones que se tienen han dado valiosos aportes al entendimiento de los patrones de distribución de murciélagos a lo largo de gradientes altitudinales. El patrón general de un descenso monotónico de la riqueza de especies de murciélagos y su diversidad conforme al incremento altitudinal se repite en varios estudios realizados hacia la vertiente

oriental de la cordillera de los Andes peruanos, en ecosistemas de Selva baja y Yungas (bosques pre-montanos y montanos) (Patterson et al., 1996; Vivar, 2006; Refulio, 2015).

Por otro lado, estudios realizados en el norte del Perú hacia la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, en ecosistemas tales como, el Bosque Seco ecuatorial y el Bosque Tropical del Pacífico, muestran un patrón contrario, observando diferencias entre gremios alimenticios con una correlación negativa para murciélagos nectarívoros y una correlación positiva para frugívoros conforme al incremento altitudinal (Cadenillas, 2010).

En las zonas áridas de la vertiente occidental peruana del centro y sur del Perú no existe hasta el momento ningún estudio que documente los patrones de distribución y diversidad de murciélagos.

1.4.6. Avances en la investigación acerca del orden Chiroptera en la región Tacna

En el ámbito regional, los estudios en cuanto a diversidad y ecología de murciélagos aún son muy escasos. Se han realizado investigaciones sobre el hábitat y nicho ecológico del orden Chiroptera en las lomas de Morro Sama y sobre la ecología de polinización de *Platalina genovensium* especie presente en los desiertos del pacífico y considerada como casi amenazada y en peligro por la IUCN (2016) y las leyes peruanas (D.S. N°004-2014-MINAGRI) respectivamente, otros estudios reportan además la presencia de las especies *Myotis atacamensis* e *Histiotus montanus* en la cuenca baja del río Sama (Aguirre, 2007; Aragón y Aguirre, 2007).

Recientes investigaciones en la parte baja de la cuenca del río Locumba (distrito de Ite) han reportado por primera vez para Tacna la presencia de las especies *Tadarida brasiliensis* y al murciélago de cola libre de Kalinowski, *Mormopterus kalinowskii*, además de estos reportes se han presentado contribuciones acerca de la dieta de estas especies,

concluyendo que tanto el ácaro *Polyphagotarsonemus latus* conocido por ser una plaga de gran importancia en los cultivos de ají así como insectos culícidos del género *Anopheles*, vectores transmisores de la malaria humana forman parte de la dieta de *M. kalinowskii* (Lanchipa, 2011).

En adición a los anteriores registros, se ha reportado para la zona marino costera de la región la presencia del murciélago vampiro común *Desmodus rotundus* de forma cercana al núcleo poblacional asentado en la zona de Puerto Grau (distrito de Sama las Yaras). Asimismo, se ha reportado también la presencia del murciélago ahumado de Schnabel *Amorphochilus schnablii*, una especie muy rara y categorizada como en situación vulnerable por la IUCN (2016) y en peligro por las leyes peruanas (D.S. N°004-2014-MINAGRI) respectivamente (Ticona, 2013).

La quiropterofauna de Tacna y su distribución han sido publicadas en un listado el cual menciona la presencia de cuatro familias con un total de ocho especies: Furipteridae (*A. schnablii*), Molossidae (*M. kalinowskii*, *T. brasiliensis*),

Phyllostomidae (*D. rotundus*, *P. genovensium*) y Vespertilionidae (*Histiotus macrotus*, *H. montanus*, *M. atacamensis*) (Aragón y Aguirre, 2014). De forma complementaria, una última investigación reporta por primera vez para Tacna a la especie *Promops davisoni* de la familia Molossidae, incrementando a nueve el número de especie conocidas para la región (Flores et al., 2015).

II. MATERIALES Y MÉTODOS:

2.1. Área de estudio

El área de estudio comprendió la cuenca del río Locumba ubicada entre las coordenadas geográficas 70°06' y 71°05' de longitud oeste y 16°47' y 17°54' de latitud sur en las provincias de Jorge Basadre y Candarave en la región Tacna (Anexo 1). Se tienen tres accesos principales a esta zona: 1) desde la ciudad de Tacna por la carretera costanera en el distrito de Ite a la altura del kilómetro 95; 2) desde el puente Camiara en la carretera Panamericana Sur y 3) por la carretera departamental Tacna – Mirave por un desvío de 48 kilómetros desde la carretera Panamericana sur.

La clasificación de zonas de vida del mundo realizada por Holdridge (1967) y la posterior elaboración del mapa ecológico del Perú (ONERN, 1976) ubica a la cuenca del río Locumba dentro de 14 zonas de vida: 1) Desierto perárido – Montano Templado cálido (dp-Mtc), 2) Desierto perárido – Templado cálido (dp-Tc), 3) Matorral desértico – Templado cálido (md-Tc), 4) Desierto superárido – Templado cálido (ds-Tc), 5) Desierto desecado – Templado cálido

(dd-Tc), 6) Desierto árido – Montano Templado cálido (da-MTc), 7) Desierto semiárido – Subalpino Templado cálido (dse-SaTc), 8) Matorral desértico – Montano Templado cálido (md-MTc), 9) Matorral desértico – Subalpino Templado cálido (md-SaTc), 10) Páramo húmedo – Subalpino Subtropical (ph-SaS), 11) Tundra húmeda – Alpino Templado cálido (th-ATc), 12) Tundra muy húmeda – Alpino Subtropical (tmh-AS), 13) Nival Templado cálido (NTc) y 14) Nival Subtropical (NS).

Brack (1986), realizó la clasificación de las “Ecorregiones del Perú”, ofreciendo una categorización simplificada a la hecha por Holdridge (1967). Esta moderna clasificación ubica a Tacna y a la cuenca del río Locumba en las ecorregiones de Desierto Costero del Pacífico, Serranía Esteparia y Puna (Anexo 2).

2.1.1. El Desierto del Pacífico

Comprende la franja desértica de la costa peruana desde la región Piura en el norte del Perú hasta la región Tacna en el extremo sur del País (Brack, 1986). El desierto costero en el Perú es denominado en toda su extensión como “Desierto

de Sechura”, el cual es adyacente al desierto de Atacama en Chile, sin embargo, estas denominaciones corresponden a la demarcación territorial de ambos países. Desde el punto de vista geográfico y ecológico, el desierto de Sechura y el Atacama son considerados un solo bloque (desierto del Atacama-Sechura), siendo el Atacama una prolongación del desierto peruano alcanzando su parte más seca en el extremo sur del Perú y el norte de Chile. Debido a esta conformación, se considera que Tacna se encuentra ubicada en la parte septentrional del desierto de Atacama, el más seco del mundo (Mares, 1999; Garayar et al., 2004).

A. Clima:

Las condiciones climáticas de esta ecorregión son muy particulares, con un clima cálido en el verano y muy húmedo durante el invierno produciendo nubes extremadamente densas que evitan el paso del sol, además de formar las denominadas garúas o camanchacas. Son estas últimas quizá las características más particulares y de mayor valor las que confluyen de

forma masiva en algunos lugares de la costa durante el invierno dando origen a aisladas formaciones vegetales estacionales no ribereñas conocidas como “lomas” constituyéndose en verdaderos “oasis” de biodiversidad con una alta tasa de endemismos de flora y fauna (Sanborn, 1949; Dillon, 2005; Mena et al., 2007; Pacheco et al., 2009). En la cuenca del río Locumba el promedio de precipitación anual en la zona costera es de 10 mm (zona costera) (GRT, 2016).

B. Relieve:

Casi la totalidad del relieve de esta ecorregión es plano, con pampas muy extensas, dunas y elevaciones a manera de colinas que apenas superan los 700 m.s.n.m. El límite superior de esta ecorregión se encuentra sobre los 1 000 m.s.n.m., pero este límite altitudinal solo es afín a la parte norte y central del Perú, en contraste a lo observado hacia el sur, en donde la aridez extrema se prolonga por encima de los 2 000 m.s.n.m. (Marín Moreno, 1961; Pearson, 1982). La extensa y desértica

franja costera es interrumpida por valles fértiles surcados por ríos de origen fluvial y de deshielos provenientes de la vertiente occidental de la cordillera de los andes. Tanto los valles costeros como las lomas anteriormente mencionadas son muy importantes para los mamíferos y otros taxones pues son consideradas zonas con un alto grado de endemismo, propio de la vertiente occidental andina (Brack, 1986; Mares, 1999; Pacheco, 2002).

C. Vegetación:

En el desierto costero la vegetación es muy escasa, su extrema aridez se ve interrumpida por la vegetación de los ecosistemas estacionales de lomas y el monte ribereño formado por los 53 ríos que atraviesan la costa peruana provenientes de los valles interandinos y cuyas aguas se originan en la ecorregión Puna. En áreas en donde no existen cuerpos de agua, la flora presenta adaptaciones que permiten a las plantas sobrevivir a las condiciones de aridez extrema y generalmente se encuentra representada por cactáceas y bromeliáceas

epífitas como las plantas del género *Tillandsia* (Ferreyra, 1983; CEPAL, 2001; Ochoa, 2005).

En la parte baja de las cuencas de los ríos costeros el ecosistema de monte ribereño formado por áreas de vegetación adyacente presenta una mayor cobertura vegetal debido a la disminución de la pendiente. Los recursos allí disponibles son aprovechados por la población principalmente para actividades agrícolas, debido a esto, el monte ribereño es uno de los ecosistemas con más perturbación antrópica. La flora del monte ribereño constituida por herbáceas, plantas arbustivas e incluso arbóreas es de tipo perennifolia y semejante a lo largo de la costa peruana pero con un mayor número de taxones hacia el norte, debido a condiciones más favorables para su desarrollo (Ferreyra, 1983).

En la cuenca del río Locumba, el monte ribereño también se encuentra bastante impactado debido a la deforestación y a la quema de arbustos por parte de los

pobladores, sin embargo, aún se conservan intactas secciones importantes de este ecosistema que abarca territorios desde los 350 hasta los 1 700 m.s.n.m. aproximadamente. La protección y conservación de la cobertura vegetal del monte ribereño es de vital importancia, ya que constituye el hábitat idóneo para la fauna local (MUNICIPALIDAD PROVINCIAL JORGE BASADRE, 2012).

2.1.2. La Serranía Esteparia

La serranía esteparia comprende el territorio de la vertiente occidental de la cordillera de los Andes ubicándose por encima de los 1 000 m.s.n.m., por encima del grueso de nubes que se forman en el desierto costero del pacífico. Esta ecorregión se extiende hasta los 3 800 m.s.n.m (Brack, 1986).

A. Clima:

El clima en esta ecorregión es principalmente seco y con días soleados pero con bajas temperaturas durante

la noche, las lluvias generalmente se dan en las zonas cercanas a la ecorregión Puna a alturas superiores a los 3 000 m.s.n.m., siendo escasas en zonas próximas a la costa (Brack, 1986).

B. Relieve:

Hacia el sur, en las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna, esta ecorregión comprende el área ubicada entre los 2 300 - 2 500 m.s.n.m. y los 3 800 m.s.n.m. (Ochoa, 2005). El relieve es muy accidentado formándose montañas y grandes precipicios, es aquí por donde discurren los ríos originados en la Puna formando a su paso valles fértiles que luego incursionan en el desierto. Estos ríos son la principal fuente de agua para la flora y la fauna de esta ecorregión (Brack, 1986).

C. Vegetación:

La vegetación es de carácter xerofítico (cactáceas) en las partes bajas, arbustivo en las partes medias y con

presencia de especies arbustivas y arbóreas en las partes altas (Ochoa, 2005).

2.1.3. La Puna

Se ubica por encima de los 3 800 m.s.n.m., llegando inclusive a altitudes superiores a los 6 000 m.s.n.m. Esta ecorregión extrema representa la fábrica natural del recurso hídrico al contar con fuentes de agua proveniente de los deshielos de la cordillera de los Andes (Brack, 1986).

A. Clima:

El extremo clima de la Puna es predominantemente frío y por encima de los 5 000 m.s.m.m. se torna gélido. Aquí se producen constantes fenómenos climatológicos tales como: tormentas, nevadas, granizadas, heladas y precipitaciones, siendo estos los responsables del recurso hídrico disponible en los ríos que se dirigen hacia la costa (Brack, 1986). En la parte alta de la cuenca del río Locumba, las precipitaciones sólo alcanzan un valor

promedio de 440 mm anuales, lo que se ve reflejado en el bajo caudal del río Locumba y los bajos caudales de sus afluentes y efluentes (GRT, 2016).

B. Relieve:

La Puna se encuentra en su mayoría representada por extensas planicies (mesetas y zonas onduladas) las cuales son interrumpidas por rocosas, accidentadas y escarpadas cimas cordilleranas con altitudes que alcanzan entre 5 000 y 6 000 m.s.n.m. y que en algunos casos concentran gran cantidad de nieve y hielo que a su vez dan origen a lagunas y cursos de agua (Brack, 1986; Ochoa, 2005).

C. Vegetación:

La vegetación de las grandes planicies de la Puna forma pastizales y tolares, en donde plantas el género *Festuca* son las que predominan. Por otro lado, los bofedales altoandinos han creado un ambiente propicio

para el desarrollo de plantas almohadilladas del género *Distichia* y *Plantago* (Ochoa, 2005).

2.2. Población y muestra

Se consideraron todas las poblaciones de quirópteros que habitan en la cuenca del río Locumba. La muestra la constituyeron los especímenes capturados completamente al azar durante el trabajo de campo mediante el empleo de redes de niebla.

2.3. Método

2.3.1. Gradiente altitudinal

De acuerdo a las características topográficas de la cuenca del río Locumba, se determinó que la gradiente de altitud sobre la cual se instalarían las estaciones de muestreo estaría comprendida entre los 0 y los 3 500 m.s.n.m. aproximadamente, tratando de abarcar la mayor parte de la cuenca en sus secciones baja, media y alta.

En consecuencia, se instalaron seis estaciones de muestreo en seis localidades de evaluación a lo largo de la cuenca, cinco en la provincia de Jorge Basadre y una estación adicional en la provincia de Candarave, esta última con la finalidad de obtener datos más precisos. Considerando las características del relieve de la cuenca se procuró mantener una diferencia altitudinal de aproximadamente 700 m.s.n.m. entre las estaciones de muestreo. Este rango altitudinal se mantuvo siempre y cuando las condiciones logísticas y de terreno permitieron realizar el trabajo de campo de forma adecuada (Anexo 3 y 4).

2.3.2. Localidades evaluadas

Se consideraron para la evaluación a las localidades circundantes al cauce río Locumba y sus afluentes principales como el río Salado, el río Ilabaya y el río Tacalaya, con excepción del río Curibaya debido a condiciones logísticas, características de relieve y la escasa vegetación de la zona.

A. Pampa Baja (36 m.s.n.m.):

La localidad de Pampa Baja es un anexo perteneciente al distrito de Ite. Es una zona agrícola enclavada en la parte más baja de la cuenca del río Locumba rodeada de grandes áreas desérticas y vegetación xerofítica. En la parte litoral de la localidad se encuentran los Humedales de Ite, de origen artificial y producto de la deposición de relaves mineros sobre la antigua “playa inglesa” también conocida como “Bahía de Ite”.

B. Oconchay (913 m.s.n.m.):

La localidad de Oconchay es un anexo perteneciente al Centro Poblado de Mirave en el distrito de Ilabaya. La aridez, la vegetación xerofítica y la escasez de agua son la principal característica de la zona, presentando un relieve inclinado (7-12%) de naturaleza aluvial y requerimientos hídricos excesivos con una productividad baja a media. Como en toda la costa, la ganadería y la

agricultura representan la actividad antrópica principal en esta zona, actividades que dependen únicamente del escaso caudal del río Locumba.

C. Ilabaya (1 383 m.s.n.m.):

Es la capital del distrito del mismo nombre, esta localidad se encuentra ubicada en el valle del río Ilabaya (afluente del río Locumba). La topografía está caracterizada por fuertes pendientes y terrazas naturales a distinta altitud las que están formadas por depósitos fluviales siendo aprovechado por los agricultores que toman ventaja de las terrazas no inundables para el cultivo y la ganadería.

D. Toco Grande (2 119 m.s.n.m.):

La localidad de Toco Grande pertenece al anexo de Toco en la ecorregión de Serranía Esteparia. La topografía está constituida por depresiones profundas en forma de “V” y fuertes pendientes rocosas y escarpadas.

El valle es estrecho lo que no permite un gran desarrollo de la agricultura.

E. Borogueña (2 820 m.s.n.m.):

El Centro Poblado de Borogueña pertenece al distrito de Ilabaya, la topografía de esta localidad es un tanto similar a la de Toco Grande pero a una mayor altitud. El poblado se asienta sobre antiguos deslizamientos y algunas partes altas son de origen volcánico. La actividad antrópica está representada principalmente por la agricultura teniendo como cultivo mayoritario al orégano.

F. Candarave (3 445 m.s.n.m.):

La localidad de Candarave es la capital de la provincia del mismo nombre, se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Locumba. La topografía es accidentada con presencia de elevaciones y planicies con predominio de vegetación de altura.

2.3.3. Captura de los individuos y esfuerzo de muestreo

El muestreo se llevó a cabo en dos temporadas: Temporada Húmeda y Temporada Seca. La primera se realizó entre los meses de Diciembre de 2013 y Enero de 2014 (meses de época húmeda), mientras que la segunda en el mes de Junio de 2015 (época seca).

Para la captura de individuos se emplearon 10 redes de niebla de 12 x 2,5 m por cada una de las seis estaciones de muestreo propuestas durante un período de tres noches consecutivas en cada temporada de muestreo (Anexo 5 y 6). Por tratarse de un estudio en el cual se evaluó la diversidad de murciélagos, las redes de niebla permanecieron abiertas desde las 18:00 horas hasta el amanecer (05:00 horas) con la finalidad de realizar el mayor esfuerzo de captura posible (Pacheco et al., 2007).

La revisión de las redes de niebla se dio a intervalos de una hora. Los ejemplares capturados se retiraron cuidadosamente de la red empleando guantes de cuero

evitando posibles mordeduras, seguidamente se les colocó en bolsas de tela para la posterior toma de datos biométricos, edad, sexo e identificación, se procedió al marcaje de los ejemplares (corte de pelo) para evitar su recaptura y luego se les liberó o se les colectó (Anexo 7).

El esfuerzo de captura se calculó en redes-noche, es decir como un producto de la multiplicación del número de redes por el número de noches evaluadas por cada localidad evaluada (Jones et al., 1996; Pacheco et al., 2011, Arias et al., 2016).

$$EM = Nr \times Nn$$

Donde:

EM : Esfuerzo de muestreo

Nr : Número de redes

Nn : Número de noches de muestreo

2.3.4. Identificación de los individuos

Para la caracterización taxonómica de los individuos se utilizaron las claves taxonómicas de Pacheco y Solari (1997) y Díaz et al. (2011). Se determinó el sexo de los ejemplares por palpación y se tomaron sus medidas biométricas “in situ” tales como: longitud total (LT), longitud de la cola (LC), longitud de la pata posterior (LPP), longitud de la oreja (LO) y longitud del antebrazo (LA), además de la edad (mediante observación la osificación de la tercera falange), el peso de los ejemplares y su estado de madurez sexual (Anexo 8). Finalmente, se procedió a la toma de fotografías de cada uno de los ejemplares. Los ejemplares colectados se encuentran depositados en la colección del laboratorio de Ecología de la Universidad Jorge Basadre Grohmann.

2.4. Análisis de datos

2.4.1. Riqueza de especies

La riqueza de especies se expresó en términos del número de especies presentes en un área determinada (Halffter y Moreno, 2005).

2.4.2. Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies es un método de estimación del número total de especies presentes en un determinado hábitat, relacionando el número de especies registradas con el esfuerzo de captura o con las unidades de muestreo. Esta metodología permite establecer un modelo asintótico de predicción y saturación de especies de acuerdo al diseño de muestreo (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; Villarreal et al., 2006).

Los modelos de predicción y saturación de especies permiten dar una mayor fiabilidad a los inventarios biológicos posibilitando su comparación con otros estudios, planificar el trabajo de muestreo en campo, estimar el esfuerzo e inferir el total de especies presentes en un área determinada a partir de lo observado en campo (Lamas et al., 1991; Soberón y Llorente, 1993; Colwell y Coddington, 1994; Gotelli y Colwell, 2001; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

Para el procesamiento de datos y la elaboración de la curva de acumulación de especies se utilizaron los software EstimateS versión 9.1.0 y STATISTICA versión 10.0 respectivamente.

2.4.3. Abundancia relativa

La abundancia relativa de cada especie fue calculada mediante la división del número total de individuos capturados entre el esfuerzo de muestreo empleado, este último se expresa en unidades de 10-redes-noche, por ello el número individuos de cada especie debió ser multiplicado por 10. (García, 1998; Márquez, 2011; Pacheco et al., 2011; Arias et al., 2016)

$$AR = \frac{10 \times ni}{Nr \times Nn}$$

Donde:

AR : Abundancia relativa

Ni : Número de individuos

Nr : Número de redes

Nn : Número de noches de muestreo

2.4.4. Curvas de Rango – Abundancia

Se elaboraron curvas de rango – abundancia también denominadas curvas de Whittaker para cada una de las especies en cada localidad evaluada, empleando el software Excel 2013. Estas curvas describen de una mejor manera la diversidad de las especies encontradas en la evaluación (dominancia o rareza), en base a su riqueza y abundancias relativas. (Feinsinger, 2001).

2.4.5. Índices de diversidad

Para el cálculo de los índices de diversidad alfa y diversidad beta se utilizó el software PAST versión 3.13.

A. Diversidad alfa (α):

La diversidad alfa se define como la medida de la riqueza de especies dentro de un área homogénea determinada denominado hábitat (Whittaker, 1972; Sugg, 1996; Moreno, 2001). Para determinar la diversidad alfa

de murciélagos en las seis estaciones de evaluación se emplearon los índices de Shannon – Wiener y Simpson.

- Índice de Shannon – Wiener (H')

Mide la incertidumbre en la obtención de individuos de diferentes especies (Moreno, 2001). El valor de este índice se incrementa cuando la muestra es heterogénea (mayor número de especies) y su abundancia muestra una distribución de tendencia uniforme (Krebs, 1985). Generalmente su valor oscila entre cero y cinco.

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \log_2(p_i)$$

Donde:

H' : Índice de diversidad de Shannon-Wiener

p_i : Abundancia relativa de la especie i ($p_i = \frac{n_i}{N}$)

S : Número de especies encontradas

- Índice de Simpson

Mide la probabilidad en la obtención de individuos de la misma especie (Moreno, 2001; Villarreal et al., 2006). Este índice está influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Su valor decrece con la heterogeneidad de la muestra entre localidades por lo que clásicamente es calculado de forma inversa 1-D (Krebs, 1985; Magurran, 1988). El valor de este índice se encuentra entre cero y uno.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (p_i)^2$$

Donde:

D : Índice de Diversidad de Simpson.

p_i : Proporción de individuos de la especie i en la comunidad.

$\sum_{i=1}^S (p_i)^2$: Índice de dominancia de Simpson.

B. Diversidad beta:

- Índice de Jaccard

Este índice expresa el grado de similitud de especies entre localidades o áreas de muestreo, teniendo en cuenta relaciones de presencia-ausencia de las especies que son comunes a las dos áreas y el número total de especies (Kent y Coker, 1992; Badii et al., 2007). El valor de este índice va de cero (no hay especies compartidas) a uno (misma composición de especies) (Moreno, 2001).

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

Donde:

a: N° de especies en la muestra A y B.

b: N° de especies en la muestra B pero no en A.

c: N° de especies en la muestra A pero no en B

- Índice de Morisita-Horn

Este índice está poco influenciado por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras, sin embargo, es influenciado fuertemente por la abundancia de la especie más común (Badii et al., 2007). Para evitar esto una versión modificada ha sido utilizada:

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (an_i \times bn_j)}{(d_a + d_b) \times (N_a \times N_b)}; d_a = \frac{\sum an_i^2}{N_a^2}; d_b = \frac{\sum bn_j^2}{N_b^2}$$

Donde:

I_{M-H} : Índice de Morisita-Horn.

N_a : N° total de individuos en la muestra A.

N_b : N° total de individuos en la muestra B.

an_i : N° de individuos de la i-ésima especie en A.

bn_j : N° de individuos de la j-ésima especie en B.

$$d_a : \frac{\sum an_i^2}{N_a^2}$$

$$d_b : \frac{\sum bn_j^2}{N_b^2}$$

2.4.6. Análisis de gradiente

Para determinar la relación existente entre la riqueza de especies, así como de la diversidad de las poblaciones de murciélagos de la cuenca del río Locumba con la elevación a lo largo de la gradiente altitudinal planteada, se utilizó el coeficiente de correlación lineal de Pearson (r), el cual mide el grado o la fuerza de la relación entre estas variables y la elevación, el valor de este coeficiente va de -1 a 1, si $r > 0$ la correlación es positiva y si $r < 0$ la correlación es negativa (Pacheco et al., 2011; Arias et al., 2016).

Se consideró el criterio de interpolación de datos entre extremos de elevación empleado por Patterson et al. (1996) para los lugares en donde no se obtuvieron datos de riqueza de especies, el cual establece que si dentro de una gradiente altitudinal se tiene el registro de una determinada especie a una altitud superior y otro registro de la misma especie a una altitud inferior, entonces se asume la presencia de dicha especie dentro del rango altitudinal intermedio descrito por

ambos registros. Para el análisis de gradiente, se empleó el programa SPSS versión 22.

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

σ_{xy} : Covarianza de (x,y).

σ_x : Desviación típica de x.

σ_y : Desviación típica de y.

2.4.7. Perfil altitudinal de especies

Mediante el software Excel 2013 se elaboró el perfil altitudinal de las especies registradas en la cuenca del río Locumba para determinar si las mismas se encontraban dentro de los rangos altitudinales descritos en la literatura científica o en su defecto se describía una ampliación de dichos rangos de elevación.

Para tal fin, se utilizaron los datos de los rangos altitudinales de las especies reportados en este estudio y los

rangos altitudinales bibliográficos y de la colección científica del Departamento de Mastozoología del Museo de Historia Natural-UNMSM.

2.4.8. Modelado de distribución potencial de especies

Con la finalidad de comprender gráficamente la distribución potencial de cada una de las especies de murciélagos en la cuenca del río Locumba, se elaboraron mapas de distribución potencial empleando para el modelamiento el software MaxEnt versión 3.3.3k, el cual relaciona los registros de las especies (presencia) con 19 variables climáticas (Anexo 9) que se obtuvieron de la base de datos mundial Worldclim (<http://www.worldclim.org>) (Guisan y Thuiller, 2005). Para una mejor representación gráfica y proyección de los modelos generados en MaxEnt, se empleó el software Arc Gis versión 10.2.1.

El modelamiento de la distribución potencial de las especies de murciélagos en la cuenca del río Locumba comprendió el uso de los datos de registros de especies

obtenidos en campo además de los registros dados por Aragón y Aguirre (2014) y Flores et al. (2015) para esta cuenca.

III. RESULTADOS

3.1. Ubicación de las localidades evaluadas y esfuerzo de captura

Cuadro 1: Ubicación de las localidades evaluadas

| Localidad | Código | Altitud (m.s.n.m.) | Zona UTM | Coordenadas (UTM) | |
|-------------|--------|-----------------------|----------|-------------------|---------|
| | | | | Este | Norte |
| Pampa Baja | PB | 36 | 19 K | 290490 | 8021390 |
| Oconchay | OC | 913 | 19 K | 329558 | 8061303 |
| Ilabaya | IL | 1383 | 19 K | 339328 | 8073262 |
| Toco Grande | TG | 2119 | 19 K | 345723 | 8081722 |
| Borogueña | BO | 2820 | 19 K | 346699 | 8085050 |
| Candarave | CA | 3445 | 19 K | 367094 | 8090343 |

Fuente: Datos tomados en campo

Cuadro 2: Esfuerzo de captura expresado en Redes-Noche (RN)

| Localidad | N° de redes empleadas | N° de noches de muestreo | Esfuerzo de captura (RN) |
|-------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pampa Baja | 10 | 6 | 60 |
| Oconchay | 10 | 6 | 60 |
| Ilabaya | 10 | 6 | 60 |
| Toco Grande | 10 | 6 | 60 |
| Ilabaya | 10 | 6 | 60 |
| Candarave | 10 | 6 | 60 |
| Total | 60 | 36 | 360 |

Fuente: Elaboración propia

3.2. Composición y riqueza de especies

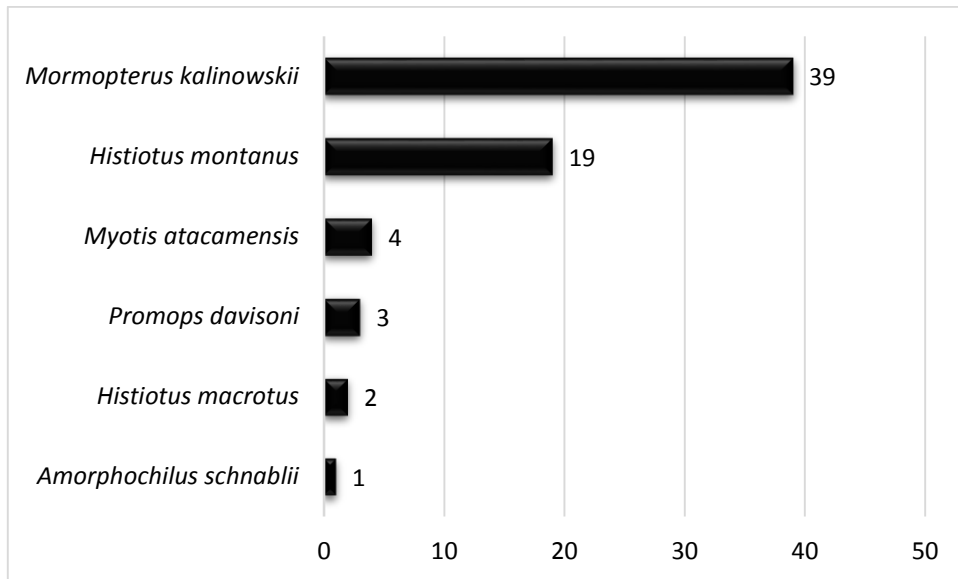
Durante las dos temporadas de evaluación (seca y húmeda) se registraron un total de seis especies de murciélagos divididas en tres familias: Furipteridae, Molossidae y Vespertilionidae (Cuadro 3, Gráfico 1). La familia Vespertilionidae fue la más representativa con tres géneros y tres especies, seguida de la familia Molossidae con dos géneros y dos especies. Finalmente, la familia Furipteridae sólo estuvo representada por un género y una especie (Anexo 10).

CUADRO 3: Número total de individuos capturados por especie y localidad de muestreo.

| Familia | Género | Especie | Localidad | | | | | |
|------------------|---------------|--------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|
| | | | PB | OC | IL | TG | BO | CA |
| Furipteridae | Amorphochilus | <i>Amorphochilus schnablii</i> | - | 1 | - | - | - | - |
| Vespertilionidae | Histiotus | <i>Histiotus macrotus</i> | - | - | 2 | - | - | - |
| Vespertilionidae | Histiotus | <i>Histiotus montanus</i> | 1 | 7 | 5 | - | 6 | - |
| Molossidae | Mormopterus | <i>Mormopterus kalinowskii</i> | 38 | 1 | - | - | - | - |
| Vespertilionidae | Myotis | <i>Myotis atacamensis</i> | 1 | 2 | - | 1 | - | - |
| Molossidae | Promops | <i>Promops davisoni</i> | - | 1 | - | 2 | - | - |

Fuente: Datos tomados en campo

GRÁFICO 1: Número total de individuos capturados por especie.



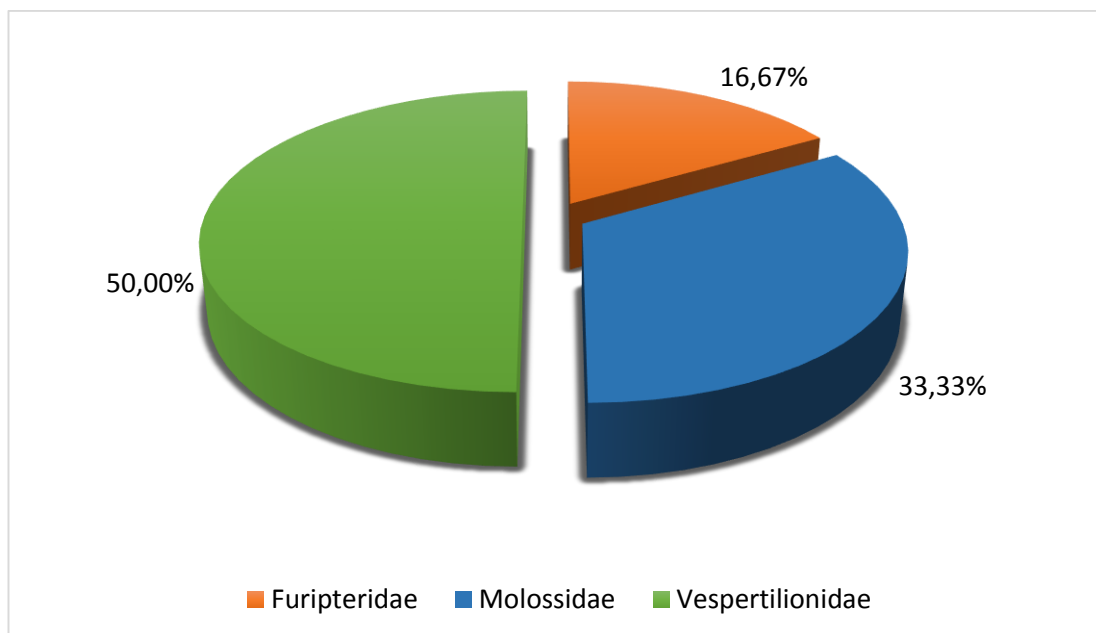
Fuente: Cuadro 3

Interpretación:

El Cuadro 3 y el Gráfico 1 indican claramente un dominio total del ensamble de murciélagos insectívoros (familias: Furipteridae, Molossidae y Vespertilionidae) a lo largo de la cuenca del río Locumba con las especies: *Amorphochilus schnablii* (1 ind.), *Histiotus macrotus* (2 ind.), *Histiotus montanus* (19 ind.), *Mormopterus kalinowskii* (38 ind.), *Myotis atacamensis* (4 ind.) y *Promops davisoni* (3 ind.), lo cual es congruente con las primeras

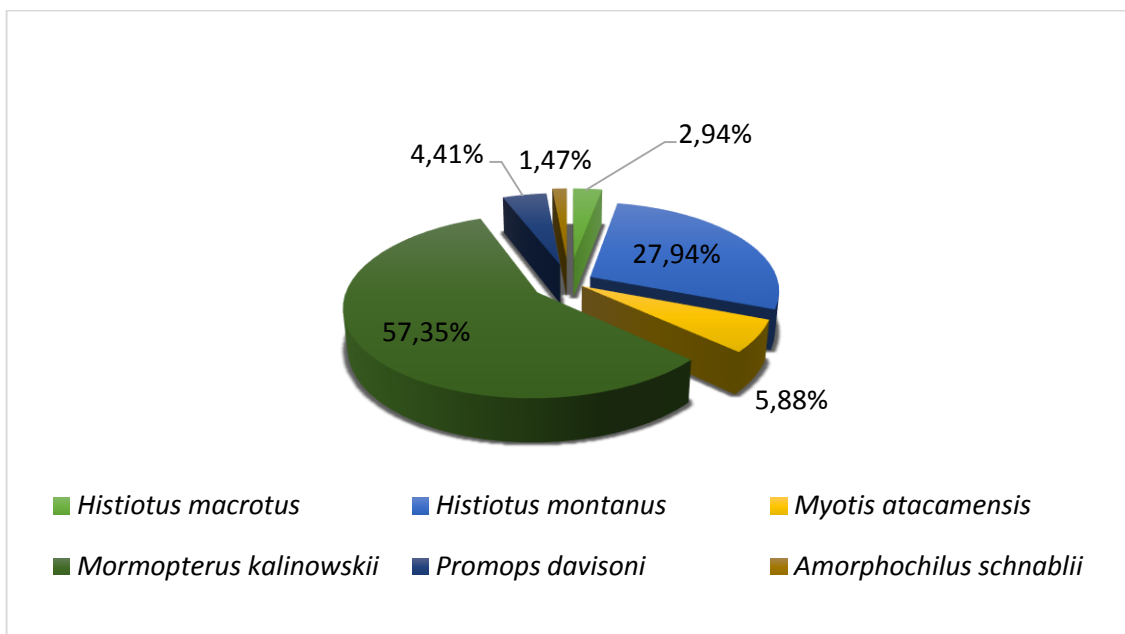
aproximaciones realizadas por Lanchipa (2011) para la parte baja de esta cuenca. Por otro lado, no se reportan especies nectarívoras, en contraste a lo mencionado por Ticona (2013) y Aragón y Aguirre (2014), quienes reportan a la especie *Platalina genovensium* de la familia Phyllostomidae en unas minas de sal abandonadas en la localidad de Puite a 650 m.s.n.m. aproximadamente.

GRÁFICO 2: Proporción de las familias de murciélagos registradas en la cuenca del río Locumba.



Fuente: Cuadro 3

GRÁFICO 3: Porcentaje de especies de murciélagos registradas en la cuenca del río Locumba.



Fuente: Cuadro 3

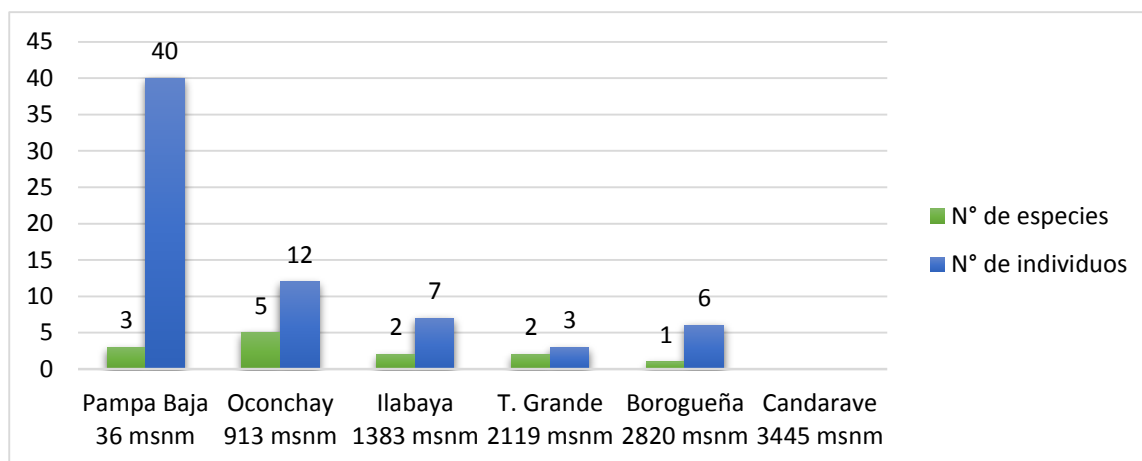
Interpretación:

En diversos estudios tanto Vespertiliónidos y Molósidos constituyen las comunidades de murciélagos de grandes altitudes, ambos poseerían mayor afinidad y adaptación a la alta montaña (Soriano, 2000; Bejarano-Bonilla et al., 2007), en tal sentido, la mayor riqueza de especies a lo largo de la gradiente altitudinal fue

mostrada por la familia Vespertilionidae, con el 50% de la riqueza, representada por las especies *H. macrotus*, *H. montanus* y *M. atacamensis* con el 2,94%, 27,94% y 5,88% respectivamente del total de ejemplares registrados por especie, sin embargo, el mayor número de individuos registrados correspondió a la familia Molossidae, cuya riqueza alcanza el 33,33%, con las especies *M. kalinowskii* (parte baja de la cuenca) y *P. davisoni* (parte baja e intermedia de la cuenca) con el 57,35% y el 4,41% respectivamente del total de individuos registrados.

La familia Furipteridae, con el 16,67% de la riqueza de especies, fue representada sólo por un ejemplar de la especie *A. schnablii*, equivalente al 1,47% del total de individuos registrados. La presencia de esta última estuvo restringida a la parte baja de la cuenca, probablemente debido a la vegetación que condiciona la presencia de artrópodos que forman parte de su dieta y a sus altos requerimientos de calor (Mann, 1978).

GRÁFICO 4: Comparativo del número de especies e individuos por localidad de muestreo.



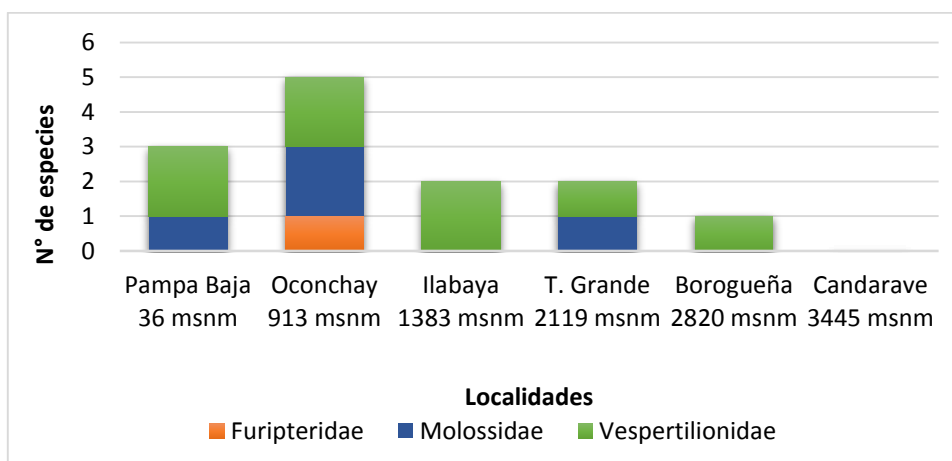
Fuente: Cuadro 3

Interpretación:

De las seis localidades evaluadas en la cuenca del río Locumba, se puede observar que la localidad de Pampa Baja y la localidad de Oconchay presentan la mayor riqueza de especies y el mayor número de capturas. Coincidentemente ambas localidades se encuentran en la ecorregión de Desierto del Pacífico a alturas no superiores a los 1 000 m.s.n.m., es decir en la parte baja de la cuenca. En contraste, se tiene solamente una especie registrada para la localidad de Borogueña (2 820 m.s.n.m.), así como la ausencia total de especies de murciélagos en la localidad de Candarave (3

445 m.s.n.m.) en la ecorregión de Serranía Esteparia a una altitud próxima a los 3 800 m.s.n.m. en donde comienza la ecorregión Puna. Esto indicaría un claro declive de la riqueza y la diversidad de especies a medida que se incrementa la elevación. El alto número de ejemplares capturados en la localidad de Pampa Baja (40 ind.) corresponde en su mayoría a *M. kalinowskii* (38 ind.) de la familia Molossidae. Este elevado número podría deberse al vuelo relativamente bajo que posee, en comparación a otras especies de la familia, además del recurso alimenticio disponible en la zona (Lanchipa, 2011; IUCN, 2016).

GRÁFICO 5: Comparativo del número de especies por familia y localidad de muestreo.



Fuente: Cuadro 3

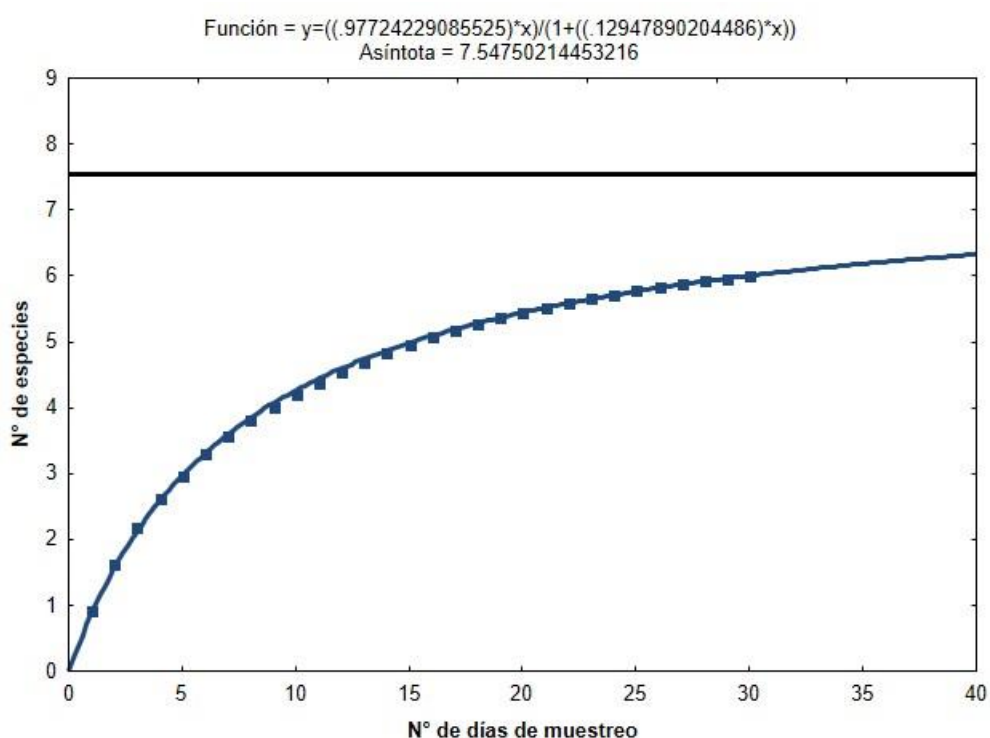
Interpretación:

En la localidad de Oconchay se registró el mayor número de familias (Furipteridae, Molossidae y Vespertilionidae) y especies de murciélagos (*A. schnablii*, *H. montanus*, *M. kalinowskii* y *M. atacamensis*), lo cual indicaría una preferencia sobre este tipo de hábitat, la vegetación circundante y el recurso alimenticio. Se observa el amplio rango de distribución altitudinal que presentan Vespertiliónidos y Molósidos en la cuenca del río Locumba a lo largo de la gradiente de elevación a diferencia del reducido rango que presenta la familia Furipteridae sobre los 900 m.s.n.m.

3.3. Curva de acumulación de especies

Se elaboró la curva de acumulación de especies para el total de la evaluación realizada en la cuenca del río Locumba durante las temporadas seca y húmeda a lo largo del gradiente altitudinal planteado, acumulando un total de 36 noches de muestreo y seis especies registradas.

GRÁFICO 6: Curva de acumulación de las especies de murciélagos registradas de la cuenca del río Locumba a lo largo de una gradiente altitudinal.



Fuente: Datos tomados en campo

Interpretación:

La curva de acumulación de especies obtenida ofrece una comparación entre lo observado y lo esperado, es decir entre las especies registradas en el estudio y el modelo de predicción y

saturación de especies. En todo inventario biológico, las primeras especies en ser capturadas y/o colectadas son las más comunes, conforme el tiempo de muestreo avanza, las especies más comunes van cediendo su lugar a las especies menos comunes y por último a las más raras (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Este comportamiento puede verse reflejado en el inicio de la curva, cuya pendiente es rápidamente elevada durante las primeras noches del inventario (esfuerzo de captura) para finalmente mostrar una tendencia a la estabilización (asíntota). Debido a la relación entre el número de especies registradas y el esfuerzo de captura, un mayor esfuerzo involucra el registro de un mayor número de especies.

Jiménez-Valverde y Hortal (2003) establecen que los inventarios biológicos nunca logran alcanzar la asíntota, puesto a que solo representa una estimación del valor real del número total de especies en un ecosistema determinado. De acuerdo a los resultados de la curva de acumulación se registraron seis especies durante 36 noches de evaluación, la línea azul describe la curva de acumulación de especies realizada por el estudio con una tendencia asíntótica hacia el final de las noches de muestreo. La línea negra (asíntota) obtiene un valor de 7,54, valor que es aproximado a 8, es

decir el modelo predictivo indica que el número de especies esperadas para la cuenca del río Locumba equivale a ocho especies. De esta manera, el estudio logró registrar el 75% de las especies esperadas.

3.4. Abundancia relativa

CUADRO 4: Abundancia relativa de individuos de las especies de murciélagos registradas en la cuenca del río Locumba.

| Especie | N° de individuos | AR |
|--------------------------------|------------------|-------|
| <i>Amorphochilus schnablii</i> | 1 | 0,028 |
| <i>Histiotus macrotus</i> | 2 | 0,056 |
| <i>Histiotus montanus</i> | 19 | 0,528 |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | 39 | 1,083 |
| <i>Myotis atacamensis</i> | 4 | 0,111 |
| <i>Promops davisoni</i> | 3 | 0,083 |

Fuente: Datos tomados en campo

Interpretación:

El cálculo de la abundancia relativa permite reconocer a las especies menos representativas y más sensibles a las

perturbaciones ambientales en un ecosistema determinado (Moreno, 2001). El cálculo total de la abundancia relativa de las especies registradas a lo largo de la gradiente altitudinal en la cuenca del río Locumba indica que las especies que presentaron la menor abundancia relativa fueron *A. schnablii* (0,028) e *H. macrotus* (0,056), por lo que serían especies sensibles a cambios en su hábitat ocasionados principalmente por la agricultura. Por otro lado y a pesar de su baja representatividad, *A. schnablii* podría verse favorecida por construcciones humanas dentro de la cuenca que le sirven de refugio (Ticona, 2013).

La International Union for Conservation of Nature (IUCN) categoriza a *A. schnablii* como en estado vulnerable (VU) y a *H. macrotus* como en estado de preocupación menor (LC). El decreto supremo N° 004-2014-MINAGRI, también categoriza a *A. schnablii* en estado de peligro (PE) prohibiendo su colecta.

El mayor valor del cálculo de la abundancia relativa lo obtuvo *M. kalinowskii* (1,083), indicando una menor sensibilidad y una mayor tolerancia a los cambios en su hábitat de distribución dentro de la cuenca del río Locumba en comparación a las demás especies. Sin

embargo, su captura indiscriminada y comercialización con fines curativos y naturistas podrían comprometer seriamente sus poblaciones (Flores, 2016).

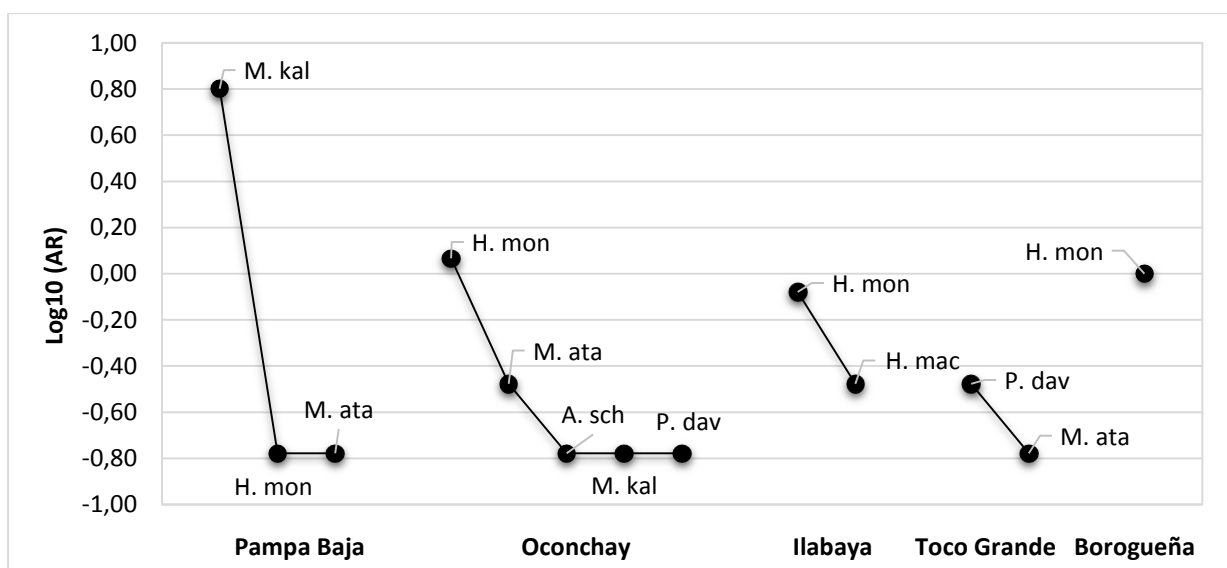
3.5. Curvas de Rango - Abundancia

CUADRO 5: Abundancia relativa del número de individuos de las especies registradas por localidad evaluada en la cuenca del río Locumba.

| Especie | Pampa Baja 36 m.s.n.m. AR (10 RN) | Oconchay 913 m.s.n.m. AR (10 RN) | Ilabaya 1383 m.s.n.m. AR (10 RN) | Toco Grande 2119 m.s.n.m. AR (10 RN) | Borogueña 2820 m.s.n.m. AR (10 RN) | Candarave 3445 m.s.n.m. AR (10 RN) |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| <i>Amorphochilus schnablii</i> | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Histiotus macrotus</i> | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Histiotus montanus</i> | 0,17 | 1,17 | 0,83 | 0,00 | 1,00 | 0,00 |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | 6,33 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Myotis atacamensis</i> | 0,17 | 0,33 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Promops davisoni</i> | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,00 |
| Especie | Log ₁₀ AR | Log ₁₀ AR | Log ₁₀ AR | Log ₁₀ AR | Log ₁₀ AR | Log ₁₀ AR |
| <i>Amorphochilus schnablii</i> | - | -0,78 | - | - | - | - |
| <i>Histiotus macrotus</i> | - | - | -0,48 | - | - | - |
| <i>Histiotus montanus</i> | -0,78 | 0,07 | -0,08 | - | 0,00 | - |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | 0,80 | -0,78 | - | - | - | - |
| <i>Myotis atacamensis</i> | -0,78 | -0,48 | - | -0,78 | - | - |
| <i>Promops davisoni</i> | - | -0,78 | - | -0,48 | - | - |

Fuente: Datos tomados en campo

GRÁFICO 7: Curvas de Rango-Abundancia de las especies de murciélagos registradas en la cuenca del río Locumba por localidad evaluada.



Fuente: Cuadro N° 5

Interpretación:

Teniendo en cuenta que las abundancias relativas de las especies reflejan la distribución y dominancia de las mismas en el tiempo y el espacio (Magurran, 1988; Carrillo et al., 2000), se construyeron las curvas de rango – abundancia en base al logaritmo en base diez de las abundancias relativas de las especies

registradas en cada una de las localidades evaluadas. De acuerdo a la teoría de las curvas de rango – abundancia, la curva más larga representa la localidad más diversa (Feinsinger, 2001), sin embargo, en el Gráfico 7 se aprecia que la curva más larga corresponde a la localidad de Pampa Baja a pesar de registrar solo tres especies, esto indica una fuerte influencia de la abundancia relativa de la especie *M. kalinowskii* en los pisos bajos de la cuenca del río Locumba, de esta manera la localidad más diversa es Oconchay con cinco especies.

Las colas de las curvas indican a las especies con menor abundancia relativa por localidad de muestreo. En el Gráfico 7 se puede inferir que *M. kalinowskii* es la especie dominante de los 36 a los 913 m.s.n.m. (pisos bajos), mientras que *H. montanus* es dominante a lo largo de la cuenca de los 36 a los 2 820 m.s.n.m., no descartándose su presencia por encima de los 3 000 m.s.n.m. de acuerdo a registros bibliográficos que mencionan la presencia de la especie por encima de los 4 000 m.s.n.m. (Zeballos et al., 2001; Zeballos y Carrera, 2010). *M. atacamensis* muestra dominancia de los 36 a los 2 119 m.s.n.m., (pisos bajos e intermedios) de forma similar a *P. davisoni* registrada de los 913 a los 2 119 m.s.n.m., sin

embargo, se tiene evidencia cualitativa y bibliográfica de la presencia de esta especie a elevaciones menores (Flores et al., 2015), datos que son considerados más adelante en el análisis de gradiente, lo mismo sucedería con *H. macrotus* registrada solo en la localidad de Ilabaya a 1 383 m.s.n.m., pero que se encontraría a lo largo de la cuenca de forma simpátrica a *H. montanus* (Aragón y Aguirre, 2014).

El Gráfico 7 sugiere también que *A. schnablii* es la especie más rara que se pudo registrar en la cuenca del río Locumba, ya que solo se logró capturar un individuo en la localidad de Oconchay. No se realizó la curva de rango-abundancia de Candarave debido a que no se logró registrar especie alguna.

3.6. Índices de diversidad

3.6.1. Diversidad Alfa (α)

A. Índice de Shannon – Wiener (H')

B. Índice de Simpson (D ; $1-D$)

CUADRO 6: Índices de diversidad de especies de murciélagos por localidad evaluada en la cuenca del río Locumba.

| Localidad evaluada | Altitud (m.s.n.m.) | N° de especies | N° de individuos | Índice de Shannon – Wiener $H'_{(log_2)}$ | Índice de Simpson D | Índice de Simpson $1-D$ |
|--------------------|--------------------|----------------|------------------|---|-----------------------|-------------------------|
| Pampa Baja | 36 | 3 | 41 | 0,2287 | 0,9060 | 0,0939 |
| Oconchay | 913 | 5 | 13 | 1,1790 | 0,4201 | 0,5799 |
| Ilabaya | 1383 | 2 | 7 | 0,5983 | 0,5918 | 0,4082 |
| Toco Grande | 2119 | 2 | 3 | 0,6365 | 0,5556 | 0,4444 |
| Borogueña | 2820 | 1 | 6 | 0,0000 | 1,0000 | 0,0000 |
| Candarave | 3445 | - | - | - | | - |

Fuente: Datos tomados en campo

Interpretación:

El índice de Shannon – Wiener indica que la localidad más diversa a lo largo de la cuenca del río Locumba es

Oconchay ($H'=1,1790$) es decir presenta el mayor número de especies y una muestra más heterogénea con una distribución más uniforme, seguida de Toco Grande ($H'=0,6365$), Ilabaya ($H'=0,5983$), Pampa Baja ($H'=0,2287$) y Borogueña ($H'=0,000$). Esta última cuyo valor se debe a que solo se registró a la especie *H. montanus*. No se pudo determinar el índice de diversidad de Shannon – Wiener para la localidad de Candarave debido a la ausencia de registros.

El índice de Simpson, indica que en la localidad de Borogueña se alcanza un máximo de dominancia ($D=1,0000$) ya que la única especie registrada fue *H. montanus*, por ende su inverso indica ausencia de diversidad ($1-D=0,000$). Por otro lado, la localidad de Oconchay registró la mayor uniformidad de especies ($D=0,4201$) y una alta diversidad ($1-D=0,5799$), valores que son dados por la presencia de las especies *A. schnablii*, *H. macrotus*, *H. montanus*, *M. kalinowskii*, *M. atacamensis* y *P. davisoni*.

No se pudo aplicar el índice de Simpson y su valor inverso para la localidad de Candarave debido a la ausencia de registros.

3.6.2. Diversidad Beta (β)

A. Matriz de similitud - Índices de Jaccard y Morisita

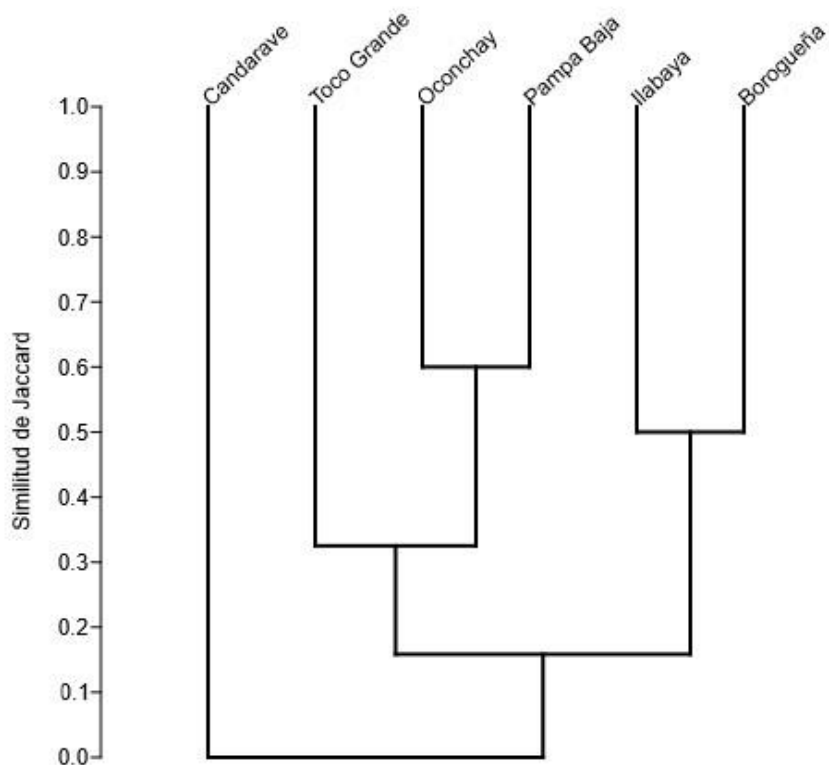
Para una mejor representación de la diversidad beta, se construyó una matriz de similitud en base a los valores obtenidos para los índices de Jaccard y Morisita. Los valores de ambos índices están separados por la diagonal "1".

CUADRO 7: Matriz de similitud cuantitativa de las especies registradas en las localidades evaluadas considerando los índices de Jaccard y Morisita-Horn

| | | Índice de Jaccard | | | | | |
|-------------------------|-------------|-------------------|----------|---------|-------------|-----------|-----------|
| Localidades | | Pampa Baja | Oconchay | llabaya | Toco Grande | Borogueña | Candarave |
| Índice de Morisita-Horn | Pampa Baja | 1 | 0,60 | 0,25 | 0,25 | 0,33 | 0,00 |
| | Oconchay | 0,75 | 1 | 0,17 | 0,40 | 0,20 | 0,00 |
| | llabaya | 0,40 | 0,29 | 1 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |
| | Toco Grande | 0,40 | 0,57 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0,00 |
| | Borogueña | 0,50 | 0,33 | 0,67 | 0,00 | 1 | 0,00 |
| | Candarave | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - |

Fuente: Datos tomados en campo

GRÁFICO 8: Dendograma de similaridad, análisis de clúster o agrupamiento en base al índice de similaridad de Jaccard y UPGMA.



Fuente: Cuadro 7

Interpretación:

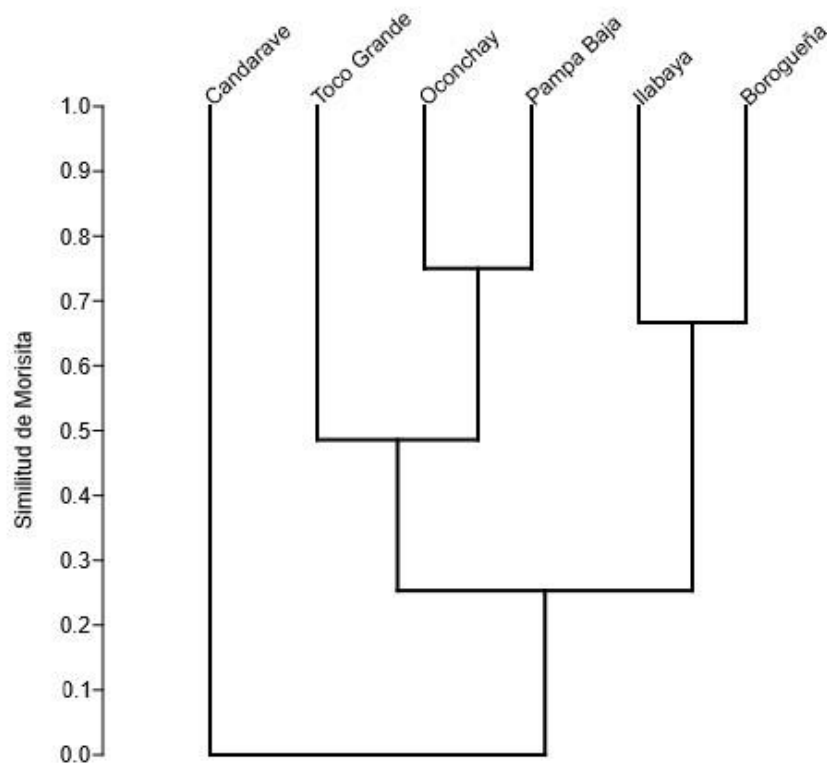
Para una mejor comprensión, los valores obtenidos para el índice de Jaccard pueden ser

interpretados porcentualmente. El análisis de clúster y agrupamiento en base al índice de similaridad de Jaccard y UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) muestra la formación de dos agrupamientos. En el primero sólo se observa a la localidad de Candarave (3 445 m.s.n.m.) la cual muestra un valor de 0% de similitud con el segundo agrupamiento debido a la ausencia de registros de especies.

El segundo agrupamiento se divide en dos subgrupos que comparten menos del 20% de las especies, el primer subgrupo se subdivide en dos subagrupamientos, el primero está conformado solo por la localidad de Toco Grande (2 119 m.s.n.m.), mientras que el segundo subagrupamiento está conformado por las localidades de pisos bajos: Oconchay (36 m.s.n. m.) y Pampa Baja (913 m.s.n.m.). La localidad de Toco Grande comparte poco más del 30% de las especies en relación al subagrupamiento Oconchay – Ilabaya, las cuales comparten el 60% de las especies.

El segundo subgrupo se encuentra representado por las localidades de pisos intermedios a altos: Ilabaya (1 383 m.s.n.m.) y Borogueña (2 820 m.s.n.m.), las cuales comparten el 50% de las especies registradas (*H. montanus*). La presencia de Toco Grande en el primer subgrupo y no en el segundo se debe a los registros de las especies *M. atacamensis* y *P. davisoni* registradas también en los pisos bajos.

GRÁFICO 9: Dendograma de similaridad, análisis de clúster o agrupamiento en base al índice de similaridad de Morisita-Horn y UPGMA.



Fuente: Cuadro 7

Interpretación:

Al igual que en el índice de Jaccard, los valores del índice de Morisita-Horn pueden ser expresados

porcentualmente. El análisis de clúster y agrupamiento en base al índice de similaridad de Morisita-Horn y UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) muestra la formación de dos agrupamientos. En el primero sólo se observa a la localidad de Candarave (3 445 m.s.n.m.) la cual no muestra valor alguno de similitud con el segundo agrupamiento debido a la ausencia de registros de especies.

El segundo agrupamiento se divide en dos subgrupos que comparten poco más del 20% de las especies, el primer subgrupo se subdivide en dos subagrupamientos, el primero está conformado solo por la localidad de Toco Grande (2 119 m.s.n.m.), mientras que el segundo subagrupamiento está conformado por las localidades de pisos bajos: Oconchay (36 m.s.n. m.) y Pampa Baja (913 m.s.n.m.). La localidad de Toco Grande comparte casi el 50% de las especies en relación al subagrupamiento Oconchay – Ilabaya, las cuales comparten más del 70% de las especies.

El segundo subgrupo se encuentra representado por las localidades de pisos intermedios a altos: Ilabaya (1 383 m.s.n.m.) y Borogueña (2 820 m.s.n.m.), las cuales comparten casi el 70% de las especies registradas (*H. montanus*). La inclusión de la localidad de Toco Grande en el primer subgrupo y no en el segundo se debe a la presencia de las especies *M. atacamensis* y *P. davisoni* registradas también en los pisos bajos.

3.7. Análisis de gradiente

Para el análisis de gradiente se construyó una nueva matriz de datos de riqueza de especies utilizando los datos del Cuadro N°03 y siguiendo el criterio empleado por Patterson et al. (1996) el cual considera que una especie que presenta un registro altitudinal bajo y otro registro altitudinal alto también se encuentra a una altitud intermedia entre ambos registros. Este criterio ha sido empleado en estudios con gradientes altitudinales en murciélagos en el Perú con la finalidad de interpolar datos (Vivar, 2006; Cadenillas, 2010; Márquez, 2011; Refulio, 2015; Arias et al., 2016). Para una mejor representación de la riqueza de

especies también se consideró el registro de *P. davisoni* en la localidad de Pampa Baja (Flores et al., 2015) tomando en cuenta que este estudio registró a esta especie a mayores elevaciones.

Cuadro 8: Especies registradas por localidad de muestreo.

| Familia | Género | Especie | Localidad | | | | | |
|---------------------------------|---------------|--------------------------------|-----------|----|----|----|----|----|
| | | | PB | OC | IL | TG | BO | CA |
| Furipteridae | Amorphochilus | <i>Amorphochilus schnablii</i> | - | x | - | - | - | - |
| Molossidae | Mormopterus | <i>Mormopterus kalinowskii</i> | x | x | - | - | - | - |
| | Promops | <i>Promops davisoni</i> | C | x | P | x | - | - |
| Vespertilionidae | Histiotus | <i>Histiotus macrotus</i> | - | - | x | - | - | - |
| | | <i>Histiotus montanus</i> | x | x | x | P | x | - |
| | Myotis | <i>Myotis atacamensis</i> | x | x | P | x | - | - |
| Total de especies por localidad | | | 4 | 5 | 4 | 3 | 1 | 0 |

C: Dato de presencia de la especie, Flores et al. (2015)

P: Presencia de la especie siguiendo a Patterson et al. (1996)

Fuente: Datos tomados en campo

Interpretación:

El Cuadro 8 muestra la riqueza total de especies de la cuenca del río Locumba con los criterios anteriormente mencionados. Se observa claramente la disminución de la riqueza de especies conforme se incrementa la altitud.

CUADRO 9: Regresión lineal y polinomial cuadrática o de segundo grado de la riqueza total de especies y correlación de Pearson con la altitud.

| Variable | Regresión | Ecuación | r | r ² | p |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------|----------------|-------|
| Riqueza total de especies | Lineal | $y=-0,001x+5,301$ | -0,896 | 0,803 | 0,016 |
| | Cuadrática o de segundo grado | $y=4,251-0,001x-5,886(10^{-7})x^2$ | | 0,955 | 0,010 |

p: Valores menores a 0,05 indican significancia.

r: Coeficiente de correlación de Pearson.

r²: Coeficiente de determinación

Fuente: Cuadro N° 8

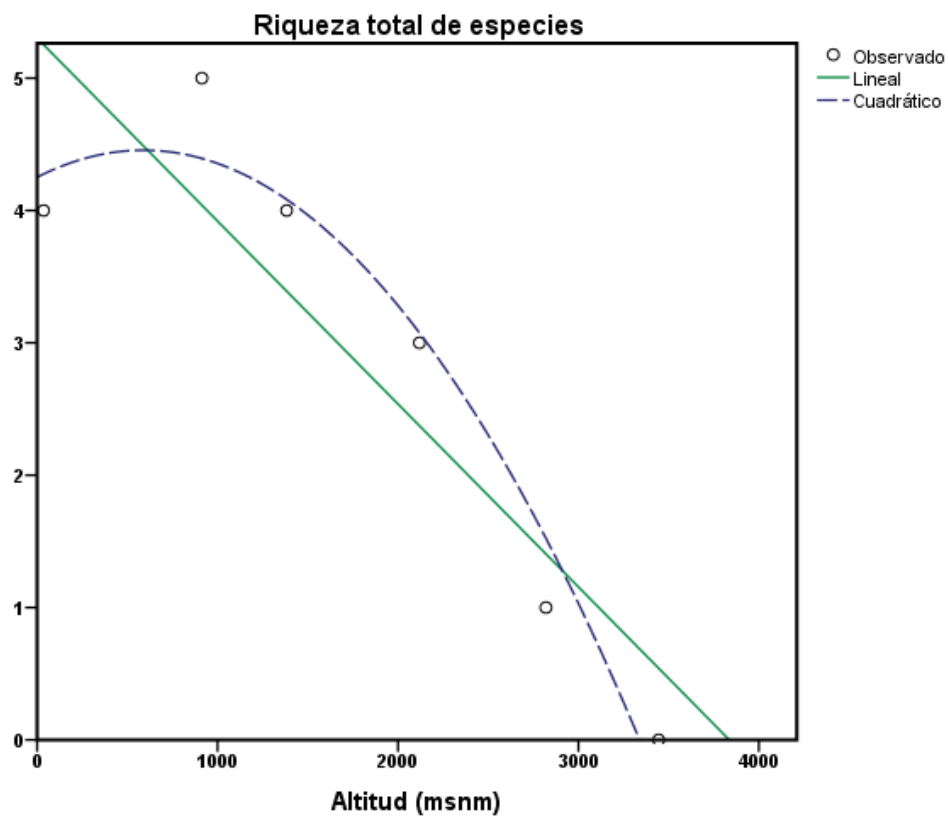
Interpretación:

Para determinar si existía una relación de dependencia entre la riqueza de especies y la altitud, se empleó la correlación de Pearson (r). Los resultados mostraron la existencia de una correlación negativa (inversa) significativa ($p<0,05$) entre la riqueza total de especies y la altitud ($r=-0,896$; $p=0,016$). Es decir la riqueza y por ende la diversidad de especies desciende a medida que esta se incrementa.

Con la finalidad de representar mejor esta disminución de la riqueza de especies con respecto a la altitud mediante un

modelo matemático, se siguieron los criterios empleados por Refulio (2015) mediante regresión lineal y regresión polinomial cuadrática o de segundo grado (Cuadro 9 y Gráfico 10).

GRÁFICO N° 10: Análisis de gradiente mediante regresión lineal y regresión polinomial de segundo grado o cuadrática.



Fuente: Cuadro 9

Interpretación:

De acuerdo a los análisis (Cuadro 9), tanto el modelo lineal ($r^2=0,803$; $p=0,016$) como el polinomial cuadrático o de segundo grado ($r^2=0,955$; $p=0,010$) se ajustaron bien a la disminución de la riqueza de especies conforme a la altitud, sin embargo, de acuerdo a la proximidad de los puntos hacia las líneas de ajuste, el modelo que se ajusta más a esta variación es el modelo polinomial cuadrático o de segundo grado en un 95,50% en comparación al modelo lineal con un ajuste de 80,03%, es decir el pico de la diversidad de especies de murciélagos se encontraría a alturas intermedias.

3.8. Perfil altitudinal

El perfil altitudinal de las especies registradas en la cuenca del río Locumba se elaboró en base a los registros en campo de este estudio, Aragón y Aguirre (2014) y Flores et al. (2015). De forma complementaria y para el contraste, se elaboró el rango altitudinal bibliográfico de estas mismas especies utilizando la información dada por Iriarte (2008), Pari et al. (2015) y los

registros altitudinales de las especies de quirópteros de la colección científica del Departamento de Mastozoología del Museo de Historia Natural de la Universidad Mayor de San Marcos.

CUADRO 10: Rangos altitudinales muestreados y bibliográficos de las especies de murciélagos de la cuenca del río Locumba.

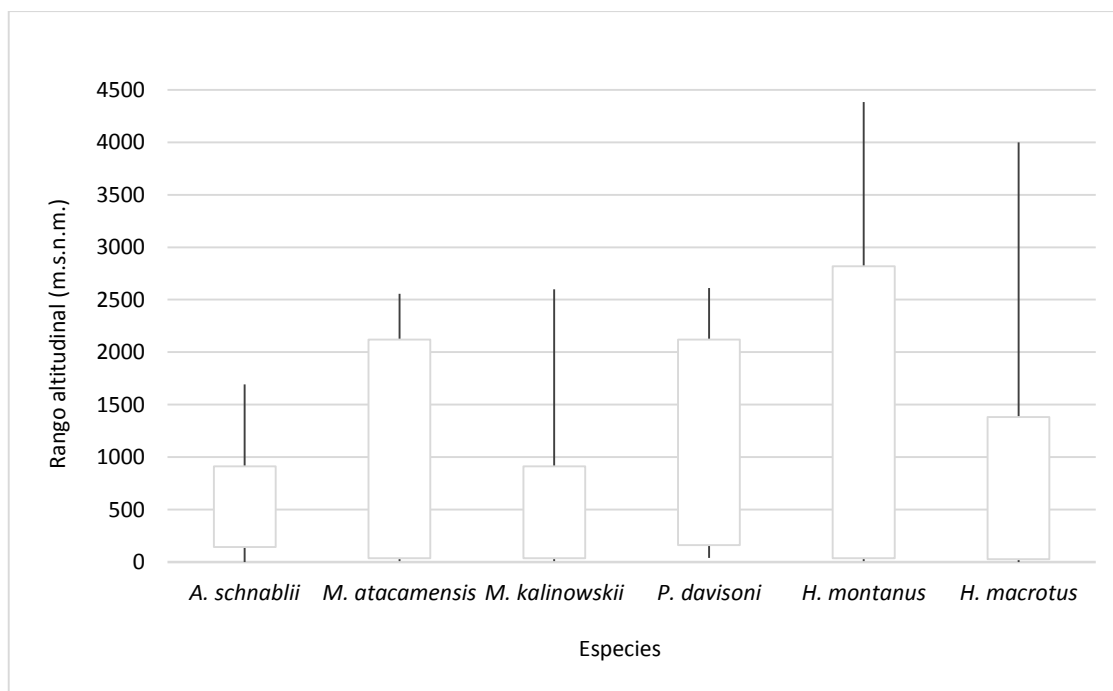
| Familia | Especie | Rango altitudinal muestreado (m.s.n.m.)* | Rango altitudinal bibliográfico (m.s.n.m.)** |
|------------------|--------------------------------|--|--|
| Furipteridae | <i>Amorphochilus schnablii</i> | 144-913 | 0-1692 |
| Molossidae | <i>Mormopterus kalinowskii</i> | 36-913 | 11-2555 |
| | <i>Promops davisoni</i> | 162-2119 | 40-2610 |
| Vespertilionidae | <i>Histiotus macrotus</i> | 27-1383 | 0-4000 |
| | <i>Histiotus montanus</i> | 36-2820 | 10-4383 |

* Rangos altitudinales elaborados en base a este estudio, Aragón y Aguirre (2014) y Flores et al. (2015).

**Rangos altitudinales tomados de Iriarte (2008), Pari et al. (2015) y la colección científica del Departamento de Mastozoología del Museo de Historia Natural-UNMSM.

Fuente: Datos tomados en campo y bibliografía.

GRÁFICO 11: Diagrama de cajas de los rangos altitudinales muestreados y bibliográficos de las especies de murciélagos de la cuenca del río Locumba.



Líneas: Rangos altitudinales tomados de Iriarte (2008), Pari et al. (2015) y la colección científica del Departamento de Mastozoología del Museo de Historia Natural-UNMSM.
Barras: Rangos altitudinales elaborados en base a este estudio, Aragón y Aguirre (2014) y Flores et al. (2015).
 Fuente: Cuadro 10.

Interpretación:

Los datos de rango altitudinal bibliográfico muestran en el diagrama que el 100% de las especies registradas en la cuenca

del río Locumba presentarían un amplio rango altitudinal y se encontrarían presentes desde el nivel del mar hasta los aproximadamente 2 500 m.s.n.m., sin embargo, durante el muestreo sólo *P. davisoni*, *M. atacamensis* e *H. montanus* superaron los 2 000 m.s.n.m., no descartándose la presencia de *H. macrotus* a alturas similares a las descritas para *H. montanus* debido a la simpatria de las especies (Aragón y Aguirre, 2014).

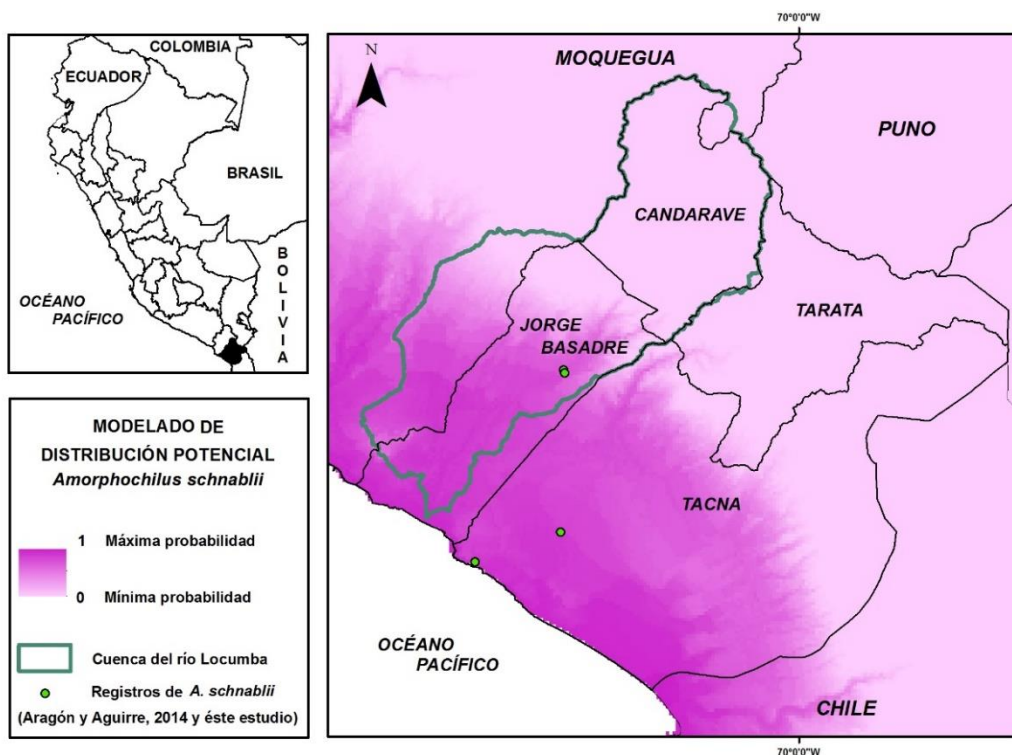
Los datos de muestreo indican que *A. schnablii* y *M. kalinowskii* se encontrarían a elevaciones que bordean los 1 000 m.s.n.m., en contraste con el rango altitudinal bibliográfico el cual considera que *A. schnablii* se distribuye hasta los 1 692 m.s.n.m., mientras que *M. atacamensis* alcanzaría alturas superiores a los 2 500 m.s.n.m. Los registros de las especies durante el muestreo corresponderían a elevaciones en donde la frecuencia de ocurrencia (frecuencia en el área de distribución) de las especies es mayor, tal como lo descrito por Pari et al. (2015) para *A. schnablii*.

3.9. Modelado de distribución potencial de especies

El modelado de distribución potencial de las seis especies de murciélagos registradas en la cuenca del río Locumba generado por el software MaxEnt versión 3.3.3k dio como resultado la obtención de seis mapas de distribución potencial los cuales fueron proyectados por el software Arc Gis versión 10.2.1. (Gráficos 12, 13, 14, 15, 16 y 17).

La capacidad de predicción de los modelos generados por el software MaxEnt versión 3.3.3k mediante 19 variables climáticas es medida por el valor AUC (Area Under the Curve), el cual expresa la relación de la sensibilidad (porcentaje de presencia predicha de forma correcta) con la especificidad (uno menos el porcentaje de ausencia predicha de forma correcta), de este modo se evalúa la idoneidad del modelo para catalogar la presencia o ausencia de una especie (Hanley y McNeil, 1982; Palma-Ordaz y Delgadillo-Rodríguez, 2014). La precisión del modelo puede clasificarse de acuerdo a la siguiente escala: 0,50-0,60=insuficiente; 0,60-0,70=pobre, 0,70-0,80=promedio; 0,80-0,90=bueno; 0,90-1=excelente (Araújo y Guisan, 2006).

GRÁFICO 12: Mapa de distribución potencial de *A. schnablii*.



*AUC=0,991

Fuente: Datos en campo y registros tomados de Aragón y Aguirre (2014).

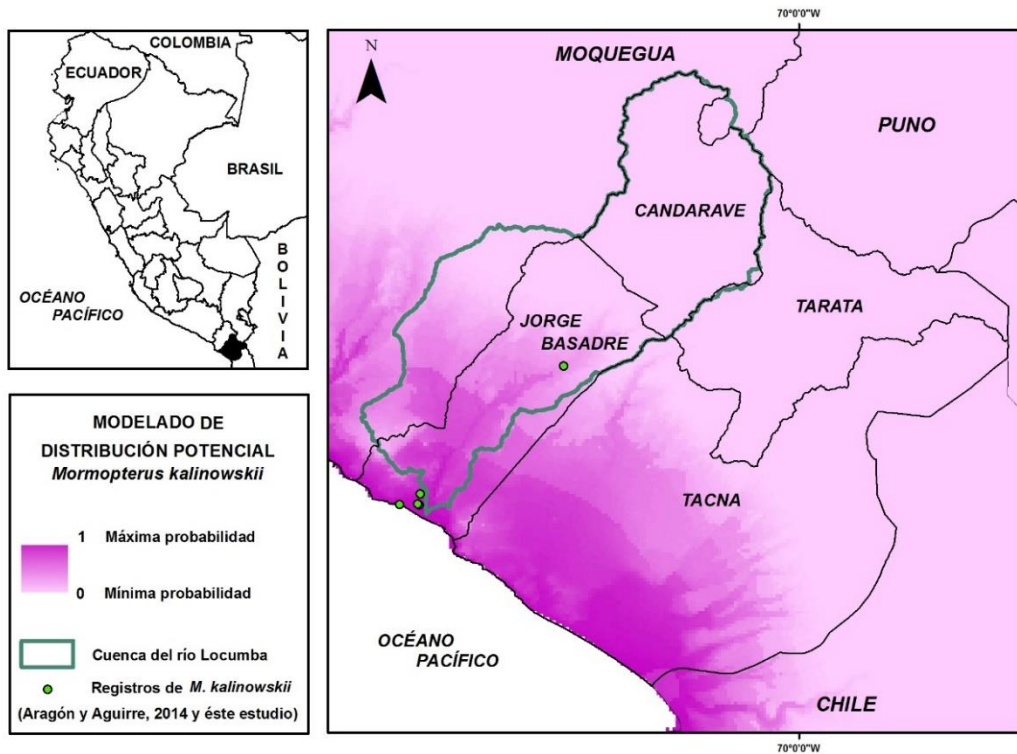
Interpretación:

El mapa de distribución potencial de *A. schnablii* muestra que la presencia de esta especie se da principalmente en la zona costera entre los 0 y los 1 000 m.s.n.m. aproximadamente, es decir que dentro de la cuenca del río Locumba la distribución de

A. schnablii comprendería los distritos de Ite, Locumba y las partes baja y media del distrito de Ilabaya, en este último el área de distribución potencial de la especie por encima de los 1 400 m.s.n.m. se limitaría a los estrechos valles de la zona, sin embargo su presencia es menos probable.

Debido al reducido número de registros y para un mejor modelamiento de la distribución potencial *A. schnablii* se tomaron también en cuenta los registros mencionados por Aragón y Aguirre (2014) para el anexo de Trapiche ubicado en el distrito de Locumba además de capturas de la especie realizadas recientemente en los distritos de Sama Las Yaras (Quebrada de Burros) e Inclán (Portugal et al., en prep.). El valor AUC (Area Under the Curve) es de 0,991 indicando que el modelo predictor de distribución potencial es excelente.

GRÁFICO 13: Mapa de distribución potencial de *M. kalinowskii*.



*AUC=0,995

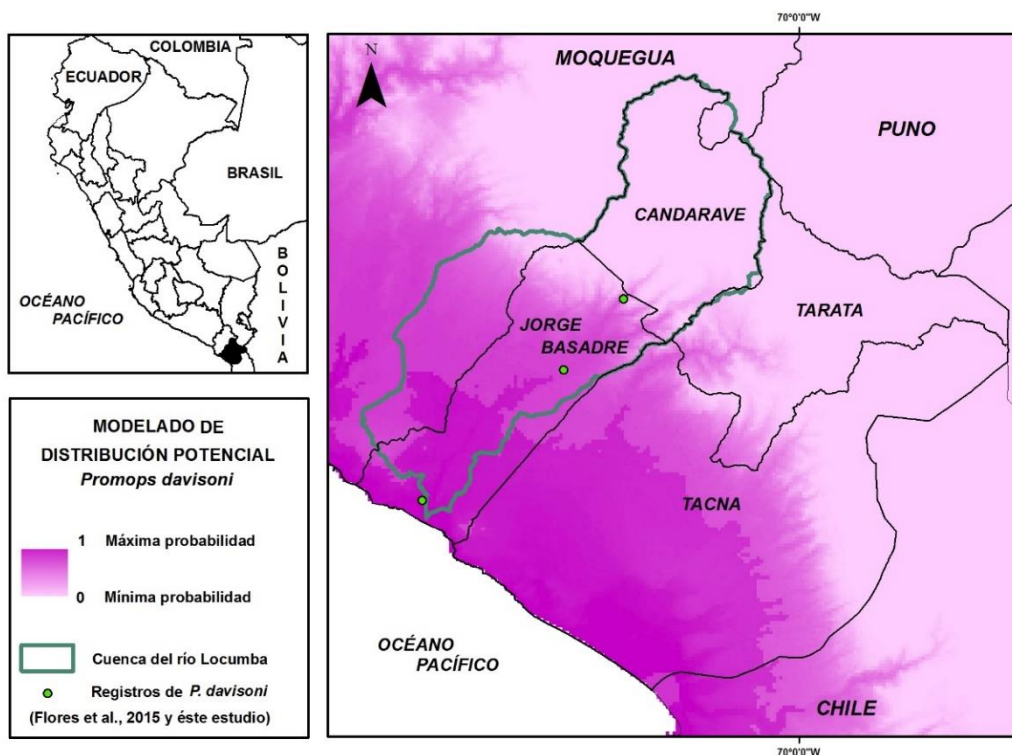
Fuente: Datos en campo y registros tomados de Aragón y Aguirre (2014).

Interpretación:

La distribución potencial de *M. kalinowskii* muestra una especificidad por la franja costera entre los 0 y los 600 m.s.n.m. aproximadamente comprendiendo los distritos de Ite y Locumba. Al incrementarse la altitud puede notarse un declive de la

probabilidad de encontrar a la especie a mayor altura siendo el anexo de Oconchay e Ilabaya capital las últimas localidades en donde puede observarse una distribución más probable, la cual cae vertiginosamente a partir de los 1 400 m.s.n.m. El valor AUC (Area Under the Curve) es de 0,995 indicando que el modelo predictor de distribución potencial es excelente.

GRÁFICO 14: Mapa de distribución potencial de *P. davisoni*.



*AUC=0,984

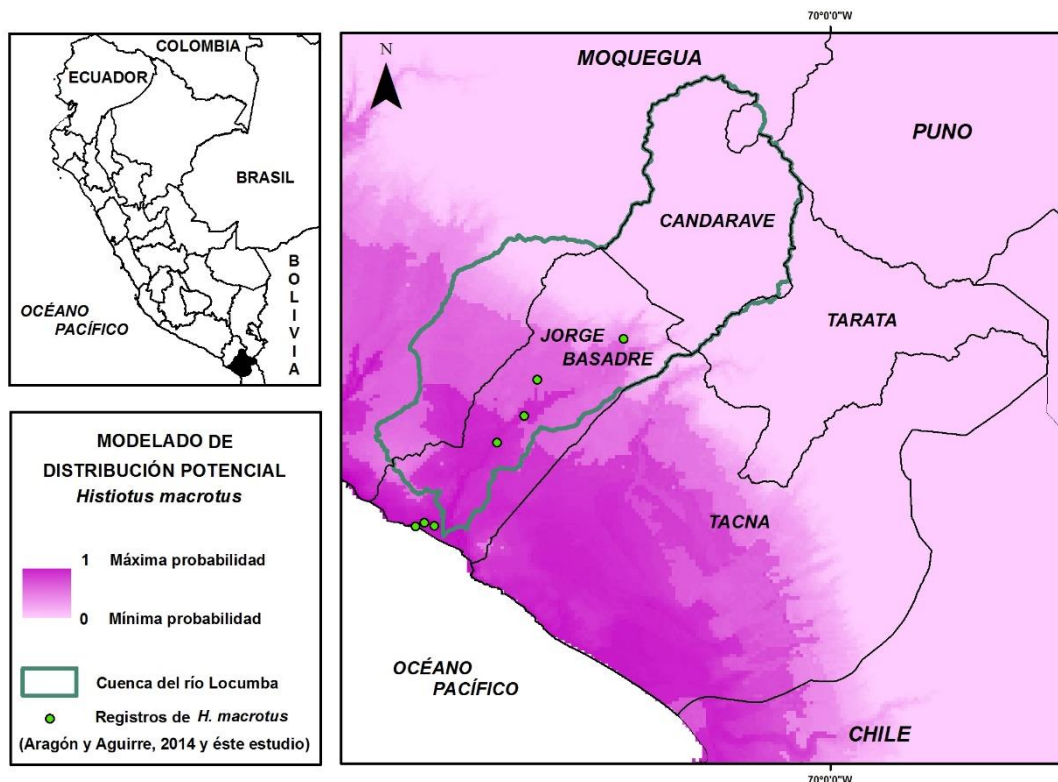
Fuente: Datos en campo y registros tomados de Flores et al. (2015).

Interpretación:

El modelo de distribución potencial de *P. davisoni* muestra que la especie presenta una probable amplia distribución en pisos altitudinales bajos, medios y altos. Las zonas entre los 0 y los 900 m.s.n.m. son áreas de fuerte distribución potencial de la

especie sobre todo en el valle generado por el cauce del río Locumba. Entre los 900 y los 2 200 m.s.n.m., la especie parecería tener una distribución de mediana probabilidad, la cual va dispersándose a alturas superiores. El valor AUC (Area Under the Curve) es de 0,984 indicando que el modelo predictor de distribución potencial es excelente.

GRÁFICO 15: Mapa de distribución potencial de *H. macrotus*.



*AUC=0,994

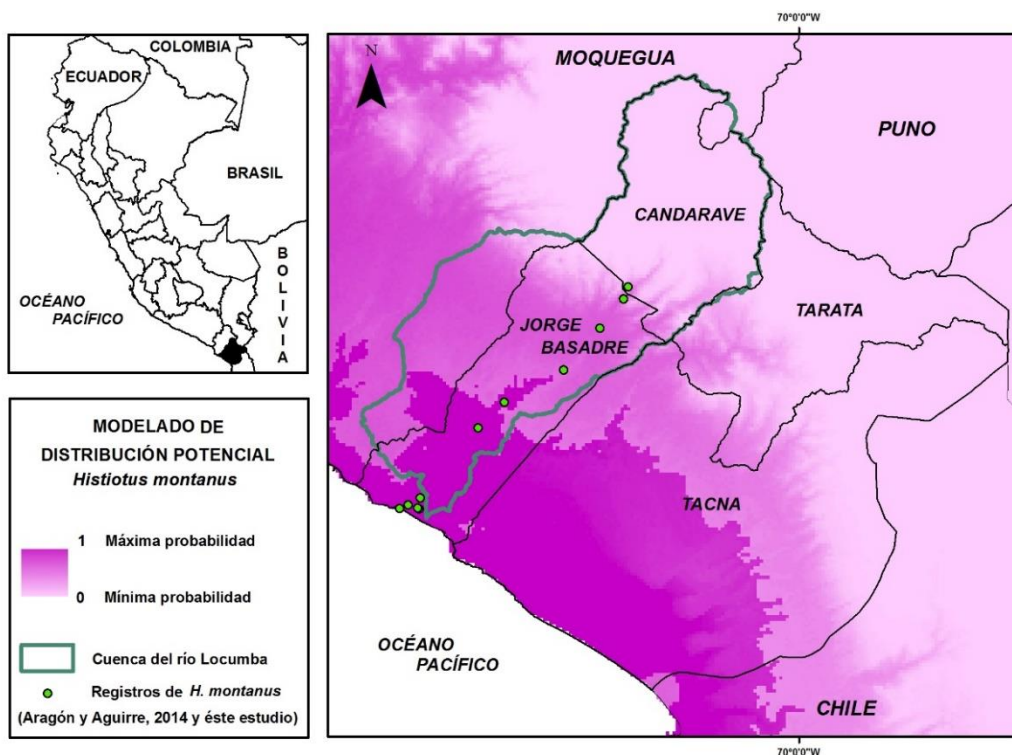
Fuente: Datos en campo y registros tomados de Aragón y Aguirre (2014).

Interpretación:

La probable distribución potencial de *H. macrotus* en la cuenca del río Locumba alcanza los pisos bajos, medios y altos con una fuerte probabilidad de presencia entre los 0 y los 900

m.s.n.m. orientada hacia el valle del río Locumba, una probabilidad mediana entre los 900 y los 1 400 m.s.n.m. y una probabilidad mucho más dispersa en los valles interandinos a alturas superiores a los 2 000 m.s.n.m. El valor AUC (Area Under the Curve) es de 0,994 indicando que el modelo predictor de distribución potencial es excelente.

GRÁFICO 16: Mapa de distribución potencial de *H. montanus*.



*AUC=0,989

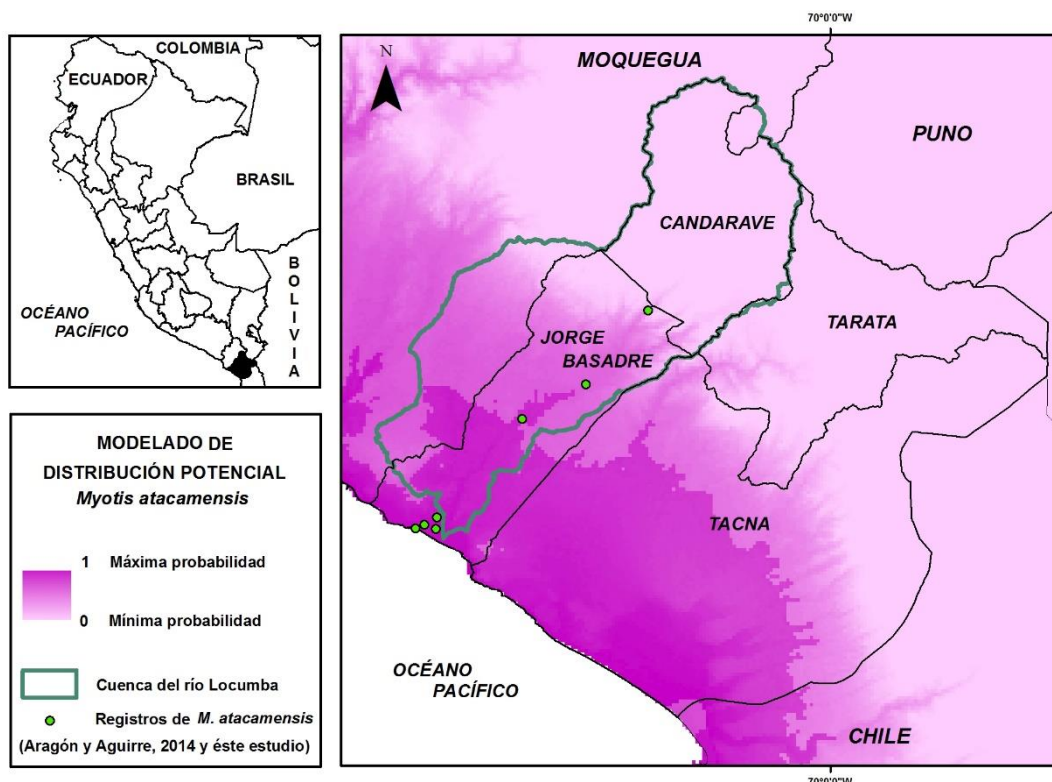
Fuente: Datos en campo y registros tomados de Aragón y Aguirre (2014).

Interpretación:

La probable distribución potencial de *H. montanus* en la cuenca del río Locumba se muestra similar a la descrita para *H. macrotus*, sin embargo, la probabilidad de presencia en pisos bajos entre los 0 y los 900 m.s.n.m. parece ser más fuerte en *H.*

montanus. Por encima de los 900 m.s.n.m. esta probabilidad se dispersa dando como resultado una probabilidad de presencia media hasta los 3 000 m.s.n.m. A alturas superiores la potencialidad descende adentrándose a los valles de altura de la provincia de Candarave. El valor AUC (Area Under the Curve) es de 0,989 indicando que el modelo predictor de distribución potencial es excelente.

GRÁFICO 17: Mapa de distribución potencial de *M. atacamensis*.



*AUC=0,989

Fuente: Datos en campo y registros tomados de Aragón y Aguirre (2014).

Interpretación:

M. atacamensis presenta una alta probabilidad de distribución en la zona costera de la cuenca del río Locumba entre los 0 y los 900 m.s.n.m. con una distribución potencial de

mediana probabilidad que abarca desde los 900 hasta los 2 300 m.s.n.m. *M. atacamensis* parece tener áreas de distribución potencial baja a alturas cercanas a los 3 000 m.s.n.m. El valor AUC (Area Under the Curve) es de 0,989 indicando que el modelo predictor de distribución potencial es excelente.

IV. DISCUSIÓN

Se logró registrar tres familias de quirópteros en la cuenca del río Locumba a lo largo de la gradiente altitudinal planteada: Furipteridae, Molossidae y Vespertilionidae. De la familia Furipteridae se registró a la especie *A. schnablii*, mientras que la familia Molossidae estuvo representada por las especies *M. kalinowskii* y *P. davisoni*. Por último la familia Vespertilionidae presentó tres especies *H. macrotus*, *H. montanus* y *M. atacamensis*, haciendo un total de seis especies. Todas las familias de quirópteros registradas en la evaluación son insectívoras, lo cual difiere de otros estudios realizados en la costa peruana en donde además de molósidos y vespertiliónidos se registran especies de la familia Phyllostomidae (Ortiz de la Puente, 1951; Velásquez, 1992).

Esta misma situación se repite al comparar los registros de este estudio con los registros dados por Aragón y Aguirre (2014) para la región de Tacna, investigación que considera también a la familia Phyllostomidae, sin embargo, sólo documenta a la especie *P. genovensium* como una especie con presencia en la parte baja de la cuenca del río Locumba. Es posible que el registro de solamente murciélagos insectívoros esté relacionado a las características de hábitat y al recurso alimenticio disponible, en su

mayoría dípteros y lepidópteros (Mann, 1978; Lanchipa, 2010; Flores et al., 2015; Pari et al., 2015).

El valor asintótico del modelo predictor de la curva de acumulación de especies (7,54) muestra que serían ocho las especies que habitan la cuenca del río Locumba, habiendo alcanzado el 75% (seis especies) de las especies estimadas durante la evaluación que a su vez representan el 66,67% del total de las especies de quirópteros reportadas para la región de Tacna (Aragón y Aguirre, 2014; Flores et al., 2015). La mayor riqueza de especies se registró en pisos altitudinales bajos en las localidades de Pampa Baja (39 m.s.n.m.) y Oconchay (913 m.s.n.m.). A lo largo de las seis localidades evaluadas en la gradiente fueron las familias Molossidae y Vespertilionidae las que presentaron el mayor número de capturas, sin embargo, especies de molósidos sólo fueron registradas hasta la localidad de Toco Grande (2 119 m.s.n.m.) mientras que la familia Vespertilionidae tuvo presencia de especies a lo largo de toda la gradiente con excepción de la localidad de Candarave (3 445 m.s.n.m.) en donde no se logró registro alguno de especies.

La captura de vespertiliónidos y molósidos a lo largo de toda la gradiente altitudinal es congruente con los resultados de investigaciones en

gradientes altitudinales en diferentes lugares del Perú a pesar de haber sido realizadas hacia la vertiente oriental de la cordillera de los Andes y en ecosistemas totalmente diferentes como los bosques montanos y las yungas de la Reserva de Biósfera del Manu, el Parque Nacional Yanachaga-Chemillén, el Parque Nacional Bahuaja-Sonene y la cuenca del río Pampa Hermosa, provincia de Satipo en la región Junín (Patterson et al., 1996; Vivar, 2006; Pacheco et al., 2011; Refulio, 2015). Este mismo patrón también se ha evidenciado en el único estudio realizado en murciélagos en gradientes altitudinales hacia la vertiente occidental peruana en los ecosistemas de Bosque Seco y Bosque Tropical del Pacífico en el Parque Nacional Cerros de Amotape (Cadenillas, 2010). El amplio rango de distribución que ocupan ambas familias a lo largo de la gradiente parece explicarse por su extraordinario grado de adaptación y fisiología para las grandes altitudes (Soriano, 2000; Canals et. al, 2005).

Por otro lado *A. schnablii*, la única especie de la familia Furipteridae registrada en la cuenca del río Locumba sólo se encontró en pisos bajos (Oconchay 913 m.s.n.m.), en contraste a lo reportado por Pari et al. (2015) para la región Arequipa con registros de la especie hasta los 1692 m.s.n.m., no obstante, aclara que mayoritariamente los registros se han producido por debajo de los 1000 m.s.n.m. La presencia de *A. schnablii* se encontraría

asociada a géneros de plantas como: Baccharis, Equisetum y Plantago, los cuales albergan poblaciones de artrópodos que también constituirían parte del recurso alimenticio de la especie (Mann, 1978).

El análisis de correlación de Pearson evidenció la existencia de una correlación significativa negativa entre la riqueza de especies y la altitud, la cual se sometió a un análisis de gradiente mostrando que el modelo polinomial cuadrático o de segundo grado se ajusta mejor que el modelo lineal al momento de describir la forma en la que la riqueza de especies desciende con la elevación. En tal sentido, el modelo describe un pico de diversidad de especies de murciélagos a elevaciones intermedias, un patrón que contrasta con lo observado hasta ahora en estudios en gradientes altitudinales realizados en la vertiente oriental peruana, los cuales describen un patrón de descenso monotónico (Patterson et al., 1996; Vivar, 2006; Pacheco et al., 2011).

Refulio (2015) documenta la existencia de un patrón de loma en la riqueza de especies de murciélagos en la cuenca del río Pampa Hermosa, en Satipo, región Junín, sin embargo, atribuye este comportamiento a un gran impacto antropogénico. Por otro lado, el pico de diversidad de especies de murciélagos a elevaciones intermedias que exhibe la cuenca

del río Locumba coincide con el modelo planteado por McCain (2007), el cual establece que picos de diversidad a elevaciones intermedias ocurren cuando la base de la gradiente es árida y un declive monotonico de la diversidad cuando la base de la gradiente es húmeda. Este modelo ha sido propuesto para la vertiente occidental peruana en base al análisis de datos de colecciones científicas, registros de especies de murciélagos y literatura. Adicionalmente, el modelo indica que la riqueza de especies a alturas intermedias se encontraría asociado a la disponibilidad de agua y las condiciones locales de temperatura (McCain, 2007). En el Perú, estos mismos picos de riqueza de especies han sido descritos también para aves (Terborgh, 1977).

El perfil altitudinal elaborado muestra una mayor diversidad de especies a elevaciones bajas e intermedias, no obstante, sus rangos altitudinales no son tan amplios en comparación a especies como *H. macrotus* e *H. montanus* las cuales sobrepasan los 4 000 m.s.n.m. Esto muestra cierta congruencia con la regla de Stevens (1992), la cual establece que a lo largo de un gradiente de elevación existe una mayor riqueza de especies a menores elevaciones pero sus rangos altitudinales son reducidos, mientras que a medida que se incrementa la altitud la riqueza de especies decae pero presentan rangos altitudinales amplios. La

regla de Stevens es una extensión de la regla Rapoport (1982) la cual fue dada para gradientes latitudinales y establece que la enorme riqueza de especies en los trópicos declina a medida que se incrementa la latitud pero la distribución geográfica de las especies es mucho más amplia. Ambos postulados establecen que serían factores asociados al clima (temperatura y la precipitación) los determinantes para la distribución de los organismos. Si bien varios estudios han comprobado la regla de Rapoport, no se puede establecer como un patrón predictivo consistente y generalizado para explicar los patrones de distribución de especies a lo largo de una gradiente de elevación (McCain y Knight, 2013).

Las predicciones generadas por los modelos de distribución potencial para las seis especies de murciélagos en la cuenca del río Locumba señalan que la mayoría de especies tienen una alta probabilidad de distribución en los pisos bajos declinando paulatinamente hacia los pisos medios y altos probablemente debido a las condiciones de temperatura, disponibilidad de recurso alimenticio y agua. Los modelos generados por el software MaxEnt exhiben una alta precisión y son respaldados por los perfiles altitudinales elaborados para cada una de las especies registradas.

De acuerdo a todo lo anteriormente mencionado, en base a los registros de especies en la cuenca del río Locumba y al análisis de gradiente que muestra un patrón de joroba (unimodal) indicando una mayor riqueza de especies a alturas intermedias en una gradiente altitudinal, se describe por primera vez el patrón de variación altitudinal de la diversidad y distribución de murciélagos para la vertiente occidental sur peruana teniendo como escenario la cuenca del río Locumba. Esto posibilita generar nuevo conocimiento acerca de los patrones ecológicos de la diversidad de especies de la región de Tacna y el país, lo cual permite tomar iniciativas para la conservación de una parte muy importante de la biodiversidad del Perú.

V. CONCLUSIONES

1. La quiropterofauna registrada en la cuenca del río Locumba mediante redes de niebla estuvo conformada por tres familias: Furipteridae, Molossidae y Vespertilionidae, las cuales estuvieron representadas por seis especies: *A. schnablii*, *M. kalinowskii*, *P. davisoni*, *M. atacamensis*, *H. macrotus* e *H. montanus*.
2. En la cuenca del río Locumba, la diversidad de especies de quirópteros registradas a lo largo de la gradiente altitudinal es baja, sin embargo, esta diversidad constituye el 66,67% de las especies reportadas para la región de Tacna, la cual convierte a esta cuenca en el lugar de mayor diversidad de especies de murciélagos en la región.
3. La relación entre la riqueza de especies de quirópteros y la altitud es negativa, sin embargo, no se ajusta a los modelos lineales de disminución de especies con el incremento de la altitud o viceversa generalmente descritos en gradientes altitudinales. La distribución altitudinal de los quirópteros en la cuenca del río Locumba se ajusta al modelo polinomial cuadrático presentando una mayor diversidad de especies de quirópteros a alturas intermedias.

4. El perfil altitudinal elaborado para las especies de quirópteros de la cuenca del río Locumba muestra que se cumple la regla de Stevens para gradientes altitudinales en base a la regla de Rapoport, siendo las especies *H. macrotus*, *H. montanus* y *P. davisoni* las que exhiben una mayor amplitud de rango altitudinal, seguidas por *M. atacamensis*, *M. kalinowskii* y *A. schnablii*. Los modelos predictivos de distribución potencial de especies generaron mapas muy precisos acerca de la distribución geográfica potencial de las especies registradas en la cuenca.

VI. RECOMENDACIONES

1. Implementar el uso de nuevas técnicas de campo para la captura de murciélagos como el método de trampas arpa en algunos refugios a fin de registrar la mayor cantidad de especies en la zona de evaluación, así como posibles nuevas especies para la ciencia.
2. Aumentar el número puntos de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal y extender su tiempo de evaluación para obtener una mayor precisión del registro de especies y su distribución geográfica.
3. Utilizar nuevas y mejores herramientas informáticas para un mejor manejo y tratamiento de los datos tomados en campo con la finalidad de obtener resultados cada vez más precisos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agirre-Mendi, P.T. (2003). *Los murciélagos de la Rioja*. Recuperado de https://www.larioja.org/upload/documents/442286_murcielagos.pdf.

Aguirre, L. F. (2007). *Historia Natural, distribución y conservación de los murciélagos de Bolivia*. Bolivia: Editorial Centro de Ecología y Difusión Fundación Simón I. Patiño.

Aguirre, M. (2007). *Hábitat y nicho ecológico del Orden Quiróptera en las Lomas del Morro Sama - Tacna*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo-Microbiólogo no publicada. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.

Altringham, J.D. (1996). *Bats: Biology and behavior*. New York, U.S.A: Oxford University Press.

Aragón, A. y 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, 219-232.

Aragón, A. y Aguirre, M. (2014). Distribución de murciélagos en la región de Tacna (Perú). *Idesia*, 32(1), 119-127.

Araújo, M.B. y Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modeling. *Journal of Biogeography*, 33, 1677-1688.

Arias, E., Pacheco, V., Cervantes, K., Aguilar, A. y Álvarez, J. (2016). Diversidad y composición de murciélagos en los bosques montanos del Santuario Nacional Pampa Hermosa, Junín, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 23(2), 103-116.

Badii, M.H., Landeros, J. y Cerna, E. (2007). Patrones de asociación de especies y su sustentabilidad. *International Journal of Good Conscience*, 3(1), 632-660.

Bejarano-Bonilla, D., Yate-Rivas, A. y Bernal-Bautista, M. (2007). Diversidad y distribución de la fauna quiróptera en un transecto altitudinal en el departamento del Tolima, Colombia. *Caldasia*, 29(2), 297-308.

Brack – Egg, E. (1986). Las ecorregiones del Perú. *Boletín de Lima*, 44, 57-70.

Brown, J.H. y Lomolino, M.V. (1998). *Biogeography* (2nd ed). Sunderland, MA, U.S.A: Sinauer Associates, Inc.

Brown, J.H. (2001). Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. *Global Ecology & Biogeography*, 10, 101-109.

Cadenillas, R. (2010). *Diversidad, ecología y análisis biogeográfico de los murciélagos del Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes Perú*. Tesis para optar el grado académico de Magíster en Zoología con mención en Sistemática y Evolución no publicada. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Calder, W.A. (1984). *Size, function, and life history*. Cambridge, Massachusetts, U.S.A.: Harvard University Press,

Calderón, W. y Pacheco, V. (2012). First report of *Artibeus bogotensis* Andersen 1906 (Chiroptera: Phyllostomidae) for Peru. *Chek List*, 8, 1333-1336.

Canals, M., Atala, C., Olivares, R., Guajardo, F., Figueroa, D., Sabat, P. y Rosenmann, M. (2005). Functional and structural optimization of the

respiratory system of the bat *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera, Molossidae): does airway geometry matter?. *The journal of experimental biology*, 208, 3987-3995.

Carrillo, E., Wong, G. y Cuarón, A. (2000). Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology*, 14(6), 1580-1591.

CEPAL (2000). *Informe nacional sobre la gestión del agua en el Perú*. Recuperado de <http://www.cepal.org/drni/proyectos/samtac/inpe00200.pdf>

Colwell, R.K. y Coddington, J.A. (1994). Estimating the extent of the terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.*, 345, 101-118.

Colwell, R.K. y Lees, D. (2000). The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *TREE*, 15(2), 70-76.

Díaz, M., Aguirre L.F. y Barquez, R. (2011). *Clave de identificación de los murciélagos del Cono Sur de Sudamérica*. Cochabamba, Bolivia: Centro de Estudios en Biología Teórica y Aplicada.

Dillon, M.O. (2005). Solanaceae of the Lomas formations of coastal Peru and Chile. En Hollowell, V., Keating, W., Lewis, W. y Croat, T. (Eds.), *A festschrift for William G. D'Arcy: The legacy of a taxonomist* (pp. 131-155). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, Missouri, U.S.A.: Missouri Botanical Garden Press.

Eisenberg, J.F. y Redford, K.H. (1999). *Mammals of the Neotropics. The Central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil*. Chicago, U.S.A.: University of Chicago Press.

Escobedo, M. y Velazco P.M. (2012). First confirmed record for Peru of *Diclidurus scutatus* Peters, 1869 (Chiroptera: Emballonuridae) with a revised distribution map. *Check List*, 8, 554-556.

Ezcurra, E. (2005). Los pasos de Humboldt: la fundación metodológica de la biogeografía moderna durante el siglo de la ilustración. En Llorente, J. y Morrone, J. (Eds.), *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines* (pp. 11-17). México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Feinsinger, P. (2001). *Designing field studies for biodiversity and conservation*. Washington D.C., U.S.A.: Island Press.

Ferreyra, R. (1983). Los tipos de vegetación de la costa peruana. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 40, 241-256.

Flores, M., G. Calizaya, V. Pacheco y G. Aragón. (2015). Distribution of *Promops davisoni* Thomas, 1951 (Chiroptera: Molossidae) in Peru with a new record and southward range extension. *Check List*, 11(2), 1-7.

Flores, M. (2016). *Evaluación de las poblaciones de quirópteros con la instalación de refugios artificiales en el valle de Ite-Tacna*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo-Microbiólogo no publicada. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.

Garayar, C., Coronado, G., Muñoz, M., Vallenias, H., Wust, W., D'Achille, V., Ágreda, J., Batalla, C., Prado, A. y Alegre, J. (2004). *Atlas Regional del Perú. Tomo 9: Tacna*. Lima, Perú: Ediciones Peisa S.A.C.

García, P. (1998). Inventory methods for bats, standards for components of British. *Columbia's Biodiversity*, N° 20.

Gardner, A. (2007). *Mammals of South America, Volume 1. Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. Chicago, Illinois, U.S.A.: University of Chicago Press.

Gotelli, N.J. y Colwell, R.K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology letters*, 4, 379-391.

Graham, G.L. (1983). Changes in bat species diversity along an elevational gradient up the Peruvian Andes. *Journal of Mammalogy*, 64, 559-571.

Graham, G.L. (1990). Bats versus birds: comparisons among Peruvian volant vertebrate faunas along an elevational gradient. *Journal of Biogeography*, 17, 657-668.

GRT (2016). *Diagnóstico de la calidad de agua de la región Tacna*. Recuperado de <http://siar.regiontacna.gob.pe/admDocumento.php?accion=bajar&docadjunto=399>

Grytnes, J. y McCain, C. (2007). Elevational trends in biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity*, 11, 1-8.

Guisan, A. y Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8, 993-1009.

Halfpeter, G. y Moreno, C. (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. *Monografías Tercer Milenio*, 4, 5-18.

Hanley, J.A. y McNail, B.J. (1982). The measuring and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 143, 29-36.

Hawkins, B.A. (2001). Ecology's oldest pattern?. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 16(8), 470

Holdridge, L.R. (1967). *Life zone ecology*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center.

IUCN. (2016). Lista Roja de Especies Amenazadas. Versión 2016-2. Recuperado de <http://www.redlist.org>.

Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8(31), 151-161.

Jones, C., McShea, J.W., Conroy, M.J. y Kunz, T.H. (1996). Capturing mammals. En Wilson, D.E., Cole, F.R., Nichols, J.D., Rudran, R. y Foster, M.S. (Eds.), *Measuring and monitoring biological biodiversity: Standard methods for mammals* (pp. 115-155). Washington D.C., U.S.A.: Smithsonian Institution Press.

Kent, M. y P. Coker. 1992. *Vegetation description and analysis: A practical approach*. New York, U.S.A.: John Wiley & Sons.

Krebs, C.J. (1985). *Ecología: Estudios de la distribución y abundancia*. México: Editorial Harla S.A.

Kunz, T. y Lumsden, L. (2003). Ecology of cavity and foliage roosting bats. En Kunz, T. y Fenton, M. (Eds.), *Bat Ecology* (pp. 3-89). Chicago, U.S.A: University of Chicago Press.

Lamas, G., Robbins, R.K. y Harvey, D.J. (1991). A preliminary survey of the butterfly fauna of Pakitza, Parque Nacional del Manu, Peru with an estimate of its species richness. *Publ. Mus. Hist. Nat. UNMSM*, 40, 1-9.

Lanchipa, T. (2011). *Características alimentarias de los murciélagos presentes en el Valle de Ite-Tacna*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo-Microbiólogo no publicada. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.

Lim, K. B., Engstrom, M.K., Reid, F.A., Simmons, N.B., Voss, R.S. y Fleck, D.W. (2010). A new species of *Peropteryx* (Chiroptera: Emballonuridae) from western amazonia with comments on phylogenetic relationships within the genus. *American Museum Novitates*, 3683, 1-20.

Lomolino, M.V. (2001). Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography*, 10, 3-13.

Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey, U.S.A.: Princeton University Press.

Mann, G. (1978). Los pequeños mamíferos de Chile. *Gayana Concepción*, 40, 1-342.

Mantilla, H. y Baker, R. (2010). New species of *Anoura* (Chiroptera: Phyllostomidae) from Colombia with, systematic remarks and notes on the

distribution of the *Anoura geoffroyii* complex. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University*, 292, 1-19.

Mares, M. (1999). *Encyclopedia of deserts*. Norman, OK, U.S.A.: University of Oklahoma Press.

Marín-Moreno, F. (1961). Panorama fitogeográfico del Perú. *Revista Universitaria, Cusco*, 50 (120), 9-68.

Marquet, P. (1994). Diversity of small mammals in the Pacific coastal desert of Peru and Chile and in the adjacent Andean area: Biogeography and community structure. *Aust. J Zool.*, 42, 527-542.

Márquez, G. (2011). *Diversidad, distribución y conservación de murciélagos en las yungas de la cuenca media del Río Tambopata-Puno*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo con mención en Zoología no publicada. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Martin, P. (2000). Humboldt en los Andes de Ecuador, ciencia y romanticismo en el descubrimiento científico de la montaña, *Scripta Nova*, 58, 16-26.

McCain, C. (2007). Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns? A global case study for bats. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 1-13.

McCain, C. y Grytnes, J. (2010). Elevational gradients in species richness. *Encyclopedia of life sciences*, 2010, 1-10.

McCain, C. y Knight, K. 2013. Elevational Rapoport's rule is not pervasive on mountains. *Global Ecology and Biogeography*, 22, 750-759.

McNab, B.K. (1982). Evolutionary alternative in the physiological ecology of bats. En Kunz, T. (Ed.), *Ecology of bats* (pp. 151-200). New York, U.S.A.: Plenum Press.

Medellín, R., H. Arita y O. Sánchez. (2007). *Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo*. México D.F., México: Instituto de Ecología, UNAM.

Medina, C.E., Pari, A., Delgado, W., Zamora, H., Zeballos, H.T. y Pino, K. (2012). Primer registro de *Eumops patagonicus* y ampliación del rango de

distribución geográfica de *E. hansae* (Chiroptera: Molossidae) en Perú. *Mastozoología Neotropical*, 19, 345-351.

Mena, J., Williams, M., Gazzolo, C. y Montero, F. Estado de conservación de *Melanomys zunigae* (Sanborn 1949) y de los mamíferos pequeños en las Lomas de Lima. *Revista Peruana de Biología*, 14(2), 201-207.

Morales-Castilla, I. y García-Valdés. (2014). Gradientes latitudinales de diversidad inversos, ¿excepciones que prueban la regla?. *Ecosistemas*, 23(1), 4-12.

Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis*. Zaragoza, España: Sociedad Entomológica Aragonesa.

Moya, I., Galarza, I, Vargas, A. y Aguirre, L.F. (2007). *Murciélagos de las yungas de Bolivia*. Cochabamba, Bolivia: Etreus Impresores.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JORGE BASADRE (2012). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Locumba PDU-L 2012-2021*.

Recuperado de

http://www.munijorgebasadre.gob.pe/pagina/web_inst/archivos/transparencia/disp_955.pdf

Muñoz – Romo, M., Herrera, E. y Kunz, T. (2008). Roosting behavior and group stability of the big fruit-eating bat *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Mammalian Biology*, 73, 214-221.

Murray, S. W. y Kunz, T. (2005). Bats. En Culver, D.C. y White, W.B. (Eds.), *Encyclopedia of caves* (pp. 39-45). San Diego California, U.S.A: Elsevier Academic Press.

Ochoa, J.A. (2005) Patrones de distribución de escorpiones de la región andina en el sur peruano. *Revista Peruana de Biología*, 12(1), 49-68.

ONERN. (1976). *Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa*. Lima, Perú: Oficina de Evaluación de Recursos Naturales.

Ortiz de la Puente D., J. (1951). Estudio monográfico de los quirópteros de Lima y alrededores. *Publicaciones de Museo de Historia Natural "Javier Prado"*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 7, 1-35.

Owen, J. (1989). Patterns of herpetofaunal species richness: relation to temperatura, precipitación, and variance in elevation. *Journal of Biogeography*, 16,141-150.

Pacheco, V. y Solari, S. (1997). *Manual de los murciélagos peruanos con énfasis en las especies hematófagas*. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud.

Pacheco, V. (2002). Mamíferos del Perú. En: Ceballos, G. y Simonetti, J. (Eds.), *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales* (pp. 503-549). México, D.F., México: CONABIO-UNAM.

Pacheco, V., Salas, E., Cairampoma, L., Noblecilla, M., Quintana, H., Ortiz, F., Palermo, P. y Ledesma, R. (2007). Contribución al conocimiento de la diversidad y conservación de los mamíferos en la cuenca del río Apurímac, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 14, 169-180.

Pacheco, V., Cadenillas, R., Salas, E., Tello, C. y Zeballos, H. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 16, 005-032.

Pacheco, V., Márquez, G., Salas, E. y Centty, O. (2011). Diversidad de mamíferos en la cuenca media del río Tambopata, Puno, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 18, 231-244.

Palma-Ordaz, S. y Delgadillo-Rodríguez, J. 2014. Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California, México. *Botanical Sciences*, 92(4): 587-597.

Pari, A., K. Pino, C.E. Medina, E. López y H. Zeballos. (2015). *Murciélagos de Arequipa, Historia Natural y Conservación*. Arequipa, Perú: Impresiones Juve E.I.R.L.

Parlos, J., Timm, R., Swier, V., Zevallos y H., Baker, R. (2014). Evaluation of paraphyletic assemblages within Lonchophyllinae, with description of a new tribe and genus. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University*, 320, 1-28.

Patterson, B.D., Pacheco, V. y Solari, S. (1996). Distributions of bats along an elevational gradient in the Andes of south-eastern Peru. *Journal of Zoology*, 240, 637-658.

Patterson, B.D., Solari, S. y Velazco, P.M. (2012). The role of the Andes in de diversification and biogeography of neotropical mammals. En Patterson, B.D. y Costa, L.P. (Eds.), *Bones, clones, and biomes*. The history and geography of recent neotropical mammals (pp. 351-377). Chicago, Illinois, U.S.A: University Chicago Press.

Pearson, O.P. y Pearson, C. (1978). The Diversity and abundance of vertebrate along an altitudinal gradient in Peru. *Memorias del Museo de Historia Natural UNMSM*, 18, 1-97.

Pearson, O.P. (1982). Distribución de pequeños mamíferos en el altiplano y los desiertos de Perú. En Salinas, P. (Ed.), *Actas del VIII Congreso Latinoamericano de Zoología* (pp. 263-284). Mérida, Venezuela.

Peet, R.K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 5, 285-307.

Pinto, C., Marchán – Rivadeneira, M. Tapia, E. Cabrera, J. y Baker, R. (2013). Distribution, abundance and roosts of the fruit bat *Artibeus fraterculus* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Acta Chiropterologica*, 15(1), 85-94.

Rahbek, C. (1995). The elevational gradient of species richness: A uniform pattern?. *Ecography*, 18, 200-205.

Rahbek, C. (2005). The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns, *Ecological Letter*, 8, 224-239.

Refulio, S. (2015). *Diversidad de murciélagos a lo largo de una gradiente altitudinal en las yungas de la cuenca del río Pampa Hermosa (Junín- Perú)*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo con mención en Zoología no publicada. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Rapoport, E.H. (1982). *Aerography: Geographical strategies of species*. Oxford, USA: Pergamon Press.

Sanborn, C. C. 1949. A new species of rice rat (*Oryzomys*) from the coast of Peru. *Publicaciones del Museo de Historia Natural "Javier Prado" UNMSM. Serie A. Zoología*, 3,1-4.

Sanchez-Cordero, V. (2001). Elevational gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, Mexico. *Global Ecology & Biogeography*, 10, 63-76.

Schmidt-Nielsen, K. (1971). How birds breathe?. *Scientific American*, 225(6), 72-79.

Simmons, N. B. (2005). Order Chiroptera. En D.E. Wilson y D.M. Reeder (Ed.), *Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference* (pp. 312-529). Baltimore, U.S.A: Johns Hopkins University Press.

Soberón, J. y Llorente, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7, 480-488.

Soriano, P. (2000). Functional structure of bats communities in tropical rainforests and Andean cloud forests. *Ecotrópicos*, 13(1), 1-20.

Stevens, G.C. (1982). The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist*, 140, 893-911.

Sugg, D. (1996). *Measuring biodiversity*. State University of New York at Geneseo. Braak, C.J.F. 1987. Ordination. En Jongman, R.H.G., ter Braak, C.J.F. y van Tongeren, O.F.R. (Eds.), *Data analysis in community and*

Landscape Ecology (pp. 91-173). Pudoc, Washington D.C., U.S.A.: Centre for Agricultural Publishing and Documentation.

Teeling, E.C., Springer, M.S., Madsen, O., Bates, P., O'Brien, S.J. y Murphy, W.J. (2005). "A Molecular Phylogeny for Bats Illuminates Biogeography and the Fossil Record". *Science*, 307, 580–584.

Terborgh, J. (1971). Distribution on environmental gradients: theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Peru. *Ecology*, 52, 23-40.

Terborgh, J. (1977). Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology*, 58, 1007-1019.

Ticona, A. (2013). *Diversidad del Orden Chiroptera en el distrito de Locumba-Tacna*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo-Microbiólogo no publicada. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.

Tirira, D. (2008). *Mamíferos de los Bosques Húmedos del Noroccidente del Ecuador. Publicación Especial sobre los Mamíferos del Ecuador 7*. Quito, Ecuador: Editorial Murciélago Blanco y Proyecto Primenet.

Velásquez, V. (1992). Los murciélagos del valle de Ica. *Boletín de Lima*, 84, 19-20.

Velazco, P.M. y Cadenillas, R. (2011). On the identity of *Lophostoma silvicolum occidentale* (Davis & Carter, 1978) (Chiroptera: Phyllostomidae). *Zootaxa*, 2962, 1-20.

Velazco, P. M., Gregorin, R., Voss, R. y Simmons, N. (2014). Extraordinary local diversity of disk-winged bats (Thyropteridae: Thyroptera) in Northeastern Peru with the description of a new species and coments on roosting behavior. *American Museum Novitates*, 3795, 1-28.

Velazco, S., Pacheco, V. y Meschede, A. (2011). First occurrence of the rare emballonurid bat *Cyttarops alecto* (Thomas, 1913) in Peru—Only hard to find or truly rare?. *Mammalian Biology*, 76, 373-376.

Véliz, J. (2011). *Distribución de Desmodus rotundus (vampiro común) en la zona marino costera de la región de Tacna*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo-Microbiólogo no publicada. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.

Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A.M. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt.

Vivar, E. (2006). *Análisis de distribución altitudinal de mamíferos pequeños en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Pasco, Perú*. Tesis para optar el grado académico de Magister en Zoología no publicada. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Viveros, J. (2010). *Diversidad alfa y abundancia de los murciélagos de hoja nasal (Phyllostomidae) en Xpujil Campeche*. Tesis para optar el título de Biólogo no publicada. Universidad Veracruzana. Xalapa-Veracruz, México.

Wilson, D.E. (2002). *Murciélagos respuestas al vuelo*. Xalapa, México: Universidad Veracruzana.

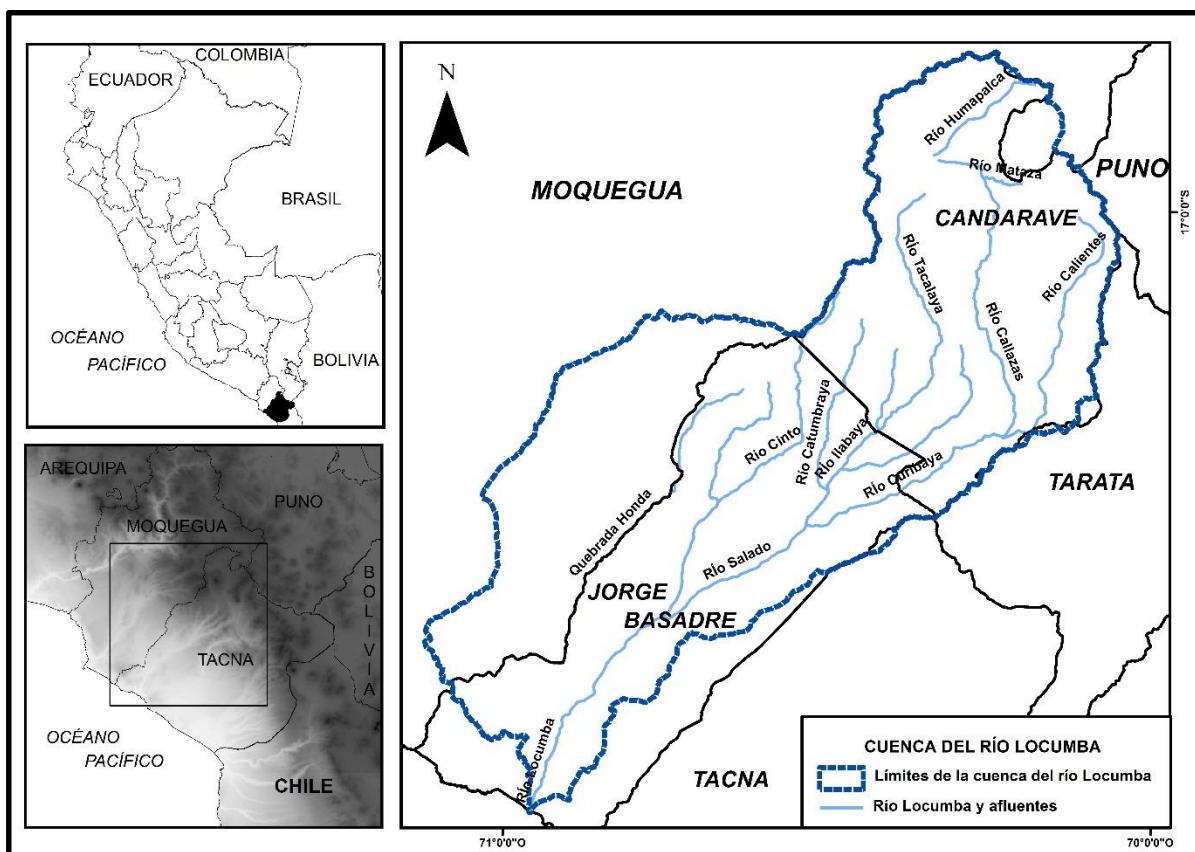
Whittaker, R.H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 213-251.

Zeballos, H., V. Pacheco y L. Baraybar. (2001). Diversidad y conservación de los mamíferos de Arequipa, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 8(2), 94-104.

Zeballos, H. y R.C. Carrera. (2010). Mamíferos de la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca, Arequipa y Moquegua, suroeste del Perú. En PROFONAMPE, SERNANP (Ed.), *Diversidad biológica de la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca* (pp. 249-258). Lima, Perú: PROFONAMPE, SERNANP.

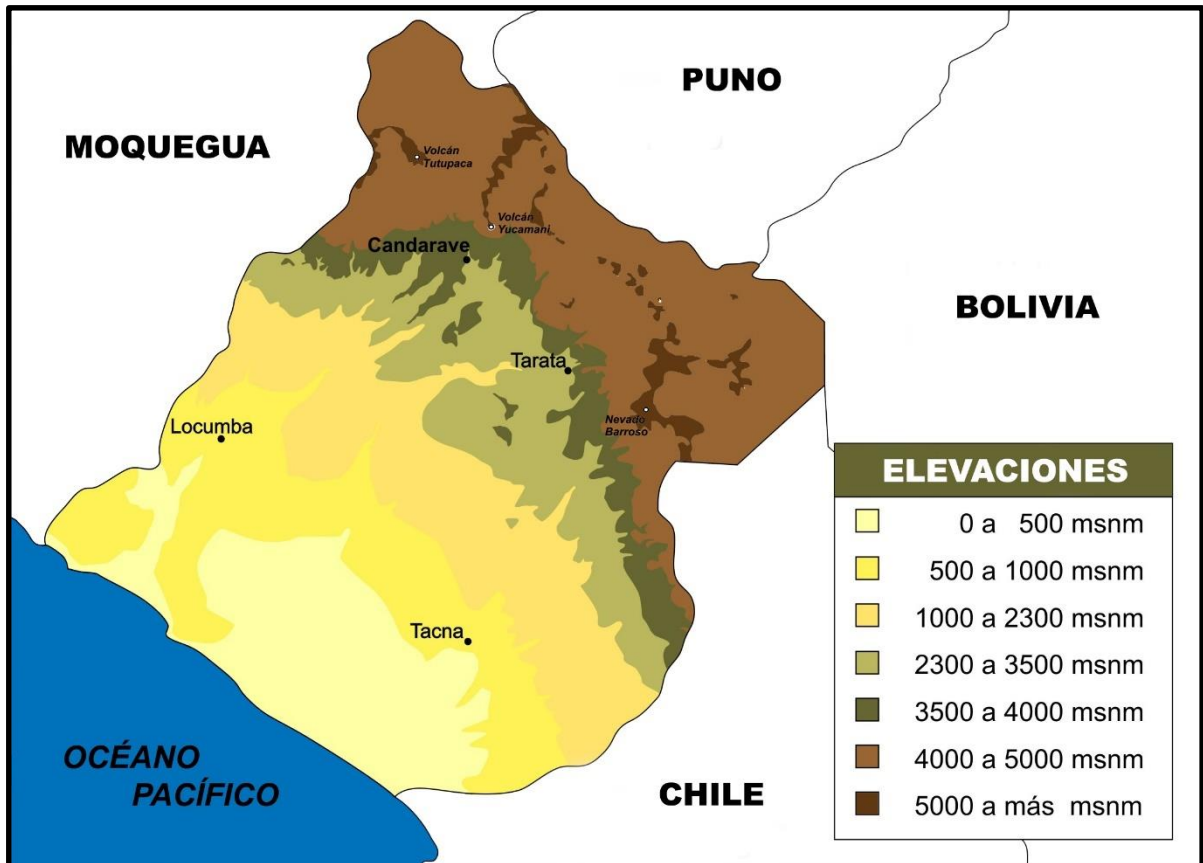
VIII. ANEXOS

ANEXO 1: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



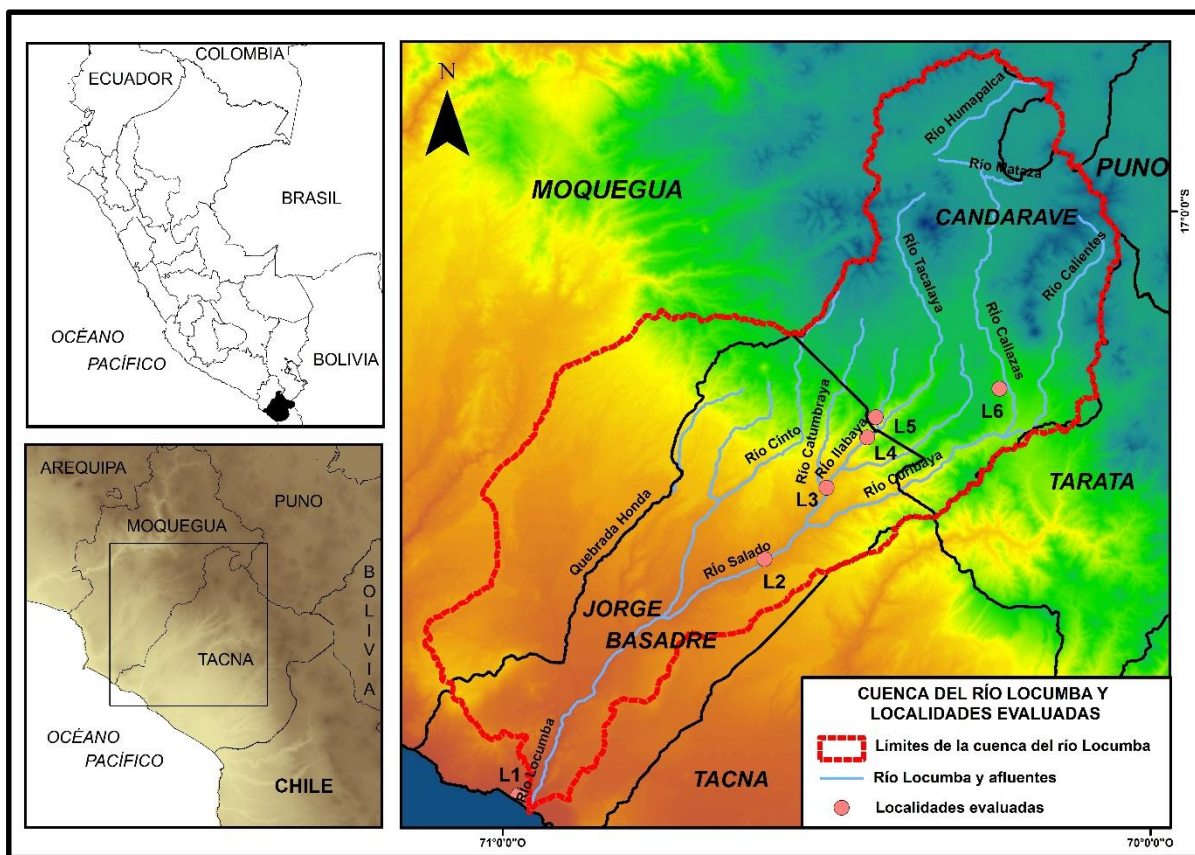
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2: MAPA DE LAS ECORREGIONES DE TACNA



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3: MAPA DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES Y LOCALIDADES DE MUESTREO EN LA CUENCA DEL RÍO LOCUMBA



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4: VISTAS DE HÁBITAT DE LAS LOCALIDADES EVALUADAS



Foto 1. Vista panorámica de la localidad de Pampa Baja.



Foto 2. Vista del río Locumba, campos de cultivo y vegetación circundante en la localidad de Oconchay.



Foto 3. Relieve característico, propicio para servir como refugio de quirópteros en la localidad de Oconchay.

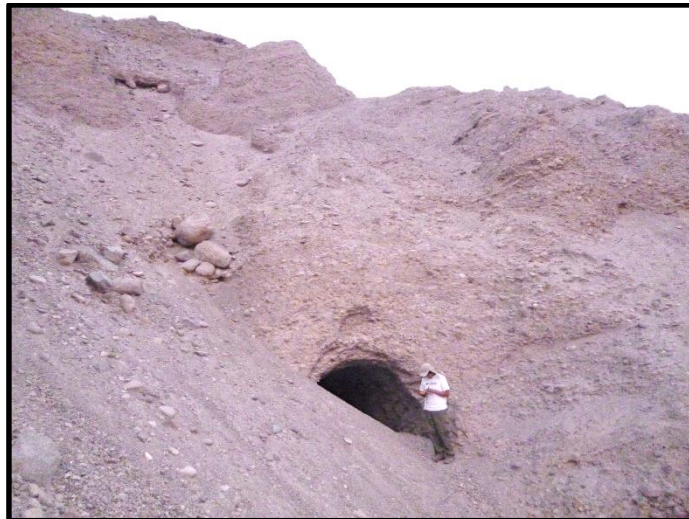


Foto 4. Vista de la entrada de un túnel abandonado que sirve como refugio para murciélagos en la localidad de Oconchay.

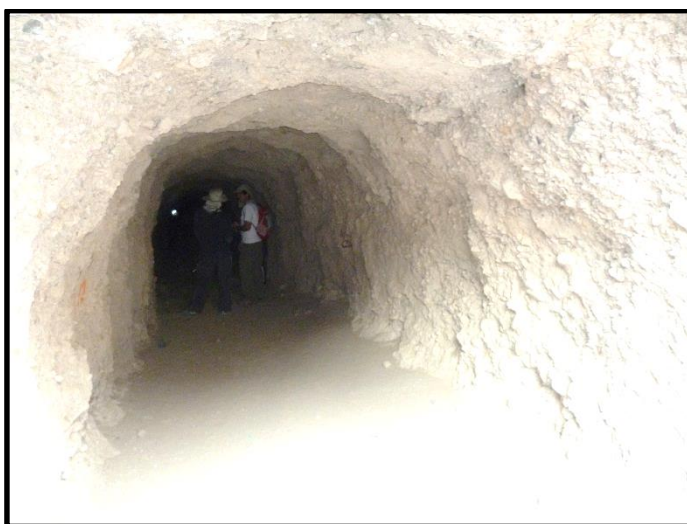


Foto 5. Vista interior del túnel abandonado en la localidad de Oconchay.



Foto 6. Murciélago en vuelo dentro del túnel en la localidad de Oconchay.



Foto 7. Vista de la vegetación de localidad de Ilabaya.

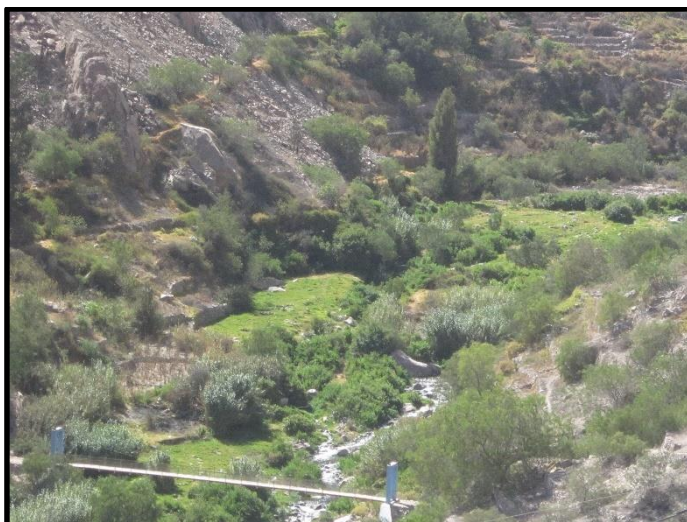


Foto 8. Vegetación arbustiva y arbórea de la localidad de Toco Grande.



Foto 9. Vista panorámica de la localidad de Toco Grande.



Foto 10. Vista de uno de los lugares de evaluación en la localidad de Toco Grande.

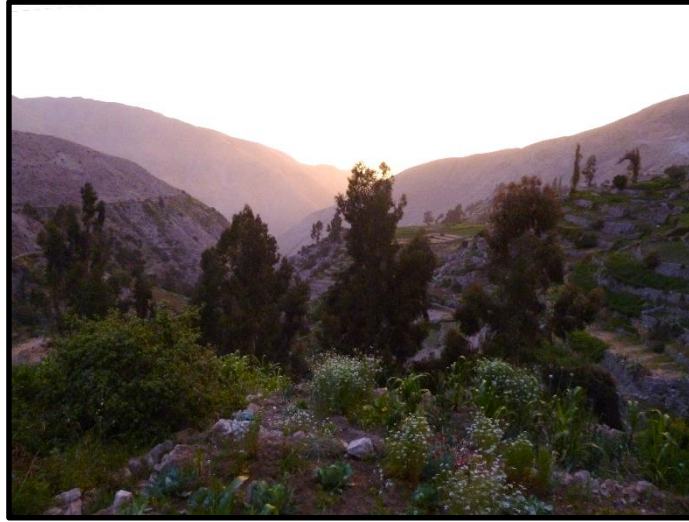


Foto 11. Vista de panorámica de la localidad de Borogueña.

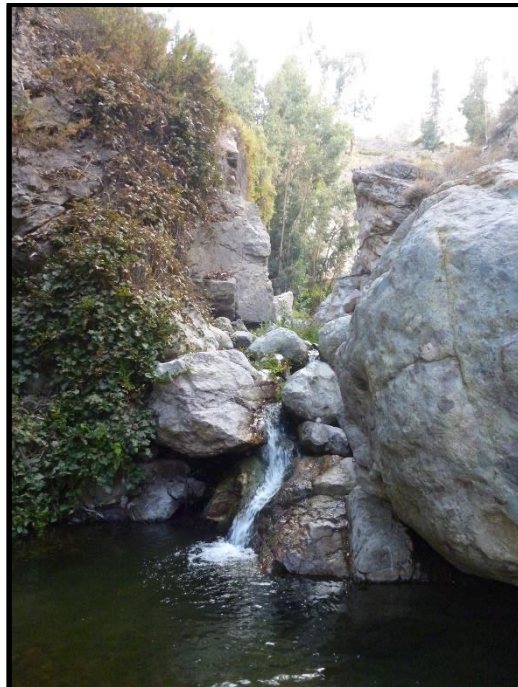


Foto 12. Vista de uno de los lugares de evaluación en la localidad de Borogueña.

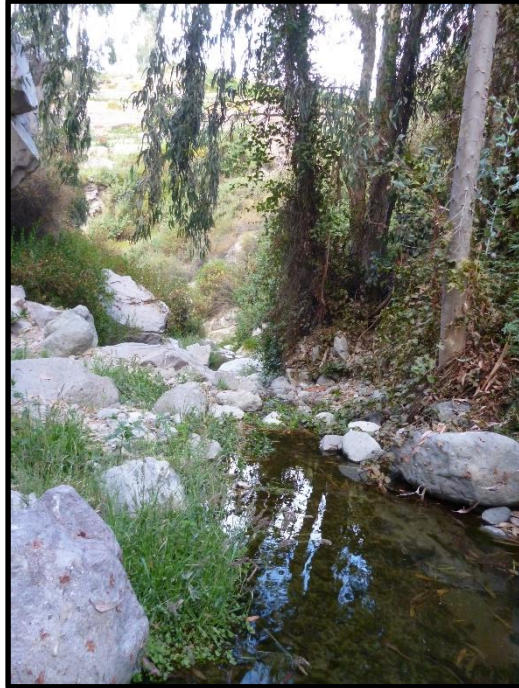


Foto 13. Vegetación arbustiva y escasa vegetación arbórea de la localidad de Borogueña.

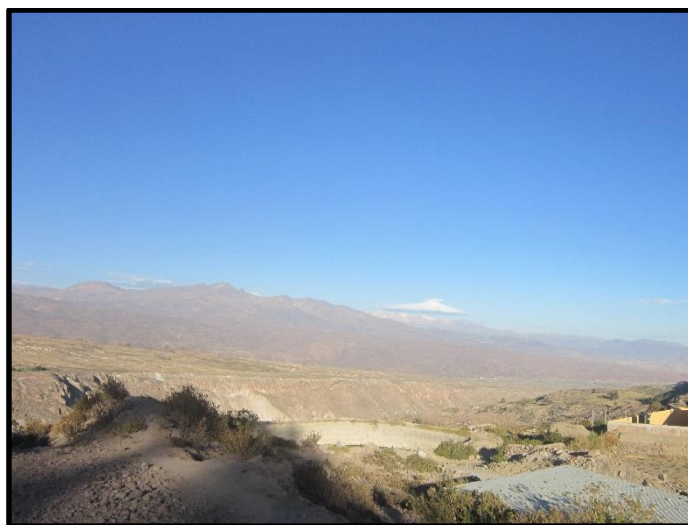


Foto 14. Alrededores del pueblo de Candarave.

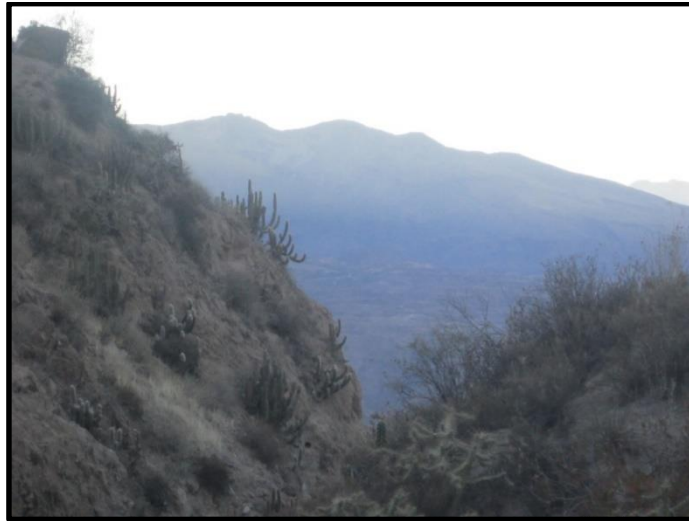


Foto 15. Cactáceas y plantas arbustivas en las quebradas aledañas al pueblo de Candarave.

**ANEXO 5: INSTALACIÓN DE REDES DE NIEBLA EN LA CUENCA DEL
RÍO LOCUMBA**



Foto 16. Red de niebla instalada en la localidad de Pampa Baja.



Foto 17. Traslado de carrizos para la instalación de redes de niebla en la
localidad de Oconchay.



Foto 18. Instalación de redes de niebla en la localidad de Oconchay.



Foto 19. Red de niebla instalada en el medio de un campo de cultivo en la localidad de Oconchay.



Foto 20. Red de niebla instalada en la localidad de Oconchay.



Foto 21. Instalación de redes de niebla en la localidad de Ilabaya.



Foto 22. Red de niebla instalada en la localidad de Ilabaya.



Foto 23. Instalación de redes de niebla en la localidad de Toco Grande.

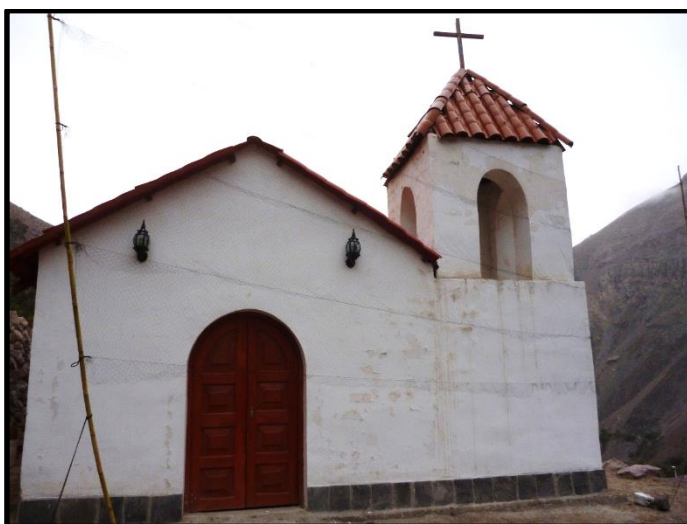


Foto 24. Red de niebla instalada en la localidad de Toco Grande.



Foto 25. Red de niebla plegada en la localidad de Toco Grande.



Foto 26. Instalación de red de niebla bajo un puente vehicular en la localidad de Borogueña.

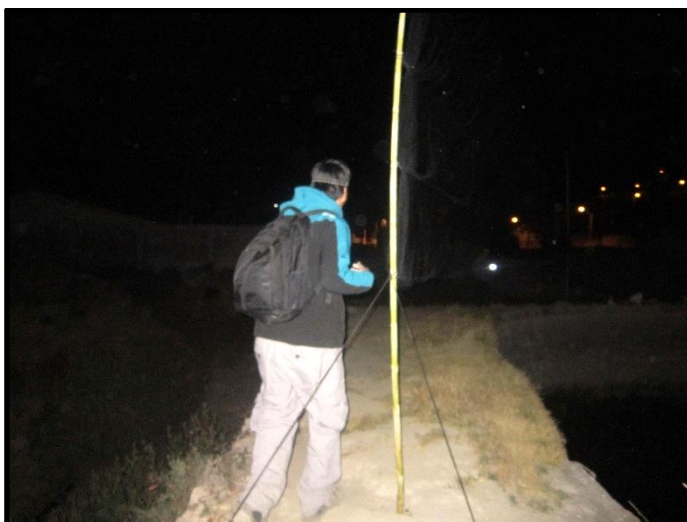


Foto 27. Instalación de red de niebla alrededor de un pozo de riego en la localidad de Candarave

**ANEXO 6: DATOS DE UBICACIÓN DE LAS REDES DE NIEBLA UTILIZADAS EN EL
MUESTREO A LO LARGO DE LA CUENCA DEL RÍO LOCUMBA.**

| N° Red | LOCALIDADES EVALUADAS | | | | | | | | |
|--------|-----------------------|----------|---------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|---------------------|
| | Pampa Baja | | | Oconchay | | | Ilabaya | | |
| | Coordenadas UTM | | Altitud m.s.n.m. | Coordenadas UTM | | Altitud m.s.n.m. | Coordenadas UTM | | Altitud m.s.n.m. |
| | Latitud | Longitud | | Latitud | Longitud | | Latitud | Longitud | |
| 1 | 290649 | 8022049 | 74 | 330930 | 8061594 | 921 | 339411 | 8071966 | 1301 |
| 2 | 290637 | 8022049 | 74 | 330947 | 8061501 | 925 | 339385 | 8071987 | 1301 |
| 3 | 290668 | 8022092 | 90 | 330756 | 8061391 | 939 | 339427 | 8071969 | 1303 |
| 4 | 290661 | 8022096 | 91 | 330741 | 8061391 | 939 | 339377 | 8071920 | 1301 |
| 5 | 290658 | 8022096 | 91 | 330711 | 8061387 | 937 | 339385 | 8071910 | 1302 |
| 6 | 289985 | 8021669 | 36 | 330897 | 8061662 | 917 | 339413 | 8071899 | 1304 |
| 7 | 289999 | 8021664 | 36 | 330904 | 8061625 | 922 | 339444 | 8071871 | 1312 |
| 8 | 289965 | 8021676 | 36 | 330948 | 8061660 | 924 | 339417 | 8071840 | 1309 |
| 9 | 289960 | 8021663 | 36 | 330990 | 8061638 | 927 | 339353 | 8071849 | 1299 |
| 10 | 289903 | 8021700 | 36 | 331005 | 8061610 | 931 | 339364 | 8071869 | 1298 |

Fuente: Datos tomados en campo.

| N° Red | LOCALIDADES EVALUADAS | | | | | | | | |
|--------|-----------------------|----------|---------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|---------------------|
| | Toco Grande | | | Borogueña | | | Candarave | | |
| | Coordenadas UTM | | Altitud m.s.n.m. | Coordenadas UTM | | Altitud m.s.n.m. | Coordenadas UTM | | Altitud m.s.n.m. |
| | Latitud | Longitud | | Latitud | Longitud | | Latitud | Longitud | |
| 1 | 345771 | 8081737 | 2135 | 347704 | 8085094 | 2766 | 367266 | 8090382 | 3441 |
| 2 | 345760 | 8081727 | 2138 | 347741 | 8085198 | 2767 | 367250 | 8090373 | 3441 |
| 3 | 345751 | 8081712 | 2133 | 347744 | 8085198 | 2761 | 367244 | 8090392 | 3442 |
| 4 | 345760 | 8081710 | 2134 | 347756 | 8085281 | 2761 | 367201 | 8090369 | 3446 |
| 5 | 345765 | 8081705 | 2145 | 347273 | 8085158 | 2800 | 367207 | 8090318 | 3443 |
| 6 | 345774 | 8081717 | 2139 | 347286 | 8085153 | 2799 | 367231 | 8090208 | 3437 |
| 7 | 345776 | 8081720 | 2139 | 347300 | 8085146 | 2800 | 367233 | 8090187 | 3437 |
| 8 | 345770 | 8081680 | 2152 | 347331 | 8085134 | 2801 | 367249 | 8090162 | 3436 |
| 9 | 345744 | 8081619 | 2163 | 347199 | 8084859 | 2729 | 367214 | 8089888 | 3416 |
| 10 | 345820 | 8081720 | 2155 | 347210 | 8084753 | 2714 | 367220 | 8089873 | 3412 |

Fuente: Datos tomados en campo.

**ANEXO 7: MANIPULACIÓN DE EJEMPLARES, TOMA DE DATOS
BIOMÉTRICOS Y MARCAJE**



Foto 28. Remoción de un ejemplar de *Histiotus montanus*.



Foto 29. Manipulación de un ejemplar de *Histiotus montanus*.

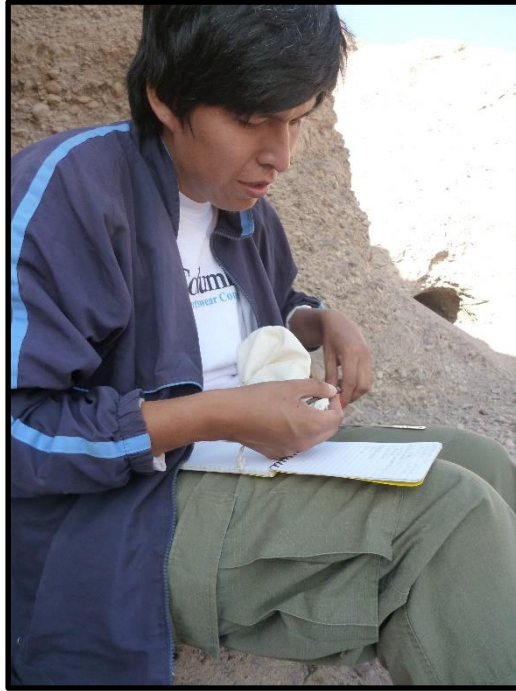


Foto 30. Toma y anotación de datos biométricos.



Foto 31. Determinación de la edad de los individuos capturados mediante la verificación de la osificación de la tercera falange.



Foto 32. Verificación de período de lactancia.



Foto 33. Marcaje mediante corte de pelo de un ejemplar de *Histiotus montanus*.

ANEXO 8: DATOS BIOMÉTRICOS DE LOS INDIVIDUOS CAPTURADOS

Datos biométricos de *Histiopus macrotus*

| Especie | Localidad | Medidas biométricas (mm) | | | | | P (g) | Madurez sexual | Sexo | Edad | Temporada |
|-----------------------------|-----------|--------------------------|------|------|----------|------|-------|----------------|------|--------|-----------|
| | | LT | LC | LP | LO(t) | LA | | | | | |
| <i>Histiopus macrotus</i> * | Ilabaya | 120,5 | 59 | 11,5 | 41(18,5) | 53 | 7 | abd | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus macrotus</i> * | Ilabaya | 115 | 51,5 | 8 | 42,5(18) | 50,5 | 8 | abd | m | Adulto | T. húmeda |

(*) Individuos colectados, abd=testículos abdominales.

Fuente: Datos tomados en campo

Datos biométricos de *Histiopus montanus*

| Especie | Localidad | Medidas biométricas (mm) | | | | | P (g) | Madurez sexual | Sexo | Edad | Temporada |
|-----------------------------|------------|--------------------------|------|------|------------|------|-------|----------------|------|------------|-----------|
| | | LT | LC | LP | LO(t) | LA | | | | | |
| <i>Histiopus montanus</i> | Pampa Baja | - | 54 | 8,5 | 33,5(15,5) | 42 | 8 | esc | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> | Oconchay | - | 54,5 | 10 | 34(17,5) | 49 | 7 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> | Oconchay | - | 55 | 9 | 32,5(16,5) | 47,5 | 7 | abd | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> * | Oconchay | 105 | 55 | 9 | 32(16,5) | 47,5 | 7 | no perf | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> | Oconchay | - | 50 | 9 | 31,5(15,5) | 41 | 8 | abd | m | Adulto | T. seca |
| <i>Histiopus montanus</i> | Oconchay | - | 53 | 8,5 | 33,5(15,5) | 41 | 8 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Histiopus montanus</i> | Oconchay | - | 52,5 | 9 | 33(16) | 42 | 7 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Histiopus montanus</i> | Oconchay | - | 52 | 9 | 32(16) | 48 | 8 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Histiopus montanus</i> * | llabaya | 112 | 54,5 | 10 | 33(17,5) | 46,5 | 7 | esc | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> * | llabaya | 100 | 48 | 10,5 | 33,5(17,5) | 46,5 | 7 | abd | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> | llabaya | - | 51 | 9,5 | 32,5(16) | 48,5 | 8 | esc | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> | llabaya | - | 51 | 9 | 34(16,5) | 45,5 | 8 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> | llabaya | - | 47 | 9 | 33(17) | 46,5 | 8 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> * | Borogueña | 119 | 58 | 9 | 35(16) | 49 | 9 | esc | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> * | Borogueña | 120 | 56 | 10 | 33,5(15,5) | 47,5 | 9 | abd | m | Sub-adulto | T. húmeda |
| <i>Histiopus montanus</i> | Borogueña | - | 59 | 10 | 36(18) | 48,5 | 8 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Histiopus montanus</i> | Borogueña | - | 54 | 11 | 33(15) | 49 | 8 | abd | m | Adulto | T. seca |
| <i>Histiopus montanus</i> | Borogueña | - | 59 | 10 | 36(16) | 48,5 | 8 | abd | m | Sub-adulto | T. seca |
| <i>Histiopus montanus</i> | Borogueña | - | 55 | 10 | 36,5(16) | 45 | 7 | abd | m | Sub-adulto | T. seca |

(*) Individuos colectados, abd=testículos abdominales, esc=testículos escrotales, lac=lactante, no perf= hembra no perforada.

Fuente: Datos tomados en campo

Datos biométricos de *Myotis atacamensis*

| Especie | Localidad | Medidas biométricas (mm) | | | | | P (g) | Madurez sexual | Sexo | Edad | Temporada |
|-----------------------------|-------------|--------------------------|------|-----|-----------|------|-------|----------------|------|------------|-----------|
| | | LT | LC | LP | LO(t) | LA | | | | | |
| <i>Myotis atacamensis</i> | Pampa Baja | 77 | 38,5 | 6,5 | 13(9) | 32,5 | 4 | esc | m | Sub-adulto | T. húmeda |
| <i>Myotis atacamensis</i> | Oconchay | 76 | 37,5 | 6,5 | 13,5(9) | 32,5 | 5 | esc | m | Juvenil | T. húmeda |
| <i>Myotis atacamensis</i> * | Oconchay | 80,5 | 39,5 | 7 | 13(8,5) | 31,5 | 3 | abd | m | Juvenil | T. húmeda |
| <i>Myotis atacamensis</i> * | Toco Grande | 76 | 39 | 6,5 | 13,5(7,5) | 33 | 4 | abd | m | Adulto | T. húmeda |

(*) Individuos colectados, abd=testículos abdominales, esc=testículos escrotales.

Fuente: Datos tomados en campo

Datos biométricos de *Mormopterus kalinowskii*

| Especie | Localidad | Medidas biométricas (mm) | | | | | P (g) | Madurez sexual | Sexo | Edad | Temporada |
|--------------------------------|------------|--------------------------|------|-----|-----------|------|-------|----------------|------|-----------|-----------|
| | | LT | LC | LP | LO(t) | LA | | | | | |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 35 | 5 | 10,5(2) | 32,5 | 5 | preg | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 32,5 | 5 | 10,5(2) | 34 | 6 | abd | m | Subadulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 30,5 | 6 | 12,5(2) | 33,5 | 6 | abd | m | Subadulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 38 | 5 | 10,5(2,5) | 33 | 6 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 34,5 | 5 | 10,5(2) | 33,5 | 7 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 35,5 | 5,5 | 11,5(2,5) | 33,5 | 6 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 34,5 | 5,5 | 11(2,5) | 32 | 7 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 37,5 | 6 | 11(2) | 32,5 | 6 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 35,5 | 5,5 | 11,5(3) | 34 | 6 | esc | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 32,5 | 5 | 11,5(2,5) | 32,5 | 6 | esc | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 37 | 5 | 11,5(2,5) | 35 | 7 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 36,5 | 5 | 11,5(2,5) | 32,5 | 6 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 36,5 | 5 | 13(2,5) | 34 | 7 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 36 | 6 | 12(3) | 33 | 9 | preg | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 35 | 5 | 12(3) | 33 | 6 | esc | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 33,5 | 5 | 12(3,5) | 34 | 6 | abd | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 32,5 | 5,5 | 11,5(2,5) | 34 | 5 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 37,5 | 6,5 | 11,5(2,5) | 33,5 | 7 | esc | m | Adulto | T. húmeda |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|---|------|-----|---------|------|---|------|---|-----------|-----------|
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 33,5 | 7 | 12,5(3) | 33 | 7 | abd | m | Subadulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Oconchay | - | 35,5 | 5,5 | 11,5(3) | 34 | 6 | esc | m | Adulto | T. húmeda |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 35 | 6 | 14(4) | 33 | 6 | esc | m | Subadulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 34,5 | 7 | 11(2,5) | 33,5 | 7 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 34 | 7 | 11,5(3) | 32 | 6 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 34 | 6,5 | 12,5(3) | 31,5 | 6 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 36 | 7 | 11,5(3) | 34 | 7 | abd | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 30 | 7 | 13(3) | 34,5 | 6 | perf | h | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 34,5 | 7 | 13,5(3) | 33 | 7 | abd | m | Subadulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 33 | 7 | 13(3,5) | 35,5 | 9 | abd | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 32,5 | 6,5 | 12(3) | 33 | 6 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 37,5 | 6,5 | 11,5(3) | 33,5 | 7 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 39 | 7 | 13(3,5) | 34 | 7 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 36 | 7,5 | 11,5(3) | 33,5 | 7 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 36 | 7 | 14(4) | 33,5 | 6 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 35 | 7 | 11(2,5) | 32 | 7 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 34,5 | 6,5 | 13(3) | 34 | 7 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 34,5 | 7 | 14(4) | 34 | 7 | perf | h | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 36,5 | 6,5 | 11,5(3) | 34,5 | 9 | esc | m | Adulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 34,5 | 7 | 12,5(3) | 33 | 7 | abd | m | Subadulto | T. seca |
| <i>Mormopterus kalinowskii</i> | Pampa Baja | - | 36,5 | 6,5 | 13(3,5) | 35 | 9 | abd | m | Adulto | T. seca |

(*) Individuos colectados, abd=testículos abdominales, esc=testículos escrotales, lac=lactante, no perf= hembra no perforada, perf=hembra perforada, preg=preñez.

Fuente: Datos tomados en campo

Datos biométricos de *Promops davisoni*

| Especie | Localidad | Medidas biométricas (mm) | | | | | P (g) | Madurez sexual | Sexo | Edad | Temporada |
|---------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-----------|----|-------|----------------|------|--------|-----------|
| | | LT | LC | LP | LO(t) | LA | | | | | |
| <i>Promops davisoni</i> * | Oconchay | - | 63 | 10 | 14,5(2,5) | 50 | 15 | perf | h | Adulto | T. seca |
| <i>Promops davisoni</i> * | Toco Grande | 132 | 60,5 | 10,5 | 15,5(2,5) | 50 | 15 | lac | h | Adulto | T. húmeda |
| <i>Promops davisoni</i> * | Toco Grande | 132 | 61 | 10 | 14,5(2,5) | 50 | 16 | lac | h | Adulto | T. húmeda |

(*) Individuos colectados, lac=lactante, perf= hembra perforada.

Fuente: Datos tomados en campo

Datos biométricos de *Amorphochilus schnablii*

| Especie | Localidad | Medidas biométricas (mm) | | | | | P (g) | Madurez sexual | Sexo | Edad | Temporada |
|--------------------------------|-----------|--------------------------|----|----|-------|----|-------|----------------|------|-----------|-----------|
| | | LT | LC | LP | LO(t) | LA | | | | | |
| <i>Amorphochilus schnablii</i> | Oconchay | - | 27 | 6 | 12(-) | 34 | 3,5 | abd | m | Subadulto | T. húmeda |

(*) Individuos colectados, abd=testículos abdominales.

Fuente: Datos tomados en campo

**ANEXO 9: VARIABLES CLIMÁTICAS UTILIZADAS EN EL MODELADO
DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE ESPECIES EN LA CUENCA
DEL RÍO LOCUMBA**

| N° | Variables climáticas |
|----|--|
| 1 | Temperatura promedio anual (°C) |
| 2 | Oscilación diurna de la temperatura (°C) |
| 3 | Isotermalidad (cociente entre los parámetros 2 y 7) |
| 4 | Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación %) |
| 5 | Temperatura máxima promedio del período más cálido (°C) |
| 6 | Temperatura mínima promedio del período más frío (°C) |
| 7 | Oscilación anual de la temperatura (diferencia entre parámetros 5 y 6) |
| 8 | Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C) |
| 9 | Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C) |
| 10 | Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C) |
| 11 | Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C) |
| 12 | Precipitación anual (mm) |
| 13 | Precipitación del período más lluvioso (mm) |
| 14 | Precipitación del período más seco (mm) |
| 15 | Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, %) |
| 16 | Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm) |
| 17 | Precipitación del cuatrimestre más seco (mm) |
| 18 | Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm) |
| 19 | Precipitación del cuatrimestre más frío (mm) |

Fuente: Palma-Ordaz y Delgadillo-Rodríguez, 2014.

ANEXO 10: ESPECIES REGISTRADAS EN LA CUENCA DEL RÍO LOCUMBA



Foto 34. Ejemplar de *Histiotus montanus* capturado en el la localidad de Oconchay.



Foto 35. Ejemplar de *Histiotus montanus* capturado en la localidad de Ilabaya.



Foto 36. Ejemplar de *Histiotus macrotus* capturado en la localidad de Ilabaya.



Foto 37. Diferencias entre de tamaño de los pabellones auriculares de *Histiotus macrotus* e *Histiotus montanus*.



Foto 38. Ejemplar de *Myotis atacamensis* capturado en la localidad de Ilabaya.



Foto 39. Ejemplar de *Mormopterus kalinowskii* capturado en la localidad de Pampa Baja.



Foto 40. Ejemplar de *Mormopterus kalinowskii* observado en una grieta usada como refugio en la localidad de Pampa Baja.



Foto 41. Ejemplar de *Promops davisoni* capturado en la localidad de Oconchay.



Foto 42. Ejemplar capturado de *Promops davisoni* capturado en la localidad de Toco Grande.



Foto 43. Ejemplar de *Amorphochilus schnablii* capturado en la localidad de Oconchay.

TESISTA

Bach. Güseppy Edison Calizaya Mamani

ASESOR

Mgr. Giovanni Aragón Alvarado