

Informe preliminar (v.3):

Relación entre la estructura y diversidad de los bosques nativos de Tambopata y la diversidad de la fauna asociada: influencia de factores bióticos, abióticos y antropogénicos

Juan Carlos Lara Rivas^{1,2}
Carolina Martínez Ruiz²

Christopher Kirkby³

RESUMEN

Una de las preocupaciones concretas, más importantes para el Perú, es la acelerada destrucción de los bosques, estimada en unas 150.000 ha/año, desde el punto de vista florístico la cualidad más relevante de los bosques tropicales peruanos es su alta riqueza de especies en flora y fauna. Un factor antrópico muy negativo, que tiene graves consecuencias en la mayoría de los casos, el cambio de uso del suelo y la fragmentación de bosques que en generan alertas sobre el clima global, alarmantes en las formaciones forestales tropicales que constituyen uno de los ecosistemas más complejos en términos de diversidad de especies. En este contexto el estudio se centra en caracterizar las comunidades vegetal y de mamíferos del bosque tropical y analizar la relación entre ambas, las muestras recogidas aleatoriamente están distribuidos con una Área Natural Protegida (ANP), estrictamente la Reserva Nacional de Tambopata, y su zona de amortiguamiento (ZA), de la Región de Madre de Dios, situada en el curso del río Tambopata, limitando con la ZA (Puesto de Control Malinowski y albergues de turismo), y con la misma ANP. Para **censar la comunidad de mamíferos**, se registraron cuatro itinerarios de 2000 m de longitud; uno de ellos dentro del ANP y los otros tres en la ZA, registrando observaciones directas/indirectas, y el uso de cámaras trampa. Para el **muestreo de vegetación** se aplicó la metodología Gentry-plots, se muestrearon tres parcelas de 50x10 m² a lo largo del

¹ Autor principal, Investigador en la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), filial Puerto Maldonado, e-mail: juancarlos.lara@alumnos.uva.es

² Departamento de Ciencias Agroforestales (Área de Ecología) de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia (Universidad de Valladolid), Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible UVA-INIA.

³ Research and Conservation Program Director | Managing Director ARCAmazon | Fauna Forever, Carretera Tambopata Km 1.5, Puerto Maldonado, Perú, mails: chris@faunaforever.org

itinerario de fauna establecido en el ANP, y cuatro, tres y dos parcelas de dichas dimensiones, respectivamente, a lo largo de los tres itinerarios de fauna establecidos en la ZA. La diversidad de especies se calculó con el índice de Shannon (H') con logaritmos neperianos, también se calcularon sus dos componentes: riqueza (S) y equitatividad (J'). Los resultados para los registros de **mamíferos**, en el conjunto del área de estudio se han registrado 22 especies de mamíferos, pertenecientes a 6 órdenes, la densidad y diversidad de mamíferos parece ser mayor en el área natural protegida (ANP) que en los tres sitios muestreados en la zona de amortiguamiento (ZA), entre los que existen bastantes diferencias, siendo el itinerario 3 (ZA3) el que presenta una densidad menor. La diversidad de mamíferos, sin embargo, sólo difiere con significación estadística ($p < 0,001$) entre el ANP y el itinerario 3 de la zona de amortiguamiento (ZM3). Para el conjunto del área de **vegetación**, se han registrado 413 individuos iguales o mayores a 10 cm de dad/0.6ha, comprenden 303 árboles, 22 arbustos, 81 palmeras, 7 lianas, correspondientes a 132 especies, pertenecientes a 33 familias. La mayor y menor densidad de plantas se da en la zona de amortiguamiento (ZA), concretamente en ZA1 y ZA2 respectivamente, ocupando el área natural protegida (ANP) una posición intermedia. La diversidad de plantas es significativamente ($p < 0,001$) mayor en la ZA, concretamente en ZA1 y ZA2, respecto al ANP, por presentar tanto las mayores riquezas como las mayores equitatividades, mientras que la diversidad de plantas no difiere entre el ANP y la ZA3. Esos mayores valores de diversidad de especies encontrados en ZA1 y ZA2 se explican por los mayores valores de heterogeneidad espacial (H'_β) registrados en ellos. Por el contrario ZA3 presenta la mayor homogeneidad en cuanto a la distribución de la vegetación en el espacio al presentar la menor H'_β . Estos resultados muestran, por tanto, claras diferencias en cuanto a la composición de la comunidad de vegetación y mamíferos característica de cada zona (ANP y ZA).

Palabras clave: estructura y diversidad, bosque tropical, fauna silvestre, factores antropogénicos.

1. INTRODUCCIÓN

La Amazonía representa cerca del 45% de todos los bosques tropicales del mundo y almacena el 40% del carbono que reside en la vegetación terrestre (Malhi & Grace 2000). El Perú es el segundo país con mayor extensión de bosques de América Latina, que representan el 52,3% del territorio nacional y albergan una gran biodiversidad (FAO, 2012).

El papel que juegan los bosques tropicales del mundo es muy amplio; en general, se caracterizan por su compleja estructura, abundancia de flora y fauna, gran biodiversidad, y por actuar como sumideros de carbono, asunto muy discutido actualmente (Phillips *et al.*, 1998; Araujo-Murakami, 2002). El seguimiento de parcelas permanentes de vegetación, establecidas para realizar los inventarios forestales en los bosques tropicales maduros, han revelado ganancia de biomasa a través del crecimiento de los árboles, excediendo a las pérdidas por muerte de los mismos (Phillips *et al.*, 2002; Lamprecht, 1990; Melo y Vargas, 2003). Uno de los principales objetivos de investigación en el marco de la ecología forestal tropical es el de llegar a entender cuáles son los factores que regulan el tamaño de las poblaciones de las diferentes especies que los habitan. Este objetivo fue evaluado, para los diferentes niveles tróficos, en el trabajo de Hairston *et al.* (1960), el cual ha tenido una fuerte repercusión en los estudios en la ecología forestal tropical. Allí donde el tamaño de la población regional de muchas especies es grande, la densidad media de la mayoría es baja en el paisaje forestal, encontrándose a menudo menos de un individuo adulto por hectárea de vegetación (Pitman *et al.*, 1999).

En sus investigaciones Gentry (1993) encontró que, a escala local (diversidad- α medida en parcelas de 1 ha, registrando individuos con dap (diámetro a la altura del pecho) ≥ 10 cm), el área más diversa del mundo entero era la de Iquitos al norte de la Amazonía Peruana, con 300 especies de plantas y 606 individuos por parcela. En concreto, para Tambopata registró 52 familias con 161 especies con dap $\geq 2,5$ cm, 38 especies de lianas con dap $\geq 2,5$ cm y 41 especies de árboles con dap ≥ 10 cm. En promedio, para la región de Madre de Dios, se registraron 200 especies con dap no superior a 2,5 cm en 0,1 ha.

La alta diversidad de la Amazonía Peruana no está limitada únicamente a las plantas. También alberga lugares récord a nivel mundial para aves (554 especies en Tambopata, Madre de Dios; Parker, 1991) y mamíferos (más de 122 especies en Balta, Ucayali y regiones tropicales; Patton *et al.*, 1982). Pero, además, las interacciones entre flora y fauna son vitales para sostener los ecosistemas y mantener la biodiversidad. Los animales desempeñan papeles cruciales en cada paso de los procesos de reproducción y

reclutamiento de las plantas, tales como: polinización, depredación de frutos y semillas, dispersión de semillas, así como sobre el crecimiento y maduración de plantas juveniles (Terborgh *et al.*, 2002).

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es caracterizar las comunidades vegetal y de mamíferos del bosque tropical peruano de Tambopata y analizar la relación entre ambas. Para alcanzar este objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- a) Caracterizar la comunidad de mamíferos de la Reserva Nacional Tambopata (RNT), tanto del área natural protegida (ANP) como de su zona de amortiguamiento (ZA), en términos de diversidad, densidad y composición de especies.
- b) Caracterizar la comunidad vegetal de la Reserva Nacional Tambopata (RNT), tanto del área natural protegida (ANP) como de su zona de amortiguamiento (ZA), en términos de diversidad, densidad y composición de especies de árboles, arbustos y lianas con dap (diámetro a la altura del pecho) ≥ 10 cm, así como considerando rasgos funcionales, como la dicotomía entre plantas esciófilas, heliófilas, etc..
- c) Relacionar la estructura de la comunidad vegetal con la diversidad de la comunidad de mamíferos.
- d) Establecer pautas para la correcta gestión forestal de estas áreas (correlación no paramétrica)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Región de Madre de Dios, provincia de Tambopata, Perú (Figura 1), situada en el curso del río Tambopata, limitando al norte y este con la zona de amortiguamiento (Puesto de Control Malinowski y albergues de turismo), y al sur, este y oeste con la Reserva Nacional Tambopata (RNT), cuya superficie es de 274,7 ha (latitud sur: 12°20' y 14°36'; longitud oeste: 68°30' y 70°27'). Esta reserva surge de la zonificación de la antigua Zona Reservada Tambopata Candamo (ZRTC) creada en 1990. Conviene precisar que cada Área Natural Protegida (ANP) goza de su respectiva Zona de Amortiguamiento (ZA) que se refiere a la zona limítrofe al Área Natural Protegida con influencia antrópica. En concreto en la ZA de la RNT están permitidos los siguientes usos: turismo, investigación, actividades forestales, agropecuarias y mineras, de entre los diversos usos con los que pueden contar las ZA en general, especificados en un Plan *Informe preliminar, ser reserva los derechos de los investigadores.*

Maestro y Plan Director según las normas vigentes (INRENA 2003; SERNANP 2012).

Según las características biofísicas la zona de estudio presenta una gradiente altitudinal promedio de unos 300 m.s.n.m. y una fisiografía poco accidentada con pendientes que oscilan entre el terreno llano y 35 % de inclinación. La temperatura media anual es de 26 °C (fluctuando entre los 10 °C y los 38 °C), la precipitación anual oscila entre 1600 a 2400 mm, marcando dos épocas por la frecuencia y cantidad de precipitación: una época seca entre abril y diciembre, y una época de lluvias en los meses de enero a marzo, aunque los límites temporales son variables (INRENA, 2003).

Presenta tres tipos de ambientes forestales: bosque húmedo subtropical, bosque muy húmedo subtropical transicional a bosque pluvial subtropical, y bosque muy húmedo subtropical. Estos ambientes forestales son formados por bosques inundables “bajíos” y bosques de terraza firme. Los orígenes de los suelos son Pleistoceno o Holoceno y pertenecen al orden Ultisoles (Quesada *et al.* 2010), según la *Soil taxonomy*.

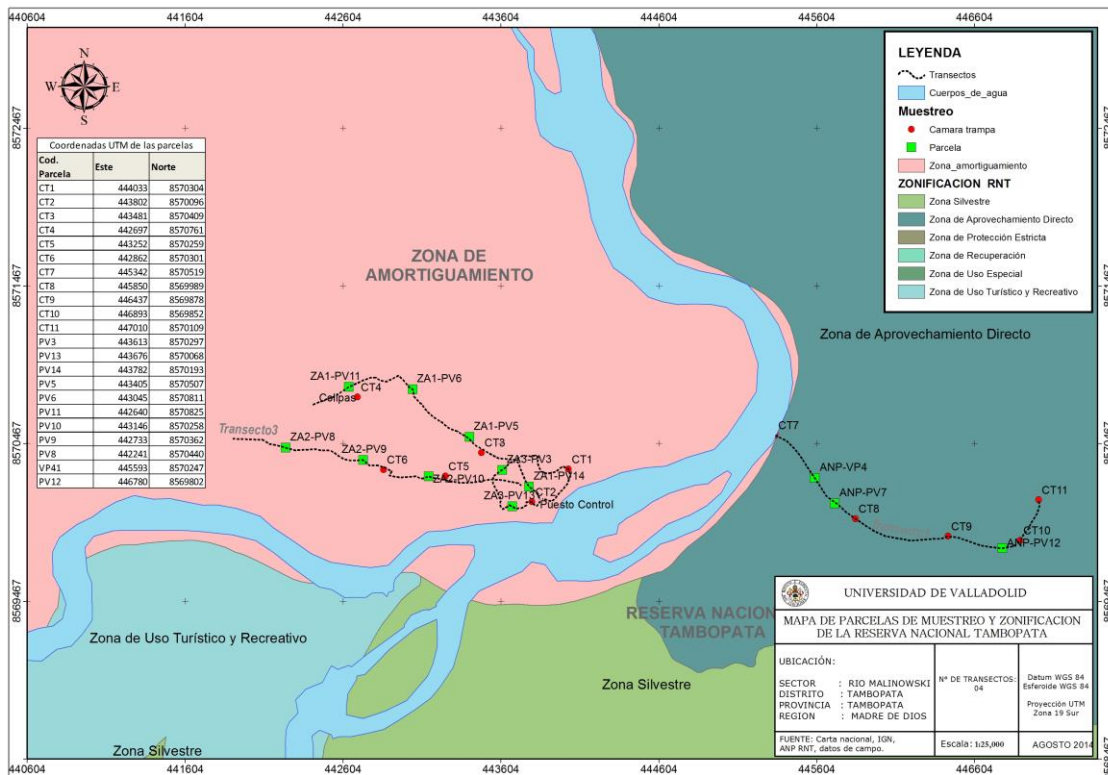


Figura 1. Ubicación del área de estudio para los itinerarios en ANP y ZA en la provincia de Tambopata, Puesto de control Malinowski (Ríos Tambopata y Malinowski).

3.2. Censo de mamíferos y muestreo de vegetación

Tanto en el ANP como en la ZA de la Reserva Nacional Tambopata (RNT) se establecieron en 2001 itinerarios para el muestreo de la fauna, siguiendo los protocolos de investigación de la Asociación Fauna Forever (AFF), que se vienen monitoreando desde entonces. Posteriormente, en 2012 se establecieron parcelas para el muestreo de vegetación. Para este estudio se analizan únicamente los datos tomados en 2012 (junio, julio y agosto) para vegetación y mamíferos.

Para **censar la comunidad de mamíferos** se emplearon dos metodologías, **primero** se registraron cuatro itinerarios; uno de ellos dentro del ANP y los otros tres en la ZA (Figura 2a). Los itinerarios, de 2000 m de longitud, se recorrieron en siete, cinco, siete y dos ocasiones, respectivamente, durante aproximadamente 3h, entre las 5 y las 8h, registrándose el número de contactos (Figura 2b), tanto visuales como auditivos, en una banda de 30 m a cada lado (Kirkby *et al.*, 2005), para la denominación de las especies de mamíferos se sigue la nomenclatura de Emmons y Feer (1999), con referencia taxonómica normalizada del libro 'Mammal Species of the World' de Wilson y Reeder (2005) en la base de datos Smithsonian Institution, National Museum of Natural History.

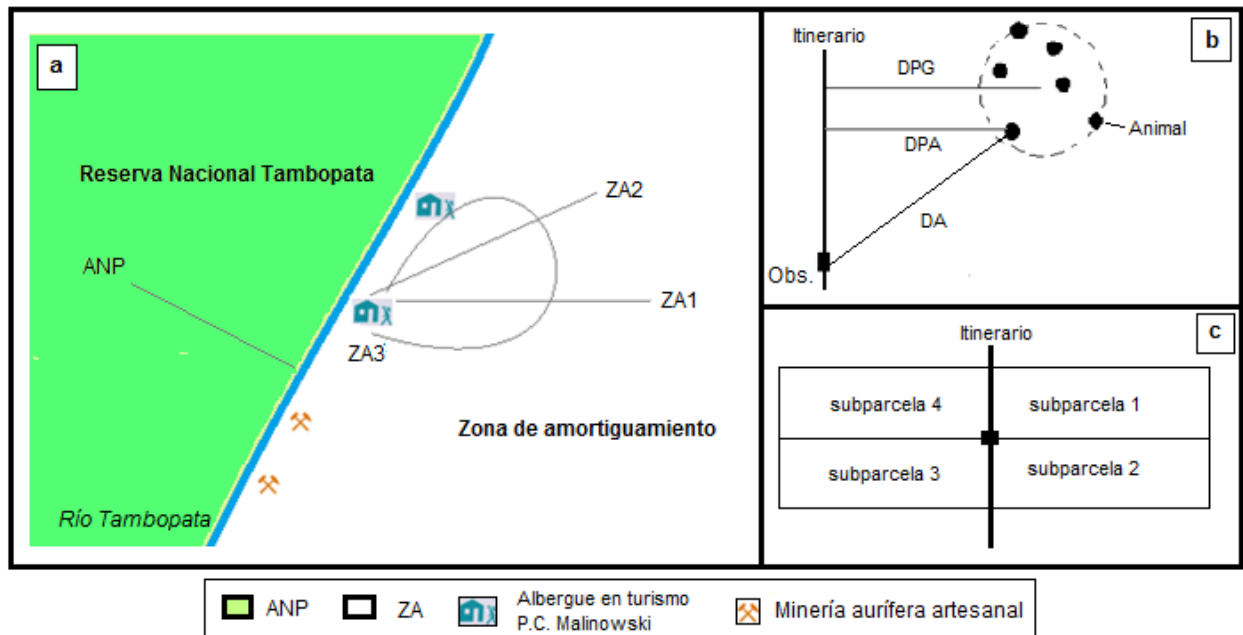


Figura 1. Esquema de itinerarios y metodología para el inventario de vegetación y mamíferos **a.** Ubicación de los cuatro itinerarios de muestreo para registro de fauna. **b.** Evaluación de mamíferos en los itinerarios, Obs. = observador, DA = distancia al primer animal visto (m), DPA = Distancia perpendicular al primer animal visto (m), DPG = Distancia perpendicular al grupo (m). **c.** Ejemplo de ubicación, en un itinerario, de una parcela Gentry (Gentry Plot) para el muestreo de vegetación.

Para especies mayores a nueve observaciones en los itinerarios se aplica una **segunda** metodología, las distancias recorridas en los cuatro itinerarios varían entre sí, en un rango de 525 m a 2000 m, acumulando para los itinerarios; ZA1 = 37200 m, ZA2 = 23125 m, ANP = 16000 m y ZA3 = 7685 m, bajo observaciones directas (Figura 2b), con registros desde Agosto 2011 y Marzo a Noviembre del 2012. Complementándose con datos históricos de la Asociación Fauna Forever (2009 y 2010) en cuatro zonas cercanas al estudio (≤ 10 Km de radio), Albergue TRC (TRC), Explore's INN (EI), Sachavacayoc (SC) y Refugio Amazonico (RA), se aplica para las especies *Saguinus fuscicollis*, *Alouatta sara*, *Saimiri boliviensis*, *Tayassu pecari*, *Pecari tajacu*, *Dasyprocta variegata*, *Cebus apella*, *Mazama sp.* Para calcular la densidad de mamíferos con mayores observaciones, se calculó la densidad, en términos de individuos por kilómetro cuadrado en base a la siguiente fórmula: $D = N / 2L \times DD$, donde: D = Densidad desconocida (individuos/km²); N = número de individuos observados; L = Distancia total recorrida en los itinerarios; DD = Distancia de detección específico, basado en las distancias de detección perpendicular por especie, analizado con el programa Distance 6.2 (Laake *et al.* 1994).

El censo de mamíferos se completó con el empleo de 11 cámaras trampa (seis en la ZA y cinco en el ANP), para registrar las especies de hábitos nocturnos no detectados durante el recorrido de los itinerarios; en concreto fueron seis las especies de mamíferos registradas por las cámaras trampa (*Didelphis marsupiales*, los roedores *Cuniculus paca* y *Dasyprocta variegata*, los felinos *Leopardus pardales* y *Panthera onca*, y el mustélido *Eira barabara*), aunque sólo las tres últimas fueron detectadas únicamente por las cámaras trampa.

Las cámaras trampa empleadas fueron del modelo Bushnell Trophy Cam HD 2012, que cuenta con una resolución real de vídeo HD con grabación de audio, y las imágenes de la noche son más brillantes y nítidas con la adición de NightVision Hyper. Este modelo permite utilizar, en campo, Scan 2x con dos intervalos de tiempo separados para que pueda controlar tanto los movimientos del amanecer y el atardecer, y Auto PIR que regula automáticamente la sensibilidad según la temperatura.

Para el **muestreo de vegetación** se aplicó la metodología Gentry plots (Gentry, 1982), que consiste en muestrear varias parcelas seleccionadas de forma aleatoria a lo largo de los itinerarios de fauna, ubicadas como muestra la Figura 2c. En concreto, se muestrearon tres parcelas de 50x10 m² a lo largo del itinerario de fauna establecido en el ANP, y cuatro, tres y dos parcelas de dichas dimensiones, respectivamente, a lo largo de los tres itinerarios de fauna establecidos en la ZA.



Las parcelas de 50x10 m² se subdividieron en cuatro subparcelas de 25x5 m², para facilitar el muestreo de vegetación (Figura 2c), y dentro de ellas se censaron todos los árboles, arbustos y lianas con dap (diámetro a la altura del pecho) ≥ 10 cm. De cada individuo se midió, con ayuda de una cinta métrica, el perímetro de la sección del tronco/fuste a 1,30 m del suelo, para calcular así el dap, por medio de la expresión: $D = LC/\pi$, siendo LC la longitud de la circunferencia o perímetro y D el diámetro.

La identificación taxonómica de las especies de plantas y del material recolectado se realizó haciendo uso de literatura especializada (Gentry, 1993; Vásquez y Rojas, 2003; Pennington *et al.*, 2004; Cornejo y Janovec, 2010), se consideró los cambios actuales propuestos en el sistema de clasificación APG II (2003) y en el sistema de clasificación del reino vegetal, se adoptó la nomenclatura APG-III (2009), para nuestro caso de Vásquez y Rojas (2011), contrastadas con la base de datos “Tropicos” de Missouri Botanical Garden.

Registrándose datos sobre sus interacciones en el bosque (bosque secundario, asociado a Poaceae (*Guadua sp.*) y tipo de claros), se registró la fenología actual (floración, fructificación y semilla), cobertura del fuste, presencia de epífita y lianas, gremio ecológico (heliófitas efímeras, heliófitas durables, esciófitas parciales y totales) consultando con literatura especializada (Louman *et al.*, 2001; Palacios, 2004)

Para determinar parámetros de flora del estrato superior del bosque, se determinó la densidad (D), es el número de individuos (N), que existe en un área determinada (A). Se estima a partir del conteo del número de individuos en cada unidad de muestreo (UM), obteniéndose el promedio de este valor referido a la hectárea y para cada unidad o tipo de vegetación inventariado $D = N / \text{área}$.

3.3. Análisis de los datos

La diversidad de especies se calculó con el índice de Shannon (H') con logaritmos neperianos (Shannon y Weaver, 1949). También se calcularon sus dos componentes: riqueza (S) y equitatividad (J'; Pielou, 1969).

Con objeto de afrontar estadísticamente el significado de las diferencias de diversidad encontradas entre dos comunidades cuando no se dispone de réplicas, se ha utilizado el método propuesto por Hutcheson (1970), que se comenta a continuación (Magurran, 1989). En primer lugar se calcula la varianza de cada punto de muestreo de acuerdo con la expresión: $\text{Var } H' = [(\sum p_i (\log_2 p_i)^2 - (\sum p_i \log_2 p_i)^2/N)] - [(S - 1)/(2N)^2]$, siendo N el número total de individuos o la cobertura total. Posteriormente, utilizando el método de Hutcheson se obtiene un sistema de cálculo de la “t” para comprobar las diferencias significativas entre

muestras: $t = |H'_1 - H'_2| / (\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^{1/2}$, donde, H'_1 es la diversidad de la muestra 1 y H'_2 de la muestra 2, y $\text{Var } H'_1$ y $\text{Var } H'_2$ sus varianzas. Los grados de libertad se calculan utilizando la ecuación: $df = (\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^2 / [(\text{Var } H'_1)^2/N_1 + (\text{Var } H'_2)^2/N_2]$, donde N_1 y N_2 son el número total de individuos o la cobertura total de las muestras 1 y 2 respectivamente.

La diversidad beta (H'_β) o heterogeneidad espacial se calculó únicamente para la comunidad vegetal haciendo uso de la generalización de la fórmula de Margalef (1972): $H'_\beta = H'_\gamma - (\Sigma H'_\alpha/n)$, como diferencia entre la diversidad de cada sitio y la media de las diversidades alfa (diversidades de cada parcela de muestreo de vegetación).

Para determinar la rarefacción de las especies de mamíferos se usó el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell *et al.* 2012) usando el modelo no paramétrico Chao1, donde se estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons) $\text{Chao1} = S + (a^2/2b)$.

La técnica de ordenación DCA (Detrended Correspondence Analysis), aplicada a la matriz de densidades de las especies, tanto de mamíferos como de vegetación, se empleó únicamente para obtener la estimación de la longitud de los gradientes de los ejes en unidades de desviación estándar (SD) del recambio de especies, lo que permite tomar la decisión sobre si es adecuada una aproximación lineal o unimodal al análisis de los datos (Ter Braak y Prentice, 1988; Ter Braak y Šmilauer, 2002). Como en ambos casos la longitud del gradiente del primer eje fue inferior a 4 (2,331 y 1,345 SD para mamíferos y vegetación, respectivamente), se considera adecuada la aproximación lineal para describir las diferencias en composición de especies y su relación con las variables explicativas (Ter Braak y Šmilauer, 2002). Por ello, las técnicas de ordenación empleadas fueron el PCA (Principal Component Analysis) para ordenar los sitios de muestreo en función de su composición de especies y el RDA (Redundancy Analysis) para relacionar composición de especies con variables explicativas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN (PRELIMINAR)

Para el conjunto del área de estudio se han registrado 22 especies de mamíferos, pertenecientes a 6 órdenes (Primates, Rodentia, Carnivora, Artiodactyla, Didelphimorphiay y Perissodactyla, en este orden de representación) y a 11 familias (Cebidae, Dasyproctidae, Didelphidae, Felidae, Cervidae, Tayassuidae, Sciuridae, Echimyidae, Procyonidae, Mustelidae y Tapiridae, en este orden de representación).

La densidad de mamíferos parece ser mayor en el área natural protegida (ANP) que en los tres sitios muestreados en la zona de amortiguamiento (ZA), entre los que existen bastantes diferencias, siendo el itinerario 3 (ZA3) el que presenta una densidad menor (Tabla y).

La diversidad de mamíferos, sin embargo, sólo difiere con significación estadística ($p < 0,001$) entre el ANP y el itinerario 3 de la zona de amortiguamiento (ZM3), siendo claramente menor la diversidad en la ZA3 por presentar la menor riqueza. La ZA2 presenta una diversidad similar al ANP, a pesar de tener menor riqueza, por tener la equitatividad más alta.

Tabla 1. Densidad, diversidad de Shannon, riqueza y equitatividad de la comunidad de mamíferos tanto en el área natural protegida (ANP) como en la zona de amortiguamiento (ZA). Diferentes letras junto a los valores de diversidad indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre el ANP y cada itinerario de la ZA, tras aplicar el método de Hutcheson (1970; ver apartado 3.3 de Material y Métodos).

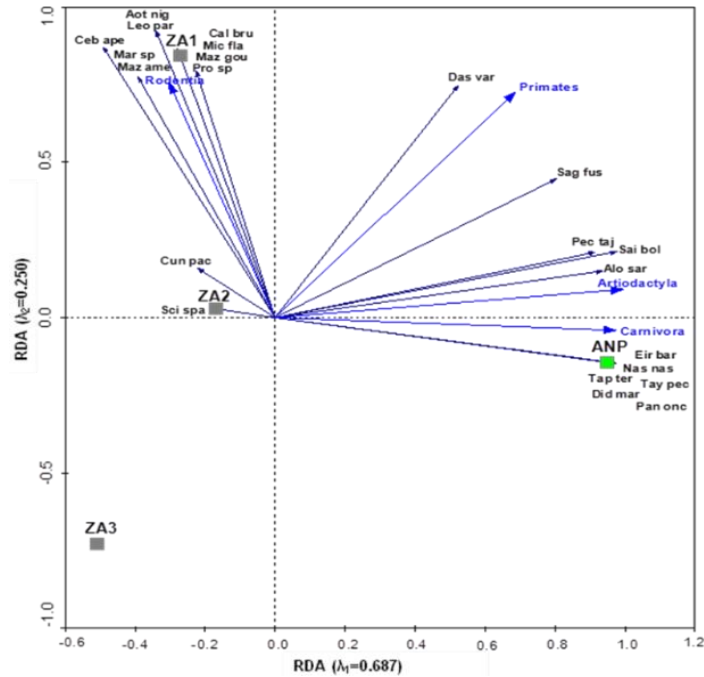
| | ANP | ZA1 | ZA2 | ZA3 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| Densidad (ind/1,2ha) | 82 | 64 | 47 | 5 |
| Diversidad (H') | 2,01(a) | 2,16(a) | 2,02(a) | 0,95(b) |
| Riqueza (S) | 12 | 15 | 10 | 3 |
| Equitatividad (J') | 0,81 | 0,80 | 0,88 | 0,86 |

El análisis RDA aplicado a la matriz de densidades (individuos/m²) de mamíferos en el área de estudio muestra una ordenación de los puntos de muestreo a lo largo del eje 1, situándose el transecto correspondiente al área natural protegida (ANP) en el extremo derecho de dicho eje y los correspondientes a la zona de amortiguamiento (ZA) en el extremo izquierdo (Fig. 4). Los autovalores correspondientes a los tres primeros ejes son: $\lambda_1 = 0,687$; $\lambda_2 = 0,250$ y $\lambda_3 = 0,063$.

Estos resultados muestran, por tanto, claras diferencias en cuanto a la composición de la comunidad de mamíferos característica de cada zona (ANP y ZA). En concreto, en el ANP destacan cinco especies no registradas en la ZA, tales como: Tate (Huangana), Eiba (Manco), Dima (Intuto), Nana (Achuni) y Paon (Jaguar), junto a otras más abundantes en ella como: Tape (Huangana), Sabo (Fraile) o Alsa (Coto), estando mejor representadas las especies de los órdenes Carnivora y Artiodactyla. En la ZA predomina el orden Rodentia, mientras que Primates está igualmente representado en ambas zonas (ANP y ZA). Curiosamente, el tercer transecto tomado en la ZA no aparece caracterizado por ninguna especie representativa.



Figura 4. Primer plano factorial del análisis RDA en el que se ordenan los sitios de muestreo de acuerdo con la composición de la comunidad de mamíferos. ANP: área natural protegida; ZA: zona de amortiguamiento. Para la identificación de las especies ver Apéndice 1.



Para los análisis de **rarefacción**, se registró 19 especies en ZA1 y ZA2, 16 especies para ANP y 15 especies para ZA3 de mamíferos, un rango de muestreo entre 36.6 Km y 6.4 Km, se observa una varianza en el tamaño de la muestra más pequeñas en Km (ANP y ZA3), donde el límite máximo de extrapolación por rarefacción es determinado por el tamaño de la muestra más grande (ZA1, Figura) en los itinerarios (Tabla 2).

Tabla 2. Número de especies observadas y esperadas (rarefacción Chao 1) en cuatro zonas

| | Km muestreados | Especies observadas | Especies esperadas | Rango menor (95%) | Rango mayor (95%) |
|----------|----------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| ZA1 | 36.6 | 19 | 20.64 | 19.23 | 30.84 |
| ZA2 | 24.5 | 19 | 22.44 | 19.64 | 37.62 |
| ANP (M3) | 14 | 16 | 18.03 | 14.32 | 41.5 |
| ZA3 (M4) | 6.4 | 15 | 24.66 | 16.5 | 59.38 |

4.2. Comunidad vegetal

Para el conjunto del área de estudio se han registrado 413 individuos iguales o mayores a 10 cm de dad/0.6ha, comprenden 303 árboles, 22 arbustos, 81 palmeras, 7 lianas, correspondientes a 132 especies, pertenecientes a 33 familias.

La mayor y menor densidad de plantas se da en la zona de amortiguamiento (ZA), concretamente en ZA1 y ZA2 respectivamente, ocupando el área natural protegida (ANP) una posición intermedia (Tabla 3).

Informe preliminar, se reserva los derechos de los investigadores.

Tabla 3. Densidad, diversidad de Shannon, riqueza, equitatividad y diversidad beta de la comunidad vegetal tanto en el área natural protegida (ANP) como en la zona de amortiguamiento (ZA). Diferentes letras junto a los valores de diversidad indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre el ANP y cada itinerario de la ZA, tras aplicar el método de Hutcheson (1970; ver apartado 3.3 de Material y Métodos).

| | ANP | ZA1 | ZA2 | ZA3 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Densidad (ind/ha) | 660 | 765 | 607 | 700 |
| Diversidad (H'_v) | 3,38(a) | 3,91(b) | 3,81(b) | 3,11(a) |
| Riqueza (S) | 49 | 70 | 55 | 36 |
| Equitatividad (J') | 0,87 | 0,92 | 0,95 | 0,87 |
| Diversidad (H'_β) | 0,70 | 0,97 | 0,80 | 0,45 |

La diversidad de plantas es significativamente ($p < 0,001$) mayor en la ZA, concretamente en ZA1 y ZA2, respecto al ANP, por presentar tanto las mayores riquezas como las mayores equitatividades, mientras que la diversidad de plantas no difiere entre el ANP y la ZA3. Esos mayores valores de diversidad de especies encontrados en ZA1 y ZA2 se explican por los mayores valores de heterogeneidad espacial (H'_β) registrados en ellos (Tabla 3). Por el contrario ZA3 presenta la mayor homogeneidad en cuanto a la distribución de la vegetación en el espacio al presentar la menor H'_β .

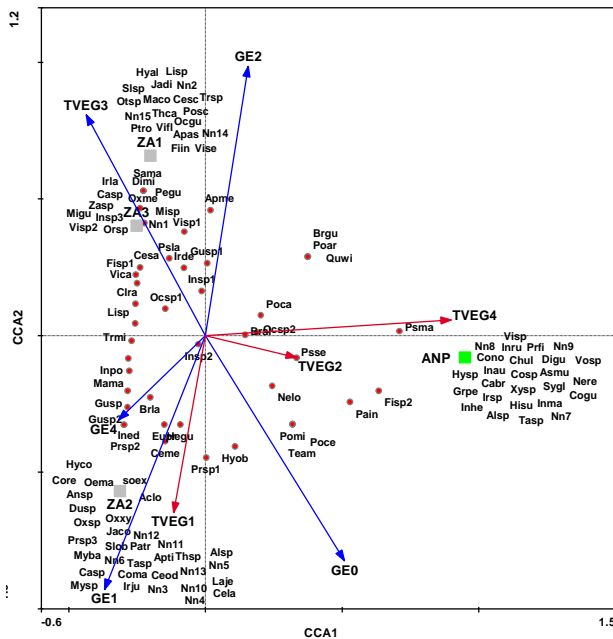


Figura 9. Relación de la abundancia de especies, tipo de vegetación (TVEG1 = árbol, TVEG2 = arbusto, TVEG3 = Palmeras, TVEG4 = otras variables) y gremio ecológico (GE1=Eliofita)

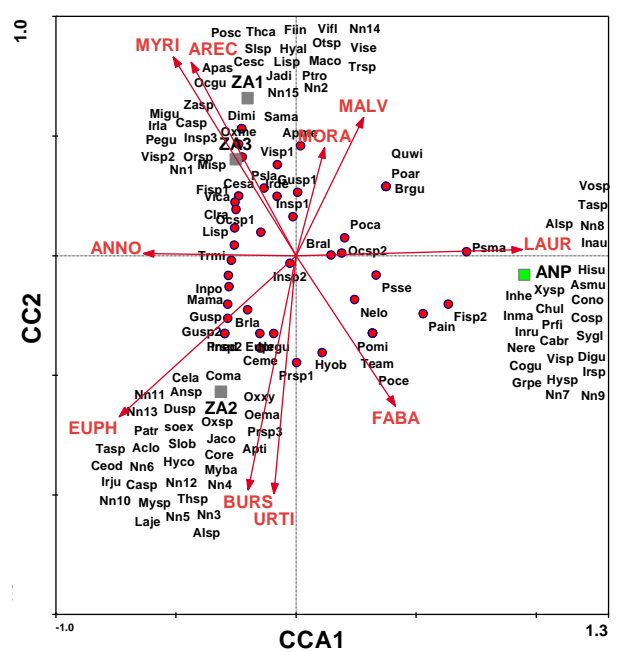


Figura 10. Relación de la abundancia de especies y su clasificación por familias

8. BIBLIOGRAFÍA

- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central (Louman B, Quirós D, Nilsson M., eds.) Serie Técnica, Manual Técnico N° 46. Turrialba, Costa Rica. 265 pp.
- Cornejo F., Janovec JP. 2010. A Guide to Seeds of Amazonian Plants. Princeton University Press. 155 pp.
- Colwell RK 2011. Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9.1.0 User's Guide and application published at <http://purl.oclc.org/estimates> (22 Agosto, 2014, acceso de datos).
- Colwell R., Chao A., N. Gotelli, Lin S., Mao C., Chazdon R y Longino J. 2013. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages, doi: 10.1093/jpe/rtr044.
- Elbers J. (Ed). 2011. Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro. Quito, Ecuador, UICN, 227 pp.
- Emmons L, Feer F. 1999. Mamíferos de los bosques húmedos de América tropical: Una guía de campo. Primera edición en español, Santa Cruz, Bolivia. 298 pp.
- FAO. 2012. Proyecto: Inventario Nacional Forestal y Manejo Forestal Sostenible del Perú ante el cambio Climático. Presentación disponible <<http://www.inf.gob.pe>> [con acceso el 10/04/2013].
- García J. 2012. Corredores biológicos en la Amazonia colombiana: Estado actual, amenazas y conectividad.
- Gentry A, Ortiz R. 1993. Patrones de composición florística en la Amazonía Peruana. En: KALLIOLA, R., PUHAKKA, M. y DANJOY, W. (Eds.). En: Amazonía peruana Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad Turku y Oficinal Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Finlandia. 155-166.
- Gentry AH. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evol Biol* 15, 1-84.
- GENTRY, A. (1993) A field guide to the families and genera of woody plants of North West South América (Colombia, Ecuador, Peru), Conservation International, USA. 6-895 pp.
- Hairston N, Smith E, Slobodkin L. 1960. Community structure, population control, and competition. *American Naturalist* 94: 421-425.
- Hutcheson K. 1970. A Test for Comparing Diversities based on the Shannon Formula. *Journal of Theoretical Biology* 29, 151-4.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales Intendencia de Áreas Naturales Protegidas (INRENA). 2003. Reserva Nacional Tambopata: Plan Maestro 2004-2008. Puerto Maldonado, Perú, Diálogo SA, 214 pp.
- Kirkby CA, Giudice R, Kerry BD, Velarde LM, Dueñas A, Lara JC, Yu DW. 2010 "The Market Triumph of Ecotourism: An Economic Investigation of the Private and Social Benefits of Competing Land Uses in the Peruvian Amazon." Ed. Brock Fenton. *PLoS ONE* 5.9: E13015.

- Kirkby CA, Lee A, Tailby K. 2005. Project Fauna Forever: Tourism development and its impacts on Amazonian wildlife in Tambopata, Peru. [Technical report, in ingles].
- Lamprecht H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Instituto de Silvicultura de la Universidad de Gottingen. Eschborn, Alemania. 335 pp.
- Loja JF, Ascorra C. 2004: Implementación y Monitoreo de Planes de Manejo de Fauna Silvestre en Tambopata. En: VI Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica, Iquitos, Perú, pp. 442-453
- Magurran AE. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Vedral, Barcelona, 200 pp.
- Malhi Y, Grace J. 2000. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. Trends in Ecology and Evolution 15: 332-337
- Margalef R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. Trans Connect Acad Arts Sci 44, 211-235.
- Melo O, Vargas R. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, CRQ, CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA, Colombia. 235 pp.
- Montani T, Busso C. 2004. Métodos de estudio de la vegetación: Guía de trabajos prácticos de Ecología. Departamento de Agronomía, U.N.S. Presentación disponible <<http://www.rangeecologybusso.com.ar/archivos/Guia-T-P-Ecologia.pdf>>
- Palacios WA, Nubia J. 2004. Ecological forest species groups in Northeastern Ecuador and their importance for the management of indigenous forest. Lyonia, 6(2), 55-75 pp.
- Pennington T, Reynel C, Daza A. (2004) Illustrated guide to the trees of Peru. D. Hunt, Publ., England. 848 pp.
- Phillips O, Baker T. (2002) Manual de campo para el establecimiento y remediación de subparcelas permanentes. RAINFOR. Pp: 2-22.
- Pielou EC. 1969. An introduction to Mathematical Ecology. J. Willey, New York.
- Pitman N, Terborgh J, Silman MR, Nuñez P. 1999. Tree species distributions in an upper Amazonian forest. Ecology 80: 2651-2661.
- Quesada CA, Lloyd J, Schwarz M, Patino S, Baker TR, Czimczik C, et al. 2010. Chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. Biogeosciences Discuss, 6, 3923–3992. URL: <http://biogeosciences-discuss.net/6/3923/2009/bgd-6-3923-2009.pdf>> (acceso 07/06/2013).
- Recavarren P, Delgado M, Angulo M, León A, Castro A. 2011. Proyecto REDD en Áreas Naturales Protegidas de Madre de Dios: Insumos para la elaboración de la línea base de carbono. Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral (AIDER). Lima, Perú. 2011. 201 pp .
- Reynel C, Pennington TD, Pennington RT, Flores C, Daza A. (2003). Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos: Un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Lima, Perú. tarea gráfica Educativa, 537 pp.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). 2012. Reserva Nacional Tambopata: Plan Maestro 2011-2016. Lima, Perú, Súper Grafica E.I.R.L, 65 pp.
- Informe preliminar, ser reserva los derechos de los investigadores.*

- Shannon CE, Weaver W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois Press, Urbana.
- Ter Braak CJF, Prentice IC. 1988. A theory of gradient analysis. *Adv Ecol Res* 18, 271-313.
- Ter Braak CJF, Šmilauer P. 2002. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canocical Community Ordination (Version 4.5). Microcomputer Power: Ithaca, NY.
- Terborgh J, Pitman N, Silman M, Schichter H, Nuñez V. 2002. Maintenance of tree diversity in tropical forests. Pages 1-17 in Levey DJ, Silva, WR, Galetti M. (editors). Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. CAB International, Wallingford, UK.
- Thomas L, Buckland S, Rexstad E, Laake J, Strindberg S, Hedley S, Bishop J, Marques T, Burnham K. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47: 5-14. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x
- Tovar, A. (2011). Listado de especies citas peruanas de fauna silvestre. Presentación disponible en: <www.minam.gob.pe/index.php?option=com> [con acceso el 05/04/2013]
- Vásquez R, Rojas R. 2003. Plantas de la Amazonia Peruana: Clave para Identificar las Familias de Gymnospermae y Angiospermae. Trujillo, Perú, Araldoa, 261 pp.
- Vasquez R, Rojas RD. 2011. Clave para identificar grupos de familias de Gymnospermae y Angiospermae del Perú. Jardín Botánico de Missouri.
- Wilson DE, Reeder DA. 2005. Mammal Species of the World. 3rd Edition. volumes I+II Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2142 pp. URL:<http://www.bucknell.edu/msw3/>

Agradecimiento

Este trabajo fin de investigación es el resultado de la colaboración, esfuerzo, dedicación y enseñanza de instituciones y personas, de los que menciono a continuación:

Al programa Iberoamérica + Asia, Universidad de Valladolid-Banco Santander, por haberme otorgado una beca para mi formación académica en la realización de un máster científico en el campus 'La Yutera', Palencia, España.

A mis profesores y directores del trabajo fin de máster, Dra. Carolina Martínez Ruiz y Christopher Kirby, primero por darme la oportunidad de trabajar, aprender en sus áreas de investigación y departamento, por el tiempo y esfuerzo dedicado a dirigirme y resolver mis dudas para que realice exitosamente este trabajo.

A la Asociación Fauna Forever (AFF) con sede en Puerto Maldonado, especialmente a su director, por hacerme participe en sus expediciones de campo en PC Malinowski, Tambopata. La recolección de datos de campo no hubiera sido posible sin el apoyo infinito de Holly Marie, Sharmilia Rara, Matilda Wiren, Kathleen Reinhardt, Evie Calder, Juan Molina Lucy Dablin y Blair Grossman. Al coordinador de primates de AFF, Alice Poirier por el tiempo y sus explicaciones ofrecidas en campo, a Fernando Cornejo por la identificación de especies recolectadas y la corrección taxonómica según APG III de Walter Casanova.

A John Forrest, por la asignación de becas por TReeS-UK, quienes contribuyeron en la implementación y muestrear flora y fauna en zonas de Tambopata.

A todas aquellas personas y mi familia quienes con su tiempo y amabilidad rodearon mi estancia en España, Perú, compañeros y amigos Franklin Sigcha, Abel Kissi, Ronald Montañez, Lizbeth Villanueva.