

Espacio y Desarrollo N° 33, 2019, pp. 167-197 (ISSN 1016-9148)
<https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201901.008>

LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA EN EL PAISAJE DEL CORREDOR BIOLÓGICO MANU-TAMBOPATA (MAT), ENTRE LOS AÑOS 2004 Y 2013

Mirbel Epiquién Rivera

Instituto de Biodiversidad y Paisajes
Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables de la Pontificia
Universidad Católica del Perú – INTE PUCP
Grupo de investigación sobre Territorio, socioecología y servicios ecosistémicos
mepiquien@ibpperu.org

Tatiana Espinosa Quiñones

Asociación para la Resiliencia del Bosque frente a la Inter-Oceánica – ArBio
tatiana@arbioperu.org

Fecha de recepción: 10 de abril de 2019
Fecha de aprobación: 25 de mayo de 2019

RESUMEN

Se analizó la conectividad funcional del paisaje del corredor biológico Manu-Tambopata (MAT) para los años 2004 al 2013, usando especies indicadoras para tres tipos de ecosistemas del paisaje: bosques primarios, aguajales y pacales. Se pudo evidenciar cambios en el nivel de conectividad, reduciéndose para el caso de bosques primarios y aguajales y aumentando para el caso de los pacales. La metodología y desarrollo de este estudio pretende otorgar criterios de análisis para futuros estudios similares que nos ayuden a determinar con mayor precisión las condiciones de conectividad en un paisaje de grandes dimensiones y de gran dinámica territorial como es el caso del MAT.

Palabras clave: Corredor biológico, conectividad de hábitat, bosques primarios, aguajales, pacales

Habitat connectivity in the landscape of the Manu -Tambopata (MAT) biological corridor between 2004-2013

ABSTRACT

The functional connectivity of the landscape of the biological corridor Manu-Tambopata (MAT) for the years 2004 to 2013 was analyzed, using indicator species for three types of landscape ecosystems: primary forests, *aguajales* and *pacales*. Evidence of changes on the level

of connectivity was shown, with a reducing trend in the case of primary forests and *aguajales* and an increasing one in the case of *pacales*. The methodology and development of this study aims to provide analysis criteria for future similar studies that will help us determine the conditions of connectivity in a landscape of large dimensions and great territorial dynamics such as MAT more precisely.

Keywords: Biological corridor, habitat connectivity, primary forests, aguajales, pacales

INTRODUCCIÓN

El paisaje ecológico, como nivel de organización y unidad de análisis, se define como la porción heterogénea y relativamente extensa del territorio compuesta por un mosaico de parches, fragmentos, manchas u otras unidades con diferentes tipos de cubierta o hábitats que interactúan entre sí (Lindenmayer y Fischer, 2006).

Otras condiciones asociadas al paisaje son la composición, la configuración y la fragmentación. En el caso de la composición esta se relaciona a los tipos de hábitat y cubiertas presentes sobre un área determinada y la superficie que ocupan. La configuración, en cambio, es la disposición y distribución espacial de los hábitats y cubiertas de suelos sobre dicha área (Bennett, 1998).

Un concepto importante es la fragmentación del paisaje o fragmentación del hábitat. Este es el proceso mediante el cual una gran extensión de hábitat se transforma en un número de fragmentos de menor tamaño, separadas entre sí por otros tipos de cubierta. En un proceso de fragmentación de hábitat se puede observar una irregularidad de formas, conectividad, bordes, etc. (Valdés, 2011).

La fragmentación de hábitats tiene un efecto importante debido a la pérdida de continuidad física entre las distintas partes del hábitat y por tanto incrementa las amenazas para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo para que realmente exista fragmentación se debe producir previa o simultáneamente pérdida de hábitat. Es por ello que no se tiene que sobrevalorar los efectos de fragmentación *per se* y no deben confundirse ambos procesos ni sus efectos (Fahrig, 2003).

De acuerdo con Hilty, Lidicker y Merenlender (2006) y Valdés (2011), la fragmentación tiene tres procesos negativos; la reducción en el tamaño de los fragmentos, el aislamiento de fragmentos y el aumento del efecto borde, con efectos directos en la estabilidad de las poblaciones de especies que ocurren en el lugar. Sin embargo, no siempre la fragmentación es negativa, por los siguientes motivos: primero, porque las especies mosaico son beneficiadas por una mayor heterogeneidad del paisaje tras la fragmentación (v.g. mosaicos agricultura-bosque); segundo, por la mayor presencia de especies generalistas o muy adaptables; y tercero, porque puede haber incremento en

la diversidad o riqueza de especies totales en el paisaje (aunque no necesariamente en la de las especies especialistas, que muchas veces son las más amenazadas).

El nivel de fragmentación se puede medir a través de la conectividad ecológica del paisaje. La conectividad es la característica del paisaje que facilita los flujos ecológicos y el movimiento de los organismos a través del mismo (Saura y Pascual-Hortal, 2007). La conectividad permite la recuperación de perturbaciones, la diversidad genética y la persistencia de poblaciones, además de ayudar en la mitigación y adaptación de los efectos de cambio climático y la fragmentación (Bennett, 1998).

La conectividad tiene dos componentes; la configuración del paisaje (aspecto estructural) y las capacidades o distancias de dispersión de las especies (aspecto funcional). Esto quiere decir que la conectividad del paisaje dependerá de la especie considerada en nuestro análisis, pues la conectividad ecológica, en sentido estricto, dependerá de la capacidad de dispersión de la especie, lo que quiere decir que la fragmentación no siempre implica la pérdida de conectividad funcional entre los fragmentos remanentes (Pascual-Hortal y Saura, 2008). Por ejemplo, si una especie tiene poca capacidad de dispersión en un paisaje fragmentado, entonces la conectividad para dicha especie será limitada, a diferencia de otras que sí tienen la capacidad de desplazarse mucho más a través de los distintos elementos de dicho paisaje

Para calcular el nivel de conectividad y disponibilidad de hábitat se puede trabajar haciendo uso de la teoría de grafos (Urban y Keitt, 2001; Saura y Torné, 2009) que trata de representar al paisaje como un grupo de nodos (parches de hábitat) conectados por sus bordes con enlaces funcionales. En dicho sentido la conectividad de hábitat a escala de paisaje estará dada por la cantidad de hábitat disponible o alcanzable en el paisaje. Hay que tener en cuenta que un fragmento en sí misma se considera como un espacio donde existe conectividad (Saura y Rubio, 2010), por lo que es posible también conocer la disponibilidad de hábitat al interior de un mismo fragmento y entre parches (Pascual-Hortal y Saura, 2006).

Los principales índices de conectividad funcional se pueden obtener haciendo uso del *software* Conefor Sensinode 2.6 (Saura y Torné, 2012) y son los siguientes:

- a. Métrica de intermediación (BC): La intermediación («betweenness centrality») es una medida que cuantifica la frecuencia o el número de veces que un nodo actúa como un puente a lo largo del camino más corto entre otros dos nodos.
- b. Índice Integral de Conectividad (IIC): Basado en el concepto disponibilidad de hábitat y conexiones binarias. Reúne propiedades deseables de reacción a cambios y su priorización. Cuanto mayor el valor del IIC mayor el grado de conectividad.
- c. Probabilidad de Conectividad (PC): Análogo a IIC pero con modelo de conexiones probabilísticas. Cuenta con una definición basada en el cálculo de probabilidades. PC es la probabilidad de que dos puntos situados al azar en el paisaje queden

ubicados en zonas de hábitat conectadas entre sí (para un determinado conjunto de fragmentos de hábitat y conexiones (pij) entre las mismas).

Estos índices también pueden partirse en tres fracciones (Saura y Rubio, 2010), es decir que la probabilidad de conectividad está dada por tres formas intrínsecas de conectividad:

$$PC = PC_{intra} + PC_{flux} + PC_{connector}$$

Las características de cada fracción de conectividad son las siguientes:

- a. PC_{intra} : es el hábitat disponible proporcionado por el fragmento en sí mismo a través del área que contiene (intrapatch connectivity)
- b. PC_{flux} : Es la capacidad de flujo a través de las conexiones que ofrece el fragmento con el resto cuando ella es el punto de origen o destino de dicho flujo.
- c. $PC_{connector}$: Es la contribución del fragmento a la conectividad entre el resto, como un elemento conector o fragmento puente. Solo si el fragmento está en camino óptimo (más corto). Su valor depende de posibles caminos alternativos.

El objetivo del presente estudio fue medir el nivel de conectividad funcional del corredor biológico Manu-Tambopata (MAT) para los años 2004 a 2013, con intervalos de tiempo de 2008 y 2011.

En el paisaje del MAT hay tres ejes importantes de comunicación; los ríos Madre de Dios e Inambari, y la carretera Cusco – Puerto Maldonado, que por muchos años fue la ruta de extracción de madera. Hoy en día en el eje carretero existe un segundo proceso extractivo y de deforestación que tiene como causa a la actividad agrícola (Alarcón, Díaz, Vela, García y Gutiérrez, 2016).

Las formaciones vegetales para la zona de estudio han sido categorizadas en diferentes oportunidades. Tosi (1960) realizó una clasificación basada en zonas de vida, en donde el área de estudio corresponde a un bosque húmedo y muy húmedo. Posteriormente Malleux (1975) en el primer Mapa Forestal Nacional hace especial referencia a las existencias de grandes volúmenes de madera para dicha zona, basándose en información fisiográfica, sin dar detalles sobre la composición de las especies. La ONERN (1972) realizó una evaluación de recursos en la zona de los ríos Inambari y Madre de Dios, aunque se centró también en descripciones principalmente como fuente de madera. Encarnación, Zarate y Ahuite (2008) definen con mayor precisión los tipos de ecosistemas para dicho ámbito, trabajando a una escala de 1:250,000 para toda la región de Madre de Dios.

Recientemente la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA), ha trabajado en la identificación de los ecosistemas para el MAT y generado un mapa de las principales formaciones vegetales que ocurren en dicho paisaje. Usando esta propuesta de formaciones vegetales desarrollamos el análisis para el presente trabajo.

METODOLOGÍA

Área de estudio y priorización de comunidades vegetales.

El área de estudio corresponde a una extensa zona del departamento de Madre de Dios, con una extensión de 416 416,70 ha, que se ha denominado como «Corredor biológico del Paisaje Manu-Tambopata» – MAT. Son pocos los estudios que nos describen los ecosistemas del corredor MAT, pero la información que hay sobre la biodiversidad a nivel de especies del lugar es suficiente para destacar la gran importancia biológica de la zona (Servat, 1996; Terborgh, Fitzpatrick y Emmons 1984; Terborgh, Robinson, Parker, Munn y Pierpont 1990; Alonso y Dallmeier, 1998; Encarnación et. al. 2008).

Los ecosistemas con las que trabajamos fueron identificadas y seleccionadas tomando como base al mapa de formaciones vegetales generadas por ACCA (2011):

- a. Bosques primarios: nombre que se adoptó en el presente estudio para identificar a un conjunto de nueve formaciones vegetales de porte arbóreo. Son en su mayoría bosques de terrazas y bosques de inundación estacional.
- b. Aguajales: formaciones vegetales cuya principal característica es la de poseer extensas poblaciones de *Mauritia flexuosa*, están permanente inundadas de agua. En esta comunidad se incluyen a los aguajales densos y los aguajales mixtos
- c. Pacales: formaciones vegetales caracterizadas por la presencia de *Guadua* spp, también conocida como paca o bambú. Para este caso también incluye dos formaciones; el pacal denso y el pacal mixto.

El bosque sucesional, que también tiene una importante extensión en este paisaje, no se incluyó en el análisis debido a que son formaciones vegetales inestables estructuralmente y muy dinámicas.

a. Tratamiento de imágenes satelitales

Se usaron imágenes satelitales Landsat, disponibles de forma gratuita en los enlaces <http://glovis.usgs.gov> y <http://earthexplorer.usgs.gov>. Sin embargo, al ser gratuita, la resolución y calidad de la imagen es deficiente por lo requirió de un tratamiento previo. Las imágenes correspondientes a los años 2004, 2008 y 2011 corresponden a Landsat 5, y del año 2013 corresponde a Landsat 8. Cabe señalar que la imagen Landsat cuenta con 7 bandas pero para el análisis no se utilizó la banda 6, que es la termal. Por ese motivo el total de bandas unidas para el presente análisis fueron 6.

El tratamiento digital de imágenes se hizo a través del PCI – Geomática (Versión 2012), específicamente desarrollado para teledetección.

Como resultado de preparación para el análisis de imágenes satelitales se obtuvo una imagen multibanda y cortada de acuerdo a la delimitación de área de trabajo. El resultado en esta etapa fue la obtención de cuatro imágenes, para los años 2004, 2008, 2011 y 2013 (ver Figuras 1, 2, 3 y 4).

Figura 1. Corredor MAT. Año 2004

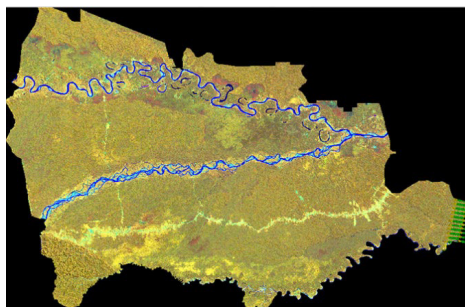


Figura 2. Corredor MAT. Año 2008

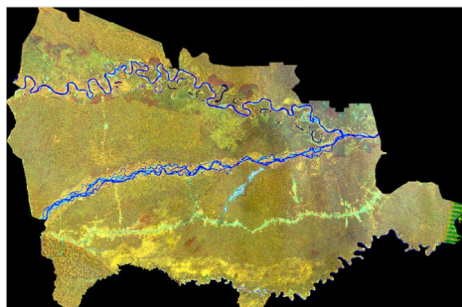


Figura 3. Corredor MAT. Año 2011

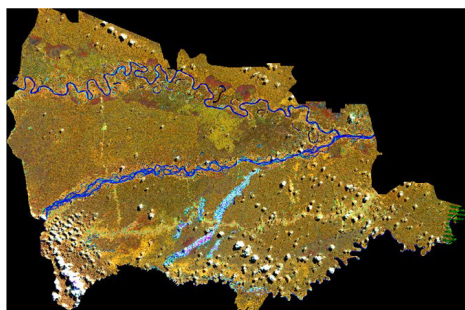
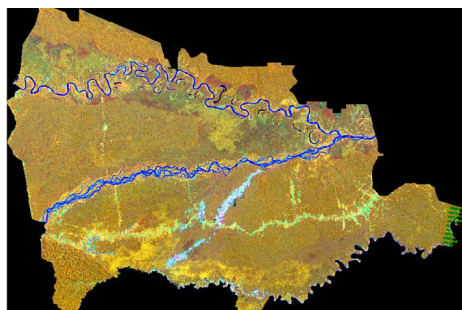


Figura 4. Corredor MAT. Año 2013



Las imágenes LANDSAT TM y ETM+, cubren un área de 185 x 185 kilómetros aproximadamente, con una resolución de 30 y 120 metros (TM) y 15, 30 y 60 metros (ETM+), contienen 7 y 8 bandas espectrales respectivamente que dan respuesta sobre las características geológicas, litológicas, estructurales de las rocas de la superficie terrestre, y otros aspectos como humedad, vegetación, áreas cubiertas con glaciares, etc. Para identificarlos se realizaron una serie de combinaciones de bandas espectrales que nos permitió identificar los grandes grupos de comunidades que conforman el paisaje Manu-Tambopata.

Los grandes grupos de comunidades vegetales fueron identificados de acuerdo a las características físicas: Vegetación con gran cantidad de agua, árboles frondosos, bosques recientes o bosques que desde su formación se han mantenido como tal. Esto se pudo identificar en la imagen satelital con distintas tonalidades de color, forma y brillo. Luego de la identificación de comunidades vegetales se procedió a digitalizar las comunidades a una escala 1:250 000, ya que de acuerdo a los objetivos de análisis y la calidad de la imagen es la más adecuada para la realización de una cartografía acorde con la determinación de comunidades vegetales.

Luego, se procedió a utilizar el *software* ArcGIS 10.1 con el programa ArcMap, en donde se crearon los polígonos en formato Shapefile (shp) y la georreferenciación con el Datum WGS84, zona 19S.

b. Especies indicadoras y análisis de la conectividad

La elección de las especies indicadoras es por cada ecosistema priorizado. En este caso para los bosques primarios se tuvo en cuenta dos criterios; el tamaño y la heterogeneidad en su composición. Es por ello que se eligió una especie con amplio rango de dispersión que usara todas las formaciones vegetales a lo largo del ecosistema, pero que al mismo tiempo sea conspicua. Para el caso del aguajal y el pacal, también se identificaron especies indicadoras con información disponible sobre sus patrones de dispersión.

Como resultado de esta búsqueda se determinaron las siguientes especies indicadoras:

Tabla 1. Especies indicadoras para medir la conectividad funcional en el paisaje MAT

Comunidad vegetal	Especie indicadora	Rango de dispersión	Referencia bibliográfica
Bosque primario	<i>Phantera onca</i> (otorongo)	20 km	U.S. Fish and Wildlife Service (2012) Rabinowitz y Zeller (2010)
Aguajal	<i>Cebus</i> spp. (machines o capuchinos)	2,8 km	Aquino (2005) Zhang (1995) Di Bitetti (2001)
Pacales	Aves terrestres y de vuelo corto*	0,5 km	Lebbin (2007) Bronson y Ashton (2003)

* Para el caso de los pacales no se logró encontrar información científica sobre el rango de dispersión de las aves especialistas, es por ello que usamos un dato teórico y arbitrario de medio kilómetro (0.5 Km), teniendo en cuenta el comportamiento de aves terrestres en pacal como *Crypturellus atrocapillus*.

La decisión de tener como rango comparativo un período de diez años dividido en cuatro períodos (2004, 2008, 2011 y 2013), se debe a que al observar las imágenes satelitales de años anteriores al 2004 se notan pocos elementos de cambio comparables debido quizá a que aún no se generaban los drivers de deforestación en la magnitud observada luego de dicho año.

Para poder determinar la conectividad funcional en el paisaje del corredor MAT analizamos la conectividad en los tres ecosistemas descritos en función del rango de dispersión de sus especies indicadoras, todas para el mismo período de tiempo de 10 años. Es decir, para medir la conectividad del bosque primario (que incluye 9 formaciones vegetales) usaremos a *Phantera onca* como especie indicadora. En la comunidad vegetal de aguajales, las especies indicadoras fueron los monos capuchinos o tocones, *Cebus* spp, quienes habitan periódicamente estos ecosistemas, sobre todo por la gran

disponibilidad de alimento que les proveen las palmeras. Para el caso de la comunidad de pacales, no usamos una especie indicadora en particular, dado que la información sobre dispersión de especies especialistas en estos ecosistemas es escasa. Es por ello que hemos puesto un valor referencial de medio kilómetro de dispersión basados la información sobre especies de corto vuelo o terrestres que buscan refugio más que alimentos, como el caso de los crácidos y perdices (*Crypturellus atrocapillus*)

Para el análisis de la conectividad funcional usamos el *software* Conefor Sensinode 2.6, que es un paquete de *software* que permite cuantificar la importancia de las áreas de hábitat y los enlaces para el mantenimiento o la mejora de la conectividad, nos permite también evaluar los impactos sobre la conectividad de los cambios de hábitat y paisaje. Conefor es una herramienta para los análisis de ecología espacial y para el apoyo en la toma de decisiones en la planificación de la conservación, a través de la identificación y priorización de sitios críticos para la conectividad del hábitat y el paisaje.

RESULTADOS

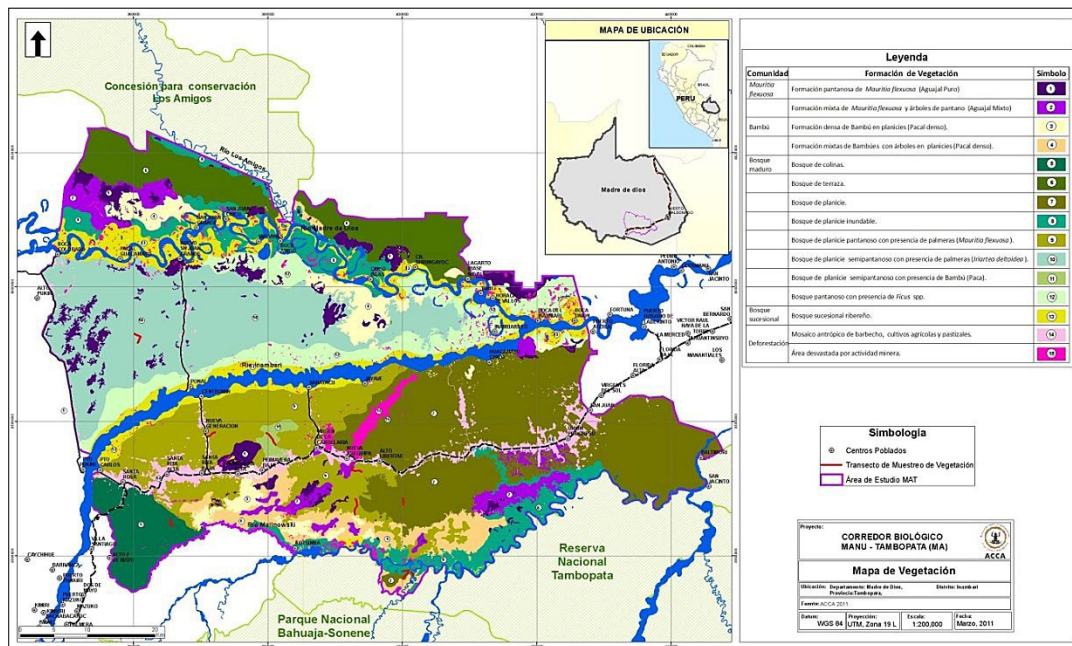
Las grandes comunidades vegetales identificadas en la Figura 6, nos permite establecer los ecosistemas del paisaje y nos muestra sus principales características:

- **Aguajales:** áreas pantanosas, permanentemente inundadas, donde crece *Mauritia flexuosa* (aguaje), en formaciones puras y mezcladas con otras palmeras y árboles diversos.
- **Bosque primario:** bosques de terrazas altas y de inundación estacional, densos e intactos, que no han sido explotados ni intervenidos por el hombre y por lo tanto hay poco o ningún impacto antropomórfico.
- **Bosque sucesional:** vegetación leñosa de carácter sucesional que se desarrolla sobre tierras, originalmente destruida por actividades humanas o por corrientes de agua de los ríos.
- **Pacal:** unidad de vegetación de la llanura amazónica caracterizada por la dominancia de *Guadua* spp., y otras especies de bambú que forma comunidades con otras pocas especies leñosas, con ciclos de vida de hasta treinta años.
- **Áreas deforestadas:** causada por la acción del hombre, principalmente debido a la tala y quemadas realizadas en la producción de agrícola, ganadera y minería.

Los resultados del análisis multianual de cobertura vegetal sobre el área de estudio del corredor biológico de Manu-Tambopata nos muestra cambios drásticos sobre el paisaje en escalas cortas de tiempo, específicamente se observa la apertura de vías carrozables, y deforestación producto de la minería aluvial y actividades agropecuarias.

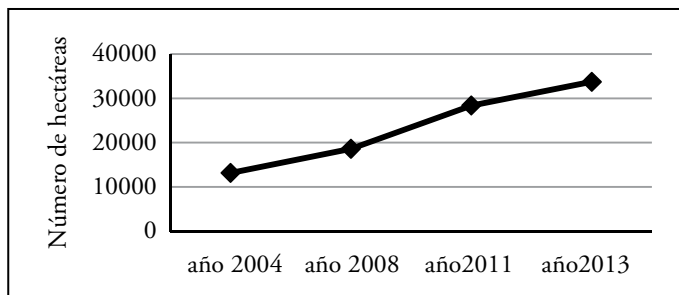
La Figura 6 nos muestra el proceso de incremento del área deforestada desde el año 2004 hasta junio de 2013. Desde un valor de 13 154,52 hectáreas deforestadas para 2004 hasta las 33 741,01 hectáreas para el año 2013.

Figura 5. Mapa de formaciones vegetales del corredor MAT



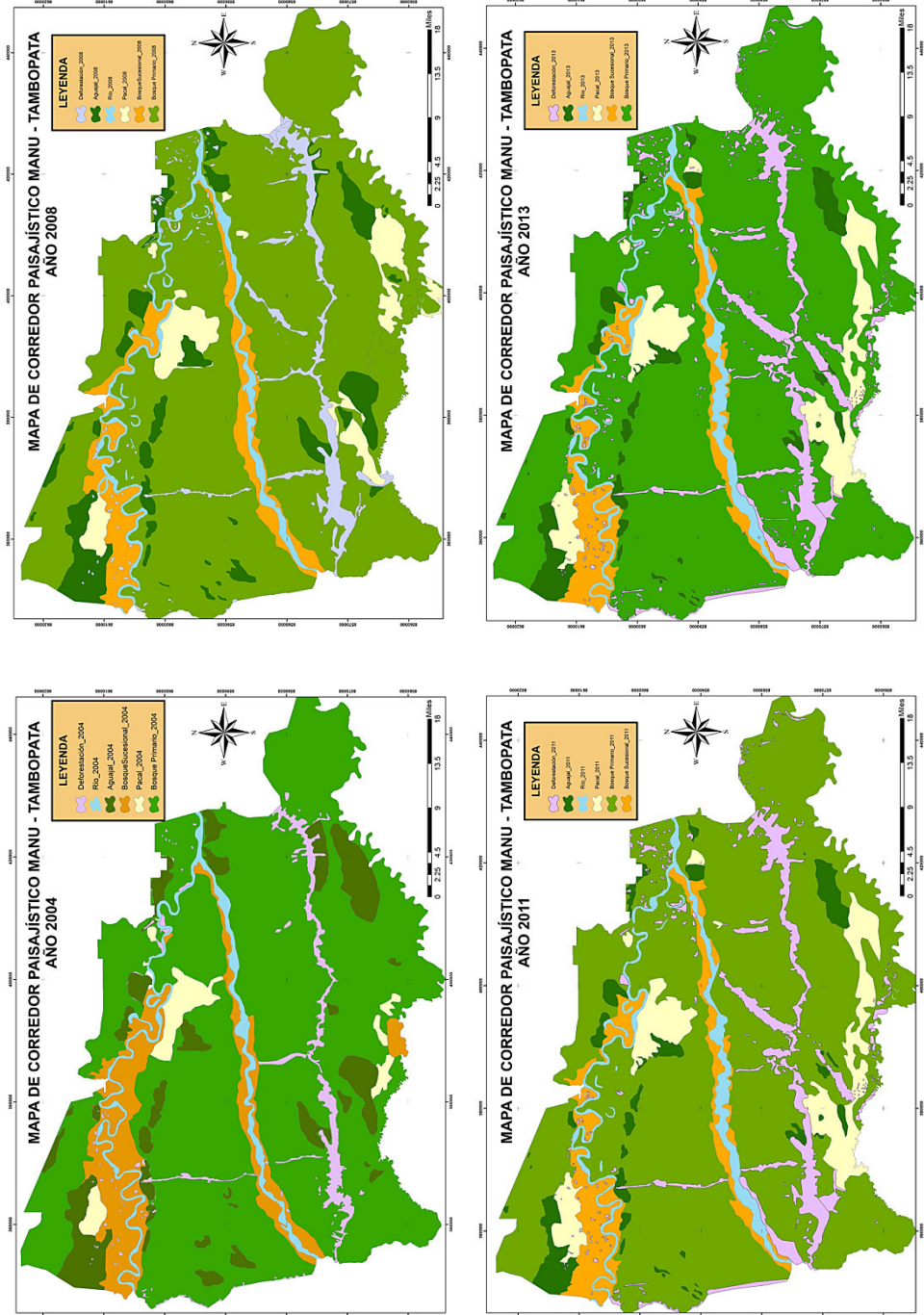
Fuente: ACCA (2011).

Figura 6. Superficie deforestada en el corredor MAT entre los años 2004 y 2013



En la Figura 7 se compara la composición del paisaje durante el período de tiempo 2004-2013 y se puede evidenciar con mayor detalle los cambios en estructuras de las principales formaciones vegetales que se desean estudiar, lo más conspicuo es en el sector sur del corredor, en donde la carretera interoceánica es clave en los procesos de deforestación

Figura 7. Composición del paisaje del MAT entre los años 2004 y 2013



a. Conectividad del hábitat de bosque primario

Los resultados del análisis de la conectividad funcional para el caso del bosque primario nos muestra que el índice integral de conectividad (IIC) va disminuyendo en el período de tiempo estudiado. Dichos datos nos muestran que la conectividad de hábitat para *Phantera onca* en los bosques primarios disminuyó en un 9.96% en un período de tiempo de diez años, específicamente entre 2004 y 2013 (ver Figuras 8, 9, 10 y 11). Los índices de conectividad (Tablas 2, 3, 4 y 5) de hábitat nos muestra la variación a nivel de paisaje y de parches durante dicho período de tiempo.

Analizando el paisaje para el último año 2013, el fragmento o nodo N° 10 (Tabla 5) es el que posee mayor IIC, con elevado valor de flujo, conectividad intrapatch y con un alto valor en su función de conector. Seguidos de los nodos N° 9, 12 y 11 respectivamente, pero estos últimos no tienen una función de conectores en el paisaje. La no presencia de muchos valores en el IIC conector obedece a que el paisaje es casi una sola unidad.

El nodo N° 10 también posee el valor más alto de BC, lo que quiere decir que es usado frecuentemente como un puente, sin embargo el nodo N° 12 también posee un valor alto en la métrica de BC, lo que quiere decir que también es usado como puente.

El nodo N° 10, es la zona más importante en el paisaje, cumpliendo un rol de conector, permite el flujo de especies y tiene un alto valor de conectividad interna. Al mismo tiempo se puede observar que es la zona más agredida en los últimos diez años, notándose un serio proceso de fragmentación con respecto al sector norte o sur del paisaje.

Figura 8. Paisaje del hábitat de *Panthera onca* (otorongo) para el año 2004

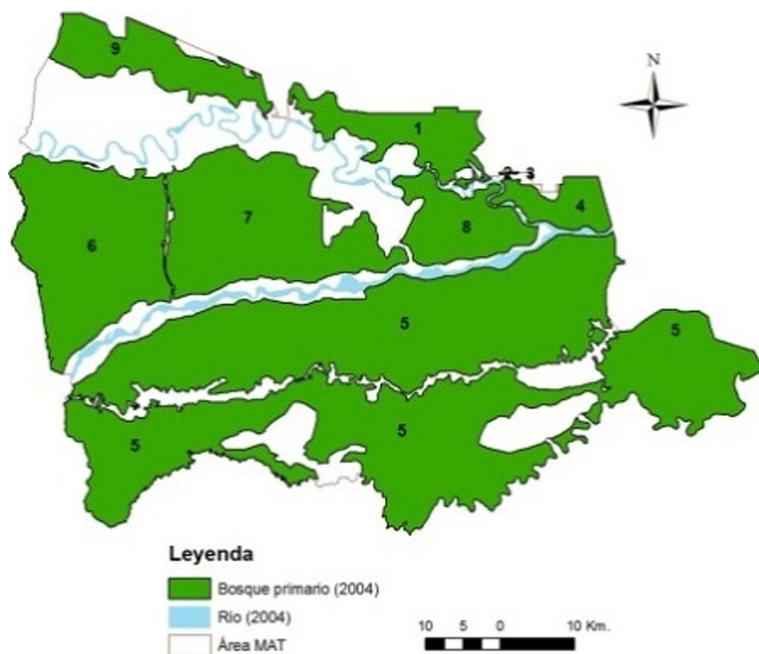


Tabla 2. Índices de conectividad de hábitat *Panthera onca* (otorongo) para el año 2004

Nodo (área)	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dbc_IIC
1	4.563966	0.0892857	6.81416	0.310996	6.503164	0	1.049692
2	0.0284256	0	0.0398214	0.0000121	0.0398094	0	0
3	0.0089591	0	0.0125508	0.0000012	0.0125496	0	0
4	2.316886	0	3.245722	0.0801455	3.165577	0	0
5	56.9945	0.0446429	83.58337	48.49934	35.08403	0	0.2523759
6	13.18475	0.0089286	19.23203	2.595456	16.63657	0	0.7556957
7	13.02084	0.0892857	19.44056	2.531323	16.90923	0	1.049692
8	4.553291	0.0446429	6.499445	0.3095428	6.189902	0	0.7973163
9	5.328382	0.0089286	6.381636	0.4238972	5.957739	0	0.1493881
IICnum: 6.550868 E10							
EC(IIC): 255946.6000000							

Figura 9. Paisaje del hábitat de *Panthera onca* (otorongo) para el año 2008

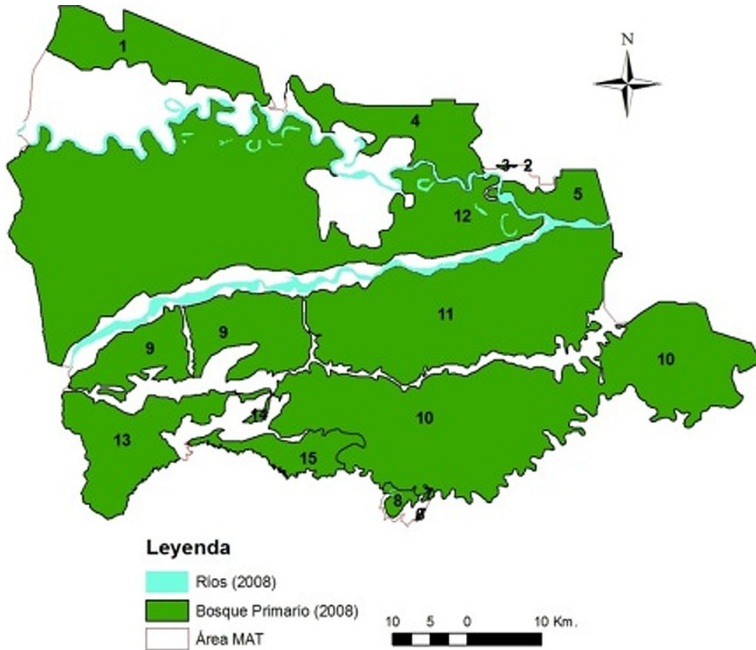


Tabla 3. Índice de conectividad de hábitat de *Panthera onca* en el paisaje MAT para el año 2008

Nodo (área)	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dBC_IIC
1	5.339512	0	7.398624	0.4888288	6.909795	0	0
2	0.0046503	0	0.006793	0.0000004	0.0067926	0	0
3	0.0296941	0	0.0433758	0.0000151	0.0433607	0	0
4	4.5413	0.0290424	6.772313	0.3536014	6.418712	0	0.5605027
5	1.970059	0.010989	3.137829	0.0665445	3.071285	0	0.4026673
6	0.018726	0	0.0256083	0.000006	0.0256023	0	0
7	0.055123	0	0.0753825	0.0000521	0.0753304	0	0
8	0.373463	0.0164835	0.5392723	0.0023914	0.536881	0	0.0028227
9	7.552042	0.0034014	12.43229	0.977873	11.45441	0	0.0257713
10	23.09686	0.0638409	38.29221	9.146597	29.14561	0	0.16024
11	16.25511	0.2467294	27.38022	4.530367	22.84401	0.0058488	0.9955957
12	32.78994	0.1944008	56.72593	18.43465	37.70197	0.5893097	3.856854
13	5.70406	0.0034014	9.390111	0.5578557	8.832256	0	0.0257713
14	0.1197534	0.0034014	0.1971399	0.0002459	0.196894	0	0.0257713
15	2.149718	0.0327054	3.539805	0.0792349	3.46057	0	0.0386654
IICnum: 6.292475 E10							
EC(IIC): 250848.1000000							

Figura 10. Paisaje del hábitat de *Panthera onca* (otorongo) para el año 2011

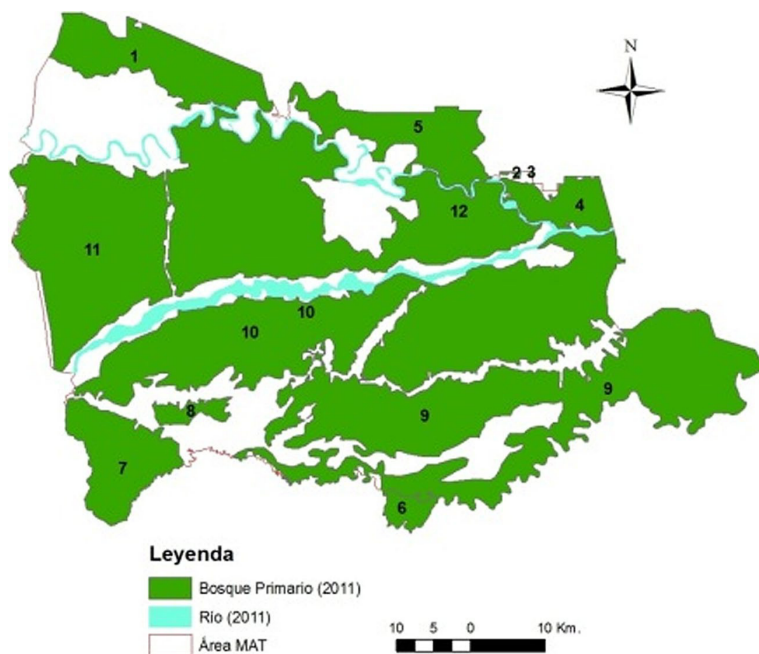


Tabla 4. Índice de conectividad de hábitat de *Panthera onca* en el paisaje MAT para el año 2011

Nodo (área)	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dBC_IIC
1	6.104197	0	8.705437	0.6536868	8.05175	0	0
2	0.0358775	0	0.0527983	0.0000226	0.0527757	0	0
3	0.0087749	0	0.0129134	0.0000014	0.012912	0	0
4	2.280968	0.0166667	3.659776	0.0912748	3.568502	0	0.3326076
5	4.947508	0.0536364	7.840811	0.4294233	7.411388	0	0.7630262
6	0.8192033	0	1.173116	0.0117732	1.161343	0	0
7	4.6782	0	7.818756	0.3839461	7.43481	0	0
8	0.7749764	0	1.295231	0.0105363	1.284695	0	0
9	22.71901	0.0693939	38.38254	9.055061	29.32748	0	0.3506597
10	24.39649	0.2048485	41.94073	10.44161	31.48716	0.0119575	0.8487812
11	13.24873	0.0572727	22.99906	3.079363	19.9197	0	2.037586
12	19.98607	0.1618182	34.96652	7.007568	27.95895	0	2.265138
IICnum: 5.31035 E10							
EC(IIC): 230442.0000000							

Figura 11. Paisaje del hábitat de *Panthera onca* (otorongo) para el año 2013

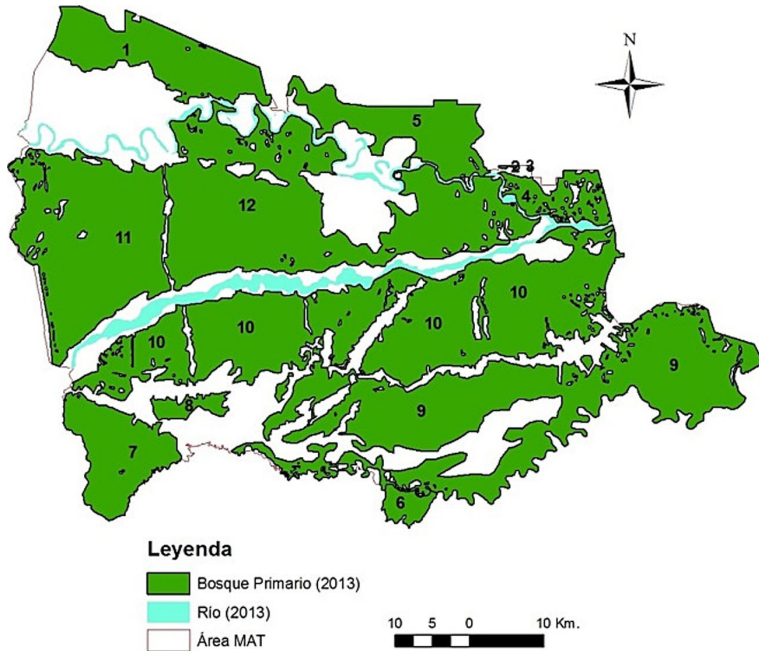


Tabla 5. Índice de conectividad de hábitat de *Panthera onca* en el paisaje MAT para el año 2013

Nodo	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	DBC_IIC
1	6.104197	0	8.705437	0.6536868	8.05175	0	0
2	0.0358775	0	0.0527983	0.0000226	0.0527757	0	0
3	0.0087749	0	0.0129134	0.0000014	0.012912	0	0
4	2.280968	0.0166667	3.659776	0.0912748	3.568502	0	0.3326076
5	4.947508	0.0536364	7.840811	0.4294233	7.411388	0	0.7630262
6	0.8192033	0	1.173116	0.0117732	1.161343	0	0
7	4.6782	0	7.818756	0.3839461	7.43481	0	0
8	0.7749764	0	1.295231	0.0105363	1.284695	0	0
9	22.71901	0.0693939	38.38254	9.055061	29.32748	0	0.3506597
10	24.39649	0.2048485	41.94073	10.44161	31.48716	0.0119575	0.8487812
11	13.24873	0.0572727	22.99906	3.079363	19.9197	0	2.037586
12	19.98607	0.1618182	34.96652	7.007568	27.95895	0	2.265138
IICnum: 5.31035 E10							
EC(IIC): 230442.0000000							

b. Conectividad del hábitat del aguajal

Los resultados del análisis de la conectividad funcional para el caso del hábitat del aguajal nos muestran que el IIC va disminuyendo en el período de tiempo estudiado. Al comparar el IIC de 2004 y de 2013 se puede observar que la conectividad en los aguajales se redujo en un 47.24%, tomando como especie indicadora al género *Cebus* spp.

Analizando el paisaje de aguajales para el último año 2013, se observa que el nodo N° 5 y el nodo N° 27 son los que presentan mayores valores de IIC con altos valores de intrapatch pero no de flujo o de conector, es decir, son importantes en el paisaje por su tamaño pero no necesariamente por tener una función conectora o de flujo. Más bien los nodos más importantes como conectores son el N° 20, 21 y 16, 17, 10 y 13, en ese orden. Por otro lado, los nodos más importantes por permitir el flujo de especies serían el 22, 17 y 21.

Para el caso de BC hay cinco nodos que cumplen una función importante como puentes: los nodos 10, 13, 16, 17, 20 y 21.

Figura 12. Paisaje del hábitat de los monos *Cebus* spp. en aguajales para el año 2004

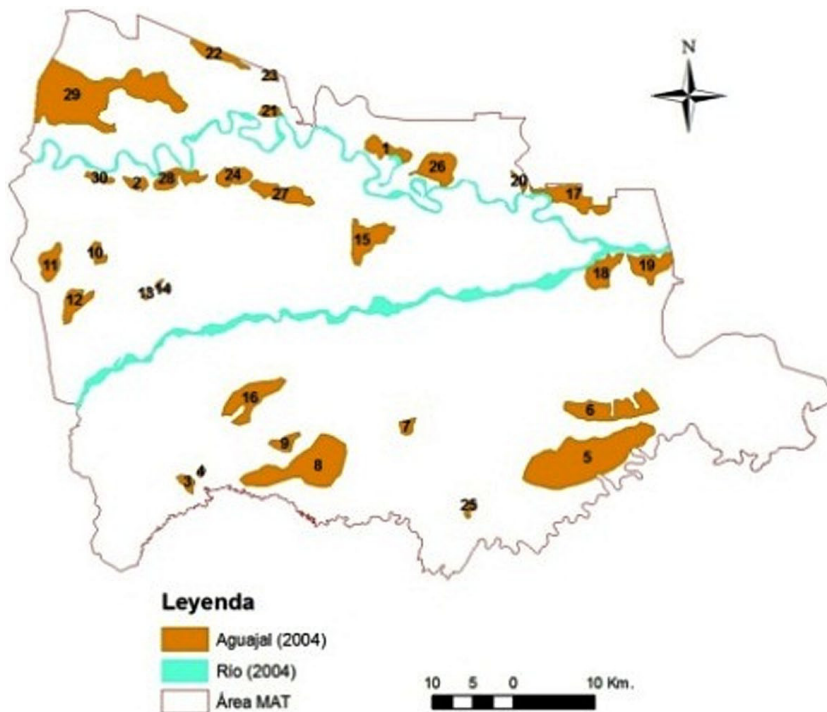


Tabla 6. Índice de conectividad del hábitat de los monos *Cebus* spp. en aguajales para el año 2004

Nodo	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	DBC_IIC
1	2.148689	0	1.049997	0.391263	0.6587341	0	0
2	0.7950991	0.0073892	0.5893107	0.0535753	0.3489211	0.1868148	0.1868145
3	0.7587174	0	0.0601899	0.0487845	0.0114054	0	0
4	0.1773823	0	0.0140719	0.0026665	0.0114054	0	0
5	17.25151	0	34.16842	25.22178	8.946643	0	0
6	6.119436	0	12.12019	3.173544	8.946642	0	0
7	0.7265775	0	0.0447389	0.0447389	0	0	0
8	10.9302	0	11.26613	10.12461	1.141528	0	0
9	1.232357	0	1.270232	0.1287048	1.141528	0	0
10	0.8986234	0	0.0684348	0.0684348	0	0	0
11	2.182801	0	0.8108167	0.4037846	0.4070321	0	0
12	2.200356	0	0.8173377	0.4103056	0.4070321	0	0
13	0.180439	0	0.0081421	0.0027592	0.0053829	0	0
14	0.3520204	0	0.0158846	0.0105016	0.0053829	0	0
15	3.991374	0	1.350101	1.350102	0	0	0
16	4.793759	0	1.947485	1.947485	0	0	0
17	3.913398	0	1.440215	1.297866	0.1423497	0	0
18	2.941099	0	1.535817	0.7330626	0.8027542	0	0
19	3.220707	0	1.681825	0.8790713	0.8027542	0	0
20	0.4292209	0	0.1579626	0.0156129	0.1423497	0	0
21	0.7929679	0	0.0532884	0.0532884	0	0	0
22	2.038477	0	0.4041665	0.3521543	0.0520121	0	0
23	0.3010768	0	0.0596942	0.007682	0.0520121	0	0
24	2.06936	0.0073892	1.410669	0.3629058	0.8056369	0.2421263	0.242126
25	0.4735812	0	0.0190069	0.0190069	0	0	0
26	3.617553	0	1.767785	1.109051	0.6587341	0	0
27	1.221849	0	0.5829221	0.1265193	0.4564029	0	0
28	2.496205	0.0098522	1.627274	0.5280585	0.8758085	0.2234075	0.2234071
29	21.0536	0	37.56422	37.56422	0.0000001	0	0
30	0.6915618	0	0.2739438	0.0405307	0.2334132	0	0
IICnum: 1.72925E8							
EC(IIC): 13150.0900000							

Figura 13. Paisaje del hábitat de los monos *Cebus* spp. en aguajales para el año 2008

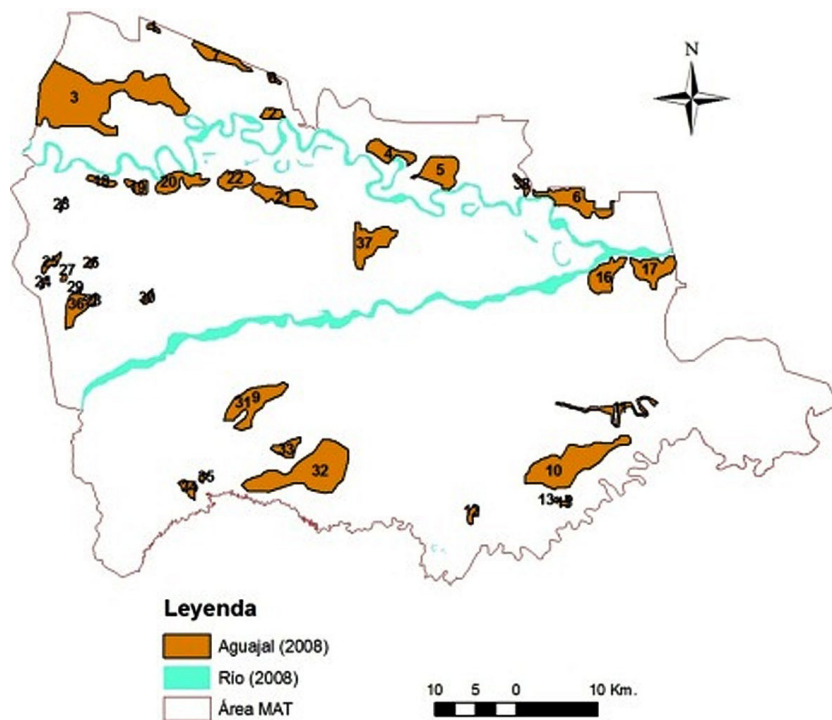


Tabla 7. Índice de conectividad del hábitat de los monos *Cebus* spp. en aguajales para el año 2008

Nodo	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dBC_IIC
1	0.2470378	0	0.0056475	0.0056475	0	0	0
2	0.8783934	0	0.0714019	0.0714019	0	0	0
3	23.32168	0	50.33281	50.33281	0.0000002	0	0
4	2.394451	0	1.418516	0.530571	0.8879447	0	0
5	4.007268	0	2.373977	1.486033	0.8879447	0	0
6	4.334984	0	1.929764	1.739028	0.1907363	0	0
7	2.258079	0	0.5415482	0.4718564	0.0696918	0	0
8	0.3335114	0	0.079985	0.0102933	0.0696918	0	0
9	5.310185	0	5.218922	2.609461	2.609461	0	0
10	9.900604	0.0045045	11.17311	9.070995	2.068733	0.033385	0.0333847
11	1.985372	0	2.217161	0.3647667	1.852394	0	0
12	0.5245995	0	0.0254676	0.0254676	0	0	0
13	0.0775959	0	0.0825553	0.0005572	0.0819981	0	0
14	0.0637554	0	0.0678302	0.0003762	0.0674541	0	0
15	0.1312109	0	0.1395971	0.0015932	0.1380039	0	0
16	3.25794	0	2.057862	0.9822405	1.075621	0	0
17	3.56767	0	2.253501	1.17788	1.075621	0	0
18	0.7660629	0	0.3779918	0.0543076	0.3236842	0	0
19	1.034943	0.0045045	0.8988072	0.0991208	0.5493712	0.2503156	0.2503152
20	2.765118	0.006006	2.251323	0.7075528	1.212963	0.3308082	0.3308079
21	1.353477	0	0.7907215	0.1695249	0.6211966	0	0
22	2.29229	0.0045045	1.921636	0.4862624	1.101289	0.3340845	0.3340841
23	0.1314584	0	0.0015992	0.0015992	0	0	0
24	0.1561763	0	0.0424349	0.0022572	0.0401777	0	0
25	0.6144588	0	0.1669554	0.0349395	0.1320159	0	0
26	0.1703596	0	0.0449393	0.0026857	0.0422535	0	0
27	0.1466591	0.0127628	0.1971739	0.0019904	0.0512099	0.1439739	0.1567822
28	0.3080044	0	0.1006598	0.008779	0.0918808	0	0
29	0.1895022	0.0045045	0.0668466	0.0033232	0.0627141	0.0008097	0.0229305
30	0.3229944	0	0.0096543	0.0096543	0	0	0
31	5.310185	0	5.218922	2.609461	2.609461	0	0
32	12.1077	0	15.09565	13.5661	1.529549	0	0
33	1.365117	0	1.702002	0.1724533	1.529549	0	0
34	0.8404531	0	0.0806493	0.065367	0.0152823	0	0
35	0.1964915	0	0.0188552	0.0035729	0.0152823	0	0
36	2.437397	0.0022523	0.8365698	0.5497741	0.2867958	0.0000004	0.0068847
37	4.42136	0	1.809019	1.809019	0	0	0
38	0.4754603	0	0.2116562	0.0209199	0.1907363	0	0
IICnum: 1.290568E8							
EC(IIC): 11360.3200000							

Figura 14. Paisaje del hábitat de los monos *Cebus* spp. en aguajales para el año 2011

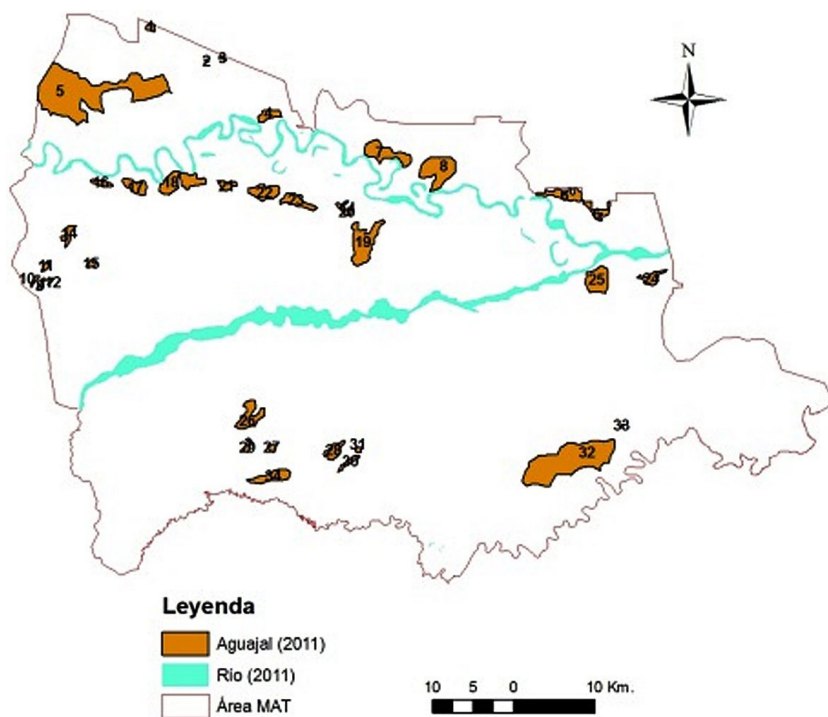


Tabla 8. Índice de conectividad del hábitat de los monos *Cebus* spp. en aguajales para el año 2011

Nodo	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dBC_IIC
1	0.4253025	0	0.0124954	0.0124954	0	0	0
2	0.0814093	0	0.0010987	0.0004578	0.0006409	0	0
3	0.1139579	0	0.001538	0.0008971	0.0006409	0	0
4	1.438619	0	0.1429701	0.1429701	0	0	0
5	27.96381	0	54.01895	54.01894	0.0000001	0	0
6	4.092389	0	1.15693	1.15693	0	0	0
7	4.365745	0	3.203718	1.316649	1.887069	0	0
8	6.257142	0	4.591683	2.704614	1.887069	0	0
9	0.2891796	0	0.030406	0.0057768	0.0246292	0	0
10	0.265952	0	0.0279637	0.0048861	0.0230776	0	0
11	0.3327783	0.0113636	0.0651895	0.00765	0.0332878	0.0242519	0.0242516
12	0.0899787	0	0.0094609	0.0005593	0.0089016	0	0
13	0.1604883	0	0.0155303	0.0017793	0.013751	0	0
14	0.6959252	0.0075758	0.0838812	0.0334563	0.0443892	0.0060359	0.0060356
15	0.4162503	0	0.0119691	0.0119691	0	0	0
16	0.7483892	0	0.5059868	0.0386909	0.467296	0	0
17	1.974573	0.0113636	2.021312	0.2693393	1.38676	0.3652131	0.3652128
18	4.571511	0.0189394	5.044926	1.443687	2.732482	0.8687572	0.868757
19	6.03714	0	5.096346	2.517769	2.578578	0	0
20	0.7184763	0.0113636	2.969392	0.0356597	0.6547925	2.27894	2.278939
21	0.9593488	0.0227273	3.346135	0.0635779	0.8774522	2.405106	2.405106
22	2.796711	0.0227273	4.491415	0.5403167	2.106263	1.844835	1.844835
23	2.110918	0.0189394	3.927867	0.3078195	1.677625	1.942423	1.942423
24	1.424147	0	0.1401081	0.1401081	0	0	0
25	3.9208	0	1.061947	1.061947	0	0	0
26	3.148468	0	1.119116	0.6847811	0.4343349	0	0
27	0.3602634	0.0037879	0.4754787	0.0089659	0.128427	0.3380861	0.3380858
28	1.636751	0	0.2886665	0.1850627	0.1036038	0	0
29	0.4521793	0.0037879	0.5140487	0.0141246	0.1639367	0.3359877	0.3359874
30	0.7129889	0	0.1257466	0.0351171	0.0906295	0	0
31	0.2033151	0	0.0358578	0.0028556	0.0330022	0	0
32	18.55843	0	23.87869	23.79227	0.0864197	0	0
33	0.067409	0	0.0867335	0.0003139	0.0864196	0	0
34	2.609236	0	0.8733275	0.4703054	0.403022	0	0
IICnum: 5.058362E7							
EC(IIC): 7112.2170000							

Figura 15. Paisaje del hábitat de los monos *Cebus* spp. en aguajales para el año 2013

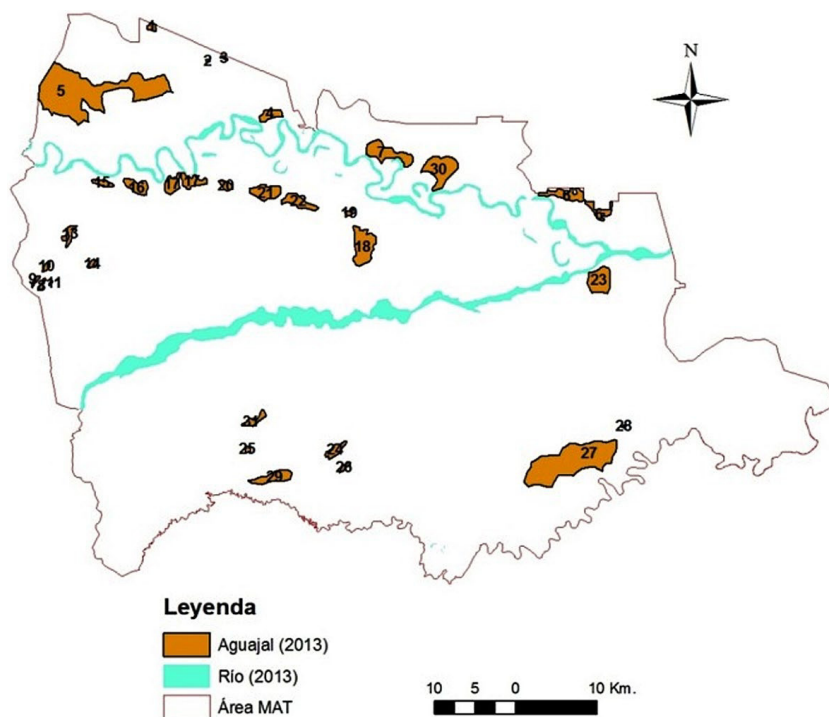


Tabla 9. Índice de conectividad del hábitat de los monos *Cebus* spp. en aguajales para el año 2013

Nodo	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dBC_IIC
1	0.4799893	0	0.0136801	0.0136801	0	0	0
2	0.0918771	0	0.0012029	0.0005012	0.0007016	0	0
3	0.128611	0	0.0016838	0.0009822	0.0007016	0	0
4	1.623602	0	0.1565258	0.1565258	0	0	0
5	31.55949	0	59.14074	59.14074	0.0000001	0	0
6	4.618602	0	1.266624	1.266624	0	0	0
7	4.927107	0	1.441487	1.441487	0	0	0
8	0.3263632	0	0.0332889	0.0063245	0.0269644	0	0
9	0.300149	0	0.0306151	0.0053493	0.0252657	0	0
10	0.375568	0.0137931	0.0713704	0.0083754	0.036444	0.0265513	0.0265511
11	0.1015484	0	0.0103579	0.0006123	0.0097456	0	0
12	0.1811244	0	0.0170028	0.001948	0.0150548	0	0
13	0.7854096	0.0091954	0.0918343	0.0366285	0.048598	0.0066081	0.0066079
14	0.4697731	0	0.013104	0.013104	0	0	0
15	0.8446195	0	0.4569164	0.0423593	0.4145571	0	0
16	2.22847	0.0091954	1.822561	0.2948767	1.22489	0.3027952	0.302795
17	5.159331	0.0137931	4.337728	1.58057	2.196432	0.5607269	0.5607267
18	6.813415	0	3.084539	2.75649	0.3280483	0	0
19	0.8108604	0	0.367089	0.0390408	0.3280482	0	0
20	1.082705	0.0137931	2.276591	0.0696061	0.7593718	1.447614	1.447613
21	3.156321	0.0091954	2.790674	0.5915468	1.566182	0.6329457	0.6329455
22	2.382347	0	1.416442	0.3370054	1.079437	0	0
23	4.424949	0	1.162635	1.162635	0	0	0
24	1.84721	0	0.2908684	0.2026093	0.0882591	0	0
25	0.510322	0	0.0154638	0.0154638	0	0	0
26	0.8046673	0	0.1267058	0.0384467	0.0882591	0	0
27	20.94474	0	26.14275	26.04813	0.0946135	0	0
28	0.0760766	0	0.0949571	0.0003437	0.0946135	0	0
29	2.94474	0	0.5148974	0.5148973	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0
IICnum: 4.62029 E7							
EC(IIC): 6797.2720000							

c. Conectividad del hábitat de pacales (*Guadua* spp.)

La conectividad en los pacales en el lapso de diez años, entre 2004 y 2013, tomando como especies indicadoras las aves de corto vuelo como los crácidos y perdices, se ha incrementado hasta en un 187%. Esto se explica fácilmente porque tal como se puede observar en las figuras y mapas, la superficie de los pacales se ha incrementado en el paisaje durante ese lapso de tiempo.

Analizando el paisaje de pacales para el último año 2013, se observa que el nodo N° 4 es el que posee el mayor valor de IIC, muy superior al nodo N° 5 que también tiene un tamaño importante. Asimismo, es interesante ver que ninguno de estos nodos tiene una función conectora y tampoco sirve como puente (BC). Es decir, solo hay valores de *intrapatch* o conectividad dentro del parche. Esto se podría deber a que la especie referencial elegida para el análisis tiene un rango de dispersión de 0,5 km, por lo que no podría desplazarse hasta los otros nodos y solo se quedarían en dichos fragmentos.

CONCLUSIONES

El paisaje en el corredor biológico Manu-Tambopata (MAT) para el período 2004 a 2013 ha pasado por un acelerado proceso de pérdida de cobertura vegetal en la que se ha triplicado la superficie de áreas deforestadas, desde un valor aproximado de 13 154,52 hasta 33 741,01 hectáreas, en su mayoría en el sector sur del río Inambari, que representa al 8% de todo área del corredor biológico.

La conectividad funcional del corredor biológico Manu-Tambopata (MAT) depende del tipo de ecosistema sobre el que se trabaje y del tipo de especie que se use como parte del análisis. En dicho sentido se ha comprobado que durante los años 2004 al 2013 en el corredor biológico MAT la conectividad se ha reducido para el caso de los bosques primarios y para los aguajales y se ha incrementado para el caso de los pacales en 9,96 %, 47,24 % y 187% respectivamente.

El gran tamaño y complejidad de lo que hemos denominado como bosque primario nos permite tener solo una aproximación a las condiciones de conectividad del hábitat. Es necesario realizar análisis con mayor detalle y usando más especies indicadoras para lograr contar con conclusiones más certeras sobre lo que está ocurriendo en estos ecosistemas.

La reducción de la superficie de la comunidad vegetal de aguajales y la disminución comprobada de la conectividad de hábitat en estos ecosistemas inundables podría deberse a un efecto del cambio climático, sin embargo se recomienda evaluar esta posibilidad a través de estudios específicos sobre los efectos de cambio climático en humedales como los aguajales.

Figura 16. Paisaje del hábitat de aves terrestres en pacales para el año 2004

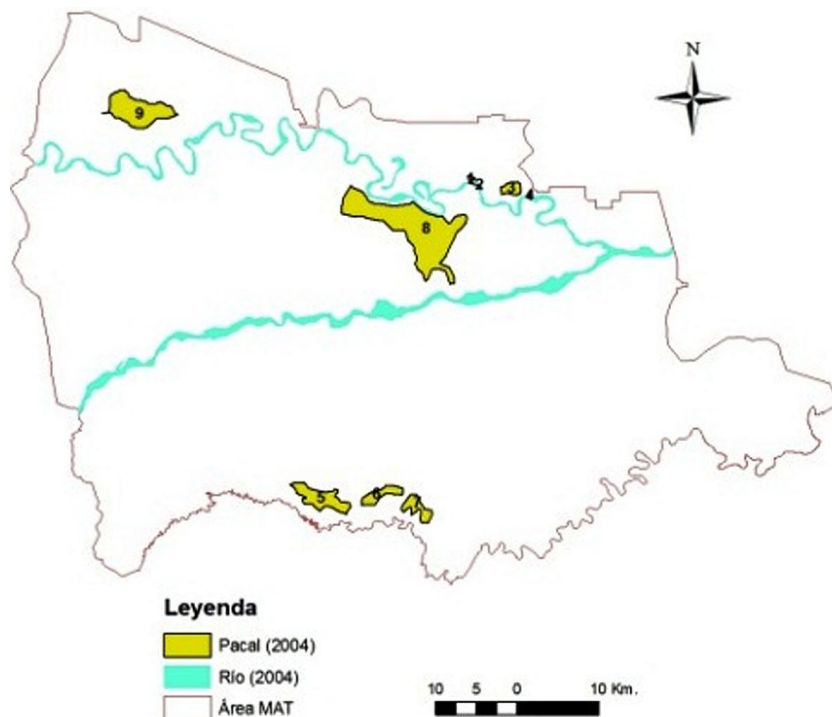


Tabla 10. Índice de conectividad del hábitat de pacales para el año 2004

Nodo	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dBC_IIC
1	0.4349809	0	0.0060693	0.005217	0.0008523	0	0
2	0.0710614	0	0.0009915	0.0001392	0.0008523	0	0
3	2.910814	0	0.2336218	0.2336218	0	0	0
4	0.1804446	0	0.0008978	0.0008978	0	0	0
5	11.1295	0	3.415351	3.415351	0	0	0
6	5.122115	0	0.7234076	0.7234076	0	0	0
7	5.169667	0	0.7369018	0.7369018	0	0	0
8	55.23992	0	84.13766	84.13765	0.0000001	0	0
9	19.74151	0	10.74596	10.74596	0	0	0
IICnum: 4.26703E7							
EC(IIC): 6532.2510000							

Figura 17. Paisaje del hábitat de aves terrestres en pacales para el año 2008

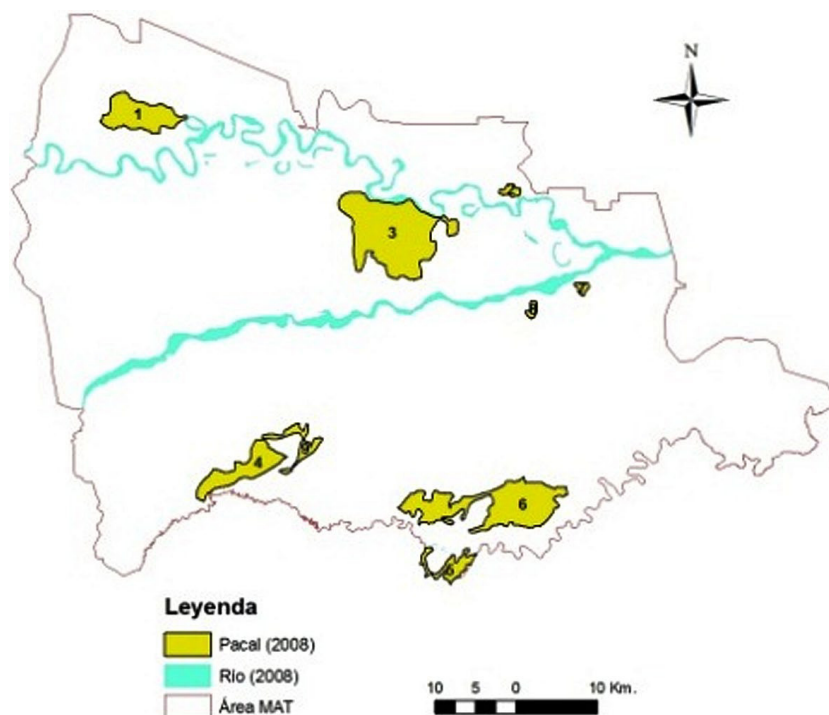


Tabla 11. Índice de conectividad del hábitat de pacales para el año 2008

Nodo	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dBC_IIC
1	12.55558	0	6.219468	6.219468	0	0	0
2	1.162171	0	0.0532868	0.0532868	0	0	0
3	37.24668	0	54.7337	54.7337	0.0000001	0	0
4	10.87793	0	6.428011	4.668441	1.75957	0	0
5	4.43291	0	0.7752782	0.7752783	0	0	0
6	28.06689	0	31.07909	31.07908	0.0000001	0	0
7	0.7433293	0	0.0217993	0.0217993	0	0	0
8	0.8145423	0	0.0261762	0.0261762	0	0	0
9	4.099972	0	2.422766	0.6631954	1.75957	0	0
IICnum: 1.394994E8							
EC(IIC): 11810.9900000							

Figura 18. Paisaje del hábitat de aves terrestres en pacales para el año 2011

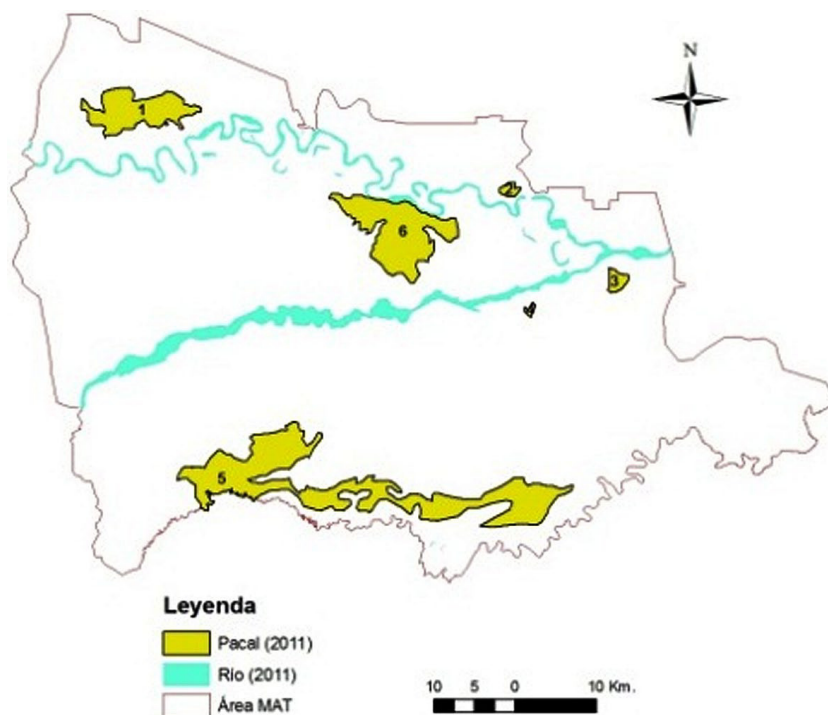


Tabla 12. Índice de conectividad del hábitat de pacales para el año 2011

Nodo	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dBC_IIC
1	15.83996	0	6.304605	6.304605	0	0	0
2	1.04162	0	0.0272626	0.0272626	0	0	0
3	1.70037	0	0.0726501	0.0726501	0	0	0
4	0.3504424	0	0.0030859	0.0030859	0	0	0
5	55.34459	0	76.96619	76.96618	0.0000001	0	0
6	25.72301	0	16.62621	16.62621	0	0	0
IICnum: 3.526183E8							
EC(IIC): 18778.1300000							

Figura 19. Paisaje del hábitat de aves terrestres en pacales para el año 2013

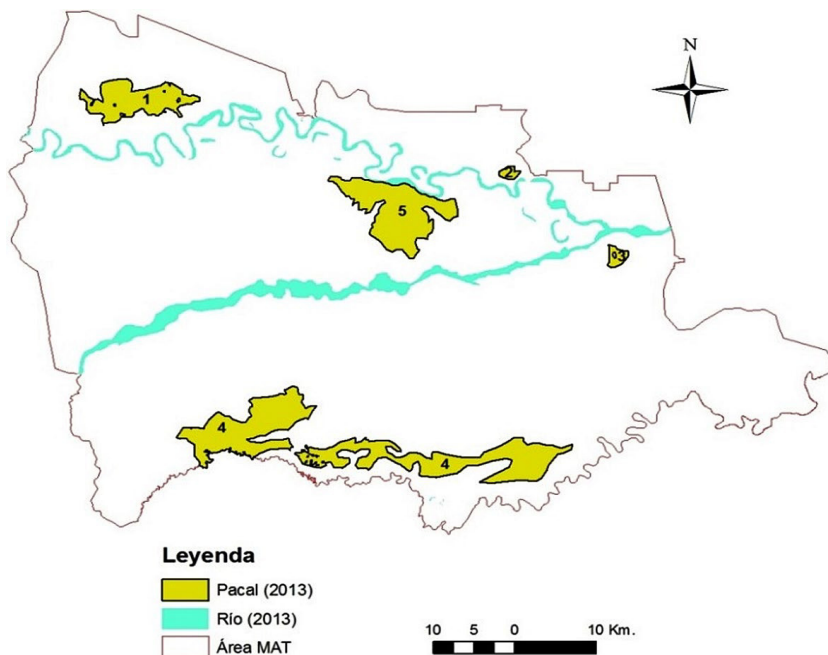


Tabla 13. Índice de conectividad del hábitat de pacales para el año 2013

Nodo	dA	BC	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dBC_IIC
1	15.89567	0	6.3048	6.3048	0	0	0
2	1.045283	0	0.0272635	0.0272635	0	0	0
3	1.706349	0	0.0726523	0.0726523	0	0	0
4	55.53922	0	76.96856	76.96856	0.0000001	0	0
5	25.81347	0	16.62672	16.62672	0	0	0
IICnum: 3.526074E8							
EC(IIC): 18777.8400000							

El incremento de la superficie de pacales e incremento de la conectividad de estos ecosistemas como hábitat para aves terrestres y de corto vuelo, también podría deberse a los efectos del cambio climático, teniendo en cuenta la naturaleza herbácea de los pacales y su reacción ante fenómenos anómalos de incremento de temperaturas, radiación solar y lluvias. Sin embargo es importante realizar análisis específicos para probar esta hipótesis, dado que los pacales son especies pioneras en la sucesión de áreas deforestadas y por tanto podría estar sucediendo un proceso diferente producto de la pérdida de bosques por acción antrópica.

La metodología y análisis de conectividad en el paisaje del MAT se ha realizado como parte de una propuesta que pretende ir más allá de la conceptualización teórica de la conectividad en el paisaje. Se espera que se realicen estudios similares que complementen o mejoren nuestra propuesta de investigación.

REFERENCIAS

- Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica - ACCA (2011). *Mapa de formaciones vegetales del corredor biológico Manu - Tambopata*. Informe Técnico.
- Aquino, R. (2005). Alimentación de mamíferos de caza en los «aguajales» de la Reserva Nacional de Pacaya-Samiria (Iquitos, Perú). *Revista Peruana de Biología* 12(3), 417-442. <https://doi.org/10.15381/rpb.v12i3.2416>
- Alarcón, G., Díaz, J., Vela, M., García, M. y Gutiérrez, J. (2016). Deforestación en el sureste de la Amazonía del Perú entre los años 1999-2013; caso regional de Madre de Dios (Puerto Maldonado - Inambari). *Revista Investigaciones Altoandinas*, 18(3), 319-330. <https://doi.org/10.18271/ria.2016.221>
- Alonso A. y Dallmeier, F. (1998). *Biodiversity Assessment and Monitoring of the Lower Urubamba Region, Perú: Cashiriari-3 Well Site and the Camisea and Urubamba Rivers*. SI/MAB Series #2. Washington DC: Smithsonian Institution and MAB Biodiversity Program.
- Bennet, A.F. (1998). *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. Gland, Suiza y Cambridge, RU: IUCN.
- Bronson, G., y M. Ashton (2003). Bamboo control of forest succession: *Guadua sarcopara* in Southeastern Perú. *Forest Ecology and Management*, 175, 445-454. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00214-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00214-1)
- Di Bitetti, M. (2001). Home-range use by the tufted capuchin monkey (*Cebus paella nigrurus*) in a subtropical rainforest of Argentina. *Journal of Zoology*, 253(1), 33-45. <https://doi.org/10.1017/S0952836901000048>
- Encarnación, F., Zarate, R. y Ahuite, M. (2008). *Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios - Temática Vegetación*. Puerto Maldonado (Perú): GOREMAD-IIAP.

- Hilty, J., Lidicker, W. y A. Merenlender (2006). Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Foreword by Andrew P. Dobson.
- Lebbin, D. (2007). Habitat specialization among amazonian birds: why are there so many guadua bamboo specialists?. Thesis Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy
- Lindenmayer, D. y Fischer, J. (2006). *Habitat fragmentation and landscape change, an ecological and conservation synthesis*. Washington, USA: Islandpress.
- Malleux, J. (1975). Mapa forestal del Perú: memoria explicativa. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- ONERN (1972). Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona de los ríos Inambari y Madre de Dios. Lima, Perú.
- Pascual-Hortal, L. y Saura, S. (2006). Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology*, 21, 959-967 <https://doi.org/10.1007/s10980-006-0013-z>
- Pascual-Hortal, L. y Saura, S. (2008). Integración de la conectividad ecológica de los bosques en los instrumentos de planificación forestal a escala comarcal y regional. *Revista Montes*, 94, 31-37.
- Rabinowitz, A. y Zeller, K. A. (2010). A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation*, 143, 949-945. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.01.002>
- Saura, S. y L, Pascual-Hortal (2007). A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning*, 83, 91-103. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.03.005>
- Saura, S. y Torné, J. (2009). Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling & Software*, 24(1), January, 135-139 <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.05.005>
- Saura, S. y Rubio, L. (2010). A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography*, 33, 523-537. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05760.x>
- Saura, S. y Torné, J. (2012). Conefor 2.6 user manual. Universidad Politécnica de Madrid. www.conefor.org.
- Servat, G. (1996). An annotated list of birds of the BIOLAT Biological Station at Pakitza, Perú (pp. 555-576). En D. Wilson y A. Sandoval, eds., *Manu, The Biodiversity of Southeastern Perú*. Lima: Editorial Horizonte for Smithsonian Institution Press.

- Terborgh, J., Fitzpatrick, W. y Emmons, L. (1984). Annotated checklist of bird and mammal species of Cocha Cashu Biological Station, Manu National Park, Perú. *Fieldiana Zoology*, 21, 1-10. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.3167>
- Terborgh J., Robinson, S. K., Parker, T. A., Munn, C. A. y Pierpont, N. (1990). Structure and organization of an Amazonian forest bird community. *Ecological Monographs*, 60, 213-238. <https://doi.org/10.2307/1943045>
- Tosi, J. (1960). *Zonas de vida natural en el Perú; memoria explicativa sobre el mapa ecológico del Perú*. Lima: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Zona Andina.
- U.S. Fish and Wildlife Service (2012). *Recovery Outlinea for the Jaguar (Panthera onca)*. Informe Técnico.
- Urban, D. y Keitt, T. (2001). Landscape Connectivity: A Graph-Theoretic Perspective. *Ecology*, 82(5), 1205-1218. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[1205:L CAGTP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[1205:L CAGTP]2.0.CO;2)
- Valdés, A. (2011). Modelos de paisaje y análisis de fragmentación: de la biogeografía de islas a la aproximación de paisaje continuo. *Ecosistemas*, 20(2-3), 11-20.
- Zhang, S. (1995). Activity and Ranging Patterns in Relation to Fruit Utilization by Brown Capuchins (*Cebus apella*) in French Guiana. *International Journal of Primatology*, 16(3). <https://doi.org/10.1007/BF02735799>