

ANÁLISIS ESPACIAL (1987-2017) Y PREDICTIVO (2050) DEL HÁBITAT
DEL MONO TOCÓN, *PLECTUROCEBUS OENANTHE* Thomas,
EN LA REGIÓN SAN MARTÍN, PERÚ

Katherine Milagros Lopez Alvarez
Pontificia Universidad Católica del Perú
klopeza@pucp.pe

Fecha de recepción: 1 de abril de 2019
Fecha de aceptación: 28 de mayo de 2019

RESUMEN

La deforestación en la Amazonía peruana es un grave problema que perjudica a las especies que habitan en ellas; especialmente a especies endémicas, pues poseen un rango de distribución limitado. En el Perú, una de las tres especies de primates endémicas —el mono tocón de San Martín— ha sido catalogada como en peligro crítico de extinción, debido a amenazas como la deforestación y el cambio climático. A partir de la premisa anterior, el presente estudio analiza la evolución del hábitat en un período comprendido entre 1987 a 2017, así como el hábitat futuro en el año 2050, en base a técnicas de análisis espacial, muestreo de puntos de presencia/ausencia y el modelamiento de la distribución de especies.

Los principales resultados arrojan una pérdida considerable de cobertura vegetal en el período comprendido entre 1987 y 2006, producto de la deforestación; pero un aumento de superficie vegetal entre 2006 y 2017, ligado al incremento de cultivos permanentes como el cacao y café en la región. Asimismo, se logró la adición de dos nuevas localidades con presencia del primate en la zona norte del área de estudio. Y, finalmente, con la modelación futura y la información de pérdida actual de bosques, se evidencia un escenario pesimista para la supervivencia del primate en un futuro bajo la influencia del cambio climático.

Palabras clave: primates, cambio climático, análisis espacial, Amazonía

Spatial analysis (1987-2017) and predictive (2050) of the habitat of the San Martín Titi monkey, *Plecturocebus oenanthe* Thomas, in the San Martín region, Perú

ABSTRACT

Deforestation in the Peruvian Amazon is a serious problem that harms the species that inhabit it, especially endemic species, since they have a limited range of distribution. Peru has three



species of endemic primates. One of them is the San Martin Titi monkey, which has been classified as an animal in critical danger of extinction due to the threats such as deforestation and climate change. Based on the previous premise, the present study focused on the evolution of habitat in a period between 1987 to 2017 and the future habitat in 2050, based on spatial analysis techniques, presence/absence sampling and the modeling of species distribution.

The main results showed a considerable loss of coverage in the period between 1987 and 2006, but an increase in plant area between 2006 and 2017. The study also indicates the addition of two new locations of primate presence in the northern area of the study. Finally, with the future distribution model and the information about the current loss of the forests, a pessimistic scenario for the survival of the primate in the future under the influence of climate change is evident.

Keywords: Primates, Climate Change, Spatial Analysis, Amazonia

INTRODUCCIÓN

La deforestación es uno de los problemas graves por los que atraviesan los bosques amazónicos. La pérdida de cobertura forestal en la Amazonía se produce a través de procesos como la tala y quema de vegetación, cambio de uso de suelo e instalación de infraestructura diversa, siendo algunos detonantes el crecimiento de la agricultura y la creación de vías de comunicación (Ministerio del Ambiente – Minam, 2016). La región San Martín es la que presenta mayores pérdidas de bosque húmedo amazónico en el país, el cual asciende a una pérdida de bosques de 278 115 ha entre los años 2000 y 2011 (Minam, 2014; Vargas, Rojas, Castillo, Espinoza, Calderón, Giudice, y Málaga, s.f.).

Los primates son una de las formas de vida más vulnerables a efectos de la deforestación y cambio climático. Por un lado, la deforestación genera tres problemas principales que son la pérdida, degradación y fragmentación de su hábitat (Wich y Marshall, 2016). Además, estos animales también presentan gran susceptibilidad a cambios en el ambiente generados por el cambio climático representados en alta mortalidad de individuos, decrecimiento en reproducción y agotamiento de comida (Kosheleff y Anderson, 2009; Dunham, Erhart y Wright, 2011; Pavé, Kowalewski, Garber, Zunino, Fernández y Paker, 2012; Gouveia, Souza-Alves, Rattis, Dobrovolski, Jerusalinsk, Beltrao-Mendes y Ferrari, 2016; Graham, Matthews y Turner, 2016). Pero son las especies endémicas las más vulnerables debido a que presentan rangos de distribución limitados, lo cual dificulta su supervivencia (Graham et al., 2016).

El mono tocón o *Plecturocebus oenanthe* (Thomas, 1924) es uno de los tres primates endémicos que el Perú posee (Pacheco, Cadenillas, Salas, Tello y Zeballos, 2009). Sus características físicas más resaltantes son un pelaje blanquecino que bordean la cara del animal y pelaje naranja en gran parte de las extremidades, pecho y vientre

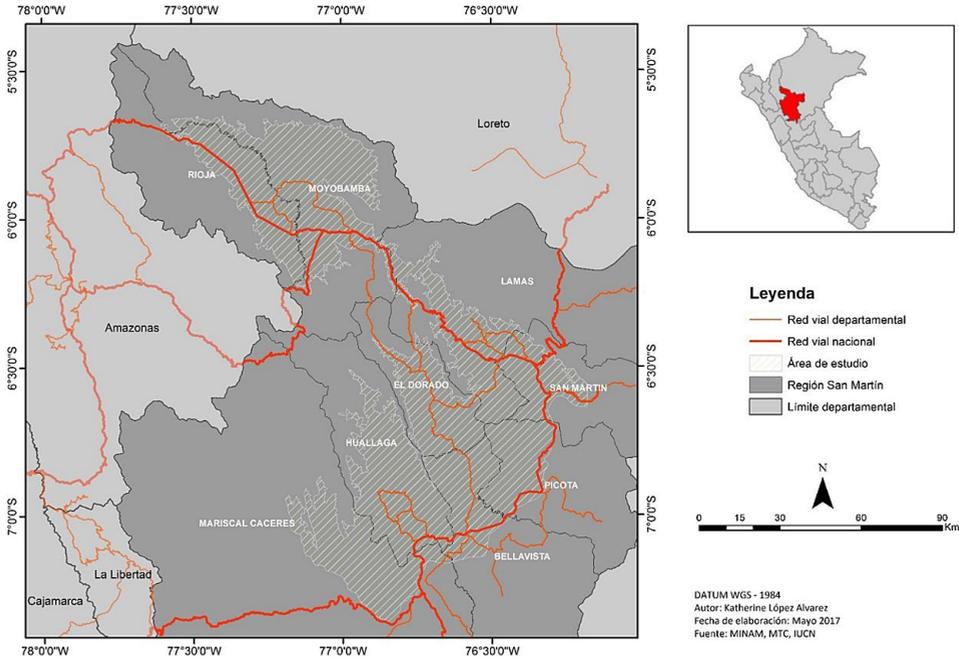
(Hershkovitz, 1990). Estudios a partir de 2003 demuestran que los bosques donde habita este animal se encuentran fragmentados producto del cambio de uso de suelos, la deforestación y la construcción de infraestructuras como carreteras (Mark, 2003; Bóveda-Penalba, Vermeer, Rodrigo y Guerra-Vásquez, 2009; Shanee, Allgas y Shanee, 2013a, 2013b). DeLuycker (2012) determinó que la dieta de la especie se concentra en una alimentación frugívora, compuesta por 54% en consumo de futas y un 22% en consumo de insectos. En un primer momento, se pensó que su distribución geográfica obedecía solo al área del valle del Alto Mayo, pero estudios posteriores demostraron que su rango geográfico abarca las áreas del Alto y Bajo Mayo, así como del Huallaga Central (Mark, 2003; Bóveda-Penalba et al., 2009). Por último, ha sido catalogada como en peligro crítico de extinción según la *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) debido a amenazas como la caza furtiva y desforestación de su hábitat (Schwitzer, Mittermeier, Rylands, Chiozza, Williamson, Wallis y Cotton, 2015). El hábitat ideal de este primate recaen en la presencia de áreas de bosques compactas que aportan a su dieta y vivienda, como árboles frutales, árboles del género *Cecropia* y áreas de bosques secundarios; los mismos que se caracterizan por poseer troncos altos y anchos (DeLuycker, 2006).

A pesar que los estudios concernientes a temas biológicos y conductuales alrededor de este primate endémico han ido incrementándose, aún existe un déficit de investigaciones ligadas a los cambios en su hábitat en intervalos de tiempo e, incluso, en los desafíos que supone su conservación en escenarios futuros. Por tal motivo, a partir de la identificación de ese vacío de información, además del carácter endémico de la especie y de encontrarse en peligro crítico de extinción, se elabora la presente investigación que tendrá como objetivo el analizar la evolución del hábitat en un período comprendido entre 1987 y 2017 y el hábitat futuro al año 2050 de la especie, usando dos modelos climáticos globales (MCG) a partir de técnicas de análisis espacial, uso de sistemas de información geográfica (SIG) y modelamiento de distribución de especies (MDE). Los resultados obtenidos ayudaran a la elaboración de estrategias de conservación y protección para el mono tocón, y otras especies que están afrontando un escenario de extinción.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la distribución propuesta por la IUCN. Su localización comprende íntegramente la región San Martín en la selva norte del Perú (Figura 1). Tiene una extensión de 9108,76 km², y abarca 59 distritos de nueve provincias de la región (Tabla 1). La altitud varía desde los 200 hasta los 1840 msnm.

Figura 1. Área de estudio



Fuente: <https://www.iucnredlist.org/es/species/3553/9938825>

METODOLOGÍA

El esquema metodológico estuvo determinada por tres fases: primera etapa de gabinete, trabajo de campo y la segunda etapa de gabinete.

En la primera etapa de gabinete se procedió con el levantamiento de información concerniente al estado actual de la especie, la recopilación de imágenes satelitales del área de estudio, la creación u obtención de cartografía base (información vectorial de temáticas poblacionales y territoriales), y la planificación de las salidas de campo para el levantamiento de información para el estudio.

El trabajo de campo estuvo compuesto por dos salidas de campo. La primera salida de campo se realizó en agosto de 2017 y abarcó las provincias de Ríoja y Moyobamba. Por otro lado, la segunda salida se realizó en enero de 2018 y se visitó las provincias de Moyobamba, Picota y Huallaga. En estas salidas se desarrollaron el muestro de *P. oenanthe* y la recolección de información cualitativa de los usos de suelo de las zonas visitadas. Además, se obtuvo datos de percepción de la población local en torno a la especie estudiada.

Finalmente, la segunda etapa de gabinete consistió en la sistematización de la información recopilada en las dos salidas de campo.

Tabla 1. Distritos del área de estudio

Distrito	Provincia	Distrito	Provincia
Pardo Miguel	Rioja	Agua Blanca	El Dorado
Awajun		Santa Rosa	
Nueva Cajamarca		San José de Sisa	
Elias Soplín Vargas		Shatoja	
San Fernando		San Martín	Mariscal Cáceres
Yuracyacu		Pajarillo	
Rioja		Juanjui	
Posic		Pachiza	
Yorongos	Huicungo		
Moyobamba	Moyobamba	Sacanche	Huallaga
Yantalo		Tingo de Saposoa	
Calzada		Piscoyacu	
Habana		El Eslabon	
Jepelacio		Saposoa	
Soritor		Alto Saposoa	
Pinto Recodo	Lamas	San Cristobal	Picota
Alonso de Alvarado		Picota	
Tabalosos		Caspisapa	
Shanao		San Hilarión	
Rumisapa		Pucacaca	
Lamas		Pilluana	
Zapatero		Buenos Aires	
Cuñumbuque		Juan Guerra	
San Roque de Cumbaza	Shapaja	San Martín	
Huallaga	Morales		
Bajo Biavo	Tarapoto		
San Rafael	Cacatachi		
Bellavista	San Antonio		
San Pablo	La Banda de Shilcayo		

Análisis espacial

Consistió en la realización de un análisis multitemporal y en la posterior clasificación supervisada con herramientas SIG. Chuvieco (1995) refiere que la clasificación supervisada es una técnica de clasificación digital, la cual consiste en la utilización de campos de entrenamiento para «entrenar» a un programa SIG en el reconocimiento de firmas espectrales de distintas clases, como vegetación, suelo desnudo, áreas urbanas, entre otras, con el objetivo que sean asignadas al resto de los píxeles de una imagen. La herramienta utilizada fue «Maximum Likelihood Classification» en Arcmap 10.5. Las áreas de entrenamiento (AdE) se obtuvieron de las salidas de campo y del análisis visual con la herramienta Google Earth Pro. Estos responden a la siguiente clasificación: i) bosques (incluyen bosques primarios, secundarios y plantaciones forestales), ii) cuerpos de agua (ríos y lagunas), iii) no bosque (incluye cultivos agrícolas y campos ganaderos), iv) superficie desnuda (compuesta por áreas sin cobertura y áreas urbanas), v) nubes y vi) sombra de nubes.

Las imágenes satelitales empleadas fueron Landsat 5 y Sentinel 2a, ambas descargadas desde el portal GloVis del *United States Geological Service* (USGS). Los criterios para la selección de imágenes fueron que correspondiesen a un período de treinta años, a partir del 1987, con un intervalo de diez años entre cada una de ellas; que tuviesen una cobertura de nubes menor al 40% y que se ubicaran entre los meses de mayo a septiembre, meses que corresponden a época seca en la Amazonía (DeLuycker, 2006). Así, las imágenes que cumplieron con los criterios anteriores corresponden a los años de 1987, 1996, 2006 y 2017 y se muestran en la Tabla 2.

Muestreo de *Plecturocebus oenanthe*

Para poder realizar el muestreo de la especie fue necesario interpretar datos de presencia/ausencia realizados en investigaciones anteriores. Bóveda-Penalba, Vermeer, Rodrigo y Guerra-Vásquez (2009) registraron datos de presencia cercanas vías de transporte de carácter nacional y departamental; por lo que fue necesario planificar muestreos en áreas alejadas de estas vías. De igual manera, resultó importante visitar algunos lugares muestreados en 2009 para asegurar que años posteriores la especie siga existiendo en dichos espacios.

La metodología usada fue la propuesta por la *Guía de fauna silvestre* del Ministerio del Ambiente – Minam (2015). Se utilizaron dos técnicas: directas e indirectas. Por un lado, las técnicas directas involucraron el avistamiento de los animales en un horario específico (6 a.m. a 10 a.m.). Por otro lado, las técnicas indirectas obedecieron a entrevistas con población local pidiendo la identificación de tres primates que habitan la zona: *Plecturocebus oenanthe*, *Saguinus fuscicollis* y *Alouatta seniculus*.

Tabla 2. Propiedades de imágenes satelitales

1987				
Fecha	Satélite	Código	Path/ Row	Nubosidad (%)
10/08/1987	Landsat 5	LT50090641987222XXX01	009/064	15
15/05/1987	Landsat 5	LT50080641987135CUB03	008/064	5
15/05/1987	Landsat 5	LT50080651987135CUB12	008/065	5
1996				
Fecha	Satélite	Código	Path/ Row	Nubosidad (%)
03/09/1996	Landsat 5	LT50090641996247AAA03	009/064	49
11/08/1996	Landsat 5	LT50080641996224XXX03	008/064	17
11/08/1996	Landsat 5	LT50080651996224XXX03	008/065	10
2006				
Fecha	Satélite	Código	Path/ Row	Nubosidad (%)
15/09/2006	Landsat 5	LT50090642006258CUB00	009/064	25
08/09/2006	Landsat 5	LT50080642006251CUB00	008/064	5
08/09/2006	Landsat 5	LT50080652006251CUB00	008/065	13
2017				
Fecha	Satélite	Código	Nubosidad (%)	
23/07/2017	Sentinel 2a	L1C_T18MTU_A010890_20170723T152915	1.4603	
23/07/2017	Sentinel 2a	L1C_T18MUU_A010890_20170723T152915	0.9167	
23/07/2017	Sentinel 2a	L1C_T18MUT_A010890_20170723T152915	3.4969	
23/07/2017	Sentinel 2a	L1C_T18MTS_A010890_20170723T152915	0.7977	
23/07/2017	Sentinel 2a	L1C_T18MTT_A010890_20170723T152915	1.5525	

Modelamiento de distribución de especies

Para la generación de modelamiento de distribución de especies (MDE) se utilizó el software Maxent a partir de variables de tipo dependiente —referentes al muestreo de la especie—, e independientes —como indicadores ambientales procedentes del portal WorldClim—. Se desarrolló tres MDE: una de distribución potencial actual, y dos de escenarios futuros bajo dos *Representative Concentration Pathways* (RCP) y dos modelos climáticos globales (MCG).

Los RCP son escenarios de concentración de gases de efecto invernadero que son usadas para la realización de modelamientos climáticos (Cuentas, 2015) de los cuales se seleccionó el 2.6 y el 8.5; siendo el 2.6 el que significa un nivel de forzamiento bajo donde la temperatura entre 2046 y 2065 estará en un intervalo de 0,4 °C a 1,6 °C, y el 8.5, un nivel de forzamiento alto con un incremento de temperatura entre 1,4 °C y 2,6 °C entre 2046 y 2065 (International Panel on Climate Change – IPCC, 2013).

Los dos modelos escogidos fueron el CCSM4 y el HadGEM2-ES. Por un lado, el CCSM4 (*Community Climate System Model versión 4*) es un modelo climático de circulación general que contempla componentes como la atmósfera, tierra, mar y hielo marino que intercambian información entre ellos (Gent, Danabasoglu, Donner, Holland, Hunke, Jayne, Lawrence, Neale, Rasch, Verteststein, Worley, Yang y Zhang, 2011). Su diseño corresponde a simulaciones realistas del clima promedio del planeta por medio de un rango amplio de resoluciones espaciales (Cuentas, 2015). Por otro lado, el HadGEM2-ES (*Hadley Global Environment Model 2 – Earth System*) fue desarrollado por el *Met Office Hadley Centre for Climate Science and Services* y representa la segunda generación de un modelo climático previo (HadGEM) que incluye la atmósfera, océano, componentes de mar y hielo, y componentes del sistema terrestre como la vegetación dinámica, biología oceánica y química atmosférica (Martin, Bellouin, Collins, Culverwell, Halloran, Hardiman, Hinton, Jones y Wiltshire 2011).

RESULTADOS

Variación espacio-temporal

A partir de la clasificación supervisada se pudo evidenciar cambios notables con el transcurso de los años estudiados.

En primer lugar, para 1987 (Figura 2) el hábitat de *P. oenanthe* estuvo caracterizado por contar con una superficie de predominancia boscosa que asciendía a un 50,35% del área total. Sin embargo, el número podría ser mayor debido a que parte del área de estudio posee un porcentaje de nubosidad y de sombras alta.

En general, se puede observar dos patrones de bosques. Por un lado, parches de bosques ubicados cerca a redes viales como la carretera Fernando Belaunde Terry; y, por otro, áreas compactas alejadas de vías de comunicación localizadas en el noreste y suroeste de la zona de distribución geográfica del mono tocón. La superficie de no bosque, que engloba áreas agrícolas y ganaderas, ocupa un 38,96% del total, que son áreas compactas cerca a redes viales y redes hídricas.

Para 1996 (Figura 3), se observa que la superficie de no bosque es la mayoritaria ocupando un 47,39% del área de estudio. La categoría de bosques, por otro lado, ocupa un 44,84% del área total, con una clara reducción en aquellas áreas adyacentes

de la carretera Fernando Belaunde Terry. De igual modo, también se puede apreciar cambios en la categoría de superficie desnuda, pues empieza a ocupar zonas donde antes se encontraba bosques.

Para el año 2006 (Figura 4) se mantiene el patrón de 1996, donde la clasificación de no bosque ocupa una mayor superficie que la de bosques con un 53,74% y 39,90% respectivamente. La cobertura boscosa no solo empieza a reducir en superficie, sino que empieza a concentrarse en parches rodeados por áreas agrícolas cerca de ríos principales. La superficie desnuda crece un 1,48% con respecto a 1996 y asciende a un 4,11% de la superficie total, condicionado por el aumento de áreas agrícolas (cultivo de arroz, café y cacao) y por el crecimiento de ciudades importantes como Rioja, Moyobamba y Tarapoto.

Finalmente, el año 2017 (Figura 5) evidencia cambios notables. Primero, la clasificación con mayor superficie es la de bosques con un 48,76%, seguido por el no bosque con 42,06%. Si bien la cobertura boscosa ha aumentado, es importante señalar que esta obedece a una morfología distinta, pues grandes áreas compactas de bosques han disminuido (especialmente al norte del área de estudio) y se ha creado una mayor cantidad de parches de bosques a lo largo de toda el área de distribución del primate.

Figura 2. Análisis de cobertura 1987

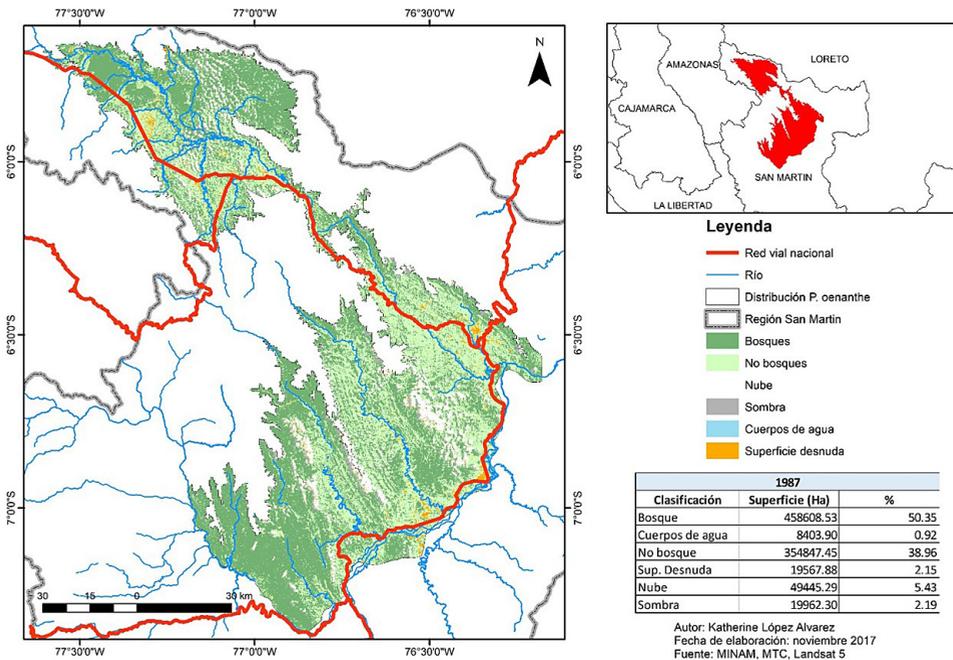


Figura 3. Análisis de cobertura 1996

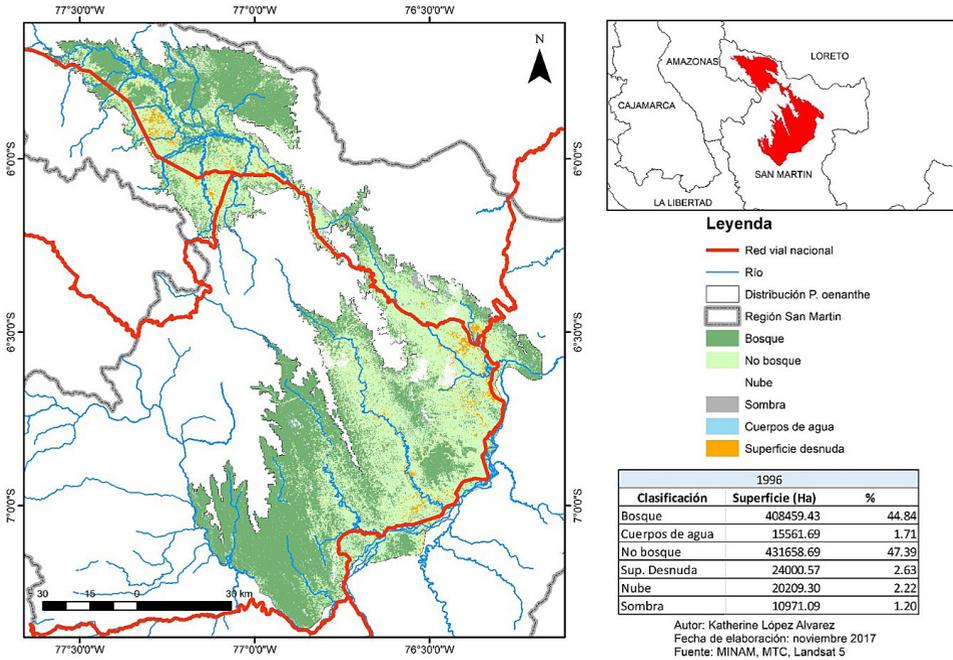


Figura 4. Análisis de cobertura 2006

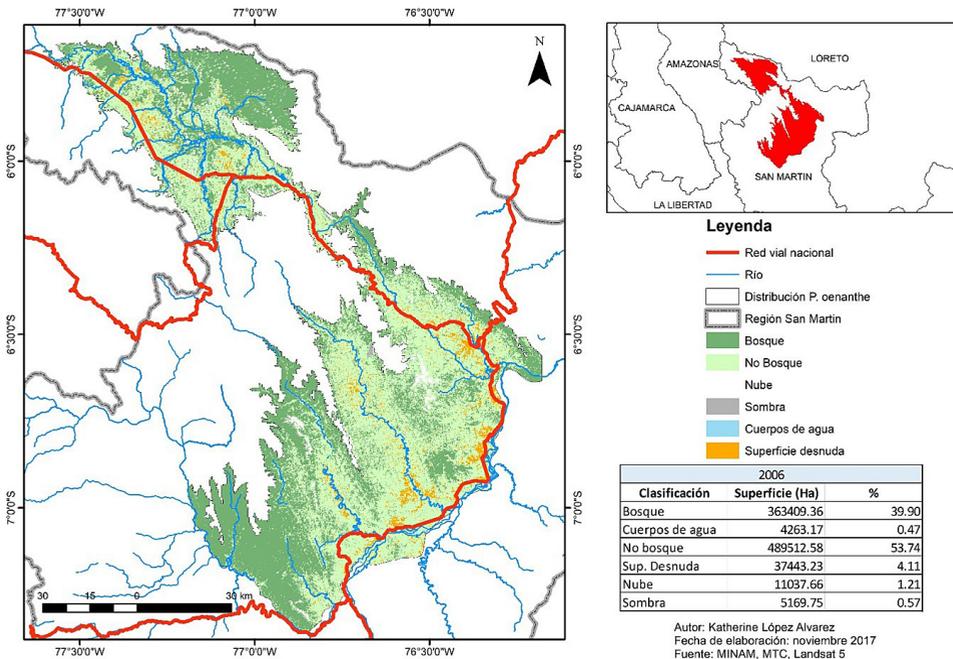
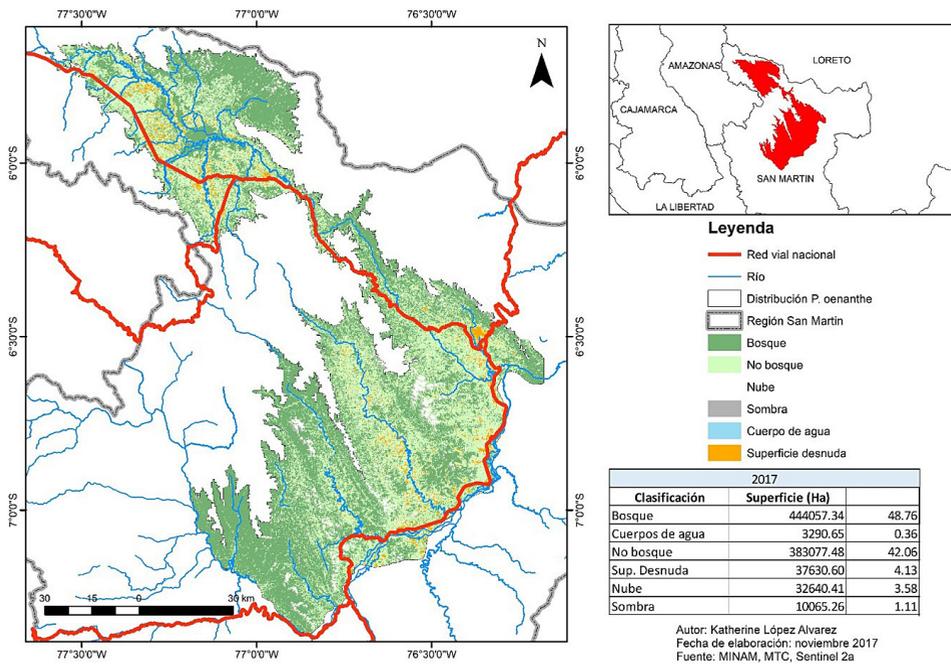


Figura 5. Análisis de cobertura 2017



Muestreo de *Plecturocebus oenanthe*

A través del empleo de técnicas de entrevista, vocalización y observación en diez localidades, visitadas en las dos salidas de campo, se logró establecer la presencia del primate en cada una de ellas. Así, solo se pudo visualizar directamente un grupo de tres individuos en las inmediaciones del centro poblado El Triunfo en la provincia de Rioja. El detalle de las demás localidades y métodos de muestreo se visualizan en las Tablas 3 y 4, y en la Figura 6.

En total se entrevistaron 56 personas: 34 en la primera salida de campo y 22 durante la segunda, en donde la mayoría de personas tenían como ocupación principal la agricultura. Para poder entender la relación de la población con el primate, se elaboró dos preguntas específicas sobre su endemismo y la importancia de su conservación (Tabla 5). La gran parte de la población entrevistada no sabía que la especie es endémica; sin embargo está de acuerdo con conservarla por su valor ecológico, biológico y turístico. Las personas que refirieron no estar de acuerdo en su conservación argumentaron que este animal puede resultar perjudicioso para los cultivos agrícolas que se desarrollan en la zona.

Tabla 3. Localidades muestreadas en primera salida de campo

Localidad	Especie	Método de muestreo			Altitud (msnm)	Coordenadas	
		Entrevista (número de entrevistados)	Vocalización	Observación		X	Y
El Tambo	<i>Plecturocebus oenanthe</i>	x (5)	0	0	829	77°12'49.45"O	5°59'22.36"S
Naciente del Río Negro	<i>Plecturocebus oenanthe</i>	x (7)	0	0	821	77°15'22.99"O	6°3'37.01"S
La Libertad	<i>Plecturocebus oenanthe</i>	x (5)	0	0	844	77°13'20.06"O	6°2'35.80"S
El Triunfo	<i>Plecturocebus oenanthe</i>	x (6)	x	3(1)	835	77°12'36.22"O	6°4'59.53"S
Calzada	<i>Plecturocebus oenanthe</i>	x (5)	0	0	853	77°3'55.39"O	6°1'53.35"S
Yantaló	<i>Plecturocebus oenanthe</i>	x (6)	0	0	836	77°1'8.98"O	5°58'26.64"S

Tabla 4. Localidades muestreadas en segunda salida de campo

Localidad	Especie	Método de muestreo			Altitud (msnm)	Coordenadas	
		Entrevista (número de entrevistados)	Vocalización	Observación		X	Y
Saposa	<i>Plecturocebus oenanthe</i>	x (5)	0	0	352	76°47'46"O	6°55'45S
Lahuarpia	<i>Plecturocebus oenanthe</i>	x(5)	0	0	1127	76°49'52"O	6°13'34S
Picota	<i>Plecturocebus oenanthe</i>	x(7)	0	0	340	76°20'39"O	6°54'29S
Tingo Saposa	<i>Plecturocebus oenanthe</i>	x(5)	0	0	347	76°40'45"O	7°06'09S

Figura 6. Puntos de muestreo

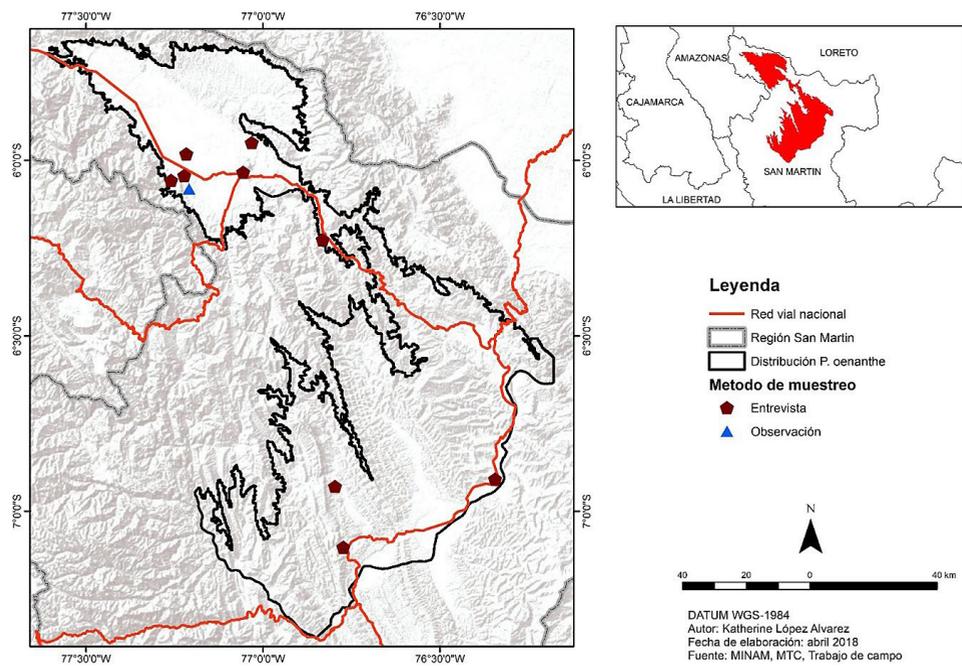


Tabla 5. Preguntas sobre percepción en torno al primate

	Sí	No	Total
¿Sabe si la especie es endémica?*	9	47	56
¿Cree que es importante su conservación?	47	9	56

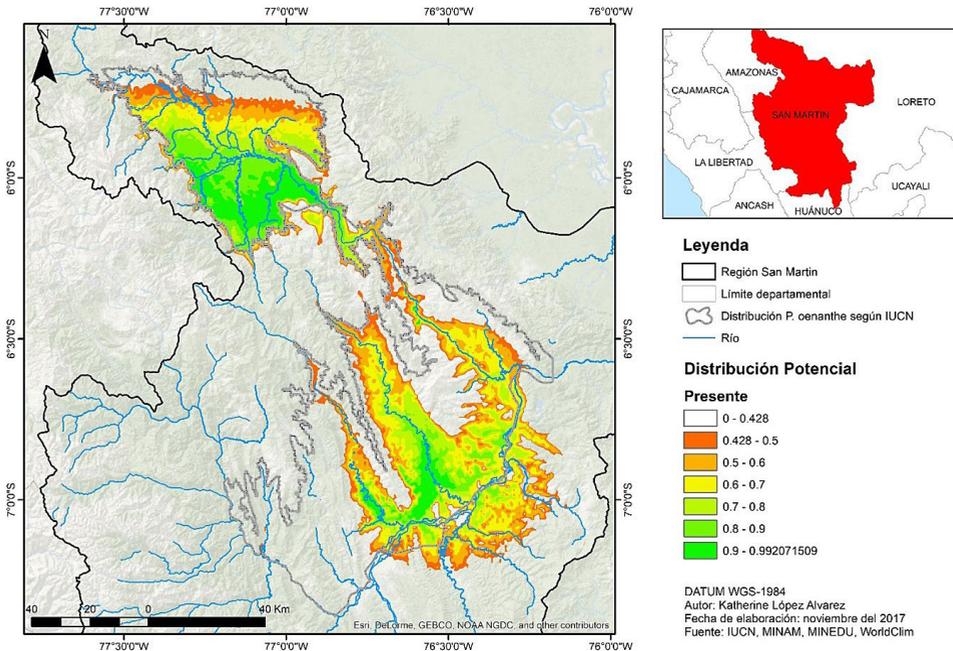
* Al momento de mencionar la pregunta se explicó lo que significa el término endémico.

Modelamiento de distribución de especies

a) Distribución potencial actual

La Figura 7, resultante del *software* Maxent, muestra las áreas actuales propicias de albergar a la especie de acuerdo a las variables procedentes de WordClim.

Figura 7. Distribución potencial actual

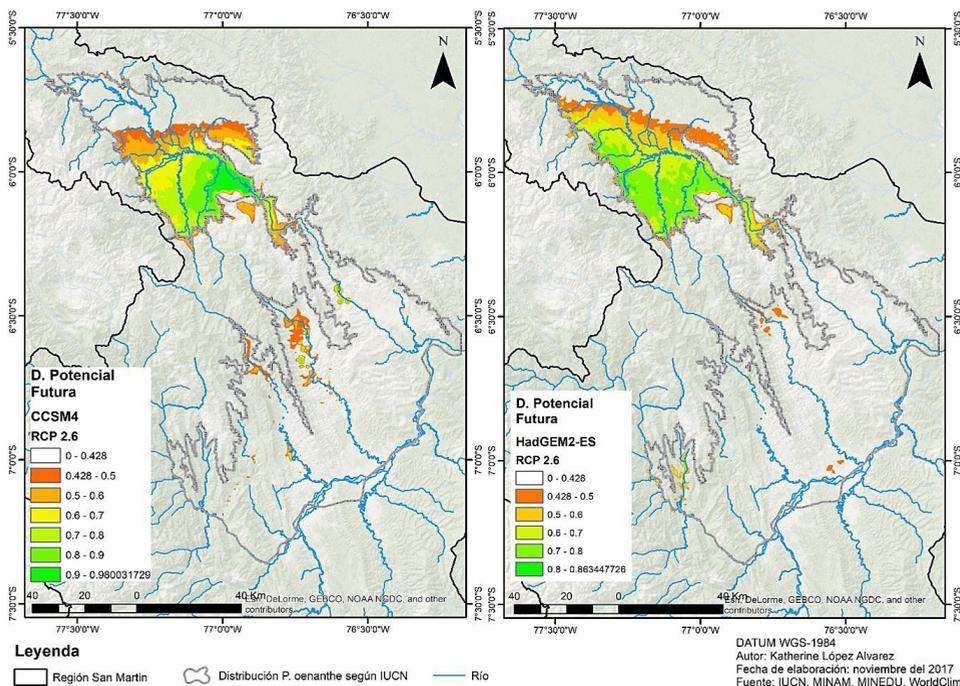


Las áreas potenciales están concentradas en la demarcación de la región San Martín. No obstante, el área total potencial es menor a la propuesta por la UICN. Las áreas idóneas se ubican en la zona norte y sur del área de estudio. Finalmente, a nivel cuantitativo, el área de distribución potencial asciende a 6700,95 km² pero la superficie que representa una mayor idoneidad (umbral mayor a 0,7), es de 2775,02 km².

b) Distribución potencial futura

1. RCP 2.6

Figura 8. CCSM4 y HadGEM2-ES (RCP 2.6)

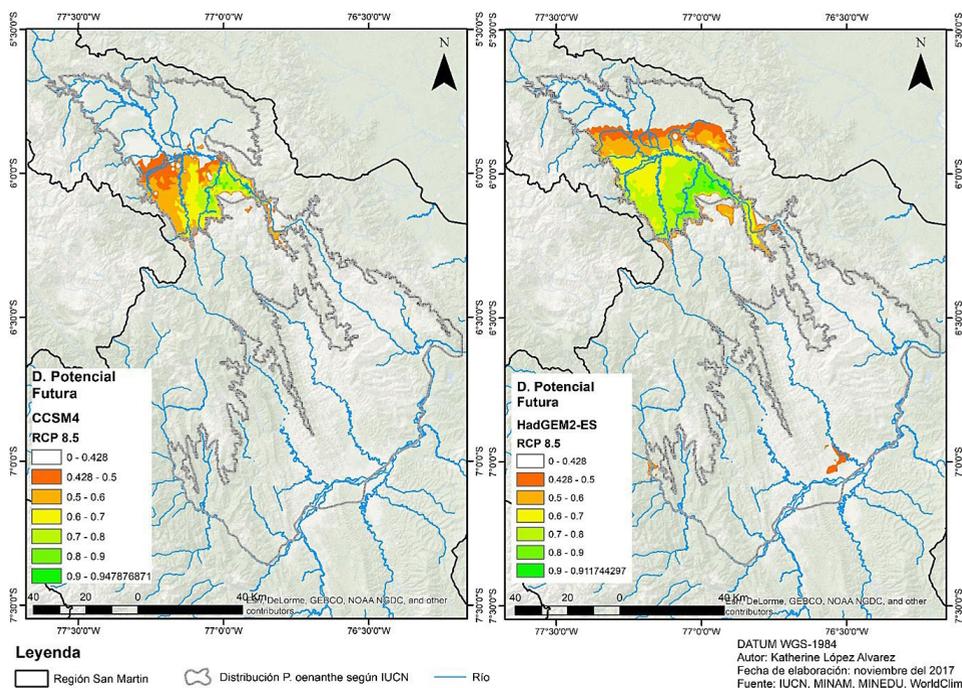


El RCP 2.6 (Figura 8) es el escenario que no presenta variaciones tan marcadas con respecto a la actualidad; representando un escenario optimista para el futuro ante la influencia del cambio climático. En primer lugar, el modelo CCSM4 muestra una clara disminución del área con respecto a la distribución potencial actual y la propuesta por el IUCN. La zona norte es la que mantiene un área más compacta en cuanto a los valores de idoneidad, mientras que la zona sur alberga parches de distintos umbrales, siendo el umbral mayoritario el del intervalo 0,428 - 0,5.

En segundo lugar, el modelo HadGEM2-ES (Figura 8) también muestra una disminución con respecto a la distribución actual, pero presenta áreas con una superficie mayor que el modelo anterior. La zona norte posee una superficie mayor con respecto al modelo CCSM4 y alberga todos los umbrales idóneos para la presencia de *P. oenanthe*.

2. RCP 8.5

Figura 9. CCSM4 y HadGEM2-ES (RCP 8.5)



El RCP 8.5 obedece a un escenario pesimista para el futuro en el hábitat del mono tocón. Por un lado, el modelo CCSM4 (Figura 9) muestra una reducción parcial en la zona norte del área de distribución geográfica y una reducción total en la zona sur de la misma. Por otro lado, el modelo HadGEM2-ES (Figura 9) muestra una reducción con respecto al RCP 2.6 pero se diferencia del CCSM4 al conservar algunos parches en la zona sur. Así, las zonas potenciales de albergar la especie se encuentran solo en la zona norte. A nivel cuantitativo, la superficie mayoritaria de áreas potenciales corresponde al modelo HAdGEM2-ES (Tabla 6).

Tabla 6. Superficie de distribución potencial futura

RCP	CCSM4	HadGEM2-ES
2.6	1901,61 km ²	2069,68 km ²
8.5	910,06 km ²	1737,25 km ²

DISCUSIÓN

a) Escenario actual

La evolución del hábitat del mono tocón ha involucrado cambios notables desde el año base de estudio, el cual evidencia la grave problemática que atraviesa la región San Martín.

La deforestación en esta región es una de las más altas del país. Las principales razones de la deforestación en la Amazonía están enmarcadas en el avance de la actividad agropecuaria, el crecimiento poblacional, y la creación de infraestructura variada como carreteras (Geist y Lambin, 2002; Serfor, 2015).

La actividad agropecuaria puede ser subdividida en agricultura permanente, agricultura migratoria y la ganadería. La agricultura permanente es definida como aquellas parcelas que son cultivadas año tras año donde puede existir períodos de descanso y puede ser subdividida en cultivos permanentes o transitorios (Geilfus, 1994). La presencia de cultivos transitorios en el ámbito geográfico del mono tocón puede ser corroborada con los resultados obtenidos por parte de la clasificación de no bosque que obedecen a áreas de cultivos agrícolas en las cuales destacan el arroz, donde su cultivo en la región ocupa uno de los mayores porcentajes (22%) de la producción nacional (Minagri, 2017). Los cultivos de carácter transitorio tienen patrones de ubicación definidos, pues tienden a concentrarse cerca de redes viales y de ríos importantes como Tónchima, Mayo, Huallaga, Sisa y Saposa pues el agua es una fuente importante para el riego de los cultivos. Además, se evidenció, en base a la salida de campo, que la presencia de humanos y ruidos provenientes de vehículos no significan perturbación alguna para la especie, lo cual demuestra adaptación por parte de ellos.

Los cultivos permanentes fueron clasificados dentro de la categoría de bosques junto con bosques primarios y secundarios que se encuentran en el área. La decisión para fusionar la clasificación de cultivos permanentes y bosques se fundamenta en los resultados obtenidos por parte de la clasificación supervisada realizada, pues la herramienta no logró discernir entre ambas categorías de áreas debido a la resolución de las imágenes satelitales utilizadas. El incremento en la superficie boscosa en el período comprendido entre 2006 y 2017 puede estar influenciado por el aumento de tales cultivos en la región. Dentro de los cultivos permanentes presentes en la región San Martín se encuentran el cacao, café y sacha inchi, los mismos que brindan gran rentabilidad económica a la población (Andina, 2016).

Si bien la agricultura permanente es la que puede ser más identificada en la zona de estudio mediante la metodología aplicada, es necesario entender que la agricultura migratoria y la ganadería son igual de perjudiciales para la deforestación y degradación en el hábitat de *P. oenanthe*.

Otro de los principales patrones de focos de deforestación son observados a lo largo de las redes viales presentes en la región, donde la carretera Fernando Belaunde Terry

ejerce una fuerte presión para la destrucción de cobertura forestal. La construcción de esta carretera se llevó a cabo a partir de 1970 y su importancia recae en que permitió la conexión con mercados urbanos de la costa y el acceso humano a la Amazonía; el cual representaría en los años siguientes un gran daño para la biodiversidad presente en la región (Echevarría, 1991; Ozambela, 2006). A pesar de que la mayor parte de la deforestación se concentra en la carretera antes mencionada, es importante mencionar el gran número de vías de carácter regional y vecinal existentes. Además, se debe tener en cuenta los otros impactos que se generan durante y después de la construcción de carreteras, como la polución química y ruidos, que pueden afectar a distintas especies animales (Caro et al., 2014).

b) Escenario futuro

Al superponerse el resultado obtenido de la modelación potencial futura en Maxent con la información de bosques actuales generados mediante la clasificación supervisada, se observa la creación de parches que ponen en peligro la supervivencia de la especie (Figuras 10, 11, 12 y 13).

Así, para ambos RCP del modelo HadGEM2 (Figuras 10 y 11) se observa la fragmentación de las áreas continuas en la zona norte. De la misma manera, para el modelo CCSM4 (Figuras 12 y 13) se tiene la misma tendencia de creación de parches que influyen de manera negativa en la habitabilidad de tales áreas para *Plecturocebus oenanthe*. A nivel cuantitativo, el área de pérdida de bosques, para cada modelo, en el hábitat del mono tocón se muestran en las Tablas 7 y 8.

Así, a partir del escenario pesimista que engloba la supervivencia del mono tocón, se proponen estrategias para la conservación de su hábitat, como la creación de corredores ecológicos o la difusión de campañas en educación ambiental. A través de las entrevistas se evidenció la predisposición de la población para la conservación de la especie, por lo que la generación de campañas para su cuidado resultaría beneficiosa para ambas partes.

CONCLUSIONES

La presente investigación pretende llenar el vacío de información existente en torno a la evolución del hábitat del primate y los escenarios que podría enfrentar bajo influencia del cambio climático.

En base a la clasificación supervisada y al análisis multitemporal realizada se evidencia cambios en la cobertura forestal y en los usos de suelo presentes en la región San Martín como consecuencia de la deforestación, la cual es motivada por actividades ligadas a la agricultura, ganadería y la creación de infraestructura vial (redes viales departamentales y vecinales).

Figura 10. Distribución potencial futura con parches de bosques mantenidos 1987-2017 (HadGEM2-ES RCP 2.6)

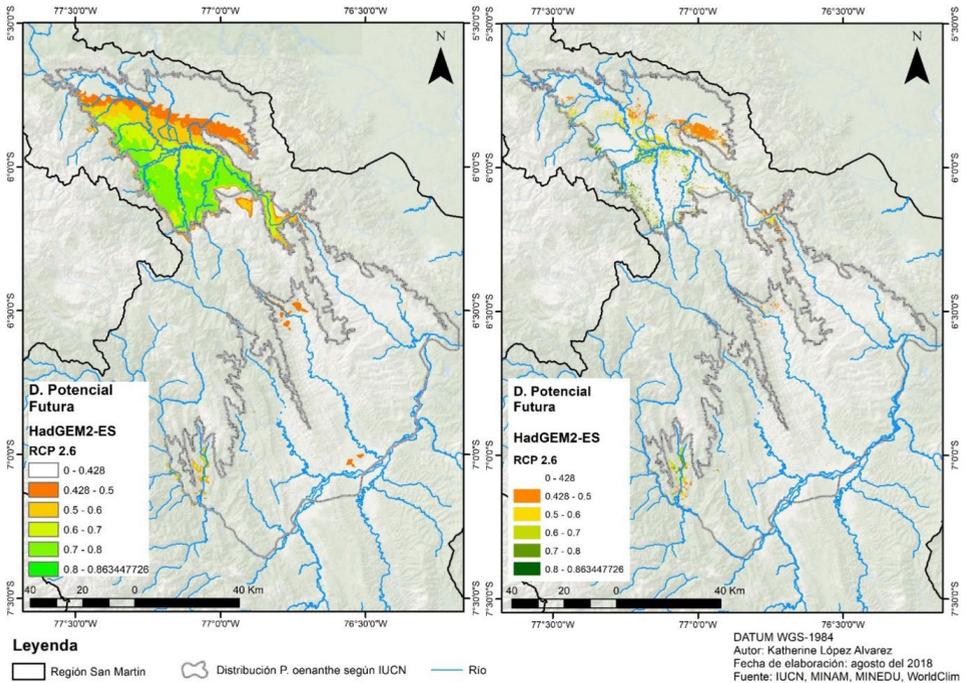


Figura 11. Distribución potencial futura con parches de bosques mantenidos 1987-2017 (HadGEM2-ES RCP 8.5)

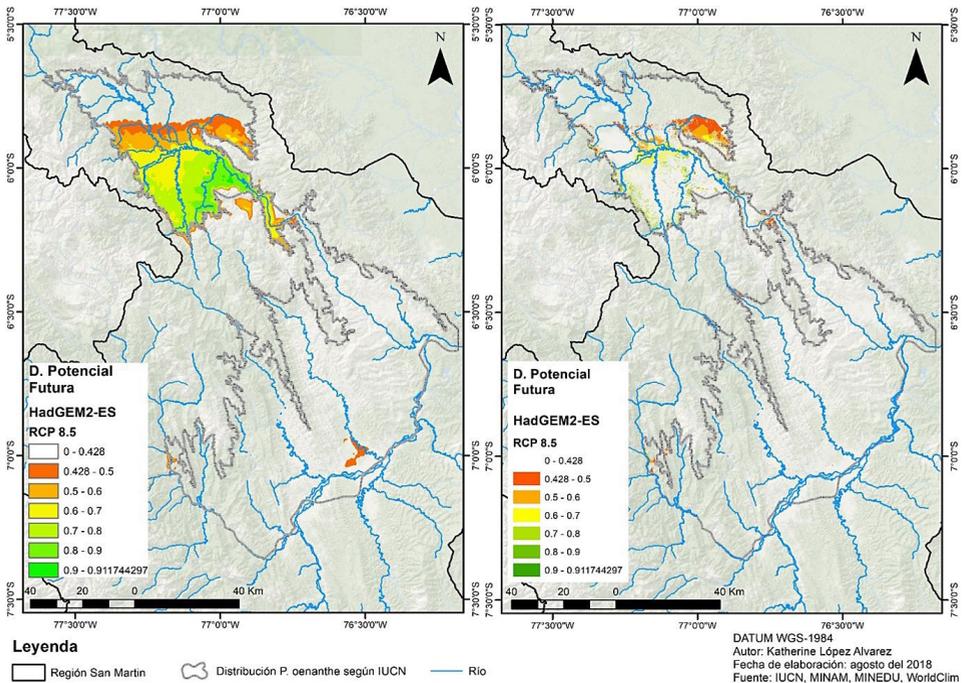


Figura 12. Distribución potencial futura con parches de bosques mantenidos 1987-2017 (CCSM4 RCP 2.6)

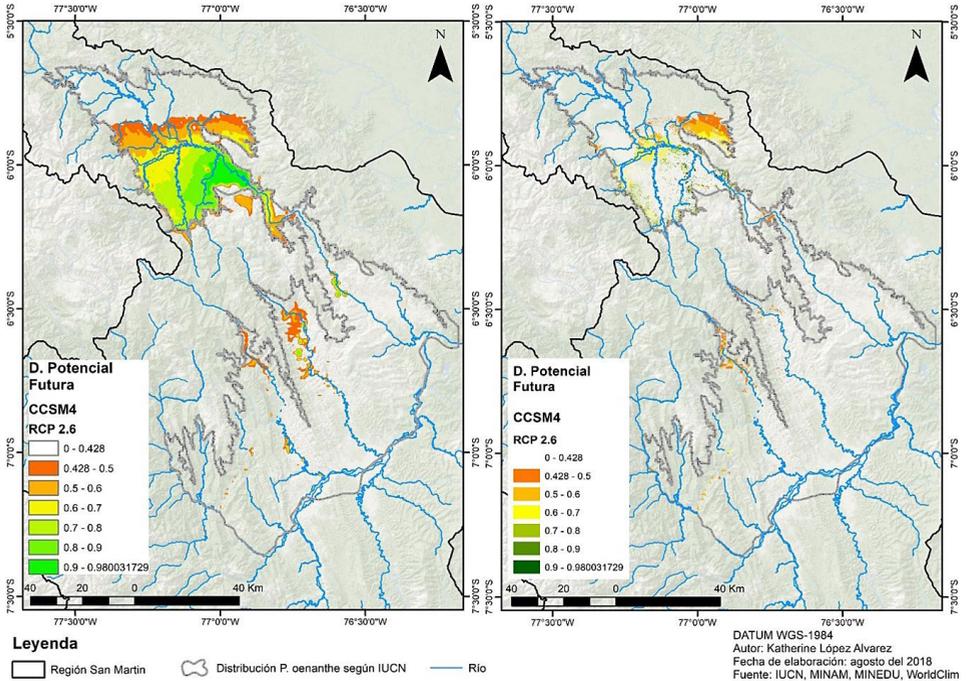


Figura 13. Distribución potencial futura con parches de bosques mantenidos 1987-2017 (CCSM4 RCP 8.5)

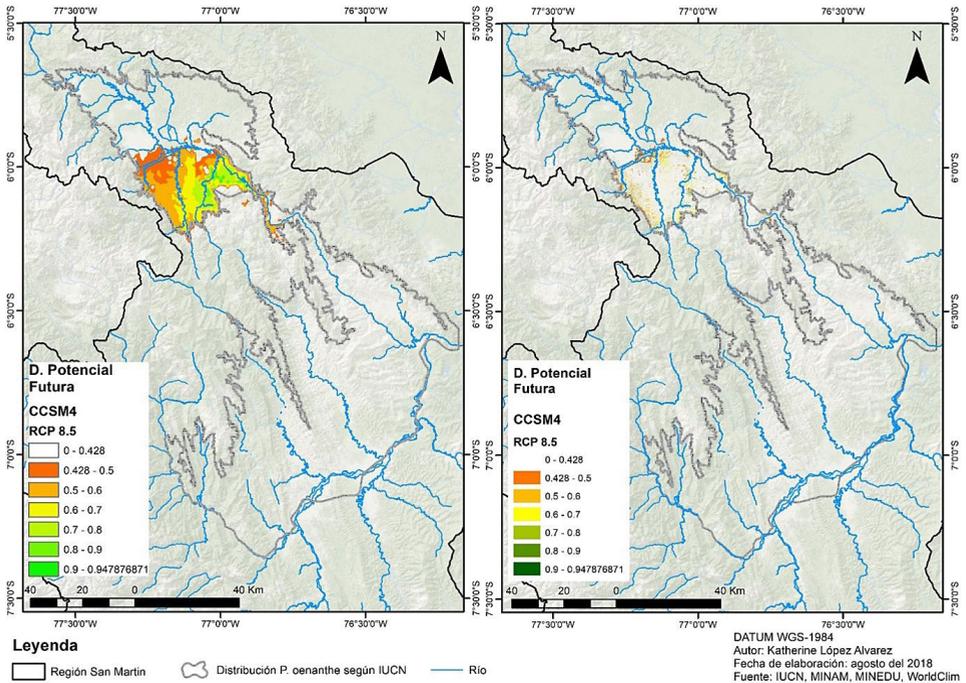


Tabla 7. Áreas de distribución potencial futura (HadGEM2)

UMBRAL	HadGEM2 RCP 2.6		HadGEM2 RCP 8.5	
	SIN CONSIDERAR PÉRDIDA DE BOSQUES 1987-2017 (km ²)	CONSIDERANDO PÉRDIDA DE BOSQUES 1987-2017 (km ²)	SIN CONSIDERAR PÉRDIDA DE BOSQUES 1987-2017 (km ²)	CONSIDERANDO PÉRDIDA DE BOSQUES 1987-2017 (km ²)
0.428 - 0.5	413.366578	133.002236	335.58873	99.707332
0.5 - 0.6	432.03033	90.488266	350.616481	87.211459
0.6 - 0.7	518.554758	86.939771	418.695252	70.177658
0.7 - 0.8	679.19502	61.773906	423.707048	43.615864
0.8 - 0.9	26.529711	3.82911	201.65995	17.885909
> 0-9	-	-	6.980509	0.074886
TOTAL	2069.676397	376.033289	1737.24797	318.673108

Tabla 8. Áreas de distribución potencial futura (CCSM4)

UMBRAL	CCSM4 RCP 2.6		CCSM4 RCP 8.5	
	SIN CONSIDERAR PÉRDIDA DE BOSQUES 1987-2017 (km ²)	CONSIDERANDO PÉRDIDA DE BOSQUES 1987-2017 (km ²)	SIN CONSIDERAR PÉRDIDA DE BOSQUES 1987-2017 (km ²)	CONSIDERANDO PÉRDIDA DE BOSQUES 1987-2017 (km ²)
0.428 - 0.5	389.596016	109.191673	226.523579	34.43642
0.5 - 0.6	442.145232	101.506812	323.258599	40.992098
0.6 - 0.7	380.595977	81.336137	224.962201	15.874543
0.7 - 0.8	343.898267	37.546001	94.894108	5.414622
0.8 - 0.9	211.514084	15.825066	30.789151	3.755965
> 0.9	133.864079	10.893143	9.632137	0.546426
TOTAL	1901.613655	356.298832	910.059775	101.020074

Con la metodología propuesta por el Minam se pudo actualizar la presencia de la especie en ocho localidades abordadas por autores anteriores; además, se pudo agregar dos nuevas localidades que no fueron consignadas en estudios previos: El Tambo y El Triunfo.

En el Tambo se realizaron entrevistas de identificación con los pobladores, mientras que en El Triunfo se logró divisar un grupo de tres individuos. Con las entrevistas se pudo rescatar que la percepción de las personas para el cuidado de la especie recae en factores económicos (incremento del turismo) y ecológicos (salvarlos de la extinción).

La distribución potencial actual obtenida por Maxent es menor a la consignada por la UICN, lo que significa que se debe tomar en cuenta otras variables para el modelamiento o, en todo caso, abarcar áreas de muestreo que contemplen tales zonas. La distribución potencial futura en los modelos CCSM4 y HadGEM2-ES para el RCP 2.6 muestra la disminución del área de distribución potencial de 2775,02 km² a 1983,96 km² y 2166,68 km², respectivamente.

Por otro lado, para el RCP 8.5 se obtuvo una disminución a 929,28 km² para el modelo CCSM4 y de 1824,54 km² para HadGEM2-ES. Así, el RCP 8.5 representa un escenario perjudicial para la especie. Sin embargo, considerando la pérdida de bosques en los treinta años que involucra el estudio, el área de distribución disminuye considerablemente. Para el MCG HadGEM2-ES se tiene áreas de distribución de 376 km² en el RCP 2.6 y 318,7 km² en el RCP 8,5; y para CCSM4, 356,3 km² en el RCP 2.6 y 101,02 en el RCP 8.5. Por tal motivo, es claro el grave escenario que enfrentaría la especie como consecuencia del cambio climático.

La metodología empleada puede ser replicada en otras especies vulnerables del país y así elaborar propuestas para conservarlas y protegerlas.

REFERENCIAS

- Andina (22 de agosto de 2016). *San Martín declara de importancia regional a siete productos de la zona*. Andina. Disponible en <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-san-martin-declara-importancia-regional-a-siete-productos-de-zona-627477.aspx>
- Bóveda-Penalba, A. J., Vermeer, J., Rodrigo, F. y Guerra-Vásquez, F. (2009). Preliminary Report on the Distribution of *Callicebus oenanthe* on the Eastern Feet of the Andes. *International Journal of Primatology*, (30), 467-480. <https://doi.org/10.1007/s10764-009-9353-2>
- Caro, T., Dobson, A., Marshall, A. y Peres, C. (2014). Compromise solutions between conservation and road building in the tropics. *Current Biology*, 24(16), 722-726. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.07.007>
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: RIALP.
- Cuentas, A. (2015). *Revalorizando el bosque seco de Algarrobo. Estudio y análisis de la biodiversidad, distribución y conservación de los bosques secos en Lambayeque*. Tesis de licenciatura en Humanidades con mención en Geografía y Medio Ambiente. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Letras y Ciencias Humanas.
- DeLuycker, A. M. (2006). Preliminary report and conservation status of the Rio Mayo titi monkey, *Callicebus oenanthe* Thomas, 1924, in the Alto Mayo Valley, Northeastern Peru. *Primate Conservation*, 21, 33-39. <https://doi.org/10.1896/0898-6207.21.1.33>
- DeLuycker, A. M. (2012). Insect Prey Foraging Strategies in *Callicebus oenanthe* in the Northern Peru. *American Journal of Primatology*, 74(5), 450-461. <https://doi.org/10.1002/ajp.22002>

- DeLuycker, A. M. (2014). Observations of a daytime birthing event in wild titi monkeys (*Callicebus oenanthe*): implications of the male parental role. *Primates*, 55(1), 59-67. <https://doi.org/10.1007/s10329-013-0368-0>
- Dunham, A., Erhart, E. y Wright, P. (2011). Global climate cycles and cyclones: consequences for rainfall patterns and lémur reproduction in southeastern Madagascar. *Global Change Biology*, 17, 219-227. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02205.x>
- Echevarria, F. (1991). Cuantificación de la deforestación en el valle del Huallaga, Perú. *Revista Geográfica*, 114, 37-53.
- Geilfus, F. (1994). *El árbol al servicio del agricultor: principios y técnicas*. Turrialba.
- Geist, H. y Lambin, E. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52(2), 143-150. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2)
- Gent, P., Danabasoglu, G., Donner, L., Holland, M., Hunke, E., Jayne, S., Lawrence, D., Neale, R., Rasch, P., Verteststein, M., Worley, P., Yang, Z. y Zhang, M. (2011). The Community Climate System Model Version 4. *Community Climate System Model*, 24, 4973-4991. <https://doi.org/10.1175/2011JCLI4083.1>
- Gouveia, S., Souza-Alves, J., Rattis, L., Dobrovolski, R., Jerusalinsky, L., Beltrao-Mendes, R. y Ferrari, S. (2016). Climate and land use changes will degrade the configuration of the landscape for titi monkeys in Eastern Brazil. *Global Change Biology*, 22, 2003-2012. <https://doi.org/10.1111/gcb.13162>
- Graham, T., Matthews, D. y Turner, S. (2016). A Global-Scale Evaluation of Primate Exposure and Vulnerability to Climate Change. *International Journal of Primatology*, 37, 158-174. <https://doi.org/10.1007/s10764-016-9890-4>
- Hershkovitz, P. (1990). Titis, New World monkeys of the genus *Callicebus* (Cebidae, Platyrrhini): A preliminary taxonomic review. *Fieldiana Zoology*, 55, 1-109. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.2843>
- IPCC (2013). *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: IPCC. Disponible en https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf
- Kosheleff, V. y Anderson, C. (2009). Temperature's Influence on the Activity Budget Terrestriality and Sun Exposure of Chumanzees in the Budongo Forest, Uganda. *American Journal of Physucal Anthropology*, 139, 172-181. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20970>
- Mark, M. (2003). Some observations on *Callicebus oenanthe* in the Upper Rio Mayo Valley, Perú. *Neotropical Primates*, 11(3), 183-187.
- Martin, G., Bellouin, N., Collins, W., Culverwell, D., Halloran, P., Hardiman, S., Hinton, T., Jones, C. y Wiltshire, A. (2011). The HadGem2 family of Met Office Unified Model climate configurations. *Geoscientific Model Development*, 4, 723-757. <https://doi.org/10.5194/gmd-4-723-2011>

- Ministerio del Ambiente - Minam (2014). *Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021. Plan de Acción 2014-2018*. Lima: Minam.
- Ministerio del Ambiente - Minam (2015). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Lima: Minam.
- Ministerio del Ambiente - Minam (2016). La conservación de bosques en el Perú (2011-2016). Conservando los bosques en un contexto de cambio climático como aporte al crecimiento verde. Lima: Minam.
- Ministerio de Agricultura - Minagri (2017). *Informe del arroz*. Lima: Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria.
- Ozambela, M. (2006). *Monitoreo de la deforestación en las provincias de San Martín, Picota y Bellavista en el departamento de San Martín-Perú*. Tesis de licenciatura para obtener el título profesional de ingeniero agrónomo. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- 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(1), 5-32. <https://doi.org/10.15381/rpb.v16i1.111>
- Pavé, R., Kowalewski, M., Garber, P., Zunino, G., Fernández, V. y Peker, S. (2012). Infant Mortality in Black and Gold Howlers (*Alouatta caraya*) Living in a Flooded Forest in Northeastern Argentina. *International Journal of Primatology*, 33, 937-957. <https://doi.org/10.1007/s10764-012-9626-z>
- Schwitzer, C., Mittermeier, R.A., Rylands, A.B., Chiozza, F., Williamson, E.A., Wallis, J. y Cotton, A. (2015). *Primates in Peril. The World's 25 Most Endangered Primates 2014-2016*. IUCN.
- SERFOR (2015). Interpretación de la dinámica de la deforestación en el Perú y lecciones aprendidas para reducirla.
- Shanee, S., Allgas, N. y Shane, N. (2013). Preliminary observations on the behavior and ecology of the Peruvian night monkey (*Aotus miconax*: Primates) in a remnant cloud forest path, north Eastern Perú. *Tropical Conservation Science*, 6(1), 138-148. <https://doi.org/10.1177/194008291300600104>
- Shanee, S., Allgas, N. y Shane, N. (2013). GIS Risk Assessment and GAP Analysis for the Andean Titi Monkey (*Callicebus oenanthe*). *Primate Conservation*, 26(1), 17-23. <https://doi.org/10.1896/052.026.0111>
- Vargas, C., Rojas, E., Castillo, D., Espinoza, V., Calderón, A., Giudice, R. y Málaga, N. (s/f). *Memoria descriptiva del mapa de bosque/no bosque año 2000 y mapa de pérdida de los bosques húmedos amazónicos del Perú 2000-2011*. Lima: MINAM.
- Wich, S. y Marshall, A. (2016). *An introduction to Primate Conservation*. Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198703389.001.0001>