

Cambio de uso de tierra y su impacto en la cobertura vegetal del Parque Nacional Tingo María entre los años 2006-2021

José Luis Zuloaga-Obregón

Pontificia Universidad Católica del Perú

Código ORCID: 0000-0002-1192-7093

Edwin Natividad Gabriel-Campos

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

ORCID: 0000-0003-0245-0040

Resumen: El presente artículo se desarrolla con la finalidad de analizar los cambios de uso de tierra y su impacto en la cobertura vegetal dentro del Área Natural Protegida (ANP) Parque Nacional Tingo María (PNTM) e identificar los actores y agentes territoriales vinculados a dichos cambios, entre los años 2006 y 2021. Para ello, ha sido conveniente aplicar metodologías cualitativas, mediante entrevistas semiestructuradas y una observación no participante; así como metodologías cuantitativas, mediante el procesamiento de imágenes satelitales para determinar las tasas de cambios de uso de tierra. Los resultados muestran que durante los años estudiados existen cambios en las coberturas de suelos intervenidos y la cobertura vegetal, ambos localizados en las Zonas de Uso Especial y Amortiguamiento del Parque Nacional, que están asociados a prácticas de una agricultura extensiva destinada al autoconsumo y al mercado local. En la gestión del PNTM participan la población local, organizada con los gestores del parque, las universidades e instituciones locales y regionales. Se concluye que, a través del periodo estudiado, los cambios de cobertura, a diferencia de otras ANP, no han sido significativos debido al accionar conjunto de los actores institucionales y población local que frenaron el surgimiento de actividades ilegales y no autorizadas que pudiesen impactar directamente en la cobertura vegetal del PNTM, lo que representa un modelo de gestión efectiva de un espacio natural que brinda diversos servicios ecosistémicos.

Palabras clave: Parque Nacional Tingo María. Cambio de uso de tierra. Cobertura vegetal. Teledetección. Análisis multitemporal.

Land Use Change and its Impact on Vegetation Cover in Tingo María National Park, between the years 2006-2021

Abstract: This article is developed with the purpose of analyzing land use changes and their impact on vegetation cover within the Protected Natural Area (PNA) Tingo María National Park (TMNP) and identifying the territorial actors and agents linked to these changes, between the years 2006 and 2021. To achieve this, qualitative methodologies have been applied, including semi-structured interviews and non-participant observation, as well as quantitative methodologies through the processing of satellite images to determine land use change rates. The results show that during the studied years, there are changes in the intervened soil cover and vegetative cover, both located in the Special Use and Buffer Zones of the National Park, which are associated with extensive agricultural practices for subsistence and local markets. Local population, organized with park managers, universities, and local and regional institutions, participate in the management of TMNP. It is concluded that, over the studied period, the coverage changes, unlike other PNAs, have not been significant as in others due to the joint actions of institutional actors and the local population that have halted the emergence of illegal and unauthorized activities that could directly impact the vegetative cover of TMNP. This represents an effective management model for a natural space that provides various ecosystem services.

Keywords: Tingo María National Park. Land Use Change. Coverage. Remote Sensing. Multitemporal Analysis.

José Luis Zuloaga Obregón

Magíster en Desarrollo Ambiental por la Pontificia Universidad Católica del Perú, en donde actualmente es también docente e investigador en la sección Geografía y Medio Ambiente, así como en la Universidad Privada del Norte (carrera de Ingeniería Ambiental). Se especializa en Sistemas de Información Geográfica (SIG), cartografía web, educación ambiental y estudios sociales.

Correo: jlzuloagao@pucp.edu.pe

Edwin Natividad Gabriel Campos

Geógrafo y magíster en Educación y Desarrollo Ambiental. Investigador registrado en RENACYT y evaluador de riesgos por fenómenos naturales. Investigador y consultor en gestión de riesgos de desastres, geografía del turismo, educación ambiental. Experiencia profesional en estudios de evaluación de riesgos por fenómenos naturales, planificación y desarrollo local, así como en el desarrollo del análisis SIG.

Correo: egabrielc@unmsm.edu.pe

1. Introducción

Es innegable que el mundo se encuentra en medio de constantes cambios y cada vez estos suceden en menor tiempo, generados por una serie de hechos, como el crecimiento de la población vinculada a procesos de transición demográfica (Arango, 1980). Esto lleva consigo el crecimiento, expansión y densificación del espacio urbano (Ramírez & Pertile, 2013) sobre otro tipo de espacios, como los naturales, rurales o los de uso agrícola. Estos cambios en el uso de los espacios son definidos por muchos autores como los cambios de uso de suelo y tierra (Betancur & Pérez, 2017; Alvarado & Araya, 2014; Leija et al., 2016; Merlotto et al., 2012; Olivera et al., 2018; Quesada, 2012; Rymbai et al., 2012; Vázquez et al., 2016), una temática que cada vez es de mayor interés porque logra explicar acontecimientos actuales en el territorio o, como Gabriel & García (2020) mencionan, genera nuevas dinámicas territoriales.

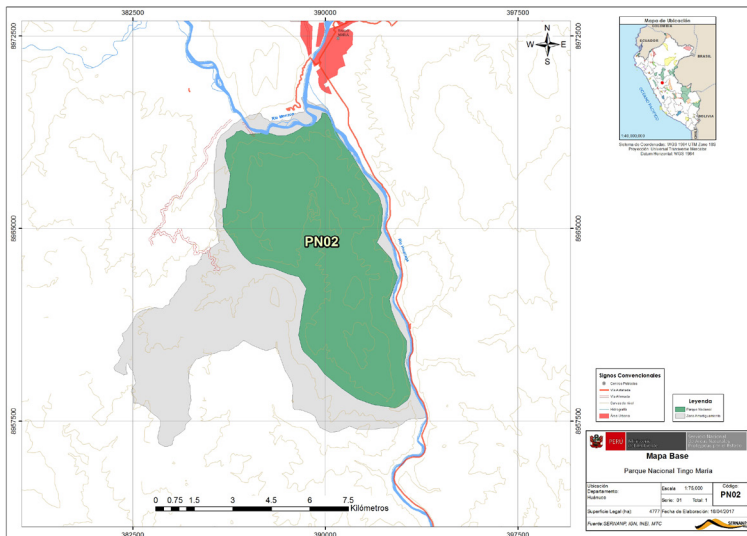
Por otro lado, en un contexto donde existe una creciente necesidad por generar mecanismos de mitigación y adaptación al cambio climático, la comunidad científica ha identificado a los cambios de uso y cobertura de suelo como la principal causa de ello (IPCC, 2022), por lo que sería necesario mirar con mayor atención este fenómeno que genera una serie de dinámicas en el territorio, paisaje y naturaleza, tal como viene sucediendo en muchos espacios naturales que se encuentran amenazados por el crecimiento de las ciudades (García, 2008; Alvarado & Araya, 2014; Guevara, 2017; Merlotto et al., 2012; Ramírez & Pertile, 2013; Romero & Vásquez, 2009). Al respecto, diversas investigaciones abordan la relación e influencia de los cambios de usos de suelo y el cambio climático tanto en espacios naturales como en espacios urbanos (Guerrero et al., 2021; Quintero et al., 2021; García et al., 2020; García et al., 2018).

La distinción entre los términos «suelo» y «tierra» es explicada por López (2015), quien sostiene que el primero se utiliza desde una perspectiva urbana, mientras que el segundo desde una perspectiva agraria; entendiendo este último como «la unidad de producción terrestre (o parcela de cultivo), que comprende el suelo, la vegetación y los cultivos» (López, 2015), considerando, además, los sistemas de tenencia y propiedad de uso sobre la tierra por sujetos o comunidades organizadas. Al respecto, la FAO

(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura) sostiene que la tierra y su acceso a ella es un elemento esencial para el impulso y desarrollo de la agricultura, así como otros tipos de usos de tierra dentro del área rural como la forestación, comprendiendo las coberturas de vegetación, condiciones del clima, capas de suelos, pendiente de topografía y otros recursos naturales que influyen en la funcionalidad de los complejos procesos socioecológicos (Gabriel et al., 2021) que suceden y definen a cada tipo de uso de tierra. Desde una perspectiva nacional, el Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (2018) define «tierra» como el «espacio geográfico que involucra la interacción del clima (zonas de vida), suelo, relieve, y la presencia o ausencia de cobertura vegetal (bosques) al grado que estos influyen el potencial de uso de la tierra», y esa potencialidad sería definida por el grado de utilidad o uso por los que acceden a ella. Al respecto, Nel (2012) va más allá de lo agrario cuando lo conceptualiza como «la distribución sobre el espacio de las actividades, de los grupos sociales, de los flujos de energía, personas, mercancías, capital e información»; por lo tanto, los cambios de uso de tierra llevan consigo modificaciones o alteraciones en la superficie terrestre vinculadas a causalidades, dinámicas y efectos ambientales, sociales, económicos y políticos (Vitousek et al., 1997)..

El área de estudio de la presente investigación se encuentra comprendida dentro de los límites del Parque Nacional Tingo María (PNTM), Área Natural Protegida (ANP) por el Estado peruano, ubicada en la región amazónica peruana en el departamento de Huánuco. Los estudios dentro del parque han estado focalizados principalmente en temáticas biológicas, al ser un espacio con una singular diversidad biológica (Cossios & Ricra, 2019; Gonzales & Llerena, 2014; Levi et al., 2017; Chávez, 2016; Anteparra et al., 2013), valoración económica de diversos aspectos del parque (Quinteros, 2000; Román, 2014; Huamán, 2021), aplicaciones turísticas para el ecoturismo y aviturismo (Chanta & Estela, 2019; Morales et al., 2016; Cajas et al., 2021) y aspectos del ecosistema y recursos del parque (Dourojeanni & Tovar, 1974; Oré et al., 2016; Zavala, 2020; Medina et al., 2021); sin embargo, las investigaciones referentes a la dinámica en el bosque por los cambios de uso de tierra no han sido abordados a profundidad, por lo que la presente investigación propone como objetivo analizar los cambios de uso de tierra en el PNTM y sus impactos en la cobertura vegetal en el periodo de 2006 a 2021. Cabe resaltar que dicha temática, además, se encuentra enmarcada dentro de los temas prioritarios que propone el actual Plan Maestro del PNTM, según resolución presidencial 027-2022-SERNANP con fecha 20 de enero de 2022. A continuación, se presenta el mapa del área actual del Parque (en verde, el área de estudio; en gris, el área de influencia del ANP).

Figura 1. Área actual del Parque Nacional Tingo María (PN02)*



El código PN02 hace referencia al Parque Nacional 02 (Parque Nacional Tingo María) dentro del listado de Áreas Naturales Protegidas del Sistema de Áreas Naturales protegidas por el Estado (SINANPE).

Fuente y elaboración: SERNANP (2019).

2. Metodología

En el presente estudio se ha aplicado una metodología con enfoque mixto, multimetódico, de enfoque total o multimodal (Ñaupas et al., 2014; Hernández et al., 2014), debido al uso de una serie de métodos cualitativos y cuantitativos, como la aplicación del análisis documental y entrevistas semiestructuradas, así como el procesamiento de imágenes satelitales para determinar los cambios de uso de tierra y la cobertura vegetal entre los años 2006-2021.

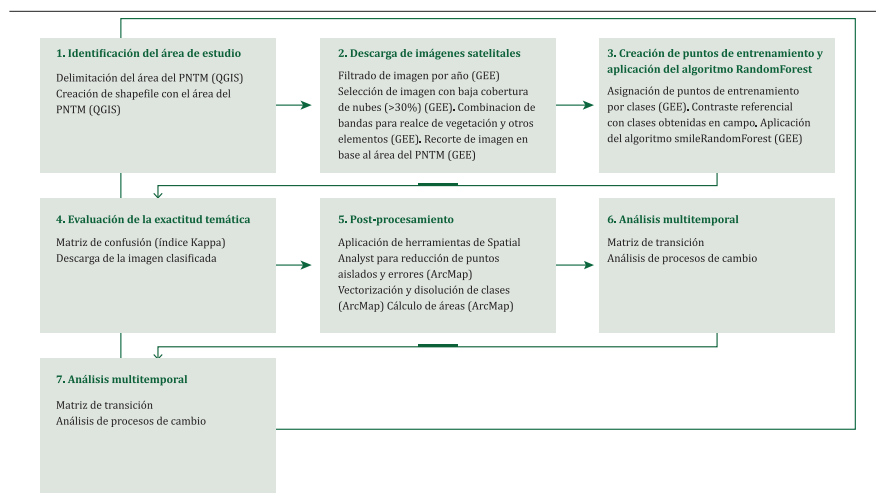
2.1 Metodología cuantitativa: estimación del cambio de uso de suelo y cobertura vegetal con análisis multitemporal de imágenes satelitales

El primer paso fue delimitar el área de estudio, para lo cual se contó con la ayuda del Visor de las Áreas Naturales Protegidas (GEOANP) del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP)¹. Para ello se requirió

¹ Se puede acceder al portal en mención a través del siguiente enlace: <https://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp/>

del software QGIS 3.24, el cual es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de escritorio, y soporta múltiples formatos y funcionalidades de datos de tipo vector, ráster y bases de datos (QGIS, 2023). Además de ello, tiene la ventaja de ser un software gratuito, de código abierto sujeto a la Licencia General Pública GNU (General Public License) (QGIS, 2022). El proceso consistió en filtrar el polígono que representa el área del PNTM y exportarlo a un nuevo archivo vectorial individual, para así utilizarlo como límite de las imágenes satelitales utilizadas. Para una mayor comprensión del procedimiento completo, se puede observar el siguiente flujo de trabajo (ver Figura 2)

Figura 2. Flujo de trabajo para el cálculo de cambio de uso de tierra e impacto en la cobertura vegetal del Parque Nacional Tingo María



Fuente: Elaboración propia.

Para la segunda parte, se trabajó con cuatro imágenes satelitales del área de estudio, correspondientes a los años 2006, 2011, 2016 y 2021. Las imágenes se encuentran en la Zona UTM 18 y coinciden en Órbita (Path): 007 y Puntos (Row): 066. Se escogió un intervalo aproximado de 5 años, en contraste a estudios como los de Carranza & Tasilla (2020), quienes evaluaron la pérdida de cobertura vegetal en intervalos de 10 años, entre 1987 y 2017, o Hurtado et al. (2020), quienes tomaron 7 años distintos en un periodo de 40 años (1977-2017). Se optó por escoger estos 4 años debido a la diferencia de 5 años entre cada periodo estudiado, además de pertenecer a una temporalidad relativamente reciente. El resumen de los parámetros puede apreciarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Metadata de las imágenes satelitales trabajadas

	Año 2006	Año 2011	Año 2016	Año 2021
Dataset	Landsat 8 L2 C2 T1	Landsat 5 L2 C2 T1	Landsat 8 L2 C2 T1	Landsat 8 L2 C2 T1
Fecha de toma de la imagen	28/05/2006	14/08/2011	17/12/2016	08/07/2021
ID de la imagen (GEE)	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2/LT05_007067_20060528	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2/LT05_007066_20110814	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_007066_20161217	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_007066_20210708

Fuente: elaboración propia a partir de los datos extraídos de las bases: USGS (<https://glovis.usgs.gov/app>), Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) y Earth Engine (<https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog>).

Estas imágenes corresponden a los sensores Landsat 5 (años 2006 y 2011) y Landsat 8 (años 2016 y 2021), respectivamente. Las escenas fueron trabajadas en la plataforma Google Earth Engine (GEE). Según Perilla & Mas (2020), GEE es «una plataforma de análisis que permite procesar información geoespacial en la nube sin necesidad de ocupar la memoria de la computadora del usuario». Por este motivo, GEE fue la opción más viable, debido a su gratuidad para el uso académico y de investigación (Google Developers, 2023), así como su rápida velocidad de procesamiento en la nube y poco consumo de recursos del computador. Para escoger las escenas se tomaron en cuenta varios factores. El primero de ellos —y uno de los más importantes— es la cobertura de nubes (*cloud cover*), la cual suele ser extremadamente alta en regiones de selva tropical (Zhu et al., 2018), como ocurre en el área de estudio actual. Si bien existen técnicas que pueden enmascarar las nubes o procesar un grupo de imágenes temporalmente cercanas para «eliminar» la presencia de nubes, es preferible contar con una imagen que no cuente con nubes que cubran el área de estudio, lo cual se traduce en una baja cobertura de nubes, siendo 30% o menos un buen porcentaje de cobertura de nubes para una escena individual.

Otros factores que se tomaron en cuenta fueron la periodicidad de las imágenes (una imagen por año estudiado, en fechas más o menos similares), la metadata del área estudiada (Hurtado et al., 2020) y las resoluciones espacial, radiométrica y espectral.

Dentro del entorno del Code Editor de GEE se aplicaron diversas composiciones de bandas que facilitaron la categorización de elementos del territorio, tales como vegetación, zonas sin vegetación, agua, zonas agrícolas y urbanas. Las composiciones de bandas permiten resaltar los objetos que presentan mayor reflectancia en las bandas integradas (Alonso, 2006).

Se utilizó principalmente la composición 562 (Landsat 8) y 451 (Landsat 5), la cual ayudó a identificar vegetación saludable (Butler, 2013) y, al mismo tiempo, permite identificar cuerpos de agua con facilidad. Para concluir con esta segunda etapa, se delimitó el área de estudio en cada una de las imágenes con el archivo vectorial anteriormente creado.

La tercera etapa del flujo de trabajo constituye una de las partes más importantes de toda la sección. Se colocó manualmente zonas de entrenamiento para los distintos usos de tierra. Estos fueron también contrastados con los puntos tomados en campo (octubre de 2022), los cuales se tomaron principalmente en la parte norte del ANP. Debido a la baja resolución de las imágenes (30 metros), a la escala de trabajo y a la pequeña extensión del PNTM, se optó por únicamente trabajar con tres categorías generales. Estas son: 1) bosque mixto, que incluye todas las áreas verdes arbustivas y arbóreas, en buen estado; 2) espacios con vegetación escasa, que incluye áreas de poca o nula cobertura vegetal, zonas agrícolas, pequeñas construcciones y cultivos ilegales; y 3) cursos de agua, que básicamente incluye la presencia de los ríos y zonas húmedas presentes en el Parque. Estas categorizaciones provienen de la metodología CORINE (Coordination of Information of the Environmental) Land Cover. Al respecto, IDEAM (2010) señala que dicha metodología propone homogeneizar la cubierta biofísica de la superficie terrestre a partir de la interpretación visual de imágenes satelitales. No obstante, no se utilizó la paleta de colores estándar de CORINE Land Cover, debido a que los colores estándar son de tonalidades similares. En este sentido, se tomaron al menos 100 zonas de entrenamiento por cada categoría para tener resultados más precisos.

El siguiente paso consistió en escoger un algoritmo adecuado para la clasificación de uso de tierra. Vale resaltar que, como Hurtado et al. (2020) mencionan, usar uno u otro algoritmo depende de la experticia del intérprete, así como las condiciones de la imagen y otras condiciones. Se probaron previamente algoritmos de clasificación como el de máxima verosimilitud (Maximum Likelihood) y máquinas de vectores de soporte (Support Vector Machine), siendo Random Forest el que obtuvo resultados más precisos. Al respecto, Random Forest («bosques aleatorios», en su traducción al español)

es un algoritmo basado en árboles, con cada árbol dependiendo de una colección de variables aleatorias, es relativamente fácil de entrenar y predecir; depende de solo uno o dos parámetros de ajuste y tiene una estimación incorporada del error de generalización (Cutler et al., 2012). La aplicación de este algoritmo dentro del Code Editor de GEE se realiza a través del módulo `smileRandomForest`, que permite correr el algoritmo si previamente se han definido categorías y un mínimo de zonas de entrenamiento para cada una de ellas.

Con la finalidad de evaluar la exactitud temática de los resultados obtenidos, se aplica un índice que refleje la calidad de dichos resultados. El índice Kappa es una fórmula matemática porcentual que evalúa entre el 1 al 100 la calidad o coincidencia entre el mapa temático y los datos reales. Se considera un buen resultado cuando es superior al 80% y no es recomendable cuando es inferior al 70% (Barnsley & Barr, 1996; Mas et al., 2003; Hurtado et al., 2020). Una medida estadística parte del proceso para obtener el índice Kappa es la matriz de confusión (Hurtado et al., 2020). Como menciona García (2013), esta matriz es utilizada para caracterizar la exactitud de las asignaciones temáticas, y luego expresarlas mediante el coeficiente Kappa y el índice de fiabilidad. El umbral utilizado es 80% mínimo.

Una vez validada la confiabilidad de las clasificaciones temáticas, se descargaron las imágenes desde el Code Editor de GEE, eliminando incoherencias con la ayuda de un SIG de escritorio, como ArcMap 10.3. Se vectorizó la imagen ráster y calculó el área (en hectáreas) para cada una de las categorías mediante las herramientas que brinda este mismo software.

Luego, se procedió con la elaboración de las matrices de transición para estimar la tasa de cambio entre años. Como referencia, se utiliza la ecuación propuesta por la FAO (1996), que permite calcular la tasa de cambio entre años (Ruiz et al., 2013)²:

² A la fórmula original se multiplicó por 100, para estandarizar los valores en porcentajes.

$$TC = \left[\left(\frac{S^2}{S^1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100$$

Donde:

TC: tasa de cambio anual

S2 = superficie en la fecha 2

S1 = superficie en la fecha 1

n = número de años de diferencia entre las dos fechas

Este proceso se realizó para los años 2006-2011, 2011-2016 y 2016-2021, respectivamente. Como paso final, se realizaron cuatro mapas que muestran la clasificación de uso de tierra en cada año (2006, 2011, 2016 y 2021) y tres mapas que muestran el cambio de una categoría a otra entre los distintos periodos (2006 a 2011, 2011 a 2016 y 2016 a 2021). Todo ello es explicado con detalle en la sección de resultados.

2.2 Cambio de uso de tierra y cobertura vegetal del PNTM

Por ello de cualitativo, se aplicaron entrevistas semiestructuradas a profundidad (Hennink et al., 2010; Creswell, 2014; Hernández et al., 2014; Ñaupas et al., 2014), que estuvieron dirigidas a los informantes claves (Mendieta, 2015; Seidman, 2006), quienes fueron seleccionados mediante muestreo por conveniencia (López & Fachelli, 2015), debido a la representatividad que tienen los participantes en el caso de estudio. Ellos son guardabosques y gestores del Parque, así como parte de la población local. Cabe resaltar que se decidió codificar a los informantes claves, tal cual se señala en la Tabla 2, debido a su derecho de confidencialidad por consentimiento informado. Los acuerdos previos a la entrevista para explicar la finalidad de la investigación se desarrollaron vía telefónica, para luego aplicarse en el mismo lugar de la investigación.

Tabla 2. Informantes claves

Informantes claves	Código	Cantidad
Especialista del PNTM	EPNTM	1
Población local	PL	4
TOTAL		5

Fuente: elaboración propia.

Las respuestas obtenidas fueron procesadas mediante la técnica del análisis del discurso (Van Dijk, 2005), que consiste en identificar códigos para luego analizarlos, relacionarlos y llegar a plantear atributos comunes, y así establecer categorías que permitan poder responder al objetivo del estudio (Hennink et al., 2010), y, de esa manera, poder elaborar argumentos que permitan construir síntesis y asociaciones; denominado por Gerring (2012) como argumentos descriptivos.

Cabe resaltar que para el desarrollo de la investigación se aplicó el análisis documental, que consiste en una técnica metodológica que, de acuerdo a Peña & Pirela (2007), «constituye un proceso ideado por el individuo como medio para organizar y representar el conocimiento registrado en los documentos», y ha sido utilizada para extraer contenidos sustantivos de investigaciones previas y diversas publicaciones referentes a los ejes temáticos de la investigación. Por ejemplo, los cambios de uso de tierra y de cobertura vegetal para poder construir el marco teórico y conceptual de la investigación. Además, se utilizó para la elaboración del guion de entrevista y análisis del discurso. Por lo tanto, el análisis documental, como técnica metodológica, ha estado presente en todas las etapas de la investigación.

3. Resultados y discusión

3.1 Cambio de uso de tierra y cobertura vegetal del PNTM

Este estudio tiene como objetivo principal estimar el cambio de uso de tierra entre los años 2006 a 2021, a la vez que se evalúa la pérdida/ganancia de la cobertura vegetal, dentro del área del PNTM. Para ello, se muestra a continuación cuatro mapas elaborados a partir de la cobertura de tierra de los cuatro años estudiados (Figura 3).

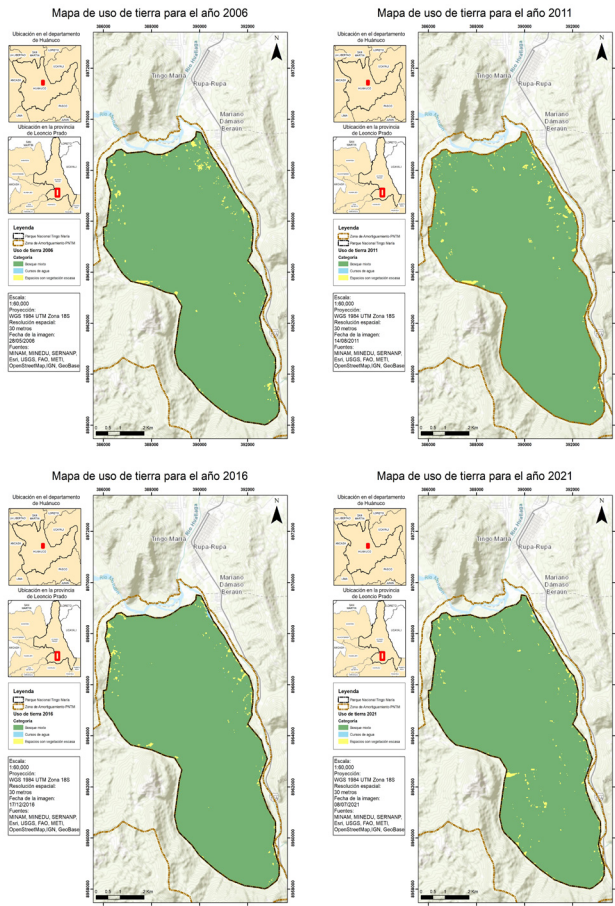
Los mapas (Figura 3) muestran las tres categorías descritas previamente en la metodología: cursos de agua (7.512 ha), espacios con vegetación escasa (74.061 ha) y bosque mixto (4722.461 ha). Como se puede apreciar en el mapa, la cobertura vegetal del PNTM es amplia, pero aparecen pequeños parches con espacios de vegetación escasa principalmente hacia el norte, donde se desarrolla la zona de uso turístico y recreativo, según el Plan Maestro del PNTM. Los parches de vegetación escasa que aparecen hacia el oeste coinciden, principalmente, con la Zona de Uso Especial, en donde se desarrollan diversas actividades autorizadas. Sin embargo, hacia las zonas centro y sur también se aprecian espacios con poca o nula vegetación. Ello se debió, principalmente, a actividades de tala ilegal y plantaciones de coca, que para dicho año se estaban convirtiendo en una problemática creciente (Coloma, 2007).

Cinco años más tarde, las tres categorías estudiadas muestran la siguiente distribución: cursos de agua (9.217 ha), espacios con vegetación escasa (77.431 ha) y bosque mixto (4717.413 ha). Hay un ligero aumento de la categoría de espacios con vegetación escasa, concentrándose estos en la zona noreste. La zona deforestada del centro sur se ha ido atenuando, aunque aún quedan algunos remanentes.

Para el año 2016, las categorías se distribuyeron de la siguiente manera: cursos de agua (12.433 ha), espacios con vegetación escasa (64.324 ha) y bosque mixto (4726.995 ha). Se aprecia una ligera disminución de las zonas con escasa vegetación, principalmente hacia el sur. Los flancos noreste y noreste son los que aún conservan más de estas zonas, principalmente por lo descrito en los mapas anteriores.

Para el año más reciente, la distribución fue la siguiente: cursos de agua (6.188 ha), espacios con vegetación escasa (78.03 ha) y bosque mixto (4719.54 ha). Nuevamente, las zonas con vegetación escasa aumentan ligeramente. Esto puede deberse a las limitaciones en el monitoreo durante los años 2020-2021 debido a la pandemia del COVID-19, que permitieron la intensificación de actividades ilegales dentro del PNTM y de su área de amortiguamiento, situación que se ha revertido para el año 2022 y el presente año.

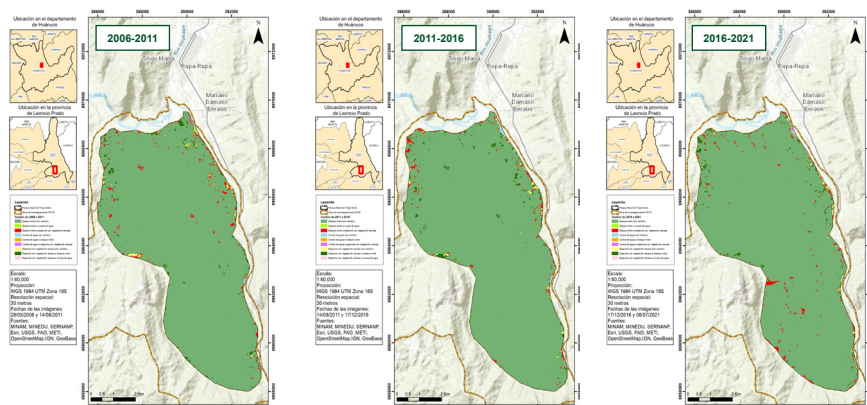
Figura 3. Mapa de uso de tierra para los años 2006, 2011, 2016 y 2021, Parque Nacional Tingo María



Fuentes: MINAM, MINEDU, SERNANP, Esri, USGS, FAO, METI, OpenStreetMap, IGN, GeoBase.

Para apreciar mejor las tasas de cambio entre un año y otro, se elaboraron mapas de cambio de uso de tierra, concretamente para los periodos 2006-2011, 2011-2016 y 2016-2021 (Figura 4).

Figura 4. Mapa de cambio de uso de tierra entre 2006 a 2021, PNTM



Fuentes: MINAM, MINEDU, SERNANP, Esri, USGS, FAO, METI, OpenStreetMap, IGN, GeoBase.

El primer mapa mostrado muestra el cambio de uso de tierra entre los años 2006 a 2011, a partir de las tres categorías previamente definidas. De un año a otro, son tres los resultados posibles: 1) la categoría se mantiene intacta, o 2 y 3) la categoría original cambia a alguna de las otras dos categorías. En este sentido, conviene ver primero la tasa de cambio de una misma categoría (Tabla 3).

Tabla 3. Tasa de cambio de uso de tierra entre 2006 y 2011

Categoría	Área 2006 (ha)	Área 2011 (ha)	Tasa de cambio
Cuerpos de agua	7.512	9.217	4.176
Espacios con vegetación escasa	74.061	77.431	0.894
Bosque mixto	4722.461	4717.413	-0.021

Fuente: elaboración propia.

Concretamente, se aprecia un aumento del 4.176% en cuerpos de agua y del 0.894% en espacios con vegetación escasa; en contraparte, el bosque mixto pierde alrededor del 0.021% de su extensión. Para mayor detalle, se puede apreciar la matriz de transición (Tabla 4) entre 2006 y 2011, según categorías propuestas.

Tabla 4. Matriz de transición para los años 2006 a 2011

	Cuerpos de agua	Espacios con vegetación escasa	Bosque mixto	Total tiempo 1 (2006)
Cuerpos de agua	5.807	0.892	0.639	7.338
Espacios con vegetación escasa	0.647	23.061	49.992	73.7
Bosque mixto	2.584	53.001	4665.149	4720.734
Total tiempo 2 (2011)	9.038	76.954	4715.78	

Fuente: elaboración propia.

En consonancia con el mapa anteriormente presentado, puede verse que un total de 49.992 ha pasaron de ser espacios con vegetación escasa (2006) a bosque mixto (2011), mientras que los bosques mixtos de 2006 perdieron un total de 53.001 ha, convirtiéndose en espacios con vegetación escasa en 2011. Como muestra el mapa a grandes rasgos, un total de 4665.149 ha de bosque mixto permanecieron inmutables en un periodo de cinco años.

Para los años 2011 a 2016, la tendencia fue un poco distinta. Esto se puede apreciar mejor en la Tabla 5.

Tabla 5. Tasa de cambio de uso de tierra entre 2011 y 2016

Categoría	Área 2011 (ha)	Área 2016 (ha)	Tasa de cambio
Cuerpos de agua	9.217	12.433	6.169
Espacios con vegetación escasa	77.431	64.624	-3.551
Bosque mixto	4717.413	4726.995	0.041

Fuente: elaboración propia.

Se aprecia una pérdida del 3.551% de espacios con vegetación escasa, mientras que los bosques mixtos ganaron un 0.041% de cobertura en un periodo de cinco años. Del mismo modo, en la siguiente matriz de transición (Tabla 6) se pueden apreciar con mayor detalle los cambios entre categorías:

Tabla 6. Matriz de transición para los años 2011 a 2016

	Cuerpos de agua	Espacios con vegetación escasa	Bosque mixto	Total tiempo 1 (2011)
Cuerpos de agua	8.302	0.539	0.272	9.113
Espacios con vegetación escasa	2.445	21.323	53.212	76.980
Bosque mixto	1.546	42.141	4672.317	4716.004
Total tiempo 2 (2016)	12.293	64.003	4725.801	

Fuente: elaboración propia.

Se contabilizaron un total de 53.212 ha que pasaron de espacios con vegetación escasa en 2011 a bosques mixtos en 2016; en contraparte, 42.141 ha cambiaron en el sentido inverso. Al igual que en 2006-2011, el cambio de o hacia cuerpos de agua es relativamente imperceptible; esto debido a que los ríos no han cambiado demasiado entre periodos, y las diferencias pueden deberse a crecidas, zonas extremadamente húmedas o a la resolución espacial (30 metros) de las imágenes en cuestión.

Para este último bloque de años, resalta el cambio de zonas de bosques a zonas de vegetación escasa. Ello es abordado a profundidad en las tablas siguientes (Tabla 7 y Tabla 8).

Tabla 7. Tasa de cambio de uso de tierra entre 2016 y 2021

Categoría	Área 2011 (ha)	Área 2021 (ha)	Tasa de cambio
Cuerpos de agua	12.433	6.188	-13.025
Espacios con vegetación escasa	64.624	78.03	3.842
Bosque mixto	4726.995	4719.54	-0.032

Fuente: elaboración propia.

En primer término, resaltan los cuerpos de agua como categoría con mayor pérdida, a pesar de que su cobertura es la más pequeña entre las tres categorías de estudio. Se observa también un significativo aumento de espacios con vegetación escasa, con un importante aumento del 3.842% en un periodo de cinco años.

Tabla 8. Matriz de transición para los años 2016 a 2021

	Cuerpos de agua	Espacios con vegetación escasa	Bosque mixto	Total tiempo 1 (2016)
Cuerpos de agua	5.843	2.642	3.701	12.186
Espacios con vegetación escasa	0.123	17.7	46.052	63.875
Bosque mixto	0.078	56.906	4668.339	4725.323
Total tiempo 2 (2021)	6.044	77.248	4718.092	

Fuente: elaboración propia.

Para este último periodo, puede apreciarse claramente las 56.906 ha, que significaron la conversión de bosque mixto (2016) a espacios con vegetación escasa (2021). En sentido contrario, se recuperaron solamente un total de 46.052 ha. Pese a ello, las zonas de bosque aún son predominantes por mucho frente a las demás categorías. Sin embargo, se empieza a marcar una pequeña tendencia hacia la pérdida boscosa, que ameritaría ser evaluada en un periodo posterior para determinar su continuidad.

De acuerdo a la zonificación del PNTM, los espacios con evidencias de mayores cambios de uso de tierra y que presentan una cobertura de espacios con vegetación escasa, son la Zona de Uso Especial (ZUE) y Zona de Amortiguamiento (ZA). Ello de acuerdo a los resultados del procesamiento de imágenes de satélite, que, desde luego, fueron contrastadas mediante las entrevistas realizadas. Al respecto, el EPNTM sostiene que:

[...] la zona de uso especial donde ha sido ocupado ya por un asentamiento humano [...] este tipo de actividades que se han desarrollado y por eso contamos con esta zona de uso especial [...] donde han sido degradados están dados alrededor del parque, básicamente en lo que son zonas de amortiguamiento [...] es aquí donde nosotros ponemos mucho énfasis en la vigilancia y control, justamente para evitar que los pobladores se ingresan al área natural protegida.

Cabe resaltar que, actualmente, los cambios en el uso de la tierra son básicamente para la extensión del cultivo y procesos agrarios; por ello, la deforestación y la quema de cobertura vegetal, que serían las principales causas de la pérdida vegetal, serían factores que generan los cambios en el uso de tierra para cultivos, principalmente productos a escala menor destinados al autoconsumo y en algunos casos al mercado local. Al respecto, los informantes claves PL1, PL2 y PL3 mencionan:

[...] plátano, yuca, maíz, frejol poco y la producción que sale de cacao también la venden

[...] Todo es en el mercado de acá, nada de exportación (PL1).

[...] cacao, yuca y plátano. Eso es lo que se cultiva [...] es para vender acá en el mercado (PL2).

Cultivo de cacao, de hoja de juanes (PL3).

En la ZUE se cultivan los productos mencionados por los informantes claves, además de árboles madereros como caoba, cedro, capirona, entre otros; siendo de tipo privados por algunos propietarios particulares, pero el manejo de estos se realiza bajo estricta coordinación con la administración del PNTM, por encontrarse dentro de este. Al respecto, el informante clave PL1 menciona: «prácticamente esto es de uso práctico particular privado [...] la capirona, hay caoba, cedro».

3.2 Actores y agentes territoriales vinculados a los cambios de uso de tierra en el PNTM

Los cambios de uso de tierra en el PNTM ha sido en el pasado una problemática que se vinculaba al tráfico de madera generado por situaciones de deforestación. Una práctica relacionada a mafias madereras y una informalidad que aún prevalece en muchos espacios naturales de nuestra Amazonía, donde el Estado y la formalidad económica aún no llegan y ello genera una serie de problemas sociales como la delincuencia, crimen organizado, trata de personas, esclavitud laboral, entre otros; ello de acuerdo a los informantes claves EPNTM y los PL. Dentro del PNTM, la deforestación asociada a los problemas mencionados no es una situación grave, y, de acuerdo a diversas fuentes, esta situación se revierte cuando se elabora y aplica el primer Plan Maestro del parque en el año 2000, tal como lo menciona el informante clave EPNTM:

Estamos hablando en el año, más o menos, en el 2000 cuando se hizo las primeras salidas del campo, porque en un momento cuando se estableció el área se hizo trabajo de gabinete [...] en el paso de los años ya se hizo la certificación de toda el área.

Por lo tanto, los entrevistados identifican a una mayor presencia del Estado en el PNTM como una causal de la reducción de la tala informal debido a que se iniciaron trabajos para la protección y conservación del parque nacional; sin embargo, al inicio hubo mucho rechazo, pues uno de los lineamientos en la conservación y protección del área natural es la poca o nula intervención dentro del parque, por lo que las actividades como la agricultura, tala u otra que vulnere la naturalidad del entorno, estaban prohibidas. Pero mediante un trabajo conjunto entre los gestores del Parque Nacional, las autoridades locales y regionales, los representantes de la sociedad civil organizada y las universidades, se logró una mayor intervención, impulsando actividades alternativas a la población local mediante los denominados econegocios. Al respecto, el informante clave EPNTM menciona:

[...] nosotros como SERNANP trabajamos la actividad de vigilancia y control, gestión participativa en las que tenemos el apoyo que tenemos de la sociedad civil, de la sociedad organizada, de las instituciones públicas y privadas [...] el bosque ahorita está ofreciendo a los comuneros el aprovechamiento de sus recursos a través del contrato de aprovechamiento de mariposas, a través del aprovechamiento de la miel de las mariposas [...] Entonces nosotros gestionamos con la municipalidad para que estas zonas puedan ofertar sus productos [...] nuestra función como SERNANP es que ellos se sientan identificados con el parque y sientan que el área natural protegida es un aliado.

Entonces, los cambios de uso de tierra han ocurrido en las ZUE y ZA, debido a una mayor dinámica de actividades que en ellas ocurre y que forma parte de la gestión del área natural. Actualmente, este hecho viene ocurriendo además en espacios donde existe una nula intervención del Estado, lo que da espacio a la informalidad y, en muchos de los casos, al crimen organizado (Lapola et al., 2023), como narcotraficantes o grupos guerrilleros y terroristas, situación que históricamente ha venido sucediendo en el país. Por lo tanto, lo que ha venido sucediendo antes de la aplicación del Plan Maestro en el PNTM, sucede actualmente en distintos rincones amazónicos vulnerables y expuestos a estas situaciones que muchas veces son el inicio de conflictos sociales. Por ello, es clave y trascendental que el Estado tenga presencia a través de sus instituciones y los servicios que brinda; ello estaría favoreciendo la formalidad

no solo de negocios o comercios, sino de la vivienda y ocupabilidad de estos espacios mediante un saneamiento físico legal que le permita a la población local contar con herramientas que le generen bienestar de vida. Una isla en esta situación son los denominados *ecolodge* que fomentan un turismo vivencial y ecoturismo impulsado por empresas privadas que comparten el interés de conservar y proteger los espacios naturales, por lo que los cambios de uso de tierra estarían dirigidos a una mayor rentabilidad particular salvaguardando el ecosistema de la naturaleza.

Los cambios de uso de tierra dentro del Parque Nacional vienen ocurriendo actualmente en dos de sus cinco zonas de gestión; es el caso de la ZUE y la ZA. Es comprensible que ello ocurra, pues una de sus particularidades es la ocupación privada o particular dentro del espacio natural. Lo interesante de esta situación es que a la fecha existe una estrecha relación organizada entre los gestores del parque nacional y los actores territoriales, como las universidades de la región, los municipios locales y regionales, y la población local. Ello es muestra de una gestión efectiva que actualmente es un modelo que busca implementarse en la gestión de los ecosistemas, y que bajo la postura de Ostrom (2009) se evidencia una gestión comunitaria y compartida con un fin único, que es el aprovechamiento sostenible de los recursos que ofrece el PNTM.

4. Conclusiones

A manera de conclusión general, la pérdida de cobertura vegetal dentro del área del Parque Nacional Tingo María no ha sido significativa. Sin embargo, parece marcarse una ligera tendencia en la pérdida de bosques a favor de otras actividades de intervención humana. Estos cambios se aprecian especialmente en la Zona de Uso Especial y Zona de Amortiguamiento, además se observa la misma dinámica en la Zona de Uso Turístico y Recreativo. Dentro de estas zonas, los cambios del uso de tierra han ocurrido principalmente para la extensión del suelo agrícola destinado al autoconsumo y al mercado local, con productos como plátano, yuca, maíz, frijol, cacao y árboles madereros. Se evidencia una gestión efectiva por parte de los gestores del PNTM, con involucramiento de los actores territoriales vinculados al parque, como son las universidades de la región, las autoridades locales y regionales, y la población local. Este modelo de gestión viene funcionando dentro del área de estudio, por lo que ello permite formular interrogantes que pasan por el análisis de los modelos de gestión en espacios naturales y si estos se encuentran vinculados a los cambios de uso de tierra dentro de los espacios naturales.

Referencias

- Alonso, F. (2006). *Sistemas de Información Geográfica*. Universidad de Murcia. <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Alvarado, H. & Araya, F. (2014). Cambios de uso del suelo y crecimiento urbano. Estudio de caso en los municipios conurbados de la Mancomunidad Metrópoli de Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala. *Tecnología en Marcha*, 27(1), pp. 104-113. <https://doi.org/10.18845/tm.v27i1.1701>
- Anteparra, M., Acuy, M. & Granados, L. (2013). Descripción de algunas especies de mantodea colectadas en el Parque Nacional de Tingo María, Huánuco. *Investigación y Amazonía*, 3(1), pp. 15-19. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/76>
- Arango, J. (1980). La teoría de la transición demográfica y la experiencia histórica. *Reis*, 10, pp. 169-198. <https://doi.org/10.2307/40182779>
- Barnsley, M. & Barr, S. (1996). Inferring Urban Land Use from Satellite Sensor Images Using Kernel-Based Spatial Reclassification. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62, 949-958.
- Betancur, A. & Pérez M. (2017). La tierra, cambios en su uso y la relación con la transformación sociocultural: Impactos directos a las comunidades campesinas a través de la implementación de actividades mineras. *Revista de Sociología y Antropología: VIRAJES*, 19(1), pp. 189-208. <https://doi.org/10.17151/rasv.2017.19.1.10>
- Butler, K. (24 de julio de 2013). *Band Combinations for Landsat 8*. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/band-combinations-for-landsat-8/>
- Cajas, T., Estela, L., Chanta, O., Calderón, J., & Pasquel, A. (2021). Aviturismo, alternativa para el desarrollo ecoturístico en el Parque Nacional Tingo María, Perú. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), pp. 482-488. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1988>
- Carranza, J. & Tasilla, F. (2020). Pérdida de cobertura vegetal en el distrito de Morales, San Martín, Perú (periodo 1987-2017). *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 6(1), pp. 1-11. <https://doi.org/10.17162/rictd.v6i1.1400>
- Chanta, O. & Estela, L. (2019). *El Aviturismo como alternativa para el desarrollo ecoturístico en el Parque Nacional De Tingo María* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Agraria Hermilio Valdizán.
- Chávez, G. (2016). A new species of frog of the genus *Pristimantis* from Tingo María National Park, Huánuco Department, central Peru (Anura, Craugastoridae). *ZooKeys*, 610, pp. 113-130. <https://doi.org/10.3897/zookeys.610.8507>
- Coloma, G. (15 de mayo 2007). *Parque Nacional de Tingo María corre peligro por tala ilegal y siembra de coca*. <https://www.inforegion.pe/5183/parque-nacional-de-tingo-maria-corre-peligro-por-tala-ilegal-y-siembra-de-coca/>
- Cossios, E. & Ricra, A. (2019). Diversidad y actividad horaria de mamíferos medianos y grandes registrados con cámaras trampa en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú. *Revista peruana de biología*, 26(3), pp. 325-332. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i3.16776>
- Creswell, J. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*. California: United States of America: SAGE.

- Cutler, A., Cutler, D. & Stevens, J. (2012). Random Forests. En C. Zhang & Y. Ma (Ed.). *Ensemble Machine Learning: Methods and Applications* (pp. 157-175). Springer.
- Dourojeanni, M. & Tovar, A. (1974). Notas sobre el ecosistema y la conservación de la Cueva de las Lechuzas (Parque Nacional de Tingo María, Perú). *Revista Forestal del Perú*, 5(1-2), pp. 1-19. <https://doi.org/10.21704/rfp.v5i1-2.1092>
- FAO (1996). *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes*. FAO Forestry Paper 112.
- Gabriel, E. & García, A. (2020). Análisis de los cambios de uso de tierra y sus dinámicas territoriales en la cuenca baja del río Chilca, Perú. *Ra Ximhai*, 16(4), pp. 209-227. <https://doi.org/10.35197/rx.16.04.2020.10.eg>
- Gabriel, E., Werner, K., Cordova, F. & Paucar, A. (2021). Community eco-tourism in rural Peru: Resilience and adaptive capacities to the Covid-19 pandemic and climate change. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 48, pp. 416-427. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2021.07.016>.
- García, H. (2013). *Clasificación supervisada usando medidas de la Geoestadística*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Córdoba].
- García, P., Badano, N., Menéndez, A., Bert, F., García, G., Podestá, G., Rovere, S., Verdin, A., Rajagopalan, B. & Arora, P. (2018). Influencia de los cambios en el uso del suelo y la precipitación sobre la dinámica hídrica de una cuenca de llanura extensa. Caso de estudio: Cuenca del Río Salado, Buenos Aires, Argentina. *Ribagua*, 5(2), pp. 92-106. <https://doi.org/10.1080/23863781.2018.1495990>
- García, M., Pérez, A., Martínez, B., & Gutiérrez, V. (2020). Cambio de uso de suelo y variabilidad climática en Chiautzingo, Puebla, México. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 6(11), pp. 1295-1315. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i11.9421>
- Gerring, J. (2012). *Social science methodology: A unified framework (strategies for social inquiry)*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Gonzales, F. & Llerena, G. (2014). Cacería de mamíferos en la Zona de Uso Especial y de Amortiguamiento del Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú. *Revista peruana de biología*, 21(3), pp. 283-286. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v21i3.10904>
- Google Developers (9 de febrero de 2023). *Meet Earth Engine*. <https://earthengine.google.com/>
- Guerrero, J., Sampedro, L., Ruz, M., Silva, S., Fonseca, C., & Gómez, M. (2021). Análisis multicriterio para el desarrollo urbano en zonas costeras en un contexto de cambio climático: Caso en Acapulco, México. *Revista De Ciencias Ambientales*, 55(2), pp. 91-110. <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.5>
- Guevara, M. (2017). Impact of urban growth in agricultural zones: Territorial Reserve Atlixcáyotl, Puebla. *Estoa*, 11(6), pp. 53-68. <https://doi.org/10.18537/est.v006.n011.a04>
- Hennink, M., Hutter, I., & Bailey, A. (2010). *Qualitative research methods*. London, United Kingdom: SAGE.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Investigation methodology*. México D.F, México: McGraw-Hill.
- Huamán, C. (2021). *Valoración económica del Parque Nacional Tingo María: sector catarata la quinceañera* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Agraria De La Selva.

- Hurtado, L.; Pulido, D. & Lizarazo, I (2020). Análisis multitemporal en la cobertura del suelo para la reserva forestal Thomas Van Der Hammen-Bogotá. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 56, pp. 71-86. <https://doi.org/10.23854/07199562.2020561.Hurtado71>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Summary for Policymakers*. In *Climate Change 2022 - Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3-34). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009325844.001
- IDEAM (2010). *Legenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Lapola, D., et al. (2023). The drivers and impacts of Amazon Forest degradation. *Science*, p. 349. DOI:10.1126/science.abp8622
- Leija, E., Reyes, H., Reyes, O., Flores, J. & Sahagun, F. (2016). Changes in vegetation cover, land uses and future scenarios in the coastal region of the state of Oaxaca, Mexico. *Wood and Forests*, 22(1), pp. 125-140. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.221481>
- Levi, Y., Ríos, W., Cáceres, Z., & Cáceres, E. (2017). Mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) en áreas cultivadas y bosques intervenidos en Tingo María, Perú. *Investigación y Amazonía*, 7(2), pp. 44-60. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/150>
- López, L. (2015). *Diccionario de geografía aplicada y profesional: terminología de análisis, planificación y gestión del territorio*. Primera edición. León: Universidad de León, España.
- López, P., & Fachelli, S. (2015). *Methodology of quantitative social research*. Barcelona, Spain: Autonomous University of Barcelona.
- Mas, J., Reyes, J. & Pérez, A. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Boletín del Instituto de Geografía UNAM*, 51, pp. 53-72.
- Medina, Y., Ñique, M., & Gil, J. (2021). Calidad de agua del río tres de mayo en el Parque Nacional Tingo María, según los índices H', BMWP/Col. y NSF. *REBIOL*, 41(1), pp. 3-15. <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.01>
- Mendieta, G. (2015). Informants and sampling in qualitative research. *Andean Investigations*, 17, pp. 1148-1150. ISSN: 0124-8146. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2390/239035878001>
- Merlotto, A.; Piccolo, M. & Bértola, G. (2012). Crecimiento urbano y cambios del uso/cobertura del suelo en las ciudades de Necochea y Quequén, Buenos Aires, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, 53, pp. 159-176. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022012000300010>
- Morales, L., Rengifo, A., & Guzmán, D. (2016). Modelo econométrico para la valoración económica del ecoturismo: Parque Nacional De Tingo María. *Quipukamayoc*, 24(46), pp. 163-170. <https://doi.org/10.15381/quipu.v24i46.13250>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2018). *Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor*. Perú. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/reglamento-ctcum-junio2018.pdf>
- Nel, O. (2012). *Ordenar el territorio. La experiencia de Barcelona y Cataluña*. Valencia: Tirant humanidades.

- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Methodology of quantitative-qualitative research and writing of the thesis*. Bogotá, Colombia: Editions of the U.
- Olivera, D., et al. (2018). Effects of land-use change on Nitisols properties in a tropical climate. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía*, 71(3), pp. 8601-8608. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v71n3.67786>
- Oré, L., Díaz, E. & Loarte, W. (2016). Parámetros morfométricos de las microcuencas del Parque Nacional Tingo María, distrito Mariano Damaso Beraun-Huánuco. *Investigación y Amazonía*, 6(2), pp. 39-53. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/130>
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325, pp. 419-422. DOI: 10.1126/science.1172133
- Peña, T., & Pirela, J. (2007). The complexity of documentary analysis. Information, culture and society. *Journal of the Library Research Institute*, 16, pp. 55-81.
- Perilla, G. & Mas, J. (2020). Google Earth Engine (GEE): una poderosa herramienta que vincula el potencial de los datos masivos y la eficacia del procesamiento en la nube. *Investigaciones geográficas*, (101). <https://doi.org/10.14350/rig.59929>
- QGIS.org (9 de febrero de 2023). *QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio*. <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>
- QGIS.org (15 de diciembre de 2022). *Guía de usuario de QGIS 3.22*. https://docs.qgis.org/3.22/es/docs/user_manual/preamble/preamble.html
- Quesada, M. (2012). Dinámica territorial en el uso de la tierra y el régimen hidrológico: Región central, Costa Rica. *Espacio y Desarrollo*. 24, pp. 45-56. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espaciodesarrollo/article/view/7584>
- Quintero, A., Plata, W., Olimón, V., Monjardín, S., & Nemiga, X. (2021). Dynamics of changes in land use and estimation of CO2 in mangroves in the Marismas Nacionales area, Mexico. *Ciencias Marinas*, 47(2), pp. 105-125. <https://doi.org/10.7773/cm.v47i2.3162>
- Quinteros, Y. (2000). *Valoración económica de la deforestación en el Parque Nacional Tingo María (Sectores: Río Oro, Juan Santos Atahualpa, Quebrada Tres de Mayo)* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Agraria De La Selva.
- Ramírez, L. & Pértile, V. (2013). Cambio de uso de suelo y tendencias de la expansión urbana entre 1990 y 2030 en Juan José Castelli y Villa Ángela, Chaco, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 5 (5), pp. 194-216. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/8572>
- Román, A. (2014). *Valoración económica de los servicios ambientales del Parque Nacional Tingo María: Cueva de Las Lechuzas-Catarata Gloria Pata y Sol Naciente* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Agraria De La Selva.
- Romero, H. & Vásquez, A. (2009). El crecimiento espacial de las ciudades intermedias chilenas de Chillán y Los Ángeles y sus impactos sobre la ecología de paisajes urbanos. *América Latina: sociedade e meio ambiente*, 109-136. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/118088>
- Rymbai, P.; Dey, S. & Jha, L. (2012). The impact of topographical characteristics and land use change on the quality of Umbaniun micro-watershed water resources, Meghalaya. *Ingeniería e Investigación*, 32 (2), pp. 12-17. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v32n2.31880>
- Seidman, I. (2006). *Interviewing as qualitative research: A guide for researchers in education and the social sciences*. New York, United States American: Teachers College Press.

- Servicio Nacional de Área Naturales Protegidas (SERNANP) (2019). *Plan maestro del Parque Nacional Tingo María 2022-2026*. Ministerio del Ambiente. Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-maestro-2003-2007-parque-nacional-tingo-maria>
- Van Dijk, T. (2005). Critical discourse analysis. En D. Schiffrin, D. Tannen, & H. E. Hamilton (Eds.). *The handbook of discourse analysis*. ISBN 978-0-470-75346-0. <https://doi.org/10.1002/9780470753460>
- Vázquez, P.; Zulaica, L. & Requesens, E. (2016). Análisis ambiental de los cambios en el uso de las tierras en el partido de Azul (Buenos Aires, Argentina). *Agriscientia*, 33(1), pp. 15-26. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v33.n1.16568>
- Vitousek, P. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science, New Series*, 277(5325), pp. 494-499. <https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494>
- Zavala, D. (2020). Notas sobre el uso de ecosistemas subterráneos por murciélagos en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú. *Mammalogy Notes*, 6(2), pp. 1-7. <https://doi.org/10.47603/mano.v6n2.166>
- Zhu, Z., Qui, S., He, B. & Deng, C. (2018). Cloud and Cloud Shadow Detection for Landsat Images: The Fundamental Basis for Analyzing Landsat Time Series. En Q. Weng (Ed). *Remote Sensing Time Series Image Processing* (pp. 3-23). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315166636-1>