

Artículo Original

Pérdida de cobertura vegetal en el distrito de Morales, San Martín, Perú (periodo 1987 – 2017)

LOSS OF VEGETATION COVER IN MORALES DISTRICT, SAN MARTÍN, PERU (PERIOD 1987 - 2017)

JHERSON CARRANZA GALLARDO§*
FLOR ESMERALDA TASILLA MONTALVAN§

Recibido: 20 octubre de 2020 / Aceptado: 02 noviembre de 2020

§*Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad Peruana Unión (Sede Tarapoto)*

Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar la pérdida de cobertura vegetal del distrito de Morales (San Martín – Perú) en el periodo 1987 – 2017. El método empleado consistió en el análisis multitemporal de imágenes satelitales, mediante la técnica de clasificación supervisada con el Software ArcGIS. Los periodos estudiados fueron 1987-1997, 1997- 2007 y 2007-2017. Se observaron cambios en la cobertura vegetal, en el periodo de 1987-1997 la se perdieron 948.42 ha, en el periodo 1997-2007 la reducción fue de 81.83 ha y en el periodo 2007-2017 la pérdida fue de 59.26 ha. Ante esto se puede concluir que la cobertura vegetal del distrito de Morales está experimentando pérdidas, siendo el principal factor el crecimiento demográfico.

Palabras clave: Cobertura vegetal, análisis multitemporal, imágenes satelitales.

Abstract

The objective of this research was to analyze the loss of vegetation cover in the district of Morales (San Martín - Peru) in the period 1987 - 2017. The method used consisted in the multitemporal analysis of satellite images, using the supervised classification technique with the Software ArcGIS. The periods studied were 1987-1997, 1997-2007 and 2007-2017. Changes were observed in the vegetation cover, in the period 1987-1997 948.42 ha were lost, in the period 1997-2007 the reduction was 81.83 ha and in the period 2007-2017 the loss was 59.26 ha. Given this, it can be concluded that the vegetation cover of the Morales district is experiencing losses, the main factor being demographic growth.

Keywords: vegetation cover, multitemporal analysis, satellite images.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel global, el cambio en la cobertura vegetal es un severo efecto de las actividades antrópicas, asimismo ésta es una de las principales causas del incremento de las tasas de extinción de especies en las décadas recientes (Galeana *et al.*, 2008).

Entre las consecuencias de este problema está la reducción y fragmentación del hábitat (Meffe & Carroll, 1994; Murcia, 1995) con la consecuente disminución de la

*Correspondencia de autor: E-mail: jhersoncarranza@upeu.edu.pe

biodiversidad, y la eliminación de variabilidad genética de poblaciones y especies (Saunders *et al.*, 1991) sumado a una clara pérdida de los servicios ambientales y bioculturales. Todas estas estimaciones son indicadores de un severo problema que se está acentuando y que tiene relación directa con el cambio en la cobertura vegetal hacia otro uso del suelo y el deterioro ambiental (Galeana *et al.*, 2008).

Los estudios relacionados a cambios en la cobertura vegetal obtienen mayor importancia debido esencialmente a las repercusiones de la deforestación. Dicho proceso genera reducción de la cubierta vegetal, daño de recursos forestales, deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y desestabilización de cuencas; que repercuten en patrones climáticos y contribuyen al calentamiento global (Galeana *et al.*, 2008).

Según el Ministerio del Ambiente, se han perdido 403 mil hectáreas de cobertura boscosa en la región San Martín en los últimos quince años y representa el 20,4 % de la deforestación observada a nivel nacional (Banco Central de Reserva del Perú & Gobierno Regional de San Martín, 2017).

Actualmente, de las 57120 ha con la que cuenta la subcuenca del río Cumbaza; 48 596 ha corresponden al 85% de áreas alteradas por la actividad antrópica (deforestación) con fines forestales, agrícolas y ganaderos y tan sólo 8 524 ha, correspondientes a un 15% del área total de la cuenca, lo constituyen bosques primarios no intervenidos (Plan de Desarrollo Concertado - Municipalidad Distrital de Morales [PDC-MDM], 2014).

El distrito de Morales comprende un área aproximadamente de 5250.97 hectáreas, se caracteriza por que las zonas de protección y conservación ecológica representan gran porcentaje del territorio (24.91%). También, existen zonas de recuperación; siendo el 16.59% y las zonas para producción forestal y otras actividades productivas el 0.89%; sin embargo, el mayor porcentaje (52.85%) está constituido por las zonas con potencial en actividad agropecuaria (PDC-MDM, 2014).

En este sentido, las coberturas vegetales son importantes debido a que constituyen un elemento representativo del componente ambiental y la relación con el bienestar y la calidad de vida de los habitantes, lo cual representa un factor determinante en el desarrollo local y regional (Cortes & Rubio, 2016).

El análisis presenta la evolución, en particular (el Distrito de Morales, de la provincia y departamento San Martín, Perú), que sirve como modelo para estudiar la pérdida de la cobertura natural (selvas y bosques), producto del crecimiento urbano, las actividades agrícolas entre otras, las cuales inciden en la fertilidad y la erosión del suelo.

CONTEXTO GEOGRÁFICO

El lugar de análisis del presente estudio es el distrito de Morales, se encuentra ubicado en el sector Noroccidental y cordillera sub-andina, en la Selva Alta de la Amazonía Peruana, en la jurisdicción del Departamento de San Martín, ocupado aproximadamente por 23,561 habitantes. En las coordenadas geográficas son Latitud Sur 6° 36' 15'' y Latitud Oeste 76° 10' 30'.

La precipitación pluvial en esta zona es de 2600 mm/año, con una temperatura promedio de 24.8 °C mínima y 27.3 °C máxima, pero con variantes locales de acuerdo al grado de

deforestación y presencia de valles (en zonas urbanas puede llegar a 30 °C por efecto de la radiación solar entre las 11 de la mañana y 2 de la tarde). Por el relieve accidentado y una fisiografía que varía desde los 3500 a 283 msnm (PDC-MDM, 2014).

La región de San Martín geológicamente se encuentra asentado dentro de la Cordillera de los Andes y un sector de la Llanura Amazónica. Geo estructuralmente está limitado, hacia el Oeste por la Cordillera Occidental y al Este por el Llano Amazónico y el Cratón Brasileño. Geográficamente se localiza en el sector noroccidental del Perú, limitados al este por los departamentos de Ucayali y Loreto; al oeste por La Libertad y Cajamarca; al norte por Amazonas y por el sur con el departamento de Huánuco, ver Figura 1. Posee una extensión aproximada de 5 179 642 ha (Castro, 2005).

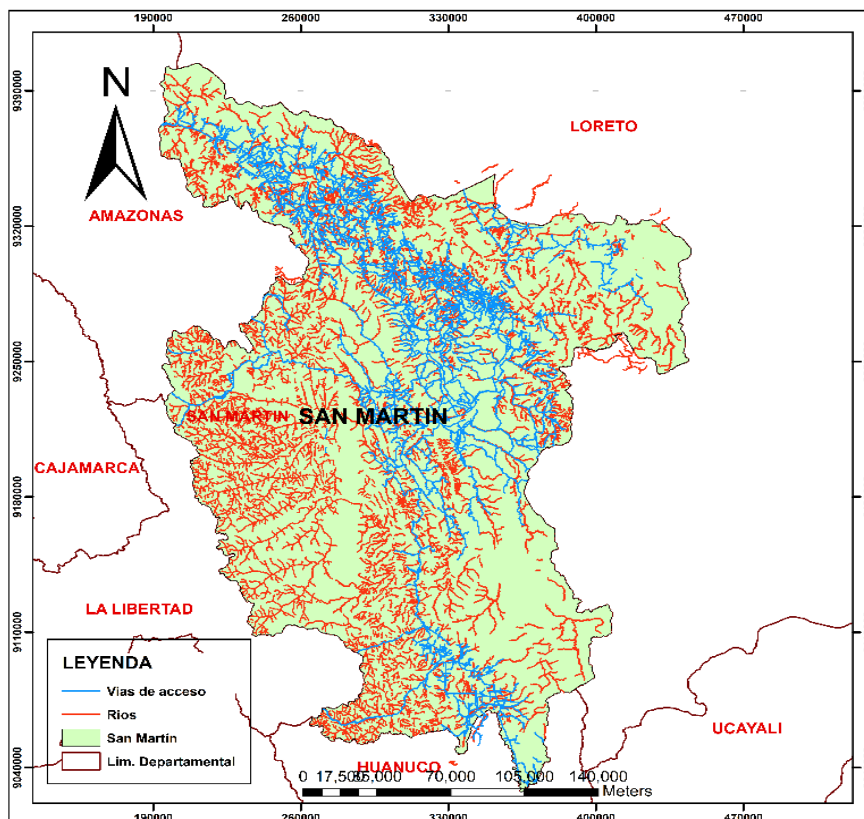


Figura 1. Mapa de la región San Martín. Base Cartográfica GRSM

USO Y COBERTURA DEL SUELO

La cobertura de suelo hace alusión a los elementos que conforman la expresión biofísica observable de la superficie terrestre. Generalmente, los componentes de la cobertura vegetal se encuentran agrupados en la vegetación y coberturas que están unidas a la infraestructura antrópica. Asimismo, el uso de la tierra está integrada a las actividades humanas que buscan generar bienes y servicios mediante al mantenimiento, remplazo y alteración del mismo (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2012).

Las características físicas de la superficie de la tierra se encuentran capturadas en la distribución de la vegetación, el suelo, el agua y otras características físicas, incluidas las

que fueron creadas únicamente debido a las actividades humanas (Rodríguez, 2018).

El uso de suelo está conformado por las actividades que pretenden generar flujos de bienes y servicios mediante el mantenimiento, reemplazo y alteración de la cobertura de suelo (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2012). Asimismo, este uso se refiere a la forma en que la tierra es utilizada por los humanos y el hábitat, con énfasis en el papel funcional de la tierra para las actividades económicas (Rodríguez, 2018).

La relación entre la cobertura y uso del suelo, se expresa en un gradiente de intervención, desde los usos que generan modificaciones a los ecosistemas naturales (como tala selectiva) hasta los usos del suelo que reemplazan la cobertura original (reemplazo de bosques nativos por pastizales) (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2012).

Por este motivo el suelo se ha convertido en indicador de la calidad ambiental, cuando la su cobertura, está directamente relacionada con su uso, se hace necesario identificar la dinámica de este proceso para conocer las tendencias de degradación, desertificación o pérdida de biodiversidad (García, 2008).

CAMBIO EN LA COBERTURA VEGETAL DEL SUELO

La cobertura de suelo, es la cubierta de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, la cual comprende una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que abarca desde pastizales hasta las áreas de revestimiento por bosques naturales (García, 2008).

Del mismo modo, el cambio de la cobertura del suelo es explicada como la conversión, apropiación y utilización no natural de los suelos para usos distintos, generalmente atribuido a procesos de deforestación, degradación del suelo, producto de las actividades humanas y fenómenos naturales (Alegre, 2017).

La urbanización involucra la transformación del suelo, las fusiones subdivisiones y fraccionamientos de áreas y predios ya sean rurales o urbanos. Asimismo, implica el crecimiento de los centros de población: expansión espacial y demográfica, ya sea por extensión física territorial del tejido urbano, por el acrecentamiento en las densidades de construcción y población, o también por ambos aspectos. Este aumento puede darse de manera anárquica o equilibrada (Alonzo & Gonzales, 2010).

DESEQUILIBRIOS EN LA COBERTURA VEGETAL

Se encuentra el crecimiento no planificado de las ciudades y su permanente expansión hacia el medio ambiente natural, ha hecho del crecimiento urbano un factor generador de graves impactos ambientales (Osorio, 2009). Asimismo, el crecimiento urbano es consecuencia de la dinámica poblacional, siendo la variación que ocurre en la composición de la población con el transcurso de los años. El aumento acelerado de la población urbana, rural y el desarrollo de las ciudades es un fenómeno natural, incontenible y necesario. A medida que un país pasa de una economía agrícola a una economía industrial, se produce una migración en gran escala del campo a la ciudad (León, 2015).

Entre las causas principales que amenazan la cobertura vegetal se encuentran la presión antropogénica sobre los recursos forestales (extracción de madera, tala clandestina),

práctica de actividades como la roza, tumba y quema, con el fin de abrir nuevos espacios para el establecimiento de la agricultura y ganadería, ocasionando de esta manera un desequilibrio ambiental, que pone en riesgo la supervivencia de las poblaciones animales y vegetales que habitan este patrimonio ecológico (Camacho *et al.*, 2015).

Existen otros factores que son causantes de la pérdida de la cobertura vegetal, pero los más visibles con producto de las actividades antropogénicas, entre los cuales se detallan los siguientes: (Álvarez & Agredo, 2013)

- Carencia de una planificación para la mejora de la Zonificación Económica y Ecológica, por parte de las autoridades competentes.
- Aumento de la población.
- Aumento de las actividades agrícolas y ganaderas.
- Deficiencia en el control urbano y rural.

USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un sistema de información geográfica (SIG) es una herramienta informática que sirve para ingresar, almacenar, gestionar, recuperar, actualizar, analizar y producir información, sus datos están relacionados con las características de las zonas y lugares geográficos (ONU, 2000). Por otro lado, el SIG es una interacción y un proceso organizado en el cual influyen los hardware, software, datos geográficos y personal idóneo, diseñada para capturar, guardar, manejar, analizar, modelar y representar de forma concreta la información geográficamente referenciada, con el objetivo de brindar una correcta planificación y gestión de los datos analizados, con la construcción de estrategias que nos permitan modelar descriptiva y predictivamente la evolución temporal y espacial de los elementos del ambiente vegetal (Sastre, 2010).

Mediante el uso del SIG se puede realizar análisis de la evolución de las coberturas y usos de suelo en el tiempo y desde una perspectiva multidisciplinar, la cual va a permitir realizar una adecuada orientación de acciones futuras (García, 2008). Asimismo, se puede llevar a cabo la clasificación supervisada de las imágenes satelitales, a través de una exploración de las clases de análisis estadístico variado, este proceso nos ayuda a identificar los valores de cada píxel de una o varias bandas de una imagen ráster, crea y evalúa las clases o clúster (firmas), finalmente reclasifica de acuerdo con las probabilidades de cada clase. Este procedimiento es muy práctico para crear de forma automática un mapa de uso del suelo o de cobertura (Arcgeek, 2012).

USOS DE LA TELEDETECCIÓN

Es una técnica que nos permite adquirir información de la superficie terrestre a través de imágenes proporcionados por sensores que están a bordo de satélites espaciales, así mismo la aplicación de esta técnica se basa en la discriminación y estratificación de áreas para muestreos multietápicos necesarios para derivar tamaños y números de muestras (Chuvieco, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁMBITO DE ESTUDIO

El área de estudio fue el distrito de Morales y la georreferenciación para el análisis multitemporal de la cobertura vegetal, se obtuvo de la delimitación geográfica proporcionada por la Base Cartográfica del Gobierno Regional de San Martín DATUM: WGS84 UTM, Zona: 18 Sur.

El distrito de Morales se encuentra ubicado en la provincia y departamento de San Martín, Perú. Comprende un total de 5250.97 hectáreas, los datos fueron obtenidos de la base cartográfica del Gobierno Regional de San Martín -GRSM, tiene sus límites con los siguientes Distritos:

- Por el Norte: con el Distrito de San Antonio de Cumbaza
- Por el Sur: con el Distrito de Juan Guerra
- Por el Oeste: con el Distrito de Cacatachi
- Por el Suroeste: Con el Distrito de Cuñumbuque
- Por el Oeste: Con el Distrito de Tarapoto

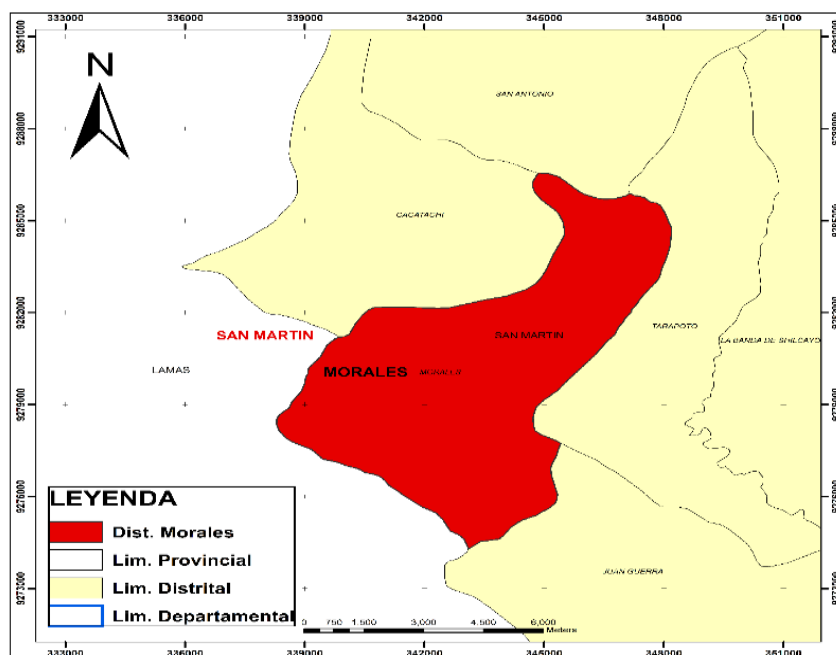


Figura 2. Mapa de ubicación del distrito de Morales. Base Cartográfica GRSM

MÉTODO DE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL

El método empleado consiste en el análisis multitemporal de imágenes satelitales, mediante la técnica de clasificación supervisada con el Software ArcGis.

Las imágenes satelitales requeridas para la presente investigación son las fotografías espaciales de Landsat, las cuales se obtuvieron del portal de EARTH EXPLORER- USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos).

La unidad de análisis de la presente investigación fue la cobertura vegetal, se refiere a los elementos que constituyen la expresión biofísica observable de la superficie terrestre y a las coberturas que están unidas a la infraestructura antrópica, la vegetación.

Se utilizó la guía: Procedimiento Técnico y Metodológico para la Elaboración del "Estudio Especializado de Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra" de la Resolución Ministerial N° 081-2016-MINAM. Del presente documento se consideró el periodo de análisis (10 años), además de la fórmula de Tasa de Cambio, las imágenes satelitales a usar, el análisis de datos y la interpretación de resultados.

Para el cálculo de la Tasa de Cambio se utilizó la fórmula propuesta por MINAM (2016) la que se muestra a continuación:

$$T_c = \left(1 - \frac{t_1 - t_2}{t_1} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Donde:

Tc: es la tasa de cambio

t₁ y t₂: son las superficies de la cobertura vegetal en el año inicial y final

t: equivale a la amplitud del periodo analizado

Los resultados gráficos son el proceso de manipulación digital e interpolación de datos, que permite generar los resultados que se observarán a continuación, como son las coberturas del área en estudio, estas apoyados en un trabajo de software de georreferenciación, y coordenadas que facilitan la aproximación a una realidad del contexto que se presenta (Álvarez & Agredo, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DISTRIBUCIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL

Las imágenes satelitales analizadas corresponden a los años respectivamente descritos: 1987, 1997, 2007, 2017 (Figuras 3 y 4); fueron obtenidas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), están definidos solo por los periodos donde la fuente de información lo permitió.

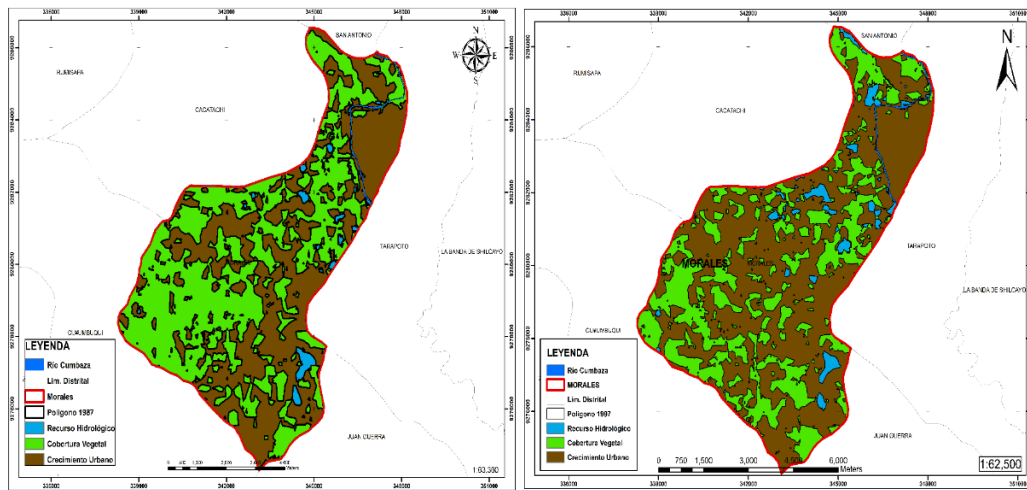


Figura 3. Cobertura vegetal en el periodo 1987 (izquierda) y 1997 (derecha), distrito Morales, San Martín

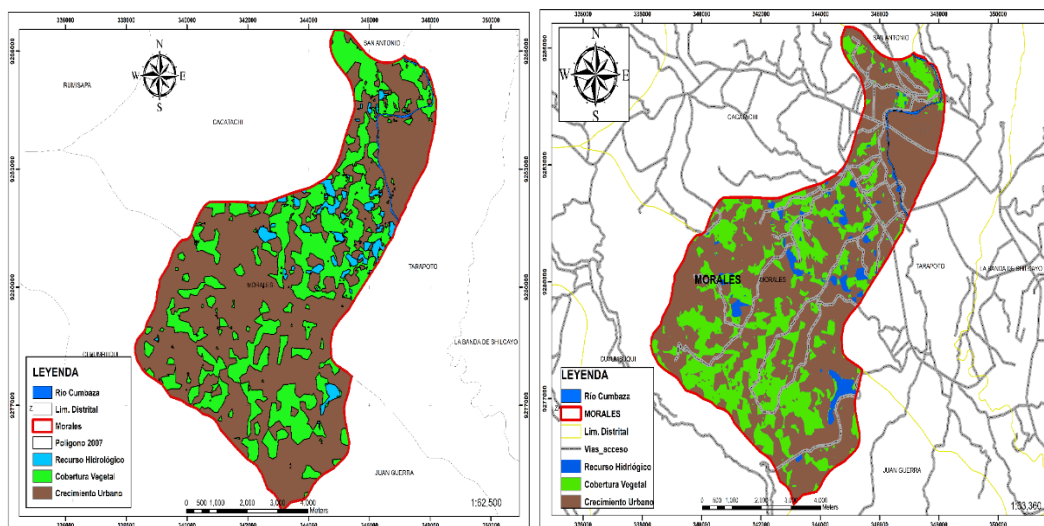


Figura 4. Cobertura vegetal en el periodo 2007 (izquierda) y 2017 (derecha), distrito Morales, San Martín

En la Tabla 1, se observa que, la unidad de cobertura vegetal del distrito de Morales en el año 1987 ocupó 2690.37 hectáreas, que representa el 51.24% del total de la superficie de análisis; en el año 1997 ocupa 1741.95 hectáreas, que representa el 33.17%; asimismo se observa que en el año 2007 ocupa 1660.12 hectáreas, que representa el 31.62% y en el año 2017 ocupa 1600.86 hectáreas el cual representa el 30.49% del total de la superficie del distrito de Morales.

Tabla 1. Distribución de la cobertura vegetal según años

Área (Ha) Distrito Morales	Año	Cobertura Vegetal (Ha)	Porcentaje Cobertura Vegetal (%)	Recurso Hidrológico (Ha)	Crecimiento urbano
5250.97	1987	2690.37	51.24	95.35	2464.48
	1997	1741.95	33.17	185.68	3320.36
	2007	1660.12	31.62	176.20	3412.09
	2017	1600.86	30.49	190.95	3456.82

En la Tabla 2 se observa que, en los periodos analizados hubo una reducción de la cobertura vegetal. En los años 1987-1997 se redujo 948.42 hectáreas de cobertura vegetal, en el 1997-2007 presenta una reducción de 81.83 hectáreas y en los años 2007-2017, disminuyó un 59.26 hectáreas de cobertura.

Tabla 2. Cambios en la cobertura vegetal según periodos

Periodo	Año	Cobertura vegetal (Ha)	Diferencia por periodos (Ha)
1	1987	2690.37	-948.42
	1997	1741.95	
2	1997	1741.95	-81.83
	2007	1660.12	
3	2007	1660.12	-59.26
	2017	1600.86	

TASA DE CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL

La determinación de la Tasa de cambio de la cobertura vegetal en el distrito de Morales, se desarrolló para los periodos 1987-1997, 1997-2007 y 2007-2017 respectivamente y se observó que el periodo con mayor variación fue el de 1987-1997 (-0.043), en los periodos posteriores las tasas fueron menores (Figura 5).

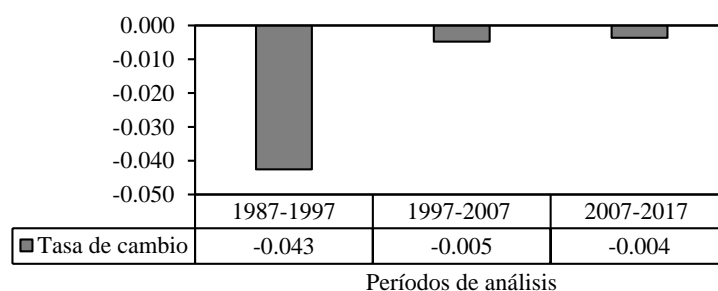


Figura 5. Tasas de cambio de la cobertura vegetal en el distrito de Morales, 1987-2017

Ante esto se puede indicar que la cobertura vegetal del distrito de Morales está experimentando cambios y ésta se puede dar por el incremento del cambio de uso de suelo para las actividades humanas, factores que están influyendo negativamente e incidiendo en la disminución de la cobertura.

CONCLUSIONES

El trabajo de investigación permitió analizar los cambios en la cobertura vegetal de la superficie del distrito de Morales en los periodos 1987-1997, 1997-2007 y 2007-2017. Este análisis nos muestra un descenso de la cobertura vegetal. Estos datos nos sirven para realizar una planificación de consumo responsable, vigilancia de los recursos naturales para asegurar su sostenibilidad y permanencia en el presente y el futuro. Finalmente, es importante precisar que la planificación para la reforestación de áreas degradadas y la concientización ambiental ayudarían a mitigar los efectos que produce el cambio de uso de suelo, favoreciendo la conservación de los recursos naturales del distrito de Morales.

Referencias

- Alegre, K. V. (2017). Cambios en la cobertura vegetal del suelo de la provincia de Yauyos, durante el transcurso de los años 1997 al 2017, a partir del comportamiento del desarrollo vegetal. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40115676001>
- Alonzo, L. A., & Gónzales, M. A. (2010). Pérdida de la cobertura vegetal como efecto de la urbanización en Chetumal, Quintana Roo. *Quivera*, 12(2), 1–19. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40115676001>
- Álvarez, J., & Agredo, G. A. (2013). Pérdida de la Cobertura Vegetal y de Oxígeno en la Media Montaña del Trópico Andino, Caso Cuenca Urbana San Luis (Manizales), (37), 30–48. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n37/n37a04.pdf>
- Arcgeek. (Noviembre de 2012). Obtenido de <https://acolita.com/clasificacion-supervisada-no-supervisada-en-arcgis/>
- Banco Central de Reserva del Perú & Gobierno Regional de San Martín. (2017). Informe Económico y Social Región San Martín. Retrieved from <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2017/san-martin/ies-san-martin-2017.pdf>
- Camacho, J. M., Juan, J. I., Pineda, N. B., Cadena, E. G., Bravo, L. C., & Sánchez, M. (2015). Cambios de cobertura / uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y Bosques*, 21(1), 93–112. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21n1/v21n1a8.pdf>
- Castro, W. (2005). Zonificación Económica y Ecológica de la Región San Martín.
- Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de la Teledetección Espacial. Retrieved from <http://pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
- Cortes, J. C., & Rubio, D. M. (2016). Comportamiento espacial de la cobertura vegetal del Municipio de Chía, Cundinamarca entre los años 1980-2012 y su relación con la conectividad ecológica del territorio. Retrieved from <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1548>
- Galeana, J. M., Corona, N., & Ordóñez, J. A. B. (2008). Análisis Dimensional de la Cobertura Vegetal-Uso de Suelo en la Cuenca. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/cfm/v34n105/v34n105a7.pdf>

- García, E. (2008). El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación del municipio de Juárez, Chihuahua. Retrieved from <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2009/10/TESIS-Garcia-Estarron-Erika-Julieta.pdf>
- León, L. A. (2015). Análisis Económico de la Población. Demografía, 6–221. Retrieved from <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/demografia-peru.pdf>
- Meffe, G., & Carroll, C. (1994). Principles of conservation biology. Sinauer. Associates, Inc. Stamford, CT. USA.
- MINAM. (2016). Resolución Ministerial N° 081-2016-MINAM. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/RM-N°-081-2016MINAM.pdf>
- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. Trends Ecol. Evol. 10.
- ONU. (2000). Manual de sistemas de información geográfica y cartografía digital. Retrieved from https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_79S.pdf
- Osorio, C. F. (2009). Impacto del crecimiento urbano en el medio ambiente del humedal de Valdivia 1992-2007. Retrieved from http://estudiosurbanos.uc.cl/images/tesis/2009/MHM_COsorio.pdf
- PDC-MDM. (2014). Plan de Desarrollo Concertado del distrito de Morales 2014 - 2021. Retrieved from https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/10376/PLAN_10376_2014_PDC-MORALES_2014_1era_Parte.pdf
- Rodríguez, N. Y. (2018). Determinación de la deforestación entre los años 1986 y 2016 mediante técnicas de teledetección y SIG, distrito Sauce – Perú. Retrieved from <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1548>
- Sastre, P. (2010). Sistemas de Información Geográfica (SIG). Técnicas básicas para estudios de biodiversidad. Retrieved from <https://geoinnova.org/wp-content/uploads/2018/08/Sistemas-de-Información-Geográfica-SIG-Técnicas-básicas-para-estudios-de-biodiversidad.pdf>
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J., & Margules, C. R. (1991). Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. Conservation Biology, 5(March), 18–32. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00384.x>
- Secretaría General de la Comunidad Andina. (2012). Gestión Ambiental en los países de la Comunidad Andina. Revista de la Integración (Vol. 9). Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/gestion-ambiental-paises-comunidadandina>
- Soulé, M., & Orians, G. (2001). Conservation biology: research priorities for the next decade. Island Press. Sunderland, MA. USA. Christoph, R., Muñoz, R., Hernández, A. (2016). Aspectos nano de los desechos de plástico. Revista de Física. Recuperado el 27 de 03 de 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Rainer_Christoph/publication/299996297_NANO_ASPECTS_OF_PLASTIC_DEBRIS/links/5a6756394585159da0d9dd13/NANO-ASPECTS-OF-PLASTIC-DEBRIS.pdf