UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ANALISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA BOSCOSA EN EL CANTÓN MERA PROVINCIA DE PASTAZA.

AUTOR(ES):

Edwin Rodolfo Alarcón Sánchez

Anthony Daniel Noroña Campoverde

DOCENTE - TUTOR:

PhD. Darwin Javier Sucoshañay Villalba

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ANALISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA BOSCOSA EN EL CANTÓN MERA PROVINCIA DE PASTAZA.

AUTOR(ES):

Edwin Rodolfo Alarcón Sánchez

Anthony Daniel Noroña Campoverde

DOCENTE - TUTOR:

PhD. Darwin Javier Sucoshañay Villalba

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Correcto
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Hay faltas de ortografía que no pueden permitir los autores
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	17/20	Tiene errores en la forma de citar, deben mejorar la forma de redactar y mantienen errores ortográficos. No hay una declaración clara del problema
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	14/15	Mantienen faltas ortográficas
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14/15	Está muy bien pero mantienen errores de forma en las citas, redacción

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	Están organizados, presentan los resultados, en ocasiones parece un poco especulativo porque infieren, es decir, no es el resultado de su análisis; pero, disminuyen puntos porque mantienen errores en redacción y ortografía
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	3/5	Hay referencias que no aparecen en el texto. Los autores no cuidaron la ortografía, ponen nombres propios con minúscula. Ponga la cursiva en el nombre de la revista y volumen
VALORACIÓN TOTAL	91/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	91

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
RUTH IRENE ARIAS GUTIERREZ

Dra. Ruth Irene Arias Gutiérrez, PhD

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de marzo de 2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO Análisis multitemporal de la cobertura boscosa en el cantón Mera, provincia de Pastaza.		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	4,5/5	Cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4/5	Cumple
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18,5/20	Cumple
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	14,5/15	Cumple falta de ortografía, revisar escritura
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14/15	Cumple

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	De acuerdo
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	De acuerdo Falta de coherencia
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple
VALORACIÓN TOTAL	91,5/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	91,5/100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JOSE ANIBAL CALVOPINA BELTRAN

Mg. José Aníbal Calvopiña Beltrán

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Puyo, 1 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Edwin Rodolfo Alarcón Sánchez, con C.I. 1850673086, con el Tema: "Análisis multitemporal de la cobertura boscosa en el cantón Mera, provincia de Pastaza", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Sucoshañay Villalba Darwin Javier, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 1 de marzo de 2023 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
DARWIN JAVIER
SUCOSHANAY VILLALBA

Sucoshañay Villalba Darwin Javier
Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Análisis multitemporal de la cobertura boscosa en el cantón Mera, provincia de Pastaza ArcF.doc (D159833475)
Submitted	2023-03-01 23:18:00
Submitted by	Javier Sucoshañay
Submitter email	dj.sucoshanayv@uea.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	dj.sucoshanayv.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Evaluación del cambio y uso de la tierra en la parroquia Puerto Napo durante el periodo 2000 – 2021 con el u so de los SIG.docx**
Document Evaluación del cambio y uso de la tierra en la parroquia Puerto Napo durante el periodo 2000 – 2021 con el u so de los SIG.docx (D126652157)
Submitted by: dj.sucoshanayv@uea.edu.ec
Receiver: dj.sucoshanayv.uea@analysis.urkund.com
3

SA **AVANCE PROYECTO DE TESIS_ Pambi Veronica.docx**
Document AVANCE PROYECTO DE TESIS_ Pambi Veronica.docx (D49333719)
1

SA **MariaPinta.doc.docx**
Document MariaPinta.doc.docx (D111881814)
1

Entire Document

Análisis multitemporal de la cobertura boscosa en el cantón Mera, provincia de Pastaza.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 01 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Anthony Daniel Noroña Campoverde, con C.I. 1725391120, con el Tema: "Análisis multitemporal de la cobertura boscosa en el cantón Mera, provincia de Pastaza", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Sucoshañay Villalba Darwin Javier, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 1 de marzo de2023 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
DARWIN JAVIER
SUCOSHANAY VILLALBA

Sucoshañay Villalba Darwin Javier
Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Análisis multitemporal de la cobertura boscosa en el cantón Mera, provincia de Pastaza ArcF.doc (D159833475)
Submitted	2023-03-01 23:18:00
Submitted by	Javier Sucoshañay
Submitter email	dj.sucoshanayv@uea.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	dj.sucoshanayv.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Evaluación del cambio y uso de la tierra en la parroquia Puerto Napo durante el periodo 2000 – 2021 con el u so de los SIG.docx**
Document Evaluación del cambio y uso de la tierra en la parroquia Puerto Napo durante el periodo 2000 – 2021 con el u so de los SIG.docx (D126652157)
Submitted by: dj.sucoshanayv@uea.edu.ec
Receiver: dj.sucoshanayv.uea@analysis.urkund.com
3

SA **AVANCE PROYECTO DE TESIS_ Pambi Veronica.docx**
Document AVANCE PROYECTO DE TESIS_ Pambi Veronica.docx (D49333719)
1

SA **MariaPinta.doc.docx**
Document MariaPinta.doc.docx (D111881814)
1

Entire Document

Análisis multitemporal de la cobertura boscosa en el cantón Mera, provincia de Pastaza.

Análisis multitemporal de la cobertura boscosa en el cantón Mera, provincia de Pastaza.

Noroña Campoverde Anthony Daniel
ad.noronac@uea.edu.ec
Alarcón Sánchez Edwin Rodolfo
er.alarcons@uea.edu.ec
Sucoshañay Villalba Darwin Javier
dj.sucoshanayv@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de ingeniería Ambiental (1)

Resumen

El presente estudio se centra en el análisis multitemporal de la cobertura y uso de suelo en el cantón de Mera, en la provincia de Pastaza, para el periodo 2001-2021, empleando imágenes satelitales del territorio, obtenidas de la plataforma Earth Explorer (USGS) de los años 2001, 2013, 2017, 2021, con un porcentaje menor al 20% de nubosidad. El procesamiento, clasificación y composición de mapas generados en Arc Gis 10.5 permite clasificar e identificar cinco categorías de cobertura y uso de suelo en diferentes temporalidades, y mediante las ecuaciones propuestas para el cálculo de tasas de cambio de las coberturas y estimación de promedio anual de deforestación se evidenciaron los cambios ocurridos, principalmente una disminución constante de la cobertura boscosa, un aumento de las áreas pobladas y zonas agropecuarias, y una variación de incremento-disminución en la cobertura correspondiente a suelo desnudo, cambios asociados a un incremento en la pérdida de bosques, a causa de la intensificación de actividades antrópicas en la zona, tornándose alarmante ya que el territorio principalmente el área correspondiente a la cobertura boscosa pertenece a una zona de amortiguamiento y en ella se encuentran cuerpos de agua de vital importancia para el cantón y la provincia.

Palabras Clave*:* imagen satelital, detección de cambios, clasificación de imágenes ráster, deforestación.

Abstract

This study focuses on the multitemporal analysis of land cover and land use in the canton of Mera, in the province of Pastaza, for the period 2001-2021, using satellite images of the territory, obtained from the Earth Explorer (USGS) platform. of the years 2001, 2013, 2017, 2021, with a percentage of less than 20% cloudiness. The processing, classification and composition of maps generated in ArcGis 10.5 allows to classify and identify five categories of cover and land use in different temporalities, and through the equations proposed for the calculation of rates of change of the covers and estimation of average annual deforestation The changes that occurred were evident, mainly a constant decrease in forest cover, an increase in populated areas and agricultural areas, and an

increase-decrease variation in the cover corresponding to bare soil, changes associated with an increase in the loss of forests , due to the intensification of anthropic activities in the area, becoming alarming since the territory, mainly the area corresponding to the forest cover, belongs to a buffer zone and in it are bodies of water of vital importance for the canton and the province.

Keywords: satellite image, change detection, raster image classification, deforestation.

1. INTRODUCCIÓN

Según lo mencionado por (Tobar 2022) "La cobertura vegetal de la Amazonía Ecuatoriana es vulnerable debido a que se enfrenta a problemas de extracción de recursos forestales y petroleros entre los más importantes", por ello en las provincias amazónicas se han establecido estaciones científicas como estrategias de conservación de la biodiversidad, las que entre sus principales objetivos está la conservación de la naturaleza en base a la propuesta de estrategias de desarrollo sostenible dentro de las comunidades y el aumento del ecoturismo dentro de las zonas en cuestión. A nivel general en las provincias amazónicas es importante tomar en cuenta la importancia de la conservación de las áreas protegidas y bosques protectores ya que cualquier alteración de los ecosistemas tiende a deteriorar las cadenas tróficas y proporcionar en menor medida los servicios ecosistémicos que son aprovechados por las comunidades aledañas y las zonas urbanas asentadas en las zonas de amortiguación especialmente en zonas protegidas.

La provincia de Pastaza comprende el hogar de muchos asentamientos de comunidades indígenas, además de comprender un gran atractivo forestal, por lo que ha sufrido un crecimiento notable en las actividades agropecuarias, ya que las mismas forman parte de los ingresos de los pobladores de la zona, contribuyendo a la deforestación. En el cantón Mera el cambio en el uso de suelo durante los últimos veinte años ha afectado áreas principalmente de bosque nublado, reduciendo su extensión dada la expansión de la zona urbana y de la frontera agrícola que cada vez demanda más territorio para el desarrollo de la población, la incidencia de fenómenos antropogénicos dadas las condiciones actuales del suelo conforme a la pérdida de bosque (Quezada, 2021). Por otro lado, dentro del cantón Mera se localiza la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Llanganates, dentro del corredor ecológico Llanganates-Sangay, donde se encuentran cuerpos de agua de vital importancia tanto para las especies de flora y fauna, como para las poblaciones asentadas en las cuencas de los afluentes de los ríos Zuñag y Anzu quienes subsisten de los servicios ecosistémicos de la zona, así como también para mantener el equilibrio de los ecosistemas.

La población del cantón de Mera crece a medida que transcurren los años, según el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) para el año 2010 el cantón Mera contaba con una población aproximada de 11.861 habitantes de los cuales 6.079 son hombres y 5.782 son mujeres, una tasa de crecimiento anual de 4.25% (entre los censos del periodo 2001 – 2010) en la actualidad aproximadamente hay una población de 17.547 habitantes, con el aumento poblacional, la expansión de la frontera agrícola, explotación maderera en las comunidades indígenas y locales, la incompetencia de políticas públicas de incentivos a la conservación de hábitats (Valdez & Cisneros, 2020) como se cita en Quezada (2021) ha ido de la mano generando la pérdida del bosque primario.

Según Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del período 2015 – 2025, En su actualización, se le asignó una importancia a programas y proyectos que gestionen de manera óptima y responsable los recursos naturales que se encuentran in situ. La biodiversidad de la zona permite a los pobladores aprovechar los servicios ecosistémicos que se encuentran en las zonas boscosas. Dentro del plan de ordenamiento del cantón se establecen programas y proyectos que ayudan a realizar un aprovechamiento responsable de los recursos ya que los mismos generan incentivos económicos hacia los pobladores. El cambio de uso de suelo se ha venido dando a lo largo de la vía Baños – Mera - Puyo a causa de los diferentes asentamientos poblacionales y el desarrollo de actividades económicas en la primera y segunda línea de deforestación; sin embargo, dado que una gran parte del cantón se encuentra suscrito al Sistema Natural de Áreas Protegidas (SNAP) lo que junto a normativa de regulación y control favorecen a que los procesos de deforestación sean menores y favorece a la conservación de la cobertura boscosa, sin embargo dentro de la zona de estudio se han venido dando continuos pequeños procesos de movimiento de masas de tierra lo que favorece a la deforestación.

El análisis multitemporal se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas en imágenes satelitales de la zona de estudio para diferentes periodos de tiempo, con el fin de conocer los cambios de uso de suelo que se han venido dando en la cobertura en un período de tiempo, permitiendo evaluar y deducir si ha existido una evolución del medio natural o a su vez la existencia de repercusiones por actividad antrópica (Chuvieco, 1990) como se cita en (Barrera & Chaparro,2021).

El presente trabajo tuvo como finalidad conocer y evaluar los cambios de uso de suelo que se han venido dando en la cobertura boscosa del cantón Mera a través de mapas temáticos elaborados en base a imágenes satelitales tipo Landsat (7, 8) y Sentinal-2 de los años 2001, 2013, 2017 y 2021. Además de determinar las tasas de deforestación y cambios en las coberturas.

2. METODOLOGÍA

Localización

El área de estudio perteneciente al cantón Mera se localiza en la parte noroccidental de la provincia de Pastaza (16 km del Puyo). Su accesibilidad es a través de la carretera Ambato-Baños-Mera-Puyo, que une la vía Panamericana, con la troncal amazónica que une las capitales de las provincias amazónicas ecuatorianas. En las coordenadas 1°30´ de su latitud Sur y 78°5´ de longitud Occidental, zona 17 Sur, a 1185 m.s.n.m. El cantón Mera limita con las provincias de Napo, Morona Santiago, Tungurahua, y los cantones Santa Clara y Pastaza (Figura 1).

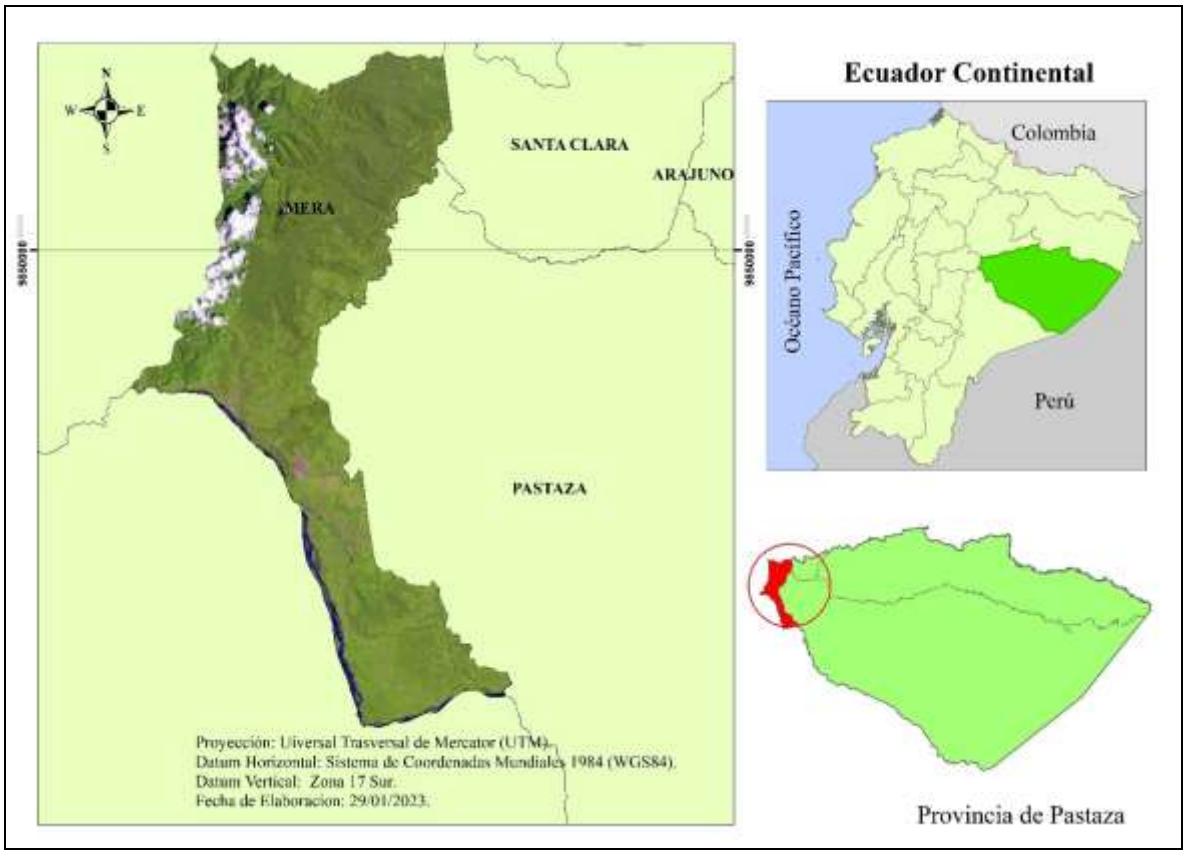

Figura 1. Localización del cantón Mera

Fuente: Adaptado Instituto Geográfico Militar, Archivos Shapefile: Cantones del Ecuador (2016). Imagen satelital Landsat 7, color real, 2001, tomada de USGS Earth Explorer.

Elaborado por: Autores.

La metodología de investigación del presente estudio fue de tipo exploratoria debido que para la obtención y determinación de resultados se utilizará herramientas y programas de Sistemas de Información Geográfica; así como también, experimental por el uso de imágenes satelitales para la determinación de los cambios producidos sobre la cobertura vegetal y el uso de suelo en el cantón Mera durante un periodo de 20 años (2001 – 2021); y de campo al realizarse un recorrido por las principales zonas para corroborar la información proporcionada por las imágenes satelitales.

El presente estudio se dividió en las siguientes etapas:

Primera Etapa: se basa en la obtención y selección de las imágenes satelitales a partir de la zona de estudio, para posterior análisis y cuantificación de los cambios en la cobertura y uso del suelo a lo largo del tiempo. Se consideró la utilización de la metodología propuesta por la Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET), donde detalla el uso de imágenes Landsat TM en formato "GeoTIF," específicamente para este estudio imágenes satelitales Landsat 7, Landsat 8, y Setinel-2, estos archivos proporcionan un formato para

realizar las combinaciones de bandas, obtenidos de la plataforma Earth Explorer USGS (centro Geológico de los Estados Unidos), esta plataforma permite dar ciertos criterios, como una cobertura de nubes inferior al 20 %, para los años de estudio 2001-2013-2017 y 2021, además la plataforma también nos proporciona archivos en formato GeoTIF, de tipo "L1T", que cuentan con correcciones de control y ciertos modelamientos, sistema de coordenadas "UTM, WGS-84, Zona 17 Sur" indispensables para su procesamiento en ArcGIS versión 10.5.

Seguidamente fueron utilizados cinco tipos de coberturas los cuales han sido establecidos en base al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015 del cantón Mera (PDOT, 2015):

1) Cuerpos de agua: Se escogió esta clasificación puesto que esta parroquia cuenta con ríos muy importantes como el Mangayacu, Tigre, Alpayacu, Chico, Motolo, Pindo, Putuimi, Chontayacu, Yanamaneque, Anzu, Blanco, Luchominguí (PDOT, 2015).
2) Suelo desnudo: Se determinó el presente parámetro para clasificar las zonas donde predominaba el suelo desnudo dentro de la zona de estudio (PDOT, 2015).
3) Infraestructura: Se escogió esta clasificación para toda la parte de viviendas, edificios y calles del sector (PDOT, 2015).
4) Agropecuaria: Se seleccionó la presente categoría debido a que dentro de la zona de estudio se encontraron áreas destinadas al cultivo (PDOT, 2015).
5) Bosque: Se escogió el presente parámetro debido a que in situ se encuentra la zona de amortiguamiento del parque nacional Llanganates que abarca un porcentaje importante de zona boscosa (PDOT, 2015).

Tabla 1. Categoría de clasificación de las imágenes satelitales.

Color	***Categoría***
	Cuerpos de Agua
	Suelo Desnudo
	Infraestructura
	Agropecuaria
	Bosque

Elaborado por: *Los Autores*

Segunda etapa: Cuantificamos los cambios de uso de la tierra experimentados por la zona de estudio a través de los diferentes periodos de tiempo, para ello realizamos una buena clasificación de las imágenes previamente descargadas en los sensores Landsat 7 para el año 2001, Sentinel-2 para los año 2013 y 2021, y Landsat 8 para el año 2017 realizando una clasificación supervisada en la cual mediante el criterio del observador crea firmas espectrales y una herramienta de máxima verosimilitud clasifica los tipos de cobertura y uso de la tierra, permitiendo de este modo presentar los resultados mediante un mapa.

Los detalles de la metodología utilizados en este estudio se proporcionan a continuación:

Paso 1: Composición de bandas.

- En ArcMap, Cargamos las bandas (bandas 1 a 7) que componen las imágenes satelitales con sus respectivas correcciones atmosféricas.
- Mediante la herramienta "Composite Bands" realizamos una combinación de bandas.
  -Land Sat 7 bandas: B3, B2, B1.
  -Land Sat 8 bandas: B4, B3, B2.
  -Sentinal-2 bandas: B4, B3, B2.
- Guardamos el archivo.

Paso 2: Delimitación del área de estudio

- Previamente cargado la imagen satelital la cual debe estar en las coordenadas UTM WGS1984 Sur Zona 17.
- Mediante el ArcToolBox – herramienta "extract by mask" realizamos un corte delimitando el área de estudio.

Paso 3: Clasificación Supervisada

- Establecemos un nuevo shapefile de puntos al cual vamos asignando las diferentes categorías de cobertura y uso de suelo.
- Realizamos la interpolación mediante herramienta Multivariate de "Créate Signature" y "maximum Likelohood"
- Por medio del criterio del observador y los pixeles de las imágenes satelitales realizamos la clasificación supervisada.

Paso 4: Edición y Corrección.

- Transformamos nuestra imagen satelital de formato Raste a Polígono mediante las herramientas de "Conversión Tools".
- Iniciamos la sección de edición "Star Editing".
- Mediante el criterio del observador corregimos aquellos polígonos que se encuentren en una categoría diferente a la que pertenecen, a través de la tabla de atributos y de la herramienta "fiel calculator"
- Al finalizar la detenemos la edición "Stop Edition" y guardamos (Save).

Paso 5: Generalización de las categorías.

- Por medio de la herramienta de "Generalitation" ejecutamos "Dissolve" que nos permite formar un solo polígono por cada categoría asignada.
- Calculamos áreas en "km2" (herramienta de Calcúlate Geometry) para cada uno de los polígonos de las diferentes categorías.

Paso 6: Cálculos deforestación

- Estimamos la Tasa de cambio anual en la cobertura y uso de suelo (ecuación 1) a través de la fórmula propuesta por Puyravaud (2003) citado en Montenegro, et.al., 2005.

Ecuación 1: Tasa de cambio anual en la cobertura y uso de suelo

$r = \frac{1}{(t2-t1)} \cdot \ln\left(\frac{A2}{A1}\right) \cdot 100$	Donde: r= tasa de cambio anual de cobertura y uso de suelo. A2= Superficie de las categorías de cobertura y uso de suelo al final del periodo. A1= Superficie de las categorías de cobertura y uso de suelo al inicio del periodo. t2= Año de finalización del periodo t1= Año de inicio del periodo.

- Estimamos el promedio anual de deforestación (ecuación 2) mediante la fórmula propuesta por (SIAT-AC, 2015) como se cita en (Villares, 2019).

Ecuación 2: Promedio anual de deforestación.

$TMDt1 = \frac{(ABt1-ABt2)}{n}$	Donde: TMDt1= es el promedio anual de deforestación anual de la zona de estudio en "ha". ABt1= es la superficie ocupada por el bosque en el tiempo (t1) ABt2= es la superficie ocupada por el bosque en el tiempo (t2) n= es la diferencia de años entre el t1-t2

- Estimamos la tasa de deforestación por periodo de estudio (ecuación 3) a partir de la ecuación usada por el Ministerio del Ambiente (MAATE, 2011).

Ecuación 3: Tasa de deforestación por periodo de estudio.

$q = \left(\frac{A2}{A1}\right)^{\frac{1}{(t2-t1)}} - 1$	Donde: q= Tasa de deforestación en el Ecuador continental (%). A2= Área de bosque Final (ha). A1= Área de bosque inicial (ha). t2= Año final. t1= Año inicial.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

De acuerdo con la metodología aplicada, se procesaron imágenes satelitales con la finalidad de digitalizar la zona de estudio. A partir del procesamiento de datos se obtuvieron 4 mapas con las coberturas y uso de suelo de los años 2001, 2013, 2017, 2021. Acorde a los periodos de tiempo establecidos para el presente análisis, los cambios de la cobertura y uso de suelo serán analizados en la siguiente figura:

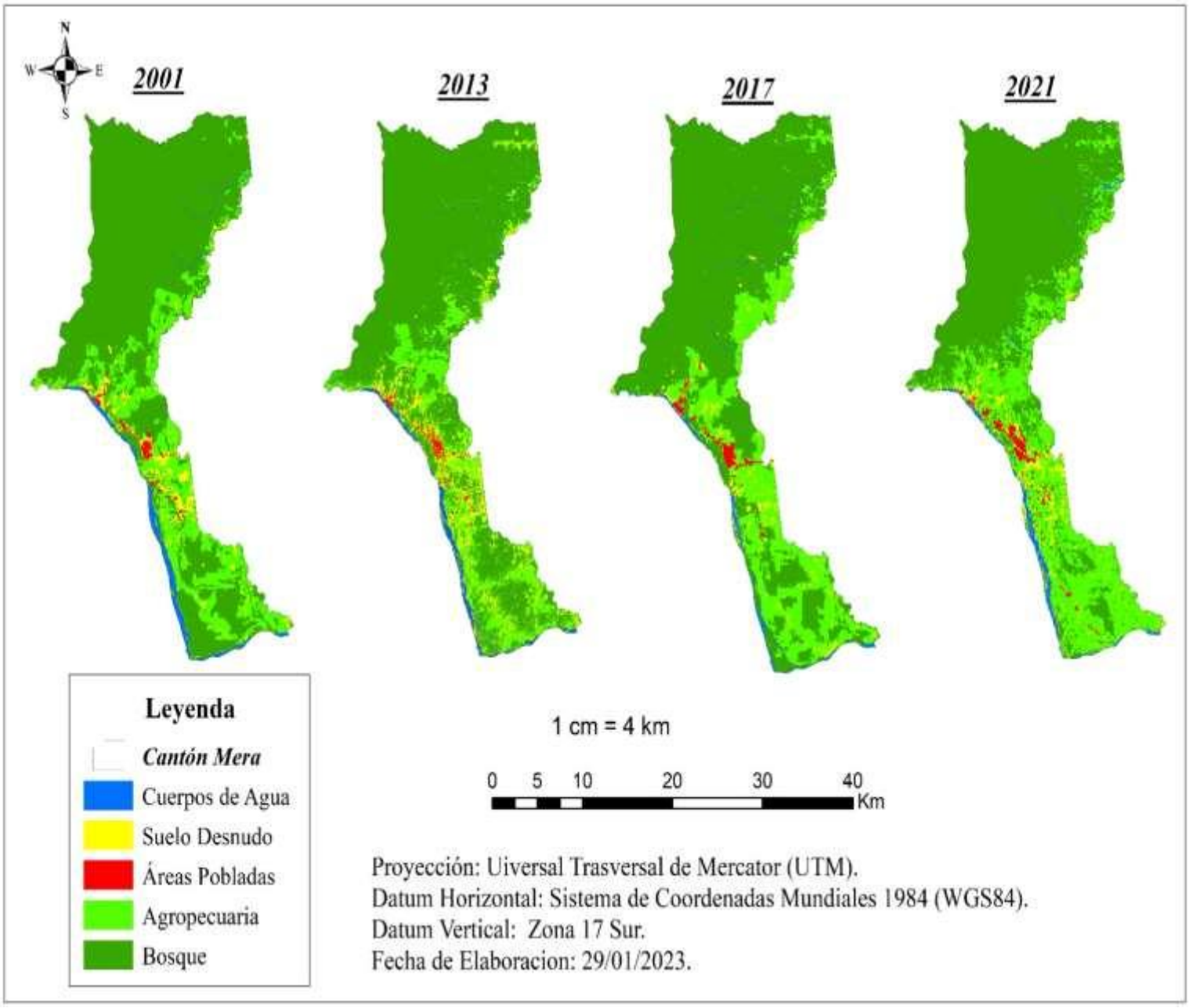

Figura 2. Cambio de la cobertura y uso de suelo

Elaborado por: *Los autores*

Tabla 2. Superficie de la cobertura y uso de suelo del Cantón Mera.

Categoría	*2001 (km2)*	*%*	*2013 (km2)*	*%*	*2017 (km2)*	*%*	*2021 (km2)*	*%*	*Cambio Neto del 2021/2001 (%)*
Cuerpos de Agua	13.89	*2.64*	*12.23*	*2.32*	*11.74*	*2.22*	*11.16*	*2.12*	*-80.4*
Suelo Desnudo	19.91	*3.78*	*39.86*	*7.57*	*18.48*	*3.46*	*21.85*	*4.15*	*109.7*
Áreas Pobladas	4.40	*0.84*	*5.609*	*1.06*	*6.16*	*1.15*	*7.70*	*1.46*	*174.8*
Agropecuaria	105.44	*20.01*	*92.38*	*17.53*	*129.81*	*24.31*	*161.86*	*30.72*	*153.5*
Bosque	383.19	*72.73*	*376.8*	*71.52*	*367.8*	*68.88*	*324.30*	*61.55*	*-84.6*

Elaborado por: *Los Autores*

Estimación de promedio anual de deforestación (Ecuación 1).

Tabla 3. Tasa de cambio anual de la cobertura y uso de suelo del cantón Mera.

Categoría	*Superficie (km2) 2001*	*Superficie (km2) 2021*	*Tasa de Cambio anual en (%) (2021-2001)*
Cuerpos de Agua	*13.89*	*11.16*	*-1.09*
Suelo Desnudo	*19.91*	*21.85*	*0.46*
Áreas Pobladas	*4.40*	*7.70*	*2.79*
Agropecuaria	*105.44*	*161.86*	*2.14*
Bosque	*383.19*	*324.30*	*-0.83*

Elaborado por: *Los Autores.*

Tabla 4. Tasa de cambio anual categoría Bosque.

Periodo de cálculo	*Superficie (km2) inicial*	*Superficie (km2) final*	*Tasa de Cambio anual en (%)*
2001-2013	*383.19*	*376.8*	*-0.14*
2013-2017	*376.8*	*367.8*	*-0.60*
2017-2021	*367.8*	*324.30*	*-3.15*
2001-2021	*383.19*	*324.30*	*-0.83*

Elaborado por: *Los Autores.*

A continuación, se describen los cambios de cobertura y uso para cada una de las cinco

categorías establecidas en este análisis:

Cuerpos de Agua: La categoría cuerpos de agua (ver tabla 2) dentro de la zona de estudio para el año 2001 ocupaba una extensión 13,89 km2 del territorio, con una tendencia a reducirse en el paso del tiempo, de este modo para el año 2021 el área ocupada por esta categoría es de 11,16 km2, siendo la causa más probable de la disminución de esta cobertura la intensificación de actividades agropecuarias y el uso del recurso agua, sin embargo también hay que considerar que esta variación se puede deber a la calidad y porcentaje de nubosidad de las imágenes satelitales usadas.

Suelos Desnudos: La cobertura de suelo desnudo dentro de la zona de estudio (ver tabla 2) presenta ciertas variaciones en el área ocupada. A partir del año 2001 ocupaba 19,91 km2 (1991 ha) con un porcentaje dentro del territorio del 3,78%, para el año 2013 se puede evidenciar un aumento del territorio ocupado por suelo desnudo con 39,86 km2 (3989 ha) debido a la deforestación producida por el aumento de zonas agrícolas y pobladas. Posterior en el año 2017 se aprecia una disminución del territorio ocupado pasando a tener área de 18.48 km2 (1848 ha) infiriéndose que esta disminución se dio debido a que parte de las áreas ocupadas por esta categoría paso a formar parte de las áreas agrícolas o a su vez destinadas para la construcción de infraestructura. Finalmente, en el año 2021 se puede comprobar el aumento del territorio ocupado por suelo desnudo con 21,85 km2 (2185 ha) correspondiente al 4,15% del territorio, se puede deducir que el aumento del territorio ocupado por suelo desnudo es a causa de la dispersión de las zonas pobladas y con ello el aumento de las zonas deforestadas que serán destinadas a otras categorías.

Áreas Pobladas: Esta categoría dentro de la zona de estudio (ver tabla 2) se mantiene incrementándose conforma avanza el tiempo y se van dispersando los poblados, es así como paso de 4,40 km2 (0,84%) del territorio ocupado en 2001 a ocupar 7,70 km2 (1,46%) en 2021 corroborándose con las estadísticas de población presentadas por el INEC (2010) además cabe mencionar que la edad promedio dentro del cantón Mera fue de 25 años (considerados población joven), lo cual infiere que la cantidad de habitantes dentro de la zona de estudio tiende a aumentar.

Áreas Agropecuarias: Dentro de este estudio esta categoría representa la segunda área con mayor cobertura, sin embargo, a diferencia de la categoría bosque (área con mayor cobertura) con el transcurrir de los años esta ha ido variando y ha tendido a incrementarse de manera significativa (ver tabla 2), de un área de 105.44 km2 (10544 ha) en 2001 a 161.86 km2 (16186 ha) en 2021 incrementado aproximadamente 56.42 km2 (5642 ha). Pasando de ocupar áreas cercanas a zonas pobladas ha también cubrir áreas de cobertura boscosa, con cultivos permanente (cacao, naranjilla, banano, pasto, etc.), cultivos transitorios y barbecho (camote, papa china, yuca, maíz duro seco, etc.) y zonas destinadas a la producción pecuaria y de especies menores.

Bosque: Las áreas comprendidas como forestales dentro del cantón Mera con el paso

del tiempo y como se corrobora en este análisis multitemporal han disminuido aproximadamente 58.89 km2 (5889 ha) de área en un periodo de 20 años (ver tabla 2), resultando alarmante dado que esta categoría de cobertura y uso de suelo es un componente clave para la conservación y preservación de la biodiversidad tanto de especies (flora y fauna) como de ecosistemas (sus componentes) así como también para la prevención de riesgos naturales entre los que destaca la erosión, movimientos y deslizamientos de masas de tierra. Sin embargo, los cambios mayormente visibles ocurren en lo que se considera la primera y segunda línea de deforestación, áreas cercanas a las zonas antrópicas (poblados) y cercanas a la vía Baños- Mera-Puyo (PDOT, 2015).

En el año 2001 el área correspondiente a la cobertura de bosques cubría el 72.73% del territorio, siendo aproximadamente 383.19 km2, para el año 2013 el área correspondiente a bosque se reduce al 71.52% aproximadamente 376.8 km2. Al año 2017 esta cobertura continúa reduciéndose hasta el 68.88 % del territorio, aproximadamente (367.8 km2), y finalmente en este estudio para el año 2021 el área cubierta por esta categoría se reduce, cubriendo 61.55% correspondiente al 324.30 km2 del territorio (ver tabla 2), sin embargo, a pesar de tener una tendencia a irse reduciendo se mantiene como la categoría con mayor cobertura, mayor área, concentrándose en la parte norte del cantón (ver figura 2). La tasa de cambio anual de deforestación muestra un incremento de 0,83% durante el periodo estudiado (20 años) (ver tabla 3).

Estimación de promedio anual de deforestación (Ecuación 2).

Tabla 5. Conversión de Km2 a ha durante los años de estudio.

Categoría	**Unidad**	*2001*	*2013*	*2017*	*2021*
Bosque	**(km2)**	383.19	*376.817*	*367.80*	*324.30*
	Ha	*38318.60*	*37681.70*	*36779.90*	*32430.20*

Elaborado por: *Los Autores.*

Tabla 6. Área de la cobertura boscosa en hectáreas ha

Bosque

2001 (Ha)	*2021 (Ha)*
38318.6	*32430.2*

Elaborado por: *Los Autores.*

$$TMDt1 = \frac{(38318.6\ ha\ -\ 32430.2\ ha)}{20}$$

$$TMDt1 = 294.42\ ha$$

Aplicando la fórmula propuesta, obtuvimos un promedio anual de deforesta aproximado de

294.42 hectáreas de bosque nativo dentro del cantón Mera, resultado que corroboramos con los cambios observados en el incremento de áreas para las categorías de áreas pobladas (infraestructura de la población), mosaico agropecuario y suelo desnudo.

Tasa de deforestación por periodos de estudio.

Se planteó 3 periodos de análisis para las tasas de deforestación en primero comprendido entre 2001-2013, el segundo entre 2013-2017 y el tercero entre 2017 –2021 obteniendo las siguientes tasas de deforestación (Ecuación 3):

Tabla 5. Tasa de deforestación por periodos de estudio (%).

2001-2013	$q = \left(\frac{37681.70\ ha}{38318.60\ ha}\right)^{\frac{1}{(2013-2001)}} - 1$	$q = -0.00140\ \%$
2013-2017	$q = \left(\frac{36779.90\ ha}{37681.70\ ha}\right)^{\frac{1}{(2017-2013)}} - 1$	$q = -0.0060\ \%$
2017-2021	$q = \left(\frac{32430.20\ ha}{36779.90\ ha}\right)^{\frac{1}{(2017-2021)}} - 1$	$q = -0.0310\ \%$

Elaborado por: *Los Autores.*

Para el periodo comprendido entre 2001-2013 se obtuvo una tasa de deforestación de -0.00140 %, para el periodo de 2013-2017 se obtuvo un valor de – 0.0060 % y finalmente para el periodo de 2017-2021 se obtuvo un valor de – 0.0310 % siendo este último el periodo con una mayor tasa de deforestación, manteniendo una tendencia a incrementarse en el tiempo. Es decir, se establece un mayor proceso de actividades antrópicas tanto para las actividades agropecuarias, crecimiento poblacional, y la generación de e espacios o suelo desnudo que dedicaron el suelo para otras actividades.

Si bien, ha existido una reducción para el periodo (2017-2021) de la deforestación en comparación al periodo de tiempo anterior (2013-2017) esta se ha concentrado espacialmente en la parte centro-sur del cantón por lo cual se deberán tener en consideración para futuros trabajos los cambios en la cobertura en los futuros años.

DISCUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos del análisis multitemporal, en relación con las imágenes satelitales usadas, es posible discutir los cambios en el uso y la cobertura del suelo producidos dentro del cantón Mera.

De acuerdo con el análisis de (Quezada, 2021), en donde mediante un análisis multitemporal para un periodo de 20 años (2000-2020) obtiene la tasa de deforestación y tasa de deforestación anual en las provincias de Pastaza y Orellana, determinó una tasa de deforestación de -3.40 % siendo esta la mayor tasa de cambio anual dentro del estudio correspondiendo al periodo entre los años 2015-2020. Resultado similar al obtenido dentro de este estudio en donde la mayor tasa de deforestación -3.15 % (ver tabla 4) por periodo

de estudio se obtiene en entre los años 2017-2021. Acorde con la comparación de los datos obtenidos por la autora se puede inferir que la tasa de deforestación de la zona de estudio va a aumentando según las necesidades de las poblaciones actuales y futuras ya que necesitan de recursos forestales para generar nuevas fuentes de ingresos económicos y para la construcción de viviendas, evidenciándose un leve incremento en esta cobertura pasando de 0.84% en 2001 a 2.25% en 2021. Además, muchas hectáreas están siendo deforestadas para generar zonas de agropecuarias, incrementándose de manera preocupante la frontera agrícola.

En base a las visitas de campo en el territorio se ha comprobado que, dentro de la zona de estudio, se ha presenciado un cambio progresivo en el uso del suelo ya que, debido al análisis multitemporal de la cobertura boscosa del cantón Mera, provincia de Pastaza la tasa de deforestación se ha visto incrementada de manera proporcional al crecimiento de la población, la dispersión de las comunidades y el aumento de las actividades agropecuarias.

4. CONCLUSIONES

En base a los mapas resultantes se evaluó los cambios producidos en la cobertura y uso de suelo dentro del territorio del cantón Mera en un periodo de 20 años, mediante el análisis espectral de imágenes satelitales (Landsat 7y 8, y sentinal-2), evidenciando los cambios especialmente evidenciando una disminución de superficie de cobertura de la categoría de Bosque.

El bosque primario dentro de la zona de estudio es un punto de partida importante ya que se puede establecer el aumento o disminución de servicios ecosistémicos, los cuales, son utilizados frecuentemente por las poblaciones aledañas. Cabe recalcar que el cantón está ubicado en la zona de amortiguamiento del parque nacional Llanganates y es necesario generar planes de conservación de los recursos forestales con la finalidad de evitar el aumento de las tasas de deforestación.

En base a los resultados de porcentaje de deforestación del cantón Mera, se puede notar un aumento significativo de la deforestación en el paso del tiempo, este aumento en la deforestación se debe al crecimiento poblacional (mayor demanda de recursos y espacio para áreas destinadas a la construcción de infraestructura) y la expansión de la frontera agrícola (aumento de las actividades agropecuarias).

El periodo comprendido entre los años 2017 - 2021 representa el periodo que mayor deforestación (-0.0310 %), lo que se traduce como un incremento en actividades antrópicas relacionadas a un cambio con el uso del suelo.

REFERENCIAS

Aguayo, A. (2018). *Estudio mediante teledetección del litoral de Doñana: influencia del dique juan Carlos i sobre la morfología de la costa y las poblaciones vegetales del sistema dunar.* Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de

https://idus.us.es/handle/11441/81746

Anahí Quezada, J. S. (2021). *Estimación de la tasa de deforestación a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales en las provincias de Pastaza y Orellana en el periodo del 2000 al 2020.* Cuenca, ecuador: universidad politécnica de cuenca. Recuperado el 20 de 11 de 2022

Barrera, d., & Chaparro, j. (2021). From https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/46087/2022dianabarrera.pdf?sequence=1

Carlos Pérez Gutiérrez, & Ángel l. Muñoz Nieto. (2006). *Teledetección: nociones y aplicaciones - Google libros*. Https://books.google.com.ec/books?id=sfrgxbo1dt0c&pg=pa10&dq=correcciones+radiometricas&hl=es&sa=x&ved=2ahukewiuore80r37ahvksjabhqqscygq6wf6bagbeae#v=onepage&q=correcciones%20radiometricas&f=false

Cartaya, S., Zurita, S., & Rodríguez, E. (2015). *Clasificación supervisada para la selección de zonas de muestreo de especies cinegéticas en el refugio de vida silvestre, marino y costero pacoche, provincia de manabí, ecuador.*

Escribano, A. (2019). *Estudio hidrológico-ambiental de las marismas de Doñana mediante imágenes satélite.* Sevilla, España: universidad de Sevilla. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/94859/tfm-1611-rey%20escribano.pdf?sequence=1&isallowed=y

Flórez-Yepes, G. Y., rincón-Santamaría, a., Cardona, p. S., & Alzate-Alvarez, a. M. (2017). (“historical evolution of land cover by remote sensing: a case study”) *"análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de maltería en Manizales, Colombia."* (“análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de ...”) *Dyna*, *84*(201), 95–101. Https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.55759

Gonzaga, C. (11 de 09 de 2015). *Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales para análisis de coberturas vegetales en la provincia de Loja, Ecuador. Cedamaz, 5*(1), 30-41. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/43/41

Jerson Achicanoy, R. R. (01 de 06 de 2018). *Análisis y proyección de las coberturas vegetales mediante el uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica en la localidad de suba, Bogotá Colombia.* Gestión y ambiente, 21(1), 41-58. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6687507

José espinosa, E. P. (2017). *Sistema de monitoreo satelital para el seguimiento y desarrollo de cultivos del distrito de riego 038. Tecnología y ciencias del agua*, 20-35. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s2007-24222017000100095&script=sci_arttext

José Guzmán, M. G. (2022). *Uso de sensores remotos en la agricultura: aplicaciones en el cultivo del banano.* Agronomía mesoamericana, 33(3), 1-14. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v33n3/1659-1321-am-33-03-00022.pdf

Laura Cocha, n. P. (2018). *Análisis estadísticos de gases contaminados del aire monitoreado con sensores pasivos en la ciudad de Riobamba.* Caribeña de ciencias sociales, 54-76. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/10/gases-contaminantes-aire.html

INEC (2010). Fascículo provincial de Pastaza. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado el 27 de febrero del 2023, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pastaza.pdf

MAATE. (2011). *Ficha Metodologia Proyecto Mapa de Deforestación Histórica del Ecuador Continental, 2011.* Obtenido de https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusfichas/1460019710001_%C3%81REAS%20REFORESTADAS_21-06-2015_17-03-30.pdf

Mera, g. m. (2015). *Plan de ordenamiento territorial del cantón mera 2015-2025.* Mera, ecuador: GAD Municipal del Cantón Mera. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de http://www.municipiomera.gob.ec/imagenes/pdyot/faseidiagnosticomera2015-2025.pdf

Mera, GAD. (2015). *Plan operativo anual.* Mera, Pastaza, ecuador: GAD de mera. Recuperado el 12 de diciembre de 2022, de https://www.municipiomera.gob.ec/leytransparencia2015/poa2015.pdf

Montenegro, C., Strada, M., & Bono, J. (2005). *Estimación de la pérdida de superficie de bosque nativo y tasa de deforestación en el norte de argentina. Buenos Aires, Argentina*: umsef unidad de manejo del sistema de evaluación forestal, dirección bosques, secretaría de ambiente y desarrollo sustent. From https://www.researchgate.net/publication/323548055_estimacion_de_la_perdida_de_superficie_de_bosque_nativo_y_tasa_de_deforestacion_en_el_norte_de_argentina

Monterroso, M. (2013). *Guia practica: clasificación de imagenes satelitales.* From https://arcgeek.com/descargas/clasimmf.pdf

Patricia Veloza Torres, J., Maritza Bernal asesora, l., & Yeesed guerrero castro, a. (2017). *Análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora-productora "Casablanca."*

PDOT. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Mera. Mera.* Obtenido de http://www.municipiomera.gob.ec/imagenes/PDYOT/FaseIDiagnosticoMera2015-2025.pdf

Quezada, A. (2021). *Estimación de la tasa de deforestación a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales en las provincias de Pastaza y Orellana en el periodo del 2000 al 2020.* Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica de Cuenca. Recuperado el 20 de 11 de 2022

Sánchez, B. (12 de 2018). *La teledetección en investigaciones ecológicas como apoyo a la conservación de la biodiversidad:* una revisión. *Revista científica, 33*(3), 243-253. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0124-22532018000300243

Santiago Mogollón, D. O. (2021). *Estudio multitemporal de la cuenca del río chinchiná a partir de imágenes satelitales. Manizales, Colombia*: universidad católica de Manizales. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/3287

Serna, S. M., Henao, D. O., María, A., Álvarez, A., Díaz, a., & docentes -tutoras, g. (2021). *Estudio multitemporal de la cuenca del río Chinchiná a partir de imágenes satelitales.* Universidad católica de Manizales. Https://repositorio.ucm.edu.co/jspui/handle/10839/3287

Sigtierras. (n.d.). *Cobertura y uso de la tierra | sistema nacional de información de tierras rurales e infraestructura tecnológica*. Retrieved november 19, 2022, from http://www.sigtierras.gob.ec/cobertura-y-uso-de-la-tierra/

Suarez, C. (2021). *Desarrollo de librería en matlab para el cálculo de índices de vegetación a partir de imágenes espectrales.* Colombia: instituto tecnológico metropolitano. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/5566/carlos%20mario_suarez%20mu%c3%b1oz_2021.pdf?sequence=7&isallowed=y

Tobar, Y. (2022). *Estudio preliminar del estado de conservación del bosque protector oglán alto a partir del análisis de bases de datos biológicos de la estación científica juri juri kawsay de la universidad central del ecuador, cantón arajuno, provincia pastaza-ecuador.* Quito, ecuador: universidad central del ecuador. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/25552/1/uce-fcb-cb-tobar%20yesenia.pdf

Villares, E. (2019). *Estudio Multi-temporal de bsoque y vegetación protectora en la subcuenca alta del Ri Blanco, Riobamba -Ecuador.* Riobamba. Obtenido de https://issuu.com/unigis_latina/docs/villares_efrain_2015a

ANEXOS

Marco Teórico

Teledetección

La teledetección es una herramienta que es utilizada para la cuantificación de la biodiversidad existente en una zona determinada. Nació debido a la necesidad de recopilar datos ya que en muchas ocasiones no basta solo con el estudio en campo, además, la teledetección estima la heterogeneidad del paisaje que genera un mapeo satelital de los componentes bióticos y abióticos del ecosistema. (Sánchez. 2018).

Espectro electromagnético

La radiación electromagnética es la combinación de los campos eléctricos y magnéticos propagados por el espacio en forma de ondas que pueden alcanzar velocidades de hasta 300 000 km/s. La luz visible también adquiere dichas velocidades y compone una parte mínima del espectro electromagnético.

Dentro del espectro electromagnético se componen de luz ultravioleta, ondas de radio, microondas, luz infrarroja, rayos X y Gamma. (Escribano, 2019).

Sensores remotos

Los sensores remotos son utilizados en la teledetección para generar un preprocesamiento de imágenes ráster en cierto tipo de estudio priorice la corrección de los

efectos de las imágenes en relación con factores ambientales que dificultan la visualización. Dichos sensores remotos son muy utilizados en estudios e investigaciones correspondientes a expansión urbanística debido a que para que ocurra la misma hay que analizar las condiciones de suelo y los cambios del uso de este. Además, las imágenes satelitales y los sistemas de información geográfica en coordinación con los sensores remotos generan y procesan los datos necesarios con la finalidad de presentar los resultados del estudio correspondiente (Jerson Achicanoy, 2018).

Sensores pasivos

Los sistemas de monitoreo pasivo están basados en la recopilación de datos con una alta resolución geográfica. Dichos sensores son convenientes tanto económicamente como por la eficacia de los resultados presentados. Los sensores pasivos son muy utilizados dentro de estudios en zonas urbanas por la viabilidad económica y por los resultados presentados por los mismos. (Laura Cocha, 2018).

Sensores activos

Los sensores activos son los encargados de transmitir y recibir la energía a frecuencia de microondas. Son muy sensibles y eficaces para determinar los parámetros estructurales de la cobertura vegetal, además, del nivel de humedad de los suelos.

Los sensores activos son muy utilizados en investigaciones que presentan dificultades por los fenómenos presentados en la zona de estudio, dichos sensores presentan resultados confiables en relación con variables que en el estudio citado son plagas, enfermedades, variación vegetal, etc. (José Guzmán, 2022).

Imagen satelital

Las imágenes satelitales son obtenidas a partir de satélites multiespectrales en donde se destacan los índices de cobertura vegetal en los estudios que ameritan dichos datos. En este tipo de investigaciones se requiere efectuar una combinación matemática entre los niveles digitales que son almacenados en bandas espectrales de la misma imagen. (Gonzaga. 2015).

Programa satelital

Para los diferentes estudios a partir de programas satelitales podemos destacar los siguientes: Eclipse IDE for Java EE Developers, HeidiSQL, XAMPP. Las herramientas y lenguajes de programación web usadas fueron Java, JavaScript, jQuery, Css, OpenLayers y MySQL. (José Espinosa, 2017).

Bandas espectrales

"Es una selección de longitudes de onda con comportamientos electromagnéticos similares." (“Glosario de Teledetección”) Para los estudios en cambio de uso de suelo, las bandas espectrales son muy importantes ya que por la composición de estas se puede

visualizar de manera clara y concisa la situación multitemporal de la zona de estudio. Además, las bandas espectrales pueden variar según la imagen satelital correspondiente debido a que el procesamiento de estas es diferente según el estudio y zona en donde se va a realizar (Suarez, 2021).

Correcciones básicas de imágenes satelitales

En la generación de imágenes satelitales sin alteraciones es necesario realizar la corrección de cada una de las mismas aplicando técnicas tales como: calibración radiométrica y atmosférica, además, es importante reescalar los datos de reflectancia con la finalidad de realizar un adecuado procesamiento de datos. (Santiago Mogollón, 2021).

Clasificación de la imagen satelital

Consiste en la categorización automática de todos los pixeles en una o diversas clases temáticas en función de patrones espectrales, temporales y espaciales, tal como menciona (Vicens L. 2009) en (Monterroso, 2013) Las técnicas de clasificación de imágenes posibilitan la transformación de imágenes crudas (fotografías aéreas, imágenes de Satélite, etc.) en datos temáticos o mapas que mostraran información con un significado evidente. Como sucede a menudo, existen diferentes técnicas para poder llevar a cabo estas clasificaciones.

Clasificación Supervisada

Parte con un conjunto de clases conocidas. Estas clases deben caracterizarse a partir de todas las variables midiéndolas en individuos cuya pertenencia a una de las clases (el campo de formación) es insospechada, permite delimitar sobre la imagen aquellos elementos suficientemente representativos de cada una de las categorías que componen la leyenda (Chuvieco, 2006) como se cita en (Cartaya, Zurita, & Rodríguez, 2015).

Cobertura Vegetal y uso de la tierra

Según el portal de (SIGTIERRAS, n.d.) El uso de la tierra representa la ocupación que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura, resultado de la interrelación entre los factores biofísicos y culturales de un espacio geográfico determinado. De este modo la cobertura vegetal y uso de suelo hace referencia a la cubierta biofísica que se observa sobre la superficie de la tierra (elementos naturales y antrópicos)

Análisis Multitemporal

Metodología que permite evaluar los cambios e impactos ambientales más significativos a través del tiempo mediante comparativas entre imágenes satelitales, fotografías aéreas, mapas temáticos de determinada zona en diversos periodos de tiempo (Patricia Veloza Torres et al., 2017), permitiendo conocer las interrelaciones existentes entre los diferentes elementos que lo componen y su relación con la intervención antrópica (Flórez-Yepes et al., 2017).