

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



PREDICCIÓN DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AL AÑO 2026 EN LA CUENCA DEL RIO TOCACHE, SAN MARTIN

Autor : ADLER JAMPIER IBAÑEZ BOCANEGRA

Asesores : Ing. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO

: Ing. LEODAN TORIBIO DUEÑAS

Programa de Investigación : Gestión de cuencas hidrográficas

Línea (s) de Investigación : Zonificación ecológica y económica

Eje temático de Investigación : Manejo de información espacial

Lugar de ejecución : Cuenca del rio Tocache –San Martín

Duración : Fecha de Inicio : 19/01/2017

: Terminó : 10/12/2018

Financiamiento :

FEDU : No

Propio : Si

Otros : No

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



PREDICCIÓN DE LOS CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AL
AÑO 2026 EN LA CUENCA DEL RIO TOCACHE, SAN MARTIN

Tesis para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

ADLER JAMPIER IBAÑEZ BOCANEGRA

2019

DEDICATÓRIA

Este trabajo va dedicada al principal motor y motivo de este proyecto ¡Mamá Loidi! Por haberme dado la vida, la fuerza y ser el principal pilar para poder llegar a este momento tan importante en mi vida profesional.

A mi ¡Papá Cristóbal! Por ser un gran amigo y siempre estar enseñándome el camino de lo correcto con su sabiduría que le hace único.

Dedicada a mis hermanos, Evelyn Milagros, Ingrid Mirella, Cristhian Phiero y Cristóbal Junior; fueron y serán el mejor grupo que Dios me pudo haber dado para afrontar este camino de la vida dedicada a ustedes familia.

AGRADECIMIENTOS

¡Agradecimiento eterno a mis padres Cristóbal y Loidi! por siempre estar presente, enseñándome a superar los obstáculos de la vida, consejos valiosos difíciles de olvidar que, serán de mucha ayuda en mi vida profesional y siempre hacer sentir que la unión hace la fuerza.

A la Universidad Agraria de la selva por brindar los recursos necesarios para mi formación profesional, agradecer a los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes mediante sus enseñanzas y conocimientos recibidas hacen realidad de trabajos de investigación como el presente.

A ¡Fresy Karen! por siempre mostrar el apoyo incondicional tuyo y ser una genial compañera de la vida.

A los Asesores del trabajo de investigación Ingeniero Juan Pablo Rengifo Trigozo e Ingeniero Leodan Toribio Dueñas, por los conocimientos aportados dentro de la investigación.

Agradecimiento de gratitud por mis amigos hechos durante mi vida de estudiante universitario, son los mejores amigos que me pudo haber tocado y espero que el lazo de amistad que nos une nunca se rompa.

Y sobre todo a Dios por dar la sabiduría y salud a las personas ya mencionadas y que siga bendiciendo e iluminando sus vidas y la mía.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Cuenca hidrográfica	3
2.2. Tierra	3
2.3. Suelo.....	4
2.4. Percepción remota y SIG	4
2.5. Técnicas de tratamiento digital de imágenes satelitales	5
2.5.1. Correcciones radiométricas.....	5
2.5.2. Correcciones geométrica.....	6
2.5.3. Mejoramiento espectral.....	7
2.6. Clasificación digital de la imagen.....	7
2.6.1. Clasificación supervisada.....	8
2.6.2. Clasificación no supervisada.....	9
2.7. Cobertura y uso de la tierra	10
2.8. Cambios de cobertura y de uso de la tierra	10
2.8.1. Principales causas del cambio de cobertura.....	11
2.9. Metodología Corine Land Cover (CLC)	14
2.9.1. Coberturas y uso de la tierra según Corine Land Cover.....	15
2.10. Tasas de cambio de cobertura y uso de la tierra	20
2.11. Predicción del cambio de cobertura y uso de la tierra	21
2.11.1. Índices de cambio de cobertura y uso de la tierra.....	22
2.11.2. Modelo de Markov.....	24
2.11.3. El SIG en los modelos predictivos y uso de la tierra.....	29

2.12. Antecedentes de trabajos sobre el tema	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Descripción de la zona de estudio.....	34
3.1.1. Ubicación de la zona de estudio.....	34
3.1.2. Clima.....	35
3.1.3. Características ecológicas.....	35
3.1.4. Hidrografía.....	35
3.1.5. Fisiografía.....	35
3.1.6. Suelos.....	36
3.1.7. Acceso.....	37
3.2. Materiales y equipos	37
3.2.1. Materiales.....	37
3.2.2. Software.....	38
3.3. Metodología	38
3.3.1. Determinación de los cambios de cobertura y uso de la tierra para los años 2006, 2011 y 2016 en la cuenca del río Tocache.....	38
3.3.2. Determinar la tasa de cambio de cobertura y uso de la tierra para los años 2006, 2011 y 2016 en la cuenca del río Tocache.....	42
3.3.3. Predecir los cambios de cobertura y uso de la tierra al año 2026 en escenarios tendencial y de conservación en la cuenca del río Tocache.....	43
IV. RESULTADOS.....	47
4.1. Determinación de los cambios de cobertura y uso de la tierra.....	47

4.1.1.Cobertura y uso del suelo año 2006.....	47
4.1.2.Cobertura y uso del suelo año 2011.....	49
4.1.3.Cobertura y uso del suelo del año 2016.....	50
4.1.4.Cambio de cobertura y uso del suelo año 2006 al 2011.....	52
4.1.5.Cambio de cobertura y uso del suelo año 2011 al 2016.....	53
4.1.6.Cambio de cobertura y uso del suelo del año 2006 al 2016...	54
4.2. Tasas de cambio de cobertura y uso de la tierra	56
4.3. Modelamiento del cambio de cobertura y uso de la tierra al año 2026.....	57
4.3.1.Matriz de transición del periodo 2006 al 2011.....	58
4.3.2.Matriz de transición para el periodo 2011 al 2016.....	59
4.3.3.Matriz de transición para el periodo 2006 al 2016.....	60
4.3.4.Escenario “Tendencial”.....	61
4.3.5.Escenario “De conservación”.....	62
4.1.1.Proyección de la cobertura y uso de la tierra al 2026 en un escenario “Tendencial”.....	63
4.1.2.Proyección de la cobertura y uso del suelo al 2026 en un escenario “De conservación”.....	64
V. DISCUSIÓN.....	67
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. RECOMENDACIONES.....	71
VIII. ... ABSTRACT.....	72
IX. REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS.....	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Matriz de transición con ganancias y pérdidas	23
2. Leyenda Corine Land Cover para la cuenca del río Tocache.	42
3. Cobertura y uso del suelo del año 2006	47
4. Cobertura y uso del suelo del año 2011	49
5. Cobertura y uso del suelo del año 2016	51
6. Cambios en el primer periodo (2006 – 2011)	53
7. Cambios en el segundo periodo (2011 – 2016).....	54
8. Cambios en el periodo completo (2006 – 2016).....	55
9. Tasas de cambio periodos 2006–2011, 2011-2016 y 2006-2016	57
10. Matriz de transición con pérdidas y ganancias periodo 2006-2011	58
11. Matriz de transición de un solo paso periodo 2011 al 2016	59
12. Matriz de transición con pérdidas y ganancias periodo 2006 al 2016.....	60
13. Matriz de probabilidad transición anual periodo 2006 al 2016	61
14. Transiciones elegidas para un escenario “Tendencial”	62
15. Transiciones elegidas para un escenario “De conservación”	62
16. Proyección del CCUS al 2026 en un escenario tendencial.	63
17. Proyección del CCUS al 2026 en un escenario de conservación	65
18. Coordenadas y tipo de cobertura tomadas en campo	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación de la cuenca del río Tocache.....	34
2. Diagrama de flujo del proceso de modelamiento	46
3. Superficie de cobertura y uso de la tierra del 2006	48
4. Superficie de cobertura y uso de la tierra año 2011	50
5. Superficie de cobertura y uso de la tierra año 2016	52
6. Cambio de cobertura y uso de la tierra del año 2006 al 2016	56
7. Tasa de cambio anual en porcentajes.....	57
8. Variación de la CUT año 2026 en un escenario “Tendencial”	64
9. Variación de la CUT año 2026 en escenario “de conservación”	66
10. Variación de los cambios de cobertura perdido 2006-2026.....	66
11. Zonas con cultivo de plátano y suelos sin cobertura	89
12. Zonas con bosque y vegetación secundaria	89
13. Zonas con cultivo de papaya y vegetación secundaria	90
14. Zonas con cultivo yuca.....	90
15. Zonas con cultivo con palma aceitera	91
16. Zonas con palma aceitera	91
17. Zonas con cultivos de plátano y vegetación secundaria.....	92
18. Zonas con cobertura de bosque.....	92
19. Zonas con bosque en parte alta de la cuenca	93
20. Catarata en la parte alta de cuenca	93

RESUMEN

El crecimiento acelerado poblacional y de deforestación de los bosques en los últimos años se ve reflejado en el comportamiento del clima e impacto ambiental, esto hace importante evaluar la dinámica de la cobertura y uso de la tierra y predecirlos a futuro, por lo que en la presente investigación tuvo como objetivo predecir los cambios de cobertura y uso de la tierra (CCUT) al año 2026 en la cuenca del río Tocache, para lo cual utilizamos los mapas de CUT de los años 2006, 2011 y 2016 producto de la clasificación de imágenes Sentinel 2A y Landsat 8 y 5, y las siguientes variables: altitud, pendiente, áreas de conservación y distancia a: vías, ríos, centros poblados y áreas deforestadas, estos datos se cargaron al software Dinámica EGO para el cálculo de la matriz de transición y pesos de evidencia, posteriormente a ello se eligieron las transiciones para proyectar la CUT al 2026 en dos posibles escenarios: Escenario tendencial, donde los resultados muestran una pérdida de 3.975.5 ha de bosque y aumento de extensiones de actividades agrícolas; y mientras que en un escenario de conservación, se observó una recuperación del bosque y vegetación secundaria con 1,042.5 ha y 2,519.9 ha respectivamente y las otras coberturas obtuvieron ligeras variaciones, por lo que se deben implementar políticas de conservación y recuperación de áreas naturales, para establecer un equilibrio entre la conservación del medio ambiente y las actividades agrícolas.

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios de análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra (CCUT), es uno de los “estudios especializados” señalados en la guía metodológica para la elaboración de los instrumentos técnicos sustentatorios para el ordenamiento territorial, aprobada por resolución ministerial N° 135-2013- MINAM y que complementa los resultados de la zonificación ecológica y económica (RM N° 081-2016-MINAM).

La superficie deforestada existente en la provincia de Tocache asciende aproximadamente a 284,212.00 ha, equivalente al 45.47% de la superficie total de la provincia de Tocache y según las estadísticas de la Dirección General de Información Agraria del Ministerio de Agricultura, la superficie cultivada durante la campaña agrícola 2003-2004, asciende a 31,061 ha, cifra que representa el 10.93% del área total deforestada. La extensión más representativa dentro de ésta área corresponde a los cultivos permanentes que alcanzaron a 24,784 ha, donde resaltan como actividades principales los cultivos de: palma aceitera, plátano, papaya, cacao y café. En cuanto a cultivos anuales la extensión cultivada fue de 3,888 ha donde sobresalen los cultivos de arroz, maíz, etc. En tanto que la superficie cultivada de pastos alcanza a 2,389 ha (ZEE TOCACHE, 2006).

Los cambios de cobertura y uso de la tierra están provocando modificaciones en el ambiente y su habitad; por lo tanto, surge la necesidad de

investigar estos procesos. Planteándose para esto la siguiente interrogante ¿La cobertura y uso de la tierra es predecible en función del incremento o cambio, en la cuenca del río Tocache? y como hipótesis se pretende demostrar que: La predicción de los cambios de cobertura y uso de la tierra del año 2006, 2011 y 2016 en la cuenca del río Tocache; La pérdida de bosque desencadenaran procesos progresivos de desertificación y degradación de los ecosistemas. Planteándose para esto los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Predecir del cambio de cobertura y uso de la tierra al año 2026 en la cuenca del río Tocache, provincia Tocache, región San Martín

1.2. Objetivos específicos

- Determinar los cambios de cobertura y uso de la tierra para los años 2006, 2011 y 2016 en la cuenca del río Tocache
- Determinar la tasa de cambio de cobertura y uso de la tierra para los años 2006, 2011 y 2016 en la cuenca del río Tocache
- Predecir los cambios de cobertura y uso de la tierra al año 2026 en escenarios tendencial y de conservación en la cuenca del río Tocache.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua; también se define como la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca “divisoras de aguas” se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (FAUSTINO, 2006).

Una cuenca es una superficie terrestre asociada a uno o varios elementos. La cuenca hidrográfica de un río o de una estación es la porción de territorio para la cual cada gota de agua cayendo en ella es susceptible de llegar al río o a la estación. Su límite se llama también parte aguas (JOOMLA, 2013).

2.2. Tierra

Se define tierra como un área de la superficie terrestre cuyas características incluyen todos los atributos de la biosfera razonablemente estables o reduciblemente cíclicos, ya sea encima o debajo de dicha área; incluyendo aquellos de la atmósfera, el suelo, la geología subyacentes, la hidrología, las poblaciones de plantas y animales y los resultados de la

actividad humana pasada y presente; en la medida que estos atributos ejerzan una influencia significativa en su uso (FAO, 1982).

2.3. Suelo

Se define al suelo como cuerpos naturales, producto de la acción del clima y los organismos vivientes sobre materiales litológicos, ubicados en una determinada posición topográfica a través del tiempo. Desde el punto de vista agrícola, el suelo es un factor de producción, que desempeña el rol no solo de soporte o sostén de las plantas, sino también de proporcionar una dispensa a almacén de las sustancias necesarias para el crecimiento de los vegetales (ESTRADA, 1976). El suelos desde el punto de vista agrícola, es un factor de producción, que desempeña el rol no solo de soporte o sostén de las plantas, sino también de despensa o almacén de las sustancias necesarias, para el crecimiento de los vegetales (GRILLO, 1975).

Se considera que con buenas prácticas conservacionistas y uso eficiente de las tierras, no solamente tendremos rendimientos elevados, sino también una mínima erosión (CONSTANTINESCO, 1976).

2.4. Percepción remota y SIG

La percepción remota es según CHUVIECO (2002) una técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, suponiendo que entre la tierra y el sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial, y que no solo engloba el proceso para adquirir las imágenes, sino también el posterior procesamiento que implica la conversión de las

imágenes a productos de información. Es en la etapa posterior de procesamiento donde entran en función los sistemas de información geográfica (SIG), en los cuales se vacía la información proveniente de los sensores para poder ser manipulada; los SIG pueden definirse en grandes rasgos como hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados. Lo anterior nos indica la estrecha relación que guardan los SIG con la percepción remota, desde la adquisición de la información proveniente de los sensores remotos hasta la obtención del insumo final, en forma de cartografía, datos estadísticos, etc. con el objetivo final de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

2.5. Técnicas de tratamiento digital de imágenes satelitales

MONTESINOS (1990) manifiesta que el tratamiento digital es el conjunto de transformaciones numéricas realizadas sobre la matriz original para obtener representaciones más adecuadas de la imagen, según las aplicaciones. Mediante el tratamiento digital se pretende extraer la información contenida en los datos aportados por las imágenes de satélite tomadas por los sensores.

2.5.1. Correcciones radiométricas

MONTESINOS (1990) indica que estas correcciones permiten eliminar los problemas radiométricos derivados de un mal funcionamiento del sensor, el efecto de la inclinación del satélite o de la posición del sol, o incluso el estado de la atmosfera, de tal forma que las medidas tomadas por el satélite

sean comparables entre sí, aun cuando se hayan realizado en condiciones muy diversas. CHUVIECO (2002) manifiesta que son técnicas que modifican los niveles digitales (ND) originales, con el objetivo de medir la respuesta espectral de cualquier objeto de la superficie terrestre en la imagen con una recepción ideal. La conversión de ND almacenados en una imagen original a variables físicas es un paso previo que resulta de gran utilidad en múltiples fases de la interpretación de imágenes, ya que permite trabajar con variables físicas de significado estándar, comparables en un mismo sensor a lo largo del tiempo, entre distintos sensores y entre la teledetección espacial y otros métodos de detección de energía electromagnética.

2.5.2. Corrección geométrica

Usualmente la información obtenida de sensores remotos presenta errores geométricos de origen sistemático, aquellos que pueden ser corregidos utilizando la información desde la plataforma y conociendo la distorsión interna del sensor, y no sistemático, aquellos que no pueden ser corregidos con una precisión aceptable sin un número suficiente de puntos de control terrestre.

Entre las causas de errores geométricos de origen sistemático se puede mencionar la velocidad de la plataforma y la rotación de la tierra. Por otro lado, las distorsiones de origen no sistemático incluyen los errores producto de la altitud y posición del sensor.

La mayoría de la información de sensores remotos comerciales entrega los datos con los errores sistemáticos previamente corregidos, permaneciendo los errores no sistemáticos. Para corregir estos errores se

puede recurrir a dos procedimientos comunes, estos son la rectificación imagen a imagen, y la rectificación imagen a mapa (MONTESINOS, 1990).

2.5.3. Mejoramiento espectral

En este estudio se considerarán mejoramientos espectrales a aquellas técnicas que permitan mejorar la disposición de los datos satelitales para su análisis cuantitativo

2.6. Clasificación digital de la imagen

Es el proceso mediante el cual los píxeles de una imagen satelital multibanda son etiquetados según la categoría a la que pertenecen. A partir de esta imagen puede generarse una cartografía temática y el inventario estadístico de la superficie involucrada en cada categoría (CHUVIECO, 1990).

La clasificación digital comienza con la definición de las categorías que se pretenden distinguir en la imagen. Se trata de una clasificación basada en los valores numéricos. Por lo tanto, se trata de obtener el rango de número digitales (ND) que identifica a cada categoría para todas las bandas que intervienen en la clasificación.

Las distintas categorías no se definen solo por un ND sino por un conjunto de ND próximos entre sí. Existe una cierta dispersión en torno al ND medio de cada categoría. Por esto la fase de entrenamiento trata de definir con rigor cada una de las categorías que se pretenden distinguir teniendo en cuenta su dispersión en la zona de estudio (VALDEZ, 2014).

2.6.1. Clasificación supervisada

VALDEZ (2014) menciona que este método de entrenamiento requiere un cierto conocimiento de la zona de estudio que permite delimitar sobre la imagen unas zonas o áreas representativas de las distintas categorías que se pretenden discriminar. Estas áreas se conocen como training fields (áreas de entrenamiento) ya que sirven para entrenar al ordenador para que pueda reconocer las distintas categorías. A partir de estas áreas el ordenador calcula diversos parámetros estadísticos de los ND que definen cada clase, para luego clasificar el resto de píxeles en una categoría determinada atendiendo a sus ND. Resulta adecuado seleccionar varias áreas de entrenamiento por clase para reflejar correctamente su variabilidad en la zona de estudio.

Una vez acabada la selección de las áreas de entrenamiento, el ordenador debe proceder a calcular las estadísticas elementales de cada categoría: media, rango, desviación típica, matriz de varianza – covarianza, etc., a partir de los ND de todos los píxeles incluidos en el área de entrenamiento de dicha clase. Este cálculo es aplicado a cada banda espectral.

Las medidas extraídas a partir de los ND de cada área de entrenamiento definen a cada clase, por lo tanto, es muy importante su correcta selección ya que de otro modo se forzaría al ordenador a clasificar áreas heterogéneas

Un sencillo ejemplo ilustra lo descrito anteriormente. Disponemos de una imagen en la que se desean distinguir 3 clases: viñedo, campos de cereales y encinar. La primera opción a la hora de definir áreas de

entrenamiento sería seleccionar una por cada categoría. A partir de estas áreas de entrenamiento, el ordenador calcularía una serie de parámetros estadísticos que serían los que definirían a esa determinada clase.

2.6.2. Clasificación no supervisada

Este método de clasificación trata de definir las clases espectrales presentes en la imagen. No implica ningún conocimiento previo del área de estudio por lo que la intervención humana se centra en la interpretación de los resultados.

Este método asume que los ND de la imagen se agrupan en una serie de conglomerados (o clusters) que se corresponden con grupos de píxeles con un comportamiento espectral homogéneo y que, por ello, deberían definir unas clases informacionales de interés. Por desgracia estas clases espectrales no pueden ser asimiladas siempre a las categorías temáticas que el usuario pretende deducir por lo que es labor de éste interpretar el significado temático de dichas categorías espectrales.

El método para definir los grupos con un comportamiento espectral similar es muy parecido a otras técnicas de clasificación automática de datos.

Se basa en la selección de tres parámetros: variables que intervienen en el análisis, criterio para medir la distancia o similitud entre casos, y un criterio para agrupar los casos similares. En nuestro caso las variables serían las diferentes bandas espectrales. Los casos son los píxeles que componen la imagen y cada uno de ellos está definido por tantos ND como bandas tengamos. Lo que trata este método es encontrar grupos de píxeles

con ND parecidos para asignarlos a alguna de las categorías temáticas que deseemos.

La delimitación de cada grupo espectral se inicia señalando dos criterios: uno que marque la similitud entre píxeles, y otro que marque las condiciones del proceso de agrupamiento. Para el primero, el método más utilizado se basa en la distancia euclídea aunque se pueden utilizar otros criterios como el de la distancia media o la de Mahalanobis. En cuanto al algoritmo de agrupamiento, el más extendido es el denominado ISODATA.

2.7. Cobertura y uso de la tierra

Caracterizar la cobertura terrestre, el uso de la tierra de un área, así como sus cambios espaciotemporales en relación con las actividades humanas, es fundamental para entender y predecir la dinámica de los componentes del paisaje. Además, proporciona un marco de referencia para el estudio de la sucesión y la dinámica de los ecosistemas, así como para el diseño de políticas y estrategias de planificación, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales (OJIMA *et al.*, 1994).

2.8. Cambios de cobertura y de uso de la tierra

Los estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura y uso del terreno son temas atractivos para la investigación ambiental actual (BOCCO *et al.*, 2001) debido a las implicaciones que estos conllevan con relación a la pérdida de hábitat, de diversidad biológica, servicios ambientales y la capacidad productiva de los ecosistemas (ROSETE, 2008) pero sin los cuales la satisfacción de necesidad de nuestra especie no sería posible. Son

también reconocidos como uno de los factores más importantes del cambio global y representar la segunda fuente antrópica de CO₂ a la atmósfera. Son consecuencia de la explosión demográfica y de asimetrías económicas de la sociedad. El mismo autor menciona que el cambio en la cobertura y uso del terreno es un tema que unifica las diferentes dimensiones del cambio ambiental global. Su estudio requiere de la interdisciplinariedad porque se hace uso de conceptos, información y métodos de diferentes áreas del conocimiento. Pero en esencia es un tema que ha sido abordado o liderado por geógrafos.

Las actividades humanas son reconocidas como las principales fuerzas que transforman la biosfera y responsables de la mayoría del cambio contemporáneo en los paisajes. Los cambios experimentados en los ecosistemas terrestres son producidos por el mantenimiento del uso del terreno o por la intensificación de su uso, y la degradación subsecuente de la tierra (ROSETE, 2008). Se considera que la deforestación y las presiones humanas que ejercen sobre la tierra para la producción de cosechas y la mecanización desmedida, son unas de las principales causas que inciden en la transformación del uso del terreno.

2.8.1. Principales causas del cambio de cobertura

a. La expansión agropecuaria

El bosque además de aportar forraje y madera, tiene efectos positivos sobre el medio ambiente. Sin embargo, gran parte de la tierra habilitada para ganadería y agricultura se hace en base al desmonte masivo e irracional (PÉREZ *et al.*, 2008).

b. La minería

La minería es una actividad a corto plazo, pero con efectos a largo plazo. Cuando se realiza actividades mineras en zonas de bosque constituye una depredación. La minería, junto con la explotación de petróleo, amenaza el 30% de las últimas extensiones de bosques primarios del mundo. El enorme consumo de agua que requiere la actividad minera generalmente reduce la napa freática del lugar, llegando a secar pozos de agua y manantiales. El agua termina contaminada con materiales tóxicos que pueden continuar durante muchos años (LILLO, 2006).

c. Migración

El incremento de la población andina, cada vez con menos posibilidades de tener tierras para vivir, como única opción, le queda migrar a la selva y posesionarse del bosque, inicialmente en forma ilegal, luego en forma legal (IIRSA-SUR, 2006).

d. Apertura de vías de comunicación

La apertura de la selva con nuevas carreteras es un importante factor en el proceso de deforestación. Luego de la apertura de un camino comienza el proceso de extracción de madera y de ocupación de tierras por parte de pequeños productores que practican agricultura de tala y quema. Los buscadores de oro son también un factor de presión en la apertura de caminos.

Posteriormente llegan los grandes productores y se intensifica el aprovechamiento de la tierra (MARTINO, 2011).

e. Las políticas gubernamentales

Como se recuerda en nuestro país, en la década 1980-1990 se produjo una de las etapas más intensas de la deforestación de la Amazonía.

Los proyectos especiales (PE) de colonización de la amazonia peruana, promovidos por el estado, se encontraban en fase de ejecución, siendo su principal objetivo la promoción de la ocupación planificada del territorio y la articulación regional a través de la Carretera Marginal de la Selva, incrementar la producción y productividad del agro, lógicamente la ampliación de la infraestructura vial (IIRSA-SUR, 2006).

f. Deforestación

La deforestación según la FAO (2010) es la transformación del bosque en otro uso (que significa eliminarla por completo) de la tierra o reducción a largo plazo de la cubierta de copa por debajo del umbral, mínimo del 10 por ciento. La deforestación es la causa principal de la pérdida de protección del suelo y con ellos inician los diferentes procesos erosivos. A nivel regional esto conduce a la pérdida forestal, deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y desestabilización de cuencas. A escala planetaria esto altera el balance de agua atmosférica, afectando patrones, así como al calentamiento global. Otra de las consecuencias es la reducción del hábitat y/o su fragmentación, con la consecuentemente pérdida de la biodiversidad y a la de variabilidad genética, de poblaciones y hasta de especies.

2.9. Metodología Corine Land Cover (CLC)

La metodología Corine Land Cover (CLC), se estructurara de manera ordenada, derivando las unidades de cobertura de la tierra sobre la base de criterios fisonómicos de altura y densidad, claramente definidas y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo de coberturas del mismo tipo. De esta manera, se garantiza que sea posible la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados que permitan su ubicación y definición rápidamente, (IIAP, 2015).

CORREDOR *et al.* (2011) hace referencia que la metodología CORINE Land Cover, se basa en los lineamientos propuestos por el proyecto CORINE (por sus siglas en inglés programa de coordinación de información del medio ambiente), específicamente en el proyecto enfocado a la cobertura de la tierra CORINE Land Cover, desarrollado por primera vez en Europa, en la década de los 90, con el fin de estandarizar las nomenclaturas de las coberturas terrestres para todos los países de la región, que permitiera hacer una comparación entre los usos de los suelos de los mismos y tomar decisiones de carácter global y regional.

Mientras que MIMAN (2014) menciona que la leyenda CORINE Land Cover, fue desarrollada siguiendo los acuerdos regionales vinculados a trabajar con el esquema CORINE Land Cover. (IDEAM, 2010) menciona que este esquema ha sido adaptado para Colombia, y da un marco de comparabilidad internacional. CORINE Land Cover (CLC) es una metodología para la construcción de mapas de cobertura y uso de la tierra. Emplea una

leyenda jerárquica, que vincula distintos niveles de detalle espacial (escala espacial) con distintos niveles de detalle temático (niveles de la leyenda jerárquica). El proceso de discusión de la leyenda regional ha llevado a la definición de una serie de clases en los niveles 1 y 2 de la leyenda que, si bien recogen parte de los planteamientos de CLC, incorporan adaptaciones que se consideran necesarias para los países de la región. Este compromiso, reflejado en la leyenda regional, se ve plasmado en un compromiso de reporte que todos los países han asumido. A nivel nacional, cada país tiene plena libertad para modificar la leyenda, ampliarla o detallarla, siempre que los compromisos de reporte se puedan cumplir. A continuación, se presentan algunos aspectos planteados en la discusión nacional de la leyenda, como aspectos de mayor detalle o de reorganización de las clases jerárquicas, pero siempre pensando que dichas modificaciones no alteren la capacidad de reporte y monitoreo a nivel de los cuatro países de la región

2.9.1. Coberturas y uso de la tierra según Corine Land Cover

Se a continuación se da a conocer los conceptos de las coberturas y uso de la tierra utilizados en la presente investigación, según la metodología Corine Land Cover (IDEAM, 2010).

1. Territorios artificializados

Comprende las áreas de las ciudades, poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos (IDEAM, 2010).

a. Zonas urbanizadas

Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano continuo y tejido urbano discontinuo.

2. Territorios agrícolas

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas, en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas.

a. Cultivos transitorios

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas y algunas especies de flores a cielo abierto. Fueron definidas las siguientes unidades

a.1. Arroz (Cereales)

Coberturas terrestres compuestas por plantas herbáceas de la familia de las gramíneas de hojas largas y flores blanquecinas en espiga, que se cultiva, por lo general, en terrenos muy húmedos.

b. Cultivos permanentes

Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen en esta categoría los cultivos de herbáceas como caña de azúcar, caña panelera, plátano y banano; los cultivos arbustivos como café y cacao; y los cultivos arbóreos como palma africana y árboles frutales.

b.1. Palma de aceitera

Cobertura compuesta por cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), planta perenne de tronco solitario y hojas pinnadas perteneciente a la familia Arecaceae, que puede alcanzar alturas de hasta 12 m., su cultivo se desarrolla preferencialmente en terrenos planos a ligeramente ondulados, en tierras situadas por debajo de los 500 msnm, bajo climas cálidos. Normalmente, este cultivo se realiza en grandes extensiones y su aprovechamiento es en escala industrial. En la imagen se observa este cultivo con un claro patrón geométrico regular, el cual está asociado con las redes de acceso para su cuidado y aprovechamiento.

c. Pastos

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su

presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace.

d. Áreas agrícolas heterogéneas

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra.

3. Bosques y áreas seminaturales

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación.

a. Bosque

Comprende las áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida. De acuerdo con FAO (1996) esta cobertura comprende los bosques naturales y las plantaciones.

b. Vegetación secundaria o en transición

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre.

c. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve. Comprende los siguientes tipos de coberturas

c.1. Afloramientos rocosos

Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica o glaciar. Asociados con los afloramientos rocosos se pueden encontrar depósitos de sedimentos finos y gruesos, de bloques o de cenizas. Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los

sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y deformaciones geológicas, volcanes y glaciares de montaña, localizados en la región andina.

c.2. Tierras desnudas y degradadas

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas.

4. Superficies de agua

Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental, como los mares. Se incluyen en esta clasificación los fondos asociados con los mares, cuya profundidad no supere los 12 m. Las unidades se agrupan en las siguientes dos categorías.

2.10. Tasas de cambio de cobertura y uso de la tierra

La tasa de cambio es un indicador que permite conocer la magnitud y velocidad con que se está presentando los cambios de cobertura, su evaluación es necesaria para conocer la dinámica y magnitud del CCUT, así como sus efectos.

La mejor forma de cuantificar este proceso es mediante el análisis de la dinámica de la cubierta vegetal relacionándola con el espacio y el tiempo.

La FAO (1996) propone la siguiente fórmula que expresa el cambio en porcentaje de la superficie del año inicial.

$$tc = \left\{ \left[\frac{S2}{S1} \right]^{1/n} - 1 \right\} \times 100$$

Dónde:

tc = tasa de cambio (en %)

$S1$ = superficie en la fecha inicial

$S2$ = superficie en la fecha final

n = diferencia de años entre fecha inicial y final

2.11. Predicción del cambio de cobertura y uso de la tierra

PONTIUS *et al.* (2005) mencionan los modelos de simulación de cambios de usos y coberturas de los suelos se han vuelto cada vez una herramienta más ocupada y útil en el análisis espacial de sus patrones y sus potenciales efectos negativos sobre el territorio.

HENRÍQUEZ y AZÓCAR (2011) señalan la falta de aplicaciones de estos modelos de simulación a ciudades latinoamericanas. Estos modelos de simulación, que son una representación de un componente o proceso de la realidad son considerados como modelos dinámicos capaces de pronosticar posibles comportamientos futuros. Señalan la potencialidad de representar la magnitud de los cambios, su localización a futuro y sus patrones espaciales.

Primordialmente, según la literatura, estos modelos utilizan parámetros simples para las simulaciones, donde incluyen la extensión de las actuales áreas urbanas, las principales vías de transporte, la distancia a los mercados de trabajo, bienes e insumos, las condiciones topográficas, la existencia de tierras en situación especial.

2.11.1. Índices de cambio de cobertura y uso de la tierra

PONTIUS *et al.* (2005) la localización y cuantificación de los cambios de la ocupación del suelo se realizan a través de una sobre posición cartográfica y una matriz de transición, que busca representar la base para la obtención de información que parta de un nivel de análisis general hasta acercarse al nivel detallado de los cambios producidos en el territorio (ganancia, pérdida, intercambio, persistencia, cambio neto y cambio total), al comparar los cambios observados y esperados (irreales o debidos al azar) para un grado de persistencia dado.

Para finalmente con los cambios observados y esperados conseguir averiguar cuándo hay un proceso aleatorio de ganancia y cuando uno de pérdida, a través de obtener una diferencia (en % del área total) y un cociente (magnitud más allá del azar), si la diferencia entre el porcentaje observado y esperado es positiva, las categorías de t1 pierden más que lo esperado en un proceso aleatorio de ganancia; si es negativo, las mismas categorías del t1 pierden menos como se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Matriz de transición con ganancias y pérdidas

Matriz de transición con ganancias y pérdidas							
Tiempo 2							
		Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Total tiempo 1	Perdidas
Tiempo 1	Categoría 1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{1+}	$P_{1+} - P_{11}$
	Categoría 2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{2+}	$P_{2+} - P_{22}$
	Categoría 3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	P_{3+}	$P_{3+} - P_{33}$
	Categoría 4	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	P_{+}	$P_{4+} - P_{44}$
	Total tiempo 2	P_{+1}	P_{+2}	P_{+3}	P_{+4}	1	
Ganancias		$P_{+1}-P_{11}$	$P_{+2}-P_{22}$	$P_{+3}-P_{33}$	$P_{+4}-P_{44}$		

Fuente: PONTIUS *et al.*, (2005).

Así bien, de los índices de cambio propuestos por PONTIUS *et al.* (2005) tenemos: **La ganancia** (G_{ij}), la cual indica la proporción del paisaje que experimenta un aumento entre la fecha inicial (t_1) y la fecha final (t_2), y que se calcula obteniendo la diferencia entre la columna del total del tiempo 2 (P_{+j}) y la persistencia (P_{jj}):

$$G_{ij} = (P_{+j}) - (P_{jj}) \dots \dots \dots (1)$$

La pérdida (L_{ij}), representa la proporción del paisaje que decrece entre ambas fechas, se obtienen calculando la diferencia entre la fila del total del tiempo 1 (P_{j+}) y la persistencia (P_{jj});

$$L_{ij} = (P_{j+}) - (P_{jj}) \dots \dots \dots (2)$$

La persistencia (P_{ij}), es la cantidad de superficie de las diferentes clases que se mantuvieron estables durante los diferentes tiempos estudiados (esta es importante en el análisis de cambios de usos, en el sentido de que

diversos estudios demuestran que lo estable es lo que predomina en la naturaleza, aun en zonas muy dinámicas), y que puede ser obtenida a partir de la diagonal principal de la matriz.

El cambio total (DT_j), el cual es la suma de todas las proporciones del paisaje que cambiaron.

$$DT_j = (G_{ij}) + (L_{ij}) \dots \dots \dots (3)$$

2.11.2. Modelo de Markov

Las cadenas de Markov más utilizadas para modelar cambios en el uso de suelo y la cobertura del suelo son de primer orden y son aplicados en una amplia variedad de escalas espaciales. KOROTOV *et al.* (2001) señala que los modelos de cadenas de Markov han sido ampliamente utilizados para formalizar el rumbo de los cambios sucesionales de la vegetación terrestre y para producir predicciones seguras en forma cuantitativa. Sin embargo, también se han aplicado para apoyar la toma de decisiones en el manejo forestal (BANABDELLAH *et al.*, 2003).

El modelo de Markov es probabilística por naturaleza, ya que nos provee las probabilidades de que el sistema, inicialmente en un estado (probabilística) "i" al paso del tiempo (el intervalo básico de tiempo T) pase al estado "j" y ese proceso es gobernado por la matriz de probabilidad (AAVIKSOO, 1995).

Los modelos de cadenas de Markov tienen varios supuestos (STEWART, 1994). Uno de los supuestos básicos es considerar el cambio de uso de suelo y de cobertura del suelo como un proceso estocástico, y las

diferentes categorías son los estados de una cadena. Una cadena es definida como un proceso estocástico que tiene la propiedad de que el valor del proceso en el tiempo t , X_t , depende sólo de su valor en el tiempo $t-1$, X_{t-1} , y no de la secuencia de valores X_{t-2} , X_{t-3} , X_0 por el que el proceso atraviesa para llegar a X_{t-1} . Esto se expresa como:

$$P \{X_t = a_j | X_0 = a_0, X_1 = a_1, \dots, X_{t-1} = a_i\}$$

$$= P \{X_t = a_j | X_{t-1} = a_i\}$$

Donde P = probabilidad de transición, X = el sistema analizado, t = tiempo, a_i = estado inicial y a_j = estado final.

La $P \{X_t = a_j | X_{t-1} = a_i\}$, conocida como el primer escalón de la probabilidad de transición, da la probabilidad de que el proceso haga la transición del estado a_i al estado a_j en un periodo de tiempo. Cuando se necesitan l escalones para implementar esta transición, la $P \{X_t = a_j | X_{t-1} = a_i\}$ es llamada entonces, la probabilidad de transición l – escalón, $P(l)_{ij}$.

Si la $P(l)_{ij}$ es independiente del tiempo y depende sólo de los estados a_i , a_j , y l , entonces se dice que la cadena de Markov es homogénea. De esta forma, las cadenas homogéneas de Markov de primer orden se expresan como:

$$P \{X_t = a_j | X_{t-1} = a_i\} = P_{ij}$$

En donde P_{ij} es estimada de los datos observados por la tabulación del número de datos observados que van del estado i al j , n_{ij} , y por la suma del número de veces que el estado a_i se presenta, n_i . Entonces

$$P_{ij} = n_{ij}/n_i$$

Conforme avanza la cadena de Markov en el tiempo, la probabilidad de estar en el estado j después de un número suficientemente grande de escalones se torna independiente del estado inicial de la cadena. Cuando ocurre esta situación, se dice que la cadena ha alcanzado un estado estable. Entonces la probabilidad límite, P_j , es usada para determinar el valor de $P(l)_{ij}$:

$$\lim_{l \rightarrow \infty} P(l)_{ij} = P_j$$

Dónde: $P_j = \sum_i P(l)_{ij}$ $j = 1, 2, \dots, m$ (estados) $\sum_j P_j = 1$ $P_j > 0$

Las probabilidades de transición han sido usadas ampliamente para el análisis y el modelaje de los cambios en el uso de suelo y la cobertura del suelo (TURNER, 1987; MULLER y MIDDLETON, 1994). El enfoque considera los estados de transición como un proceso Markoviano aleatorio que solamente está condicionado por el estado inicial. Los modelos de transición pueden expresarse en forma matricial como:

$$n_{t+1} = P n_t$$

Donde n_t es un vector de la fracción del área del terreno en cada una de las m coberturas o tipos de uso en el tiempo t , n_{t+1} es el vector de la fracción del área de terreno para los mismos tipos de uso de suelo en $t+1$, y P es la matriz $m \times m$ que expresa la probabilidad de que un sitio en el estado i en el tiempo t pase al estado j en el tiempo $t+1$. La matriz P se estandariza al nivel de renglón, de tal forma que la suma de las probabilidades de transición de cualquier estado sea siempre igual a uno (BROWN *et al.*, 2000).

Lo valioso del enfoque es que la matriz de transición puede utilizarse en forma analítica para proyectar la composición futura del paisaje (JAHAN, 1986; GUTTORP, 1995), o en modelos de simulación para desarrollar escenarios del paisaje alternativos (TURNER, 1987). Cualquier grupo de estados (p. ej. clases de uso de suelo o de cobertura del suelo) puede ser utilizado, con tal de que sus definiciones no cambien a través del tiempo a cualquier escala de análisis (BROWN *et al.*, 2000). La matriz de cambio es generalmente derivada de clasificaciones multitemporales del uso de suelo o la cobertura del suelo (BELL, 1974; TURNER, 1987).

Las limitaciones primarias de los modelos de Markov para analizar el cambio del uso de suelo y la cobertura del suelo basados en probabilidades de transición son: 1) asumir que la matriz de transición es estacionaria, p. ej. que es constante tanto en el tiempo como en el espacio; 2) asumir la independencia espacial de la transición; y 3) la dificultad para incorporar la causalidad en el modelo, p. ej. las probabilidades de transición son casi siempre derivadas empíricamente a partir de mapas multitemporales que no describen el proceso (BAKER, 1989). Esa tercera limitante es particularmente grave cuando se investigan los cambios en la cobertura del suelo, por ejemplo, con imágenes de percepción remota y cuando esos cambios son originados por procesos sociales y económicos (TURNER, 1987).

Para subsanar las limitantes 1 y 3 descritas anteriormente, BAKER (1989) sugiere enmarcar las probabilidades de transición de cada estado como una función de variables exógenas o endógenas, que varían en espacio y tiempo, modificando la ecuación original del modelo matricial.

TURNER (1987) demostró un enfoque para condicionar los cambios para un estado inicial en sitios adyacentes, además de condicionar los cambios en el estado inicial, por lo que introduce una dependencia espacial en la simulación (la segunda limitante).

Sin embargo, las probabilidades de transición han sido usadas ampliamente para el análisis y el modelaje de los cambios en el uso de suelo y la cobertura del terreno (TURNER, 1987; MULLER y MIDDLETON, 1994; LÓPEZ *et al.*, 2001). El enfoque considera los estados de transición como un proceso Markoviano aleatorio que solamente está condicionado por el estado inicial. Lo valioso del enfoque es que la matriz de transición puede utilizarse en forma analítica para proyectar la composición futura del paisaje (JAHAN, 1986; GUTTORP, 1995), o en modelos de simulación para desarrollar escenarios del paisaje alternativos (TURNER, 1987).

Mientras que las probabilidades de transición de Markov proporcionan un marco de trabajo analíticamente adecuado para simular cambios en la cobertura del terreno utilizando transiciones observadas, p. ej. de percepción remota, enfoques alternativos son utilizados típicamente para modelar la influencia de las fuerzas económicas y sociales en los cambios del uso de suelo. La estructura de los modelos alternativos es diseñada para incorporar una mejor representación de la causalidad en los modelos, a partir de relacionar los cambios con fuerzas exógenas, procesos de interacción espacial o ambos (BROWN *et al.*, 2000).

Los modelos de Markov utilizados para identificar las probabilidades de los cambios del uso y cobertura del suelo no han sido, en

general, apoyados por el uso de imágenes de satélite y técnicas de procesamiento digital de imágenes. La mayoría de los estudios previos utilizan más datos obtenidos de muestreos en campo, mapas existentes o fotografías aéreas que imágenes de satélite (ROBINSON, 1978; JAHAN, 1986; MULLER y MIDDLETON, 1994). La incertidumbre de los datos en esos estudios se mantiene relativamente alta, ya que sólo una cierta cantidad de sitios fueron verificados en campo. El uso de imágenes de satélite puede generar una oportunidad para mejorar el análisis (WENG, 2002), ya que proporciona mayor homogeneidad en la calidad de los datos

2.11.3. El SIG en los modelos predictivos y uso de la tierra

VARGAS (1999) define a los SIG como un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación y salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptores) de acuerdo a especificaciones y requerimientos concretos, también se lo considera como una combinación de software y hardware capaz de manipular entidades que contengan propiedades de localización y atributos. FAO (1988) menciona que entre las ventajas de esta herramienta SIG están su adaptabilidad a una gran variedad de modelamiento con una mínima inversión de tiempo y dinero; los datos espaciales y no espaciales pueden ser analizados simultáneamente en una forma relacional; gran diversidad de modelos conceptuales pueden ser probados rápidamente y repetidos varias veces facilitando su ajuste y evaluación. Los mapas temáticos base requeridos dentro el marco de la metodología propuesta por SHENG (1981) elaborado para sectores

montañosas son los siguientes: Geomorfología, pendientes, uso actual de la tierra, y altitudinal.

2.12. Antecedentes de trabajos sobre el tema

MAS y SANDOVAL (2011) elaboraron un modelo de simulación de los cambios de cobertura/uso del suelo (CCUS) para una región del sureste mexicano que presenta altas tasas de deforestación. La modelación se basó en dos escenarios: 1) uno tendencial basado en el supuesto que las altas tasas de deforestación iban a mantenerse siguiendo los mismos patrones de distribución y 2) otro alternativo en el cual se suponía una baja de las tasas de cambio y una relocalización de los desmontes en áreas secundarias. La evaluación de los mapas prospectivos revela que el modelo alternativo presentó un mejor desempeño y sugiere que la integración de conocimiento experto es necesaria para la elaboración de modelos prospectivos, particularmente en áreas altamente dinámicas.

ALCÁNTARA (2014) al realizar un estudio para conocer la dinámica y los principales efectos generados por los cambios en la cobertura y uso de la tierra, en el ámbito del departamento Cajamarca para el periodo 2001 - 2013 a partir de la generación de mapas temáticos; donde los objetivos fueron: analizar factores que inciden en los cambios de la cobertura y uso de la tierra, así como los principales efectos generados por los cambios de cobertura y uso, delimitar y caracterizar zonas de tratamiento especial e identificar medidas de gestión que permitan promover dinámicas convenientes de cobertura y uso sostenible de la tierra. La metodología utilizada fue según lo dispuesto por el Ministerio del Ambiente (R.M. N° 135-2013-MINAM),

basándose en el procesamiento digital de imágenes satelitales utilizando software QGIS y ArcGIS que permitieron generar cartografía temática de cobertura y uso de la tierra para los periodos mencionados, y las unidades clasificadas fueron de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover–CLC, constituyéndose como el insumo base para realizar el análisis de los respectivos cambios. Los resultados indican que, el cambio total de la cobertura y uso de la tierra en Cajamarca corresponde a un área de 599,236.15 ha que representa el 18.18%, mientras que la permanencia del paisaje a una superficie de 2,696 ha, que representa el 81.82% del área departamental, lo cual significa la fragmentación paulatina del paisaje en perjuicio de la superficie de hábitats naturales y en el aislamiento de los mismos. Además, revela la identificación de cuarenta y siete cambios por cobertura de los cuales, el cambio de vegetación herbácea y/o arbustiva a áreas agrícolas heterogéneas es el que más impactos ha generado, debido a que estos espacios han sido transformados a terrenos agrícolas destruyendo la cubierta vegetal en perjuicio de la oferta de importantes servicios ecosistémicas; razón por la cual constituyen zonas de tratamiento espacial que permitieron proponer medidas de gestión para promover dinámicas convenientes de cobertura y uso sostenible de la tierra.

IIAP (2017) realizó la evaluación de la dinámica del cambio de la cobertura y uso de la tierra en el distrito Padre Abad, departamento Ucayali, donde el objetivo fue analizar la dinámica de cambio de cobertura y uso de la tierra en el periodo 2010 – 2016 en el distrito, con la finalidad de simular un escenario al 2022 de CCUT, que explique e identifique los principales cambios a través del tiempo y de esta manera comprender y predecir el impacto de

estos procesos del territorio en el clima, mediante construcciones históricas de estos procesos y proyectar al futuro los cambios de cobertura y uso de la tierra (CCUT), la metodología consistió en la recopilación de información del CUT al año 2016 mediante imágenes de satélite, cuantificando e identificando los principales cambios, identificando las variables espaciales explicativas, las mismas que nos sirvieron para modelar la transición potencial y finalmente simular el escenario al año 2022 de CCUT. Los resultados obtenidos fueron que al año 2016 las clases de CUT que predominan son los Bosques denso alto y bajo con 117,382 y 142,956 ha respectivamente, así también las áreas agrícolas heterogéneas y el cultivo de plátano con 65,760 y 26,674 ha respectivamente; los principales cambios son de Bosque denso alto y bajo a áreas agrícolas heterogéneas, bosque denso alto a cultivo de plátano y pastos para ganadería y la predicción al año 2022 es que 16,643.88 ha aproximadamente de Bosque pasaran a ser áreas agrícolas.

TORIBIO (2016) realizó un estudio de modelamiento espacial del cambio de cobertura y uso del suelo en el distrito de Nuevo Progreso – San Martín, con los objetivos de determinar los cambios de cobertura y uso del suelo (CCUS), tasa de cambio entre los años 2000 al 2015, y modelar posibles escenarios futuros al año 2025, utilizando el software DINAMICA EGO. Para la modelación utilizó los mapas de CUS del 2000, 2007 y 2015 cartografiadas a partir de imágenes satelitales Landsat y las variables altitud, pendientes, área de conservación municipal y distancias a carreteras, ríos, centros poblados, y a áreas ya deforestadas; en dos posibles escenarios: 1) “Tendencial” y 2) “De conservación”. Analizó dichos cambios; donde las actividades antropogénicas están en aumento y las áreas naturales en disminución; teniendo estos

resultado se proyectaron en los escenarios ya mencionados, para el escenario tendencial los resultados muestran la tendencia de aumentar las áreas con actividades antropogénicas y disminución de áreas naturales, por otro lado en un escenario de conservación sucedería lo contrario, lo que se esperaría que sucedería al año 2025, para lo cual se tienen que implantar proyectos de recuperación y conservación de áreas naturales; como la creación de áreas de conservación e incentivar buenas practicas agronómicas y evitar un aumento acelerado de la agricultura y la deforestación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

3.1.1. Ubicación de la zona de estudio

La investigación se realizó en la cuenca del río Tocache ubicada en la provincia de Tocache, región San Martín con una superficie de 163,034.73 ha y el punto de aforo de la cuenca del río Tocache se encuentra en coordenadas UTM Datum WGS 84 Zona 18 Sur, a 333323 m Este, 9098451 m Norte, con una altitud de 510 m.s.n.m. Figura 1.

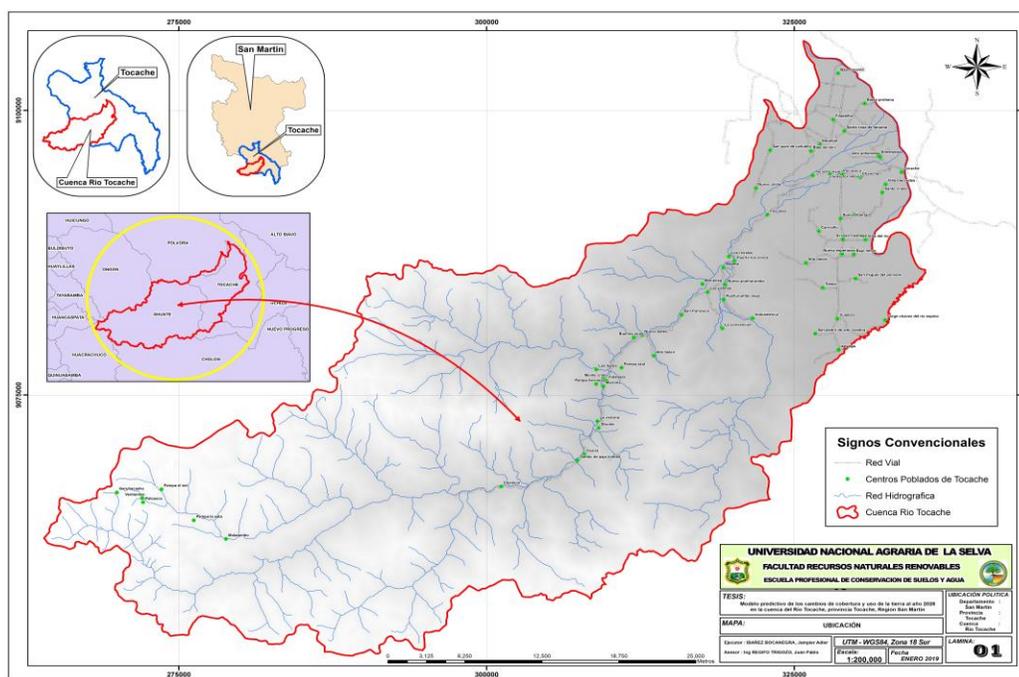


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca del río Tocache

3.1.2. Clima

Por su ubicación geográfica presenta un clima favorable para la actividad agrícola durante todo el año, con una precipitación de 2006 mm/año, con periodo de máxima precipitación entre los meses de enero a marzo y mínima entre los meses de junio a agosto. La temperatura promedio anual de 28 °C, con leves descensos en los meses de junio, julio y agosto.

3.1.3. Características ecológicas

La ecología combina llanuras amazónicas, bosques tropicales no inundables, donde se asienta la comunidad, además muestra una vegetación extensa de especies arbóreas adaptadas a las condiciones climáticas, y se caracteriza por presentar extensa vegetación naturales y extensiones de palma aceitera. Condiciones que le confieren alto poder agrícola.

3.1.4. Hidrografía

Entre los principales tributarios del río Tocache se pueden citar: por la margen izquierda a las cuencas de los ríos Chontayacu, Espino, Limón, Cañuto, Challuayacu, Misholio y Matallo y por la margen derecha tenemos, principalmente, a las cuencas del río Uchiza, Huaynabe, Cachiyacu de Santa Ana, Cachiyacu de Lupuna, Pólvora y Pulcachi.

3.1.5. Fisiografía

La fisiografía comprende tres grandes paisajes:

- Relieve montañoso de la cordillera oriental. Consta de un paisaje de montañas altas, con tres subpaisaje definidos por la pendiente.
- Relieve montañoso y colinado de la Cordillera Subandina Consta de seis paisajes, abarca desde valles intramontanos hasta montañas altas, las mismas que incluye 11 sub paisajes determinados por la pendiente, patrón de drenaje y grado de disección.
- Relieve plano ondulado. Consta de tres paisajes, abarca desde terrazas medias hasta Abanico terrazas, las mismas que incluye tres subpaisajes determinados por la pendiente, patrón de drenaje y grado de disección.

3.1.6. Suelos

Los suelos de la cuenca del rio Tocache, por su material de origen, en forma general pueden ser agrupados en tres grupos:

- **Suelos de origen aluvial reciente**

Comprende a todos los suelos que se ubican adyacentes a los ríos y que reciben continuamente sedimentos. Generalmente son los que presentan una mayor vocación agrícola con cultivos adaptados al medio ecológico.

- **Suelos de origen aluvial antiguo**

Comprende todos los suelos originados por sedimentos antiguos de los ríos o y que, debido al socavamiento de los cauces o movimientos, han

alcanzado alturas que van desde 15 hasta 40 ó 50 metros, por lo que se les considera como terrazas medias y altas de la zona de estudio.

- **Suelos residuales**

Comprende todos los suelos que se han originado in situ, a partir de materiales sedimentarios y heterogéneos del terciario y cuaternario (lutitas, limolitas, areniscas, gravas) y que debido a diversos fenómenos orogénicos y epirogénicos, han originado colinas bajas y altas, vecinas con el sistema montañoso de la sierra.

3.1.7. Acceso

La vía de acceso hacia la cuenca del río Tocache es por la carretera Fernando Belaunde Terry (Asfaltado). Partiendo desde la ciudad de Tingo María por vía terrestre el recorrido es de 172 km y el tiempo es de aproximadamente 2 horas con 30 minutos, en automóvil. Desde la ciudad de Lima se tiene que recorrer aproximadamente 750.8 km con un promedio 14.25 horas utilizando como medio de transporte ómnibus interprovincial (ZEE TOCACHE, 2006).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

- Libreta campo
- Botas

- Machete
- GPS Garmin Map 62SC
- Cámara fotográfica
- Imágenes satelitales Landsat 8 y 5 y Sentinel 2A

3.2.2. Software

- ArcGis 10.5.
- Dinámica EGO 4.0
- QGIS 3.4.
- BaseCam 4.2.5
- Excel

3.3. Metodología

3.3.1. Determinación de los cambios de cobertura y uso de la tierra para los años 2006, 2011 y 2016 en la cuenca del río Tocache

Para la elección de los años a estudiar se basó en la metodología del MINAM (2016) detallada en procedimiento técnico y metodológico para la elaboración del "estudio especializado de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra". Este análisis comparativo contó con información de cobertura y uso de la tierra para el año 0 (2006), año 1 (2011) y año 2 (2016). Para efectos del presente análisis cronológico se identificó que: año 0, es la línea de referencia o

inicial del análisis del proceso de cambio; año 1 es la medición intermedia correspondiente al análisis de los procesos de cambios a 5 años, contados a partir del año 0; y el año 2, corresponde al momento después de transcurrido diez (10) años, contados a partir del año 0. Para el mejor entendimiento se dividió en los siguientes:

- **Recolección de información**

Se recopiló información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional-IGN, ZEE – Tocache, Geoportal del MINAM entre otras instituciones, como la red vial, red hidrográfica, centros poblados, área de conservación regional (BOSHUMI), bosque de producción permanente, concesiones forestales entre otros, todos estos archivos en formato shapefile.

Además, se descargaron imágenes satelitales Landsat 8 y 5, y Sentinel 2A de los años 2006, 2011, 2016, de la página "<http://glovis.usgs.gov/>", los criterios principales para su elección fueron: la coincidencia en los meses (junio y julio) en todas las imágenes, así como un bajo porcentaje de nubosidad (10% como máximo). Todo el procedimiento se realizó siguiendo el protocolo de ortorectificación de imágenes satelitales Landsat del Ministerio del Ambiente.

- **Pre-procesamiento y ortorectificación de imágenes satelitales**

El pre-procesamiento y ortorectificación de las imágenes satelitales se realizó en el software Qgis. 3.4, utilizando el "Plugin" Semi-Automatic Classification, donde se cargaron las imágenes satelitales y como primer paso se

realizó un corte de las imágenes con la zona de estudio (polígono de la cuenca del río Tocache), y posterior a ello se realizó la corrección atmosférica, teniendo como resultado imágenes en niveles de reflectancia por cada banda.

- **Clasificación preliminar**

La clasificación de las imágenes satelitales, se empezó definiendo la cobertura del año más reciente (2016) y posteriormente de las más antiguas 2011 y 2006 respectivamente, en base a la clasificación del año anteriormente (MÁS *et al.*, 2004). Teniendo las imágenes “corregidas”, se realizó un análisis preliminar de la imagen satelital del año 2016, luego se realizó clasificaciones no supervisadas probando con diferentes números de categorías hasta encontrar la más adecuada, con lo que se procedió a la elaboración de una propuesta de la leyenda preliminar de las coberturas y el usos de la tierra según la metodología Corine Land Cover, que nos permitirá sumar información desde los niveles locales hacia el nivel regional y nacional (MIMAN, 2014 y IIAP, 2015).

- **Toma de puntos y datos en campo**

Teniendo las coberturas y usos de la tierra previamente identificadas en gabinete se procedió al reconocimiento en campo. Según (IIAP, 2015) el trabajo de campo tiene como propósito realizar la verificación de las unidades de cobertura interpretadas y que presentaron mayor incertidumbre en su identificación y delimitación, es decir, que requirieron que se realice un control temático.

Con la ayuda de un GPS navegador se procedió a tomar las coordenadas y anotaron el tipo de cobertura existente; principalmente en aquellas zonas donde se detecta mayor complejidad para la identificación y delimitación de los diferentes tipos de cobertura, con el propósito de verificar y efectuar las correcciones necesarias para garantizar la calidad de los resultados.

- **Clasificación de la cobertura y uso de la tierra**

La información recopilada en campo fue sistematizada e introducida previamente en una base de datos para facilitar su uso en el proceso de interpretación y la clasificación supervisada. Para este proceso se utilizó el software Qgis 3.4 y el "Plugin" Semic-Automatic Clasification, donde se cargaron la imagen satelital del año 2016 y las coordenadas tomadas en campo, luego se creó las "áreas de entrenamiento" considerando leyenda jerárquica (Corine Land Cover adaptada para el Perú) definida por anteriormente en base a ello se llevó acabado la clasificación supervisada y el análisis de la firmas espectrales, y posteriormente se asignó los nombre definitivos a las coberturas y usos según la metodología Corine Land Cover (Cuadro 2) y posteriormente se diseñó los mapas de cobertura y uso de la tierra de los años 2016, 2011 y 2006 utilizando el software ArcGis, las cuales son insumo para el modelamiento en el software Dinámica EGO.

Cuadro 2. Leyenda Corine Land Cover para la cuenca del río Tocache.

Código CLC	Cobertura y uso de la tierra (Corine Land Cover)			
	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV
1.1.	Áreas artificializadas	Zona urbanizadas		
2.1.1.		Cultivos transitorios	Otros cultivos transitorios	
2.1.2.1.			Cereales	Arroz
2.2.3.2.	Áreas agrícolas	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes arbóreos	Palma aceitera
2.3.		Pastos		
2.4.1.		Áreas agrícolas heterogéneas		
3.1.		Bosques		
3.3.3.	Bosques y áreas mayormente naturales	Áreas con vegetación herbácea y /o arbustiva	Vegetación secundaria o en transición	
3.4.		Áreas abiertas, sin o con poca vegetación		
5	Superficies de aguas			

3.3.2. Determinar la tasa de cambio de cobertura y uso de la tierra para los años 2006, 2011 y 2016 en la cuenca del río Tocache

En este proceso se calculó la tasa de cambio que hubo entre periodos en estudio, según la fórmula establecida por (FAO, 1996).

$$tc = \left\{ \left[\frac{S2}{S1} \right]^{1/n} - 1 \right\} \times 100$$

Dónde:

tc = tasa de cambio (en %)

S1 = superficie en la fecha inicial

S2 = superficie en la fecha final

n = diferencia de años entre fecha inicial y final

3.3.3. Predecir los cambios de cobertura y de uso de la tierra al año 2026 en escenarios tendencial y de conservación en la cuenca del río Tocache

Para el modelamiento predictivo del cambio de cobertura y uso de la tierra de la cuenca del río Tocache, se utilizó el software Dinámica EGO 4.0, basado en la metodología cadenas de Markov de primer orden (BRITALDO, 2009).

Las variables que se consideraron en la investigación fueron las siguientes:

- Áreas de conservación regional (BOSHUMI)
- Distancia a áreas ya deforestadas
- Distancia a carreteras
- Distancia a centros poblados
- Distancia a ríos
- Altitud
- Pendientes

El proceso del modelamiento se realizó en los siguientes:

- **Cálculo de la matriz de transición**

En este procedimiento se cargó el mapa de cobertura y uso de la tierra del año inicial y final, para el caso de la presente investigación se realizó tres

matrices de transición de primer orden, para los siguientes periodos 2006 – 2011, 2011 - 2016 y 2006 - 2016, se consideró solo este último para la proyección a futuro, debido a que el objetivo era proyectar a 10 años posteriores, teniendo como base los cambios suscitados hace 10 años atrás, es decir en el periodo 2006 – 2016.

- **Categorización de variables continuas y pesos de evidencias**

Dado que el método de pesos de evidencia sólo es aplicable a variables categóricas, fue necesario categorizar aquellas variables continuas (datos cuantitativos, tales como mapas de distancias, altitud, pendiente) (BRITALDO, 2009).

El método geo-estadístico de pesos de evidencia (GOODACRE *et al.*, 1993; BONHAM-CARTER, 1994) se aplica en Dinámica EGO para producir un mapa de probabilidades de transición, el cual muestra las áreas donde el cambio es más propenso a ocurrir (SOARES-FILHO *et al.*, 2002). Los pesos de evidencia representan la influencia de cada una de las variables en la probabilidad espacial de ocurrencia de una transición (BRITALDO, 2009).

- **Simulación del cambio de cobertura y uso de la tierra**

Teniendo la matriz de transición de los CCUT del año 2006 al 2016 y las variables categorizadas con sus respectivos pesos de evidencias, se procedió a calibrar el modelo donde se simuló el mapa de CUT para el año 2016, teniendo como base el año 2006, este resultado (mapa de CUT del 2016 simulado) se

comparó con el mapa CUT del 2016 obtenido a partir de la clasificación y validación en campo, esta comparación nos sirvió para ajustar las variables y pesos de evidencia, una vez terminado el modelo quedo calibrado para modelar el mapa de cobertura y uso de la tierra al año 2026.

Para le presente investigación se propuso modelar la CUT al año 2026 en dos escenarios (“tendencial” y “de conservación”) para los cuales se tomó como año inicial el mapa de CUT del 2016, basa en la metodología propuesta por (MAS y SANDOVAL, 2011). A continuación, se detalla los tipos y características de las transiciones elegidas para ambos escenarios:

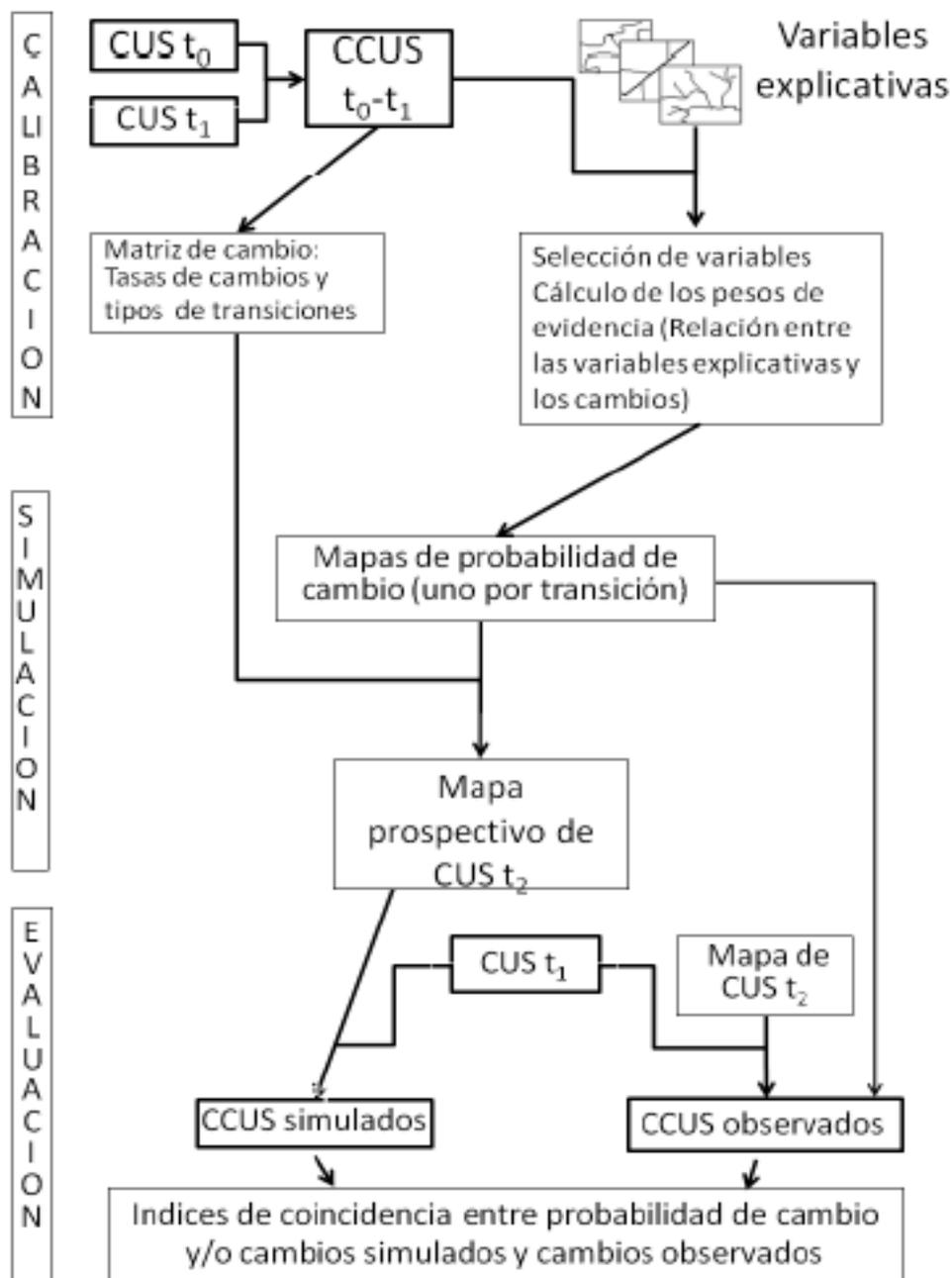
1) Escenario tendencial (ET)

En este escenario se supone que las tasas de cambio de coberturas y uso de la tierra y la distribución espacial de las mismas siguen la misma tendencia del periodo 2006 - 2016, es decir continuara si no se toma acciones y políticas por evitar la deforestación y buen manejo de la agricultura.

2) Escenario de conservación (EC)

En este escenario se toma en cuenta la implementación de políticas de conservación, recuperación y disminución de la tasa de deforestación, a diferencia al escenario anterior se consideró como insumo del modelo, el área de conservación regional (BOSHUMI).

Finalmente se ejecutó el modelo en el software Dinámica EGO 4.0 tal como se muestra en el diagrama de flujo mostrada en la Figura 2.



Fuente: MAS Y SANDOVAL, 2011

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de modelamiento

IV. RESULTADOS

4.1. Determinar de los cambios de cobertura y uso de la tierra para los años 2006, 2011 y 2016 en la cuenca del río Tocache

4.1.1. Cobertura y uso del suelo año 2006

El Cuadro 3, muestra los tipos de coberturas y uso de la tierra para año 2006, predominando los bosques, seguida de áreas abiertas sin o con poca vegetación y vegetación secundaria o en transición, con (53.03%, 24.01% y el 11.18%), las otras coberturas son: zonas urbanizadas, otros cultivos transitorios, arroz y palma aceitera con 0.32%, 0.33% y 0.84% respectivamente.

Cuadro 3. Cobertura y uso del suelo del año 2006

N°	Descripción	Símbolo	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Zona urbanizadas	ZU	524.70	0.32
2	Otros cultivos transitorios	OCT	537.93	0.33
3	Arroz	A	1,374.21	0.84
4	Palma aceitera	PA	1,365.12	0.84
5	Pastos	P	4,385.97	2.69
6	Áreas agrícolas heterogéneas	AGH	9,197.46	5.64
7	Bosques	B	86,452.83	53.03
8	Vegetación secundaria o en transición	VST	18,222.39	11.18
9	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	AAPV	39,147.03	24.01
10	Superficies de aguas	SA	1,827.09	1.12
Superficie total			163,034.73	100.00

En la Figura 3 y anexo 3 (Lamina 08), se observa la cobertura y uso de la tierra para el año 2006, apreciándose que la cuenca se caracteriza por tener mayor porcentaje de bosque (53.03%), seguido de las “áreas abiertas, sin o con poca vegetación” con (24.01%), según la metodología utilizada (Corine Land Cover) esta cobertura es producto de la asociación de dos coberturas de menor nivel (Nivel III); afloramiento rocoso y tierras desnudas, la primera se encuentra en la zona más alta de la cuenca, parte de la sierra y la vegetación es escasa por las mismas condiciones y en cuanto a la cobertura “tierras desnudas” esta se encuentra en la parte baja de cuenca, además se aprecia que en esta parte de la cuenca se extiende las coberturas y uso de la tierra por actividades del hombre que realiza mediante la ampliación de su frontera agrícola con cultivos (Palma aceitera, arroz, pasto, áreas agrícolas).

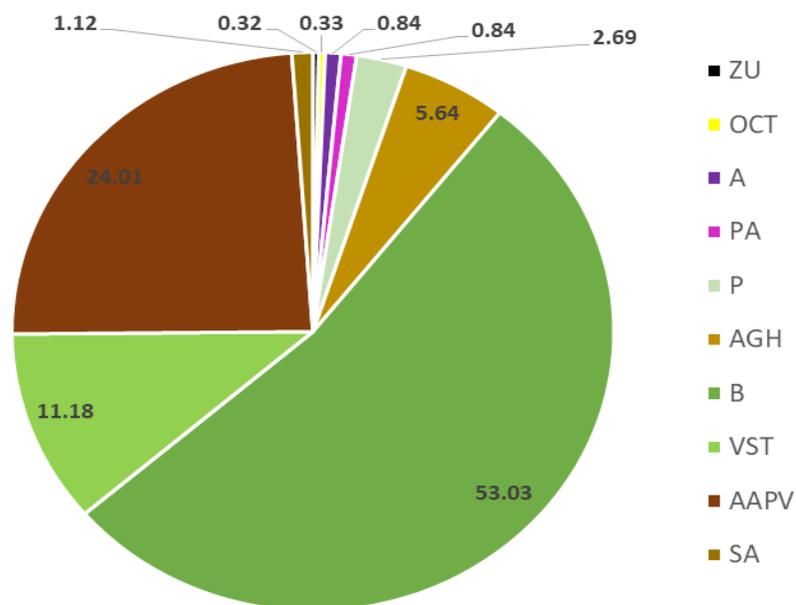


Figura 3. Superficie de cobertura y uso de la tierra del 2006

4.1.2. Cobertura y uso del suelo año 2011

En el Cuadro 4, se observa las áreas en hectáreas (ha) y porcentaje (%), de las coberturas y uso de la tierra en la cuenca del río Tocache para el año 2011, comparando con el año 2006 también predominan la cobertura de bosque, seguida de las áreas abiertas sin o con poca vegetación y vegetación secundaria o en transición con (52.68%, 23.48% y 10.19%) respectivamente, las coberturas que se encuentran en menores porcentajes son: otros cultivos transitorios, zonas urbanizadas, arroz con (0.36%, 0.48% y 0.76%) respectivamente.

Cuadro 4. Cobertura y uso del suelo del año 2011

N°	Descripción	Símbolo	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Zona urbanizadas	ZU	788.76	0.48
2	Otros cultivos transitorios	OCT	591.84	0.36
3	Arroz	A	1,172.61	0.72
4	Palma aceitera	PA	3,825.45	2.35
5	Pastos	P	3,999.60	2.45
6	Áreas agrícolas heterogéneas	AGH	10,133.55	6.22
7	Bosques	B	85,891.59	52.68
8	Vegetación secundaria o en transición	VST	16,605.63	10.19
9	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	AAPV	38,277.99	23.48
10	Superficies de aguas	SA	1,747.71	1.07
Superficie total			163,034.73	100.00

En la Figura 4 y anexo 3 (Lamina 09), se observa la cobertura y uso de la tierra para el año 2011, apreciándose que en la parte alta de la cuenca no hubo cambio; los cambios fueron en la parte baja y se observa la disminución del bosque (52.68%) en comparación al 2006 y el aumento de estas coberturas y uso

de la tierra tienen que ver con las actividades del hombre que realiza mediante la ampliación de su frontera agrícola.

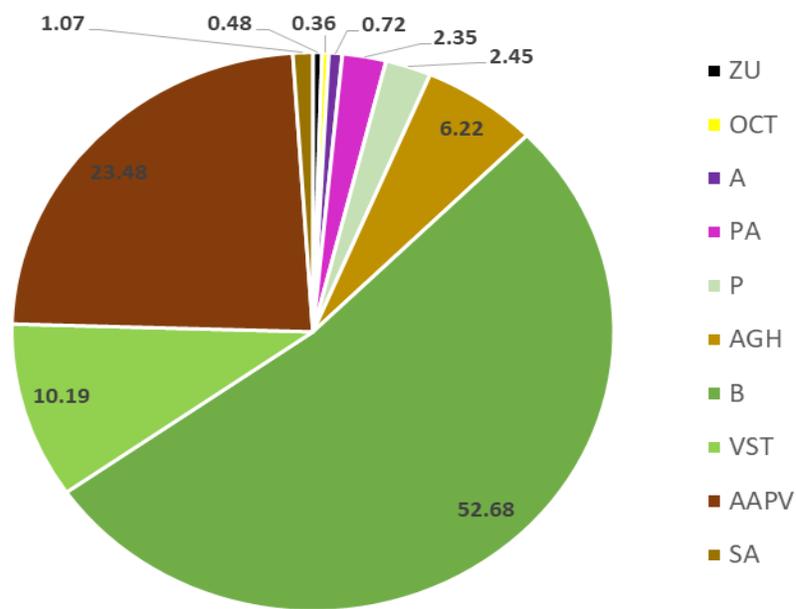


Figura 4. Superficie de cobertura y uso de la tierra año 2011

4.1.3. Cobertura y uso del suelo del año 2016

En el Cuadro 5, se observa las áreas en hectáreas (ha) y porcentaje (%), de las coberturas y uso de la tierra en la cuenca del río Tocache para año 2016, al igual que la evaluación de los años 2006 y 2011 también predominan la cobertura de bosque, seguida de las áreas abiertas sin o con poca vegetación y vegetación secundaria o en transición, con (50.57%, 23.45% y 11.50%) respectivamente, las coberturas que representan menores porcentajes son, otros cultivos transitorios, zonas urbanizadas y arroz con (0.35%, 0.55% y 0.76%) respectivamente.

Cuadro 5. Cobertura y uso del suelo del año 2016

N°	Descripción	Símbolo	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Zona urbanizadas	ZU	896.31	0.55
2	Otros cultivos transitorios	OCT	572.22	0.35
3	Arroz	A	1,246.59	0.76
4	Palma aceitera	PA	4,711.86	2.89
5	Pastos	P	2,313.09	1.42
6	Áreas agrícolas heterogéneas	AGH	12,208.59	7.49
7	Bosques	B	82,452.60	50.57
8	Vegetación secundaria o en transición	VST	18,749.43	11.50
9	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	AAPV	38,238.21	23.45
10	Superficies de aguas	SA	1,645.83	1.01
Superficie total			163,034.73	100.00

En la Figura 5 y anexo 3 (Lamina 10), se observa la cobertura y uso de la tierra para el año 2016, apreciándose que en la parte alta de la cuenca no hubo cambios significativos; los cambios se realizaron en la parte baja y se observa la disminución del bosque (50.57%) en comparación al año 2011 y 2006, disminuyendo el bosque 4000 ha en 10 años que representan un 2.46% respectivamente, mientras que el aumento del uso de la tierra tienen que ver con las actividades que el hombre realiza para aumentar su frontera agrícola.

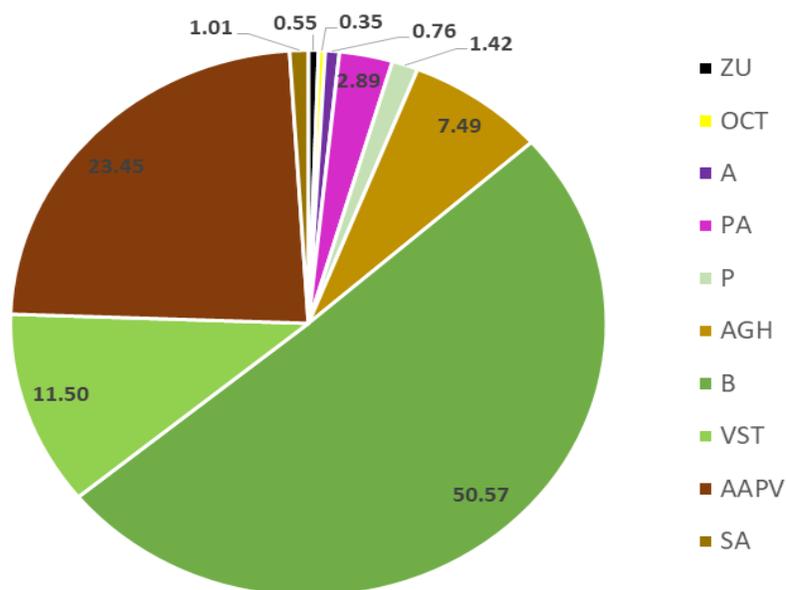


Figura 5. Superficie de cobertura y uso de la tierra año 2016

4.1.4. Cambio de cobertura y uso del suelo año 2006 al 2011

El Cuadro 6, presenta el análisis de cambio de cobertura entre los años 2006 y 2011, los cambios más resaltantes son el aumento de 2,460.33 ha de palma aceitera, aumento de 936.09 ha de áreas agrícolas heterogéneas, y la cobertura de vegetación secundaria, los bosque disminuyeron en 1,616.76 ha y 561.24 ha respectivamente, las otras coberturas que disminuyeron son arroz, áreas abiertas sin o con poca vegetación y superficies de agua; las coberturas que aumentaron son zonas urbanizadas y otros cultivos transitorios. Los cambios presentados en estos periodos de años, fueron reducción de coberturas naturales y un aumento del frente productivo.

Cuadro 6. Cambios en el primer periodo (2006 – 2011)

N°	Descripción	Año 2006	Año 2011	Cambios (ha)	Observación
		Área (ha)	Área (ha)		
1	Zona urbanizadas	524.70	788.76	264.06	Incremento
2	Otros cultivos transitorios	537.93	591.84	53.91	Incremento
3	Arroz	1,374.21	1,172.61	-201.60	Disminuyo
4	Palma aceitera	1,365.12	3,825.45	2,460.33	Incremento
5	Pastos	4,385.97	3,999.60	-386.37	Disminuyo
6	Áreas agrícolas heterogéneas	9,197.46	10,133.55	936.09	Incremento
7	Bosques	86,452.83	85,891.59	-561.24	Disminuyo
8	Vegetación secundaria o en transición	18,222.39	16,605.63	-1,616.76	Disminuyo
9	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	39,147.03	38,277.99	-869.04	Disminuyo
10	Superficies de aguas	1,827.09	1,747.71	-79.38	Disminuyo
Superficie total		163,034.73	163,034.73		

4.1.5. Cambio de cobertura y uso del suelo año 2011 al 2016

El Cuadro 7, presenta el análisis de cambio de cobertura entre los años 2011 y 2016, los cambios más resaltantes fueron que el bosque perdió 3,439.99 ha y el pasto 1,686.51 ha y las coberturas que ganaron mayor superficie fueron: vegetación secundaria, áreas agrícolas heterogéneas y palma aceitera, con 2,143.80 ha, 2,075.04 ha y 886.41 ha respectivamente, los cambios menores que encontramos fueron el aumento de zonas urbanizadas y arroz; las coberturas que disminuyeron fueron: otros cultivos transitorios, áreas abiertas sin o con poca vegetación y superficies de agua. Los cambios ocurridos en estos periodos fueron: reducción de las coberturas naturales y pastos, aumento del frente de productivo y vegetación secundaria a causa de la agricultura migratoria.

Cuadro 7. Cambios en el segundo periodo (2011 – 2016)

N°	Descripción	Año 2011	Año 2016	Cambios (ha)	Observación
		Área (ha)	Área (ha)		
1	Zona urbanizadas	788.76	896.31	107.55	Incremento
2	Otros cultivos transitorios	591.84	572.22	-19.62	Disminuyo
3	Arroz	1,172.61	1,246.59	73.98	Incremento
4	Palma aceitera	3,825.45	4,711.86	886.41	Incremento
5	Pastos	3,999.60	2,313.09	-1,686.51	Disminuyo
6	Áreas agrícolas heterogéneas	10,133.55	12,208.59	2,075.04	Incremento
7	Bosques	85,891.59	82,452.60	-3,438.99	Disminuyo
8	Vegetación secundaria o en transición	16,605.63	18,749.43	2,143.80	Incremento
9	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	38,277.99	38,238.21	-39.78	Disminuyo
10	Superficies de aguas	1,747.71	1,645.83	-101.88	Disminuyo
Superficie total		163,034.73	163,034.73		

4.1.6. Cambio de cobertura y uso del suelo del año 2006 al 2016

En el análisis de cambio de cobertura y usos de la tierra entre el año inicial y final del periodo en evaluación (2006-2016), se observa la disminución del bosque en 4,000.23 ha, producto de la agricultura intensiva por los pobladores, seguido de pasto con 2,072.88 ha, áreas abiertas sin o con poca vegetación con 908.82 y en menor cantidad, arroz y superficies de aguas con 127.62 ha y 181.26 ha respectivamente; mientras que las coberturas que aumentaron en mayor superficie fueron, palma aceitera con 3,346.74 ha, seguido de áreas agrícolas heterogéneas con 3,011.13 ha, y en menor cantidad se encuentran, vegetación secundaria con 527.04 ha, zonas urbanizadas con 371.61 ha y otros cultivos transitorios con 34.29 ha, los cambios suscitados son de reducción de coberturas naturales y un aumento del frente de productivo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Cambios en el periodo completo (2006 – 2016)

N°	Descripción	Año 2006	Año 2016	Cambios (ha)	Observación
		Área (ha)	Área (ha)		
1	Zona urbanizadas	524.70	896.31	371.61	Incremento
2	Otros cultivos transitorios	537.93	572.22	34.29	Incremento
3	Arroz	1,374.21	1,246.59	-127.62	Disminuyo
4	Palma aceitera	1,365.12	4,711.86	3,346.74	Incremento
5	Pastos	4,385.97	2,313.09	-2,072.88	Disminuyo
6	Áreas agrícolas heterogéneas	9,197.46	12,208.59	3,011.13	Incremento
7	Bosques	86,452.83	82,452.60	-4,000.23	Disminuyo
8	Vegetación secundaria o en transición	18,222.39	18,749.43	527.04	Incremento
9	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	39,147.03	38,238.21	-908.82	Disminuyo
10	Superficies de aguas	1,827.09	1,645.83	-181.26	Disminuyo
Superficie total		163,034.73	163,034.73		

En la Figura 6, muestra el análisis del cambio de cobertura y uso de la tierra en hectáreas, de los periodos 2006 al 2011, 2011 al 2016 y 2006 al 2016, de los cuales los cambios más resaltantes es la constante pérdida del bosque, que en un periodo de 10 años se perdió 4,000.2 hectáreas, aumentó las superficies de palma aceitera y áreas agrícolas heterogéneas con 3,346.74 ha y 3,011.13 ha respectivamente, la vegetación secundaria o en transición en el periodo 2006 al 2011 perdió 1,616.8, mientras que en el periodo 2011 al 2016 aumento en 2,143.8 ha y que al cabo de 10 años aumento solamente en 527.0 ha, y el pasto tuvo pérdidas progresiva de sus áreas en 10 años perdiendo 2,072.9 ha.

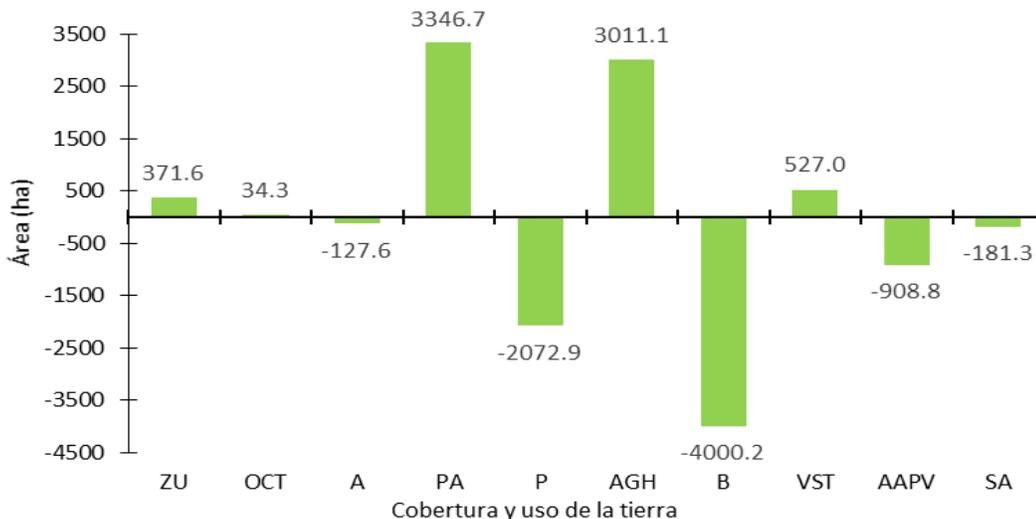


Figura 6. Cambio de cobertura y uso de la tierra del año 2006 al 2016

4.2. Tasas de cambio de cobertura y uso de la tierra

Las coberturas con tasas de cambio más resaltantes fueron la palma aceitera, en el periodo 2006 – 2011 presenta tasa de 22.89%, equivalente a un aumento 492.07 ha/año, periodo 2011 – 2006 baja a 4.26% (177.28 ha/año), en el periodo 2006 – 2016 la tasa es de 13.19% equivalente a un aumento de 334.67 ha por año, por otro lado la tasa de cambio del bosque en el periodo 2006 – 2011 es de 0.13% equivalente a 112.25 ha/año, pero en el segundo periodo 2011 - 2016 disminuye considerablemente del 0.81% equivalente a una pérdida de 687.80 ha/año y el periodo inicial y final 2006 – 2016 presenta un tasa de 0.47% equivalente a una pérdida de 400.02 ha/año, áreas agrícolas heterogéneas presenta un tasa periodo 2006 – 2016 de 2.87% equivalente a un aumento de 301.11 ha/año, analizando los otras coberturas se observa que las tasas están a favor de la deforestación y el aumento de las activadas que interviene el hombre. Cuadro 9 y Figura 7.

Cuadro 9. Tasas de cambio periodos 2006–2011, 2011-2016 y 2006-2016

N°	Descripción	2006 - 2011		2011 - 2016		2006 - 2016	
		ha/año	%/año	ha/año	%/año	ha/año	%/año
1	Zona urbanizadas	52.81	8.49	21.51	2.59	37.16	5.50
2	Otros cultivos transitorios	10.78	1.93	-3.92	-0.67	3.43	0.62
3	Arroz	-40.32	-3.12	14.80	1.23	-12.76	-0.97
4	Palma aceitera	492.07	22.89	177.28	4.26	334.67	13.19
5	Pastos	-77.27	-1.83	-337.30	-10.37	-207.29	-6.20
6	Áreas agrícolas heterogéneas	187.22	1.96	415.01	3.80	301.11	2.87
7	Bosques	-112.25	-0.13	-687.80	-0.81	-400.02	-0.47
8	Vegetación secundaria o en transición	-323.35	-1.84	428.76	2.46	52.70	0.29
9	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	-173.81	-0.45	-7.96	-0.02	-90.88	-0.23
10	Superficies de aguas	-15.88	-0.88	-20.38	-1.19	-18.13	-1.04

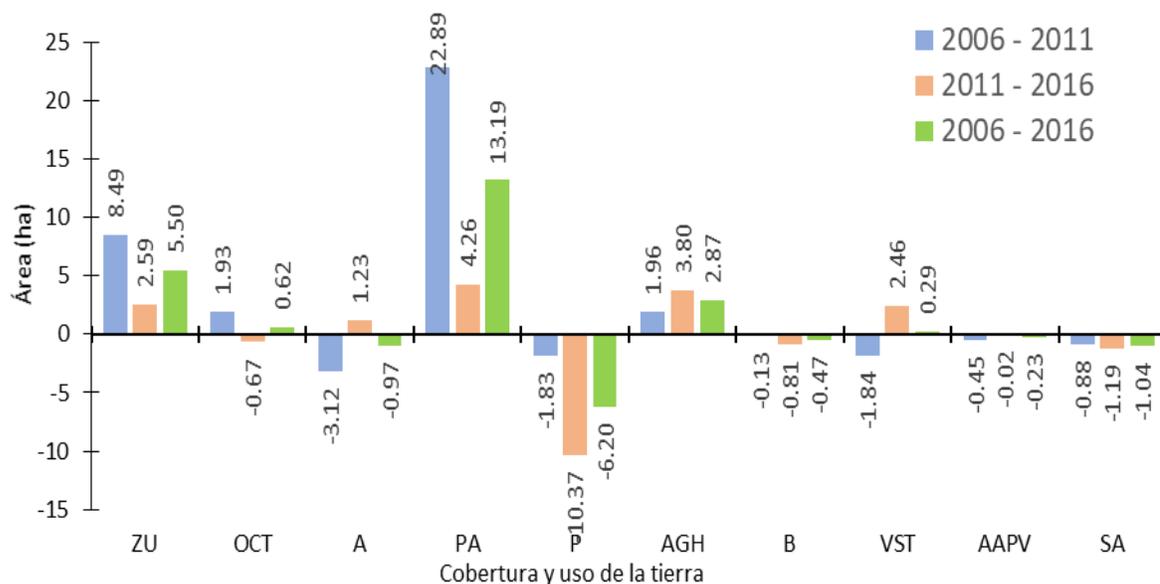


Figura 7. Tasa de cambio anual en porcentajes

4.3. Predecir los cambios de cobertura y uso de la tierra al año 2026 en escenarios tendencial y de conservación en la cuenca del río Tocache

4.3.1. Matriz de transición del periodo 2006 al 2011

En el Cuadro 10, se presenta la matriz de transición (en hectáreas) de los cambios de cobertura y uso de la tierra del año 2006 con respecto al 2011 (5 años), indicando las (perdida y ganancia) de las coberturas, las áreas que permanecieron sin cambio de una determinada cobertura, se presentan en la diagonal de la matriz. Los cambios más resaltantes fueron 1,324.26 ha de áreas agrícolas heterogéneas pasaron a ser áreas de vegetación secundaria o en transición, el aumento de 2,495.07 ha de palma aceitera de la cual 1,236.15 ha en mayor cantidad se encuentra en vegetación secundaria o en transición, el bosque perdió 1,529.73 ha, en mayor cantidad a vegetación secundaria o en transición.

Cuadro 10. Matriz de transición con pérdidas y ganancias periodo 2006-2011

Cambió De: / A :	Cobertura y uso de suelo - Año 2011											Área total (ha)	Perdida (ha)
	ZU	OCT	A	PA	P	AGH	B	VST	AAPV	SA	Año 2006		
Cobertura y uso de suelo - Año 2006	ZU	521.19	--	--	--	0.54	--	--	2.97	--	--	524.70	3.51
	OCT	0.63	521.01	--	--	--	3.69	--	6.93	--	5.67	537.93	16.92
	A	0.45	--	692.19	497.07	80.55	35.82	--	68.13	--	--	1374.21	682.02
	PA	--	--	--	1330.38	--	--	--	34.74	--	--	1365.12	34.74
	P	51.03	--	68.67	51.93	3139.11	491.94	--	463.41	115.47	4.41	4385.97	1246.86
	AGH	73.08	39.51	122.67	188.55	166.50	7263.63	--	1324.26	--	19.26	9197.46	1933.83
	B	--	--	--	--	--	325.89	84923.10	1146.06	--	57.78	86452.83	1529.73
	VST	142.02	--	143.73	1236.15	534.33	1880.82	891.54	13290.39	5.58	97.83	18222.39	4932.00
	AAPV	0.36	0.09	145.35	521.37	67.77	76.23	--	201.06	38119.86	14.94	39147.03	1027.17
	SA	--	31.23	--	--	10.80	55.53	76.95	67.68	37.08	1547.82	1827.09	279.27
Área total													
(ha) Año 2011												163034.73	
Ganancia (Ha)													
267.57 70.83 480.42 2495.07 860.49 2869.92 968.49 3315.24 158.13 199.89													

4.3.2. Matriz de transición para el periodo 2011 al 2016

En el Cuadro 11, se muestra la matriz de transición (en hectáreas) de los cambios cobertura y uso de la tierra del año 2011 con respecto al 2016 (5 años). Los más resaltantes son la disminución de 2,191.68 ha de pasto, la mayor cantidad de áreas de pasto fueron utilizadas como áreas agrícolas heterogéneas (1,005.66 ha), el bosque perdió 3,958.92 ha que fueron transformadas a vegetación secundaria o en transición, se incrementaron áreas agrícolas heterogéneas en 3,542.0 ha, y vegetación secundaria aumento en 4,884 ha de este ultimo la mayor superficie fue cambiado a bosque 3,200.67 ha, afirmando que los cambios son bastante dinámicos.

Cuadro 11. Matriz de transición de un solo paso periodo 2011 al 2016

Cambió De: / A :	Cobertura y uso de suelo - Año 2016										Área total (ha)	Perdida (ha)	
	ZU	OCT	A	PA	P	AGH	B	VST	AAPV	SA	Año 2011		
Cobertura y uso de suelo - Año 2011	ZU	681.1	--	--	--	--	--	--	0.09	--	--	681.21	0.09
	OCT	3.51	554	--	3.33	--	23.94	--	6.12	12.78	7.92	611.46	57.60
	A	2.52	--	511.02	65.34	86.04	179.73	--	186.48	67.5	--	1098.63	587.61
	PA	0.45	--	6.48	2932	--	--	--	0.09	--	--	2939.04	7.02
	P	7.56	--	277.92	42.66	3494.4	1005.66	--	735.93	115.56	6.39	5686.11	2191.68
	AGH	52.02	23.85	295.02	64.44	135.72	6591.24	245.97	558.63	80.28	11.34	8058.51	1467.27
	B	--	--	--	--	--	569.25	85371.7	3200.67	5.13	183.87	89330.58	3958.92
	VST	35.37	4.50	49.59	717.66	93.78	1692.63	98.01	11721.6	1.71	46.98	14461.83	2740.23
	AAPV	--	--	31.68	--	164.07	43.02	--	75.69	37980.5	22.86	38317.77	337.32
	SA	6.21	9.63	0.9	--	25.56	28.08	175.95	120.33	14.58	1468.4	1849.59	381.24
Área total (ha) Año 2016	788.8	591.8	1172.61	3825.45	3999.6	10133.6	85891.6	16605.6	38278	1747.7		163,034.73	
Ganancia (Ha)	107.6	38	662	893	505	3,542	520	4,884	298	279			

4.3.3. Matriz de transición para el periodo 2006 al 2016

En el Cuadro 12, se muestra la matriz de transición (en hectáreas) de los cambios cobertura y uso de la tierra del año 2006 con respecto al 2016 (10 años). Los cambios más resaltantes son la pérdida de vegetación secundaria, bosque, áreas agrícolas heterogéneas y pasto con áreas de 6,264.27 ha, 5,010.57, 2,655.99 ha y 2,670.39 ha respectivamente, por otro lado, las coberturas que aumentaron sus extensiones fueron vegetación secundaria, áreas agrícolas heterogéneas y palma aceitera con 6,791.31 ha, 5,667.12 ha y 3,350 ha respectivamente y otros cambios fueron en menores áreas, pero no menos importantes.

Cuadro 12. Matriz de transición con pérdidas y ganancias periodo 2006 al 2016

Cambió De: / A:	Cobertura y uso de suelo - Año 2016										Área total (ha) Año 2006	Pérdida (ha)	
	ZU	OCT	A	PA	P	AGH	B	VST	AAPV	SA			
Cobertura y uso de suelo - Año 2006	ZU	522.90	--	--	1.62	--	0.09	--	0.09	--	--	524.70	1.80
	OCT	4.14	493.65	--	3.33	--	8.10	--	13.05	5.22	10.44	537.93	44.28
	A	2.34	--	439.29	573.12	49.05	154.17	--	121.59	34.65	--	1374.21	934.92
	PA	--	--	--	1361.79	--	--	--	3.33	--	--	1365.12	3.33
	P	66.06	7.20	253.35	115.29	1715.58	1209.87	--	888.21	130.32	0.09	4385.97	2670.39
	AGH	120.42	22.68	237.06	299.34	270.00	6541.47	186.21	1435.68	58.59	26.01	9197.46	2655.99
	B	--	--	--	--	--	839.79	81442.26	4006.08	5.13	159.57	86452.83	5010.57
	VST	175.77	1.62	120.69	1727.28	171.54	3279.42	641.34	11958.12	22.77	123.84	18222.39	6264.27
	AAPV	1.44	0.09	195.30	630.09	79.29	91.71	--	171.18	37970.73	7.20	39147.03	1176.30
	SA	3.24	46.98	0.90	--	27.63	83.97	182.79	152.10	10.80	1318.68	1827.09	508.41
Área total (ha) 2016	896.31	572.22	1246.59	4711.86	2313.09	12208.59	82452.60	18749.43	38238.21	1645.83		163034.73	
Ganancia (Ha)	373.41	78.57	807.30	3350.07	597.51	5667.12	1010.34	6791.31	267.48	327.15			

El Cuadro 13, muestra la matriz de transición anual en porcentaje del periodo 2006 al 2016 (10 años), indicándonos la probabilidad anual que una

cobertura pueda cambiar a otra cobertura, en base a dichas probabilidades se realizaron las predicciones de la cobertura y uso de la tierra para el año 2026, en la cual se eligieron transiciones para dos posibles escenarios; un primer escenario de tipo tendencial o deforestación en las cuales están resaltados de color naranja y un segundo escenario en un caso de conservación o recuperación resaltados de color verde.

Cuadro 13. Matriz de probabilidad transición anual periodo 2006 al 2016

Cambió De: / A :		Cobertura y uso de suelo - Año 2016									
		ZU	OCT	A	PA	P	AGH	B	VST	AAPV	SA
Cobertura y uso de suelo - Año 2006	ZU	xx	--	--	0.31	--	0.02	--	0.02	--	--
	OCT	0.77	xx	--	0.62	--	1.51	--	2.43	0.97	1.94
	A	0.17	--	xx	41.71	3.57	11.22	--	8.85	2.52	--
	PA	--	--	--	xx	--	--	--	0.24	--	--
	P	1.51	0.16	5.78	2.63	xx	27.59	--	20.25	2.97	0.00
	AGH	1.31	0.25	2.58	3.25	2.94	xx	2.02	15.61	0.64	0.28
	B	--	--	--	--	--	0.97	xx	4.63	0.01	0.18
	VST	0.96	0.01	0.66	9.48	0.94	18.00	3.52	xx	0.12	0.68
	AAPV	0.00	0.00	0.50	1.61	0.20	0.23	--	0.44	xx	0.02
	SA	0.18	2.57	0.05	--	1.51	4.60	10.00	8.32	0.59	xx

4.3.4. Escenario “Tendencial”

En este escenario se consideró 7 transiciones de deforestación y/o degradación; se considera la probabilidad de cambios de cobertura y uso de la tierra concerniente a la pérdida de bosque y al aumento de coberturas que tenga que ver con actividades agrícolas, dichas probabilidades de cambio son utilizadas para predecir la cobertura para futuros años, Cuadro 14.

Cuadro 14. Transiciones elegidas para un escenario “Tendencial”

Tipo de transición	Transición	Descripción de la transición	Probabilidad de cambio (%)
Transición de deforestación y/o degradación	7 a 6	De Bosque a Áreas agrícolas heterogéneas	0.97
	7 a 8	De Bosque a Vegetación secundaria o en transición	4.63
	8 a 1	De Vegetación secundaria o en transición a Zonas Urbanizadas	0.96
	8 a 3	De Vegetación secundaria o en transición a Arroz	0.66
	8 a 4	De Vegetación secundaria o en transición a Palma aceitera	9.48
	8 a 5	De Bosque a Pasto	0.94
	8 a 6	De Vegetación secundaria o en transición a Áreas agrícolas heterogéneas	18.00

4.3.5. Escenario “De conservación”

En este escenario se consideró 8 transiciones de conservación y/o recuperación; en este escenario el bosque se empieza recuperar y disminuyen el mantenimiento de las áreas agrícolas, Cuadro 15.

Cuadro 15. Transiciones elegidas para un escenario “De conservación”

Tipo de transición	Transición	Descripción de la transición	Probabilidad de cambio (%)
Transición de conservación y/o recuperación	2 a 8	De otros cultivos transitorios a Vegetación secundaria o en transición	2.43
	3 a 8	De Arroz a Vegetación secundaria o en transición	8.85
	4 a 8	De Palma aceitera a Vegetación secundaria o en transición	0.25
	6 a 7	De Áreas agrícolas heterogéneas a Bosque	2.02
	5 a 8	De Pasto a Vegetación secundaria o en transición	20.25
	6 a 8	De Áreas agrícolas heterogéneas a Vegetación secundaria o en transición	15.61
	8 a 7	De Vegetación secundaria o en transición a Bosque	3.52
	9 a 8	De Áreas abiertas, sin o con poca vegetación a Bosque	0.44

4.3.6. Proyección de la cobertura y uso de la tierra al 2026 en un escenario “Tendencial”

El Cuadro 16, detalla el resultado de la predicción en un escenario “tendencial” para el año 2026 de la cobertura y uso de la tierra, donde en ese supuesto se perderían 3,975.5 ha de bosque, y se tendría un aumento de 3,239.1 ha de palma aceitera, 1,585.6 ha de áreas agrícolas heterogéneas.

Cuadro 16 Proyección del CCUS al 2026 en un escenario tendencial.

N°	Descripción	Año 2016	Año 2026*	Cambios (ha)	Observación
		Área (ha)	Área (ha)		
1	Zona urbanizadas	896.31	1,299.78	403.5	Incremento
2	Otros cultivos transitorios	572.22	612.90	40.7	Incremento
3	Arroz	1,246.59	1,085.31	-161.3	Disminuyo
4	Palma aceitera	4,711.86	7,950.96	3,239.1	Incremento
5	Pastos	2,313.09	1,528.38	-784.7	Disminuyo
6	Áreas agrícolas heterogéneas	12,208.59	13,794.21	1,585.6	Incremento
7	Bosques	82,452.60	78,477.12	-3,975.5	Disminuyo
8	Vegetación secundaria o en transición	18,749.43	18,840.60	91.2	Incremento
9	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	38,238.21	37,932.84	-305.4	Disminuyo
10	Superficies de aguas	1,645.83	1,512.63	-133.2	Disminuyo
Superficie total		163,034.73	163,034.73		

2026 *: Proyección al 2026 en un escenario “Tendencial”

En la Figura 8 y anexo 3 (Lamina 11), se observa la predicción de la cobertura y uso de la tierra al año 2026 en un escenario “tendencial”, a partir de datos históricos del año 2006 al 2016, apreciándose que los cambios más notorios será el avance de la deforestación y áreas agrícolas, estos cambios se realizaran en zonas cerca de las riveras de los ríos principales, vías, centros poblados todos

estos en la parte baja de la cuenca, mientras que en la parte alta no se presentan cambios significativos.

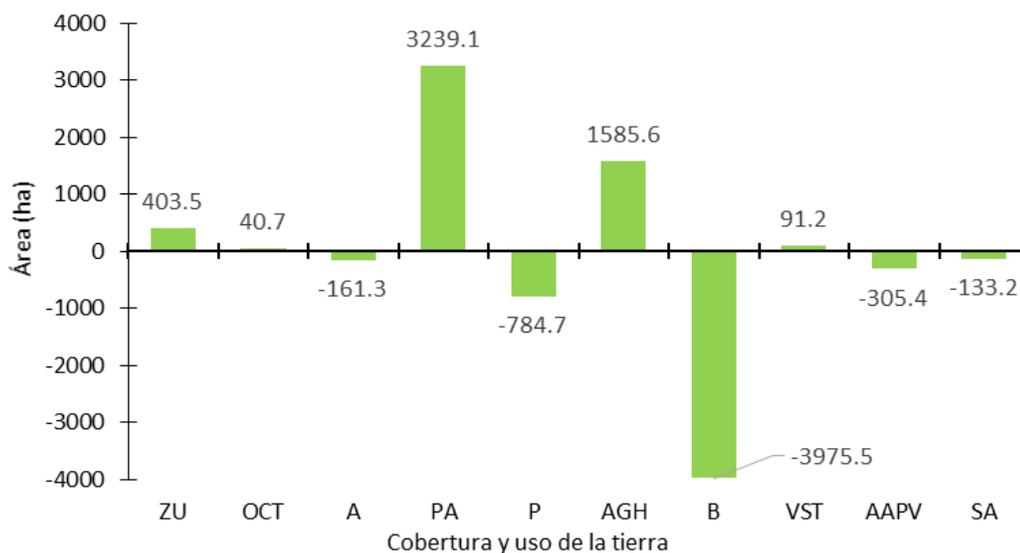


Figura 8. Variación de la CUT año 2026 en un escenario “Tendencial”

4.3.7. Proyección de la cobertura y uso del suelo al 2026 en un escenario “De conservación”

El Cuadro 17, detalla el resultado de la predicción en un escenario “conservacionista” para el año 2026 de la cobertura y uso de la tierra, donde en ese supuesto se recuperaría 2,519.90 ha vegetación secundaria y 1,042.50 ha de bosque, y se tendría una disminución de 2,582.90 ha de áreas agrícolas heterogéneas y una menor cantidad de áreas abiertas, sin o con poca vegetación, arroz y pasto con áreas de 166.50 ha, 164.20 ha y 633.80 ha respectivamente.

Cuadro 17. Proyección del CCUS al 2026 en un escenario de conservación

N°	Descripción	Año 2016	Año 2026**	Cambios (ha)	Observación
		Área (ha)	Área (ha)		
1	Zona urbanizadas	896.31	895.41	-0.9	Disminuyo
2	Otros cultivos transitorios	572.22	557.19	-15.0	Disminuyo
3	Arroz	1,246.59	1,082.43	-164.2	Disminuyo
4	Palma aceitera	4,711.86	4,713.66	1.8	Incremento
5	Pastos	2,313.09	1,679.31	-633.8	Disminuyo
6	Áreas agrícolas heterogéneas	12,208.59	9,625.68	-2,582.9	Disminuyo
7	Bosques	82,452.60	83,495.07	1,042.5	Incremento
8	Vegetación secundaria o en transición	18,749.43	21,269.34	2,519.9	Incremento
9	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	38,238.21	38,071.71	-166.5	Disminuyo
10	Superficies de aguas	1,645.83	1,644.93	-0.9	Disminuyo
Superficie total		163,034.73	163,034.73		

2026 **: Proyección al 2026 en un escenario de "Conservación"

En la Figura 9 y anexo 3 (Lamina 12), se observa la predicción de la cobertura y uso de la tierra al año 2026 en un escenario "de conservación", a partir de datos históricos del año 2006 al 2016 que a diferencia del modelo "tendencial", en este modelo se consideró el área de conservación regional que abarca gran parte de la cuenca en la zona media y alta de la cuenca, observándose en este tipo de escenario una recuperación de la superficie de bosque y vegetación secundaria o en transición con 2,519.90 ha y 1,042.50 ha respectivamente y una ligera disminución de pasto, áreas abiertas y arroz de 633.80 ha, 166.50 ha y 164.80 ha respectivamente, las otras coberturas presentan cambios muy ligero.

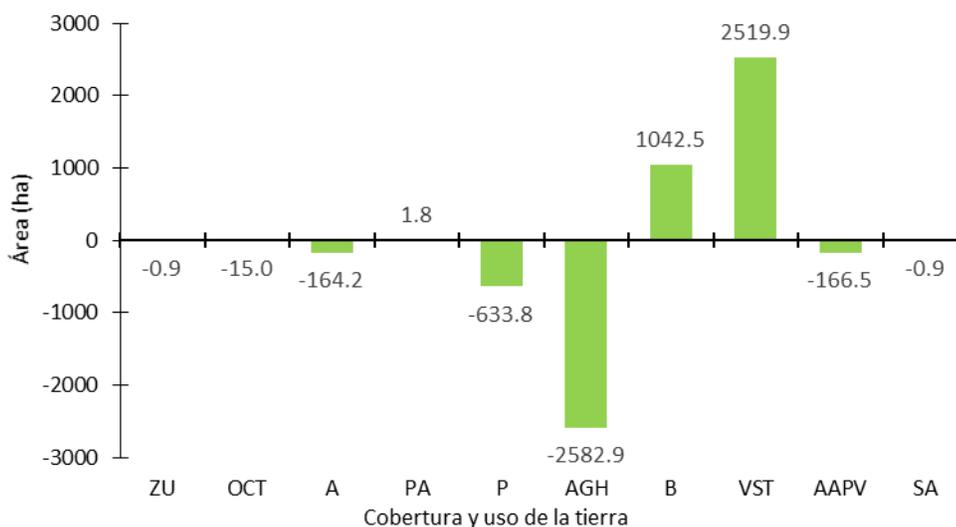
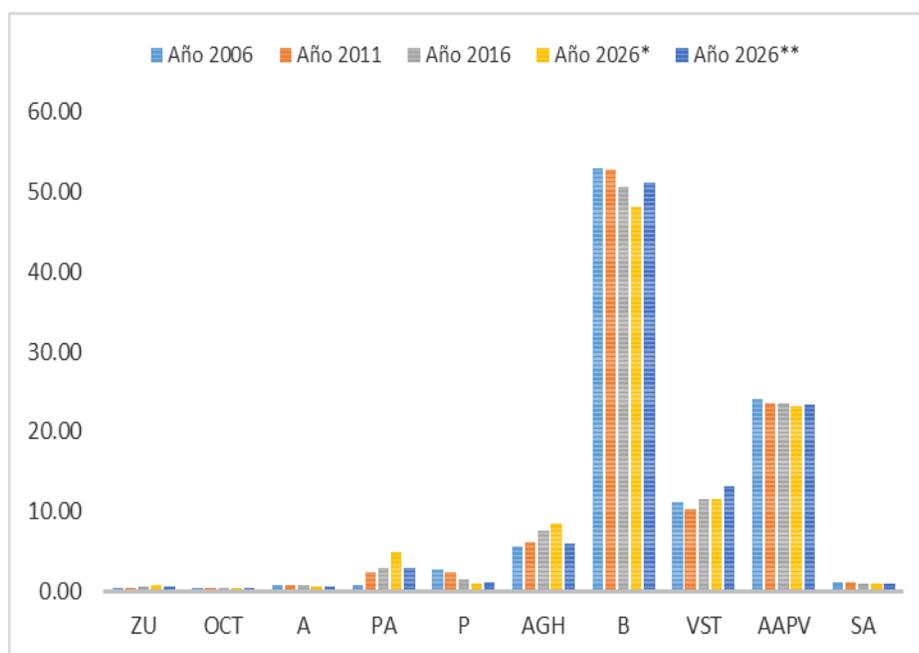


Figura 9. Variación de la CUT año 2026 en escenario “de conservación”

En la Figura 10, se muestra la variación en porcentaje de las coberturas y uso de la tierra desde el año inicial 2006 al año proyectado (2026) este último en los dos escenarios planteados.



* Proyección al año 2026 en escenario “tendencial”

** Proyección al año 2026 en escenario “de conservación”

Figura 10. Variación de los cambios de cobertura perdido 2006-2026

V. DISCUSIÓN

Los cambios de cobertura y uso de la tierra, encontrados en la cuenca del río Tocache en el periodo 2006 al 2016, están en función a las actividades antropogénicas por lo que se ve una disminución de las coberturas naturales como el bosque y coberturas en proceso de recuperación, como lo muestra el Cuadro 7, donde se perdió 4,000.23 ha de bosque y por lo contrario se ve el incremento en mayores extensiones de coberturas como palma aceitera, áreas agrícolas heterogéneas y vegetación secundaria o en transición. Estos aumentos traen como consecuencias la deforestación, alteración de ecosistemas en su conjunto, los mismos que requieren de prácticas de conservación y recuperación para seguir brindando servicios ambientales, conservación de la flora y fauna y captura de carbono. Al respecto FALCON (2014) menciona que los estudios sobre los procesos dinámicos en la cobertura vegetal y uso del suelo cada vez tienen un mayor auge y son más indispensables, para conocer las tendencias de los procesos de degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad en zonas que albergan una enorme biodiversidad.

Las tasas de cambios de coberturas y uso de la tierra, encontradas para la cuenca del río Tocache en el periodo 2006 al 2016, son altas debido al aumento de las actividades antropogénicas como por ejemplo la palma aceitera presenta un tasa de aumento de 13.19% anual, áreas agrícolas heterogéneas

el 2.87% anual y esto se ve influenciado en la tasa de disminución del bosque de -0.47% anual equivalente a -400.02 ha al año, con esto afirmamos que la cuenca del río Tocache presenta altas tasas de deforestación e incremento de las actividades antropogénicas, corroborando con DGOT-SM (2014) que la región San Martín presenta una área deforestada de 97,200.58 hectáreas y una tasa promedio anual de 24,300.15 ha por año, a lo que agrega CORDERO (2012) en el estudio una mirada integral de los bosques del Perú menciona que la región San Martín es la que presenta mayor superficie deforestada, con 1,327.6 ha en el periodo 1990 – 2000.

El modelamiento predictivo de los cambios de cobertura y uso de la tierra es una herramienta importante para la conservación del medio ambiente, proyectos de recuperación de bosque y preservación del ecosistema esto lo menciona MAS *et al*, (2004), que para nuestro caso está enfocado en la conservación de los recursos naturales renovables, donde al realizar el modelamiento para un escenario tendencial al año 2026, existe la probabilidad de una disminución de la superficie de bosque (3,975.5 ha), un aumento de palma aceitera, áreas agrícolas heterogéneas de 3,239.10 ha y 1,585.60 ha y otras coberturas en menor extensiones, al realizar el modelamiento para un escenario de conservación sucedería lo contrario donde el bosque y vegetación secundaria aumentaría en 1,042.50 ha y 2,519.90 ha respectivamente, se vería la reducción de coberturas como: áreas agrícolas heterogéneas, pasto, arroz con 2,582.90 ha, 633.80 ha y 164.20 ha respectivamente y otras coberturas en menor extensiones, en base a estos resultados sería oportuno que se planteara en desarrollar

actividades de recuperación del bosque y proyectos de ordenamiento del territorio en la cuenca del río Tocache. La pérdida de coberturas naturales y en especial de los bosques se deben a la intensificación de las actividades antrópicas por el cambio del uso del terreno en el área de estudio y por la creación de nuevas vías de comunicación que son las principales causas de la deforestación. Al respecto LEIJA (2013) menciona que los bosques de una región determinada se encuentran en grave riesgo de deforestación y esta transformación de los ecosistemas naturales impacta severamente sobre la biodiversidad.

VI. CONCLUSIONES

1. Los cambios de la cobertura y uso de la tierra en la cuenca del río Tocache periodo 2006 al 2016 (10 años) se encontraron pérdida de 4,000.23 ha de bosque y 527.04 ha de vegetación secundaria o en transición, aumentaron nuevas áreas para actividades agropecuarias de 3,346.74 ha de palma aceitera y 3,011.13 ha de áreas agrícolas heterogéneas; notándose una reducción de áreas naturales y aumento de áreas antropogénicas.
2. Las tasas de cambio anual se incrementaron en 13.19% anual de palma aceitera, zonas urbanizadas 5.50% anual, áreas agrícolas heterogéneas 2.87% anual, son indicadores favorables para el desarrollo económico de la cuenca, mientras que la pérdida de bosque con una tasa de 0.47% anual equivalente a 400.02 ha/ año, es un factor desfavorable para el medio ambiente.
3. Se construyó un modelo predictivo de los cambios de cobertura y uso de la tierra al año 2026 en dos tipos de escenarios tendencial y de conservación; en el escenario tendencial el bosque se reduciría 3,975.50 ha, y se incrementaría mayores extensiones para la actividad agrícola, mientras que en el escenario de conservación se recuperarían 1,042.50 ha de bosque, 2,519.90 ha de vegetación secundaria o en transición, y esta nos diera una perspectiva al año 2026.

VII. RECOMENDACIONES

1. Debido a la alta tasa de incremento de cultivos agropecuarios y deforestación en el periodo 2006 - 2016 en la cuenca del río Tocache se debe implementar proyectos de conservación y recuperación de bosques y áreas naturales, así mismo brindar mayor apoyo a los agricultores para que realicen una agricultura sostenible y no la agricultura migratoria.
2. Realizar convenios interinstitucionales con la finalidad de financiar estos tipos de estudios utilizando imágenes satelitales de alta resolución, para agilizar los trabajos y representar con mayor precisión las áreas pequeñas sobre todo de cultivos agrícolas, que les servirá para realizar un mejor plan de trabajo.
3. Las instituciones presentes en la cuenca del río Tocache deben implementar políticas de conservación y recuperación de las coberturas naturales, para establecer un equilibrio entre la conservación del medio ambiente y las actividades agrícolas.

PREDICTION OF THE CHANGES OF COVERAGE AND USE OF THE EARTH TO YEAR 2026 IN THE TOCACHE RIVER BASIN, SAN MARTIN

VIII. ABSTRACT

Accelerated population growth and the deforestation of forests in recent years is seen to be reflected in climate behavior and environmental impact, in the present research the objective is to construct a predictive model of the covering and land use changes (CCUT – acronym in Spanish) until 2026 in the Tocache river watershed, to do so, the CUT (acronym in Spanish) maps from 2006, 2011 and 2016 were used, products of the classification of the Sentinel 2A and Landsat 8 and 5 images, and the following variables: height, slope, conservation areas and distance from roads, rivers, towns and deforested areas. The data was uploaded to the Dinámica EGO software in order to calculate the transition matrix and weight of the evidence, after this, the transitions were chosen for the projection of the 2026 CUT, in two possible scenarios: where the results show a loss of 3975.50 ac of forest and an increase in the extension of farming activities; meanwhile, for the conservation scenario, a recuperation of the forest and secondary vegetation is observed with 1042.50 ac and 2519.90 ac, respectively and other coverings obtained slight variations, thus conservation and recuperation policies should be implemented for the natural areas, in order to establish a balance between environmental conservation and farming activities.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAVIKSOO, K 1995. Simulating vegetation dynamics and land – use in a mire landscape using a Markov model. *Landscape and Urban Planning* 31: 129 – 142 p.
- ALCÁNTARA, G. 2014. Analisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra en la region Cajamarca, Perú. 188 p.
- BAKER, W. L. 1989. A review of models of landscape change. **Landscape Ecology** 2: 111 – 133 p.
- BELL, E. J. 1974. Markov analysis of land use change: an application of stochastic processes to remotely sensed data. **Socio – economic Planning Science** 8: 311 – 316 p.
- BANABDELLAH, B., K – F ALBRECH, V. L. POMAZ, E. A. DENISENKO y D. O. LOGOFET. 2003. Markov Caín models for forest successions in the Erzgebirge, Germany. **Ecological Modelling** 159: 145 – 160 p.
- BOCCO, M.; MENDOZA, O.; 2001. La dinámica del cambio de uso de la tierra en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*.
- BONHAM - CARTER, G. 1994. Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS. Pergamon, 398 p.
- BRITALDO, L. (2009). Modelamiento de dinámica ambiental con Dinámica. Centro de sensoramiento remoto. Universidad federal de Minas Gerais (CSR/UFMG). Brazil.

- BROWN, D. G., B. C. PIJANOWSKI & J. D. DUH. 2000. Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. **Journal of Environmental Management** 59: 247 – 263 p.
- CHUVIECO, E 1990. Fundamentos de teledetección espacial. 2 ed. Madrid, ES. RIALP, 450 p.
- CHUVIECO, E. 2002. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3ra edición. Rialp, S.A. Madrid, España.
- CONTANTINESCO, L. 1976. Conservación de suelos para países de desarrollo. Boletín N^o 10 FAO. Roma.
- CORDERO, D. 2012. Una mirada integral a los bosques del Perú, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales - UICN, ed, Quito, Ecuador 50 p.
- CORREDOR, L., CÁRDENAS, E. y ORDÓÑEZ, J. 2011. Aplicación de la metodología Corine Land Cover en la determinación de los cambios de cobertura en el parque natural los flamencos. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. 21 (2): 153-167. [En Línea] (Fecha de consulta: 18 de febrero de 2019). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91123440008>
- ESTRADA, J. 1976. Fertilidad de suelos. Ed. Agronomía. La Molina. Lima Perú.
- FALCÓN G. 2014. Dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, en una región del estado de Quintana Roo, México, tesis que para optar por el grado de: maestro en geografía ambiental Universidad Nacional Autónoma De México.

- FAO, 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Food and Agriculture Organization. FAO forestry paper, vol. 130 p. 152. [En Línea] (Fecha de consulta: 10 de enero de 2019). Versión electrónica disponible en: http://www.fao.org/docrep/007/w0015e/w0015e._html.
- FAO. 1982. Manual de campo para ordenación de cuencas hidrográficas. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Roma, Italia. 173 p.
- FAO. 1988. Esquema para la clasificación de tierras. Boletín de suelos FAO N° 32. Roma, Italia.
- FAO. 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales, 2010-Informe principal. Estudio FAO Montes 163. Roma (Italia).
- FAUSTINO, J. 2006. Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba–Costa Rica. 400 p.
- GOODACRE C. M., BONHAM-CARTER G. F., AGTERBERG, F. P., WRIGHT D. F.A. 1993. statistical analysis of spatial association of seismicity with drainage patterns and magnetic anomalies in western Quebec. Tectonophysics 217, 205-305.
- GRILLO, F. 1975. La producción y consumo de alimentos en el Perú. Publicación Cultivos Andinos. Ayacucho, Perú. 300 p.
- GUTTORP, P. 1995. Stochastic Modeling of Scientific Data. Chapman & Hall. New York.
- HENRÍQUEZ, C. y AZÓCAR, G. 2011. Propuesta de modelos predictivos en la planificación territorial y evaluación de impacto ambiental. Scripta Nova.

- Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. XI, núm. 245 (41).
- IDEAM. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá.
- IIAP. INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LA AMAZONIA PERUANA. 2017. Evaluación de la dinámica del cambio de la cobertura y uso de la tierra distrito de Padre Abad, departamento de Ucayali, Perú. 1era. Edi. Iquitos. Perú. 36 p.
- IIAP-INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LA AMAZONIA PERUANA. 2015. Cobertura y uso de la tierra de las provincias de Alto Amazonas y Ramón Castilla. Iquitos, Perú. 1era. Perú. 50 p.
- IIRSA-SUR. 2006. Análisis de la deforestación - EISA Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú - Brasil: Tramo 2. 9 p.
- JAHAN, S. 1986. The determination of stability and similarity of Markovian land use change processes: a theoretical and empirical analysis. Socio – economic Planning Science 20: 243 -251 p.
- JOOMLA, 2013. El agua y cuencas hidrográficas, Universidad Autónoma del Estado de México [En línea]: <http://idrissi.uaemex.mx/index.php/esta-semana/nocion/lista-de-nociones/46-que-es-una-cuenca-hidrografica>, 10 de diciembre del 2018.
- KOROTOV, V., D.O. LOGOFET y M. LOREAU. 2001. Sucesión in mixed boreal forest of russia: Markov models and non – Markov effects. **Ecological Modelling** 142: 25 – 38 P.

- LEIJA, G. 2013. Cambios en la cubierta vegetal/uso de la tierra y escenarios futuros en tres municipios de la región costera del estado de Oaxaca, México. Tesis master en ciencias ambientales. Facultad De Ciencias Químicas, Ingeniería Y Medicina. Universidad Autónoma De San Luis Potos México.
- LILLO, J. 2006. Impactos de la minería en el medio natural. Grupo de Geología. Universidad Rey Juan Carlos. 35 p.
- MARTINO, D. 2011. Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas. Revista del Sur N°169. Enero / febrero 2011. 22p.
- MAS, J. F., V. SORANI y R. ÁLVAREZ. 2004. Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación. Investigación Geográficas número especial 5
- MAS, J.F. y SANDOVAL, A. 2011. Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. Geo Trópico, 5 (1), Artículo 1: 1-24.
- MINAM. 2013. Guía Metodológica para la Elaboración de Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial - Lima: Ministerio del Ambiente. 20 p.
- MINAM. 2014. Informe Final del Proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina Dirección General de Ordenamiento Territorial - Lima: Ministerio del Ambiente. 78 p.
- MINAM. 2016. Procedimiento técnico y metodológico para la elaboración del "estudio especializado de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra

- MONTESINOS, S. 1990. Teledetección: Su utilización en la cuantificación y seguimiento de recursos hidráulicos aplicados al regadío. Madrid, ES.s.e., 108 p.
- MULLER, R. M. & J. MIDDLETON. 1994. A Markov model of land – use change dynamics in the Niagara región, Ontario. Canada. **Landscape Ecology** 9: 151 – 157 p.
- OJIMA, D.S.; K.A. GALVIN and B.L. TURNER II. 1994. The global impact of land-use change. *BioScience*. Vol. 44, No. 5. 300 – 305 p.
- PÉREZ, C., A.; MOSCUZZA, C.H. & FERNÁNDEZ-CIRELLI, A. 2008. Efectos socioeconómicos y ambientales de la expansión agropecuaria. Estudio de caso: Santiago del Estero, Argentina. *Rev. Ecosistemas* 17 (1): 5-15
- PONTIUS, R., MALANSON J. 2005. Comparison of the structure and accuracy of two land change models. *International Journal of Geographical Information Science*, N° 19, Vol. 2. pp. 243-265.
- ROBISON, V. B. 1978. Information theory and sequences of land use: an application. **The Professional Geographer** 30: 174 – 179 p.
- ROSETE, V. F. A. 2008. Modelos predictivos de cambio de uso de la tierra en la península de Baja California, México. Tesis Doctoral. Facultad de Filosofía y Letras. Instituto de Geografía. UNAM
- SHENG, T. 1981. A treatment-oriented land capability Classification Scheme: In report on the Latin American Watershed Management Seminar. FAO. No TA 3112. 40 p.
- SOARES-FILHO, B. S., PENNACHIN, C. L., CERQUEIRA, G. DINAMICA. 2002. stochastic cellular automata model designed to simulate the

- landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling* 154, 217-235.
- STEWART, W. J. 1994. *Introduction to the Numerical Solution of Markov Chains* Princeton University Press Princeton. New Jersey.
- TORIBIO, L. 2016. *Modelamiento espacial del cambio de cobertura y uso del suelo en el distrito Nuevo Progreso – San Martín*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 160 p.
- TURNER, M. G. 1987. Spatial simulation of landscape changes in Georgia a comparison of three transition models. ***Landscape Ecology*** 1: 29 – 39 p.
- VALDEZ, E, 2014. *Análisis de pérdida de suelos por erosión hídrica en la Subcuenca Conduriri mediante la metodología Rusle*. para optar el título profesional de ingeniero agrícola. PUNO.
- VARGAS, J. R. 1999. *Sistema de gestión y territorial a través de la teledetección y sistemas de información geográfica para el municipio de Cercado – Cochabamba*. Tesis de grado ing. Agr. FCA y P. UMSS 5 -15 p.
- WENG, Q. 2002. Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. ***Journal of Environmental Management*** 64: 273 – 284.

ANEXO

Anexo 1. Tabulación de los resultados

Cuadro 18. Coordenadas y tipo de cobertura tomadas en campo

N°	Descripción	X_ESTE	Y_NORTE	Altitud	Date
1	Zona urbana	332371	9093100	471	30/01/2017
1	Zona urbana	330716	9093939	468	30/01/2017
1	Zona urbana	329983	9085269	538	3/02/2017
1	Zona urbana	328638	9087242	499	3/02/2017
1	Zona urbana	330643	9100665	480	2/02/2017
1	Zona urbana	328972	9098483	493	2/02/2017
1	Zona urbana	327782	9094392	535	6/02/2017
1	Zona urbana	327012	9097085	521	2/02/2017
1	Zona urbana	328491	9081684	498	6/02/2017
1	Zona urbana	328653	9079015	498	3/02/2017
1	Zona urbana	329817	9090894	503	6/02/2017
1	Zona urbana	309535	9076493	1012	21/01/2017
1	Zona urbana	328658	9087241	489	6/02/2017
1	Zona urbana	333583	9094589	487	31/01/2017
1	Zona urbana	308941	9072653	1143	21/01/2017
1	Zona urbana	315816	9082055	817	21/01/2017
1	Zona urbana	330011	9085308	486	6/02/2017
1	Zona urbana	329090	9098355	503	2/02/2017
1	Zona urbana	309053	9072210	1181	21/01/2017
1	Zona urbana	326307	9096458	567	2/02/2017
1	Zona urbana	326962	9094566	548	6/02/2017
2	Maíz	327406	9095419	541	29/01/2017
2	Yuca	331830	9098731	484	29/01/2017
2	Maíz	332257	9098494	485	29/01/2017
2	Maíz	327655	9095764	536	29/01/2017
2	Maíz	328484	9095713	481	29/01/2017
2	Frijol	330548	9097257	477	30/01/2017
2	Maíz	317050	9083764	783	21/01/2017
2	Yuca	316804	9083658	773	21/01/2017
2	Yuca	324350	9093378	583	21/01/2017
2	Maíz	316074	9082337	802	21/01/2017
2	Frijol	316301	9082720	780	21/01/2017
2	Frijol	316524	9083277	774	21/01/2017
2	Maíz	318631	9084614	764	21/01/2017
2	Maíz	319151	9085175	758	21/01/2017
2	Frijol	319196	9085381	759	21/01/2017
2	Yuca	319298	9085510	751	21/01/2017
2	Maíz	319226	9085662	738	21/01/2017
2	Maíz	317900	9084126	766	21/01/2017
2	Yuca	315692	9081709	825	21/01/2017
2	Maíz	317533	9083942	780	21/01/2017
3	Arroz	330461	9101784	481	29/01/2017
3	Arroz	328153	9099440	486	30/01/2017
3	Arroz	328325	9099607	484	30/01/2017
3	Arroz	331068	9100703	479	30/01/2017
3	Arroz	330253	9101632	475	30/01/2017
3	Arroz	331322	9096517	471	30/01/2017
3	Arroz	330802	9090550	474	30/01/2017
3	Arroz	329967	9090679	476	30/01/2017
3	Arroz	332932	9092341	474	30/01/2017
3	Arroz	331227	9095663	470	30/01/2017

3	Arroz	332001	9096533	469	30/01/2017
3	Arroz	331540	9096635	469	30/01/2017
3	Arroz	331936	9097231	470	30/01/2017
3	Arroz	333215	9096184	468	30/01/2017
3	Arroz	328370	9099276	484	2/02/2017
3	Arroz	327196	9089120	500	6/02/2017
3	Arroz	328556	9084241	493	6/02/2017
3	Arroz	327869	9084362	495	6/02/2017
3	Arroz	328265	9084390	493	6/02/2017
3	Arroz	328502	9085751	490	6/02/2017
3	Arroz	328468	9086221	488	6/02/2017
3	Arroz	328527	9099050	487	30/01/2017
3	Arroz	332231	9092032	487	30/01/2017
3	Arroz	331361	9100398	477	2/02/2017
3	Arroz	330274	9099154	486	2/02/2017
3	Arroz	330061	9092409	473	30/01/2017
3	Cacao	328745	9099009	491	2/02/2017
3	Arroz	331966	9092393	487	30/01/2017
3	Arroz	328576	9083400	493	6/02/2017
3	Arroz	328688	9088404	500	6/02/2017
3	Arroz	330047	9088603	493	6/02/2017
3	Arroz	330126	9093360	477	30/01/2017
3	Arroz	331274	9100442	477	2/02/2017
3	Arroz	332100	9092732	499	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	326321	9100282	489	29/01/2017
4	Palma - Olpeza	326773	9100288	488	29/01/2017
4	Palma - Olpeza	327093	9101892	479	29/01/2017
4	Palma - Olpeza	326582	9099888	483	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	326739	9100082	481	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	326666	9100225	481	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	326960	9100182	482	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	330291	9080441	483	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	326779	9100339	480	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	329820	9080605	481	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	332061	9081321	481	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	327355	9100745	480	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	327854	9100671	482	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	327823	9100462	483	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	327771	9100130	487	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	327918	9100288	485	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328606	9100181	484	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328850	9100444	480	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328851	9100444	482	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328884	9100681	481	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328915	9100876	479	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	329079	9101963	474	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	329104	9102132	472	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328960	9102168	474	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328561	9102228	474	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328293	9102782	472	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328470	9103842	469	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328691	9103808	469	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328979	9103761	469	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328619	9103968	468	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328371	9104015	469	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328139	9103893	468	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	327982	9103918	468	30/01/2017

4	Palma - Olpeza	328337	9103799	468	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	327794	9103618	467	30/01/2017
4	Palma - Olpeza	328861	9099679	485	2/02/2017
4	Palma - Olpeza	328758	9099840	484	2/02/2017
4	Palma - Olpeza	325024	9093405	568	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	324736	9093070	567	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	324717	9092307	569	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	324420	9092260	574	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	325954	9092725	560	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	325187	9093438	577	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	325331	9093499	572	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	325768	9093647	566	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	326000	9093729	565	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	326127	9093130	560	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	326090	9092984	557	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	328468	9094180	547	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	328586	9093072	550	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	328521	9093830	550	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	326390	9093973	559	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	329100	9081640	494	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	328652	9082734	499	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	328561	9083864	491	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	328778	9091802	514	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	328793	9092432	521	6/02/2017
4	Palma - Olpeza	328804	9093049	528	6/02/2017
4	Palma del espino	329007	9082788	493	6/02/2017
4	Palma del espino	327256	9102434	474	30/01/2017
4	Palma del espino	329570	9080984	483	30/01/2017
4	Palma del espino	328830	9100149	484	30/01/2017
4	Palma del espino	328814	9100238	482	30/01/2017
4	Palma del espino	328865	9100543	482	30/01/2017
4	Palma del espino	329116	9102194	473	30/01/2017
4	Palma del espino	327722	9103140	470	30/01/2017
4	Palma del espino	326487	9100536	488	29/01/2017
4	Palma del espino	327774	9100144	486	30/01/2017
4	Palma del espino	324710	9092510	590	21/01/2017
4	Palma del espino	324730	9092777	586	21/01/2017
4	Palma del espino	323127	9091337	626	21/01/2017
4	Palma del espino	323604	9091557	612	21/01/2017
4	Palma del espino	323709	9092358	606	21/01/2017
4	Palma del espino	323812	9092531	611	21/01/2017
4	Palma del espino	326895	9093994	547	6/02/2017
5	Pastos	331645	9098505	486	29/01/2017
5	Pastos	331906	9098463	487	29/01/2017
5	Pastos	326488	9091173	555	30/01/2017
5	Pastos	326547	9091032	550	30/01/2017
5	Pastos	326631	9091330	550	30/01/2017
5	Pastos	324278	9091745	610	30/01/2017
5	Pastos	330760	9093661	505	30/01/2017
5	Pastos	327525	9087993	500	6/02/2017
5	Pastos	323064	9090589	650	6/02/2017
5	Pastos	321738	9092081	570	6/02/2017
5	Pastos	322863	9090366	650	6/02/2017
5	Pastos	322184	9094070	570	6/02/2017
5	Pastos	322277	9094322	563	6/02/2017
5	Pastos	322285	9094256	565	6/02/2017
5	Pastos	322820	9098967	516	6/02/2017

5	Pastos	328272	9088818	519	6/02/2017
5	Pastos	323456	9098937	563	6/02/2017
5	Pastos	330048	9094307	553	6/02/2017
5	Pastos	326703	9091204	550	30/01/2017
5	Pastos	330915	9096594	471	30/01/2017
5	Pastos	328541	9084775	494	6/02/2017
5	Pastos	326909	9096891	524	2/02/2017
5	Pastos	331497	9093636	481	29/01/2017
5	Pastos	331653	9093627	523	2/02/2017
5	Pastos	331686	9093393	479	29/01/2017
5	Pastos	330503	9088473	500	21/01/2017
5	Pastos	330922	9093632	484	2/02/2017
5	Pastos	324474	9091914	576	6/02/2017
5	Pastos	325090	9092057	571	6/02/2017
5	Pastos	330465	9097874	497	2/02/2017
5	Pastos	323176	9090754	650	6/02/2017
5	Pastos	325915	9092488	563	6/02/2017
5	Pastos	307874	9071065	1243	21/01/2017
6	Plátano	323370	9097552	487	29/01/2017
6	Cacao	323922	9099070	550	29/01/2017
6	Cacao	325736	9098397	487	29/01/2017
6	Plátano	322875	9098304	486	29/01/2017
6	Piña	327561	9096987	483	29/01/2017
6	Palmito	327556	9096988	483	29/01/2017
6	Palmito	326064	9099621	484	30/01/2017
6	Palmito	326798	9099991	483	30/01/2017
6	Naranja	322381	9094794	550	30/01/2017
6	Plátano	323166	9096922	476	30/01/2017
6	Cacao	329492	9096269	472	30/01/2017
6	Papaya	331956	9096937	468	30/01/2017
6	Papaya	331663	9096910	467	30/01/2017
6	Plátano	326660	9096578	529	2/02/2017
6	Piña	324077	9087121	552	6/02/2017
6	Papaya	321722	9092785	557	6/02/2017
6	Cultivo varios	327894	9080387	508	6/02/2017
6	Plátano	328127	9080801	504	6/02/2017
6	Cacao	324985	9086547	498	6/02/2017
6	Cultivos varios	328781	9090017	506	6/02/2017
6	Cacao	331207	9090847	497	6/02/2017
6	Palmito	332079	9091721	495	6/02/2017
6	Piña	332102	9092106	496	6/02/2017
6	Papaya	325691	9086343	522	6/02/2017
6	Palmito	327815	9094582	534	6/02/2017
6	Arroz	328475	9082166	499	6/02/2017
6	Arroz	328308	9080261	505	6/02/2017
6	Plátano	326444	9099773	484	30/01/2017
6	Plátano	329600	9097894	502	2/02/2017
6	Plátano	315082	9081131	854	21/01/2017
6	Palmito	315460	9081347	844	21/01/2017
6	Plátano	321185	9089331	641	21/01/2017
6	Plátano	324165	9093911	592	21/01/2017
6	Plátano	328408	9097724	511	2/02/2017
6	Piña	328286	9080051	503	6/02/2017
6	Cacao	328693	9084985	492	6/02/2017
6	Cacao	328267	9096710	519	2/02/2017
6	Cacao	326700	9096233	532	2/02/2017
6	Cacao	329280	9085018	489	6/02/2017

6	Cacao	328342	9097362	514	2/02/2017
6	Cacao	328567	9097776	510	2/02/2017
6	Cacao	328949	9097997	507	2/02/2017
6	Cacao	329337	9098066	504	2/02/2017
6	Cacao	330007	9097893	501	2/02/2017
6	Cacao	330167	9098018	498	2/02/2017
6	Cacao	329429	9098847	496	2/02/2017
6	Cacao	322645	9095893	550	30/01/2017
6	Cacao	326264	9099230	475	30/01/2017
6	Cacao	326697	9095813	534	2/02/2017
6	Cacao	330199	9100301	484	2/02/2017
6	Cacao	329525	9085138	489	6/02/2017
6	Cacao	331387	9100709	477	2/02/2017
6	Cacao	330261	9100289	481	2/02/2017
6	Cacao	329914	9099556	486	2/02/2017
6	Cacao	330707	9098908	484	2/02/2017
6	Cacao	330897	9098723	484	2/02/2017
6	Cacao	326474	9099069	482	30/01/2017
6	Cacao	327790	9087307	491	6/02/2017
6	Cacao	329616	9098773	489	2/02/2017
6	Cacao	329839	9098549	489	2/02/2017
6	Cacao	328965	9099403	487	2/02/2017
6	Cacao	326473	9096412	531	2/02/2017
6	Cacao	326680	9098981	483	30/01/2017
6	Cacao	327116	9098900	485	30/01/2017
6	Cacao	326673	9096702	527	2/02/2017
6	Cacao	327381	9098814	487	30/01/2017
6	Cacao	327870	9096752	485	29/01/2017
6	Cacao	327323	9097060	522	2/02/2017
6	Cacao	326176	9099659	483	30/01/2017
6	Cacao	326597	9099875	483	30/01/2017
6	Café	304360	9067444	1470	21/01/2017
6	Café	309502	9074902	1069	21/01/2017
6	Coca	327595	9097007	521	2/02/2017
6	Café	307794	9070591	1260	21/01/2017
6	Café	307697	9070777	1247	21/01/2017
6	Café	318161	9082589	916	21/01/2017
6	Cultivo	314802	9080812	870	21/01/2017
6	Cultivo	317914	9083463	842	21/01/2017
6	Cultivo	318882	9084769	761	21/01/2017
6	Cultivo	319017	9084916	758	21/01/2017
6	Café	308670	9071770	1192	21/01/2017
6	Cultivo	319788	9085235	715	21/01/2017
6	Cultivo	320078	9085647	716	21/01/2017
6	Cultivo	320037	9085869	708	21/01/2017
6	Cultivo	320040	9087276	689	21/01/2017
6	Cultivo	319897	9087425	687	21/01/2017
6	Cultivo	320625	9088870	660	21/01/2017
6	Cultivo	320850	9089270	648	21/01/2017
6	Cultivo	326197	9095863	566	29/01/2017
6	Coca	313947	9080809	849	21/01/2017
6	Plátano	328154	9080886	504	6/02/2017
6	Huayco	313298	9080516	871	21/01/2017
6	Maíz	326734	9096693	527	2/02/2017
6	Plátano	328247	9081021	501	6/02/2017
6	Palmito	328984	9079172	498	3/02/2017
6	Palmito	328493	9079716	499	3/02/2017

6	Pasto	331092	9090727	496	6/02/2017
6	Pino	309510	9074744	1065	21/01/2017
6	Plátano	314308	9080760	867	21/01/2017
6	Plátano	306059	9068002	1380	21/01/2017
6	Plátano	307816	9071127	1234	21/01/2017
6	Piña	307401	9069189	1319	21/01/2017
6	Papaya	318286	9084492	767	21/01/2017
6	Naranja	324833	9092036	569	6/02/2017
6	Naranja	320486	9088674	660	21/01/2017
6	Piña	326407	9099153	480	30/01/2017
6	Cacao	326733	9099960	483	30/01/2017
6	Cacao	326517	9095179	540	2/02/2017
6	Piña	328018	9096838	521	2/02/2017
6	Cacao	328238	9097395	515	2/02/2017
6	Café	306230	9068262	1397	21/01/2017
6	Café	306480	9068470	1371	21/01/2017
6	Cacao	331681	9091553	495	6/02/2017
6	Piña	326625	9095674	538	2/02/2017
6	Naranja	328194	9097141	476	30/01/2017
7	Bosque	295371	9066363	2047	21/01/2017
7	Bosque	296118	9066326	1955	21/01/2017
7	Bosque	296370	9066429	1950	21/01/2017
7	Bosque	297682	9066270	1817	21/01/2017
7	Bosque	298722	9066456	1768	21/01/2017
7	Bosque	299322	9066697	1730	21/01/2017
7	Bosque	301498	9066977	1621	21/01/2017
7	Bosque	301899	9066885	1619	21/01/2017
7	Bosque	303052	9066713	1562	21/01/2017
7	Bosque	301053	9066901	1634	21/01/2017
7	Bosque	299134	9066583	1752	21/01/2017
7	Bosque	301342	9066926	1620	21/01/2017
7	Bosque	302769	9066824	1592	21/01/2017
7	Bosque	296508	9066534	1944	21/01/2017
7	Bosque	296699	9066421	1878	21/01/2017
7	Bosque	300293	9066470	1693	21/01/2017
7	Bosque	300452	9066504	1697	21/01/2017
7	Bosque	300600	9066556	1702	21/01/2017
7	Bosque	302346	9066985	1585	21/01/2017
7	Bosque	297588	9066090	1852	21/01/2017
7	Bosque	297590	9066092	1850	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	325803	9098112	540	29/01/2017
8	Veg. fragmentada	327840	9097452	480	29/01/2017
8	Purma	326283	9099152	478	30/01/2017
8	Veg. fragmentada	323188	9096512	481	30/01/2017
8	Purma	326268	9090550	480	30/01/2017
8	Veg. fragmentada	328992	9103062	470	30/01/2017
8	Purma	329164	9103479	470	30/01/2017
8	Purma	329310	9103465	470	30/01/2017
8	Veg. fragmentada	328372	9104110	467	30/01/2017
8	Veg. fragmentada	331848	9096880	467	30/01/2017
8	Veg. fragmentada	328521	9102545	468	30/01/2017
8	Veg. fragmentada	332588	9092553	473	30/01/2017
8	Veg. fragmentada	332560	9092357	473	30/01/2017
8	Veg. fragmentada	326424	9095195	541	2/02/2017
8	Veg. fragmentada	328227	9096821	519	2/02/2017
8	Veg. fragmentada	329366	9098674	491	2/02/2017
8	Veg. fragmentada	328827	9099235	489	2/02/2017

8	Veg. fragmentada	324681	9093264	573	6/02/2017
8	Purma	326499	9090024	500	6/02/2017
8	Purma	328506	9085883	489	6/02/2017
8	Purma	328779	9087561	490	6/02/2017
8	Purma	329358	9088587	495	6/02/2017
8	Purma	328940	9089234	499	6/02/2017
8	Purma	329048	9090576	508	6/02/2017
8	Purma	329565	9090558	503	6/02/2017
8	Purma	330213	9090945	501	6/02/2017
8	Purma	330683	9091031	499	6/02/2017
8	Purma	330733	9090882	499	6/02/2017
8	Purma	330949	9090745	495	6/02/2017
8	Purma	331559	9091371	496	6/02/2017
8	Purma	328747	9090796	507	6/02/2017
8	Purma	328514	9085337	491	6/02/2017
8	Purma	329217	9087193	485	6/02/2017
8	Purma	312075	9079500	1095	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	310061	9077176	962	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	310286	9077879	955	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	315466	9081693	815	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	321588	9089571	661	21/01/2017
8	Purma	324384	9094171	615	21/01/2017
8	Purma	324603	9094343	615	21/01/2017
8	Purma	324921	9094499	589	21/01/2017
8	Purma	325174	9094795	579	21/01/2017
8	Purma	328599	9102817	470	30/01/2017
8	Veg. fragmentada	303347	9066866	1530	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	303864	9067289	1481	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	304643	9067606	1456	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	305534	9067704	1405	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	308198	9071172	1222	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	308894	9072171	1156	21/01/2017
8	Purma	326054	9098645	473	30/01/2017
8	Purma	327824	9097216	518	2/02/2017
8	Purma	327358	9099768	475	30/01/2017
8	Purma	328128	9097424	515	2/02/2017
8	Purma	322026	9093771	550	30/01/2017
8	Purma	322480	9095284	550	30/01/2017
8	Purma	329780	9099516	490	2/02/2017
8	Purma	330978	9100501	479	2/02/2017
8	Purma	329386	9103571	471	30/01/2017
8	Purma	329469	9103499	470	30/01/2017
8	Purma	329114	9103713	470	30/01/2017
8	Purma	330830	9098866	483	2/02/2017
8	Purma	331208	9098810	483	2/02/2017
8	Purma	328780	9098696	492	2/02/2017
8	Purma	326412	9095283	539	2/02/2017
8	Purma	326595	9096464	531	2/02/2017
8	Purma	328866	9087868	495	6/02/2017
8	Purma	323185	9097948	487	29/01/2017
8	Purma	327711	9097037	519	2/02/2017
8	Purma	315564	9082063	803	21/01/2017
8	Purma	303664	9067158	1500	21/01/2017
8	Purma	308855	9072462	1151	21/01/2017
8	Purma	315532	9081858	805	21/01/2017
8	Cacharas abandonadas	307143	9068892	1320	21/01/2017
8	Cultivo	320118	9088307	666	21/01/2017

8	Cultivo	309368	9073830	1109	21/01/2017
8	Cultivo	310247	9077432	960	21/01/2017
8	Cacharas abandonadas	310330	9078054	950	21/01/2017
8	Cultivo	312861	9079525	1054	21/01/2017
8	Cultivo	313946	9077594	1165	21/01/2017
8	Cultivo	312941	9080268	879	21/01/2017
8	Cacharas abandonadas	328161	9104142	467	30/01/2017
8	Purma	319921	9088005	688	21/01/2017
8	Cacharas abandonadas	321694	9090010	654	21/01/2017
8	Purma	324937	9093386	590	21/01/2017
8	Purma	321746	9090170	648	21/01/2017
8	Cacharas abandonadas	321965	9090329	652	21/01/2017
8	Purma	322238	9090392	636	21/01/2017
8	Purma	322848	9090855	635	21/01/2017
8	Purma	327936	9097427	515	2/02/2017
8	Veg. fragmentada	304438	9067491	1462	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	305064	9067513	1439	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	309306	9072567	1153	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	309368	9073134	1119	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	309252	9074077	1099	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	309454	9074660	1070	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	309571	9075465	1054	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	309402	9076137	1035	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	305293	9067643	1425	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	305710	9067730	1393	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	306734	9068655	1354	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	307771	9069590	1290	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	307965	9069894	1267	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	308727	9072385	1156	21/01/2017
8	Purma	322396	9090567	640	21/01/2017
8	Purma	311209	9079103	928	21/01/2017
8	Purma	313295	9078695	1047	21/01/2017
8	Purma	331409	9091080	494	6/02/2017
8	Purma	332110	9092348	496	6/02/2017
8	Purma	307667	9069457	1299	21/01/2017
8	Veg. fragmentada	328725	9090347	509	6/02/2017
8	Purma	326433	9095548	538	2/02/2017
9	Sin cobertura	331389	9098904	485	30/01/2017
9	Sin cobertura	331586	9099115	482	30/01/2017
9	Sin cobertura	333091	9092469	472	30/01/2017
9	Sin cobertura	330917	9095497	469	30/01/2017
9	Sin cobertura	331754	9095656	468	30/01/2017
9	Sin cobertura	322454	9092148	566	6/02/2017
9	Sin cobertura	322167	9091030	626	6/02/2017
9	Sin cobertura	324235	9093629	568	6/02/2017
9	Sin cobertura	326615	9092787	563	6/02/2017
9	Sin cobertura	326873	9092594	561	6/02/2017
9	Sin cobertura	329130	9088411	523	6/02/2017
9	Sin cobertura	326932	9086934	531	6/02/2017
9	Sin cobertura	329509	9088330	524	6/02/2017
9	Sin cobertura	329035	9085012	490	6/02/2017
9	Sin cobertura	324343	9093517	567	6/02/2017
10	Ríos	320069	9086594	696	21/01/2017
10	Ríos	320108	9086706	696	21/01/2017
10	Ríos	300018	9066471	1697	21/01/2017
10	Ríos	308776	9072288	1149	21/01/2017
10	Ríos	327330	9094753	532	6/02/2017

Anexo 2. Panel fotográfico

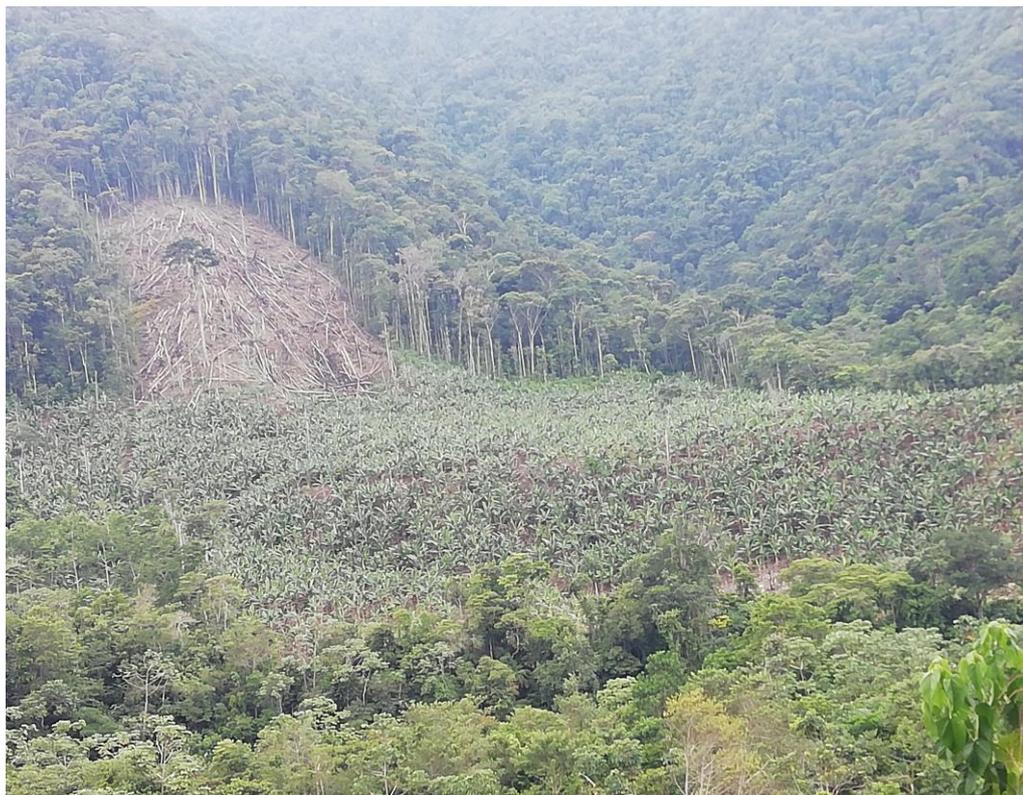


Figura 11. Zonas con cultivo de plátano y suelos sin cobertura



Figura 12. Zonas con bosque y vegetación secundaria



Figura 13. Zonas con cultivo de papaya y vegetación secundaria



Figura 14. Zonas con cultivo yuca



Figura 15. Zonas con cultivo con palma aceitera



Figura 16. Zonas con palma aceitera



Figura 17. Zonas con cultivos de plátano y vegetación secundaria



Figura 18. Zonas con cobertura de bosque



Figura 19. Zonas con bosque en parte alta de la cuenca

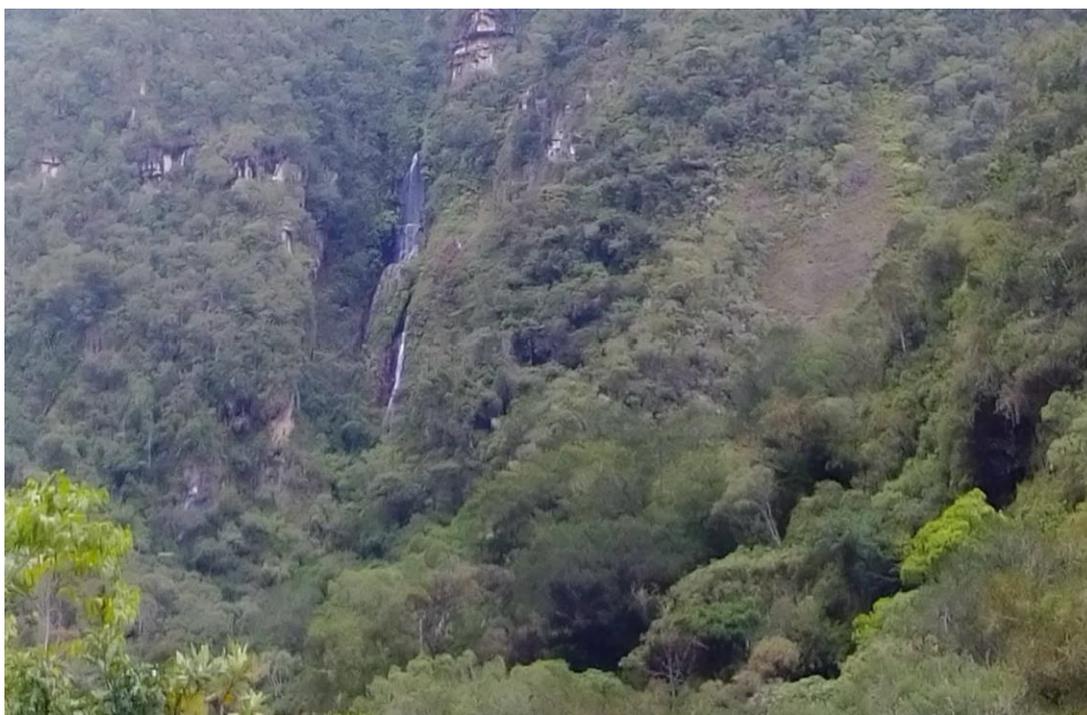


Figura 20. Catarata en la parte alta de cuenca

Anexo 3. Mapas temáticos de la cuenca del río Tocache

- Lamina 01. Mapa de ubicación
- Lamina 02. Mapa de Altitud
- Lamina 03. Mapa pendiente
- Lamina 04. Mapa de distancia a vías
- Lamina 05. Mapa de distancia a ríos
- Lamina 06. Mapa de distancia a centros poblados
- Lamina 07. Mapa de áreas de conservación regional – BOSHUMI
- Lamina 08. Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2006
- Lamina 09. Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2011
- Lamina 10. Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2016
- Lamina 11. Mapa de cobertura y uso de la tierra proyectado al año 2026 en un escenario “Tendencial”
- Lamina 12. Mapa de cobertura y uso de la tierra proyectado al año 2026 en un escenario “de Conservación”