

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ANÁLISIS DEL CAMBIO DE BOSQUE A NO BOSQUE EN LA CUENCA
BOLSÓN CUCHARA PERÍODO 2004 - 2014

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN FORESTALES

Presentado por:

FRED JONATHAN MENESES CHUNG

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 07 de Junio de 2016, a horas 7:00 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“ANÁLISIS DEL CAMBIO DE BOSQUE A NO BOSQUE EN LA CUENCA BOLSÓN CUCHARA PERIODO 2004 - 2014”

Presentado por el Bachiller: **MENESES CHUNG, Fred Jonathan**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 21 de Marzo de 2017.

Ing. MSc. **CASIANO AGUIRRE ESCALANTE**
PRESIDENTE

Ing. Mg. **WILFREDO ALVA VALDIVIEZO**
VOCAL

Ing. **JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO**
VOCAL

Ing. MSc. **RONALD HUGO PUERTA TUESTA**
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza de siempre,
permitiéndome llegar a este momento
tan especial en mi vida.

A mis queridos padres Eteldrith Chung
y Juan Meneses por haberme
apoyado en todo momento, por sus
consejos, sus valores, por la
motivación constante que me ha
permitido ser una persona de bien.

A mi querida novia Angela Rivera por
su amor y comprensión su apoyo
constante y por haberme regalado lo
más bello de este mundo mi hijo
amado.

A mi hijo Estefano Luciano, por ser
mi fortaleza y motivo para seguir
adelante, a mi tío Miguel Zamora por
ser mi segundo padre en esta vida y
apoyarme incondicionalmente y a
mis hermanas: Leslie Meneses y
Karol Meneses, quienes a pesar de
los problemas están ahí para
apoyarme.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyó en mi formación profesional.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. MSc. Casiano Aguirre Escalante, Ing. MSc. Wilfredo Alva Valdiviezo; Ing. Juan Pablo Rengifo Trigozo; por su valioso apoyo.
- A Ing. MSc. Ronald Hugo Puerta Tuesta, asesor del presente trabajo, por su labor como formador y su amistad.
- A la Oficina de Naciones Unidas en especial al Ing. Lorenzo Manuel Vallejos Mazzani por su apoyo incondicional para la ejecución de este trabajo.
- A mis amigos Roy Reátegui, Domingo Saavedra, Oscar Mallqui, José Zúñiga, Indira Álvarez, Mariela Ríos, y demás amigos de la promoción 2004.
- A mi abuelita Eliovina Flores, por demostrar tanta fortaleza para salir adelante, a mis tíos, primos y sobrinos, que son parte de mi vida y cada uno de ellos son una motivación más para seguir adelante.

A mis suegros Fidel Rivera y Gladis Díaz, por el apoyo incondicional y a todas aquellas personas que en forma directa o indirecta apoyaron este trabajo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Cuenca hidrográfica.....	3
2.2. Deforestación.....	3
2.3. Deforestación en el Perú.....	4
2.3.1. Causas de la deforestación.....	4
2.3.1.1. Agricultura migratoria.....	4
2.3.1.2. Actividad pecuaria.....	5
2.3.1.3. La minería aurífera.....	6
2.3.1.4. Cultivo ilícito de la hoja de coca.....	6
2.4. Deforestación en Huánuco.....	7
2.5. Teledetección y SIG.....	8
2.5.1. Fundamentos de la observación remota.....	9
2.5.2. Espectro electromagnético.....	9
2.5.3. El satélite Spot.....	10
2.6. Validación de resultados.....	11
2.6.1. Matriz de confusión e índice de Kappa.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1. Lugar de ejecución.....	13
3.1.1. Características del área de estudio.....	14
3.2. Materiales.....	14

3.2.1. Material cartográfico.....	14
3.2.2. Hardware y software.....	15
3.3. Metodología.....	15
3.3.1. Determinación de la cobertura boscosa 2014.....	15
3.3.1.1. Recopilación de la información cartográfica.....	15
3.3.1.2. Análisis digital de las imágenes.....	16
3.3.1.3. Análisis visual de las imágenes.....	16
3.3.1.4. Elaboración del mapa de cobertura boscosa 2014...	17
3.3.2. Cálculo de la tasa de deforestación anual 2004 - 2014.....	18
3.3.3. Evaluación de la exactitud temática del mapa de cobertura..	18
3.3.3.1. Validación con imagen satelital de resolución alta.....	19
3.3.3.2. Validación en campo.....	21
IV. RESULTADOS.....	22
4.1. Cobertura boscosa al 2014 en la cuenca Bolsón Cuchara.....	22
4.1.1. Bosque.....	23
4.1.2. No bosque.....	24
4.1.3. Hidrografía.....	25
4.1.4. Urbano.....	25
4.1.5. Red vial.....	26
4.2. Tasa de deforestación anual período 2004 - 2014.....	26
4.3. Exactitud del mapa de cobertura forestal.....	30
4.3.1. Validación con imagen de resolución espacial alta.....	30
4.3.2. Validación en campo.....	31
V. DISCUSIÓN.....	33

VI. CONCLUSIONES.....	37
VII. RECOMENDACIONES.....	38
VIII. ABSTRACT.....	39
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS.....	44
Anexo 1. Puntos de verificación.....	45
Anexo 2. Panel fotográfico.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pag.
1. Características de los satélites <i>SPOT 5</i> y <i>SPOT 6</i>	10
2. Valores de <i>Kappa</i>	12
3. Características de las imágenes satelitales.....	15
4. Descripción de las clases.....	17
5. Distribución de muestras verificadas en la imagen.....	30
6. Matriz de confusión para la validación con imagen.....	31
7. Distribución de muestras verificadas en campo.....	32
8. Matriz de confusión para la validación en campo.....	32
9. Puntos verificados en la imagen de resolución espacial alta.....	45
10. Puntos verificados en campo.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág
1. El espectro electromagnético.....	9
2. Ubicación política de la zona de estudio.....	13
3. Superficie (ha) por clase de cobertura para el 2014.....	22
4. Clase con cobertura boscosa.....	23
5. Zona con clase no bosque.....	24
6. Zona con clase hidrografía.....	25
7. Superficie (ha) por clase en el año 2004 y 2014.....	26
8. Crecimiento urbanístico Venenillo Izq. 2004 y der. 2014.....	27
9. Mapa de cobertura forestal 2004 cuenca Bolsón Cuchara.....	28
10. Mapa de cobertura forestal 2014 cuenca Bolsón Cuchara.....	29
11. Digitalización de imágenes satelitales.....	48
12. Toma de puntos de verificación en clase bosque.....	48
13. Verificación de la clase no bosque.....	49
14. Parcela con cacao (clase no bosque).....	49
15. Clase zona urbana comunidad Santa Martha.....	50
16. Piscigranja para la crianza de alevinos.....	50
17. Mapa de dispersión de puntos verificados en la imagen.....	51
18. Mapa de dispersión de puntos verificados en campo.....	52

RESUMEN

El presente trabajo se ejecutó en la cuenca Bolsón Cuchara ubicada en la margen izquierda del río Huallaga, políticamente pertenece a los distritos Rupa Rupa y José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado y región Huánuco. Se realizó un análisis del cambio de bosque a no bosque durante el período 2004 – 2014 mediante el uso de imágenes satelitales Spot 6, para lo cual se plantearon los objetivos: determinar la cobertura boscosa al año 2014, calcular la tasa de deforestación anual y evaluar la exactitud temática del mapa de cobertura boscosa. Como resultado de la interpretación y digitalización de las imágenes en el programa ArcGIS v.10.3 se determinó que la cobertura boscosa al 2004 fue de 10,044.63 ha, mientras que para el año 2014 fue de 9,294.68 ha lo que representa el 63.06% y 58.35% del total de la cuenca respectivamente. Durante este período de 10 años se han perdido un total de 749.95 ha de bosques con un tasa de deforestación de 83.54 ha anuales. De igual manera se evaluó la exactitud temática del mapa de cobertura 2014 de acuerdo al Protocolo propuesto por el MINAM con 49 puntos de muestreo para la imagen de resolución espacial alta obteniéndose un índice de Kappa de 0.88, mientras que para la validación en campo se utilizó 35 puntos de verificación obteniéndose un índice de Kappa de 0.96 para ambos casos un grado de concordancia excelente.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, las actividades extractivas mal llevadas han contribuido con la reducción de las áreas boscosas en la Amazonia peruana. Estos procesos de cambio de cobertura (bosque a no bosque) requieren ser evaluados como punto de partida para la conservación de hábitats naturales, lo que implica un análisis espacio-tiempo.

Utilizando tecnología adecuada, es posible evaluar la deforestación por efectos de la tala, conversión de bosque a agricultura y ganadería (pastos), la urbanización y la construcción de infraestructura. Existen herramientas que permiten modelar y ordenar el territorio, de acuerdo a sus potencialidades y debilidades, como la teledetección y los sistemas de información geográfica.

En la actualidad, los requerimientos de información respecto de los cambios de cobertura (bosque a no bosque), en las regiones tropicales y especialmente en el Perú, han adquirido gran relevancia, debido a la creciente presión antrópica a la que son sometidos estos ecosistemas; situación que conlleva la pérdida de grandes extensiones de biomasa arbórea, poniendo en peligro a la biodiversidad, no sólo por pérdidas de individuos arbóreos, sino también por pérdida de refugios para la fauna silvestre y de servicios ecosistémicos que brinda el bosque.

En la cuenca del río Bolsón Chuchara, se han establecido, por parte del Estado peruano, proyectos productivos y de reforestación post-erradicación de los cultivos ilícitos de coca. Esto ha modificado drásticamente la cobertura forestal originaria de esta zona. Es en este contexto que surge la pregunta ¿Cómo ha sido el proceso de cambio de cobertura (bosque a no bosque), en la cuenca del Bolsón Chuchara durante el período 2004 - 2014? En respuesta a ello esta investigación se plantea lo siguiente:

Objetivo general

- Analizar el cambio de cobertura (bosque a no bosque) en la cuenca del río Bolsón Chuchara, en el período 2004 – 2014, a través del análisis de imágenes de satélite.

Objetivos específicos

- Determinar la cobertura boscosa al año 2014 en la cuenca del río Bolsón Chuchara, a partir del uso de imágenes satelitales *SPOT 5* y *SPOT 6*.
- Calcular la tasa de deforestación anual en el período 2004 - 2014.
- Evaluar la exactitud temática del mapa de cobertura boscosa al 2014.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es toda el área de terreno que constituye el flujo de agua en un río o quebrada. También se conoce como el área de captación o superficie de terreno de donde provienen las aguas de un río, quebrada, lago, laguna, humedal, estuario, embalse, acuífero, manantial o pantano (DOMBERCK, 2012).

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. Deforestación

Es la conversión del bosque a otro tipo de uso de la tierra o la reducción de la cubierta de la copa, a menos del límite del diez por ciento (FAO, 2005).

La Comisión de las Naciones Unidas para el cambio Climático define a la deforestación como la conversión por la actividad humana directa de

tierras boscosas en tierras no forestales CNUCC (2002) citado por MINAM (2014).

2.3. Deforestación en el Perú

Durante el período 1990 - 2000, el área total deforestada en la selva amazónica, resultó ser de 1'496 317,56 ha; superficie que representa el 10.36% del total de los bosques amazónicos en Perú y una tasa anual de deforestación de 149,631.76 ha, siendo la región San Martín la que presentó mayor superficie deforestada con 1'327,668 ha, seguido de Amazonas con 1'001,467 ha y Loreto con 945,590 ha (INRENA, 2005).

Mientras que en el periodo del 2000 - 2011, la superficie deforestada fue de 1'175,792 ha, equivalente al 0.9 % del total en todo el territorio nacional, la tasa promedio anual de pérdida de bosques fue de 106,890 ha, siendo San Martín la región que presentó la mayor tasa promedio anual de pérdida de bosques con 25,283 ha seguido de Loreto con 20,050 ha y Ucayali con 16,146 ha (VARGAS, 2015).

2.3.1. Causas de la deforestación

Entre las principales causas de la deforestación en el Perú tenemos:

2.3.1.1. Agricultura migratoria

La causa principal de la deforestación es la gran demanda de tierra, más que de madera. La poca aptitud de las tierras para la agricultura y la

ganadería no ha impedido la tala de árboles en laderas empinadas de alta pluviosidad y baja fertilidad. En contra de la creencia generalizada de que la extracción selectiva de maderas con fines comerciales es una actividad destructiva de los bosques tropicales amazónicos, debe señalarse más bien, a la agricultura migratoria y a los programas de ampliación de la frontera agrícola deficientemente implementados por los proyectos de asentamiento rural, como los principales factores condicionantes de este proceso que se caracteriza por ser empírico, desordenado e irracional, contrario a un desarrollo integral y permanente. REÁTEGUI (1996),

El bajo nivel de nutrientes motiva que la tierra pierda su capacidad agrícola luego de tres o cuatro cosechas consecutivas, así como por la carencia de prácticas de cultivos rotativos y heterogéneos. A raíz de esta deficiencia del suelo, el agricultor ve la necesidad de ir en búsqueda de nuevas tierra avanzando cada vez más al interior de nuestros bosques talándolos irremediablemente (OSINFOR, 2013).

2.3.1.2. Actividad pecuaria

En la década de 1970, en la Selva Alta se inicia una deforestación masiva para hacer ganadería, debido a la implementación de programas de desarrollo ganadero promovidos por el Estado, formándose cooperativas agropecuarias como: CAP Arequipa, Piura, El Porvenir, Perú Oriental, Santa Lucía, entre otras, que trajo consigo un incremento de la

población bovina y conllevó a un proceso de deforestación para la instalación de pasturas (RÍOS *et al.*, 2003).

2.3.1.3. Minería aurífera

Es una de las actividades más lucrativas en el departamento de Madre de Dios y la que genera mayores dividendos con un aporte estimado del 40% del PBI de dicha región y da empleo alrededor de 12 a 20 mil pobladores. Sin embargo, esta actividad se realiza en su mayoría de manera informal, sin tener en cuenta los impactos altamente significativos que genera al ambiente como cambios drásticos en la estructura del suelo, contaminación del recurso hídrico y destrucción de la flora y del hábitat de la fauna. Como consecuencia de esta intervención, el suelo superficial se convierte en un arenal donde se pierde toda cobertura boscosa existente así como todo tipo de vida que pudiera haber existido en el suelo (AIDER, 2015).

2.3.1.4. Cultivo ilícito de la hoja de coca

En 1970 se inicia el cultivo de la hoja de coca en forma ilícita en el Perú, se observó tasas altas de deforestación, lo cual se debió principalmente a la agricultura migratoria ocasionada por este cultivo, al alcanzar precios elevados en el mercado, sin que los productos agropecuarios puedan competir con la coca; este proceso de deforestación es explicado por el incremento de áreas cultivadas que van de 15,000 ha en 1975 hasta 200,000 ha en 1990. Debido a factores biofísicos como temperaturas y precipitaciones

altas y malas prácticas agrícolas han empobrecido estas tierras rápidamente, siendo actualmente suelos degradados y en algunos casos con degradación extrema (RÍOS *et al.*, 2003).

2.4. Deforestación en Huánuco

La deforestación es uno de los problemas más importantes que afecta a los bosques del Perú y la región Huánuco. Uno de los factores condicionantes está basado en las escasas oportunidades económicas de desarrollo de nuestra población, contribuyendo al proceso de migración hacia la zona de selva con la finalidad de extracción forestal e instalación de actividades agropecuarias (CALDERÓN, 2007).

El Ministerio del Ambiente en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Riego elaboraron el mapa de pérdida de los bosques húmedos amazónicos en el período 2000 - 2011 utilizando imágenes satelitales Landsat 7 LTI, encontrando que en la región Huánuco los años con mayor pérdida en la cobertura bosques fueron: 2005, con 25,556 ha, y 2009, con 24,190 ha. Los años en los que se observó menor pérdida en la cobertura primaria fueron: 2006, con 8,324 ha, y 2004, con 8,774 ha (VARGAS *et al.*, 2015).

Asimismo, en una investigación realizada en la microcuenca del río Supte, provincia Leoncio Prado (8,745.5 ha), sector que ha sido fuertemente alterado por la agricultura migratoria, se determinó la tasa de deforestación anual en el período 1990 – 2005, utilizando imágenes satelitales Landsat TM-5;

ésta fue de 34.8 ha, con una pérdida de 521.9 ha de bosque, estos resultados fueron validados obteniéndose una exactitud global de 64% y un índice de *Kappa* de 0.57 (LAURENTE, 2011).

2.5. Teledetección y SIG

La teledetección es una técnica aplicada, que a través del tiempo y espacio, permite obtener información sobre los objetos que se hallan en la superficie terrestre (CHUVIECO, 1996). Un Sistema de información Geográfica (SIG) es un sistema asistido por computadora para la adquisición, almacenamiento, análisis y despliegue de información geográfica. Hoy en día, una gran variedad de *software* y herramientas están disponibles para poder llevar a cabo esta actividad. Sin embargo; estos pueden diferir significativamente uno del otro, en parte, debido a la manera en que ellos representan y trabajan la información geográfica, así como al relativo énfasis que ellos ponen en varias de estas operaciones (GARCÍA, 2006).

La integración de los SIG con la percepción remota tiene una gran posibilidad de aplicación en la agricultura, desde niveles prediales, regionales hasta nacionales, a modo de ejemplo se puede identificar el área exacta de un suelo cubierto por vegetación en una fecha determinada, mapeo de áreas temáticas como la salinidad (METTERNICHT, 2001), cartografía de caminos entre otras diversas aplicaciones para el estudio del ambiente, estas aplicaciones son de vital importancia al momento de planificación y gestión del territorio (CHUVIECO, 1996).

2.5.1. Fundamentos de la observación remota

Consta de tres elementos fundamentales; el sensor, el objeto observado y un flujo energético que permita poner a ambos en relación. Este flujo de energía puede proceder del objeto por reflexión de la luz solar, por algún tipo de energía emitida por el propio objeto, o incluso por el sensor (CHUVIECO, 1996).

2.5.2. Espectro electromagnético

El flujo de energía necesario entre el sensor y el objeto observado, en un sistema de teledetección, constituye una forma de radiación electromagnética. Los diversos rangos de la longitud de onda, que puede ser dividido o separados en el espectro electromagnético, reciben el nombre de región espectral o bandas espectrales. Estas son las siguientes: espectro visible (0.4 a 0.7 μm); infrarrojo cercano (0.7 a 1.3 μm); infrarrojo medio (1.3 a 8 μm); infrarrojo lejano o térmico (8 a 14 μm); microondas (M, por encima de 1 mm) (CHUVIECO, 1996).

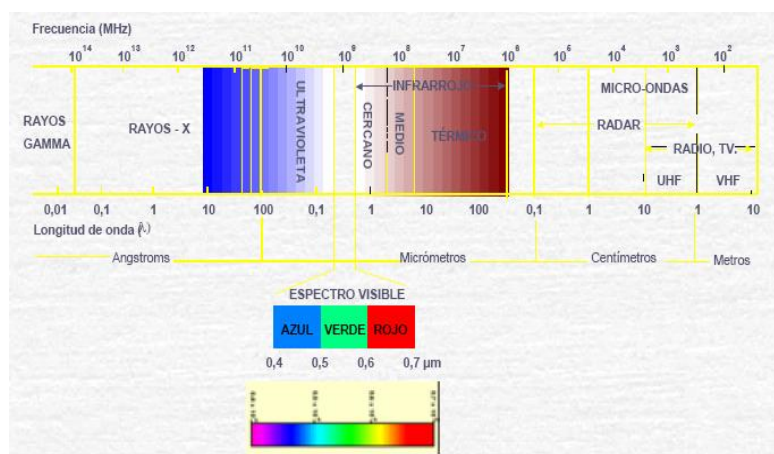


Figura 1. El espectro electromagnético

2.5.3. El satélite SPOT

Los satélites *SPOT* son una iniciativa de la agencia espacial francesa. El primer satélite *SPOT* (*Système Pour l'Observation de la Terre*) se lanzó en 1986. Desde entonces se han lanzado *SPOT 2* (1990), *SPOT 3* (1993), *SPOT 4* (1998), *SPOT 5* (2002), *SPOT 6* (2012) y está proyectado poner en órbita el *SPOT 7* para el año 2014. Todos ellos se han desarrollado en colaboración con los países de Bélgica y Suecia. Los satélites *SPOT 5* y *6* presentan una órbita heliosincrónica y una resolución temporal de 26 días. A continuación se presenta las características más resaltantes (RAMOS, 2013):

Cuadro 1. Características de los satélites *SPOT 5* y *SPOT 6*

Característica	<i>SPOT 5</i>	<i>SPOT 6</i>
Año de lanzamiento	2002	2012
Vida útil nominal	5 años	10 años
Órbita	Helisincrónica	Helisincrónica
Hora local	10 h 30	10 h
Altitud en el Ecuador	822 km	694 km
Período de revolución	101.4 min	98.79 min
Ciclo orbital	26 días	26 días
Masa total	3,000 kg	712 kg
Espectro electromagnético	P: 0.48 - 0.71 μm Verde: 0.50 - 0.59 μm Rojo: 0.61 - 0.68 μm IC: 0.78 - 0.89 μm IM: 1.58 - 1.75 μm	P: 0.450 - 0.745 μm Azul: 0.450 - 0.520 μm Verde: 0.530 - 0.590 μm Rojo 0.625 - 0.695 μm IC: 0.760 - 0.890 μm

Donde: P=pancromático IC= Infrarrojo cercano IM= Infrarrojo medio

2.6. Validación de resultados

El monitoreo del cambio de bosque a no bosque comprende la evaluación espacio-tiempo, para ello se elaboran mapas multi-temporales que es necesario validar tomando en cuenta su confiabilidad, precisión y error asociado; el resultado de este proceso de validación se denomina exactitud temática. Para ello, el Ministerio del Ambiente ha elaborado el protocolo de evaluación de la exactitud temática del mapa de cobertura de bosque y cambio de bosque a no bosque de la Amazonía Peruana considerando los estándares internacionales ISO 19113: Principios de la calidad; ISO 19114: Procedimientos de evaluación de la calidad e ISO 19138: Medidas de calidad de la información geográfica (MINAM, 2014).

Los métodos de validación se basan en la verificación estadística y se deben incluir cualquier estudio, ya que permite, al usuario del mapa, valorar su grado de acuerdo con la realidad. Una de las medidas de fiabilidad, consiste en tener áreas *test*, que permita tener una medida independiente del acuerdo entre el mapa y verdad-terreno. Esto pasa por muestrear el terreno clasificado a fin de tener medidas necesarias para verificar los resultados (CHUVIECO, 1996).

2.6.1. Matriz de confusión e índice *Kappa*

Consecuencia del muestreo y la clasificación se puede formar una matriz, denominada de confusión puesto que recoge los conflictos entre

categorías y verdad de terreno. El índice *Kappa* se obtiene de las marginales de la clasificación (CHUVIECO, 2002).

Cuadro 2. Valores de *Kappa*.

<i>Kappa</i>	Grado de concordancia
< 0.2	Mala
0.21 – 0.40	Ligera
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Excelente

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las labores de investigación se ejecutaron en la cuenca de Bolsón-Cuchara con una superficie de 15,928.76 ha, ubicada en la margen izquierda del río Huallaga. Políticamente, pertenece a los distritos Rupa-Rupa y José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado, región Huánuco.

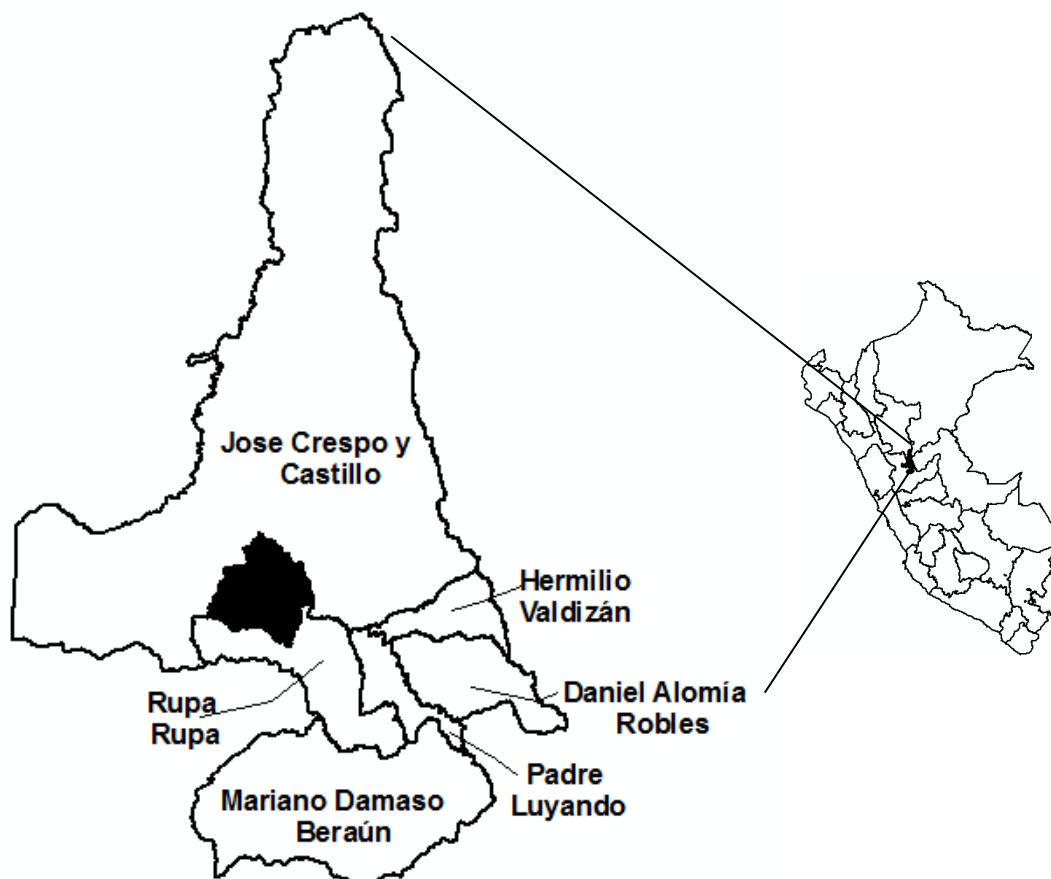


Figura 2. Ubicación política de la zona de estudio.

3.1.1. Características del área de estudio

El área de estudio presenta dos paisajes bien diferenciados. **La Planicie** que se encuentra más intervenida con cultivos de primera necesidad, así como con cultivos industriales como cacao. **La Montañosa** donde aún se puede apreciar cobertura boscosa que pertenece al área circundante al Bosque de Producción Permanente de Huánuco, con especies maderables de valor comercial, como el tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), moena amarilla (*Aniba* sp.), cumala roja (*Otoba parvifolia*), higuera negra (*Micrandra spruceana*) y otras especies (CASTILLO, 2010).

De acuerdo al mapa ecológico o formaciones vegetales del mundo propuesta por HOLDRIDGE (1987), el área en estudio pertenece a tres zonas de vida: Bosque Muy Húmedo Pre-Montano Tropical transicional a Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-PT), bosque pluvial Pre-Montano Tropical (bp-PT) y Bosque Muy Húmedo Pre-Montano Tropical (bmh-PT).

3.2 Materiales

3.2.1. Material cartográfico.

- **Curvas de nivel.** Carta Nacional, empalme 19k digitalizado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) versión 2012.
- Imágenes de satélite:
 - SPOT 5. Resolución espacial de 10 m año 2004.
 - SPOT 6, Resolución espacial de 1.5 m año 2014.

3.2.2. Hardware y software.

- Ordenador *Core i7*.
- *Software: ArcGIS v. 10.3.*
- Impresora HP 9300 *DeskJet*.
- *Garmin GPS Map 60 Csx.*
- Cámara fotográfica digital.

3.3. Metodología

3.3.1. Determinación de la cobertura boscosa 2014

3.3.1.1. Recopilación de la información cartográfica

En esta primera parte, se recopiló información digital proporcionada por la Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito para Perú y Ecuador (UNODC por sus siglas en inglés), que consistió en imágenes satelitales de los años 2004 y 2014 (Cuadro 2). Toda la información digital colectada estaba proyectada al Sistema *Universal Transversal de Mercator* (UTM), referida a la zona 18 y utilizando el *datum* horizontal WGS 1984. El análisis de las imágenes y la producción cartográfica se realizó utilizando el *software* ArcGis v. 10.3.

Cuadro 3. Características de las imágenes satelitales

Satélite	Formato	Año de captación	Resolución espacial (m)	Número de Bandas	Combinación de bandas
<i>SPOT 5</i>	<i>Tiff</i>	2004	10 x 10	4	4 ,3, 2
<i>SPOT 6</i>	<i>Image</i>	2014	1.5 x 1.5	5	3, 5, 1

3.3.1.2. Análisis digital de las imágenes

El análisis digital de las imágenes satelitales *SPOT 5* (2004) y *SPOT 6* (2014) se llevó a cabo por medio de una clasificación supervisada, la que consistió en incorporar data de campo al *software ArcGis* para que, a partir de procesos algorítmicos, pueda agrupar los píxeles de la imagen en clases bien diferenciadas utilizando la herramienta *Image Classification*. Para ello, se combinó las bandas de las imágenes, de acuerdo a lo mostrado en el Cuadro 2, obteniendo imágenes compuestas en color real o verdadero que tiene un aspecto similar a lo que se espera observar en una fotografía normal.

Las clases incorporadas para este primer análisis fueron: bosque, no bosque, deforestación, hidrografía, nubosidad y sombra de nubes. Sobre las dos últimas han sido incluídas debido que la zona de estudio presenta fisiografía montañosa, siendo frecuente la presencia de nubes que generan sombras en el terreno. Finalmente, la información obtenida fue convertida a formato vectorial (*Shapefile*).

3.3.1.3. Análisis visual de las imágenes

Este procedimiento se realizó con el fin de controlar la calidad de las clases obtenidas en la clasificación supervisada. Para ello se hizo el contraste entre los polígonos obtenidos y la imagen satelital correspondiente a cada año. En los casos en que no coincidieron con la realidad, los polígonos fueron editados mediante digitalización directa ajustándolos a la clase

correspondiente, interpretando la imagen con criterios como: tonalidad, forma, color, textura y entorno espacial de los elementos encontrados en la escena, a una escala de trabajo de 1/4,000.

Para determinar qué tipo de cobertura existe debajo de las nubes y sombras, fue necesario utilizar imágenes de años anteriores o posteriores más cercanos e incorporarlas a la clase respectiva. Los polígonos con una superficie menor a 0.1 ha fueron discriminados. Finalmente, las clases fueron redefinidas, dando como resultado (Cuadro 4):

Cuadro 4. Descripción de las clases

Clase	Definición en la imagen
Bosque	Área con cobertura boscosa natural
No bosque	Área con cobertura diferente al bosque (agrícola, pecuario, purma), deforestado, área sin cobertura
Hidrografía	Curso de agua
Red vial	Áreas con infraestructura vial
Zona urbana	Áreas urbanizadas

3.3.1.4. Elaboración del mapa de cobertura boscosa 2014

Luego del procesamiento digital de la imagen *SPOT 6* del 2014, se procedió a realizar la representación cartográfica, elaborando el mapa de cobertura boscosa. Para ello, se calculó la superficie afectada por la pérdida de cobertura forestal (deforestación y no bosque), las áreas boscosas, hidrografía, zona urbana e infraestructura vial.

3.3.2. Cálculo de la tasa de deforestación anual 2004 - 2014

La información espacial obtenida de las imágenes *SPOT* del 2004 y 2014 fue utilizada para calcular la tasa de deforestación anual. Se empleó la siguiente fórmula que permite analizar la evolución en el tiempo:

$$D = \frac{Df - Di}{N}$$

Donde:

D: tasa de deforestación

Df: superficie deforestada año final

Di: superficie deforestada año inicial

N: número de años del período

Asimismo, se elaboró el mapa de cambio de bosque a no bosque 2004 - 2014, que es la representación cartográfica de la dinámica de cambio de cobertura en un período de tiempo determinado.

3.3.3. Evaluación de la exactitud temática del mapa de cobertura boscosa 2014

Esta fase se ejecutó en dos etapas, según lo establecido en el “Protocolo para la evaluación de la exactitud temática del mapa de deforestación” implementado por el MINAM.

3.3.3.1. Validación con imagen satelital de resolución alta

Consistió en contrastar los resultados encontrados en el mapa de cobertura boscosa 2014, versus la imagen *SPOT 6* de 1.5m de resolución del mismo año de evaluación, a partir de un análisis visual. La combinación de bandas utilizada fue 3, 5, 1. Cabe indicar que la imagen *SPOT 6* adquiere alta resolución debida que posee una banda pancromática (banda 5).

Al final de este proceso, se creó una capa de puntos por medio de los siguientes pasos:

Método de muestreo

Se utilizó el método de muestreo aleatorio estratificado no alienado, por ser uno de los más utilizados en trabajos de verificación. En él, los puntos de muestreo fueron divididos en las clases bosque y no bosque, abarcando toda la cuenca de Bolsón Cuchara.

Tamaño de muestra

Para imágenes clasificadas, donde la variable no es cualitativa, sino categórica, se recomienda la distribución binomial de probabilidad, por ello, se empleó la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{E^2}$$

Donde Z se obtiene de la tabla estadística $Z = 1.96$ para el 95 % de confianza, p indica el porcentaje de aciertos estimados, q el porcentaje de errores y E el error estándar permisible.

Extracción de datos de la imagen

Se superpuso la capa de puntos de muestreo sobre la imagen y se verificó la coincidencia de las clases: bosque, no bosque y deforestado. Los datos fueron insertados en la tabla de atributos de la capa de puntos. Al finalizar los datos fueron exportados a una hoja de cálculo.

Análisis de los datos

Los datos se analizaron, a través de una matriz de confusión, que determinó la confiabilidad del mapa y los errores de omisión y comisión. En esta matriz, las filas representaron las clases de la imagen y las columnas, las clases del mapa clasificado. La diagonal de la matriz expresó el número de verificaciones para las que hubo concordancia entre el mapa y los datos de la imagen, mientras los marginales, indican errores de asignación.

Métrica para evaluar la exactitud del mapa

Para determinar la exactitud del mapa, se utilizó el índice de *Kappa*, que es una medida de la diferencia entre la exactitud lograda en la

clasificación del *software* y la exactitud de lograr una clasificación correcta con la imagen de alta resolución y se define como:

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe}$$

Donde, Po es el número de aciertos entre n y; Pe , se calcula desde la matriz de confusión.

3.3.3.2. Validación en campo

Para realizar esta validación se procedió con la secuencia para la validación con la imagen de alta resolución, pero, para este caso se utilizó el método de muestreo sistemático estratificado no alienado para la dispersión de los puntos en campo, teniendo en cuenta su accesibilidad para disminuir costos. Para ello, se creó una zona *buffer* de 200 metros a ambas márgenes de la red vial de la zona de estudio.

IV. RESULTADOS

4.1. Cobertura boscosa al 2014 en la cuenca de Bolsón Cuchara

En la Figura 3, se muestra las superficies por cada clase para el año 2014. Se puede observar que la clase con mayor superficie representa a las tierras con bosque, abarcando un área de 9,294.68 ha, (58.35% del total de la cuenca). La clase no bosque abarca un área de 6,522.90 ha (40.95%), mientras que las clases: zona urbana, hidrografía e infraestructura vial son las que presentan menor superficie (0.31%, 0.2% y 0.19%, respetivamente) del total del área de estudio.

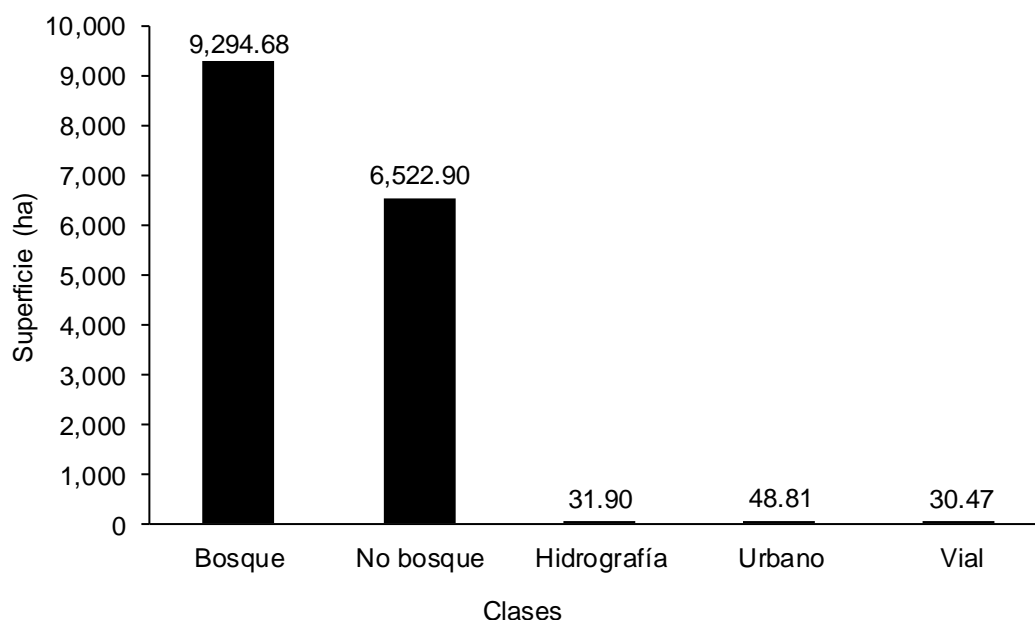


Figura 3. Superficie (ha) por clase de cobertura para el 2014

A continuación, se describe cada una de las clases encontradas:

Bosque

Dentro de esta clase se consideran los bosques primarios y los secundarios que no hayan sido perturbados de manera significativa, encontrados principalmente, en la parte noroeste de la cuenca, adyacente a los Bosques de Producción Permanente (BPP) de Huánuco.

En la Figura 4, se observa áreas cubiertas con vegetación boscosa. Este ecosistema de bosques de colina y montaña colinda con la comunidad de Santa Marta y las concesiones forestales con fines maderables de Huánuco.



Figura 4. Clase con cobertura boscosa. Bosque remanente en zona de colina y montaña colindante al Bosque de Producción Permanente Huánuco.

4.1.1. No bosque

Comprende áreas cubiertas con vegetación diferente al bosque inicial. Esta clase agrupa las áreas con cultivos permanentes con plátano y cacao en la zona baja y áreas con cultivo de café en las partes más altas. Incluye las parcelas con cultivos asociados con especies forestales como tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), moena (*Aniba sp.*) y bolaina (*Guazuma crinita*), establecidos por los programas de desarrollo ejecutados en la zona. Además, comprenden las áreas desprovistas de vegetación o suelo desnudo. En esta clase se encuentran las áreas que han sido destinadas al cultivo de coca, que en la actualidad en gran parte se encuentran en estado de abandono, debido a las operaciones del programa de erradicación.



Figura 5. Zona con clase no bosque. Uno de los sistemas agroforestales más empleados en la zona de estudio: cacao bajo sombra de guaba.

4.1.3. Hidrografía

Constituido por las áreas ocupadas por los dos cursos de agua más importantes de la cuenca: el río Bolsón y el río Cuchara, que se inician en la parte montañosa ubicada en el occidente. Ambos desembocan en el río Huallaga.

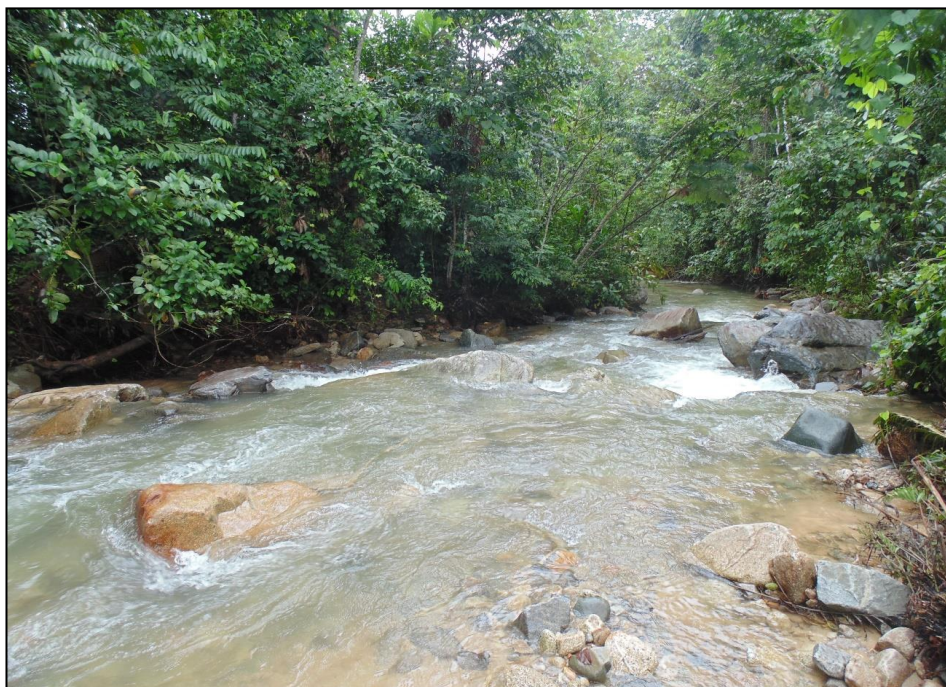


Figura 6. Zona con clase hidrografía: río Cuchara que atraviesa la cuenca de oeste a este para desembocar en el río Huallaga.

4.1.4. Urbano

Son las áreas con infraestructura urbana constituida por viviendas, escuelas, campos deportivos y otros en las comunidades de Venenillo, Santa Marta, Bartolomé Herrera, Julio C. Tello, Chontayacu, Los Cedros y Corvina.

4.1.5. Red vial

Corresponde a áreas que han sido destinadas para la construcción de la red vial: carreteras y puentes, que en su totalidad están constituidas por trochas carrozables.

4.2. Tasa de deforestación anual período 2004 - 2014

En la Figura 7, se muestra el cambio de bosque a no bosque. En el 2004, el ámbito de estudio contenía superficie boscosa de 10,044.63 ha y al 2014, 9,294.68 ha. 749.95 ha de bosques han sido intervenidas en un lapso de 10 años, con una tasa de deforestación anual de 83.54 ha, mientras que la clase no bosque se ha incrementado de 5,687.5 ha (35.7%) en el 2004 a 6,522.9 ha (40.95%) en el 2014. Las demás clases, aunque con superficies pequeñas han sufrido variación, la zona urbana en el 2004 contaba con 10.60 ha y al 2014 presenta 48.81 ha lo que evidencia un considerable crecimiento urbanístico (Figura 8). Caso contrario sucede con las clases hidrografía y vial.

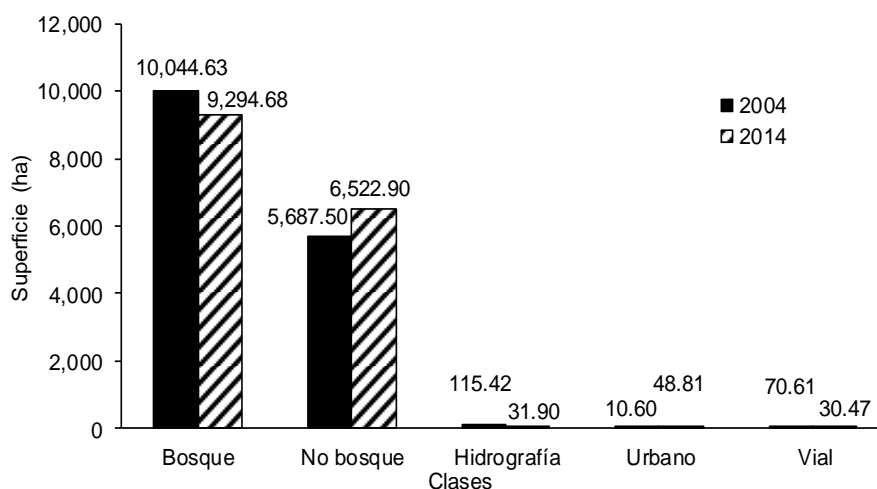


Figura 7. Superficie (ha) por clase en el año 2004 y 2014



Figura 8. Crecimiento urbanístico Venenillo: Izquierda 2004, derecha 2014.

En las Figuras 9 y 10 se muestran los mapas de cobertura forestal correspondientes a los años 2004 y 2014 respectivamente, mostrando las clases: bosque, no bosque, zona urbana, hidrografía y red vial, ambos mapas han sido elaborados en base al análisis digital y visual de las imágenes satelitales. Se puede observar gráficamente para el año 2004, que la cobertura boscosa cubría 63.06% del total de la cuenca, y para el 2014, 58.35%, mientras que la clase no bosque al inicio de este periodo abarcaba 35.71% y al finalizar 40.95%. El avance de la pérdida de la cobertura boscosa en este lapso se realizó principalmente hacia la parte occidental y más alta de la cuenca, lugares donde la frontera agrícola ejerce más fuerte presión sobre los bosques, iniciando con la apertura de parcelas rectangulares con roce de la vegetación herbácea, tumba de los árboles y en el peor de los casos quema de ambos componentes.

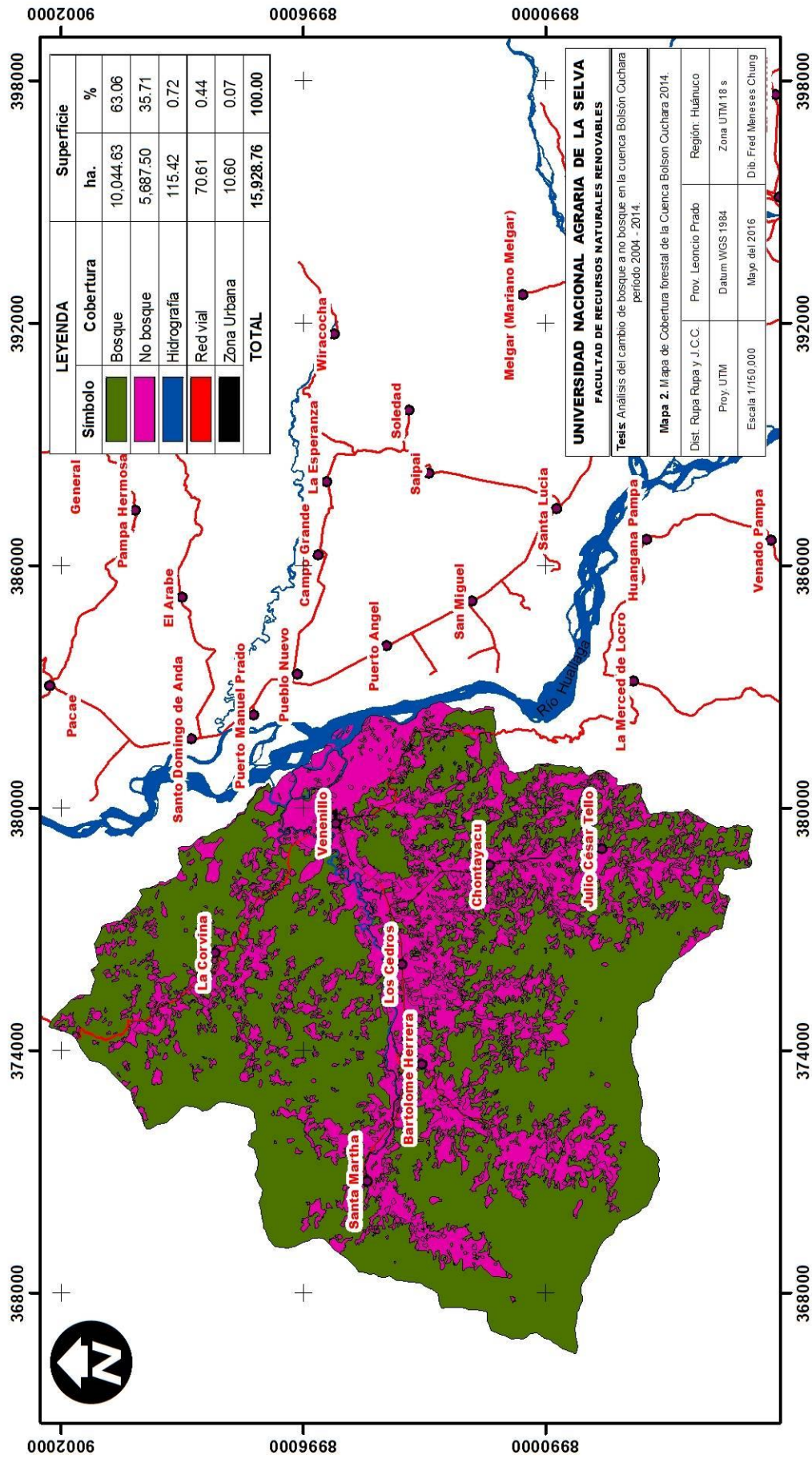


Figura 9. Mapa de cobertura forestal de la cuenca Bolsón Cuchara 2004.

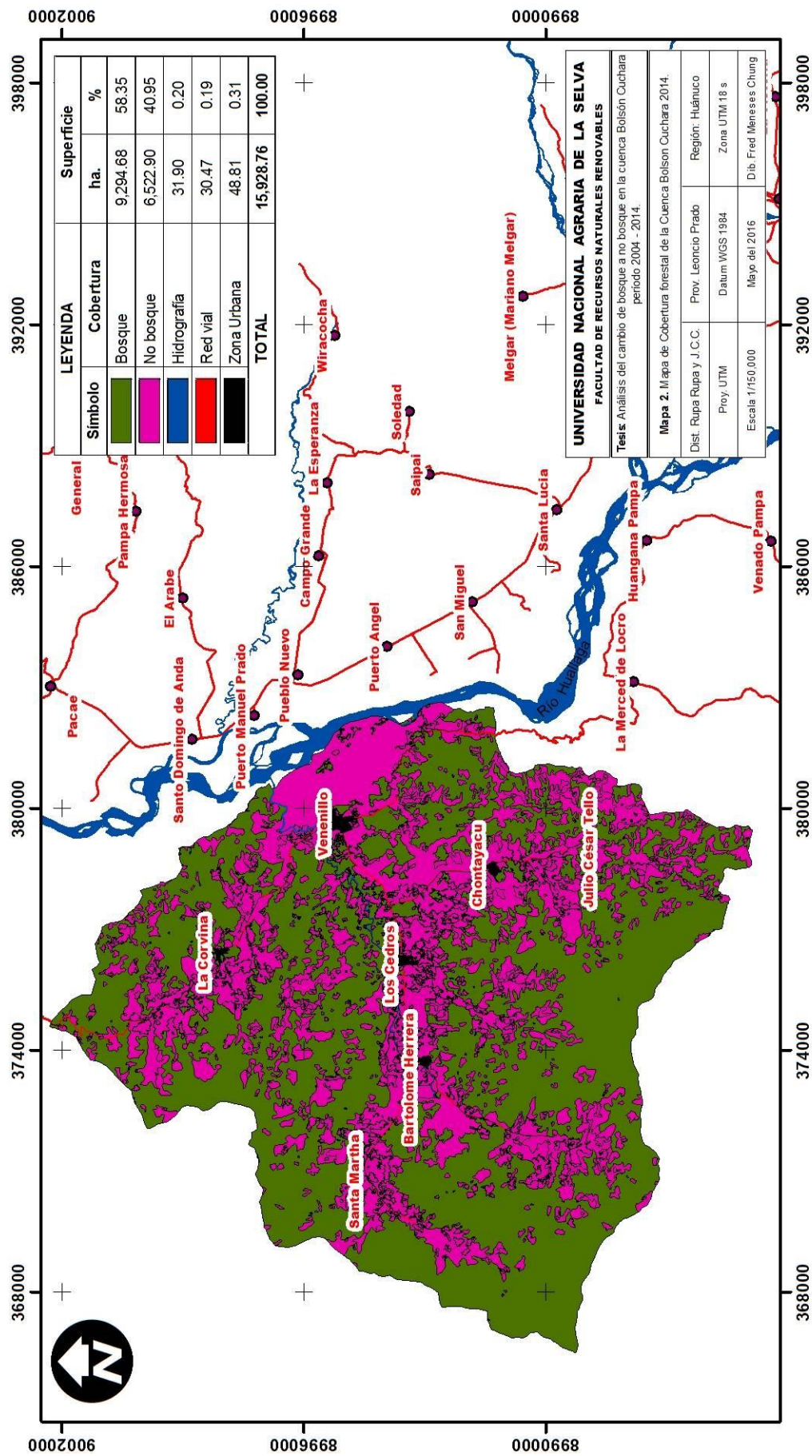


Figura 10. Mapa de cobertura forestal de la cuenca Bolsón Cuchara 2014

4.3. Exactitud temática del mapa de cobertura forestal

4.3.1. Validación con imagen de resolución espacial alta

En el Cuadro 5, se observa la distribución por clases de 49 puntos verificados en la imagen. El tamaño de esta muestra se calculó utilizando el porcentaje de acierto y error igual a 85% y 15% respectivamente, y un error estándar permisible de 10% para un nivel de confianza de 95%.

De estos, 29 puntos han sido destinados a la verificación de la clase boscosa y 20 para la clase no bosque. Esta distribución se realizó de acuerdo al porcentaje que cubren respecto de la cuenca. En el Cuadro 9, se muestra la lista de los puntos verificados, con sus respectivas coordenadas UTM (Anexo 1).

Cuadro 5. Distribución de muestras verificadas en la imagen

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Nº Muestras
Bosque	9,294.68	58.35	29
No bosque	6,634.08	41.65	20
Total	15,928.76	100.00	49

En el Cuadro 6, se presenta la matriz de consistencia utilizada para la validación del mapa de cobertura 2014. Las columnas representan las clases referenciales (realidad en la imagen), mientras que las filas corresponden las clases del mapa. En esta matriz, las celdas sombreadas expresan el número de puntos o muestras de verificación donde concuerdan

ambas fuentes (mapa e imagen), 45 de los 49 puntos verificados y las celdas marginales suponen los errores de asignación. El valor de exactitud del productor fue de 93.1% para las clase de bosques y 90% para la clase no bosque; del mismo modo, la exactitud del usuario presenta los mismos valores en ambas clases. El Índice de *Kappa* encontrado fue de 0.88.

Cuadro 6. Matriz de confusión para la validación con imagen

Clase en el Mapa	Clase en la imagen		Total	Exactitud del usuario (%)	Error de comisión
	Bosque	No bosque			
Bosque	27	2	29	93.1	6.9
No Bosque	2	18	20	90.0	10.0
Total	29	20	49		
Exactitud del productor (%)	93.1	90.0			
Error de omisión	6.9	10.0			

4.3.2. Validación en campo

En el Cuadro 7 se observa la distribución por clases de 35 puntos verificados en campo. El tamaño de esta muestra se calculó utilizando el porcentaje de acierto y error igual a 90% y 10% respectivamente, y un error estándar permisible de 10% para un nivel de confianza de 95%. De estos, 20 puntos han sido destinados a la verificación de la clase boscosa y 15 para la clase no bosque. Esta distribución se realizó teniendo en cuenta que la verificación con la imagen obtuvo un alto grado de exactitud temática. En el Cuadro 10, se muestra la lista de los puntos verificados (Anexo 1).

Cuadro 7. Distribución de muestras verificadas en campo

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Nº Muestras
Bosque	9,294.68	58.35	20
No bosque	6,634.08	41.65	15
Total	15,928.76	100.00	35

En el Cuadro 8, se presenta la matriz de consistencia utilizada para la validación en campo, las columnas representan la realidad en campo mientras que las filas corresponden al mapa. Los puntos de verificación que concuerdan para ambas fuentes, fueron 34 de un total de 35. El valor de exactitud del usuario fue de 95.0% para las clase de bosques y 100% para la clase no bosque. Respecto de la exactitud del productor el valor fue del 100% para la clase de bosque y 93.7% para la clase no bosque. El Índice de *Kappa* encontrado en este caso fue de 0.96.

Cuadro 8. Matriz de confusión para la validación en campo

Clase en el Mapa	Clase en campo		Total	Exactitud del usuario (%)	Error de comisión
	Bosque	No bosque			
Bosque	19	1	20	95.0	5.0
No Bosque	0	15	15	100.0	0.0
Total	19	16	35		
Exactitud del productor (%)	100.0	93.7			
Error de omisión	0.0	6.3			

V. DISCUSIÓN

5.1. Cobertura boscosa al 2014 en la cuenca Bolsón Cuchara

De las coberturas encontradas en la cuenca para el año 2014, se puede observar que el 58.35% de la superficie total del área de estudio aún se encontraba con cobertura boscosa; sin embargo, era notoria la fuerte presión sobre estas áreas para la ampliación de la frontera agrícola, que es la principal responsable de la roza y quema de bosques. El incremento de la deforestación sigue la dirección noroeste donde se ubica el Bosque de Producción Permanente de Huánuco. Estas áreas que han sido concesionadas por el Estado a empresarios madereros en el año 2003, resultan muy atractivas para los agricultores que pretenden ampliar sus parcelas para el establecimiento de cultivos, debido que muchas de las unidades de aprovechamiento concesionadas se encuentran abandonadas o con proceso administrativo único.

Otra dirección que sigue la deforestación en esta cuenca hidrográfica son las vías de comunicación. Las áreas más intervenidas son las que se encuentran a ambos márgenes de las carreteras y ríos: Huallaga y Cuchara. En el Perú, la inexistente planificación y el escaso control por parte de las autoridades implica que abrir una carretera en cualquier lugar de la Amazonia es el inicio de un proceso de fuerte intervención del recurso forestal

por parte de las poblaciones aledañas en las márgenes de la misma. Como ejemplo se tiene la intervención a causa de la construcción de la carretera de acceso desde la comunidad Santa Martha hacia el Bosque de Producción Permanente.

Respecto de las zonas consideradas como no bosque, se encuentran las áreas fuertemente intervenidas o deforestadas, como las zonas en donde anteriormente existía cultivo ilícito de la hoja de coca, ahora con cobertura herbácea pionera conocida como *macorilla* o *shapumba*. En esta clase también se consideran a las áreas con tumba, roce y quema que son las áreas preparadas para establecer cultivos muchas de ellas se encuentran a suelo desnudo y están más distantes a las poblaciones y en un menor porcentaje podemos encontrar las áreas con pastura y las zonas destinadas para el establecimiento de pozas para la crianza de peces.

En esta clase también se encontró cultivos permanentes como cacao, plátano en las zonas más bajas, mientras que en las partes más altas se hallaron plantaciones de café. Además, se han encontrado sistemas agroforestales establecidos con el apoyo de los diferentes operadores del Programa de Desarrollo Alternativo que vieron en esta zona muchas oportunidades, no solo por los suelos aluviales que presentan, sino por la cercanía a la ciudad de Tingo María, lo que permite a los agricultores comercializar sus productos de manera más fácil y rápida. Esto también trajo consigo la expansión urbana en los últimos años, así como la apertura de nuevas vías y construcción de puentes y pontones.

El estudio de la cobertura boscosa utilizando imágenes de satélite nos brinda información fundamental, para ser utilizada como base para diversos estudios: de vegetación, conflictos de uso del territorio, ordenamiento territorial, manejo de cuencas o seguimiento de indicadores ambientales, y ; asimismo, permite recoger y analizar información como por ejemplo sobre la tasa de deforestación de los bosques, el porcentaje de cobertura boscosa y inventarios forestales, entre otros.

5.2. Tasa de deforestación anual periodo 2004 – 2014

En este periodo de diez años se han perdido 749.95 ha de bosques en la cuenca Bolsón Cuchara, lo que corresponde a una tasa anual de deforestación de 83.54 ha. Este resultado es alto en comparación a lo encontrado en el 2005 en la microcuenca del río Supte que fue de 34.8 ha por año según datos de Laurente (2011).

En un estudio realizado a nivel nacional por el MINAGRI en coordinación con el MINAM, los resultados muestran que Huánuco ha perdido 165,667 ha en el período 2000 – 2011. Los años de mayor pérdida de bosque fueron 2005 y 2009. Los de menor pérdida fueron 2004 y 2006. Esto hace evidente que la intervención del hombre por medio del crecimiento demográfico, la demanda por tierras y su sobre explotación dada por los afanes de expansión de frontera agrícola y ganadera y el crecimiento de la frontera

urbana, están provocando una serie de cambios en la cobertura del suelo.

5.3. De la exactitud temática del mapa de cobertura forestal 2014

La validación del mapa de cobertura se llevó a cabo en dos etapas: (i) medición de la exactitud con base en una imagen de alta resolución espacial. Aquí los puntos de verificación fueron distribuidos en toda la cuenca. El índice *Kappa* fue de 0.88, obtenido a partir de la matriz de confusión, y; (ii) validación en campo obteniendo un índice *Kappa* de 0.96.

En ambos casos estos valores representan un grado de concordancia de Excelente. Esta calificación devenida de la comparación entre el mapa y la realidad se debió a que las imágenes fueron analizadas primero de forma digital y luego de manera visual. Este último método resulta ser el más eficaz para la cartografía forestal. Sin embargo, respecto de la diferencia numérica entre ambas etapas de validación, se asume que los puntos de verificación han sido distribuidos en una zona de 200 m de distancia a las carreteras, donde existe poca variabilidad temporal en relación con la cobertura, teniendo en cuenta que en esta parte del país se practica la agricultura extensiva y no intensiva.

VI. CONCLUSIONES

1. La cobertura boscosa al 2004 en la cuenca Bolsón Cuchara fue de 10,044.63 ha, mientras que para el año 2014 fue de 9,294.68 ha lo que representa el 63.06% y 58.35% del total de la cuenca, respectivamente.
2. Durante el período 2004 – 2014 se han perdido 749.95 ha de bosques en la cuenca Bolsón Cuchara, con una tasa de deforestación de 83.54 ha anuales.
3. La validación con imagen de alta resolución espacial tuvo un índice de *Kappa* de 0.88, mientras que la validación en campo obtuvo un valor de 0.96 para ambos casos el grado de concordancia fue excelente.

VII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar el protocolo propuesto por el Ministerio del Ambiente para la medición de la exactitud de los mapas de deforestación con la finalidad de homogenizar los resultados y poder compararlos con otros estudios.
2. Realizar el seguimiento anual respecto dinámica de la superficie con cobertura boscosa. Esto permitiría analizar con más detalle la dinámica del cambio de bosque a no bosque.
3. Considerar los resultados de esta investigación, a fin que puedan ser utilizados como línea base para la elaboración de proyectos de reforestación en la Región.

FOREST COVERAGE CHANGES (FOREST AND NON-FOREST) ANALYSIS INTO THE SCOPE OF THE BOLSON CUCHARA BASIN AMONG 2004-2014

VIII. ABSTRACT

This research has been conducted into the scope of the Bolson Cuchara basin specifically on the left bank of the Huallaga River. Politically it is located in Rupa Rupa and José Crespo y Castillo districts, Leoncio Prado province, Huanuco region.

An analysis of the forest coverage changes (forest and non-forest) among the period 2004 - 2014 using satellite images SPOT 5 and SPOT 6, was carried out as the main objective. To determine the forest cover to 2014, to calculate the annual deforestation rate and to evaluate thematic accuracy of forest cover map have been set as the specific objectives.

As a result, the forest coverage in 2004 was 10,044.63 ha, while 2014 was 9,294.68 ha, representing 63.06% and 58.35% of the total basin surface, respectively. During this period of ten years it has lost 749.95 hectares of forests with a deforestation rate of 83.54 ha per year. Likewise, a thematic accuracy coverage map 2014 according the methodology proposed by the MINAM using 49 sampling points for the image of high spatial resolution yielding a Kappa index of 0.88 was assessed, In the other hand, the field validation was used 35 checkpoints obtaining a *Kappa* index of 0.96. In both of these cases, the degree of harmonization was qualified as Excellent.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AIDER, 2015. Proyectos de carbono forestal en el Perú. La experiencia ... AIDER para mitigar el cambio climático. Asociación para la investigación y el desarrollo integral. Ed. P. Recavarren. Lima, Perú. 453 p.
- ARAUJO, R. 1995. Fórum deforestación en el Alto Huallaga. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. 9 p.
- CALDERÓN, R. 2007. Serie reforestación: manual práctico de producción de plántones. Gobierno Regional de Huánuco, Perú. 05 p,
- CASTILLO, A. 2010. Manual dendrológico de las principales especies de interés comercial actual y potencial de la zona del Alto Huallaga. Cámara Nacional Forestal. Lima – Perú. 82 p.
- CHUVIECO, E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. Madrid, España. Rialp, S.A. 374 p.
- CHUVIECO, E. 2002. Teledetección ambiental, La observación de la tierra desde el espacio. Madrid, España. Ariel Ciencia. 79 p.
- DOMBECK, M. 2012. El agua y cuencas hidrográficas [En línea]:http://agricultura.uprm.edu/escorrentia/pdf/el_agua_y_las_cuencas_hidrograficas.pdf, 10 setiembre del 2015.

FAO. 2004. La mujer en la agricultura, medio ambiente y la producción rural, en el Perú. [En línea]: OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (<http://www.rlc.fao.org/es/desarrollo/mujer/situacion/pdf/peru.pdf>, 10 de febrero 2009).

HOLDRIDGE, R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. IICA San José, Costa Rica, 219 p.

GARCIA, E. 2006. Corrección del sombreado topográfico en imágenes Landsat ETM+, aplicado al inventario de cuerpos de agua. Tesis Ing. Geógrafo. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, p. 45-58.

GATES, M., KEEGAN, J., SCHLETER, C. y WEIDNER, R. 1965. Spectral properties of plants, applied Optics. EEUU. (4) 20 p.

JOOMLA, C. 2013. El agua y cuencas hidrográficas. Universidad Autónoma del Estado de México [En línea]: <http://idrisi.uaemex.mx/index.php/esta-semana/nocion/lista-de-nociones/46-que-es-una-cuenca-hidrografica>, 10 de setiembre del 2015.

LAGUNA, D. 2012. Propuesta de clasificación de cobertura vegetal y uso del suelo 2012. Programa conjunto de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones provenientes de la deforestación y degradación de los bosques de Panamá. Panamá. 30 p.

LAURENTE, M. 2009. Medición de deforestación e Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada mediante percepción remota en la microcuenca

río Supte. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María - Perú. 74 p.

METTERNICHT, G. 2001. Assessing temporal and spatial changes of sanity using fuzzy logic remote sensing and GIS, Foundations of an expert system, Ecological Modeling. (144): 163- 179.

MINAM, 2014. Protocolo: Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de deforestación. Ministerio del Ambiente. Lima – Perú. 32 p.

OSINFOR, 2013. Evaluación de áreas deforestadas y humedales en los departamentos de Loreto, Ucayali y Madre de Dios. Lima – Perú. 118 p.

RAMOS, J. 2013. Obtención de modelo de calidad del agua para el embalse Villa Victoria, Estado de México, aplicando técnicas de percepción remota. Tesis Ing. Civil. México

REÁTEGUI, F. 1996. Monitoreo continuo de los procesos de deforestación en la amazonia peruana. Tesis Ing. forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina 8 p.

RÍOS, J., VALENCIA, F., MUÑOZ, M. 2003. Expansión y trayectoria de la ganadería en la Amazonía: Alto Huallaga, Perú. Tingo María, Perú. 133 p.

SALDAÑA, M. 2010. Determinación del cambio de cobertura vegetal en el área de conservación municipal bosques de Huamantanga utilizando

imágenes de satélite. Tesis Ing. Forestal. Jaén, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 78 p.

SILES, M. 2001. Análisis de la deforestación mediante imágenes satelitales de la Chiquitania Central. Tesis ing. Forestal. Santa Cruz, Bolivia. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. 26 p.

VARGAS, C., ROJAS, E., CASTILLO, D., ESPINOZA, V., CALDERÓN, A., GIUDICE, R., MÁLAGA, N. 2015. Memoria descriptiva del Mapa de bosque y no bosque año 2000 y Mapa de pérdida de bosques húmedos amazónicos del Perú 2000 - 2011. Ministerio del Ambiente. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima – Perú. 120 p.

ANEXOS

Anexos 1. Puntos de Verificación

Cuadro 9. Puntos verificados en la imagen de resolución espacial alta

ID	Cobertura del Mapa	Cobertura Observada	Verificación	Este	Norte
1	No bosque	Bosque	F	374165	9001220
2	No bosque	No bosque	V	375520	8998155
3	No bosque	No bosque	V	377020	8994655
4	No bosque	No bosque	V	371002	8990225
5	No bosque	No bosque	V	370896	8993890
6	No bosque	No bosque	V	372885	8996643
7	No bosque	No bosque	V	373133	8991565
8	No bosque	No bosque	V	376103	8988661
9	No bosque	No bosque	V	377638	8987554
10	No bosque	No bosque	V	373210	8991105
11	No bosque	No bosque	V	381909	8991303
12	No bosque	No bosque	V	377497	8995551
13	No bosque	No bosque	V	371771	8995578
14	No bosque	No bosque	V	373969	8990118
15	No bosque	No bosque	V	371370	8990161
16	No bosque	Bosque	F	373406	8990052
17	No bosque	No bosque	V	373788	8992608
18	No bosque	No bosque	V	378535	8990477
19	No bosque	No bosque	V	378621	8988794
20	No bosque	No bosque	V	379262	8989389
21	Bosque	Bosque	V	377065	8997179
22	Bosque	Bosque	V	376860	8997968
23	Bosque	Bosque	V	377343	8991994
24	Bosque	Bosque	V	375863	8993838
25	Bosque	Bosque	V	368230	8992848
26	Bosque	Bosque	V	379727	8986534
27	Bosque	Bosque	V	380485	8987877
28	Bosque	Bosque	V	380980	8990305
29	Bosque	Bosque	V	380958	8993630
30	Bosque	Bosque	V	379239	8991808
31	Bosque	Bosque	V	378895	8987741

32	Bosque	Bosque	V	378540	8989486
33	Bosque	Bosque	V	379182	8990087
34	Bosque	Bosque	V	378980	8992576
35	Bosque	Bosque	V	380972	8991260
36	Bosque	Bosque	V	375011	8998874
37	Bosque	Bosque	V	380947	8995636
38	Bosque	Bosque	V	378452	8994923
39	Bosque	Bosque	V	378218	8994241
40	Bosque	No bosque	F	377253	8993818
41	Bosque	Bosque	V	376031	8992416
42	Bosque	No bosque	F	382104	8992173
43	Bosque	Bosque	V	376648	8986263
44	Bosque	Bosque	V	379848	8995120
45	Bosque	Bosque	V	379514	8996936
46	Bosque	Bosque	V	372935	8992653
47	Bosque	Bosque	V	381906	8993034
48	Bosque	Bosque	V	379605	8993760
49	Bosque	Bosque	V	374557	9002148

V= Verdadero, F = Falso

Cuadro 10. Puntos verificados en campo

ID	Cobertura del Mapa	Cobertura Observada	Verificación	Este	Norte
1	No bosque	Bosque	V	372246	8991549
2	Bosque	Bosque	V	371892	8993980
3	Bosque	Bosque	V	372088	8993833
4	Bosque	Bosque	V	371892	8993980
5	Bosque	Bosque	V	372184	8990954
6	Bosque	Bosque	V	376005	8993708
7	Bosque	Bosque	V	376986	8993784
8	Bosque	Bosque	V	379680	8994479
9	Bosque	Bosque	V	380577	8993963
10	Bosque	Bosque	V	380324	8993642
11	Bosque	Bosque	V	379680	8994479
12	Bosque	Bosque	V	380579	8993963
13	Bosque	Bosque	V	379918	8994082
14	Bosque	Bosque	V	370008	8995109
15	Bosque	Bosque	V	369957	8994820
16	Bosque	Bosque	V	377636	8993477
17	Bosque	Bosque	V	379147	8988916
18	Bosque	Bosque	V	381767	8991285
19	Bosque	Bosque	V	381764	8991290
20	Bosque	Bosque	V	381827	8992215
21	No bosque	Cacao Café	V	369825	8993637
22	No bosque	Cruce	V	374086	8993458
23	No bosque	Escuela	V	371550	8989350
24	No bosque	Escuela	V	373676	8992918
25	Bosque	No bosque	F	376985	8993787
26	No bosque	Pasto	V	373022	8992704
27	Bosque	Pasto	V	378187	8992800
28	No Bosque	Pasto	V	372397	8991539
29	No Bosque	Pasto	V	380446	8993633
30	No bosque	Piñal	V	378042	8992944
31	No bosque	Piscigranja	V	371598	8994322
32	No bosque	Plátano	V	371834	8990201
33	No bosque	Plátano	V	371772	8989786
34	No bosque	Plátano cacao	V	371354	8994364
35	No bosque	Qda. Cuchara	V	371783	8989948

Anexo 2. Panel Fotográfico



Figura 11. Digitalización de imágenes satelitales



Figura 12. Toma de puntos de verificación en clase bosque



Figura 13. Verificación de la clase no bosque



Figura 14. Parcela con cacao (clase no bosque)



Figura 15. Clase zona urbana comunidad Santa Martha



Figura 16. Piscigranja para la crianza de alevinos

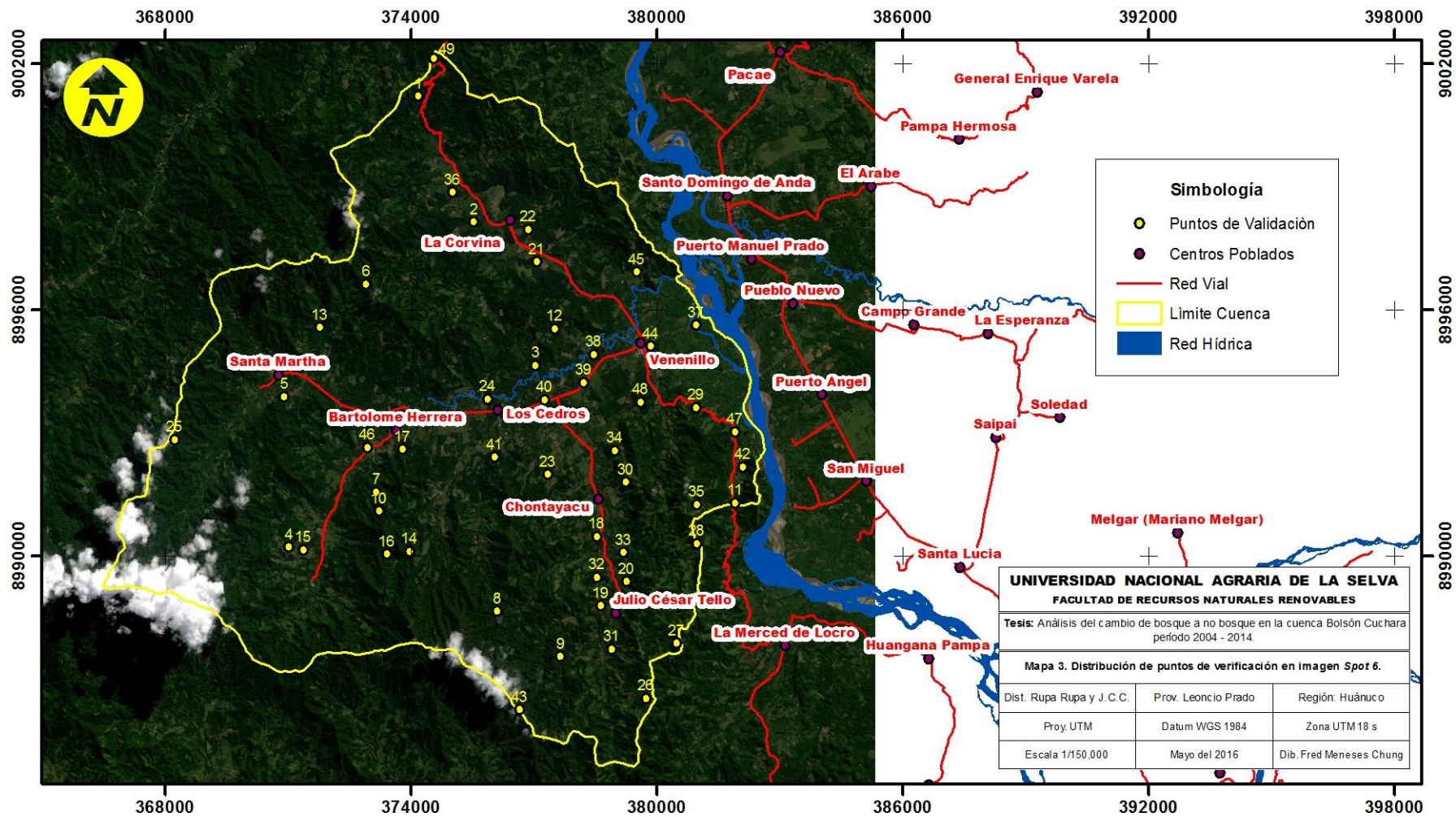


Figura 17. Mapa de dispersión de puntos de verificación en imagen satelital Spot 6.

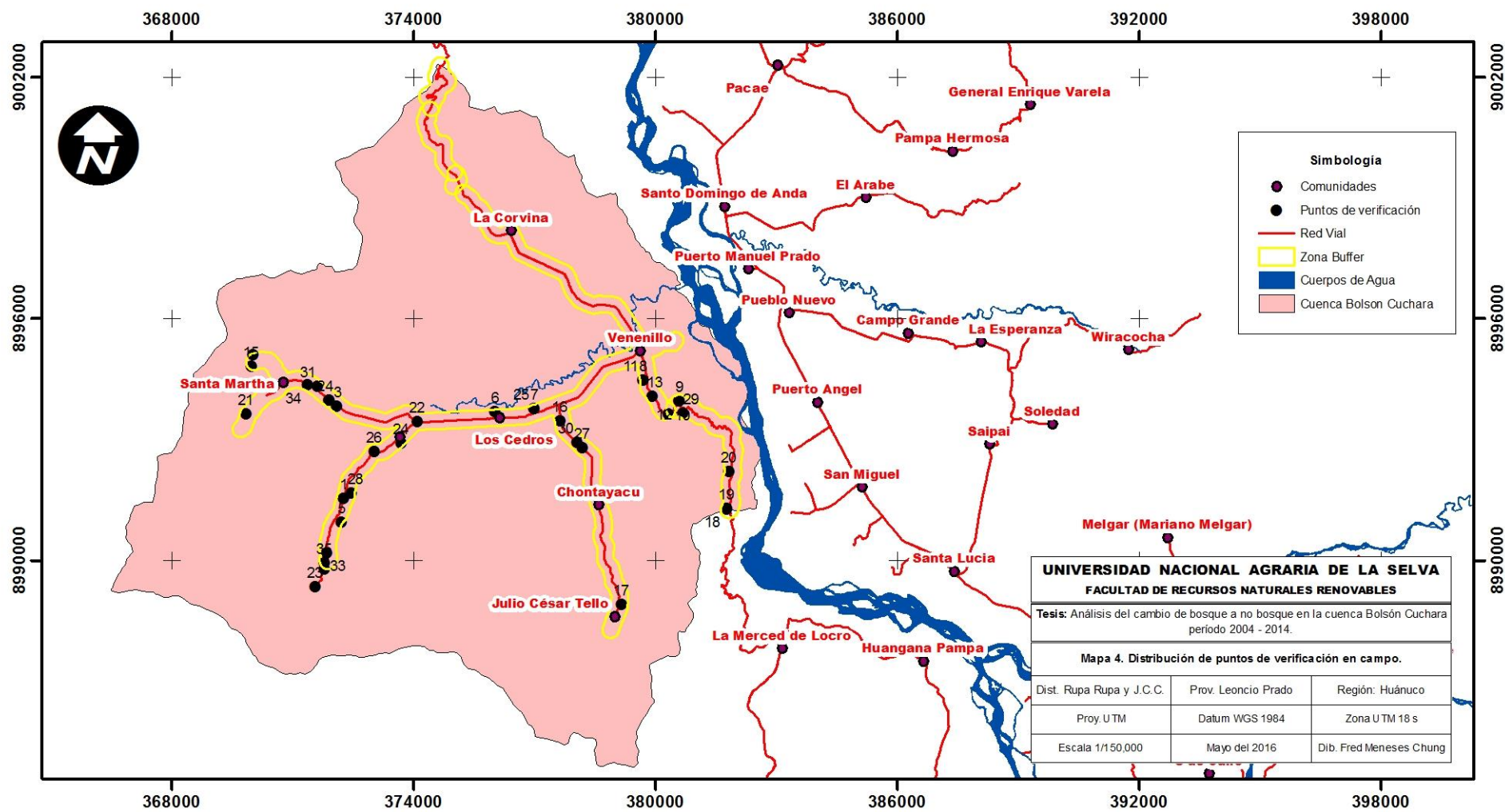


Figura 18. Mapa de dispersión de puntos de verificación en campo.