

Dinámica multitemporal de índices de deforestación en el distrito de Florida, departamento de Amazonas, Perú**Multitemporal dynamics of deforestation rates in the district of Florida, Department of Amazonas, Peru**Rolando Salas López¹, Elgar Barboza Castillo² y Manuel Oliva Cruz³**RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue cuantificar la tasa de deforestación entre los años 1987 y 2013 en el distrito de Florida. Para ello, fueron utilizadas imágenes de satélite Landsat del sensor TM y OLI, de los años 1987, 2000 y 2013. El análisis fue realizado mediante clasificación supervisada, usando las siguientes clases: bosques, pastos y cultivos, arbustales y herbazales, cuerpos de agua, zona pantanosa, zona urbana, y áreas quemadas. Después de la clasificación se calcularon las áreas de cada clase. Se encontró una alta deforestación en el periodo 1987-2000, de 232,20 ha/año, con una reducción de 18,65 % de su área (16186,36 ha). Por el contrario, para el periodo 2000-2013 se encontró una baja tasa de deforestación de 19,52 ha/año. Esta investigación permitirá conocer de cerca el comportamiento del proceso de deforestación con la idea de mejorar en la toma de decisiones a futuro.

Palabras clave: Florida – Pomacochas, tasa de deforestación, multitemporal, Landsat

ABSTRACT

The objective of this research was to quantify the rate of deforestation between 1987 and 2013 in the district of Florida. They were used Landsat satellite TM sensor and OLI for the years 1987, 2000 and 2013. The analysis was performed by supervised classification using the following classes: forests, pastures and crops, shrubs and grasslands, water bodies, marshland area Urban and burned areas. After sorting the areas of each class was calculated. They found a high deforestation 232,20 ha / year in the period 1987-2000, with a reduction of 18,65 % of its area (16186,36 ha) and for the period 2000-2013 a low rate of deforestation was found 19,52 ha/year. This research will learn about the behavior of deforestation for better decision-making.

Keywords: Florida – Pomacochas, deforestation rate, multitemporal, Landsat

Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, mención Conservación de Suelos y Aguas. Investigador del INDES-CES y Docente UNTRM. E-mail: rsalas@indes-ces.edu.pe

Ingeniero Ambiental. Investigador del INDES-CES. E-mail: ebarboza@indes-ces.edu.pe

Ingeniero Agrónomo. Investigador del INDES-CES y docente UNTRM. E-mail: soliva@indes-ces.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial, que experimenta la población humana a nivel mundial en las últimas décadas, está desencadenando una serie de transformaciones ambientales, que unidas a las tasas de consumo, tienen como resultado patrones asociados a estos procesos de degradación (Chuvieco *et al.*, 2002; López, 2009; Mas, 2009). Uno de los principales problemas que afrontan actualmente muchos países en vías de desarrollo es el manejo de sus recursos naturales (Chuvieco *et al.*, 2002). El Perú es el segundo país de Sudamérica en cobertura arbórea, después de Brasil. Los bosques naturales cubren el 50% del territorio peruano, con una superficie de 60 millones de hectáreas, tanto en la ecorregión amazónica como en la región altoandina, así como en las zonas de bosques costeros (INRENA, 1996; MINAM, 2009). Los recursos forestales, manejados adecuadamente, son un potencial para aportar al desarrollo socioeconómico del país; sin embargo, estos recursos no han recibido la debida importancia en lo referente a su manejo, administración y protección. Por el contrario, en los últimos 20 años, tal como sucede en toda la región tropical y subtropical (MINAM, 2009; Gómez *et al.*, 2013), estas áreas, constituidas inicialmente por bosques primarios, sufrieron daños irreversibles por la agricultura migratoria y la ganadería (Piontekowski, 2014; Rawat, 2015). La ceja de selva y selva alta sufrieron altos problemas de deforestación por ser zonas de mayor accesibilidad para las migraciones andinas, en función de la apertura de nuevas carreteras. Esta población se asienta al borde de ellas con costumbres y culturas diferentes del espacio geográfico que ocupaban y un completo desconocimiento de la ecología amazónica (INRENA, 1996; De Lancie, 2008; MINAM 2009; Arraes, 2010; Gómez *et al.*, 2013). Entre los años 1985 y 1990, el departamento de Amazonas tuvo la mayor tasa de área deforestada (INRENA, 1996), y esta deforestación, en el periodo 2000 y 2011, ha tenido una tendencia variable, con ritmos relativamente bajos. Actualmente, esta deforestación tiende a estabilizarse, aunque con tasas anuales relativamente altas. Esta tendencia está relacionada con una serie de causas vinculadas con la economía política del uso de la tierra y de los bosques (MINAM, 2009; MINAM, 2014).

Según Baccini *et al.*, 2012, en la actualidad la degradación y deforestación de los bosques son responsables del 10% al 25% de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y constituyen una de las principales causas de modificación y pérdida de la biodiversidad, además de la inevitable invasión de especies exóticas y el consecuente aumento de la escorrentía superficial (Fontúrbel, 2007; Gómez *et al.*, 2013; Grinand, 2013; Butt, 2015; Cassol, 2015). El conocimiento consistente de la dinámica de cambios de patrones de cobertura del paisaje en el tiempo, y las interacciones entre las actividades humanas y los fenómenos naturales es fundamental para la gestión sostenible y la protección de los recursos naturales (Shobeiri, 2007; Afify, 2011; Baisch, 2012; Beuchle, 2015; Butt, 2015; Rawat, 2015). Para obtener información sobre la cubierta forestal y su dinámica temporal (deforestación y aumento) se utilizan tecnologías de teledetección, ya que proporcionan una cobertura espacial y temporal amplia, y forman un conjunto de datos consistente y fiable. Una de las ventajas de los sistemas de teledetección (sensores satelitales) es que proporciona una cobertura periódica, en las mismas bandas espectrales, y en condiciones similares de observación. Estas son necesarias para estudios de detección de cambios a escalas globales y regionales (Singh, 1989; Chuvieco, 2002; Shobeiri, 2007; Schjellerup, 2009; Arai *et al.*, 2011; Baisch, 2012; Cassol, 2015).

El conocimiento actual de los cambios de cobertura a escala cartográfica mayor, en el distrito de Florida, es aún limitado. Aunque el Ministerio del Ambiente (MINAM) se ha centrado en evaluar los cambios de cobertura de bosque a no bosque a nivel departamental con imágenes de resolución media. Esta labor se ha realizado sin comprobaciones meticulosas en campo. El área de estudio fue seleccionada porque el bosque primario está siendo sometido a presiones antrópicas para ampliar el área de la frontera ganadera. Asimismo, esta área presenta contaminación y disminución del nivel de agua de la laguna de Pomacochas, aledaña al bosque. Estos factores, junto a la presión hacia los parches de bosques alrededor de la laguna Pomacochas, son las principales preocupaciones que enfrenta el distrito en referencia a los efectos de la deforestación.

Para determinar la detección de cambios y la tasa de deforestación de los periodos 1987-2000, 2000-2013 del distrito de Florida se realizó el procesamiento digital e interpretación visual de imágenes Landsat, complementariamente al trabajo de campo.

El objetivo principal de esta investigación es determinar la extensión de los cambios ocurridos en la cobertura de bosques, durante los periodos 1987-2000 y 2000-2013, en el distrito de Florida mediante técnicas de teledetección.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona de estudio está situada en el norte de Perú, al sureste del departamento de Amazonas, y abarca un área aproximada de 22 240,5 hectáreas. Se ubica entre

las coordenadas 5° 44' 47.3" S, 77° 50' 30.9" O y 5° 53' 24.7" S, 78° 6' 8.3" O, en el datum WGS de 1984 (Figura 1). La altitud promedio del área es de 2200 m s. n. m. Presenta una temperatura media anual de 14 °C, y la precipitación promedio anual es de 3300 mm, con una humedad relativa del 87 %. De acuerdo a la clasificación ecológica de las zonas de vida, el área está situada en su gran mayoría dentro de las formaciones vegetales de bosque húmedo montano bajo tropical, bosque húmedo premontano tropical, bosque seco montano bajo tropical, y bosque seco premontano tropical (INRENA, 1974). La fisiografía se caracteriza por presentar montañas altas con laderas empinadas a laderas extremadamente empinadas, y la geología está dominada por las formaciones chulec, sarayaquillo, y grupo goyllarisquizga y mitu. (IIAP y GRA 2009).

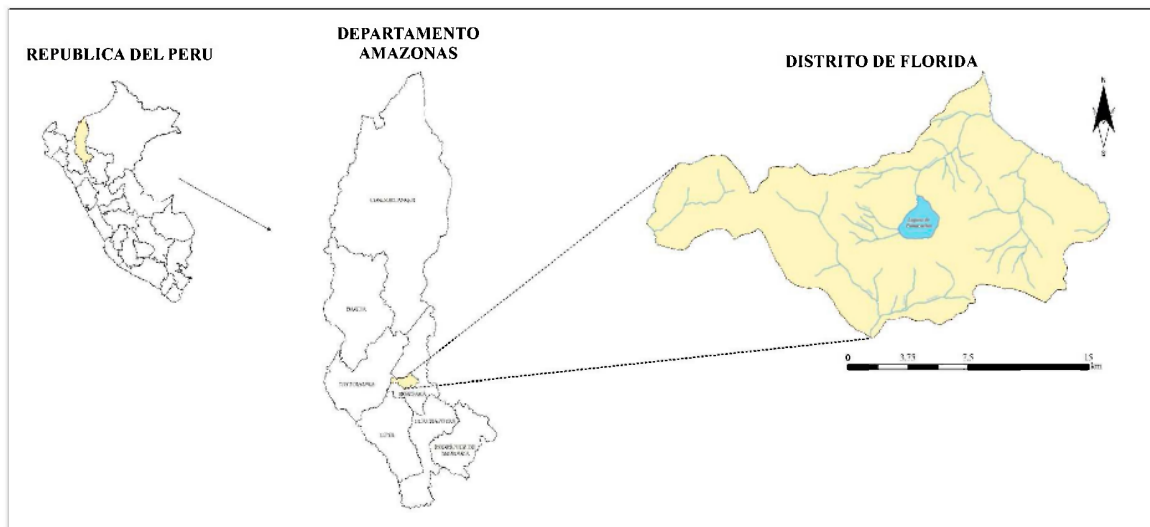


Figura 1. Ubicación y localización del área de estudio, distrito de Florida, departamento Amazonas

Colección de imágenes satelitales y preprocesamiento

Material satelital

La dinámica multitemporal de la deforestación del distrito se analizó a partir de imágenes digitales de mediana resolución (30 x 30 m por pixel) adquiridas del satélite Landsat 5 y 7. Las escenas de agosto de 1987, julio de 2000, y julio de 2013 fueron catalogadas con órbita 96 y punto 6 a partir de los datos (imágenes) Landsat. Los periodos de años estudiados se definieron principalmente por la disponibilidad de las imágenes, marcadas estas por el efecto de la nubosidad y por una intensa deforestación observada en el área de estudio. Las tres imágenes seleccionadas fueron

adquiridas del mes de julio y agosto que corresponde al periodo seco en el área de estudio. Debido a que las imágenes fueron adquiridas en meses cercanos, las variaciones relacionadas al ángulo de elevación solar, azimut y estados fenológicos de la vegetación fueron minimizadas (Singh, 1989; Chuvieco, 2002). Asimismo, estas escenas fueron recortadas de acuerdo al área de trabajo.

Corrección geométrica

Para garantizar una precisa comparación y evaluación temporal en la cobertura de la tierra es imprescindible georreferenciar y ortorectificar las imágenes satelita-

les (Macleod y Congalton, 1998; Chuvieco, 2002; Lu *et al.*, 2005; Grinand *et al.*, 2013). Para la georreferenciación del área de estudio se realizaron recortes de las imágenes del año 1987, 2000 y 2013, utilizando como referencia 43 puntos de control terrestre (GCPs) tomados en campo con un equipo GPS submétrico, y distribuidos de manera homogénea en la imagen (recorte). El error medio cuadrático (RMS) fue de 0,1467 de pixel para las tres imágenes. Para ortorrectificar se utilizó un modelo de elevación digital (MDE) del transbordador ASTER GDEM versión 2 (Tachikawa *et al.*, 2011). Las tres imágenes fueron remuestreadas usando el algoritmo vecino más cercano. Finalmente, las imágenes fueron proyectadas al sistema de coordenadas UTM zona 18S.

Calibración radiométrica

Para realizar las comparaciones temporales y detectar los cambios es imprescindible la conversión de niveles digitales (ND) almacenados en una imagen original, a variables físicas estándar y corrección atmosférica, las cuales se obtienen al evaluar y eliminar las distorsiones que la atmósfera introduce en los valores de radiancia, que llegan al sensor desde la superficie terrestre (Chuvieco, 2002). Para la calibración radiométrica se usó el módulo *Model Maker* del software Erdas Imagine, de tal forma que se realizó primero la conversión de niveles digitales ND a radiancia mediante la fórmula señalada en la Ecuación 1, y posteriormente se calculó la reflectividad (Ecuación 2).

Ecuación 1

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{QCALMAX - QCALMIN} \right)$$

Donde

L_{λ} = Radiancia espectral en la banda de interés

$QCAL$ = El valor cuantizado del píxel o DN

$LMIN_{\lambda}$ = Radiancia espectral correspondiente a $QCALMIN$ en vatios/(metro cuadrado* ster * μm)

$LMAX_{\lambda}$ = Radiancia espectral correspondiente a $QCALMAX$ en vatios/(metro cuadrado* ster * μm)

$QCALMIN$ = Valor mínimo del píxel (correspondiente a $LMIN_{\lambda}$) en DN

$QCALMAX$ = Valor máximo del píxel (correspondiente a $LMAX_{\lambda}$) en DN

Ecuación 2

$$P_p = \frac{\pi * L_{\lambda} * D^2}{ESUN_{\lambda} * \cos(\theta_s)}$$

Donde:

P_p = Reflectividad planetaria (adimensional)

L_{λ} = Radiancia espectral en la entrada del sensor

D = Distancia Tierra-Sol en unidades astronómicas

$ESUN_{\lambda}$ = Irradiación espectral solar exoatmosférica media

θ_s = Ángulo cenital solar en grados sexagesimales

Procesamiento de las imágenes

Se utilizó la clasificación supervisada automática usando el algoritmo de máxima verosimilitud. Para los dos tipos de clasificaciones se definieron siete clases siguiendo la etimología marcada en la tabla 1: bosques, pastos y cultivos, arbustales y herbazales, humedales, cuerpos de agua, zona urbana y áreas quemadas. Después de la interacción de las clases y la clasificación de imágenes, se realizó el cálculo de área para cada clase en cada año analizado.

Todos estos procesos fueron realizados con el software de sistemas de información geográfica ArcGIS versión 10.2 con la ayuda de la extensión Spatial Analyst.

Tabla 1. Clases y usos del suelo utilizadas en la clasificación de las imágenes para los años 1987, 2000 y 2013

Nombre de clase	Descripción
Bosques	Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que cubren grandes áreas terrestres.
Pastos y cultivos	Tierras cubiertas con hierba densa de composición florística, dedicadas a pastoreo permanente y los cultivos abarca terrenos dedicados a la producción materia prima.
Arbustales y herbazales	Los arbustos son plantas perennes, con estructura de tallo leñoso de altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida. Los herbazales son aquellos ecosistemas donde predomina la vegetación herbácea.
Zona pantanosa	Son capas de agua estancada y poco profunda en la cual crece una vegetación acuática como juncos, cañas, etc., que puede llegar a ser muy densa.
Cuerpos de agua	Es una masa o extensión de agua, como un lago, mar u océano que cubre parte de la tierra.
Zona urbana	Son territorios cubiertos por infraestructura urbana, áreas verdes, redes de comunicación asociados con ellas.
Áreas quemadas	Áreas sin vegetación que fueron destruidas por fuego.

III. RESULTADOS

Detección de cambios en la cobertura forestal 1987-2000

Como producto de la metodología aplicada con imágenes de satélite se obtuvieron tres mapas con las coberturas y uso del suelo para 1987, 2000 y 2013, los que representan la base para el análisis de cambios ocurridos por efecto de la deforestación. Tomando

como base el año 1987, se observa que la clase bosque posee una vegetación prácticamente intacta en el distrito, ocupando 16 186,22 ha, que se corresponde al 72,78 % del área de estudio. Para el año 2000, se calculó una pérdida de 3018,54 ha de bosque, lo que representa el 18,65 % de esta extensión inicial, y una tasa de deforestación de 232,2 ha/año (Tabla 2).

Tabla 2. Área de clases identificadas en el distrito de Florida para los años 1987-2000

Clases	Año 1987		Año 2000		Pérdida (-ha) Ganancia (+ha)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Bosques	16 186,36	72,78	13 167,82	59,21	-3018,54
Pastos y cultivos	3644,43	16,39	6468,04	29,37	+2823,61
Arbustales y herbazales	1 783,21	8,02	2028,39	8,83	+245,18
Cuerpos de agua	441,37	1,98	438,66	1,97	-2,71
Zona pantanosa	83,86	0,38	57,44	0,26	-26,42
Zona urbana	35,42	0,16	46,99	0,21	+11,57
Áreas quemadas	65,83	0,3	33,16	0,15	-32,67
TOTAL	22 240,5	100	22 240,5	100	

Detección de cambios en la cobertura forestal 2000-2013

En la Tabla 3, observamos una pérdida de bosque de 253,78 ha para el año 2013, lo que representa el 1,9 %

del total del área de bosque que hubo en el año 2000, y una tasa de deforestación de 19,52 ha/año.

Tabla 3. Área y clases identificadas en el distrito de Florida para los años 2000-2013

Clases	Año 2000		Año 2013		Pérdida(-ha) Ganancia (+ha)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Bosques	13167,82	59,21	12914,04	58,1	-253,78
Pastos y cultivos	6468,04	29,08	7384,15	33,2	916,11
Arbustales y herbazales	2028,39	9,12	1371,26	6,2	-657,13
Cuerpos de agua	438,66	1,972	425,47	1,9	-13,19
Zona pantanosa	66,00	0,297	49,46	0,2	-7,98
Zona urbana	46,99	0,211	96,12	0,4	49,13
Áreas quemadas	33,16	0,149	0	0,0	-33,16
TOTAL	22240,50	100	22240,5	100	

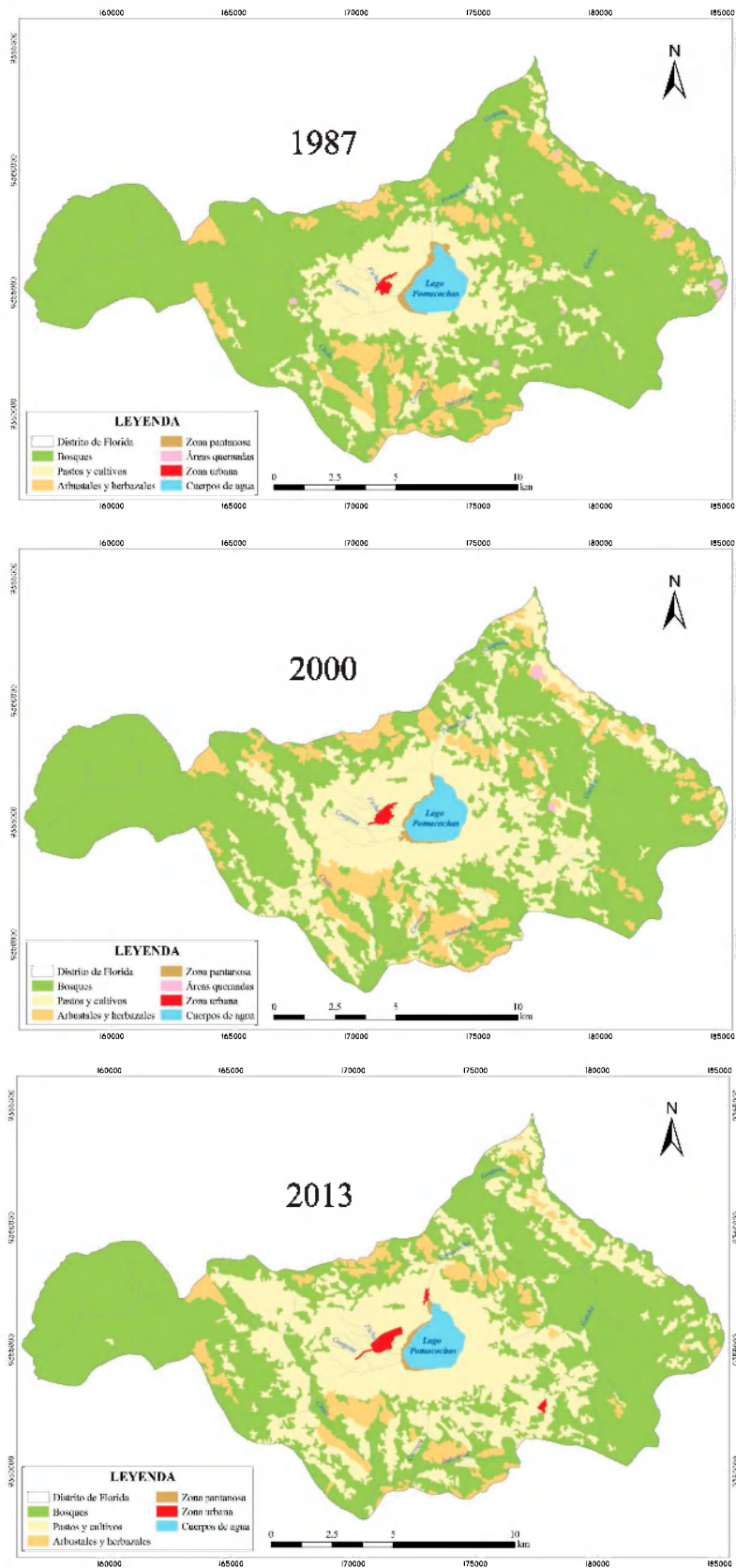


Figura 2. Clasificación de uso y cobertura del suelo del distrito de Florida para los años 1987, 2000 y 2013

IV. DISCUSIÓN

Análisis de detección de cambios en la cobertura forestal 1987-2000

Los resultados encontrados demuestran que hay una gran deforestación de los bosques nativos en el periodo 1987 y 2000, donde las nuevas áreas para establecer pastos y cultivos fueron áreas perdidas (Figura 2). Esta pérdida de cobertura de bosque se corrobora con el aumento de la frontera agrícola (pastos y cultivos) de 3649 ha en el año 1987, a 6538,63 ha para el año 2000 (Tabla 2).

La alta tasa de deforestación en el primer periodo, de 1987 al 2000, se debe al factor social de la migración de cajamarquinos hacia otros departamentos del norte del país. Según INEI (1995), en el censo del año del 1981 y 1993 se reportó la migración de 81 000 a 108 000 personas respectivamente, considerando en estas cifras al departamento de Cajamarca como el líder en emigración de aquella época. Parte de esa migración llegó al departamento de Amazonas en busca de nuevas tierras. Este elemento, junto a la apertura de nuevas carreteras, facilitó la migración por las rutas Celendín-Balsas-Leymebamba-Chachapoyas (MINAM, 2009). Los estudios que corroboran altas tasas de deforestación en el periodo 1987-2000 en el distrito de Florida proceden del Estudio de deforestación del MINAM (2009) en el periodo 1990 y 2000. Amazonas es, por tanto, la que presenta una mayor tasa de deforestación, con el 23,78%, superando a Loreto y Cajamarca. A partir de un periodo semejante 1989-2000, Medina (2013) realizó un estudio de cambio de cobertura en el Área Natural Protegida Cordillera de Colán; este limita con el área de estudio, y se estableció, de igual manera, una alta tasa de deforestación. Asimismo, Reátegui (2010) afirma que en la región sur (distrito de Florida y provincia de Rodríguez de Mendoza) del departamento de Amazonas se detecta una mayor deforestación tanto en los bosques secos como en los húmedos, manteniéndose los bosques de la región norte del departamento, y es que dicha región posee Figuras de protección y conservación a partir del establecimiento de las Comunidades Nativas de Aguarunas y Huambisas, que no dejan penetrar a sus territorios, sumando a estas razones la de la falta de vías de acceso y la topografía de montañas abruptas presentes en esta superficie de terreno.

Análisis de detección de cambios en la cobertura forestal 2000-2013

La baja tasa de deforestación, en el periodo 2000 y 2013, se corresponde con los datos del INEI (2009) que, entre los años 2002 y 2007, determina que los movimientos migratorios se situaron en el estrato comprendido entre 5000 y menos de 10 000 personas. En este rango priman los movimientos entre departamentos y regiones colindantes, con una mayoría de flujos que disminuyen, como ocurre de Cajamarca a Amazonas, que cambia de 10 219 a 7425. Asimismo, Medina (2013) en su estudio del periodo 2000 y 2007, encuentra un valor bajo de 924 ha/año de tasa de deforestación en relación al periodo anterior (1989-2000) de su estudio. Igualmente, en el periodo 2000 y 2009 del estudio del MINAM (2014), se reporta que la tasa de deforestación es baja en relación a otros departamentos con un valor de 6 270 ha/año.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos por el empleo de la teledetección, se concluye que las coberturas de bosque se han alterado significativamente durante los dos periodos. El cambio de cobertura es evidente por la disminución de la superficie de la clase bosque en el año 2000 y 2013 (18,65 % y 1,9 % respectivamente). Se han identificado y zonificado siete clases de coberturas en el distrito de Florida: bosques, pastos y cultivos, arbustales y herbazales, zona pantanosa, cuerpos de agua, zona urbana, áreas quemadas, los cuales permitieron realizar el análisis de detección de cambios.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arraes, C. L., A. M. Rocha, R. A. Moraes, T. C. T. Pissarra, F. M. Rodrigues y M. Zanata. "Estimativa da taxa de desmatamento do município de Bannach, Pará-Amazônia Legal, utilizando imagens Landsat5/TM". *Revista de Ciências Agrárias*, Vol. 33 (2010): 231-243.
- Arai, E., Y. E. Shimabukuro, G. Pereira y N. L. Vijaykumar. "A multi-resolution multi-temporal technique for detecting and mapping deforestation in the Brazilian Amazon rainforest". *Remote Sensing*, Vol. 3 (2011): 1943.

- Afify, H. A. "Evaluation of change detection techniques for monitoring land-cover changes: A case study in new Burg El-Arab area". *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 50 (2011): 187-195.
- Baisch, P. C., R. Franco da Silva y S. L. Barreto. "Determinação do desmatamento através da classificação digital de áreas do Satélite Landsat 5". *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas*, Santa Maria, Vol. 13 (2012): 151-158.
- Butt, A., R. Shabbir, S. S. Ahmad y N. Aziz. "Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan". *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2015.
- Beuchle, R., R. C. Grechi, Y. E. Shimabukuro, R. Seliger, H. D. Eva, E. Sano y F. Achard. "Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach". *Applied Geography*, Vol. 58 (2015): 116-127.
- Cassol, H. L., E. C. Moraes y Y. E. Shimabukuro. "Deteção temporal semiautomática de desmatamento na Floresta Ombrófila Mista via sensoriamento remoto". In: *Simposio brasileiro de sensoriamento remoto (SBSR)*, 2015.
- Chuvieco, E. "La observación de la tierra desde el espacio". *Teledetección ambiental*. Ariel, Madrid. 2002.
- Chuvieco, E., J. Salas, E. Meza y F. Vargas. "Empleo de la teledetección en el análisis de la deforestación tropical: el caso de la reserva forestal de Ticoporo (Venezuela)". *Serie geográfica*, Vol. 10 (2002): 55-76.
- De Lancie, O. "Atravesando la Amazonía: Carreteras, Desarrollo, y el Camino del Desaster". 2008.
- Fontúrbel, F. E. "Evaluación de la pérdida de la cobertura del bosque seco Chaqueño en el municipio de torotoro y en el Parque Nacional Torotoro (Potosí, Bolivia), mediante teledetección". *Ecología Aplicada*, Vol. 6 (2007): 59-66.
- Grinand, C., F. Rakotomalala, V. Gond, R. Vaudry, M. Bernoux y G. Vieilledent. "Estimating deforestation in tropical humid and dry forests in Madagascar from 2000 to 2010 using multi-date Landsat satellite images and the random forests classifier". *Remote Sensing of Environment*, Vol. 139 (2013): 68-80.
- Gómez, I. U. H., E. A. Ellis y C. A. G. Gómez. "Aplicación de teledetección y sistemas de información geográfica para el análisis de deforestación y deterioro de selvas tropicales en la región Uxpanapa, Veracruz". *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 2013: 1-24.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). "Guía Explicativa del Mapa Forestal 1995". Lima, Perú. 1996: 129.
- INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática. "Perú: Migraciones Internas 1993 – 2007". Lima, Perú, 2009.
- INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática. "Migraciones Internas en el Perú. Lima, Perú". 1995.
- IIAP (Instituto de la Amazonia Peruana), GRA (Gobierno Regional Amazonas). "Zonificación ecológica y económica del departamento de Amazonas". Lima, Perú. 2009: 196.
- López Vázquez, V. H. y W. Plata Rocha. "Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000". *Investigaciones geográficas*, Vol. 68 (2009): 85-101.
- Lu, D. y M. Batistella. "Exploring TM image texture and its relationships with biomass estimation in Rondônia, Brazilian Amazon". *Acta Amazonica*, Vol. 35 (2005).
- Mas, J. F., A. Velázquez y S. Couturier. "La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana". *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, Vol. 1 (2009): 249-257.
- Macleod R. S. y R. G. Congalton. "A Quantitative Comparison of Change Detection Algorithms for Monitoring Elegrass from

- Remotely Sensed Data. Photogrammetric and Remote Sensing". *Environmental*, Vol. 64 (1998): 207-216.
- Medina, G. "Dinámica de la deforestación en base a mapas de cobertura de la tierra". En: Análisis histórico de la deforestación en la Cordillera de Colán, Cajamarca, Perú. APECO. 2013.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). "Mapa de deforestación de la Amazonía Peruana 2000". Lima-Perú, 2009: 103.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). "Memoria técnica: Cuantificación de la Cobertura de Bosque y Cambio de Bosque a no Bosque de la Amazonía Peruana. Periodo 2009-2010-2011". Lima-Perú. 2014.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). "Cuantificación de la Cobertura de Bosque y Cambio de Bosque a no Bosque de la Amazonia Peruana. Periodo 2000-2005-2009". Lima-Perú. 2014.
- Piontekowski, V. J., E. A. T. Matricardi, M. A. Pedlowski y L. C. Fernandes. "Avaliação do Desmatamento no Estado de Rondônia entre 2001 e 2011". *Floresta e Ambiente*, Vol. 21 (2014): 297-306.
- Rawat, J. S. y M. Kumar. "Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India". *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2015.
- Reátegui, F. y P. Martínez. "Forestal, informe temático. Proyecto Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas, convenio entre el IIAP y el Gobierno Regional de Amazonas". Iquitos – Perú. 2010.
- Schjellerup, I., C. Espinoza, J. Rollefson, V. Quipuscoa, M. Kamp y V. Peña. "La ceja de Montaña - un paisaje que va desapareciendo. Estudios interdisciplinarios en el noreste de Perú". Editorial GRAFICART. Trujillo-Perú. The National Museum of Denmark, Ethnographic Monographs 3. 2009.
- Shobeiri, S. M., B. Omidvar y N. N. Prahallada. "Digital change detection using remotely sensed data for monitoring green space destruction in Tabriz". 2007.
- Singh, A. "Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data". *International journal of remote sensing*, Vol. 10 (1989): 989-1003.
- Tachikawa, T., M. Hato, M. Kaku y A. Iwasaki. "Characteristics of ASTER GDEM version 2". In *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 2011: 3657-3660.