

Percepción remota en las cuencas hidrográficas de Portoviejo - Chone para el estudio de la deforestación

Remote sensing in the Portoviejo - Chone watersheds for the study of deforestation

Geoconda Aracely López Álava¹, Angel Frowen Cedeño Sacón¹, Ángel Germán Párraga Palacios², Galo Alexander Cedeño García¹, José Lizardo Reyna Bowen¹, Sofia del Rocío Velásquez Cedeño¹

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador.

²Agroazucar Ecuador, Ingenio la Troncal, Ecuador.

Autor de correspondencia: geoconda.lopez@espam.edu.ec

Recibido: 10/04/2023. Aceptado: 14/03/2024

Publicado el 11 de julio de 2024

Resumen

La deforestación es un problema a nivel mundial en las cuencas hidrográficas, provocada por las actividades antrópicas que se han venido desarrollando desde la colonización hasta la actualidad produciendo grandes extensiones de bosques desforestados. El objetivo de esta investigación fue determinar la deforestación por medio de la percepción remota en las cuencas hidrográficas del río Portoviejo – Chone. Se utilizó como herramienta de análisis el sistema de información geográfica y la técnica de teledetección con imágenes satelitales Landsat y Spot con una resolución espacial de 30 metros disponibles para el estudio. Finalmente se obtuvo una tasa de deforestación total de las cuencas desde 1998 hasta 2014 con una superficie de bosque desforestada de 16,55% en los 16 años evaluados. La clasificación de cobertura de usos de suelo de las cuencas, se la realizó utilizando la clasificación supervisada en donde se efectuó la verificación en campo para la identificación de cobertura de suelo y la corroboración en las imágenes satelitales. Posteriormente se determinó que la cobertura vegetal de las cuencas hidrográficas para el periodo 1998–2000 es 332 782 ha, en cambio para el periodo 2000–2008 se obtuvo una superficie de bosque de 241 167 ha, mientras que para el periodo 2008–2014 es de 331 728 ha. Además, se logró obtener una fiabilidad global de la cobertura real y deducida de 61,81% lo que indica que la clasificación de usos de suelo de las cuencas hidrográficas es admisible.

Palabras clave: imágenes satelitales; teledetección; vegetación; georreferenciación.

Abstract

Deforestation is a worldwide problem in watersheds, caused by anthropogenic activities that have been developed since colonization until today, producing large areas of deforested forests. The objective of this research was to determine deforestation through remote sensing in the hydrographic basins of the Portoviejo – Chone River. The geographic information system and the remote sensing technique with Landsat and Spot satellite images with a spatial resolution of 30 meters available for the study were used as an analysis tool. Finally, a total deforestation rate of the basins was obtained from 1998 to 2014 with a deforested forest area of 16,55% in the 16 years evaluated. The land use coverage classification of the basins was carried out using supervised classification where field verification was carried out for the identification of land cover and corroboration in satellite images. Subsequently, it was determined that the vegetation cover of the hydrographic basins for the period 1998–2000 is 332 782 ha, while for the period 2000–2008 a forest area of 241 167 ha was obtained, while for the period 2008–2014 is 331 728 ha. Furthermore, it was possible to obtain an overall reliability of the real and deduced coverage of 61,81%, which indicates that the land use classification of the hydrographic basins is admissible.

Keywords: satellite images; remote sensing; vegetation; georeferencing.

Introducción

Para el mundo tropical y subtropical se ha calculado una deforestación anual de 11,2 millones de hectáreas, para el año 1980 en las cuencas hidrográficas el 0,6 por ciento de la superficie forestal total entonces estimada (1 935 millones de hectáreas, de los cuales 1200 millones de hectáreas de bosque denso). La agricultura itinerante resultó ser el factor directo del 45% de la deforestación, proporción más o menos igual para los bosques húmedos densos y las formaciones abiertas de los trópicos secos, pero muy variable según las grandes regiones (Lanly, 2006).

En el Ecuador, la deforestación es un fenómeno complejo de analizar debido a la multiplicidad de factores que la explican, ya que alrededor del 60% de la superficie es talada cada año a causa de los asentamientos agrícolas. La deforestación puede contribuir al crecimiento económico a corto plazo y al alivio de la pobreza, pero con frecuencia a costa de otros objetivos ambientales y sociales importantes de valorar (Barrantes *et al.*, 2010). No obstante, para el periodo 2005-2009, el gobierno provincial de Manabí (El diario, 2009), propuso un plan de reforestar 44 mil hectáreas, pero hasta mediados del 2008 la reforestación pasaba las 45 000 hectáreas.

Los resultados del trabajo realizado por Escobar (2016) revelan que el uso de imágenes de satélite Landsat es una buena alternativa para evaluar biomasa a nivel regional y los datos pueden ser usados para la cuantificación de gases liberados por los incendios forestales producidos en la región, donde se obtuvieron 3 categorías en el aporte de biomasa por hectárea; aporte bajo <13 toneladas, 23 toneladas aporte medio y 41 toneladas aporte alto. Por su parte, Laurente (2011), utilizando el método de mínima distancia, obtuvo una Exactitud Global de 82% y un Índice de Kappa de 0,79 que indica como bueno la clasificación, después de este proceso, se cuantificaron las áreas que se tuvieron por cada clase en estudio, obteniéndose una tasa de deforestación de 34,8 ha, por año y una pérdida de 521,9 ha, de bosque en 15 años, mientras que los suelos degradados se incrementaron en 720,6 ha, llegando a un total de 1 723,4 ha.

Los sistemas de ingeniería agrícola constituyen conjuntos de técnicas y tecnologías que garantizan la producción agropecuaria. Por lo general, ellos producen determinados impactos al medio ambiente, que tienen consecuencias negativas sobre los recursos naturales produciendo huellas en el territorio. En la actualidad se aplican con éxito tecnologías muy eficaces como la teledetección y, los sistemas de información geográfica para identificar la huella espacial de estos impactos y apoyar las decisiones que ayuden a los directivos a tomar medidas correctivas y prospectivas (Dámaso y Andrés, 2013). El avance de las tecnologías de la información geográfica ha llevado a la puesta de nuevos sensores para observación de la tierra (Ortiz y Pérez, 2009). El objetivo principal de los estudios multitemporales es encontrar una forma de combinar o integrar en el proceso varias imágenes correspondientes

a diferentes fechas, con distintos estados fenológicos en la vegetación, de cara a la obtención de un incremento en la precisión de las clasificaciones (Sacristán, 2006), y deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio (Herrera *et al.*, 2013). De acuerdo al análisis multitemporal de la precordillera andina de la región del Maule, Chile utilizando imágenes satelitales de los años 1989 y 2003, se analizaron las causas probables de la deforestación del bosque nativo presente en estos ecosistemas. El bosque nativo se redujo en un 44%, lo cual se traduce en una tasa de deforestación de 4,1% anual. (Altamirano y Lara, 2010). Gracias a las resoluciones espacial y espectral de estos sensores pasivos, es posible captar diferentes coberturas del suelo, especialmente la vegetación (Polanco, 2012).

El manejo de cuencas también ha cambiado hoy no sólo se refiere al conocimiento, análisis y protección de los recursos hídricos, sino también la capacidad de los suelos, la vegetación, el relieve, el impacto de la población, la infraestructura civil para la producción sustentable de bienes y servicios; de esta forma, las cuencas se convierten en unidades lógicas para la planeación y la gestión de los recursos naturales (Caro, 2014). De acuerdo con los datos obtenidos para el año 2002 entre un 89% y un 92% de la superficie de la cuenca del río Zulia, afluente del río Santa Bárbara, Barinas, Venezuela, con el apoyo de la teledetección y de los sistemas de información geográfica se encontraba intervenida y el avance de la deforestación ocurrió entre 1998 y 2002 a una tasa que se estima fue superior a las 250 ha /año (Peñaloza *et al.*, 2008).

Las tendencias actuales y novedosas en teledetección, cartografía digital y Sistemas de Información Geográfica son una forma útil e importante de ofrecer conocimientos actualizados para el diagnóstico, monitoreo y su aplicación en la gestión e investigación de recursos presentes en los distintos lugares de nuestro país (Rozkiewicz y Zilio, 2010). El empleo de la teledetección en el seguimiento de los procesos de deforestación es una herramienta muy valiosa, ya que proporciona rapidez y precisión en estudio ambientales, que permiten evaluar fácilmente el estado de áreas ecológicamente amenazadas (Carnevale *et al.*, 2007).

La utilización de imágenes de satélite es una herramienta muy poderosa para el estudio y el monitoreo de los fenómenos naturales y antrópicos ocurridos en el sistema superficie terrestre-atmósfera (Gónima *et al.*, 2010). Las imágenes obtenidas por los satélites ofrecen una perspectiva única y particular de la tierra, sus recursos y el impacto humano sobre ella. Los sensores remotos han demostrado ser una importante fuente de información para un gran número de aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión y manejo de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, usos del suelo, localización de bienes raíces, entre otras (Cardozo y Da Silva, 2013).

Materiales y métodos

El presente estudio está orientado a obtener la clasificación de usos de suelo y los cambios ocurridos a través del periodo 1998 – 2014. Estos cambios han sido estimados con la ayuda de imágenes Landsat y Spot, con una cobertura de nubosidad menor a 10% (Path/Row 011/060-061), técnicas de percepción remota, y el uso de Sistema de Información Geográfica.

Recopilación de información

Se basó en una recopilación de los antecedentes relacionados con las aplicaciones de las técnicas del sistema de información geográfica, además se realizó la descripción del área de estudio, que se seleccionó de la carta topográfica (instituto geográfico militar, sistema nacional de información y el instituto espacial ecuatoriano) y las imágenes de satélite del portal de servicio geológico de los Estados Unidos.

Selección y obtención de imágenes

Las imágenes de satélite fueron obtenidas del portal del servicio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey). Se consideraron las imágenes que contenían menor presencia de nubosidad que es problema recurrente en la zona de estudio.

Georreferenciación de datos espaciales

Las imágenes fueron georreferenciadas usando las coordenadas en la proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator (UTM), Datum: WGS 84, Zona 17 Sur, para su integración dentro del entorno sistema de información geográfica.

Elaboración de mosaicos

Se procedió a unir las imágenes satelitales para obtener un solo perfil de toda la cuenca tanto para el periodo 1998 – 2014; y tener una visión completa de toda la zona de estudio.

Clasificación supervisada

Para clasificar las imágenes, se definió previamente la escala de trabajo y las clases de cobertura. Como las imágenes Landsat son imágenes para trabajar a nivel regional y tomando en cuenta el tamaño del píxel de 30 x 30 m. A la imagen del 2008 (Imagen Spot) se le hizo un resampleo de píxel con la ayuda del programa ArcGis, ya que poseía píxeles menores que las imágenes Landsat. La escala de trabajo que se definió fue a 1:80 000 y las coberturas que se identificaron (**tabla 1**) fueron vegetación (bosque húmedo tropical intervención, sin intervención y matorral) áreas agropecuarias (zonas de cultivos y pastizales) cuerpos de agua (ríos, lagunas) otros (población).

Tabla 1. Clasificación de cobertura vegetal utilizada

Clases Informales	Categorías
Vegetación	Bosque húmedo tropical sin intervención
	Bosque húmedo tropical intervención
Áreas Agropecuarias	Matorral
	Zonas de Cultivos, Pastizales
Cuerpos de aguas	Ríos, lagunas, entre otros.
Otros	Población

Índice de vegetación

Conocido como el índice de diferencia normalizada (NDVI), se utilizó para comprobar la eficacia de la clasificación supervisada; considerada como un indicador, el cual, se calculó por medio de una razón matemática entre los valores de los números digitales de las diferentes bandas (valor del píxel en una banda).

$$NDVI = \frac{IRc - R}{IR + R} \quad (1)$$

Dónde:

R e IRc= Reflectancia en la porción roja e infrarroja cercana del espectro electromagnético (Hernández y Parra, 2010).

Cálculo de la tasa de deforestación

La tasa de deforestación se calculó aplicando la fórmula utilizada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1996).

$$t = \left(\frac{S2}{S1} \right)^{1/N} - 1 \quad (2)$$

Dónde:

t = Tasa de cambio

S2 = Superficie en la fecha 2

S1 = Superficie en la fecha 1

= Número de años entre las dos fechas. Esta fórmula fue aplicada en forma general.

Trabajo de campo

Consistió en visitar algunas áreas de las cuencas, con sistema de posicionamiento global (GPS) para obtener puntos de control, así como para identificar áreas pilotos para la caracterización de áreas de modelo de la clasificación digital supervisada.

Matriz de confusión

Se realizó para determinar la concordancia de la clasificación con la realidad observada en el campo, siendo este método

más comúnmente utilizado, ya que dicha matriz contiene información sobre los valores totales o porcentajes de datos observados y estimados para cada característica o propiedad que se clasifique, y a partir de ésta se pueden calcular distintos parámetros que indican la precisión de la clasificación, y a la metodología de Chuvieco (1995), detalla que la estimación de la exactitud alcanzada por el mapa puede realizarse por tres criterios básicos: (i) Comparando el inventario de la clasificación con el obtenido con otras fuentes convencionales plenamente fiables, tales como, estadísticas oficiales, cartografía de detalle; etc., (ii) Estudiando la fiabilidad obtenida al clasificar las áreas de entrenamiento, para comprobar si se ajustan correctamente a las categorías que pretenden definir y (iii) Seleccionando ciertas áreas de verificación para las que se cuenta con la cubierta realmente presente en el suelo.

Resultados y discusión

A partir de la georreferenciación, se elaboraron mosaicos con las imágenes satelitales Spot y Landsat 5, 7, 8 TM 1998 – 2014, y posterior clasificación supervisada se generaron cuatro mapas de suelo, representando cinco usos y cobertura de suelo (Bosque, suelos agropecuarios, cuerpos de agua, población, nubes).

No obstante, la mayor superficie de bosque está entre los años 1998, 2014 (Tabla 2), lo que equivalen el 69,8% para el año 1998 y el 65,5% al 2014 (Figura 1 y 4), en las cuencas del río Portoviejo y Chone lo que demuestra la gran cantidad de los recursos forestal en las áreas de estudios. En cambio, los años 2000 y 2008 tienen una superficie menor que los periodos anteriores, lo que representa un 50,6% para el 2000 y un 48,8% en el 2008 (Figura 3 y 4). Estos resultados se relacionan con la investigación realizada por Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES,

(2009) demostró que la provincia de Manabí, cuenta con 3 258 km de bosques protectores y con 11,2% de bosque natural, además cuenta con un 59% de agua subterránea, y un 9,6% de actividades agrícolas y ganaderas.

De acuerdo con Galicia *et al.* (2014), la percepción remota y los sistemas de información geográfica permiten detectar tres procesos de cambio ambiental que operan en diferentes escalas de espacio y tiempo. El reto de transformar la información espectral en variables biológicas relevantes es clave para detectar patrones de degradación y monitoreo de procesos ecológicos (fenología) y geográficos (usos de suelo), y evaluar las respuestas rápidas e históricas de los ecosistemas a través de la detección en los cambios de cobertura y el NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada).

Además, los años que tienen una mayor representatividad en las áreas agropecuarias (zonas de cultivos, pastizales, entre otros.) es el 2000 con un 19,2% seguido del 2014 con un 18%, no obstante, el periodo 2008 obtuvo el 17,9% de las áreas agropecuaria que se encuentran distribuidas generalmente en las partes bajas de las cuencas, donde lo que más se evidenció mediante los recorridos de campo fueron: cultivos de plátano, maíz, maní, cebolla, y asociaciones de árboles frutales con café, cacao, yuca; pastizales ya que en la cuenca del río Chone la ganadería es una de las principales actividades desarrollada.

Los resultados obtenidos en las áreas agropecuarias que se deben a las actividades económicas que se desarrollan en la cuenca del río Chone, ya que el 66% de la población se dedica a la agricultura, produciendo maíz, cítricos, cacao, café, plátano, banano, yuca, hortaliza, pastos, además de ganado vacuno donde se mueve más la economía, considerándose el mayor hato ganadero del país, produciendo 200 a 300 mil litros de leches diarios (Centro del Agua y Desarrollo Sustentable [CADS] y Escuela Politécnica del Litoral [ESPOL], 2013).

Tabla 2. Base de datos de la cobertura vegetal de las cuencas del río Portoviejo - Chone periodo 1998-2014

	Años	Bosques	Áreas Agropecuarias	Cuerpos de Agua	Población	Nubes
1998	Área ha	332 782	79 216	17 775	20 541	26 347
	%	69,8	16,6	3,7	4,3	5,5
2000	Área ha	241 167	94 291	19 935	36 786	84 495
	%	50,6	19,8	4,2	7,7	17,7
2008	Área ha	232 859	85 565	39 210	25 593	93 498
	%	48,8	17,9	8,2	5,4	19,6
2014	Área ha	311 728	85 747	10 623	20 958	46 393
	%	65,6	18	2,2	4,4	9,8

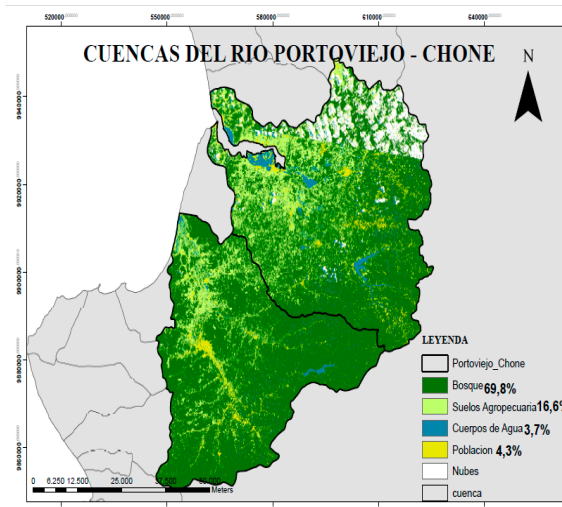


Figura 1. Mapa de cobertura vegetal del año 1998

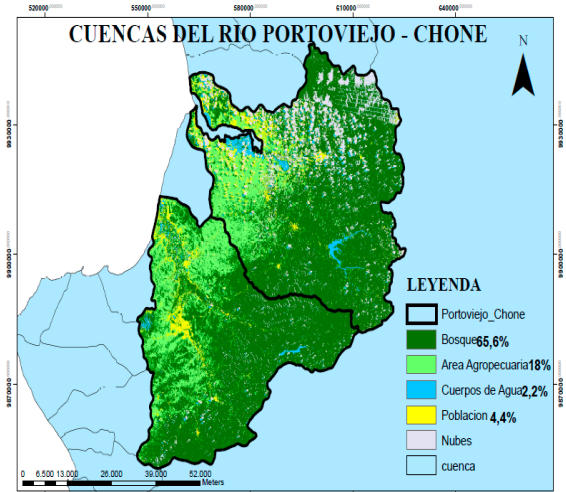


Figura 4. Mapa de cobertura vegetal del año 2014

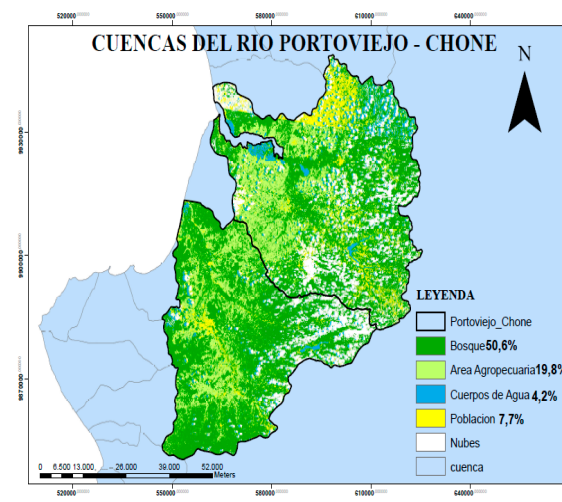


Figura 2. Mapa de cobertura vegetal del año 2000

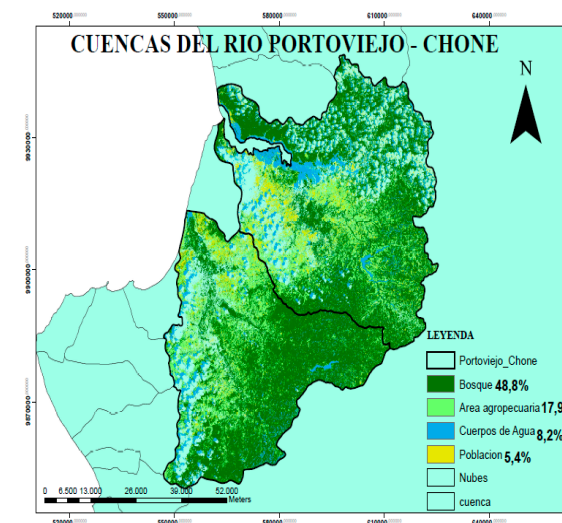


Figura 3. Mapa de cobertura vegetal del año 2008

El cambio que se registra para las cuencas del río Portoviejo y Chone para los años 1998–2014, se detallan en el Tabla 4. Para su análisis se procedió a unir las dos categorías que se detallan en la clasificación.

En el Tabla 3, se identifica el decrecimiento y el incremento de las distintas categorías de uso del suelo de las cuencas del río Portoviejo – Chone que han incidido en el deterioro de la cobertura forestal. El más alto cambio de cobertura fue en el periodo 1998–2000 que indica que en estos dos años hubo un decrecimiento de cobertura de 91 615 ha, y para el periodo 2000–2008 el decrecimiento es de 8 308 ha, estos decrecimientos se han dado por la conversión de bosque a áreas de cultivos, pastizales, debido que la economía de las áreas de estudio se basa principalmente en actividades agropecuarias. Para el periodo 2008–2014 se observa un crecimiento de cobertura de 78 869 ha en seis años, lo que se ha dado por los planes de reforestación que ha ejecutado el Gobierno provincial de Manabí (El diario, 2009).

La tasa de deforestación del bosque (Tabla 4), para el periodo 1998 – 2000 el cambio de cobertura forestal fue 91 615 ha y una tasa de deforestación – 14,8%; a diferencia del periodo 2000 – 2008 que la tasa de deforestación es de – 0,45% y el cambio de cobertura forestal fue 8 308 ha, lo que indica que para este año la pérdida de la cobertura forestal fue menor que de los demás periodos evaluados, esta decreciente de cobertura de bosques se relaciona con los planes de reforestación que el Gobierno Provincial de Manabí desarrollo en el año 2005 hasta la actualidad. De acuerdo con los resultados obtenidos por Cartaya y Zurita (2015) indican que la tasa de cambio para el 2008, fue de -0,43% y la deforestación total anual es 1 015,00 ha/año, ya que el uso de tierra es principalmente agrícola en el centro norte de la provincia de Manabí. En cambio, los resultados obtenidos en el periodo 2008–2014 la tasa de deforestación es de 1,3%; lo que se encuentra relacionada a causas directas como la explotación forestal, ampliación de la frontera agrícolas, la

formación de pastizales, cultivos, vialidad, entre otras actividades.

Tabla 3. Cambio que representan las categorías entre los diferentes años

Cobertura	Bosques	Áreas Agropecuarias	Cuerpos de Agua	Población	Nubes	Total
1998 ha	332 782	79 216	17 775	20 541	26 347	476 661
2000 ha	241 167	94 291	19 935	36 786	84 495	476 674
Cambios ha	-91 615	+15 075	+2 160	+16 245	+58 148	
Cambio/año ha	45 808	7 538	1 080	8 123	29 074	
2000 ha	241 167	94 291	19 935	36 786	84 495	476 674
2008 ha	232 859	85 565	39 210	25 593	93 498	476 725
Cambios ha	-8308	-8 726	+19 275	-11 193	+9 003	
Cambio/año ha	1 039	1 091	2 409	1 399	1 125	
2008 ha	232 859	85 565	39 210	25 593	93 498	476 725
2014 ha	311 728	85 747	10 623	20 958	46 393	475 449
Cambios ha	+78 869	+182	-28 587	-4 635	-47 105	
Cambio/año ha	13 145	30	4 765	773	7 851	

- : decrecimiento de cobertura.

+: Crecimiento de cobertura.

Tabla 4. Tasa de deforestación de las cuencas hidrográficas del río Portoviejo y Chone en el periodo 1998-2014

Descripción	1998	2000	Cambio ha	Tasa Cambio	Tasa deforestación %
	332 782 ha	241 167 ha	-91 615	-0.148	-14.8
	2000	2008	Cambio ha	Tasa Cambio	Tasa deforestación %
Bosque	241 167 ha	232 859 ha	-8 308	-0.0045	-0.45
	2008	2014	Cambio ha	Tasa Cambio	Tasa deforestación %
	232 859 ha	311 728 ha	+78 869	-0.0130	-1.3

ha: Hectárea.

Con el fin de cuantificar la fiabilidad del método de clasificación supervisada de mínima distancia se elaboró la matriz de confusión (Tabla 5) con los puntos verificados en campo, la cual la conformó una muestra representativa de las dos cuencas, para este caso se escogió la parroquia Quiroga por su accesibilidad en verificar los puntos tomados al azar de la clasificación supervisada realizada a la imagen 2014 fue validada mediante una matriz de confusión, elaboradas a partir de la tabulación cruzada de la información generadas por la clasificación inicial y el muestreo de campo (Chuvieco, 1995; Laurente, 2011).

La diagonal de esta matriz expresa el número de puntos de verificación en donde se produce el acuerdo entre las dos fuentes (mapa y realidad), y las columnas se ocupan por las clases de referencia (terreno) y las filas por las categorías deducidas en la clasificación. La fiabilidad global está sobre el 61,81%, lo que se considera aceptable para este tipo de imágenes y de acuerdo con la metodología de Chuvieco (1995), y a los resultados obtenidos por Laurente (2011) en donde obtuvieron una fiabilidad global de 64% lo que es aceptables para problemas de deforestación.

Tabla 5. Matriz de Confusión

Clasificación	Datos de referencia de la parroquia Quiroga					
	Bosque	Suelos agropecuarios	Cuerpos de agua	Población	Nubes	TOTAL
Bosque	58	0	0	0	0	58
Suelos agropecuarios	38	10	0	0	0	48
Cuerpo de Agua	0	4	0	0	0	4
Población	0	0	0	0	0	0
Nubes	0	0	0	0	0	0
$((58+10)/110)*100= 61,81\%$						Total 110

Conclusiones

La integración de la percepción remota proporcione información valiosa sobre el análisis de deforestación asociada al crecimiento de las actividades antropogénicas en contra de la cobertura forestal natural existente en las cuencas del río Portoviejo – Chone, durante el año 1998 -2014.

Dentro de la clasificación supervisada se generó cinco usos y cobertura de suelo (Bosque, suelos agropecuarios, cuerpos de agua, población, nubes). Donde se evidencio que la mayor superficie de bosque está entre los años 1998 y 2014 con el 69,8% y 65,5%, a diferencia de los años 2000 y 2008 que obtuvieron el 50,6% y 48,8% de superficie de bosque. También se pudo evidenciar que las actividades agrícolas han jugado un rol preponderante dentro de las cuencas del río Portoviejo y Chone en los últimos años, presentando un incremento de áreas agropecuaria para el año 2000 de 19,2% y 18% para el año 2014, seguido del 2008 con un 17,8%; actividad que se realizan en su gran mayoría en la parte bajas de las cuencas.

Además, se identificó el decrecimiento y el incremento de las distintas categorías de usos de suelo, donde la cobertura de bosque obtuvo un decrecimiento de cobertura de cambio de 91 615 ha para el periodo 1998-2000 con una tasa de deforestación de -14,8%, sin embargo para el periodo 2000-2008 la tasa de deforestación fue de 0,45% de pérdida de cobertura de bosque; en cambio para el periodo 2008-2014 se obtuvo un crecimiento con una tasa de deforestación de -1,3% de cobertura de bosque con un cambio de 78 869 ha.

La matriz de confusión permitió verificar un listado de puntos de la cobertura real y de la deducida por la clasificación, de esta matriz se obtuvo el 61,81% de fiabilidad global lo que indica que la clasificación que se hizo es aceptable.

Referencias bibliográficas

- Altamirano, A. y Lara, A. (2010). Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. *Bosque* 31(1). 53-64. <https://www.scielo.cl/pdf/bosque/v31n1/art07.pdf>
- Barrantes, G., Chaves, H. y Vinuesa, M. (2010). *El bosque en el Ecuador; Una visión transformada para el desarrollo y la conservación*. <http://comafors.org/wp-content/uploads/2010/05/El-Bosque-en-el-Ecuador.pdf>.
- Cardozo, O. y Da Silva, C. (2013). Aplicaciones urbanas de los sensores remotos. Resúmenes. *Revista Geográfica Digital*. 10(20), 1-6. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/geo/article/view/2210/1934>
- Carnevale, N. J., Alzugaray, C. y Di Leo, N. (2007). Estudio de la deforestación en la Cuña Boscosa santafesina mediante teledetección espacial. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, (14), 47-56. <https://www.redalyc.org/pdf/481/48101405.pdf>
- Caro Becerra, J. L., (2014). Ordenamiento Urbano y Territorial visto desde el manejo de cuencas a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG) en la Cuenca El Ahogado, Jalisco. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 21(1), 55-65. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10429976007.pdf>
- Cartaya, S y Zurita, S. 2015. Determinación de la deforestación total y la tasa porcentual de cambio en la Reserva Natural de Pacoche y una Zona no protegida en el centro-norte de Manabí. *Revista La Técnica*. 14 Pp. 17-79. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/584/452>
- Cartaya Ríos, S., & Zurita Alfaro, S. (2015). Determinación de la deforestación total y la tasa porcentual de cambio en la Reserva Natural de Pacoche y una zona no protegida en el centro-norte de Manabí: Determination of the total deforestation and the percentage of change in the Pacoche Natural Reserve and an unprotected zone in the north central area of Manabí. *La Técnica. Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, (14), 72–79. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i14.584
- Centro del Agua y Desarrollo Sustentable [CADS] y Escuela Politécnica del Litoral [ESPOL], 2013. *Análisis de vulnerabilidad del cantón Chone. Perfil territorial 2013*. Digital Center, Primera edición. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56772.pdf>
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*.

- (3ª ed., pp. 430) Editorial Rialp, S.A, https://www.u-cursos.cl/forestal/2011/1/EF016/1/material_docente/bajar?id_material=487457
- Escobar, R. (2016). *Estimación de la biomasa forestal de la sierra san miguelito por medio de imágenes de satélite*. [Tesis de Posgrado, Instituto Potosino de investigación científica y tecnológica, A.C]. <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/bitstream/handle/11627/3013/TMIPICYTE8E72016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Galicia, L., Cuevas Fernández, M. L., González Ramírez, L. M., & Couturier, S. (2014). Detección de cambio ambiental en selvas y bosques de México con percepción remota: un enfoque multiescalar de espacio y tiempo. *Interciencia*, 39(6), 368-374. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33931213002>
- El diario, Grupo Ediasa S. A. (2009). La reforestación de Manabí es una necesidad prioritaria. *El diario Ecuador*. <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/116123-la-reforestacion-de-manabi-es-una-necesidad-prioritaria/>
- Gónima, L., Ruiz, L. y González, M. (2010). Desarrollo de una metodología sencilla para la georreferenciación y medición de distancias a partir de imágenes de satélite sistemáticamente georreferenciadas. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(1), 7-23. <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v39n1/v39n1a01.pdf>
- Laurente, M. Á. (2014). Medición de la deforestación mediante percepción remota en la microcuenca río Supte, Tingo María – Perú. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (11), 1–15. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/227>
- Lanly, J. (2006). *Los factores de la deforestación y de la degradación de los bosques*. XII Congreso Forestal Mundial, Boletín del XII Congreso Forestal Mundial Publicado por el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD). Ed. Negociaciones de la Tierra. <https://www.fao.org/4/XII/MS12A-S.htm>
- Norambuena, H. y Orellana, D. (2012). Determinants of deforestation in the Amazon. *Revista interamericana de ambiente y turismo*. 8(1), 17-25. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4052088>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1996). *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes*.
- Ortiz, N. y Pérez, U. (2009). Imágenes áster en la discriminación de áreas de uso agrícola en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 62 (1), 4923-4935. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a18v62n1.pdf>
- Parra M., A. y Hernández T., F. L. (2010). Identificación Y Delimitación De Humedales Lénticos En El Valle Alto Del Río Cauca Mediante El Procesamiento Digital De Imágenes De Satélite. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (9), 77-88. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231116434010>
- Peñaloza, R., González, J., Guerra, F., y Gómez, H. (2008). La Deforestación En La Cuenca Del Río Zulia, Barinas, Venezuela. Análisis Preliminar Utilizando Sig. *Geoenseñanza*, 13(1), 71-82. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36014579007>
- Polanco, J. (2012). Teledetección de la vegetación del páramo de belmira con imágenes Landsat. *Dyna*, 171, 1-11. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v79n171/a28v79n171.pdf>
- Ponvert Delisles, D. y Lau Quan, A. (2013). Uso de las imágenes de satélites y los SIG en el campo de la Ingeniería Agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4), 75-80. <https://www.redalyc.org/pdf/932/93231386013.pdf>
- Rozkiewicz, F., y Zilio, A. 2010. Cambios en el uso del suelo de las tierras del ingenio Las Palmas, provincia de Chaco, en los años 1987 y 2001. *Geograficando*, 6(6), 223-239. https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4751/pr.4751.pdf
- Ruiz, V., Savé, R., y Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Ecosistemas*, 22(3), 117-123. <https://www.redalyc.org/pdf/540/54029508016.pdf>
- Sacristán, F. (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura, AquaTIC*, (24), 13-41. Universidad Complutense de Madrid http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/24_02.pdf
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). (2009). *La planificación: Un instrumento para consolidar la regionalización*. <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/La-Planificaci%C3%B3n.pdf>

