



CAMBIO TEMPOROESPACIAL DE LA CUBIERTA VEGETAL DE LA RESERVA ECOLÓGICA MACHE-CHINDUL, ECUADOR

Temporary and spatial change of the vegetable cover of the ecological reserve
Mache-Chindul, Ecuador

José Muñoz, Marcelo Andrade, Betty González & Luis Simba

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

*Autor correspondiente/corresponding author: Correo electrónico/E-mail: jsmunoz@uteq.edu.ec

RESUMEN

La Reserva Ecológica Mache-Chindul (REMACH) es una de las 33 áreas naturales que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), administrada por el Estado ecuatoriano a través del Ministerio del Ambiente (MAE). En esta región, se protege uno de los pocos remanentes del bosque húmedo y seco tropical de la zona litoral norte del Ecuador que incluye especies endémicas de flora y fauna, muchas de las cuales están en peligro de extinción. La presente investigación permitió identificar el área de degradación o intervención del Bosque Natural dentro del área en estudio así como su nivel de fragmentación durante el periodo de 1998-2012. Se contó con información in situ de imágenes satelitales LANDSAT 7 ETM (resolución espacial 30 m por pixel), aplicando una composición de pseudocolor (RGB-431), que se inscribe como parte de la clasificación no supervisada de imágenes de satélite para destacar la vegetación existente con la aplicación del programa de sistemas de información geográfica ArcGis 9.3. La REMACH posee una superficie de 53.662,00 ha, que equivale al 44,7% de área total, el 23,10 % corresponde a regeneración o recuperación del bosque natural con una superficie de 27.707 ha; el bosque natural ha sufrido varias intervenciones, siendo las más afectadas el área periférica y el extremo sur de la reserva. La fragmentación ha sido de 38.632 ha equivalente al 32,20% del área total de la reserva, en la categoría de pasto cultivado producto del aumento de la frontera agrícola y a la disminución de la cobertura de bosque natural debido a la extracción ilegal de la madera, además, la presión que ejercen las empresas madereras y los frentes de colonización, referente al índice poblacional, este ha decrecido de 5,71 a 5,39 hab/km²

Palabras claves: Cobertura vegetal, imágenes satelitales, percepción remota, composición de imágenes, SIG

ABSTRACT

The Mache-Chindul Ecological Reserve (REMACH) is one of the 33 natural areas that make up the National System of Protected Areas (SNAP), administered by the Ecuadorian State through the Ministry of the Environment (MAE). In this region, one of the few remnants of the tropical dry and humid forest of the northern coastal zone of Ecuador is protected, which includes endemic species of flora and fauna, many of which are in danger of extinction. The present investigation allowed to identify the area of degradation or intervention of the Natural Forest within the area under study as well as its level of fragmentation during the period of 1998-2012. It counted on in situ information of satellite images LANDSAT 7 ETM (spatial resolution 30 m per pixel), Applying a pseudocolor composition (RGB-431), which is inscribed as part of the unsupervised classification of satellite images to highlight the existing vegetation with the application of the ArcGis 9.3 geographic information system program. The REMACH has a surface of 53,662.00 ha, corresponding to 44.7% of the total area, 23.10% corresponds to regeneration or recovery of the natural forest with an area of 27,707 hectares; The natural forest has suffered several interventions, the most affected being the peripheral area and the southern end of the reserve, the fragmentation has been 38,632 ha equivalent to 32.20% of the total area of the reserve, in the category of cultivated pasture The increase of the agricultural frontier and the reduction of the natural forest cover resulting from the illegal extraction of the wood, in addition, the pressure exerted by the logging companies and the fronts of colonization, referring to the population index east has decreased from 5.71 to 5.39 hab / km²

Keywords: vegetation cover, satellite images, remote sensing, image composition, GIS

INTRODUCCIÓN

Conservar y utilizar de forma sustentable la diversidad biológica y cultural permite el mejoramiento de la calidad de vida de la población, por lo cual es prioritario asegurar la existencia, integridad y funcionalidad de los componentes de la biodiversidad (ecosistemas, especies y genes) a través del fortalecimiento y consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. En las áreas protegidas no se debería dar la conversión de los hábitats naturales, es la causa más grande de pérdida de diversidad biológica, funciones ecológicas y alteraciones del ciclo hidrológico, el balance entre hábitat y paisaje humano podría determinar el futuro éxito de la conservación de la diversidad biológica en grandes áreas del planeta, por lo que es importante mapear y cuantificar el grado de conversión humana del hábitat natural al perturbado o dominado por el hombre (MAE 2015).

Toda el área de la reserva y su zona de influencia no es apta para el uso agrícola, debido a las diferentes clases de suelo identificadas (V, VI, VII).

No obstante, mediante el empleo de tecnologías agro ecológicas podrían estos suelos ser incorporados a la actividad agrícola, con algún margen de rentabilidad.

Según Segarra et al. (2003), los remanentes de bosque natural existentes en la región de su estudio, dentro de la cual se encuentra la Reserva Ecológica Mache Chindul, cubren un área aproximada de 154.537 ha, es decir, apenas el 17% del área de estudio. La destrucción de estos pocos remanentes de bosque se ha acelerado en los últimos años por varias razones como la apertura de la carretera pavimentada entre Pedernales y Muisne. La Reserva Ecológica Mache-Chindul (REMACH) es una de las 33 áreas naturales que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), administrada por el Estado ecuatoriano a través del Ministerio del Ambiente (MAE), cubre una extensión de 120.002,00 ha, en esta se protege uno de los pocos remanentes del bosque húmedo y seco tropical del Ecuador, así como una alta diversidad de especies endémicas de flora y fauna, muchas en peligro de extinción.

El objetivo de este estudio es cartografiar la degradación y fragmentación del bosque natural y de los hábitats existentes en la REMACH, para a partir de ellos conocer los diferentes tipos de problemas del ecosistema, como la reducción del hábitat para las especies ocasionados por factores humanos, ampliación de la frontera agrícola, explotación irracional del bosque natural, eliminación de la flora y fauna endémica; factores que permitieron discutir alternativas de solución para las áreas intervenidas dentro de la reserva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La REMACH, es una de las 33 áreas naturales que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), administrado por el Estado ecuatoriano a través del Ministerio del Ambiente (MAE). Cubre una extensión de 120.002 ha entre los cantones Quinindé, Atacames, Esmeraldas y Muisne, en la provincia de Esmeraldas; y el cantón Pedernales en la provincia de Manabí. La REMACH se extiende desde los 200 msn en el sector occidental, hasta cerca de los 800 msn en las colinas orientales. En esta región, la REMACH protege uno de los pocos remanentes de bosques húmedos y secos tropicales del Ecuador, así como una gran variedad de especies endémicas de flora y fauna, muchas de las cuales en peligro de extinción. Este es el espacio de vida de poblaciones ancestrales de la nacionalidad Chachi, pueblo afroecuatoriano y colonos provenientes de las provincias de Manabí, Loja y Los Ríos. La recopilación de imágenes Landsat 7 ETM de la reserva ecológica REMACH, ubicada entre las provincias de Esmeraldas y Manabí se la obtuvo a través del Instituto Espacial Ecuatoriano. Las principales características de las imágenes son: Referencia espacial: WGS84 UTM Zona 17N; Tamaño del pixel (m): 30 x 30; Formato: Geotiff; Número de bandas (6): 1, 2, 3, 4, 5, 7

Mapas individuales de distintas coberturas por años

El procesamiento de las imágenes Landsat 7 ETM se lo realizó en el programa de Sistemas de Información Geográfica ArcGis versión 9.3 y la extensión Er Mapper del programa ERDAS. El proceso empleado para determinar las coberturas del suelo de acuerdo a los años de interés en la REMACH se explica a continuación. Las imágenes Landsat 7 ETM del área de estudio correspondientes a los años 2002, 2005, 2008 y 2012 ortorectificadas y con eliminaciones de distorsiones atmosféricas fueron tratadas con la extensión ER Mapper que permitió realizar una composición de bandas en la combinación 431 (RGB) logrando discriminar patrones homogéneos de coberturas del suelo, entre ellas la cobertura vegetal y otras categorías según la condición de las diferentes imágenes de satélite en donde se incluyó área de nubes, sombras de nubes y bandeamiento de las imágenes de satélite. Seguidamente para establecer los sitios de entrenamiento se partió del inventario cartográfico del proyecto INFOPLAN del Ministerio de Agricultura y Ganadería que incluyó áreas de camaronearas, bosque natural, pasto cultivado y vegetación arbustiva, aplicando finalmente la clasificación supervisada de la REMACH mediante el método de Mínima Distancia. Los usos del suelo obtenidos fueron validados mediante la aplicación de la matriz de confusión.

Cabe destacar que de manera complementaria se tomaron puntos de control en campo, los que se utilizaron para contrastar con imágenes satelitales previamente seleccionadas, para de esta forma establecer en la REMACH los cambios de la cobertura vegetal y niveles de fragmentación del bosque natural. Las técnicas de teledetección tienen muchas ventajas sobre otras técnicas de información basadas solo en trabajo de campo o en el ámbito de los sistemas de información geográfica. A un bajo costo económico se destaca un alcance global de la superficie de la tierra, adquisición de información en zonas no visibles del espectro electromagnético, uso de diferentes escalas de trabajo, alta frecuencia e información homogénea y datos históricos (Chuvieco 2008).

Mapa de permanencia del bosque natural

El análisis del cambio multitemporal de la cobertura vegetal se lo realizó a través del programa ArcGis 9.3 y su aplicación ArcMap, obteniendo el mapa de fragmentación de la vegetación natural, proceso que se explica a continuación. Una vez definidos los usos del suelo en el área de estudio producto de la clasificación supervisada de las imágenes de satélite se reclasificaron los valores de los píxeles de las matrices de cada una de las cuatro imágenes de satélite (años 2002, 2005, 2008, y 2012) considerando el trabajo reclasificación de capas digitales de información en un entorno SIG realizado por (Muñoz et al. 2014), para posteriormente aplicar el álgebra de mapas (Andrade, 2014) con el cálculo matemático de adición con ayuda de la función raster calculator que simplifica la coincidencia espacial que existe entre las coberturas para los años en estudio, derivando en una matriz raster con una gradiente adimensional de entre 1 a 4, en donde las áreas con valor 4 corresponderían a sectores boscosos de la REMACH que no han sufrido intervención en el tiempo mientras que las áreas con valores menores indican un grado de intervención de las cubiertas boscosas a través del tiempo, de tal manera que las áreas con valores de 1 y 2 se consideran intervenidas mientras que las de valor 3 corresponden a área de regeneración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios en la cobertura vegetal

En la Fig. 1, se muestran las coberturas vegetales existentes en la Reserva Ecológica Mache-Chindul para el año 2002. La superficie de bosque natural es de 48.046 ha, que representan el 40 % del área total de la reserva. La cobertura de vegetación arbustiva con una superficie de 47.263 ha que representa el 39,4 % del área total de la reserva y, finalmente, la cobertura de pasto cultivado con una superficie de 9.550 ha que representan el 8 % del área total de la reserva.

En la Fig. 2, claridades muestran las coberturas vegetales existentes en la Reserva Ecológica Mache-Chindul para el año 2005. La superficie de bosque natural es de 49.895 ha que representan el 41,6 % del área total de la reserva; la cobertura de vegetación arbustiva con una superficie de 17.194 ha que representa el 14,3 % del área total de la reserva y, finalmente, la cobertura de pasto cultivado con una superficie de 27.299 ha que representan el 22,7 % del área total de la reserva.

En la Fig. 3, se muestran las coberturas vegetales existentes en la Reserva Ecológica Mache-Chindul para el año 2010. La superficie de bosque natural es de 37.772 ha que representa el 31,5 % del área total de la reserva; la superficie de vegetación arbustiva con 17.016 ha que representa el 14,2 % del área total de la reserva y, finalmente, la cobertura de pasto cultivado con una superficie de 43.635 ha que representan el 36,4 % del área total de la reserva.

En la Fig. 4, se muestran las coberturas vegetales existentes en la Reserva Ecológica Mache-Chindul para el año 2012. La superficie de bosque natural es de 38.342 ha que representa el 32 % del área total de la reserva. La superficie de vegetación arbustiva con 28.284 ha que representa el 23,6 % del área total de la reserva y, finalmente, la superficie de pasto cultivado con 30.169 ha que representan el 25,1 % del área total de la reserva. Esta fragmentación es similar a los resultados obtenidos en estudio realizado en el Parque Nacional Yacambú en Venezuela, con una superficie del 20 % del área total de la REMACH perdió 508,51 has de la superficie ocupada por coberturas naturales y ganó 475,29 ha dedicadas a la actividad agrícola. El área total de cambios registrada fue de 3,88 %, esta pérdida es alentadora en comparación con los obtenidos en otros parques venezolanos como el Juan Pablo Peñalosa y el Morrocoy donde el cambio de la superficie fue del 16 % al 9 % respectivamente (Molina & Anderson, 2013).

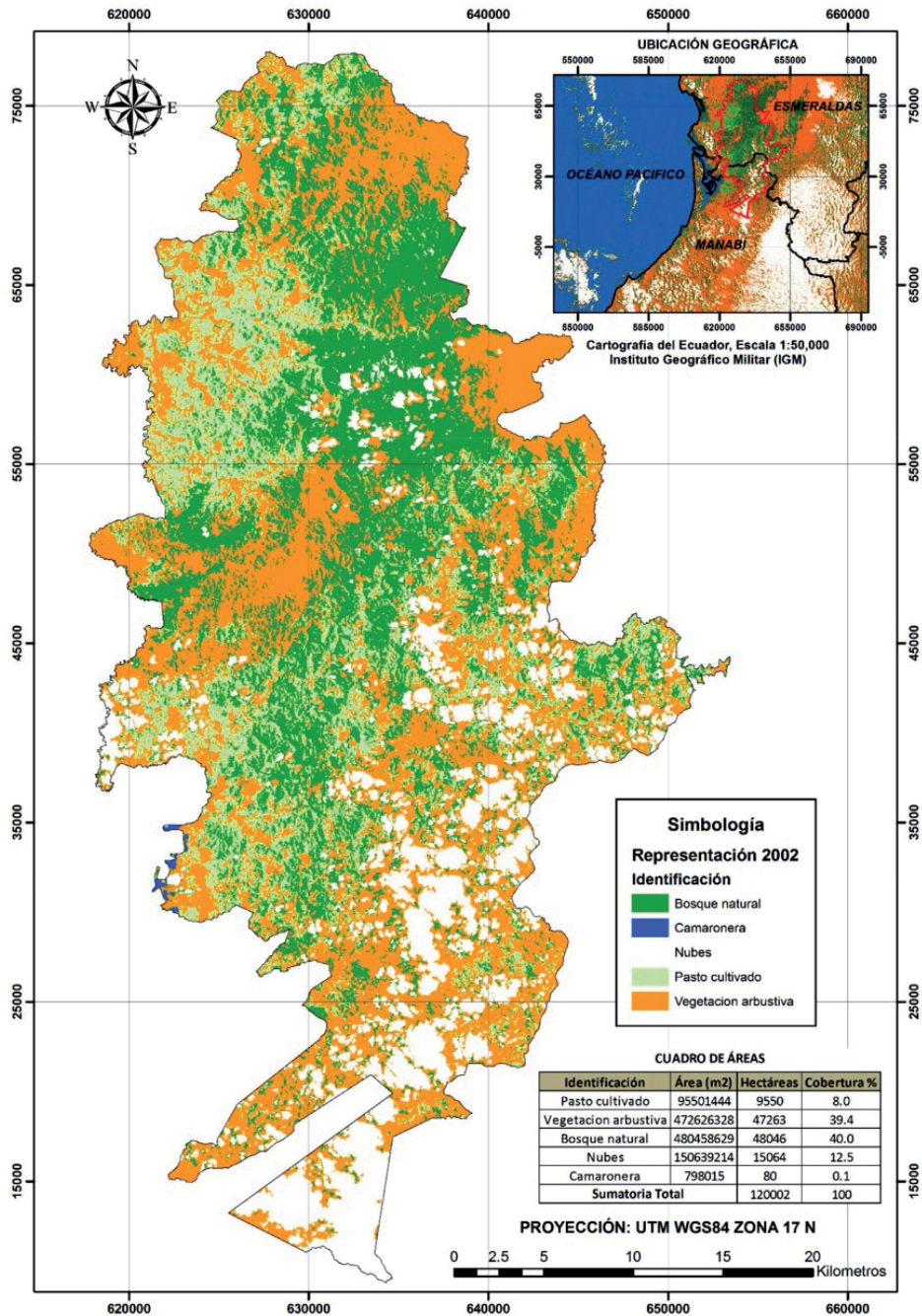


FIGURA 1. COBERTURA VEGETAL DE LA REMACH. ECUADOR, 2002.

Plant cover of the REMACH. Ecuador, 2002.

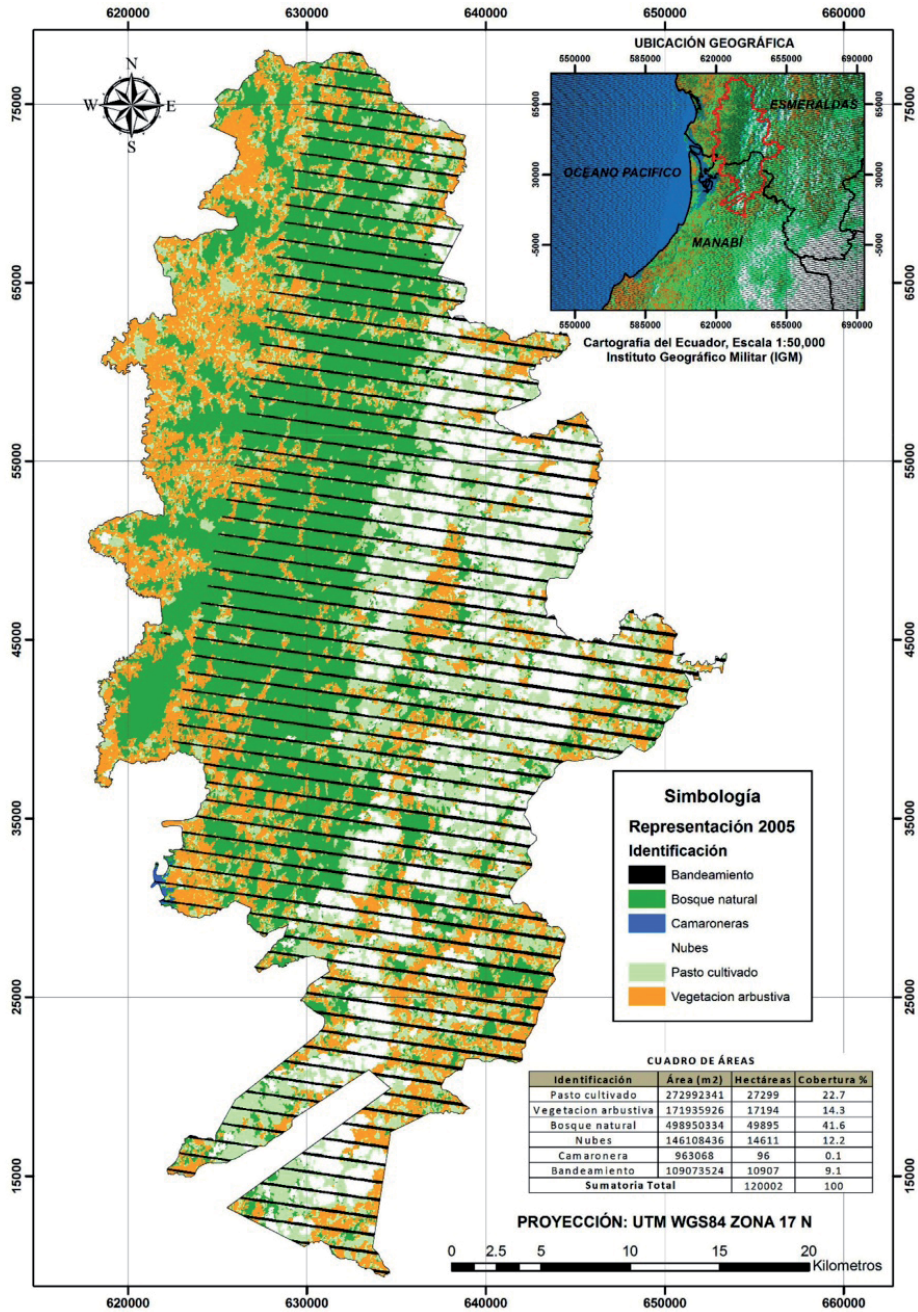


FIGURA 2. COBERTURA VEGETAL DE LA REMACH. ECUADOR, 2005.

Plant cover of the REMACH. Ecuador, 2005.

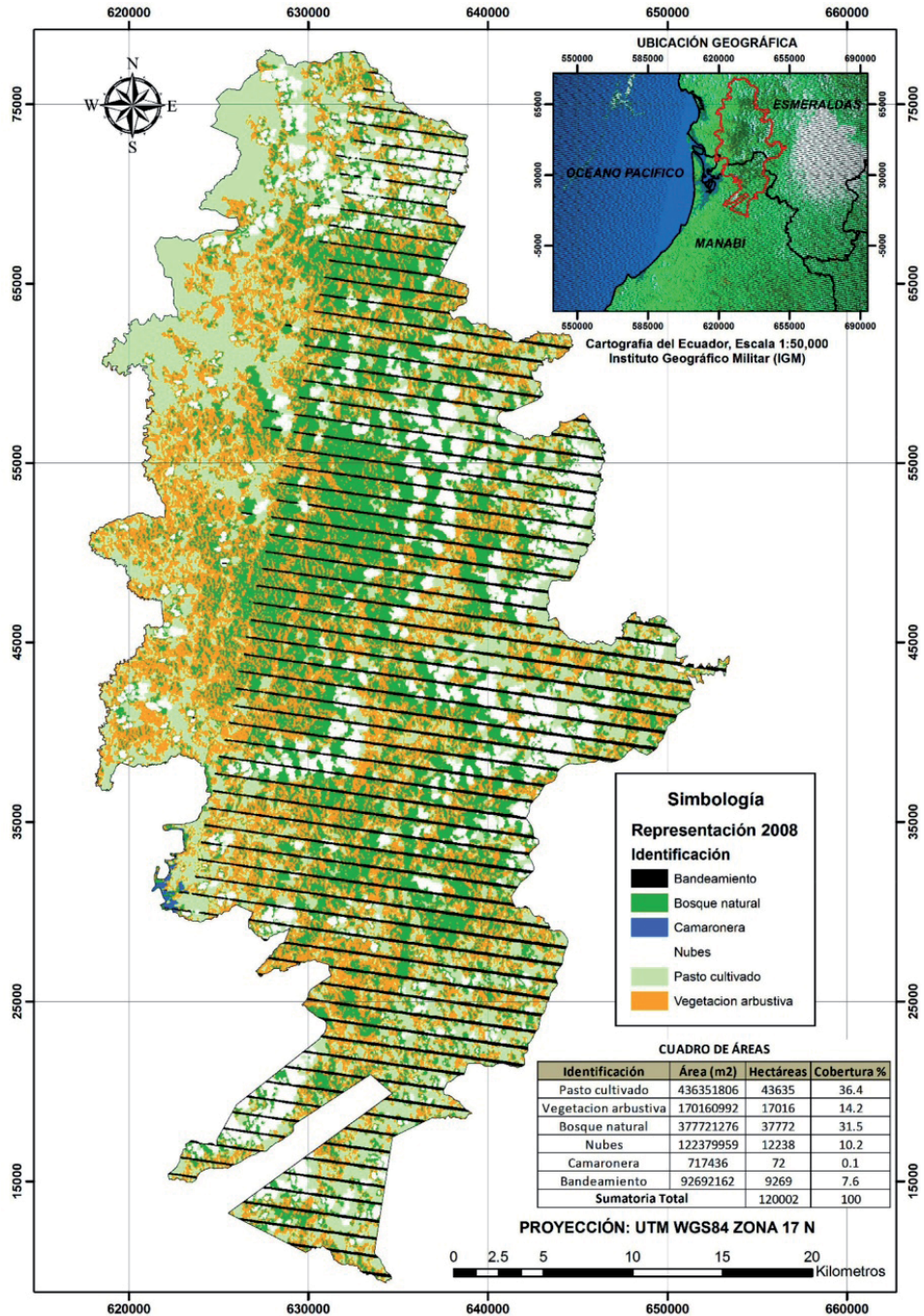


FIGURA 3. COBERTURA VEGETAL DE LA REMACH. ECUADOR, 2010.

Plant cover of the REMACH. Ecuador, 2010.

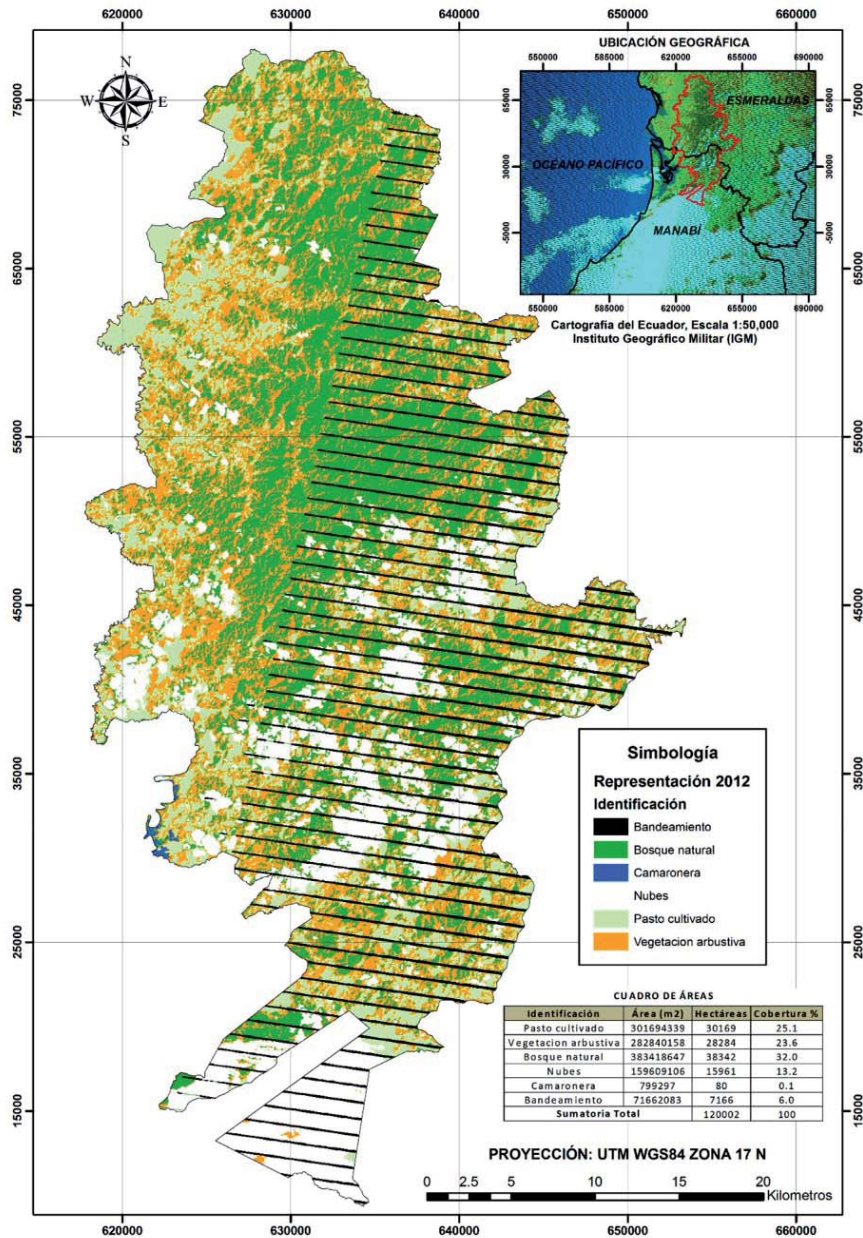


FIGURA 4. COBERTURA VEGETAL DE LA REMACH. ECUADOR, 2012.

Plant cover of the REMACH. Ecuador, 2012.

La aplicación de la matriz de confusión en el presente estudio para evaluar la exactitud de la clasificación de las imágenes de satélite resultó en un valor de 0,3288 (Tabla 1), considerado un porcentaje aceptable de error al contrastar las coberturas

reales y obtenidas por clasificación supervisada dentro de la REMACH (Muñoz et al. 2016) mientras que el coeficiente de Kappa en un valor de 0,4895 indica un alto valor de concordancia entre las matrices contrastadas.

	1	2	3	4	Total	ErrorC
1	744139	0	106482	332716	1183337	0,3712
2	0	21324	395	0	21719	0,0182
3	67601	77	672238	6676	746592	0,0996
4	573713	43282	249855	1380553	2247403	0,3857
Total	1385453	64683	1028970	1719945	4199051	
ErrorO	0,4629	0,6703	0,3467	0,1973		0,3288

TABLA 1. MATRIZ DE CONFUSIÓN.

Matrix of confusion.

Niveles de fragmentación

En la Fig. 5, se muestran las coberturas vegetales existentes en REMACH para el periodo 2002-2012. En la imagen se muestra la fragmentación o permanencia de las coberturas definidas a través de los siguientes tipos: áreas intervenidas, áreas de regeneración y áreas de bosque natural.

Áreas intervenidas

La superficie de estas áreas es de 38.362 ha que corresponde al 32,2 % del área total de la reserva. Se encuentran ubicadas en las zonas periféricas de la reserva, las zonas más afectadas se ubican geográficamente en la parte noroeste y en el extremo sureste ingresando hasta la parte central de la misma, aproximadamente unos 15 km.

Áreas de regeneración

La cobertura cuenta con una superficie 27.707 ha que equivale al 23,1 % del área total de la reserva. Se ubican desde la zona central hacia la periferia de la reserva, una zona en proceso de regeneración significativa se encuentra ubicada geográficamente

en la zona central oeste y otra de igual condiciones en el cuadrante suroeste de la misma.

Áreas de bosque natural

Su superficie es de 53.662 ha que equivale al 44,7% del área total de la reserva. Se encuentran ubicadas en la parte central extendiéndose en mayor medida hacia la parte norte y en menor medida hacia la parte sur de la reserva a manera de cordillera. Cabe señalar que esta área no ha sido intervenida a través del tiempo o al menos durante los años de estudio.

El principio en el que se basan los métodos de clasificación no supervisada de imágenes de satélite multiespectrales pierde precisión a la luz de que la intervención humana se torna imprescindible para este tipo de procesos o que al menos se debe integrar información adicional que permitan tomar decisiones al algoritmo sobre la posibilidad de que exista una cobertura en un determinado sitio, basados en condiciones como el relieve, humedad relativa, frecuencia de lluvias, etc. (Gutiérrez et al. 2005).

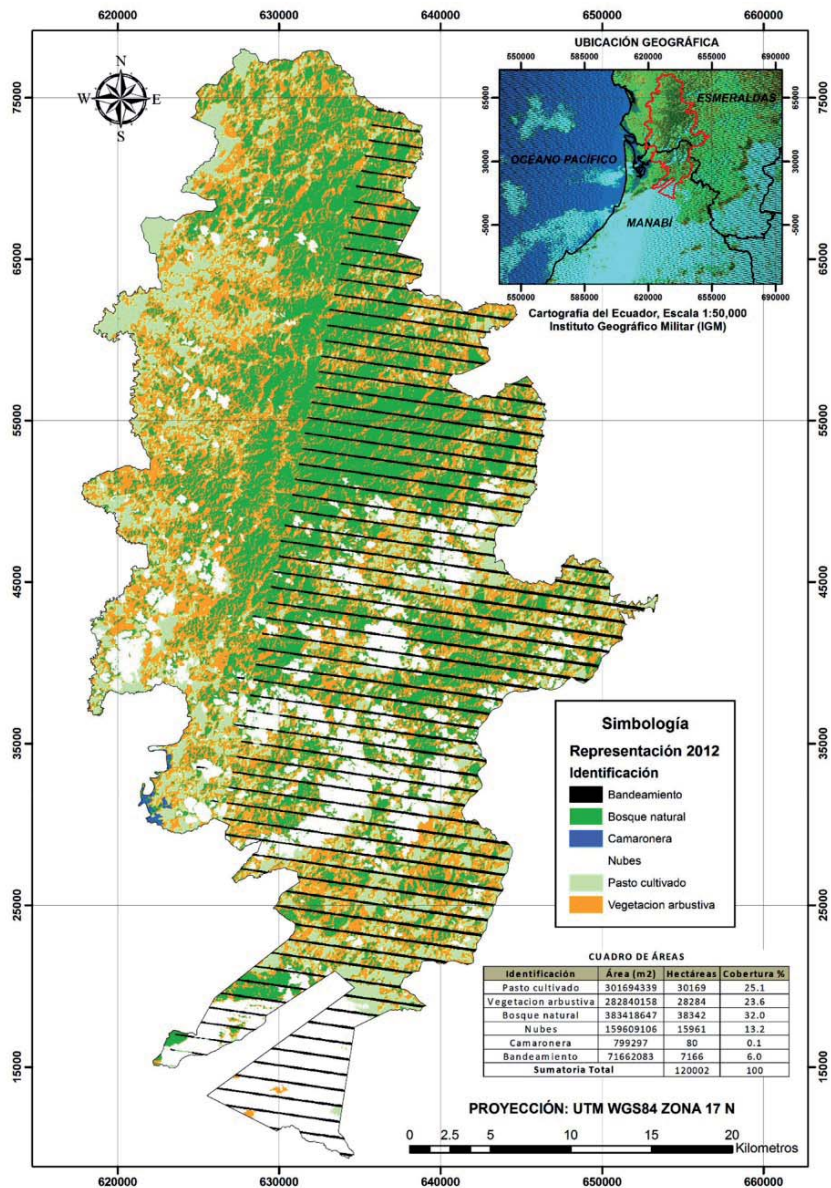


FIGURA 5. PERMANENCIA DE LAS COBERTURAS VEGETALES DENTRO DE LA REMACH, ECUADOR, PERIODO 2002-2012.

Permanence of vegetation coverage within the REMACH, Ecuador, period 2002-2012.

En los periodos 2002 al 2010, la categoría de pasto cultivado presenta un crecimiento de 9.550 a 43.635 ha, lo que implicó un incremento de 7,96 al 36,36 % de la superficie total de la reserva (Cuadro 2); debido a que la Reserva Ecológica Mache-Chindul fue establecida con un gran número de centros poblados que se encontraban ya al interior de la misma y otros en proceso de consolidación, en consecuencia y con el pasar del tiempo se originó una progresiva ampliación de la frontera agrícola por la gran demanda de granos y presencia humana en el sitio. En un período de diez años la cobertura de la tierra en el parque natural Santuario de flora y fauna Los Flamencos de Colombia presentaron cambios reportados en un 41% (pastos enmalezados o en rastrojados que se transforman en un 100 % y de pastos con espacios naturales que sólo conserva el 11 % del área que

cubría). Las coberturas que no presentan cambios son Bosque de galería, Bosque de Mangle, Pastos limpios, Playas arenales y dunas y Zonas pantanosas, los mismo que no registraron cambios superiores a 5 ha, dado que ésta es la unidad mínima de reporte de cambio (Corredor et al. 2011).

En relación a la categoría de pasto cultivado, del año 2002 hasta el año 2010, se da un crecimiento de 9.550 a 43.635 ha (Tabla 2), lo que implicó que se dedicaron el 36,40 % en relación al 100 % de la extensión total de la reserva, pero para el año 2012 disminuye y se ubica un 25,1 % debido a la emigración de los comuneros y colonos por el impacto de la crisis económica neoliberal y también porque la ganadería no constituía un incentivo económico rentable.

Descripción	Años de estudio							
	2002		2005		2010		2012	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Pasto cultivado*	9.550	7,96	27.299	22,75	43.635	36,36	30.169	25,14
Vegetación arbustiva	47.263	39,39	17.194	14,33	17.016	14,18	28.284	23,57
Bosque natural**	48.046	40,04	49.895	41,58	37.772	31,48	38.342	31,95
Camaronera	80	0,07	96	0,08	72	0,06	80	0,07
Nubes/Bandeamiento	15.063	12,55	25.518	21,26	21.507	17,92	23.127	19,27
TOTAL	120.002	100	120.002	100	120.002	100	120.002	100

* Incremento de la frontera agrícola.

** Extracción ilegal de madera

TABLA 2. ANÁLISIS DEL CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA RESERVA ECOLÓGICA MACHE-CHINDUL DURANTE EL PERIODO 2002-2012.

Analysis of the change in vegetation cover in the Mache-Chindul Ecological Reserve during the period 2002-2012.

El análisis de la fragmentación del 2010 al 2011 del paisaje en Cuchillas de la Zarca, México (De León et al. 2014) permitió definir con claridad seis clases de coberturas del suelo: pastizal, matorral, desértico micrófilo, bosques de encino-pino, áreas de chaparral y cuerpos de agua 4,6 %. Los datos

evaluados durante el periodo mostraron valores altos de correspondencia, el valor relativamente más bajo lo presentó la clase de pastizal, mientras que el valor más alto lo obtuvo la clase de cuerpos de agua, disminuyendo un poco en el 2009 e incrementando para 2010 y 2012.

En los periodos de 2002 al 2012, la categoría de bosque natural presenta una disminución de 48.046 a 38.342 ha, lo que implicó un decremento de 39,39 al 23,57 % de la extensión total de la reserva (Tabla 2), producto de la deforestación y otras actividades antropogénicas. Además, la presión que ejercen las empresas madereras en el área de influencia de la reserva y los frentes de colonización que se están formando, amenazan no sólo la conservación de la integridad ecológica del bosque natural, sino también la preservación de sus recursos culturales. En un estudio de la fragmentación del bosque nativo en la cuenca del río Aysén (Patagonia-Chile) se cuantificó la pérdida y segmentación del bosque nativo debido principalmente al uso antrópico del fuego, destacando la gran utilidad prestada por el uso de los Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramientas fundamentales en la reconstrucción del paisaje boscoso de Aysén (Bizama et al. 2011). La fragmentación forestal en el centro-sur de Chile se encuentra dominada por fragmentos de bosque nativo de muy baja superficie (más del 60

% de tamaño inferior a 1 ha), lo cual representa uno de los principales argumentos para afirmar que estos bosques se encuentran sometidos a un fuerte proceso de fragmentación (Altamirano & Lara 2007).

Contexto social y humano dentro de la Reserva Ecológica Mache-Chindul REMACH

En la Tabla 3, se presentan los resultados obtenidos en el Censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010. En la Reserva Ecológica Mache-Chindul REMACH, se ha dado un ligero proceso de decrecimiento poblacional. Se estimó que para el año 2010 el número de pobladores dentro de la reserva fue de 6.466 habitantes. Si relacionamos este valor con la extensión de la reserva (1.200,02 km²) se concluyó que la densidad poblacional para ese año fue de 5,39 habitantes/km². Esto confirmó una leve tendencia decreciente, puesto que, en el estudio de alternativas de manejo de 1994 se estableció una tasa de 5,71 habitantes/ km². (Alianza REMACH/MAE 2014).

Cantón	Parroquias	Habitantes dentro de la Reserva, plan de manejo	Porcentaje de la población dentro de la reserva
Atacames	La Urión	300	4,64
Esmeraldas	Carlos Concha	153	2,37
Quinindé	Cube	1.556 (380 chachis de Chorrera Grande)	24,06
Muisne	Muisne, Salima, Daule, San Gregorio, Chamanga	2.523 (730 chachis de Balzar y Salvador)	39,02
Pedernales		1.934	29,91
TOTAL		6.466	100,00

TABLA 3. POBLACIÓN APROXIMADA DENTRO DE LA RESERVA ECOLÓGICA MACHE-CHINDUL. (ALIANZA REMACH, 2012).

Approximate population within the Mache-Chindul Ecological Reserve. (REMACH Alliance, 2012).

CONCLUSIONES

Las técnicas de teledetección aplicadas al estudio de la dinámica de la cobertura boscosa del suelo nos permiten determinar con alta precisión los tipos y la extensión de coberturas existentes. La limitante de las técnicas de análisis multitemporal al estudio de la cobertura forestal es la poca disponibilidad de imágenes de satélite de gran resolución espacial, así como su limitada funcionalidad causada por los elevados porcentajes de nubosidad como consecuencia de condiciones atmosféricas adversas presentes permanentemente en ciertas extensiones superficiales. La clasificación supervisada de imágenes de satélite aplicando el método de mínima distancia probó ser un método muy eficiente para analizar la evolución de la densidad de áreas boscosas presentes en décadas pasadas dentro de la reserva ecológica Mache Chindul (REMACH).

La cobertura de bosque natural dentro de la Reserva Ecológica “Mache-Chindul” es de 53.662 hectáreas, que equivale al 44,7% del área total de la reserva; focalizándose en la zona central, extendiéndose en mayor proporción hacia el Norte y en menor medida hacia el Sur de la reserva. Por otra parte, las áreas de regeneración o recuperación del bosque natural es de 27.707 ha equivalente al 23,1% de área total de la reserva.

La REMACH ha sufrido intervenciones a lo largo del tiempo, llegando a convertirse su área periférica como la más afectada; focalizándose en los sectores noroeste y sureste hasta la zona central de la misma. Siendo así que las áreas que sufrieron un cambio total tienen una superficie de 38.362 hectáreas, equivalente al 32,2 % del área total de la reserva.

Determinar el cambio de uso del suelo en la reserva ecológica Mache – Chindul es de vital importancia para propiciar la conservación de la biodiversidad, la recarga hídrica así como para ordenar el territorio y ejecutar acciones para la restauración de los ecosistemas fragmentados (Ruiz et. al 2013).

LITERATURA CITADA

- ALTAMIRANO A & LARA A (2007) Efecto de la fragmentación forestal sobre la estructura vegetacional de las poblaciones amenazadas de *Legrandia concinna* (Myrtaceae) del centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 27- 42.
- ANDRADE M (2014) Cambio Multitemporal de la cobertura vegetal y fragmentación dentro de la reserva ecológica “Mache - Chindul” – REMACH- entre los años 1998-2012. Plan de mitigación. Tesis previa la obtención del Grado Académico de Magister en Manejo y Aprovechamiento Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- BIZAMA G, F TORREJÓN, M AGUAYO, MD MUÑOZ & C ECHEVERRÍA (2011) Pérdida y fragmentación del bosque nativo en la cuenca del río Aysén (Patagonia-Chile) durante el siglo XX I. *Revista de Geografía Norte Grande* 49: 125-138.
- CORREDOR L, E CÁRDENAS & J ORDÓÑEZ (2011) Aplicación de la metodología corine land cover en la determinación de los cambios de cobertura en el parque natural los flamencos. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* (21)2: 153-167.
- CHUVIECO E (2008) Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio [Environmentalremotesensing. Earth observation from space]. Barcelona: Editorial Ariel, 595 pp.
- DE LEÓN G, G ÁLVAREZ & J MARTÍNEZ (2014) Aplicación de sensores remotos en el análisis de la fragmentación del paisaje en Cuchillas de la Zarca , México Application of remote sensing in the analysis of landscape fragmentation in Cuchillas de la Zarca , Mexico. *Investigaciones Geográficas: Boletín Del Instituto de Geografía* (84): 42-53. <http://doi.org/10.14350/rig.36568>
- GUTIÉRREZ MA, J WILLIAM & B BEDOYA (2005) Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos : “LANDSAT-ETM +”, *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 58(1): 2611-2634.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DE ECUADOR (2015) Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Quito Ecuador. 296 pp.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (2011) Mapa de deforestación histórica en el Ecuador continental (en línea). Consultado 06/enero/2014. Disponible en: http://www.ambiente.gob.ec/sites/default/files/users/mponce/TasasDeforestacionEcuador.Ver_03.05.11.pdf
- MOLINA G & AJ ALBARRAN (2013) Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado

- Lara, Venezuela. Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía 22(1): 25-40.
- MUÑOZ J, J MORANTE & P MIRANDA (2014) Erosión potencial por reconversión productiva en subcuenca Llay- Llay, Chile aplicación de unidades de respuesta a la erosión. *Revista de Ciencia y Tecnología* 7(2): 35-47.
- MUÑOZ J, E CUÁSQUER, O MONCAYO & D DELGADO (2016) Aplicación de percepción remota para la detección de cambios en la cobertura boscosa de la reserva ecológica Mache-Chindul. *Revista La Técnica* 16(2): 76-93.
- SEGARRA P (2003) Zonificación para determinar la potencialidad de unidades ambientales para la reforestación con fines de captación de dióxido de carbono en la cordillera de Mache-Chindul y su área de influencia. Tesis de licenciatura en Ciencias Geográficas y Estudios Ambientales. PUCE. Quito.
- RUIZ V, R SAVÉ & A HERRERA (2013) Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011. *Ecosistemas* 22(3):117-123. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-3.16.

Recibido 26/09/2016; aceptado 18/03/2017