



Evaluación del estado de conservación del bosque de ceja andina sur occidental del Parque Nacional Sangay (Ecuador), para una mejor gestión del recurso forestal

Evaluation the conservation state of the south-western flank Andean brow forest of the Sangay National Park, for a best management the forest resource.

Franklin CARGUA [1](#); Marco RODRIGUEZ [2](#); Belén ROMERO [3](#); Patricio SANTILLAN [4](#)

Recibido: 13/06/2018 • Aprobado: 28/07/2018

Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

Los índices espectrales como herramienta de evaluación del estado de un ecosistema, en conjunto con el monitoreo de campo sirven para estudiar la degradación progresiva del bosque a causa de la intervención antrópica. Este estudio aporta información para el desarrollo de herramientas de gestión y ordenamiento del bosque de ceja andina, en las estribaciones de la cordillera suroccidental del Parque Nacional Sangay.

Palabras clave: Índices de Vegetación Normalizada, Bosque de ceja Andina, Sensores Remotos

ABSTRACT:

The spectral index, serve as a tool for evaluation of the state an ecosystem, in conjunction with field monitoring to study, which allows us determinate a progressive degradation of the forest and anthropic intervention.

This study provides information for development and management of the Andean brow forest, in the foothills of the southwestern Cordillera of Sangay National Park.

Keywords: Normal Index Vegetation, (Andean brown Forest, Remote Sensin

1. Introducción

Conocer el comportamiento de las variables ambientales frente al cambio climático es uno de los temas más analizados en el marco investigativo, a nivel mundial (Saavedra, 2010). Los fenómenos meteorológicos que afecta la vida en el planeta, se desarrollan dentro de los 15 km de altitud en donde son analizados mediante las ciencias como: meteorología dinámica, física y teledetección (Reyes-Coca & Troncoso-Gaytán, 2004).

El uso de sistemas de información geográfica (SIG) y las técnicas de teledetección han venido enriqueciendo los resultados en la caracterización de la cubierta vegetal, el uso de suelo, la

humedad en la superficie terrestre, entre otras variables biofísicas; mostrando información que antes no se podía obtener sino con un exhaustivo trabajo manual y de campo (Chuvienco, 2006). Hoy en día gracias a estas herramientas se pueden analizar índices espectrales de vegetación basados en relaciones entre bandas espectrales de infrarrojo cercano (NIR)/Rojo (Casa & Ovando, 2007). Además estos resultados, se ajustan a operaciones matemáticas, tal como el índice normalizado de vegetación (Xavier & Vettorazzi, 2010).

El Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) es utilizado en todo el mundo, para hacer el seguimiento a fenómenos como: sequías, supervisión y predicción de zonas con riesgo de incendios, cartografiar desertización, compensación de cambios en condiciones de iluminación, pendiente de la superficie, orientación, entre otros (Lillesand, Kiefer, & Chipman, 2007).

En Ecuador, el bosque de ceja andina ha sido considerado un ecosistema vulnerable que está presente en forma de islas o parches debido a factores naturales o antrópicos (Armenteras, Gast, & Villareal, 2003). La cobertura vegetal es un indicador del estado de degradación y/o conservación ambiental de un área determinada (Londoño, Cleef, & Madriñán, 2014). Una forma de evaluar el estado de la vegetación a través de una imagen satelital, es el NDVI, que indica el vigor de la vegetación, a partir de una ecuación que considera los valores de energía del espectro electromagnético que absorbe y refleja la vegetación (Londoño et al., 2014).

El objetivo fue evaluar el estado de conservación del Bosque de Ceja Andina sur occidental del Parque Nacional Sangay; a través de índices espectrales (NDVI), en conjunto con parámetros dasométricos de campo, con el propósito de que sirva de base para la implementación de proyectos de manejo sustentable que permitan la restauración de los sitios degradados.

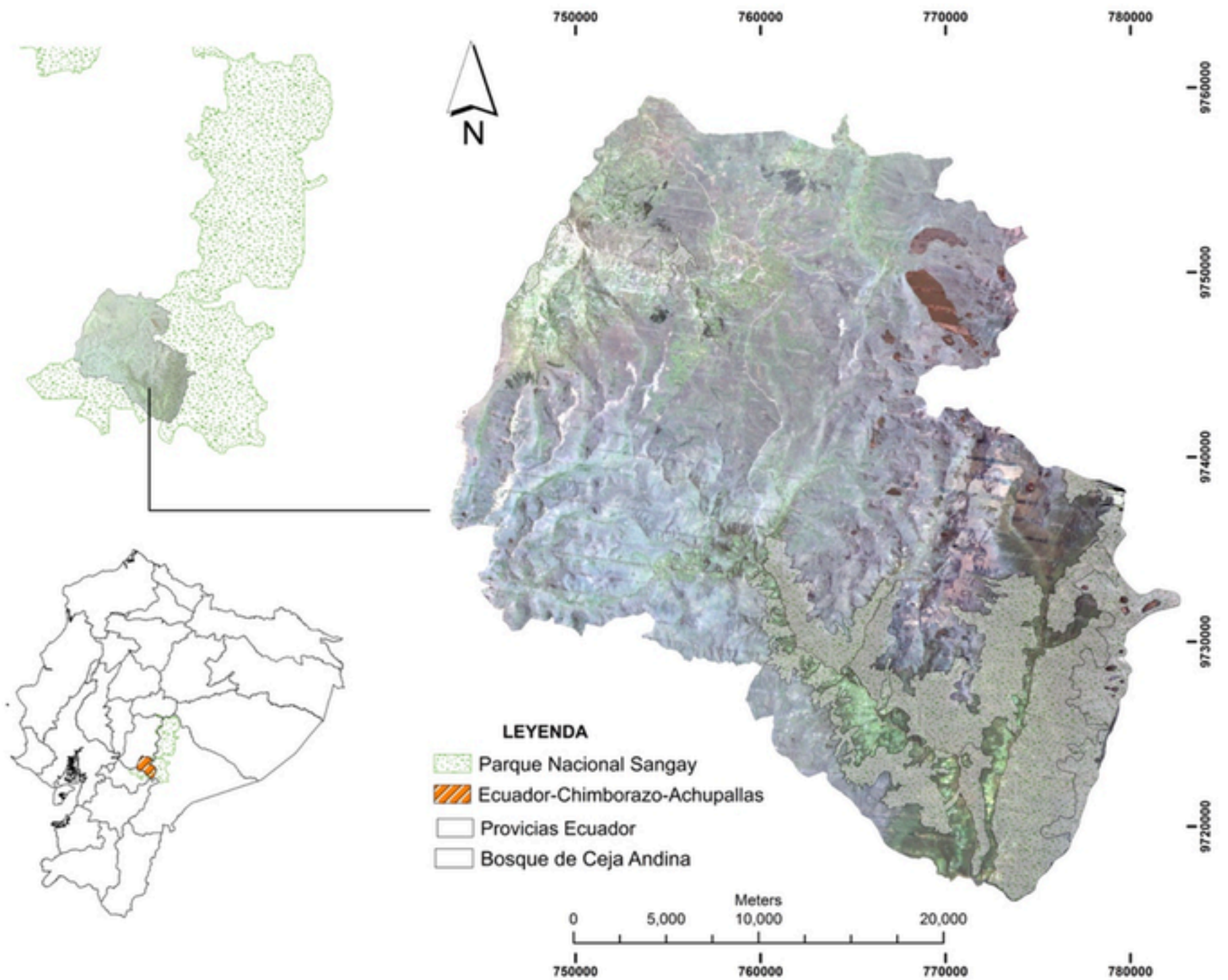
2. Metodología

2.1. Área de Estudio

La Microcuenca baja de los ríos Jubal (J) y Pulpito (P), se encuentran ubicadas en el flanco suroccidental del Parque Nacional Sangay, en los límites de la provincia de Chimborazo y Cañar (Figura 1). Los datos obtenidos de la estación meteorológica Jubal (EMJ) para el año 2015, registran una temperatura media anual de 8.2 °C, la humedad relativa registra valores de 83.6% anual y una precipitación anual de 870 mm (Romero, 2016).

Según el Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental (Ministerio del Ambiente del Ecuador) la parroquia Achupallas tiene la siguiente clasificación ecológica: Bosque siempre verde montano alto y bosque siempre verde montano bajo con altitudes de 2900 a 3600 msnm y 2400 a 2900 msnm (Báez et al., 2010).

Figura 1
Ubicación del área de estudio



2.2. Análisis de imágenes satelitales

Se utilizaron imágenes RapidEye de cinco bandas del espectro electromagnético, a diferencia de Landsat que abarca 7 bandas; el potencial de RapidEye en el número de bandas es complementada por el sensor en dos aspectos, primero la banda 4 es de tipo RedEdge que permite diferenciar de mejor manera los cambios de clorofila de la vegetación y segundo tiene una mayor resolución de 5 x 5 m, en contraste con Landsat cuya resolución es de 30 x 30 m. Se realizó una comparación estadística de los valores NDVI de los píxeles que conformaron las imágenes Landsat 7 ETM+ y RapidEye.

2.3. Cálculo de los índices de vegetación de las imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y RapidEye

Para la construcción del índice normalizado de vegetación (NDVI) se utilizó una ecuación cuyo resultado fue un contraste de las características espectrales de dos bandas específicas de la imagen satelital: la banda roja que manifiesta el nivel de absorción de clorofila que en la vegetación sana absorbe una mayor cantidad de energía por el proceso de fotosíntesis y la banda del infrarrojo cercano donde las estructuras vegetales de una planta sana reflejan una mayor cantidad de energía (Báez et al., 2010). El cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada se elaboró con la herramienta "Raster calculator", ubicada dentro de la caja de herramientas **ArcToolbox** del software ArcMap, (ecuación 1):

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

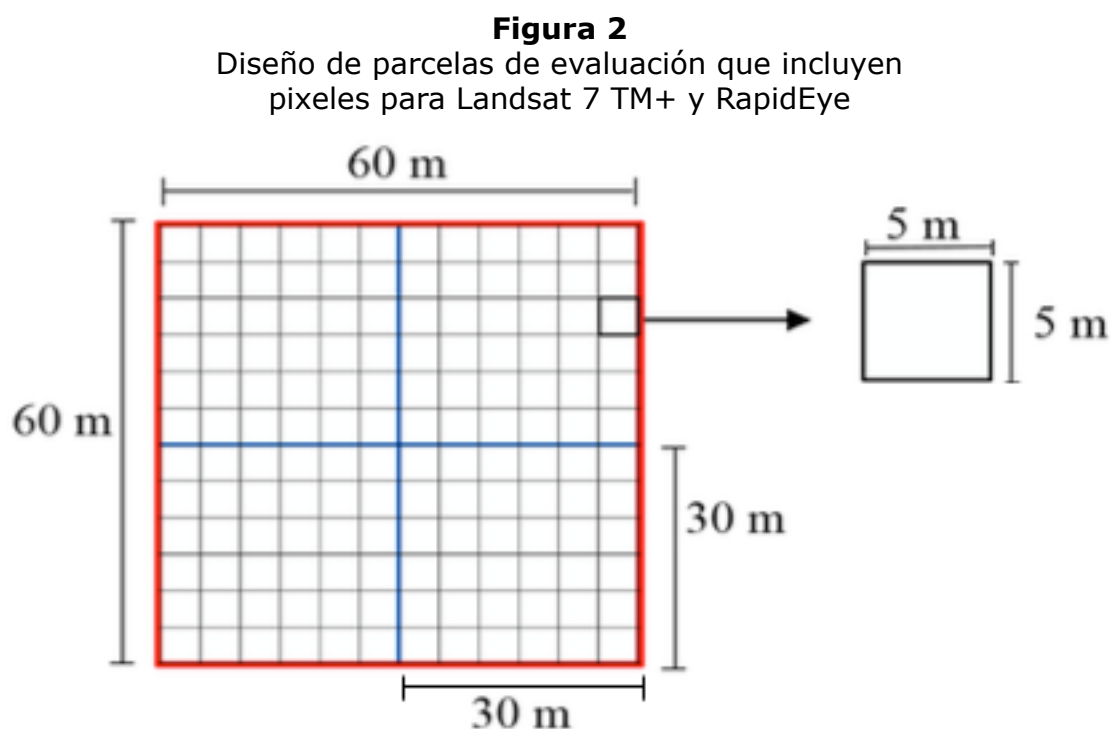
IRC = valores de píxel de la banda infrarroja

R = valores de píxel de la banda roja

Las bandas que se emplearon para la imagen Landsat 7 ETM+, son: valores del rojo (Banda 3), los valores del infrarrojo cercano (Banda 4); Para las imágenes RapidEye las bandas fueron: valores del rojo límite (Banda 3), los valores del infrarrojo cercano (banda 5).

2.4. Determinación de las diferencias entre los NDVI obtenidos de las imágenes satelitales

Para el análisis estadístico se evaluaron 20 parcelas de 60 x 60 m para cada imagen, con el propósito de abarcar una cantidad considerable de píxeles, que permitió hacer una comparación representativa del promedio de cada unidad experimental. Cada parcela de 3600 m² contuvo a 4 píxeles de 30 * 30 m para la imagen satelital Landsat 7 TM+ y a 144 píxeles de 5*5m para la imagen satelital RapidEye (figura 2).



2.5. Ubicación de las parcelas de muestreo y base de datos de los valores NDVI

Se delimitó un área más pequeña dentro de la imagen debido a su extensión y la cantidad de píxeles evaluados, esta disminución no repercutió en el resultado final, ya que al ser rectificadas los procesos aplicados corrigen de la misma forma a cada píxel; los resultados obtenidos de una pequeña parte de la imagen, aplican para el área total (Lazo Pillaga, 2014). Generando una grilla de 60 x 60 m, que sirvió como guía para ubicar las parcelas (figura 3), considerando las coberturas visualizadas en cada imagen, la toma de datos se hizo en el programa ArcMap a través de la herramienta Pixel Inspector, generando una base de datos en función a cada parcela.

Figura 3. Establecimiento de parcelas aleatorias en imágenes Landsat 7 TM+ y RapidEye

2.6. Aplicación del algoritmo clasificador y generación del shape de bosque

Para generar una clasificación supervisada de las coberturas, se aplicó el algoritmo de clasificación de máxima verosimilitud (o *máxima probabilidad*) es el algoritmo ampliamente utilizado en sistemas de percepción remota, por su facilidad de uso, así como su interpretación, considerando un procedimiento de discriminación más acertados y eficientes, esto siempre que los datos sigan una función de distribución normal (Garc, 2007).

La fase de aprendizaje, el algoritmo construye "patrón espectral" de cada categoría con base en la media y de la varianza/covarianza de un conjunto de sitios de entrenamiento localizados en la imagen. En la fase de clasificación realiza un cálculo, para cada píxel, la probabilidad de pertenencia a cada categoría con base en su respuesta espectral (ecuación 2). El píxel se asigna finalmente a la clase a la cual es más probable que pertenezca de acuerdo con la información

espectral (Berlanga, García, López, & Ruiz, 2010).

Donde:

$$P(H|E) = \frac{p(E|H) p(H)}{p(E)}$$

$P(H/E)$ es la probabilidad condicionada de la hipótesis H dado en evidencia E , es decir, la probabilidad que el píxel pertenezca a cierta categoría hipótesis H tomando en cuenta su respuesta espectral E ; $p(H)$ es la probabilidad a priori de la hipótesis H sin tomar en cuenta su información espectral; $p(E)$ es la probabilidad de la evidencia E ; $p(H/E)$ es la probabilidad condicionada de la evidencia E dada la hipótesis H .

En ausencia de información sobre la probabilidad a priori de encontrar cierta categoría en determinado sitio, se asume que las probabilidades a priori $p(H)$ son iguales para todas las clases y en toda el área de la imagen, es decir, que si se consideran n categorías, esta probabilidad es igual a $1/n$ (ecuación 3)

$$P(H|E) = \frac{p(E|H) (1/n)}{p(E)}$$

2.7. Validación del índice NDVI con los usos de suelo en campo

La distribución de las parcelas en el campo estuvo en función de los NDVI calculados en la imagen satelital, variabilidad y representatividad de la vegetación, zonas de acceso posible y pendientes no muy escarpadas menores al 70%, estableciéndose 9 cuadrantes de 10 x 10 m, recomendado para estudios de vegetación con estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo (Mostacedo & Fredericksen, 2000); además se consideró los parámetros utilizados para medir el estado de conservación de la vegetación: Apariencia del Tipo de Vegetación en base a la Altura de los Hábitos de Crecimiento y Cobertura, presencia de los tres estratos y abundantes que proyectan una cobertura mayor al 60 % sobre el suelo, califica como Bueno (B), si existen dos estratos y las especies proyectan una cobertura menor al 50 %, califica como Regular (R), Si existen dos estratos, pero su apariencia es deficiente fisonómicamente (esta degradado), el bosque o vegetación, las especies proyectan una cobertura menor al 30 %, califica como Malo (M). El estudio de conservación a partir de imágenes satelitales requiere de un estudio multi-temporal con las imágenes satelitales de los años: 2001 y 2014; nos permitió determinar todas las áreas de intervención que afecten directamente a las zonas de bosque, determinando las ganancias o pérdidas (Aguirre Mendoza, 2013).

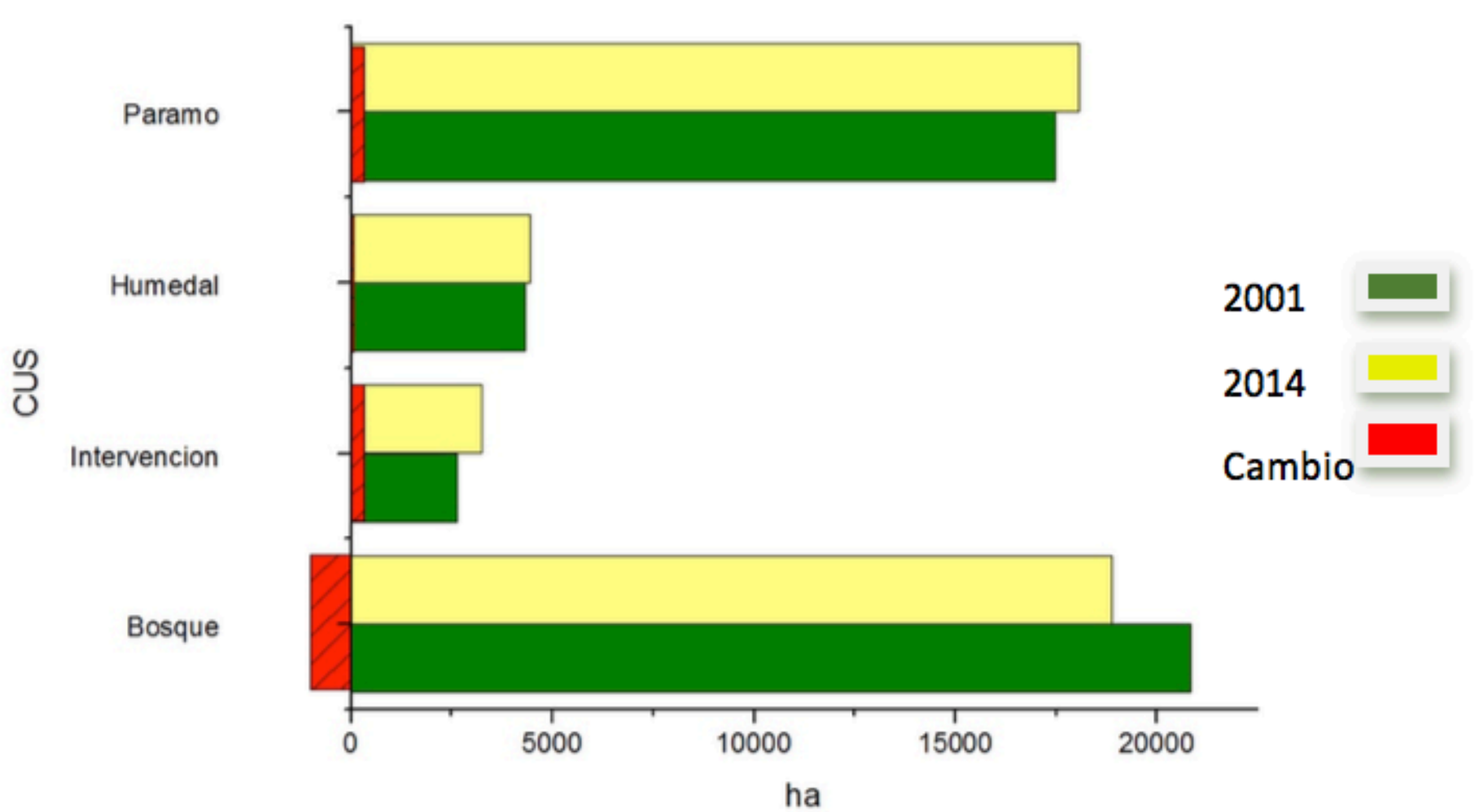
3. Resultados

3.1. Evaluación de la cobertura del suelo

En el año 2001 las áreas de intervención abarcaron una superficie de 2635,13 ha; el bosque de 20820,32 ha, para el año 2014 la intervención aumentó a 3245,10 ha y en bosque disminuyó a 18888,72 ha, con una pérdida de 1931,60 ha de bosque. Otro cambio evidente observado es el aumento considerable del humedal, esto ocurre por la época en la que fue obtenida cada una de las imágenes satelitales. De acuerdo con los datos registrados por la estación meteorológica del Parque Nacional Sangay, para la imagen del 2001 que fue obtenida en el mes de septiembre, se registró una precipitación media de 170,6 mm, y para la imagen del 2014 capturada en el mes de julio 201,4 mm; la baja precipitación de la imagen del 2001 provocó que los niveles de humedad disminuyan, así como el vigor de las plantas expresadas en NDVI; el páramo determinó un aumento de 593,13 ha, que podría deberse a como los moradores de la zona trabajan sus terrenos, donde una vez que los rendimientos de los mismos disminuyen, la gente los abandona, transformando áreas de paramo y bosque en terrenos cultivables, estas zonas abandonadas tienden a recuperar su cobertura vegetal, formando parte del páramo, aunque sus suelos ya no posean las características físicas propias originales (Figura 4).

Figura 4

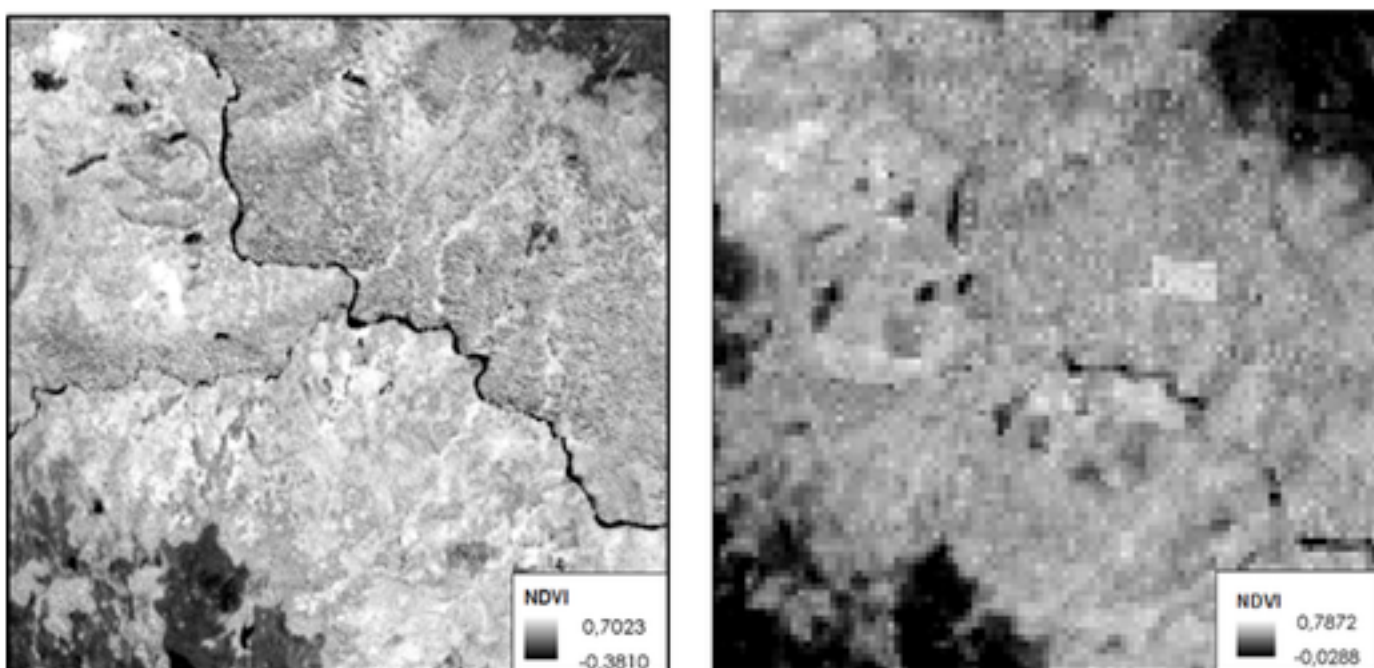
Incremento de las coberturas de la zona de estudio (CUS cambios usos de suelo)



3.2. Análisis visual NDVI en las parcelas de monitoreo

Se encontraron diferencias en los valores de NDVI en las dos imágenes que nos impidieron procesarlas de forma continua, debido a las características propias de cada una, haciendo indispensable la implementación de una comparación estadística y visual entre los valores NDVI, que permitió escoger la imagen apropiada para este tipo de estudios; aplicando la ecuación se obtuvo un rango (-0,0288-0,7872); para Landsat 7 ETM+ y de (-0,3810-0,7073) para RapidEye ampliándose en un 40%, diferencia considerable al tener en cuenta que el rango fluctúa de -1 a 1 (figura 5); los valores inferiores y cercanos a 0 indicaron que el área examinada careció de vegetación y cercanos a 1 indicaron mayor vigor y actividad fotosintética.

Figura 5
Resolución del pixel: RapidEye y Landsat 7 TM+

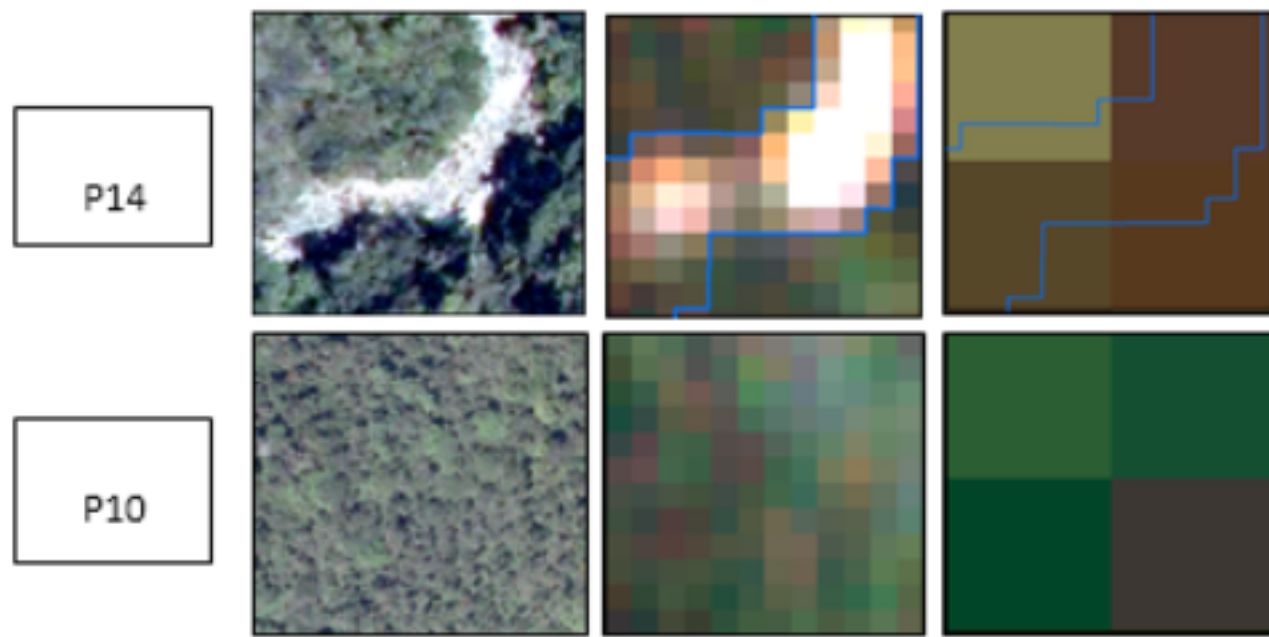


Analizando las parcelas de las dos imágenes se observó que aquellas que tenían una diferencia $>$ a 0.1 correspondieron a una cobertura vegetal heterogénea, constituida por varios estratos en distintas proporciones transición páramo bosque (P11); en contraste con las parcelas que poseen una diferencia $<$ 0.1, cuya cobertura fue homogénea como el estrato de bosque (P10). En (P14), donde se encuentra el río Jubal, los índices de vegetación para la imagen Landsat cuyos pixeles son más grandes sobre estimaron su valor resultando superiores al 0,7; (Negrete, 2014) afirma que valores NDVI donde hay presencia de agua son cercanos e inferiores al cero (0), como se

observó en RapidEye la cual si obtuvo valores individuales desde -0,16.

Figura 6

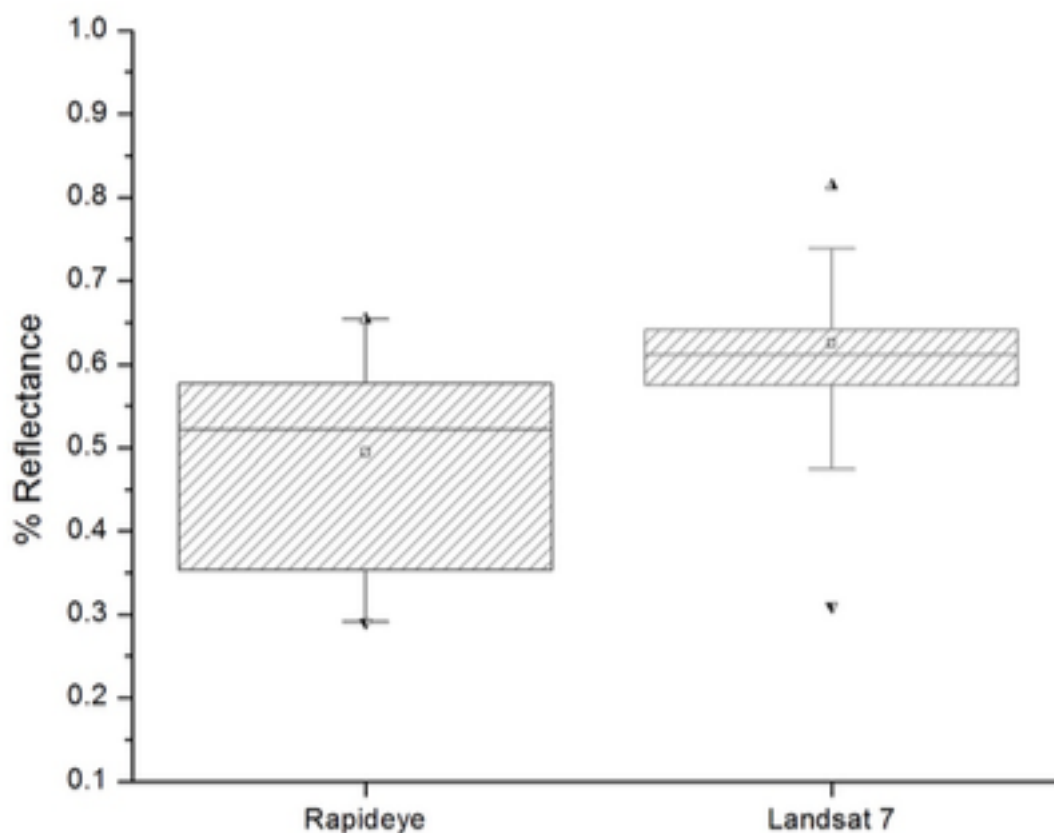
Evaluación de estratos mediante imágenes: RapidEye y Landsat 7 TM+



Una vez estratificado el ecosistema de bosque, mostró todos sus valores superiores a 0,4 que resultan al detectar vegetación activa (Negrete, 2014). Las zonas de transición de bosque a páramo y a áreas de intervención, cuya vegetación está conformada por estrato herbáceo y arbustivo (Rodríguez, M. Damián, D. Santillán, P. Recalde, C. Cargua, 2017); por ejemplo la parcela 11, (figura 6) está compuesta en su mayoría por vegetación herbácea cuyos índices se encuentran en el rango de 0.4 a 0.5 y vegetación arbórea con valores de 0.5 a 0.7, RapidEye por su mayor resolución diferencia mejor las coberturas vegetales de la parcela y al mismo tiempo evalúa un mayor número de píxeles, 144 en vez de los 4 píxeles de Landsat, calculando un NDVI medio más real, que representa lo que en realidad sucede obteniendo un valor de 0.55, en comparación a los 0.81 que se obtiene con Landsat (figura 7), esto no solo se debe a la resolución espacial (tamaño del píxel), si no a la capacidad que tienen las bandas espectrales de las dos imágenes de distinguir el comportamiento de la vegetación (resolución espectral).

Figura 07

Rango del espectro electromagnético de reflectancia, RapidEye y Landsat 7 TM+



3.3. Estratificación NDVI para ecosistema forestal

El rango NDVI para bosque, se encuentran en los valores (0.45-0.81); similar a lo encontrado por en el estudio "Determinación del rango de variación del índice de vegetación con imágenes

satelitales en el Parque Nacional Cajas” donde el rango NDVI para el bosque alto Andino fue de 0.33 a 0.78. Este rango nos indicó que a nivel general la vegetación que conforma el bosque es densa y vigorosa para los valores cercanos a 0.81 y en el caso de los valores cercanos a 0.45 (tabla 1), la vegetación pudo verse influenciada por factores como: disminución de la cobertura arbórea, distribución de la vegetación, presencia de plagas y enfermedades o procesos de extracción de madera (Crespo & Pinos, 2007) .

Tabla 01
Establecimiento de parcelas aleatorias en imágenes RapidEye y Landsat 7 TM+

Parcelas	Valores NDVI		Residuo
	RapidEye	Landsat7 TM+	
P1	0.5948	0.6234	0.02858
P2	0.6539	0.5918	0.06201
P3	0.5489	0.6141	0.06527
P4	0.5006	0.6107	0.11005
P5	0.6024	0.5806	0.02178
P6	0.5968	0.5743	0.02253
P7	0.5323	0.5719	0.03959
P8	0.5212	0.5864	0.06521
P9	0.5774	0.6413	0.06390
P10	0.3526	0.3099	0.04265
P11	0.5593	0.8143	0.25499
P12	0.4253	0.7388	0.31352
P13	0.4722	0.8050	0.33281
P14	0.2905	0.6190	0.32848
P15	0.6354	0.7846	0.14920
P16	0.3110	0.5370	0.22607
P17	0.5401	0.5924	0.05235
P18	0.4980	0.8129	0.31492
P19	0.3533	0.6234	0.27010
P20	0.3271	0.4742	0.14702

En el análisis de varianza en el software Infostat, la F calculada fue de 4.72 valor mayor a la F Tabulada 0.0362, esto nos indicó que existe una diferencia significativa entre los NDVI de las

imágenes; complementariamente se realizó la prueba de Duncan donde la separación de medias fue de A-B con una diferencia de 0.09, lo que corroboró los resultados del análisis de varianza. Texto

3.4. Rango NDVI de la estructura forestal del estrato en las parcelas

Las parcelas presentaron diferentes características en su composición vertical, la distribución de especies en el bosque, ocasionó que los valores NDVI tengan una variación; es decir, si se evalúa cada árbol su NDVI podrían llegar a ser mayor a 0.6 pero condiciones como la resolución de las imágenes la distribución aleatoria de especies y la dominancia en el dosel y claros de bosque, hace que la energía electromagnética pase directamente al suelo por lo que se encontraron rangos desde 0.2-0.3, los límites del estrato arbóreo y el pajonal muestran rangos de 0.31-0.57, los valores NDVI de la vegetación que conforma cada pixel fueron reportados por (Gonzaga, 2014), en el estudio "Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia de Loja, Ecuador" en el que manifiesta que los valores NDVI más bajos corresponden a áreas con menor densidad vegetal.

La evaluación de campo se realizó en nueve parcelas; el primer rango R1 (0,45-0,47), en las parcelas P3-P6, presentaron dos estratos: arbustivo-herbáceo y arbóreo-herbáceo; a diferencia de P9 en la que se evidencio los tres estratos de bosque; la estructura del dosel muestra copas de árboles y arbustos semi-abiertas, presentaron árboles enanos y delgados que alcanzaron igual tamaño que las especies arbustivas en estado adulto, con una cobertura de copas que varía en la P2 (40%) y la P6 (65%); el segundo rango R2 (0,57-0,65) manifestó la presencia de tres estratos de bosque (arbóreo, arbustivo y herbáceo) para P9, P2, P5; la P2 (70%) para la P5 (75%) para la parcela 8, estas características y porcentajes; las características de la vegetación arbórea estuvo constituida por arboles grandes y abundantes con alturas estimadas entre 8 a 15 m, con individuos en estado de madurez, la altura de la vegetación herbácea no sobrepaso los 60 cm; el tercer rango R3 (0.65-0.81), presentó estratos y porcentajes de cobertura similares al rango anterior para P4 y P7, en P1 la cobertura que proyectaron los tres estratos sobre el suelo fue la más alta (95%). La distribución de la vegetación fue homogénea, el estrato arbóreo se encontró en su mayoría en dos etapas de desarrollo: brinzal y latizal que se refieren a etapas ontogénicas de juventud de los árboles en las diferentes parcelas (Tabla 2).

Tabla 2
Análisis de la estructura del dosel en los diferentes rangos NDVI

Parcelas									
<i>Presencia de estratos</i>	P3	P6	P9	P2	P5	P8	P1	P4	P7
Arbóreo	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Arbustivo		x	x	x	x	x	x	x	x
Herbáceo	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cobertura en conjunto	40%	65%	50%	80%	75%	75%	90%	75%	80%
Apariencia Buena				x	x	x	x	x	x
Apariencia Regular		x	x						
Apariencia Mala	x								
<i>Rango NDVI</i>	0.45-0.57			0.57-0.65			0.65-0.81		

3.5. Análisis de especies forestales, en los diferentes rangos NDVI.

Los resultados del análisis del primer rango R1, la cantidad de especies fue (3-5) y la cantidad de individuos (9-13); en P3 se registró 6 árboles y 6 arbustos, la especie con mayor cantidad de individuos fue: *Myrsine andina* y la de menor cantidad: *Oreopanax ecuadorensis*; P6 presentó 2 especies de estrato arbóreo y 1 arbustivo, las 3 especies encontradas se manifestaron de forma aislada, para la P9 el total de los individuos fue 11, que incluye a 5 especies arbustivas y 1 arbórea, la especie más representativa fue: *Ageratina dendroides*; en el segundo rango R2, la cantidad de individuos por parcela fue de 16 a 25 y la cantidad de especies fue (5-7). Para la parcela 2 se encontró 2 especies de arbustos y 5 especies de árboles, las especies más abundantes fueron *Miconia crocea* y *Saurauia tomentosa* que pertenecen a un hábito arbustivo y un arbóreo, se registró un total de 18 individuos; la parcela 5 estuvo constituida por 26 individuos de 7 especies forestales, las especies con mayor abundancia fueron: *Aegiphila ferruginea*, *Macleania sp.* y *Miconia pseudocentrophora*, y escasas: *Ageratina dendroides* y *Myrcianthes sp.*, en la parcela 8 se encontró 6 especies características de hábito arbóreo y arbustivo, en relación al total de especies dentro de la parcela se consideró que las de mayor frecuencia fueron: *Miconia bracteolata* y *Hesperomeles ferruginea*, y especies escasas: *Aegiphila ferruginea*, *Hedyosmum luteynii* y *Prumnopitys montana*; en el rango R3, la cantidad de individuos por parcela fue (24-30) y la cantidad de especies fue (8-11). En P1 se identificó 11 especies forestales arbóreas y arbustivas, las especies más abundantes fueron: *Berberis lutea* y *Hedyosmum luteynii*, escasas: *Clusia flaviflora*, *Escallonia sp.*, *Macleania sp.*, en total en la parcela se encontró 25 individuos. En P4, se contabilizó un total de 30 individuos: *Clusia flaviflora*, *Myrcianthes sp.*, y *Escallonia sp.*; en la P7 se encontró un total de 9 especies forestales con 29 individuos de los cuales 15 fueron arbustos, las especies características más abundantes dentro de la parcela fueron: *Berberis lutea*, *Cinchona mutissi*, *Macleania sp.* además presencia escasa: *Myrsine coriácea* (Tabla 3).

Tabla 3
Presencia de especies en los rangos NDVI

NDVI 0.45-0.57					NDVI 0.57-0.65					NDVI 0.65-0.81				
N.C.	D	# Ind			N.C.	D	# Ind			N.C.	D	# Ind		
		P3	P6	P9			P2	P5	P8			P1	P4	P7
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	A	1	2		<i>Hesperomeles ferruginea</i>	Ar	2		4	<i>Prumnopitys montana</i>	A	3	1	
<i>Myrsine andina</i>	Ar	6			<i>Miconia crocea</i>	A	4			<i>Aegiphila ferruginea</i>	A	3		
<i>Myrsine coriacea</i>	A	3			<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	V	1			<i>Ageratina dendroides</i>	Ar	2		
<i>Myrcianthes sp.</i>	A	3			<i>Prumnopitys montana</i>	A	2		2	<i>Berberis lutea</i>	Ar	4		5
<i>Symplocos sp.</i>	A		3		<i>Saurauia tomentosa</i>	Ar	5			<i>Cinchona mutissi</i>	A	2		4
<i>Gaiadendron punctatum</i>	Ar		4	2	<i>Nectandra sp.</i>	A	1			<i>Clusia flaviflora</i>	A	1		
<i>Berberis lutea</i>	Ar			1	<i>Weinmannia tomentosa</i>	A	2			<i>Escallonia sp.</i>	Ar	1	3	

<i>Ageratina dendroides</i>	Ar		4	<i>Aegiphila ferruginea</i>	A	5		<i>Macleania sp</i>	Ar	3	4
<i>Vallea stipularis</i>	A		2	<i>Ageratina dendroides</i>	Ar	2		<i>Gynoxys sp.</i>	A	1	
<i>Miconia pseudocentrophora</i>	Ar		1	<i>Macleania sp</i>	Ar	5		<i>Hedyosmum luteynii</i>	A	5	
<i>Hesperomeles ferruginea</i>	Ar		1	<i>Hedyosmum luteynii</i>	Ar	3	1	<i>Myrcianthes sp.</i>	A		3
				<i>Miconia bracteolata</i>	Ar	3		<i>Myrsine andina</i>	Ar		5
				<i>Miconia pseudocentrophora</i>	Ar	6	6	<i>Myrsine coriácea</i>	A		2 1
				<i>Myrcianthes sp.</i>	A	2		<i>Weinmannia tomentosa</i>	A		3
				<i>Aegiphila ferruginea</i>	A		2	<i>Gaiadendron punctatum</i>	A		4
				<i>Gynoxys sp.</i>	A		3	<i>Vallea stipularis</i>	A		6
								<i>Symplocos sp.</i>	A		2
								<i>Hesperomeles ferruginea</i>	Ar		3
								<i>Nectandra sp.</i>	A		4
								<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	A		3
								<i>Miconia pseudocentrophora</i>	A		3

D: Dose; A: arbóreo; Ar: Arbustivo

4. Conclusiones

La información del espectro electromagnético, las 5 bandas del sensor RapidEye y su resolución de (5x5)m establecieron la información necesaria para realizar un estudio de conservación a partir del NDVI. El uso de las 7 bandas de LandSat por su resolución de (30x30)m no puede diferenciar cambios mínimos en la cobertura, al momento de evaluar el rango NDVI obtenido en el bosque de 0.451 a 0.812, indicando que la vegetación es densa y vigorosa; el NDVI y los parámetros dasométricos permitieron concluir que el bosque de ceja andina muestra una clara degradación de este ecosistema en el periodo (2001-2014); esta pérdida se ha producido en la parte interna del bosque, donde se ubican las comunidades de Huangras y Jubal, las que aprovechan el bosque para luego usar los terrenos en agricultura.

Referencias bibliográficas

- Aguirre Mendoza, Z. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad, 82 p.
- Armenteras, D., Gast, F., & Villareal, H. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological*

Báez, S., Salgado, S., Santiana, J., Cuesta, F., Peralvo, M., Galeas, R., ... Toasa, G. (2010). Propuesta Metodológica para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental, 210.

Berlanga, C., García, R., López, J., & Ruiz, A. (2010). Patrones de cambio de coberturas y usos del suelo en la región costa norte de Nayarit (1973-2000) Land use and land cover change patterns in the north coast region of Nayarit (1973-2000), 72, 7–22.

Casa, A. De, & Ovando, G. (2007). Integración del NDVI y del ciclo fenológico de maíz para estimar el rendimiento a escala departamental en Córdoba , Argentina. *Agricultura Tecnica*, 67(4), 362–371. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072007000400004>

Chuvieco, E. (2006). Teledetección Ambiental: la observación de la tierra desde el espacio. *Ariel Ciencia*, 2(9788434480728), 524–562.

Crespo, A., & Pinos, N. (2007). Determinación del Rango de Variación del Índice de Vegetación con Imágenes Satelitales en Parque Nacional Cajas. *Dspace.Uazuay.Edu.Ec*, 90. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3281/1/10055.pdf>

Garc, E. (2007). Módulo VII: Sistemas de Información Geográfica y Teledetección ANÁLISIS VISUAL DE Índice.

Gonzaga, C. (2014). Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM + y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador, 103.

Lazo Pillaga, L. R. (2014). Evaluación De Métodos De Clasificación Basados En Píxeles Y En Objetos Para La Obtención De Mapas De Uso Y Cobertura Del Suelo a Partir De Imágenes Satelitales Rapideye, 32.

Lillesand, T., Kiefer, R., & Chipman, J. (2007). Remote sensing and image interpretation, 6.

Londoño, C., Cleef, A., & Madriñán, S. (2014). Angiosperm flora and biogeography of the páramo region of Colombia, Northern Andes. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 209(2), 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.11.006>

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). Métodos Básicos de muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)*, 92. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Negrete, S. (2014). Estudio Multitemporal de cambios de uso de suelo y cobertura vegetal en las reservas privadas del nodo noroccidental de Pichincha en los años 1989, 1999 Y 2013.

Reyes-Coca, S., & Troncoso-Gaytán, R. (2004). Modulación multidecenal de la lluvia invernal en el noroeste de Baja California. *Ciencias Marinas*, 30(1 A), 99–108. <https://doi.org/10.7773/cm.v30i11.117>

Rodríguez, M. Damián, D. Santillán, P. Recalde, C. Cargua, F. (2017). Forest biodiversity in Andean brow and its relation to the carbon content in the above-ground biomass. *Acta Agronómica*, 66, 35–41. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/acag.v66n1.52744> Forest

Romero, M. B. (2016). Evaluación del índice de vegetación de diferencia normalizada para determinar el estado de conservación del bosque de ceja andina sur occidental del parque nacional sangay, parroquia achupallas, canton alausí, provincia de chimborazo, 1–74.

Saavedra, F. E. (2010). Crisis ambiental y cambio climático en la política global: Un tema crecientemente complejo para américa latina. *Universum*, 25(2), 57–77. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79251502940&partnerID=40&md5=7a86bca287e12e44a999e467f94ae8f9>

Xavier, A. C., & Vettorazzi, C. A. (2010). Mapping leaf area index through spectral vegetation indices in a subtropical watershed. *Remote Sensing*, 25(9), 1661–1672.

1. Ingeniero Forestal. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Chimborazo. franklincargua@hotmail.com

2. MSc en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional. marviny_rodriguez@yahoo.es

3. Ingeniero Forestal. Facultad de Ingeniería. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. mabelem.romero@gmail.com

4. MSc en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional. psantillan@unach.edu.ec