

Evolución de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape de Tumbes utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): 2000 - 2014

Evolution of Vegetal Coverage in the Cerros de Amotape de Tumbes National Park using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): 2000 - 2014

Adán Campos F; Edwin Guerrero G; Eber Gines T*

Resumen

El Parque Nacional Cerros de Amotape Área Natural Protegida, ecosistema con alto valor natural con gran diversidad biológica sufre una fuerte presión, por el cambio climático, actividades antropogénicas, afectando sus áreas de cobertura vegetal (CV). Evaluar su evolución en el Parque Nacional Cerros de Amotape a través del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Aplicando técnicas de teledetección, mediante análisis multitemporal: 2000-2014, meses marzo a mayo, contrastando temperatura y precipitación. Clasificando valores NDVI: CV tipo 01, suelo sin CV o cuerpos de agua; CV tipo 02, suelo con CV mixta entre suelo desnudo, hierbas o arbustos; CV tipo 03, suelo con vegetación poco densa y la CV tipo 04 suelo con CV densa, suelos cubiertos por árboles y arbustos frondosos y vigorosos; con valores NDVI elevados, con tendencia negativa en su extensión y sustituida por coberturas con NDVI bajos, relacionados directamente con la ausencia precipitaciones pluviales y altas temperaturas, siendo más crítica por la extracción forestal, afectando su capacidad de resiliencia. Incrementándose la cobertura tipo 01, 02, 03, afectada por el pastoreo y agricultura, esta información es elemental, para la adecuada toma de decisiones en la protección y conservación del Parque Nacional.

Palabras clave: Teledetección; NDVI; Áreas Naturales; Cerros de Amotape.

Abstract

The Cerros de Amotape National Park Protected Natural Area, ecosystem with high natural value with great biological diversity suffers a strong pressure, due to climate change, anthropogenic activities, affecting its plant cover areas (CV). Evaluate their evolution in the Cerros de Amotape National Park through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Applying remote sensing techniques, using multitemporal analysis: 2000-2014, months March to May, contrasting temperature and precipitation. Classifying NDVI values: CV type 01, soil without CV or bodies of water; CV type 02, soil with mixed CV between bare soil, herbs or shrubs; CV type 03, soil with little dense vegetation and CV type 04 soil with dense CV, floors covered by trees and lush and vigorous bushes; with high NDVI values, with a negative tendency in its extension and replaced by coverage with low NDVI, directly related to the absence of rainfall and high temperatures, being more critical for forest extraction, affecting its resilience capacity. Increasing coverage type 01, 02, 03, affected by grazing and agriculture, this information is elementary, for proper decision making in the protection and conservation of the National Park.

Keywords: Remote sensing; NDVI; Natural Areas; Amotape Hills.

Universidad Nacional de Tumbes.

* Autor correspondiente: ebergines@gmail.com (E. Gines).

Recibido: 07 febrero 2018; Aceptado 02 abril 2018.

Introducción

El Parque Nacional Cerros de Amotape Área Natural Protegida, ecosistema con alto valor natural y de gran diversidad biológica sufre una fuerte presión, por el cambio climático, las actividades antropogénicas; deforestación, pastoreo y agricultura, afectando el área de CV densa, suelos cubiertos por árboles y arbustos frondosos y vigorosos cobertura vegetal, siendo necesario evaluar su tendencia, mediante técnicas de teledetección espacial, contrastarla con factores Precipitación y temperatura. Información desconocida o limitada, elemental para la toma de decisiones en su protección y conservación; Con el lema del presente año "La Tierra es valiosa. Invierte en ella", las Naciones Unidas recuerda que la tierra es un activo tangible con un valor cuantificable que se está perdiendo por culpa de la degradación. La celebración está centrada en motivar a los consumidores a que adopten un cambio en los bienes que compran y contribuir a desplazar las demandas del mercado hacia inversiones que mantengan las tierras, sin degradarlas. (FAO, 2018); Consistente en la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, que se traduce en la merma de la calidad física, química y biológica del suelo, la desertificación obedece básicamente al efecto combinado de las variaciones climáticas y las malas prácticas del hombre. (INFOR, 2018); Las aportaciones más destacadas de la teledetección espacial al estudio del medio ambiente es su capacidad para seguir procesos dinámicos, ya que las imágenes se captan por un sensor que observa la Tierra desde una órbita estable y repetitiva. (Chuvienco, 1998); La relación entre los indicadores de las funciones del bosque y el índice normalizado diferencial de la vegetación (NDVI, por su sigla en inglés). Este índice arroja valores estimados del «verdor» del bosque que resultan del análisis de datos obtenidos mediante satélite. Se parte de la premisa de que el NDVI representa un indicador de la salud vegetal porque la degradación de la

vegetación del ecosistema, es decir la mengua de su verdor, quedaría reflejada en el valor, más reducido, del NDVI. Por consiguiente, determinando la relación entre la magnitud de un indicador de varios eco sistemas forestales la biomasa aérea y el NDVI es posible hacer el seguimiento de los procesos de degradación (Meneses-Tovar, 2011); Los países precisan disponer de información sobre la degradación del bosque. Para determinar un orden de prioridades en la asignación de unos recursos humanos y financieros escasos destinados a la prevención de la degradación y a la restauración y rehabilitación de los bosques degradados, los países necesitan conocer los cambios que ocurren en el bosque. Esta información les permitirá supervisar la evolución de las alteraciones forestales, saber qué lugares están siendo afectados por la degradación, cuáles son sus causas y cuál es la gravedad de sus efectos (FAO, 2011), La escasa información de que se dispone acerca de este fenómeno es a menudo inadecuada, poco detallada, incompleta e incoherente, en particular cuando se refiere a zonas de jurisdicciones transfronterizas (Laestadius *et al.*, 2011); Los datos satelitales permiten recopilar una información coherente a nivel mundial que posteriormente puede ser analizada utilizando los mismos criterios para distintos momentos en el tiempo, de manera que puedan realizarse estimaciones más precisas sobre el cambio (Gerrand *et al.*, 2011); En España (Alatorre *et al.*, 2010), analizaron la evolución temporal y espacial de la dinámica vegetal sobre varias coberturas de suelo en el Pirineo central, España. Utilizado dos series temporales de NDVI, la primera corresponde al mes de Abril (inicio de primavera) y la segunda al mes de Agosto (final de verano). Las series fueron construidas a partir de imágenes Landsat TM y ETM+ para el periodo del 1984-2007. Teniendo como resultados un incremento del NDVI en el mes de marzo para las áreas vegetadas, mientras

que las áreas degradadas no se encontró ninguna variable climática o topográfica que explicara la tendencia negativa del NDVI, lo cual riesgo de erosión presentaron una tendencia negativa del NDVI. El incremento de las temperaturas mínimas durante el periodo de estudio fue el factor más importante para explicar el incremento del NDVI en las áreas vegetales se ha relacionado con los procesos de erosión acelerada que tienen lugar en la región (Pérez, 2012). Los estudios de cambios de uso de suelo y vegetación sirven de apoyo a los tomadores de decisiones para proponer mejores programas y políticas de manejo y conservación de los recursos naturales. En España (Jiménez, 2010), a través datos procedentes de imágenes satelitales y haciendo uso de herramientas SIG para el análisis y tratamiento de los datos, analizando las siguientes especies: Pinos (*Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea* y *Pinus nigra*) y encinas (*Quercus ilex*). Durante un periodo de 10 años comprendido entre el año 2000 y 2009, dando lugar durante el periodo de estudio a dos periodos de sequía, uno para el periodo 2001- 2002 y una sequía extrema en 2005, además de dos años con valores de precipitación cercanos a la normalidad y dos años catalogados como húmedos, 2008 y 2009, para lo cual determinaron que en el primer periodo de

estudio 2000-2004, los valores del IV presentan incrementos y descensos asociados a las variaciones en la meteorología, pero es durante el 2005 cuando el descenso se hace más notable. Los años posteriores a 2005 (año de mayor impacto de sequía) fueron catalogados de normales a secos, y los valores del IV experimentaron una subida paulatina, pero no es hasta el año 2008 (catalogado como año húmedo) cuando los dos géneros estudiados tuvieron una subida notable en sus valores de NDVI.; En Ecuador (Gonzaga, 2014), evaluó tres índices de vegetación, como estimadores de cambios de diferentes tipos de cobertura vegetal en la provincia de Loja al sur de Ecuador. Los índices empleados fueron: el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI, Índice de Estrés Hídrico MSI y el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo SAVI, aplicados a imágenes provenientes de dos sensores, Landsat 7 ETM+ y ASTER. Siendo necesario determinar, la evolución de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape de Tumbes en base al NDVI durante el periodo 2000-2014, determinar su tendencia y analizar la relación entre la evolución de la cobertura vegetal y datos meteorológicos como precipitación y temperatura; Comparar la tendencia de la cobertura vegetal con resultados del NDVI del Área Natural Protegida.

Material y métodos

Ubicación: Entre los Departamentos de Tumbes y Piura, entre los Distritos de Matapalo, Pampas de Hospital, San Jacinto, Tumbes, Casitas y Lancones en las Provincias: Zarumilla, Tumbes, Contralmirante Villar y Sullana, entre la coordenada E: 607932, N: 9611200 y la coordenada E: 489243, N: 9488979.

Se requirió imágenes Satelitales programa Espacial satélite landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI, fuente de información para el análisis es la base de datos de imágenes Landsat Orto rectificadas con cobertura global del Visor Global de Visualización (GLOVIS) del Servicio Geológico de los Estados Unidos de

Norteamérica (USGS); datos históricos de precipitación y temperatura, estación Meteorológica El Tigre, Proyecto Especial Binacional Puyango; Shapefile del Parque Nacional Cerros de Amotape (PNCA); Mapas de Zonificación del Parque nacional, del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP); software SIG; Sistema de Coordenadas: GCS WGS 1984 UTM Zone 17M; Datum Horizontal: WGS 1984; Navegador GPS: Marca: Garmin, especificaciones: eTrex Vista H; Hardware y Software GIS, Microsoft Windows, Google earth.

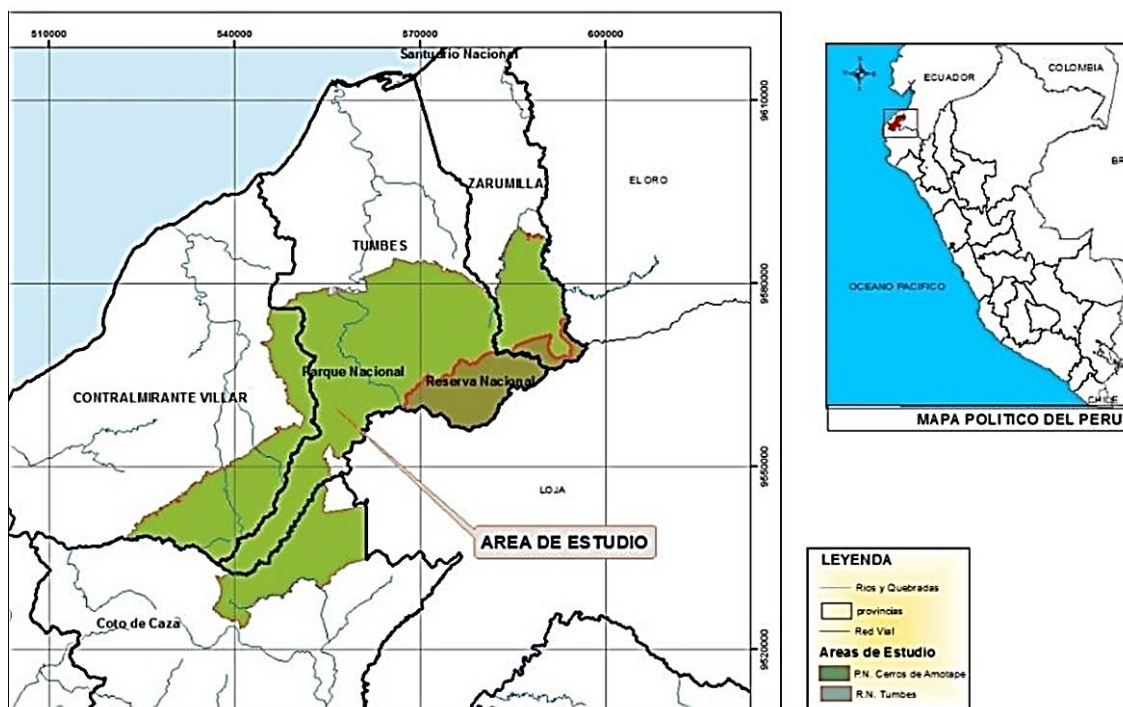


Figura 1. Ubicación Parque Nacional Cerros de Amotape Área Natural Protegida.

Metodología: Investigación Aplicativa de contrastación Descriptiva, en gabinete se obtuvo imágenes satelitales, de la plataforma Landsat, el periodo 2000 al 2014, para el análisis con imágenes Landsat Orto rectificadas con cobertura global del Visor Global de Visualización (GLOVIS) del Servicio Geológico de los Estados Unidos de Norteamérica (USGS), La proyección utilizada es UTM, WGS 84. Se acceso a la base de datos históricos plataforma Landsat, las imágenes satélites LANDSAT 7 ETM+, años (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013) y de LANDSAT 8 OLI, Para el año (2014); para el Pre procesamiento de imágenes satelitales: Selección y características de imágenes del nivel (L1T), con menor porcentaje de nubosidad, entre marzo y mayo, para análisis multitemporal de evolución de CV, con el shapefile de áreas naturales protegidas SERNAMP, se corrigió nubosidad, identificando secciones a ser enmascaradas y extraídas con la herramienta *extrac by mask*, y reemplazados áreas libres de nubosidad de una imagen más próxima con *Mosaic to New Raster*. Escenas de mayo del 2003 a 2014 del satélite LANDSAT 7 ETM+ presentan Gaps, franjas inclinadas hacia

la izquierda a 80° respecto a la horizontal por la rotación de la imagen, por falla del Corrector de Líneas de Exploración. (SLC), se corrigió, usando la herramienta *Gap-Fill*, es un Ajuste Lineal Local del Histograma, incluida en la caja de herramientas. Para el procesamiento de las imágenes satelitales y obtención del NDVI, se habilitó las imágenes aplicando el software Gis y sus extensiones, se utilizó la herramienta *ArcToolbox* seguido *Spatial Analyst* *tolos < Map Algebra < Raster Calculator*, se cargaron las bandas 3 y 4 para imágenes del LANDSAT 7 y las bandas 4 y 5 del LANDSAT 8, cuatro rangos para cuatro valores de NDVI, empleando fórmula:

- Caso LANDSAT 7:

$$NDVI = \frac{FLOAT("TM4" - "TM3")}{FLOAT("TM4" + "TM3")}$$

Dónde: **TM3:** banda 3, Rojo visible.

TM4: banda 4, Infrarrojo cercano.

- Caso LANDSAT 8:

$$NDVI = \frac{FLOAT("TM5" - "TM4")}{FLOAT("TM5" + "TM4")}$$

Dónde: **TM4:** banda 4, Rojo visible.

TM5: banda 5, Infrarrojo cercano.

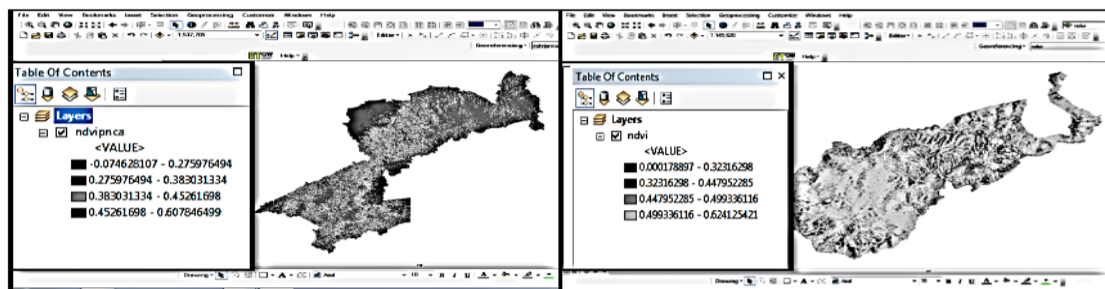


Figura 2. Imagen procesada de NDVI en escala de grises y con los valores correspondientes a cada tipo de cobertura.

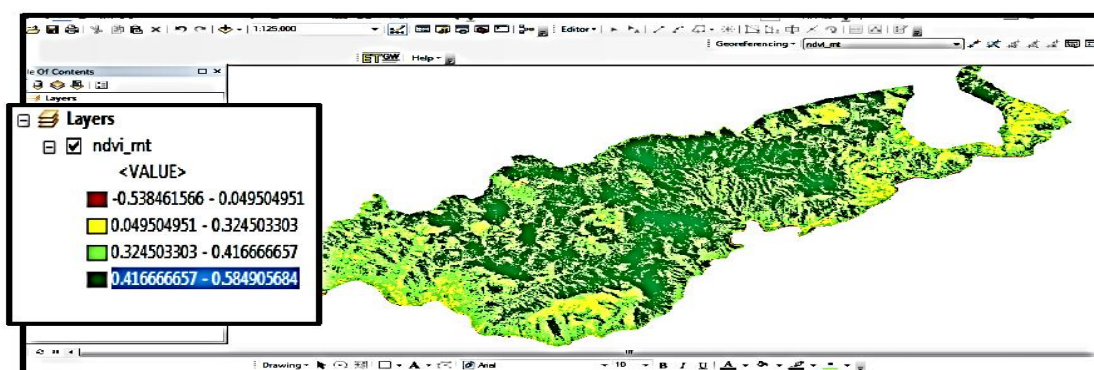


Figura 3. Reclasificación y asignación de colores a las cuatro categorías de NDVI.

Se obtuvo cuatro valores de NDVI por tipo de cobertura **Figura 2**, en una escala de grises donde el gris menos intenso corresponde a valores de NDVI más bajos y los grises más intensos con NDVI más elevados o próximos a 1.

Reclasificación, atribuyéndoles color a los píxeles en cada rango y facilitar la discriminación en cada tipo de cobertura, como se aprecia en la figura 3.

La Clasificación de CV y cálculo del área NDVI, se asignó nombre y color por clase según características de CV y al análisis In situ: Valores (rojo): más bajos del NDVI, CV tipo 01, Suelos sin cobertura vegetal (S.S.V), áreas sin CV, suelos desnudos, afloramientos rocosos o cuerpos de agua; Valores (amarillo): valores relativamente bajos, CV tipo 02, suelos con cobertura mixta (S.C.M), áreas por hierbas secas o en estrés hídrico, arbustos y pequeñas partes de suelo desnudos entre las hierbas y arbustos; Valores (verde puro): valores medios, CV tipo 03, suelo con vegetación poco densa (S.V.P.D), suelos cubiertos por árboles y arbustos de forma muy dispersa; Valores (verde estándar): valores más elevados,

CV tipo 04, suelo con vegetación densa (S.C.V.D), suelos cubiertos por árboles y arbustos frondosos y vigorosos.

El cálculo del área de cada tipo de CV, en base a la resolución espacial del sensor ETM+ Landsat 7 y OLI Landsat 8, en las bandas 3, 4 y 4, 5 con resolución espacial de 30m, cada píxel, área 900 m², con la herramienta identificador, se identificó y contabilizó los píxeles obteniendo la superficie de cada cobertura vegetal en hectáreas.

Determinación tendencia de la CV; determinada el área para el periodo de estudio, con análisis la regresión lineal entre el tiempo (variable x) y el área de cada cobertura (variable y) cuya fórmula es. $(y = bx+a)$, a partir del signo de la pendiente y el análisis de regresión se determinó los valores medios de la línea de tendencia y su respectiva proyección para cada tipo de cobertura; Fase de campo: se tomó puntos de control para corroborar in situ los resultados obtenidos mediante procesamiento del NDVI, en coordinación con el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNANP), para la autorización.

Resultados y Discusión

De la base de datos histórica plataforma de imágenes satelitales LANDSAT 7 ETM+, años (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013) y de LANDSAT 8 OLI, 2014; se procesó las imágenes satelitales, entre marzo y mayo, para análisis multitemporal

de evolución de CV, con el shapefile de áreas naturales protegidas SERNAMP, se corrigió nubosidad y gaps. Para el procesamiento de las imágenes satelitales y obtención del NDVI, se habilitó cuatro rangos para cuatro valores de NDVI (Figura 4).

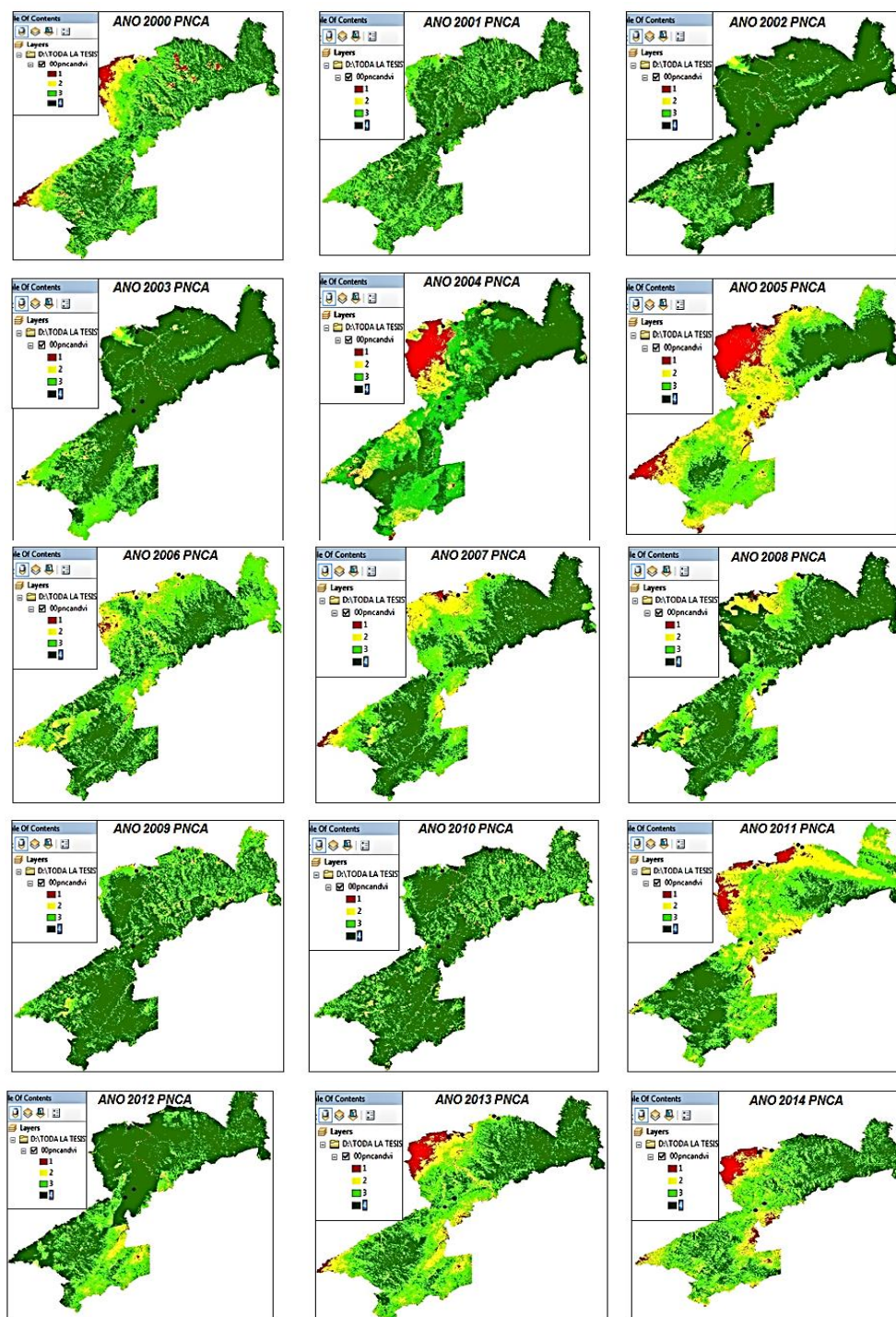


Figura 4. Serie NDVI P.N. Cerros de Amotape:2000-2014.

De la resolución espacial del sensor ETM+ Landsat 7 y OLI Landsat 8, bandas 3, 4 y 4, 5; resolución espacial: 30 m, cada pixel, área 900 m², se contabilizó los pixeles obteniendo la superficie de cada CV (Tabla 1) en hectáreas.

Determinada el área el periodo 2000-2014, con análisis la regresión lineal entre el tiempo y el área de cada cobertura a partir de la pendiente del análisis de regresión se determinó los valores medios de la línea de tendencia y su proyección para cada tipo de cobertura (Figura 5).

Cobertura Vegetal Tipo N° 01 (Suelo Sin Cobertura Vegetal-S.S.V); en 2003, se evidencio 503,37 ha, aumentando en

2005 alcanzo 20618,64 ha; años secos, con tendencia al 2025 de incremento de hasta de 32528,90 ha; Cobertura Vegetal Tipo N°02 (Suelo con CV mixta - S.C.M); en 2002 se evidencio 2236,77 ha y aumentando el 2005 a 43392,87 ha, años secos, con tendencia al 2025 de incremento hasta 73022,80 ha. Con tendencia mayor periodo 2008-2014; Cobertura Vegetal Tipo N°03 (Suelo con CV poco densa - S.V.P.D); en 2002, se evidencio 21192,3 ha y aumentando el 2006 a 65854,62 ha, después de un año seco, con tendencia positiva los suelo con CV TOPO 01,02,03, con ciclos irregulares de crecimiento, con tendencia al 2025 de incremento hasta 125721,50 ha.

Tabla 1. Superficie Tipos De CV P.N. Cerros de Amotape

AÑO	MESES	AREAS POR TIPO DE COBERTURA (ha)				TOTAL (ha)	METEREOLÓGICOS	
		S.S.V. T1 (ha)	S.V.M. T2 (ha)	S.V.P.D. T3 (ha)	S.V.D. T4 (ha)		TEMP. °C	PRECIP. (mm)
2000	Mar-May	4,966.92	15,185.07	59,542.56	71,853.93	151,548.48	25.70	101.40
2001	Mar-May	863.28	3,121.56	51,419.34	96,144.30	151,548.48	26.50	300.70
2002	Mar-May	544.77	2,236.77	21,192.30	127,574.64	151,548.48	26.60	3.30
2003	Mar-May	503.37	3,779.46	32,309.10	114,956.55	151,548.48	27.10	0.40
2004	Mar-May	11,890.62	19,359.09	49,611.69	70,687.08	151,548.48	27.40	53.10
2005	Mar-May	20,618.64	43,392.87	49,087.08	38,449.89	151,548.48	25.50	0.20
2006	Mar-May	1,435.68	16,950.33	65,854.62	67,307.85	151,548.48	26.40	112.10
2007	Mar-May	2,085.84	17,406.54	47,384.64	84,671.46	151,548.48	26.30	1.20
2008	Mar-May	968.31	10,844.28	38,077.47	101,658.42	151,548.48	25.30	12.70
2009	Mar-May	525.87	4,317.21	42,543.72	104,161.68	151,548.48	26.20	2.30
2010	Mar-May	598.59	3,296.25	38,743.11	108,910.53	151,548.48	27.30	218.10
2011	Mar-May	7,386.66	36,465.48	61,846.20	45,850.14	151,548.48	27.10	3.40
2012	Mar-May	624.06	7,817.94	35,996.85	107,109.63	151,548.48	27.20	190.30
2013	Mar-May	7,656.12	21,531.69	58,810.59	63,550.08	151,548.48	26.80	8.70
2014	Mar-May	8,924.49	23,474.07	62,529.48	56,620.44	151,548.48	29.30	13.75
AREA MEDIA(ha)		4,639.55	15,278.57	47,663.25	83,967.11			
AREA MAXIMA(ha)		20,618.64	43,392.87	65,854.62	127,574.64		29.30	300.70
AREA MINIMA(ha)		503.37	2,236.77	21,192.30	38,449.89		25.30	0.20
Tendencia 2025		32,428.90	73,022.80	125,721.50	59,650.00			

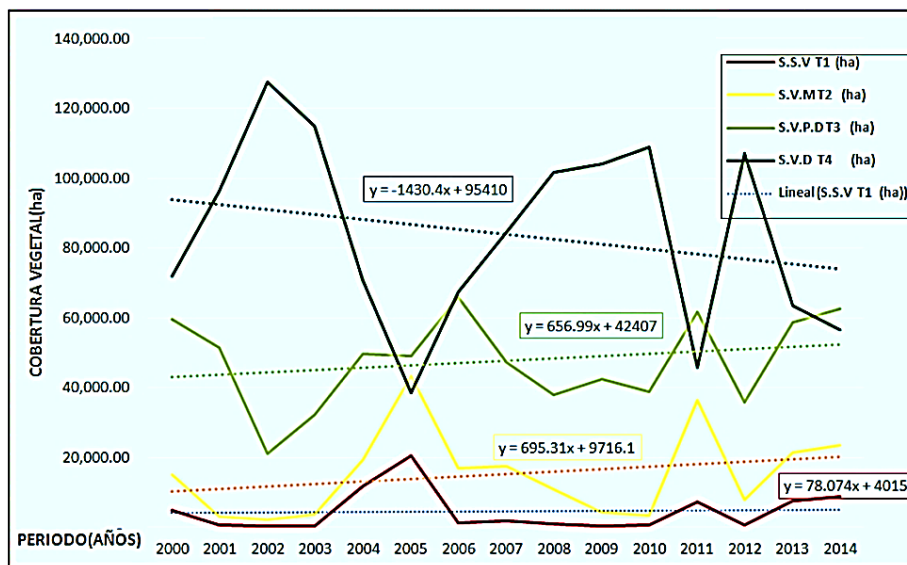


Figura 5. Tendencia de la CV 2000-2014 P.N. Cerros De Amotape.

Siendo la tendencia mayor en el periodo 2008-2014; Cobertura Vegetal Tipo N°04 (suelo con CV densa -S.V.D). en 2002 se evidencio 127574,64 ha y disminuyendo el 2005 a 38449,89 ha, después de un año seco con tendencia negativa con ciclos irregulares de crecimiento, con tendencia al 2025 de disminución hasta 83967,11 ha. Siendo la tendencia mayor en el periodo 2008-2014, siendo este tipo de CV, el más afectado ante el crecimiento de los tipos de cobertura vegetal 01, 02 y 03.

Mediante la aplicación de técnicas de teledetección a través del procesamiento de imágenes satelitales- NDVI el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), con procesamiento de imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8, se determinó el área y la evolución la cobertura vegetal durante un periodo de tiempo en el área de estudio. Diversas actividades alrededor de las cuencas hidrográficas de Besitang han cambiado la Cobertura del suelo e índice de vegetación (NDVI) que existen en la región. Para detectar cambios en Cobertura del suelo y NDVI de forma rápida y precisa, utilizamos tecnología de detección remota y Sistemas de información geográfica (SIG). El estudio tuvo como objetivo evaluar los cambios en la cobertura del suelo y densidad de vegetación (NDVI) entre 2005 y 2015 (Zaitunah *et al.*, 2018). Con respecto a ello López (2012) determinó que el procesamiento de imágenes satelitales es una herramienta importante que nos ayuda en la predicción de cambios de la vegetación y de localización de fenómenos como la desertificación y la erosión. Para hacer un buen análisis de la deforestación y de la degradación de los bosques se necesita establecer con claridad la diferencia entre ambos términos, entre los factores y las causas de base de estos procesos, así como entre los factores directos (por ejemplo, las distintas formas de agricultura) y los factores indirectos (como la construcción de infraestructura carretera de explotación forestal) (Lanly, 2003). En el

presente estudio periodo 2000-2014, desarrollada la cuantificación de aéreas y determinadas las tendencias de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape de Tumbes, se advierte la C.V.T. N°01 (Suelo Sin Cobertura Vegetal-S.S.V); el 2003, de 503,37 ha, aumento en 2005 alcanzando 20618,64 ha; años secos con tendencia positiva con ciclos irregulares de crecimiento, con tendencia al 2025 de crecimiento hasta de 32528,90 ha, la C.V. T. N°02 (Suelo con CV mixta - S.C.M). En 2002 se evidencio 2236,77 ha y aumentando el 2005 a 43392,87 ha, años secos con tendencia positiva con ciclos irregulares de crecimiento, con tendencia al 2025 de incremento hasta 73,022.80ha.; la C.V. T. N°03 (Suelo con CV poco densa - S.V.P.D); en 2002 se evidencio 21192,3 ha y aumentando el 2006 a 65854,62 ha, después de un año seco con tendencia positiva presentando ciclos irregulares de crecimiento, con tendencia al 2025 de incremento hasta 125,721.50ha; C.V. T. N°04 (suelo con CV densa -S.V.D).

En 2002 se evidencio 127574,64 ha. y disminuyendo el 2005 a 38449,89 ha, después de un año seco con tendencia negativa con ciclos irregulares decreciendo, con tendencia al 2025 de disminución hasta 83967,11 ha es decir, que las coberturas vegetales tipo 01, 02, 03, tienen una tendencia de crecimiento disminuyendo el áreas Tipo 04 que representan los suelos cubiertos por árboles y arbustos, que si bien se ven afectado la ausencia de precipitaciones pluviales, que concuerda con el estudio que realizó en España (Jiménez, 2010) donde evaluó el impacto de la sequía sobre la vegetación natural donde determino un periodo de sequía extrema en el año 2005, catalogado por NASA como el año más caluroso desde que se tienen registros de la temperatura.

Se puede verificar en campo la actividad de aprovechamiento forestal, en el área de suelo denso y actividades de pastoreo y agricultura que afectan el área de los suelos de tipo 01, 02 y 03.

Conclusiones

Se concluye que los tipos de C.V. T.N°01 (Suelo Sin Cobertura Vegetal-S.S.V); C.V. T. N°02 (Suelo con CV mixta - S.C.M); la C.V. T. N°03 (Suelo con CV poco densa - S.V.P.D); estos tres tipos de suelo presentan una tendencia positiva presentando ciclos irregulares de crecimiento; mientras que la C.V. T. N°04 (suelo con CV densa -S.V.D). Suelos cubiertos por árboles y arbustos frondosos y vigorosos, después de un año seco, presenta una tendencia negativa con ciclos irregulares creciendo negativo. afectados ante la ausencia de precipitaciones pluviales y años secos de hasta 29.30°; advirtiéndose una disminución dramática que estaría relacionada con la actividad de aprovechamiento forestal cuya capacidad de resiliencia es menor, afectando el equilibrio ecosistémico del P.N. Cerros de

Amotape; la tendencia de decrecimiento aun mayor, si consideramos el periodo 2008-2014, dando lugar al crecimiento de los otros tipos 01,02,03 de suelos desnudos cobertura vegetal mixtas o arboles menores, cuya capacidad de resiliencia es mayor, estos tipos de suelo se ven afectadas por el pastoreo y agricultura. Concluyendo finalmente, la capacidad de las herramientas de teledetección y el análisis del NDVI, es de suma importancia para ubicar, detectar, cuantificar y evaluar espacialmente y multi-temporalmente, zonas de mayor riesgo, información esencial para orientar las estrategias públicas, con la finalidad de tomar las medidas preventivas oportunas de protección y conservación, para mantener el equilibrio del ecosistema del Parque Nacional Cerros de Amotape.

Referencias bibliográficas

- Zaitunah, A.; Samsuri; Ahmad, A.G.; Safitri, R.A. 2018. Normalized difference vegetation index (NDVI) analysis for land cover types using Landsat 8 Oli in besitang watershed, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 126: conference 1.
- Gerrand, A.; Lindquist, E.; D'Annunzio, R. 2011. Un estudio por teledetección permite actualizar los cálculos de pérdidas de superficies forestales. Unasylva: Revista internacional de silvicultura e Industrias Forestales 238: 14-15.
- Chuvieco, E. 1998. El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. Revista de Teledetección 10: 1-9.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018. Invertir en la Tierra para evitar la degradación y la sequía. Noticia, Republica Dominicana: FAO.
- FAO. 2011. Medir la degradación del bosque. Editorial. Unasylva: Revista internacional de silvicultura e Industrias Forestales 238: 2.
- 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, Loja - Ecuador: Universidad Nacional de La Plata.
- INFOR, Instituto Forestal De Chile. 2018. Análisis de la degradación forestal en el marco de RED++. (Proyecto MIA): 03.
- Jiménez, N. 2010. Evaluación del impacto de la sequía sobre la vegetación natural mediante teledetección en el SE español. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Alatorre, L.C.; Beguería, S.; Vicente-Serrano, S.M. 2010. Análisis de la evolución espacio-temporal del NDVI sobre áreas vegetadas y zonas de riesgo de erosión en el pirineo central. Pirineos: Revista de Ecología de Montaña 165: 7-27.
- Laestadius, L.; Potapov, P.; Yaroshenko, A.; Turbanova, S. 2011. La alteración mundial de los bosques, desde el espacio. Unasylva: Revista Internacional De Silvicultura e Industrias Forestales 238: 8-15.

- Lanly, Jean-Paul. 2003. Los factores de la deforestación y de la degradación de los bosques. Quebec city. Canada: El XII World Forestry Congress 2003.
- Meneses-Tovar, C.L. 2011. El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque. *Unasylva: Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales* 238: 39-46.
- Pérez, R.; Cruz, G.; Moreno, F.; González, A.; Romero, E. 2012. Cambios de vegetación y uso de suelo en la Cuenca Río Bravo-San Juan, Coahuila (1993- 2008). *Rev. Mex. de Cienc. forestales* 3(10): 25-40.