



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA FORESTAL Y GESTIÓN AMBIENTAL
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL Y DEL MEDIO
AMBIENTE.**

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL
A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA
NORMALIZADA (NDVI) EN EL PARQUE NACIONAL CERROS DE
AMOTAPE Y LA RESERVANACIONAL DE TUMBES EN EL PERIODO
2000 – 2015”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
DEL MEDIO AMBIENTE**

EJECUTORES:

**Br. CAMPOS FLORES ADAN
Ejecutor**

**Br. GUERRERO GARCIA EDWIN
Ejecutor**

**TUMBES, PERÚ
2017**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA FORESTAL Y GESTIÓN AMBIENTAL
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL Y DEL MEDIO
AMBIENTE.**

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL
A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA
NORMALIZADA (NDVI) EN EL PARQUE NACIONAL CERROS DE
AMOTAPE Y LA RESERVANACIONAL DE TUMBES EN EL PERIODO
2000 – 2015”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
DEL MEDIO AMBIENTE**

Br. CAMPOS FLORES ADAN
Ejecutor

Br. GUERRERO GARCIA EDWIN
Ejecutor

DR. EBER GINES TAFUR
ASESOR

**TUMBES, PERÚ
2017**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA FORESTAL Y GESTIÓN AMBIENTAL
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL Y DEL MEDIO
AMBIENTE.



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL
A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA
NORMALIZADA (NDVI) EN EL PARQUE NACIONAL CERROS DE
AMOTAPE Y LA RESERVA NACIONAL DE TUMBES EN EL
PERIODO 2000 – 2015”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
DEL MEDIO AMBIENTE**

APROBADO POR:

DR. MIGUEL .A.PUESCAS CHULLY
PPRESIDENTE

ING. CESAR YOEL FEIJOO CARRILLO
SECRETARIO

Mg. JOSE.M. CARRILLO SARANGO
VOCAL

TUMBES, PERÚ
2017

DEDICATORIA

A nuestros padres y familiares quienes con su esfuerzo, trabajo y constante motivación hicieron de nosotros profesionales y personas de bien. También a todos nuestros profesores y amigos de la Universidad Nacional de Tumbes que de una manera y otra nos impulsaron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, por brindarnos la fortaleza y tenacidad para hacer realidad este sueño anhelado.

También a nuestros padres y familiares en general por apoyarnos en todo momento, por los valores que nos inculcaron, por darnos la oportunidad de tener una excelente educación en transcurso de nuestra vida y sobre todo por el ejemplo de vida a seguir.

A nuestros amigos y profesores por confiar y creer en nosotros y haber hecho de nuestra etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaremos.

A la Universidad Nacional de Tumbes por permitirnos formarnos y ser profesionales.

A nuestro asesor Dr. Heber Ginés Tafur por haber confiado en nuestro proyecto y brindarnos su apoyo y asesoramiento constante durante el proceso del presente proyecto de investigación.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización del presente trabajo.

INDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 12 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. | 15 |
| 1.1. Situación Problemática..... | 15 |
| 1.2. Problema de Investigación..... | 16 |
| 2. MARCO TEORICO..... | 17 |
| 2.1. Antecedentes de estudios. | 17 |
| 2.2. Bases teórico – científicas..... | 19 |
| 2.2.1. Fundamentos de la teledetección | 19 |
| 2.2.2. Aspectos Técnicos de las Imágenes Landsat..... | 20 |
| 2.2.3. Satélite LANDSAT 7 ETM+..... | 21 |
| 2.2.4. Aspectos Técnicos del Sensor ETM+ | 21 |
| 2.2.5. Satélite LANDSAT 8 OLI..... | 22 |
| 2.2.6. Aspectos Técnicos del Sensor OLI. | 23 |
| 2.2.7. Índice de Vegetación. | 24 |
| 2.2.8. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)..... | 25 |
| 2.2.9. Aplicaciones del NDVI. | 26 |
| 2.2.10. Parque Nacional Cerros de Amotape. | 27 |
| 2.2.11 Reserva Nacional de Tumbes. | 28 |
| 2.3. Definición de términos básicos | 28 |
| 2.4. Marco Legal | 30 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN. | 33 |
| 3.1. Localidad y Periodo de Ejecución. | 33 |
| 3.1.1. Lugar de ejecución: | 33 |
| 3.1.2. Periodo de ejecución | 34 |
| 3.2. Materiales y equipos. | 35 |
| 3.2.1. Materiales | 35 |
| 3.2.2. Equipos..... | 35 |
| 3.2.3. Material adicional..... | 35 |
| 3.2.4. Software | 36 |
| 3.3. Metodología..... | 36 |
| 3.3.1. Tipo de la investigación. | 36 |

| | |
|---|-----|
| 3.3.2. Fase de Gabinete..... | 36 |
| 3.3.3. Fase de campo. | 477 |
| 4. RESULTADOS | 48 |
| 4.1. Tendencia de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape en el periodo (2000 – 2015)..... | 48 |
| 4.2. Tendencia de la cobertura vegetal en la Reserva Nacional de Tumbes en el periodo 2000 – 2015..... | 59 |
| 4.3. Análisis de la relación que existe entre la evolución de la cobertura vegetal del Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes con precipitación y temperatura durante el periodo 2000-2015. | 72 |
| 4.4. Comparación de la evolución y tendencia de la cobertura vegetal entre el Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes. | 88 |
| 5. DISCUSIÓN..... | 90 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 92 |
| 7. RECOMENDACIONES..... | 93 |
| 8. BIBLIOGRAFIA..... | 94 |
| 9. ANEXOS..... | 96 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Características de las bandas LANDSAT 7 ETM+ | 21 |
| Tabla 2. Descripción de la Resolución espacial del sensor ETM+. | 22 |
| Tabla 3 Especificaciones de Productos LANDSAT 8 a Nivel 1 | 24 |
| Tabla 4. Distritos entre los que ubica el PNCA..... | 27 |
| Tabla 5. Parámetros de procesamiento estándar de las imágenes del nivel L1T..... | 37 |
| Tabla 6. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 en el periodo 2000 – 2015.. | 48 |
| Tabla 7. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 en el periodo 2000 – 2015.. | 51 |
| Tabla 8. Evolución de la cobertura vegetal tipo 03 en el periodo 2000 – 2015.. | 54 |
| Tabla 9. Evolución de la cobertura vegetal tipo 04 en el periodo 2000 - 2015..... | 57 |
| Tabla 10. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 en el periodo 2000-2015..... | 60 |
| Tabla 11. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 en el periodo 2000 – 2015.. | 63 |
| Tabla 12. Evolución de la cobertura vegetal tipo 03 en el periodo 200 – 2015.. | 66 |
| Tabla 13. Evolución de la cobertura tipo 04 en RNTUMB en el periodo 200 – 2015..... | 69 |
| Tabla 14. Comparación de la tendencia de cada una de las coberturas entre el PNCA y la RNTUMB. | 88 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio | 34 |
| Figura 2. Adquisición de las escenas desde la plataforma LANDSAT, distribuidas por El Servicio Geológico De Los EE.UU | 37 |
| Figura 3. Enmascaramientos para la corrección de las nubes y creación de la nueva imagen | 39 |
| Figura 4. Correcciones de líneas negras transversales (gaps) | 40 |
| Figura 5. Cargado de bandas y aplicación de la fórmula del NDVI..... | 41 |
| Figura 6. Imagen procesada de NDVI en escala de grises y con los valores correspondientes a cada tipo de cobertura..... | 42 |
| Figura 7. Reclasificación y asignación de colores a las cuatro categorías de NDVI | 43 |
| Figura 8. Clasificación y color correspondiente a cada tipo de cobertura vegetal..... | 45 |
| Figura 9. Determinación de la cantidad de píxeles correspondientes a cada cobertura vegetal..... | 46 |
| Figura 10. Corroboración de la cobertura vegetal Tipo 01 in situ del PNCA, sector Angostura | 50 |
| Figura 11. Corroboración de la cobertura vegetal tipo 02 in situ del PNCA, el Huasimo y Rica Playa..... | 53 |
| Figura 12. Verificación IN SITU de la cobertura vegetal tipo 03 del PNCA, Angostura y Rica Playa..... | 56 |
| Figura 13. Verificación IN SITU de la cobertura vegetal tipo 04 del PNCA, Hoyle..... | 59 |
| Figura 14. Verificación IN SITU de la cobertura vegetal tipo 01 de la RNTUMB, Zapayal | 62 |
| Figura 15. Verificación In Situ de la cobertura vegetal tipo 02 en la RNTUMB, sector Zapayal | 65 |
| Figura 16. Verificación In Situ de la cobertura vegetal tipo 03 en la RNTUMB, sector Zapayal | 68 |
| Figura 17. Verificación In Situ de la cobertura vegetal tipo 04 en la RNTUMB, sector Zapayal | 71 |

INDICE DE GRAFICOS

| | |
|---|----|
| Grafico 1. Tendencia de la cobertura Vegetal tipo 01 en el Parque Nacional Cerros de Amotape | 49 |
| Grafico 2. Tendencia de la cobertura Vegetal Tipo 02 en el parque nacional cerros de amotape..... | 52 |
| Grafico 3. Tendencia de la cobertura vegetal Tipo 03 en el Parque Nacional Cerros de Amotape | 55 |
| Grafico 4. Tendencia de la cobertura vegetal Tipo 04 en el parque nacional cerros de amotape..... | 58 |
| Grafico 5. Tendencia de la cobertura vegetal tipo 01 en la reserva nacional de Tumbes | 61 |
| Grafico 6. Tendencia de la cobertura vegetal tipo 02 en la Reserva Nacional de Tumbes | 64 |
| Grafico 7. Tendencia de la cobertura vegetal Tipo 03 en la Reserva Nacional de Tumbes | 67 |
| Grafico 8. Tendencia de la cobertura vegetal Tipo 04 en la Reserva Nacional de Tumbes | 70 |
| Grafico 9. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 con respecto a la precipitación | 72 |
| Grafico 10. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 con respecto a la temperatura | 73 |
| Grafico 11. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 con respecto a la precipitación | 74 |
| Grafico 12. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 con respecto a la temperatura | 75 |
| Grafico 13. Evolución en de cobertura vegetal tipo 03 con respecto a la precipitación..... | 76 |
| Grafico 14. Evolución de la cobertura vegetal tipo 03 con respecto a la Temperatura..... | 77 |
| Grafico 15. Evolución de la cobertura vegetal tipo 04 con respecto a la precipitación | 78 |
| Grafico 16. Evolución de la cobertura vegetal tipo 04 con respecto a la precipitación | 79 |
| Grafico 17. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 con respecto a la precipitación | 80 |
| Grafico 18. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 con respecto a la temperatura | 81 |
| Grafico 19. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 con respecto a la precipitación | 82 |
| Grafico 20. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 con respecto a la temperatura | 83 |
| Grafico 21. Evolución de la cobertura vegetal tipo 03 con respecto a la precipitación | 84 |
| Grafico 22. Evolución de la cobertura vegetal tipo 03 con respecto a la temperatura | 85 |
| Grafico 23. Evolución de la cobertura vegetal tipo 04 con respecto a la precipitación | 86 |
| Grafico 24. Evolución de la cobertura vegetal tipo 04 con respecto a la temperatura | 87 |

ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Lista de imágenes procesadas | 96 |
| Anexo 2. Calculo de pixeles correspondientes a cada tipo de cobertura vegetal..... | 97 |
| Anexo 3. Calculo de la superficie en metros cuadrados de cada tipo de cobertura vegetal..... | 98 |
| Anexo 4. Calculo de la superficie en hectáreas de cada tipo de cobertura vegetal | 99 |
| Anexo 5. Calculo de la tendencia de cobertura vegetal en Parque Nacional Cerros de Amotape. | 100 |
| Anexo 6. Calculo de la Tendencia de la Cobertura Vegetal en la Reserva Nacional de Tumbes | 104 |
| Anexo 7. Imágenes procesadas de ndvi para el parque nacional cerros de amotape | 108 |
| Anexo 8. Imágenes procesadas del ndvi en la reserva nacional de tumbes | 111 |
| Anexo 9. Data historica meteorológica | 114 |
| Anexo 10. Mapa de ubicación del área del trabajo | 117 |
| Anexo 11. Puntos de verificación en el parque Nacional Cerros de Amotape | 118 |
| Anexo 12. Puntos de verificación en la Reserva Nacional de Tumbes | 119 |
| Anexo 13. Galería fotografica | 120 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal objetivo evaluar la evolución de la cobertura vegetal mediante el análisis de una serie temporal del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en el Parque Nacional Cerros de Amotape y La Reserva Nacional de Tumbes en el periodo 2000 – 2015, trabajando con imágenes satelitales obtenidas de los satélites Landsat 7 y 8 con sensor ETM+, las cuales dichas imágenes corresponden a los meses de marzo y mayo de cada año. Para el pre procesamiento y procesamiento de las imágenes satelitales se utilizó el software ArcGis 10.2, sus extensiones y complementos, asimismo se trabajó con un registro histórico de datos de temperatura y precipitación obtenidas de estaciones hidrológicas y meteorológicas ubicadas dentro de las áreas naturales en estudio, estos datos meteorológicos fueron contrastados con la evolución y tendencia que presentan cada tipo de cobertura vegetal a lo largo de los 16 años, según los valores del NDVI se clasificaron cuatro tipos de coberturas vegetales, **cobertura vegetal tipo 01**, que se refiere al suelo sin cobertura vegetal o cuerpos de agua; **Cobertura vegetal tipo 02**, que se refiere al suelo con cobertura vegetal mixta entre suelo desnudo, hierbas o arbustos; **cobertura vegetal tipo 03**, que se refiere al suelo con vegetación poco densa y finalmente la **cobertura vegetal tipo 04** que se refiere al suelo con cobertura vegetal densa.

Los resultados obtenidos muestran una línea de tendencia positiva para los valores del NDVI en la cobertura de la Reserva Nacional de Tumbes, sin embargo en el Parque Nacional Cerros de Amotape presenta una línea de ligera tendencia negativa para los valores del NDVI, lo que significa que la vegetación densa a la que representan los valores de NDVI más elevados está disminuyendo para dar paso a otro tipo de coberturas con NDVI más bajos, todos estos cambios y tendencias tienen relación directa con las precipitaciones presentes en cada año.

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the evolution of vegetation cover by analyzing a time series of normalized difference vegetation index (NDVI) in the Cerros de Amotape National Park and the Tumbes National Reserve in the period 2000 – 2015, working with satellite images obtained from the Lands 7 and 8 satellites with ETM +, which said images correspond to the months of March and May of each year. For the pre-processing and processing of satellite images, ArcGis 10.2 software was used, its extensions and complements, we also worked with a historical record of temperature and precipitation data obtained from hydrological and meteorological stations located within the natural areas under study, these meteorological data were contrasted with the evolution and trend of each type of vegetation cover over the 16 years, según los valores del DNVI se clasificaron cuatro tipos de coberturas vegetal, vegetal cover type 01, that refers to the soil without vegetal cover or bodies of wáter; Vegetation cover type 02, which refers to soil with mixed vegetation cover between bare soil, grasses or shrubs; vegetal cover type 03, that refers to the soil with little dense vegetation and finally the vegetal cover type 04 that refers to the soil with dense vegetal cover.

The results obtained show a positive trend line for the NDVI values in the coverage of the Tumbes National Reserve, however in the Cerros de Amotape National Park presents a line of slight negative trend for the NDVI values, which means that the dense vegetation to which the higher NDVI values represent is decreasing to give way to other types of cover with lower NDVI, all these changes and trends are directly related to the rainfall present in each year.

INTRODUCCIÓN

Con el propósito de contribuir a la generación de información y que esta se integre como información útil para la planificación de acciones en protección y conservación mediante el monitoreo de la cobertura vegetal en las áreas Naturales Protegidas: Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes, es que se presenta este trabajo de investigación, ya que estas Áreas Naturales Protegidas presentan un ecosistema con un alto valor natural y de gran diversidad biológica por lo que es importante monitorear los cambios que ocurren en la cobertura vegetal ya que son indicadores importantes de la salud de ecosistema. Estos cambios pueden ser inducidos por variaciones climáticas o el incremento de la actividad humana como: Extracción de recursos forestales y la ganadería que a través del tiempo conducen a cambios en la cobertura vegetal y al fraccionamiento de sus ecosistemas, siendo estas áreas por sus características particularmente las más sensibles a estos cambios y por lo tanto las más afectadas en su composición vegetal.

Por otro lado la escasa información que existe en relación a la evolución y tendencia de la cobertura vegetal y su relación con otros parámetros ambientales como temperatura y precipitación en un determinado periodo de tiempo, impide conocer la situación actual en la que se encuentra la cobertura vegetal en dichas áreas y cuál es la tendencia, así mismo determinar aspectos importantes como la variación a través del tiempo limitan la toma de decisiones cuando se trata de la conservación.

Visto la importancia que representa conocer cuál ha sido la evolución de estos aspectos y parámetros, es que se propone en este trabajo realizar un análisis de la evolución y determinar cuál la tendencia de la cobertura vegetal, mediante el análisis temporal de índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) el cual se obtendrá mediante el procesamiento de imágenes satelitales en las que cada pixel contiene información de cada zona de la superficie en base a la reflectancia, en un periodo de 16 años que va desde el año 2000 al 2015.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. Situación Problemática.

El Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes son Áreas Naturales Protegidas por el Estado, que presentan un ecosistema con un alto valor natural y de gran diversidad biológica que a través del tiempo viene siendo sometido a una fuerte presión, tanto por el cambio en las condiciones climáticas, así como por el crecimiento de las actividades antropogénicas como: Extracción de recursos, ganadería y agricultura que a través del tiempo están conduciendo a grandes cambios en la cobertura vegetal y al fraccionamiento de sus ecosistemas, siendo estas áreas por sus características particularmente las más sensibles a estos cambios y por lo tanto las más afectadas en su composición vegetal.

Así mismo los ecosistemas que se encuentran en estas áreas son de singular importancia por albergar especies vegetales de origen amazónico en la costa del Perú por lo cual es importante conocer su evolución a través del tiempo.

Por otro lado la escasa información que existe en relación a la evolución de la cobertura vegetal y su relación otros factores ambientales como: Precipitación y temperatura en un determinado periodo de tiempo hasta la actualidad dentro del Parque Nacional Cerros de Amotape al igual que en la Reserva Nacional de Tumbes no permite conocer cuál es el estado actual, como han evolucionado y cuál es la tendencia de la cobertura vegetal en estas áreas, siendo esto un problema en la toma de decisiones cuando se trata de la protección y conservación de dichas áreas.

1.2. Problema de Investigación.

¿Cuál es la evolución de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes en base al NDVI durante el periodo 2000-2015 en los meses de Marzo-Mayo?

Teniendo en cuenta los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Determinar la tendencia de la cobertura vegetal, durante el periodo de estudio, en el Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes.
- ✓ Indicar la relación que existe entre la evolución de la cobertura vegetal, en el Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes, con datos meteorológicos (precipitación y temperatura) durante el periodo 2000-2015 en los meses de Marzo-Mayo.
- ✓ Comparar la tendencia de la cobertura vegetal del Parque Nacional Cerros de Amotape con la tendencia de la cobertura vegetal de la Reserva Nacional de Tumbes.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO.

2.1. Antecedentes de estudios.

A continuación, se describen algunos estudios en que en las que se han utilizado imágenes satelitales para realizar la evolución multi-temporal de la cobertura vegetal a través del NDVI, estudios realizados a nivel internacional, así como:

- **En España Alatorre, Beguería y Serrano (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.
- **En el centro de México López (2012)**, estudio el cambio en la vegetación (verdor) en una región del centro del país de México para las últimas dos décadas mediante el análisis de una serie temporal del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) de imágenes Landsat TM, donde determinaron tendencias positivas del NDVI en la mayor parte de la superficie; sin embargo las pendientes negativas fueron mayores, es decir los cambios negativos fueron más pronunciados. En cuanto a las diferentes coberturas vegetales, la

vegetación de climas secos y sub húmedos presento calores de tendencias negativos mayores que la vegetación de climas templados, asimismo determinaron que la investigación realizada proporciona una base para el análisis de los factores que influyen en los cambios en la cobertura vegetal y una herramienta para la predicción de cambios en la vegetación y la localización de fenómenos como la desertificación y la erosión.

- **En España Jiménez (2010)**, evaluó el impacto de la sequía sobre la vegetación natural, comprendiendo la zona de estudio la mitad este de la provincia de Albacete, el suroeste de cuenca y el oeste de valencia en España, 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. Concluyendo finalmente con los datos obtenido en el estudio, la capacidad de las herramientas de teledetección para detectar y

cuantificar la capacidad de las especies estudiadas para recuperación tras un evento de cambio en su medio.

- **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. Además se aplicaron técnicas de análisis espacial como kriging para establecer superficies climáticas, generadas a partir de datos de precipitación y temperatura para verificar la relación del vigor vegetal de las coberturas, dada por los valores de los índices de vegetación, con respecto a estas variables climáticas.

2.2. Bases teórico – científicas

Este capítulo pone en consideración los fundamentos científicos necesarios empleados como base para el desarrollo de este estudio, los mismos que han sido extraídos de investigaciones afines, revistas científicas y publicaciones en internet. De tal manera que aquellos lectores e investigadores interesados tengan una percepción clara de los términos que se manejaron como íconos en el proceso investigativo.

2.2.1. Fundamentos de la teledetección

La teledetección se define como el uso de sensores remotos con la finalidad de observar, medir y registrar la radiación electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre, y su posterior análisis y extracción de información. La materia, dependiendo de su volumen y superficie, puede interactuar y producir cambios en la radiación electromagnética incidente, tales como cambios en la magnitud, dirección, longitudes de onda y polarización, entre otros. Dichos cambios pueden ser detectados y registrados por medio de

imágenes creadas por sensores remotos. La interpretación de estas imágenes que permiten identificar las características de la materia que producen tales cambios en la radiación incidente. (López 2012). La radiación que llega a la tierra puede ser transmitida (es decir que pasa a través de la sustancia a otra), absorbida por una sustancia contribuyendo en gran parte a su calentamiento, dispersada (es decir desviada en varias direcciones), Reflejada (si la energía es devuelta sin sufrir modificaciones desde la superficie).

2.2.2. Aspectos Técnicos de las Imágenes Landsat.

LANDSAT (LAND=tierra y SAT= satélite) fue el primer satélite enviado por los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. Inicialmente se le llamó ERTS-1 (Earth Resources Technolog y Satellite) y posteriormente los restantes recibieron el nombre de LANDSAT.

La constelación LANDSAT está formada por 8 satélites que provenían, tanto conceptual como estructuralmente, de los satélites para fines meteorológicos Nimbus. Llevaron abordo diferentes instrumentos, siempre con la filosofía de captar mayor información de la superficie terrestre, con mayor precisión y a mayor detalle, de ahí sus mejoras radiométricas, geométricas y espaciales.

Las imágenes LANDSAT están compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, para aplicaciones geológicas y para el estudio de los recursos naturales. Estas bandas pueden combinarse produciendo una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones.

2.2.3. Satélite LANDSAT 7 ETM+

Landsat-7 fue diseñado para una vida útil de 5 años y tiene la capacidad de recolectar, así como transmitir hasta 532 imágenes por día. Se encuentra en una órbita Helio sincrónica, que significa que pasa siempre a la misma hora por un determinado lugar. Tiene visión de toda la superficie terrestre en un lapso de tiempo de 15 días, y realiza 232 órbitas. El peso del satélite es de 1973 Kilogramos, mide 4.04 metros de largo, y 2.74 metros en diámetro. A diferencia de sus antecesores, Landsat 7 posee una capacidad de almacenamiento de 378 gigabytes, equivalente alrededor a 100 imágenes, este satélite está compuesto por el sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Este sensor es el más empleado en aplicaciones agrícolas, forestales, usos del suelo, hidrología, recursos costeros y monitorización medioambiental. Sobre todo está ligado a estudios territoriales en los que el parámetro fundamental es el medio ambiente.

2.2.4. Aspectos Técnicos del Sensor ETM+

a) Resolución radiométrica.

El sensor ETM+ dispone de lectura en ocho canales o bandas situadas en distintas zonas del espectro electromagnético.

Tabla N° 01- Características de las bandas LANDSAT 7 ETM+

| BANDA N° | RANGO ESPECTRAL (µm) | LINEAS DE DATOS POR ESCANER | LONGITUD DE LINEAS (bytes) | BITS POR PIXEL |
|----------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------|
| 1 | 450 – 515 | 16 | 6,600 | 8 |
| 2 | 525 – 605 | 16 | 6,600 | 8 |
| 3 | 630 – 690 | 16 | 6,600 | 8 |
| 4 | 775 – 900 | 16 | 6,600 | 8 |
| 5 | 1.550 - 1.750 | 16 | 6,600 | 8 |

| | | | | |
|---|---------------|----|--------|---|
| 6 | 10.40 - 12.50 | 8 | 3,300 | 8 |
| 7 | 2.090 - 2.35 | 16 | 6,600 | 8 |
| 8 | 520 – 900 | 32 | 13,200 | 8 |

Fuente: Elaboración propia.

b) Resolución Espacial

La resolución espacial cuantifica el tamaño de pixel, mínima unidad de medida del territorio, que es capaz de definir la lectura de las bandas del sensor.

Tabla N° 02. Descripción de la Resolución espacial del sensor ETM+.

| BANDA NUMERO | RANGO ESPECTRAL (µm) | ZONA DEL ESPECTRO | RESOLUCION EN EL TERRENO |
|--------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 1 | 450 – 515 | Visible-Azul | 30 |
| 2 | 525 – 605 | Visible- Verde | 30 |
| 3 | 630 – 690 | Visible- Rojo | 30 |
| 4 | 775 – 900 | Infrarrojo Próximo (Visible) | 30 |
| 5 | 1.550 - 1.750 | Infrarrojo Lejano | 30 |
| 6 | 10.40 - 12.50 | Térmico Lejano | 30 |
| 7 | 2.090 - 2.35 | Térmico Próximo | 30 |
| 8 | 520 – 900 | Prácticamente todo el Visible | 15 |

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5. Satélite LANDSAT 8 OLI

Landsat 8 fue lanzado el 11 de febrero de 2013, de la Base Aérea de Vandenberg, California, en un cohete Atlas-V 401, con el carenado de carga útil extendido (EPF) de United Launch Alliance, LLC. La carga útil del satélite Landsat 8 consta de dos instrumentos científicos: el Operational Land Imager (OLI) y el Thermal Infrared Sensor (TIRS). Estos dos sensores proporcionan cobertura estacional de la masa terrestre global con una resolución espacial de

30 metros (visible, NIR, SWIR); 100 metros (térmica); y 15 metros (panchromatic).

Landsat 8 fue desarrollado como una colaboración entre la NASA y la US Geological Survey (USGS). La NASA lideró las fases de diseño, construcción, lanzamiento y calibración en órbita, durante el cual el satélite fue llamado la Misión de Continuidad de Datos del Landsat (LDCM). El 30 de mayo de 2013, USGS tomó las operaciones de rutina y el satélite se convirtió en Landsat 8. USGS lleva a cabo actividades de calibración después del lanzamiento, operaciones de satélites, generación de datos y archivo de datos en el Centro de Observación y Ciencia de Recursos Terrestres (EROS).

2.2.6. Aspectos Técnicos del Sensor OLI.

El sensor Operational Land Imager (OLI) avanza en la tecnología de sensores Landsat, utilizando un enfoque demostrado ya por el sensor Advanced Land Imager ubicado en el satélite experimental de la NASA Observing- 1 (EO-1). En el comienzo los satélites Landsat estaban equipados con sensores "whiskbroom" los cuales empleaban espejos de exploración como instrumentos visión para barrer el campo espectral a través de un ancho de banda superficial y transmitir la luz a unos detectores. Sus imágenes tienen una resolución espacial de 49 pies (15 m) pancromáticas y 98 pies (30 metros) (incluido el visible, infrarrojo cercano y el infrarrojo de onda corta) a lo largo de 115 millas (185 kilómetros) de ancho de imagen, cubriendo así amplias zonas de la tierra mientras que proporciona una resolución suficiente como para distinguir las características tales como centros urbanos, granjas, bosques y otros tipos de cubiertas del suelo.

Tabla 03. Especificaciones de Productos LANDSAT 8 a Nivel 1

| | |
|-------------------------------|--|
| Procesamiento: | Nivel 1 T-Corrección geométrica |
| Tamaño de píxel: | Bandas OLI multiespectrales 1-7,9: 30-metros Banda OLI pancromática 8: 15-metros Bandas TIRS 10-11: tomadas en 100 metros, pero remuestreadas a 30 metros para que coincida con las bandas multiespectrales de OLI |
| Características de los datos: | <ul style="list-style-type: none"> • Formato de datos Geo TIFF • Re muestreo por convolución cúbica (CC) • Norte arriba (MAP) de orientación • Proyección cartográfica: Universal Transversal Mercator (UTM) (estereográfica polar de la Antártida) • Datum al Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84 • 12 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para OLI • 41 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para TIRS • Los valores de píxel en 16 bits |
| Entrega de datos: | Archivo comprimido .Tar.gz y de descarga a través de HTTP |
| Tamaño de archivo | Aproximadamente 1 GB (comprimido), aproximadamente 2 GB (sin comprimir) |

Fuente: USGS. **2013.**

2.2.7. Índice de Vegetación.

Debido al desarrollo de los sensores satelitales es posible obtener información de la superficie terrestre y monitorear los cambios en la estructura vegetal. Con los sistemas de información geográfica (SIG) es posible realizar transformaciones de las imágenes satelitales para destacar algunos de los atributos fenológicos de la biomasa vegetal.

Existen diversos Índices de vegetación, y todos tienen como base el contraste de los valores de reflectancia y absorción de las radiaciones rojas ($60 \mu\text{m}$ - $70 \mu\text{m}$) e infrarroja ($70 \mu\text{m}$ – $90 \mu\text{m}$). Estos índices son en el índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y en Índice de vegetación mejorado (EVI), que proporcionan una representación del grado de verdor de una cobertura vegetal, con lo que es posible hacer deducciones precisas acerca del funcionamiento de la vegetación (López 2012).

2.2.8. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) por sus siglas en inglés, fue desarrollado por Rouse et al. (1974), y desde entonces ha sufrido algunas adaptaciones para mejorar su exactitud. Al igual que los demás índices de vegetación, el NDVI se calcula usando la reflectancia de las regiones Roja e Infrarroja del espectro electromagnético. Pero respecto a otros índices de Vegetación, el NDVI tiene la ventaja de tener gran sencillez de cálculo y de facilitar la interpretación directa de los parámetros biofísicos de la vegetación.

Uno de los índices más usados para estudios de monitoreo de la vegetación es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), con el cual obtener una clasificación de las diferentes coberturas de una zona y permite diferenciar la vegetación vigorosa o activa de la vegetación senescente o enferma, mediante el contraste de la cantidad de luz visible (60 μm – 90 μm) que es reflejada por la vegetación verde. El NDVI ha sido ampliamente utilizado para la identificación de zonas prioritarias para conservación, problemas como erosión o desertificación, presencia de plagas y monitoreo de zona agrícolas.

El fundamento del índice es el contraste que se genera entre la reflectancia de las radiaciones roja e infrarroja. La vegetación senescente refleja más energía en el rojo visible, la vegetación vigorosa refleja más energía en el infrarrojo cercano. Un mayor contraste entre ambas bandas es indicativo de una vegetación de una mayor actividad fotosintética. Por lo tanto, un valor alto del NDVI será indicativo de una alta actividad fotosintética (López 2012). En cambio, cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés su reluctancia de las radiaciones roja e infrarroja disminuye, por lo tanto

el contraste entre ambas bandas es menor al mostrado por la vegetación vigorosa (Soria y Granados, 2005).

El cálculo del NDVI implica el uso de una simple fórmula con dos bandas, el Infrarrojo Cercano (NIR) y el rojo (RED).

Fórmula para calcular el NDVI

$$\text{NDVI} = (\text{IRc} - \text{R}) / (\text{R} + \text{IRc}).$$

Dónde: IRc es la región del infrarrojo cercano en el espectro electromagnético (0.76 μm – 0.90 μm) y R es la región del rojo visible (0.63 μm – 0.69 μm). Los valores que arroja este índice se encuentran dentro del rango -1 a 1. Los valores altos del NDVI son indicativo de una alta actividad fotosintética de la cobertura vegetal.

2.2.9. Aplicaciones del NDVI.

EL Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada posee numerosas aplicaciones, desde enfermedades en la vegetación pasando por el uso del suelo, porcentaje de cobertura vegetal, planificación de áreas verdes, medición del stress hídrico hasta la productividad de los cultivos (Cecenque 2013).

Ejemplos.

- Planificación de la agricultura en determinados lugares con condiciones específicas.
- Calidad y salinización del recurso hídrico.
- Recursos naturales no renovables.
- Tipo de riego y sus efectos en la producción y vigorosidad de la vegetación.
- Deforestación del bosque nativo
- Áreas inundables.
- Erosión de tierras productivas.

2.2.10. Parque Nacional Cerros de Amotape.

El parque nacional cerros de amotape por su geografía le permite albergar una gran diversidad de poblaciones bióticas y ecosistemas en consecuencia una gran diversidad de especies endémicas reconocidas por personalidades a nivel regional, nacional y mundial.

El Parque Nacional Cerros de Amotape es la zona núcleo de la reserva de biosfera del Nor Oeste declarada el primero de marzo de 1977, se ubica en la zona de endemismo tumbesino , y forma parte de esas áreas naturales protegidas limítrofes internacionalmente, la cual la hace un área especial al tatar sus problemas y amenazas.

La protección de los ecosistemas del parque nacional se direcciona hacia ecosistemas únicos como el caso de bosque seco de Piura y Tumbes haciendo de ella una de las pocas áreas naturales protegidas que alberga esta ecorregión.

Uno de los principales conflictos que tiene el área natural protegida, es que en su interior se ubica el caserío de Teniente Astete, quienes han logrado en la actualidad mejorar sus servicios básicos y han continuado con sus actividades agropecuarias.

El parque nacional cerros de amotape cuenta con una superficie de 151561.27 ha y se encuentra se encuentra ubicado entre los siguientes distritos:

Tabla N° 04. Distritos entre los que ubica el PNCA

| DISTRITO | PROVINCIA | DEPARTAMENTO |
|--------------------|-----------------------|--------------|
| Zorritos | Contralmirante Villar | Tumbes |
| Casitas | Contralmirante Villar | Tumbes |
| Pampas de Hospital | Tumbes | Tumbes |

| | | |
|-----------------------|-----------|--------|
| San Jacinto | Tumbes | Tumbes |
| San Juan de la Virgen | Tumbes | Tumbes |
| Matapalo | Zarumilla | Tumbes |
| Lancones | Sullana | Piura |

Fuente: *Elaboración propia.*

2.2.11. Reserva Nacional de Tumbes.

La Reserva Nacional de Tumbes se encuentra localizada entre dos ecosistemas de importancia mundial por su endemismo y por contener áreas de importancia en aves conocido IBAs, estos ecosistemas son el bosque seco ecuatorial y bosque tropical del pacifico, las mismas que soportan una fuerte presión por factores antrópicas siendo la principal los incendios forestales, la ganadería, tala de especies foréstale, caza y captura de especies de fauna silvestre, que ocasionan la reducción de los bosques tropicales fragmentación de hábitats, degradación de los recursos naturales y disminución de fauna silvestre.

Se encuentra ubicado entre los distritos de Matapalo y Pampas de Hospital de las provincias de Zarumilla y Tumbes respectivamente, departamento de Tumbes y cuenta con una superficie de 19266.72 ha.

2.3. Definición de términos básicos

- **Actividades antropogénicas:** Cualquier acción o intervención realizada por el ser humano sobre la faz del planeta. Son actividades antrópicas, por ejemplo: la deforestación, la pesca, la agricultura, la mayoría de las emisiones de gases de carbono a la atmósfera (de origen fabril, vehicular, etc.)
- **Área natural protegida:** Un Área Natural Protegida (ANP) es una porción de territorio (terrestre o acuático) cuyo fin es conservar la biodiversidad representativa de los ecosistemas para asegurar el

equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos y cuyas características no han sido esencialmente modificadas.

- **Cambio climático:** se define como la modificación del clima a grandes escalas de tiempo, usualmente décadas, y en relación a períodos históricos comparables, debido a causas naturales, externas o internas a la tierra, o antrópicas, y con ocurrencias en el pasado geológico.
- **Cobertura vegetal:** La cobertura vegetal puede se define como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales.
- **Diversidad biológica:** La biodiversidad o diversidad biológica es, según el Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica, el término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución según procesos naturales y también de la influencia creciente de las actividades del ser humano. La biodiversidad comprende igualmente la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie (diversidad genética) que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones con el resto del entorno fundamentan el sustento de la vida sobre el mundo.
- **Ecosistema:** Un ecosistema es un sistema natural formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo). Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat.

- **Evolución temporal de la vegetación:** se refiere al comportamiento que ha presentado la vegetación de una determinada área, en un periodo de tiempo determinado.
- **Tendencia de la cobertura vegetal:** se refiere a una dirección o secuencia de sucesos que presenta la cobertura vegetal en un determinado periodo, que nos permite predecir y revelar como se comportara en el futuro.
- **Conservación:** se refiere al conjunto de acciones a nivel personal o institucional para mejorar y mantener las características naturales de los ecosistemas naturales.
- **NDVI:** se refiere al índice de vegetación de diferencia normalizada, también conocido como **NDVI** por sus siglas en inglés, es un índice de vegetación que se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.
- **Factores ambientales o condiciones ambientales:** se refiere a la relación entre los seres vivos y el ambiente, ya que el ambiente influye sobre sobre los seres vivos y estos sobre el ambiente y otros seres vivos, estos factores determinan las adaptaciones, variedades y la distribución de los seres vivos sobre la tierra.

2.4. Marco Legal

a. Constitución Política del Perú. Del 29 de diciembre de 1993.

La Constitución Política del Perú, en su artículo 2 inc. 22, establece en un nivel de jerarquía legal mayor, otorga expresamente la categoría de derecho fundamental de la persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

b. Ley General del Ambiente N° 28611. Del 13 de octubre de 2005.

Establece en el artículo I que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje y la naturaleza.

c. Decreto Supremo N° 012-2009 Política Nacional del Ambiente.

El reglamento, en su artículo 9 promueve en su objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona.

d. Ley de áreas naturales protegidas N° 26834.

En el artículo 29°, el estado reconoce la importancia de las áreas naturales protegidas – ANP, para el desarrollo de la investigación científica básica y aplicada, la misma que solo será autorizada si su desarrollo no afecta los objetivos primarios de conservación del área natural protegida en la cual esta se lleve a cabo y se respete el plan maestro y condiciones establecidas por el plan maestro.

e. Decreto supremo N° 016 – 2009 MINAM.

Aprueba el plan director de las áreas naturales protegidas , señala que la investigación científica es considerada como uno de los objetivos de creación de las áreas naturales protegidas y como una actividad inherente al sistema nacional de áreas naturales protegidas por el estado – SINAMPE y su gestión.

f. Decreto supremo N° 010 – 2015 – MINAM.

Publicada el 23 de setiembre de 2015, se declara de interés nacional el desarrollo de investigaciones al interior de las áreas naturales protegidas de administración nacional, determinándose su gratuidad, así como los

procedimientos de aprobación automática y de evaluación previa para su otorgamiento.

g. Resolución Presidencial N° 287 – 2015 – SERNAMP.

Del 23 de diciembre del 2015, se aprueban las disposiciones complementarias de la ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, estableciendo las normas y lineamientos que regulan las investigaciones realizadas al interior de las Áreas Naturales Protegidas.

h. Resolución ministerial N° 35 – 2017 – MINAM.

Del 03 de febrero del 2017, se modifica, entre otros, el procedimiento N° 4 del texto único de procedimientos administrativos - TUPA del SERNAM, aprobado por decreto supremo N° 002 – 2012 – MINAM.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.

3.1. Localidad y Periodo de Ejecución.

3.1.1. Lugar de ejecución:

El presente trabajo de investigación se realizó entre los departamentos de Tumbes y Piura, puesto que las áreas de estudio se ubican entre los departamentos y en los distritos que a continuación se detallan:

| | |
|----------------------|---|
| Distritos | : Matapalo, Pampas de Hospital, San Jacinto, Tumbes, Casitas y Lancones |
| Provincias | : Zarumilla, Tumbes, Contralmirante Villar y Sullana. |
| Departamentos | : Tumbes y Piura |
| Coordenadas | : El área de estudio se encuentra entre las siguientes Coordenadas UTM con DATUM WGS'84 Zona 17, hemisferio Sur: E: 607932, N: 9611200 - E: 489243, N: 9488979. |

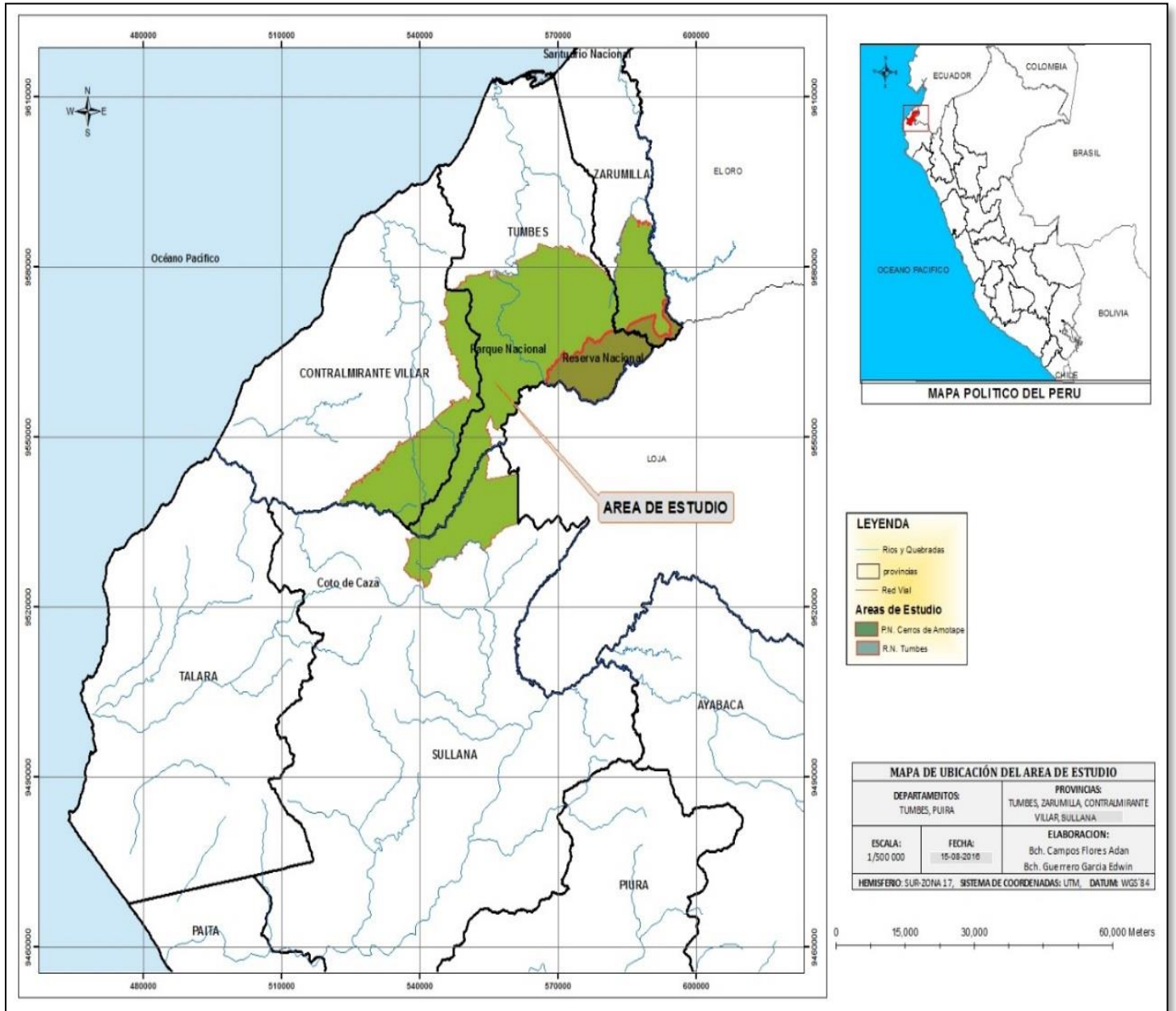


Figura N° 01: Mapa de ubicación del área de estudio

3.1.2. Periodo de ejecución

Fecha de inicio : Diciembre 2015

Fecha de culminación : Agosto 2017

3.2. Materiales y equipos.

3.2.1. Materiales

- Data histórica (16 años) de imágenes satelitales, del satélite landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI.
- Data histórica de datos de precipitación (16 años)
- Data histórica de datos de temperatura (16 años)
- Shapefile del Parque Nacional Cerros de Amotape-PNCA y la Reserva Nacional de Tumbes- RNT.
- Mapa de ubicación y zonificación del Parque Nacional Cerros de Amotape y de la Reserva Nacional de Tumbes

3.2.2. Equipos.

- **Navegador GPS**

Marca : Garmin.

Especificaciones : eTrex Vista H.

- **Cámara digital**

Marca : Sony.

Especificaciones : Modelo DSC-WX300 de 18.0 MP.

- **Impresora**

Marca : Epson.

Especificaciones : Modelo L555, Multifunción con sistema continuo.

- **Laptop**

Marca : HP.

Especificaciones : Intel Core i5.

3.2.3. Material adicional

- Machete.
- Marcador.
- Libreta de Apuntes.
- Lápiz y lapiceros.

3.2.4. Software

- ArcGis 10.2.
- Microsoft Word 2013.
- Microsoft Excel 2013.
- Microsoft Word PowerPoint 2013.
- Google earth.

3.3. Metodología.

3.3.1. Tipo de la investigación.

Según el fin que persigue : Aplicada.
Según la técnica de contrastación : Descriptiva

3.3.2. Fase de gabinete.

a. Obtención de imágenes satelitales

Las imágenes fueron adquiridas de la plataforma Landsat, ya que estas brindan alta resolución espacial y espectral durante un periodo histórico largo, por este motivo la 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**). Esta base de datos antes mencionada cuenta con acceso libre. Las imágenes adquiridas son de un tipo: (L1T), Nivel 1 con efectos topográficos de terreno corregidos, pertenecientes a la categoría de colección 01, El propósito de las categorías de Colección es apoyar la identificación rápida y fácil de escenas adecuadas para el análisis de nivel de píxeles de series temporales, La proyección de las imágenes es el sistema de la Cuadrícula Universal de Mercator (UTM), WGS 84 (ver tabla 05).

Tabla N° 05. Parámetros de procesamiento estándar de las imágenes del nivel L1T.

| TIPO DE PRODUCTO | L1T TERRENO CORREGIDO |
|--------------------------|---|
| Método de remuestreo | Convección cúbica (CC) |
| Proyección del Mapa | UTM - WGS 84 Polar Stereographic para el continente de la Antártida. |
| Orientación de la imagen | Mapa (North Up) |

Fuente: USGS.2

Para tener acceso a la base de datos históricos y actualizados de la plataforma Landsat y realizar la adquisición de las imágenes fue necesario registrarse y crear una cuenta de usuario con su respectiva clave, aceptando las condiciones impuestas por la Glovis USGS, acerca del uso de las imágenes facilitadas por dicho agencia, de donde se realizó la respectiva descarga ,(ver figura N°02) , las imágenes que se obtuvieron son de los satélites **LANDSAT 7 ETM+**, para los años (200, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015) y de **LANDSAT 8 OLI**, Para el año (2014).

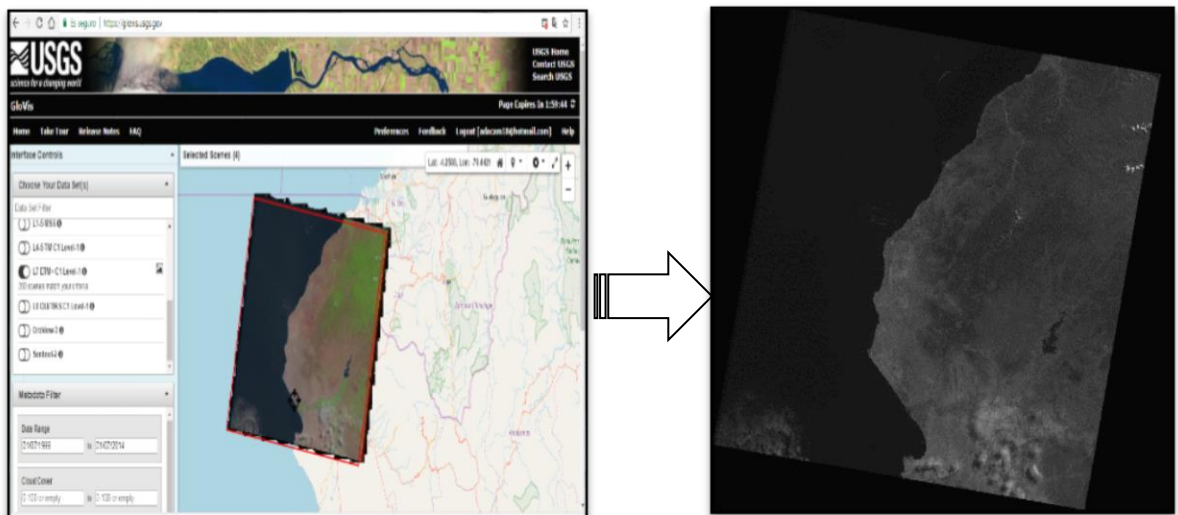


Figura 02. Adquisición de las escenas desde la plataforma LANDSAT, distribuidas por El Servicio Geológico De Los EE.UU

b. Pre procesamiento de imágenes satelitales.

➤ **Selección de las imágenes.**

Para la selección de las imágenes se tomó en cuenta las características de las imágenes del nivel (L1T), Teniendo en cuenta aquellas imágenes que presenten menor porcentaje de nubosidad dentro de los polígonos de trabajo, y que dichas imágenes estén comprendidas entre los meses de marzo y mayo, ya que esta fue la época elegida para realizar el presente estudio por ser periodo de lluvia y así obtener datos históricos de la evolución de la cobertura vegetal en época de lluvia.

➤ **Extracción del área de trabajo.**

Para delimitación y extracción de los polígonos de las áreas de trabajo, se utilizó el shapefile de áreas naturales protegidas por el estado oficial utilizadas por el SERNAMP.

➤ **Corrección de nubosidad.**

Esta etapa consistió en seleccionar las imágenes que presentaron un alto porcentaje de nubosidad, cuya nubosidad estaba dentro del polígono de las áreas en estudio; Utilizando el software **Arcgis 10.2** se identificó las secciones de la imagen con nubosidad para ser enmascaradas y extraídas usando la herramienta **extrac by mask**, para luego ser remplazados por áreas libres de nubosidad de una imagen más próxima y de esta manera formar una nueva imagen libre de nubosidad utilizando la herramienta **Mosaic to New Raster** (figura.03).

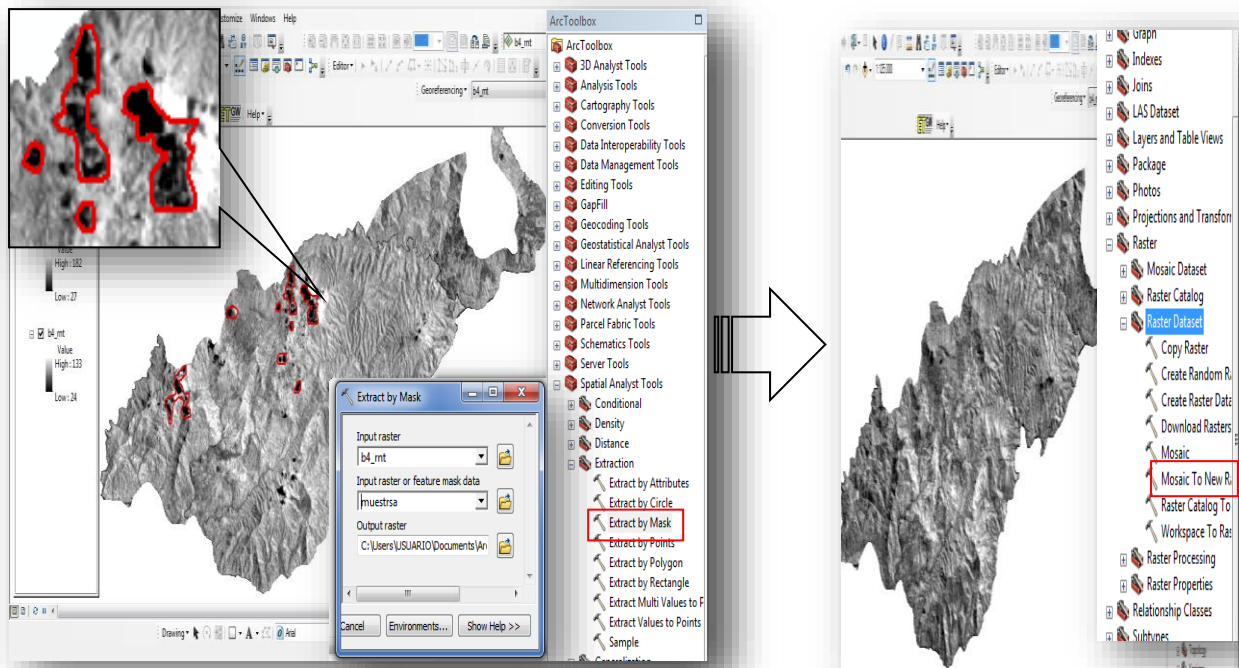


Figura 03: Enmascaramientos para la corrección de las nubes y creación de la nueva imagen

➤ **Corrección de bandas negras.**

Las escenas captadas desde mayo del 2003 hasta la actualidad por el satélite LANDSAT 7 ETM+ presentan Gaps, que son franjas inclinadas hacia la izquierda unos 80° respecto a la orientación horizontal debido a la rotación de la imagen como se muestra en la **Figura 04**, estas líneas se deben a un fallo en el Corrector de Líneas de Exploración Clases. (SLC) por sus siglas en inglés, por lo tanto para utilizar estas imágenes es indispensable la corrección de esas líneas sin alterar su información original, en este trabajo para esta corrección se utilizó la herramienta Gap-Fill, propuesto y utilizado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), basado en un Ajuste Lineal Local del Histograma, esta herramienta fue incluida en la caja de herramientas del Arcgis 10.2.

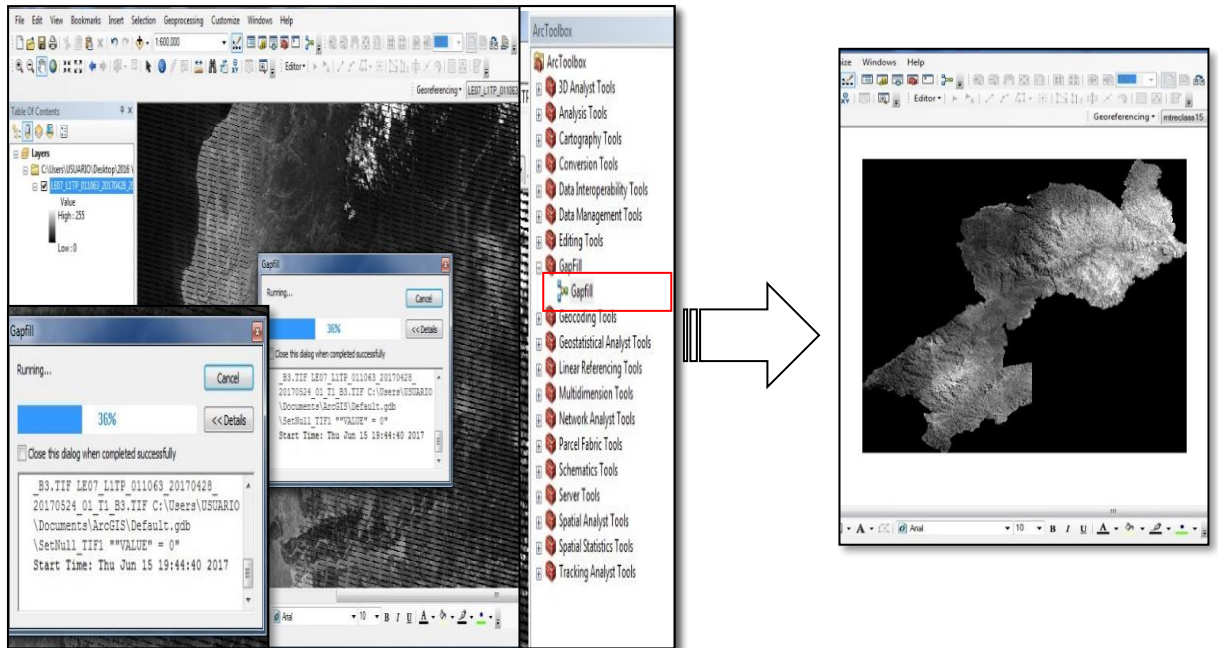


Figura. 04. Correcciones de líneas negras transversales (gaps)

c. Procesamiento de las imágenes satelitales

➤ Obtención del NDVI.

Utilizando las imágenes previamente habilitadas en la etapa anterior se procedió a realizar el proceso respectivo, utilizando el software ArcGis Versión 10.2 y sus diferentes extensiones. Para calcular los valores del NDVI se utilizó la herramienta ArcToolbox seguido Spatial Analyst tools < Map Algebra < Raster Calculator, en cuya ventana se cargaron las imágenes correspondientes a las bandas 3 y 4 para el caso de imágenes del LANDSAT 7 y las bandas 4 y 5 para las imágenes del LANDSAT 8, dándole cuatro rangos para obtener cuatro valores de NDVI (**ver figura N°05**), empleando la siguiente formula:

- Caso de LANDSAT 7:

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

Donde:

TM3: banda número 3 de la imagen del satélite LANDSAT, que se encuentra en la región del rojo visible en el espectro electromagnético.

TM4: banda número 4 de la imagen del satélite LANDSAT, que se encuentra en la región del infrarrojo cercano en el espectro electromagnético.

- **Caso LANDSAT 8:**

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

Donde:

TM4: banda número 3 de la imagen del satélite LANDSAT, que se encuentra en la región del rojo visible en el espectro electromagnético.

TM5: banda número 4 de la imagen del satélite LANDSAT, que se encuentra en la región del infrarrojo cercano en el espectro electromagnético.

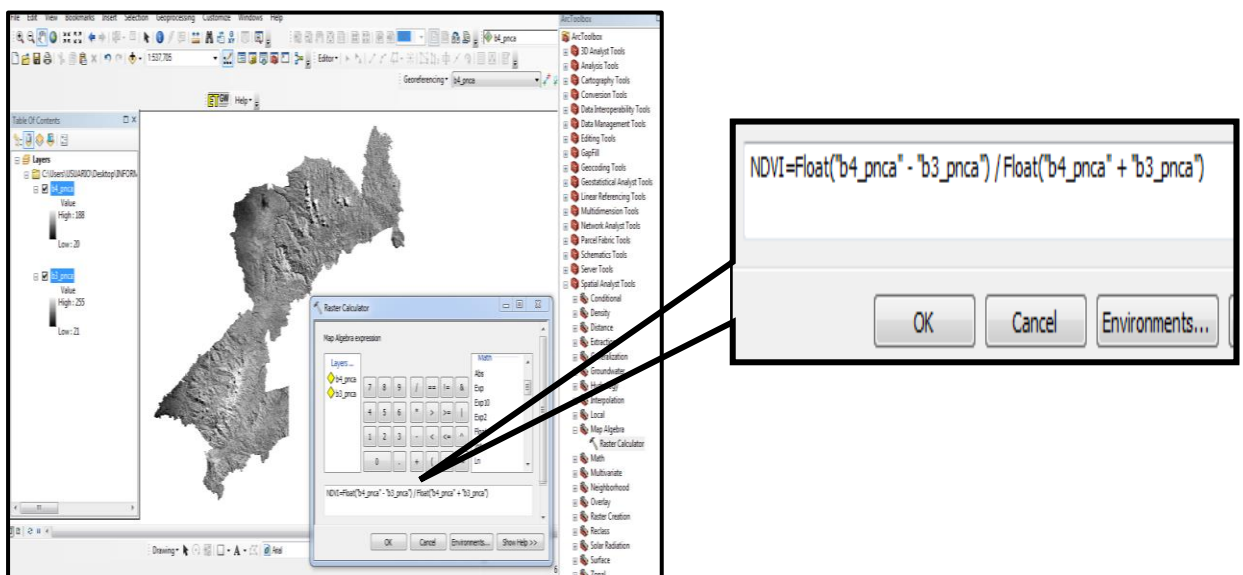


Figura N° 05: Cargado de bandas y aplicación de la fórmula del NDVI

- **El uso del operador Float**, en la ecuación, es necesario para que el resultado de la operación sea punto flotante. Permitiendo que el resultado final no sea un número entero (cero y uno), lo cual es incorrecto para calcular el NDVI. Finalmente se obtuvo una nueva imagen con cuatro valores de NDVI correspondientes a cada tipo de cobertura como se aprecia en la **Figura N° 06**, esta imagen se obtuvo en una escala de grises donde el gris menos intenso corresponde a los píxeles con valores de NDVI más bajos y los grises más intensos a los píxeles con NDVI más elevados o próximos a 1.

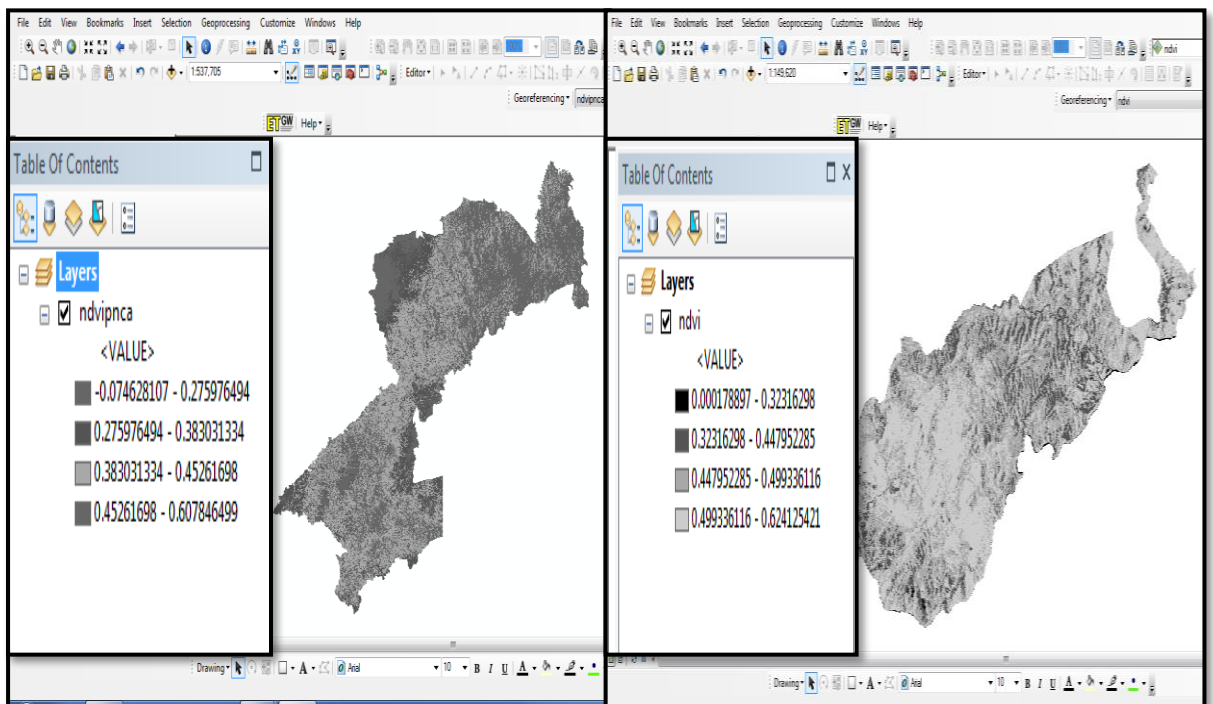


Figura N° 06: Imagen procesada de NDVI en escala de grises y con los valores correspondientes a cada tipo de cobertura.

Luego de obtener la nueva imagen en la escala de grises , fue necesario realizar una reclasificación, atribuyéndoles un nuevo color a los pixeles correspondientes a cada rango, con la finalidad de facilitar la discriminación de los pixeles correspondientes a cada tipo de cobertura, para los valores del primer rango se les dio el color rojo , para los valores del segundo rango el color amarillo, para los valores del tercer rango el color verde puro y para los valores más elevados el verde estándar como se puede apreciar en la **Figura N° 07**.

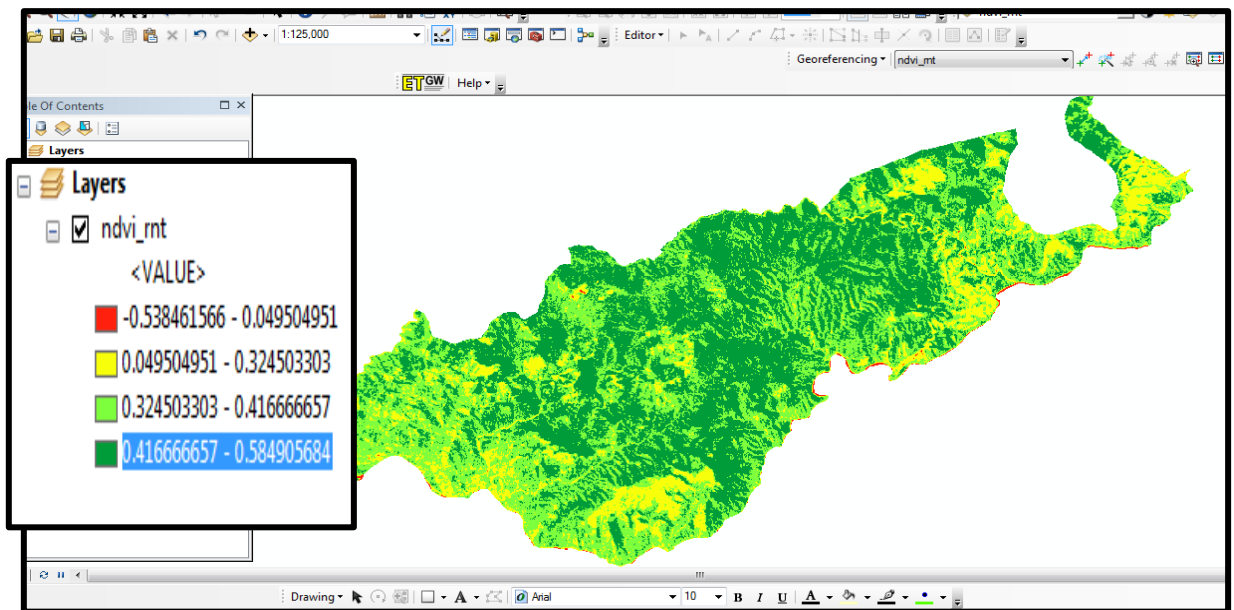


Figura N ° 07. Reclasificación y asignación de colores a las cuatro categorías de NDVI

d. Clasificación de los tipos de cobertura vegetal y cálculo del área correspondiente a cada una.

➤ **Clasificación.**

Para poder determinar el área correspondiente a cada tipo de cobertura vegetal según los resultados del NDVI, fue necesario asignar un nombre y un color para cada clase de cobertura vegetal (**ver Figura 08**), esto se realizó de acuerdo a sus características de cada cobertura vegetal y de acuerdo a criterios utilizados en estudios relacionados con el análisis de la cobertura vegetal similares a las áreas de estudio, quedando esta clasificación de aquí en adelante de la siguiente manera.

- a) Valores del primer rango (rojo):** a este rango pertenecen los valores más bajos del NDVI, se clasificó como Cobertura vegetal tipo 01, Suelos sin cobertura vegetal (S.S.V), esta clasificación se refiere a las áreas que no presentan cobertura vegetal, por lo tanto son suelos desnudos, afloramientos rocosos o cuerpos de agua.
- b) Valores del segundo rango (amarillo):** a este rango pertenecen los valores relativamente bajos del NDVI, se clasificó como cobertura vegetal tipo 02, suelos con cobertura mixta (S.C.M), esta clasificación se refiere a las áreas que se encuentran cubiertas por hierbas secas o en estrés hídrico, arbustos y pequeñas partes de suelo desnudos entre las hierbas y arbustos.
- c) Valores del tercer rango (verde puro):** a este rango pertenecen los valores medios del NDVI, se clasificó como cobertura vegetal tipo 03, suelo con vegetación poco densa (S.V.P.D), esta clasificación corresponde a

suelos que están cubiertos por árboles y arbustos de forma muy dispersa.

- d) Valores del cuarto rango (verde estándar):** a este rango pertenecen los valores más elevados del NDVI, se clasifico como cobertura vegetal tipo 04, suelo con vegetación densa (S.C.V.D), esta clasificación corresponde a los suelos cubiertos por árboles y arbustos frondosos y vigorosos, es decir la vegetación está en buen estado.

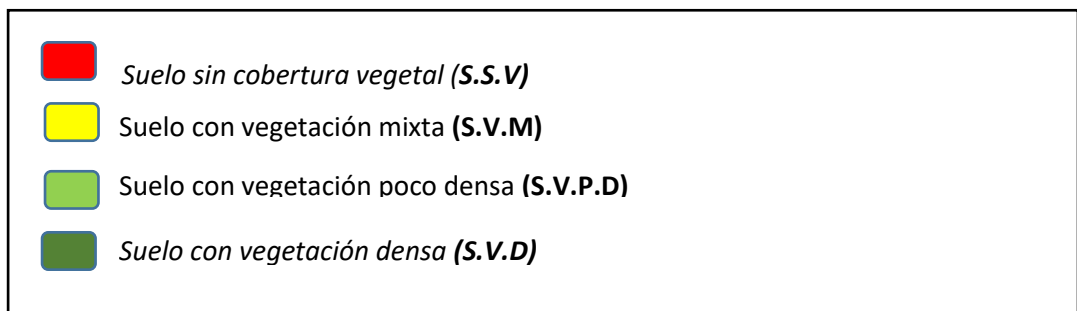


Figura N ° 08. Clasificación y color correspondiente a cada tipo de cobertura vegetal

➤ **Calculo del área de cada tipo de cobertura vegetal.**

El cálculo del área correspondiente a cada tipo de cobertura se realizó teniendo en cuenta la resolución espacial del sensor ETM+ Landsat 7 y OLI Landsat 8 , en las bandas 3, 4 y 4, 5 respectivamente, cuya resolución espacial es 30 m, es decir que cada pixel cubre una superficie de 900 m², teniendo en cuenta estos criterios y utilizando la herramienta identificador del Arcgis 10.2 (**ver figura N°09**) procedió a identificar y contabilizar los pixeles correspondientes a cada cobertura vegetal los que a su vez se multiplicaron por 900 m² que obteniendo de esta manera el área en m² y estos resultados fueron divididos entre 10 000 obteniendo finalmente la superficie de cada cobertura vegetal en hectáreas.

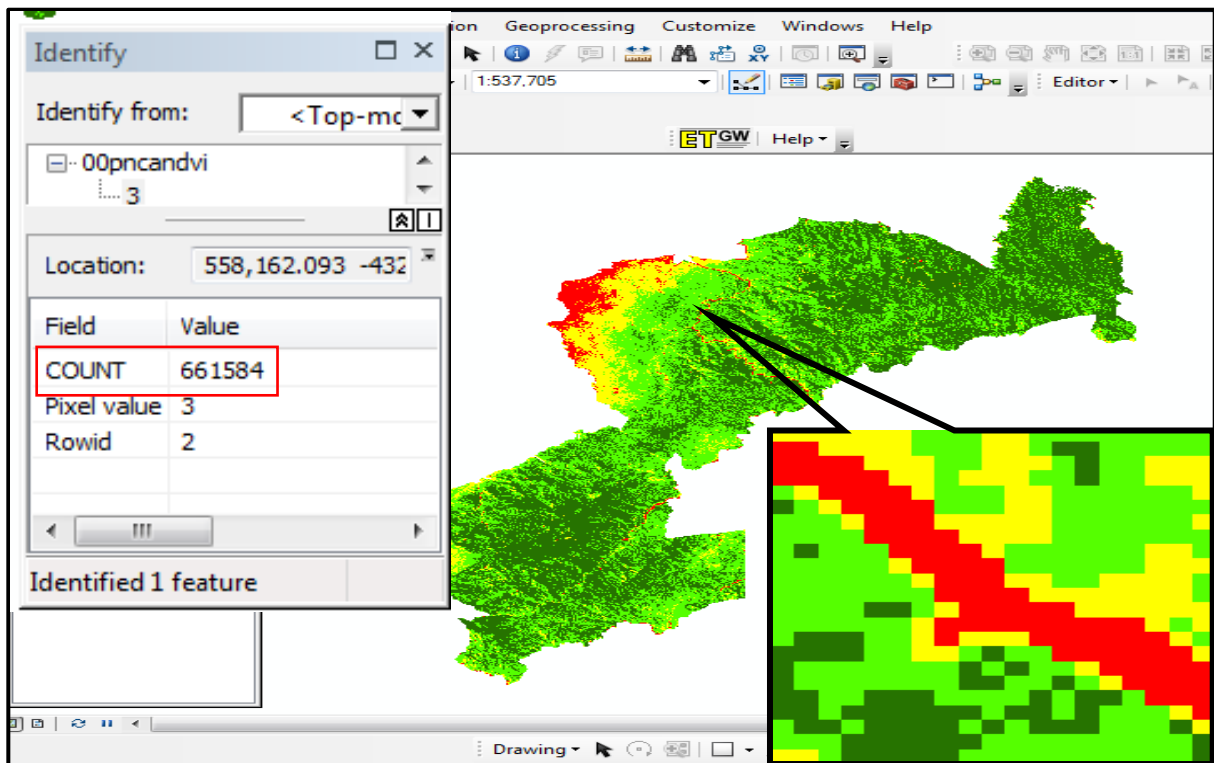


Figura N° 09. Determinación de la cantidad de pixeles correspondientes a cada cobertura vegetal

- **Determinación de la tendencia de la cobertura vegetal.**
 Se calculó la tendencia temporal de la cobertura vegetal a nivel de cada pixel convertido a hectáreas a lo largo de los 16 años. Esto se realizó mediante el análisis la regresión lineal entre el tiempo (variable x) y las hectáreas 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.

- **Determinación de los puntos de verificación.**
 Se seleccionaron 10 puntos en total del tamaño del área de un pixel y se elaboró un mapa con 06 puntos en el Parque Nacional Cerros de Amotape y 4 en la Reserva Nacional de Tumbes, con la finalidad de verificar in si tú y validar cada uno de los tipos de cobertura vegetal que fueron obtenidos y

clasificados según los valores de NDVI, el cual se obtuvo mediante el procesamiento de las imágenes satelitales, para la determinación de los puntos antes mencionados se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- Donde según la información contenida por los píxeles luego del procesamiento de las imágenes presentan mayor variación temporal en la cobertura vegetal durante el periodo de estudio.
- La accesibilidad a dichos puntos, teniendo en cuenta que se encuentren en los lugares próximos a una ruta de acceso
- La zona a la que corresponde cada punto de verificación con respecto a la zonificación del parque nacional cerros de Amotape y la reserva nacional de Tumbes

3.3.3. Fase de campo.

Esta fase consistió en realizar visitas de campo in situ a cada uno de los puntos de verificación seleccionados en la etapa anterior con la finalidad de corroborar y validar los resultados obtenidos en la fase de gabinete mediante procesamiento del NDVI, para esta fase fue necesario la coordinación con el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNANP) y de esta manera obtener la autorización correspondiente para realizar investigación dentro de las áreas naturales protegidas.

Fue necesario la conformación de cuadrillas de trabajo con la participación de guarda parques de las áreas naturales protegidas.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Tendencia de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape en el periodo (2000 – 2015) en los meses de Marzo-Mayo.

a. Cobertura Vegetal Tipo N° 1 (Suelo Sin Cobertura Vegetal-S.S.V).

En la tabla N° 06 se indica el año, meses y área de cobertura vegetal tipo 01. La evaluación se realizó en los meses de marzo a mayo entre los años 2000 y 2015, pudiéndose observar que en el año 2005 la tendencia alcanzó la mayor extensión opuesto a lo observado en el 2015. Lo que significa desde el 2005 al 2015 el suelo desnudo se ha ido disminuyendo debido a la aparición de nueva vegetación, lo que resulta beneficioso para la conservación de la fauna silvestre allí existentes.

Tabla N° 06. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 en el periodo 2000 – 2015.

| AÑO | MESES | HECTAREAS |
|------|--------------|-----------|
| 2000 | MARZO – MAYO | 4966.92 |
| 2001 | MARZO – MAYO | 863.28 |
| 2002 | MARZO – MAYO | 544.77 |
| 2003 | MARZO – MAYO | 503.37 |
| 2004 | MARZO – MAYO | 11890.62 |
| 2005 | MARZO – MAYO | 20618.64 |
| 2006 | MARZO – MAYO | 1435.68 |
| 2007 | MARZO – MAYO | 2085.84 |
| 2008 | MARZO – MAYO | 968.31 |
| 2009 | MARZO – MAYO | 525.87 |
| 2010 | MARZO – MAYO | 598.59 |
| 2011 | MARZO – MAYO | 7386.66 |
| 2012 | MARZO – MAYO | 624.06 |
| 2013 | MARZO – MAYO | 7656.12 |
| 2014 | MARZO – MAYO | 8924.49 |
| 2015 | MARZO – MAYO | 296.73 |

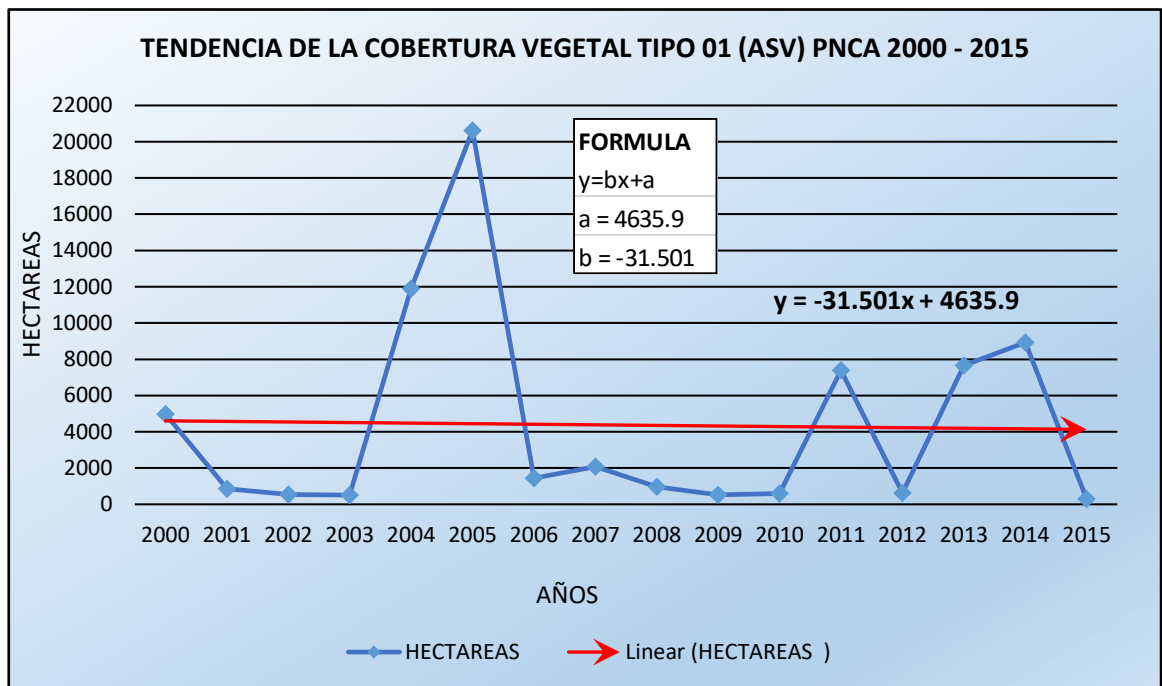


Grafico N° 01. Tendencia de la cobertura Vegetal tipo 01 en el Parque Nacional Cerros de Amotape

En el grafico N° 01 se observa, desde el año 2000 al 2015, la evolución de la cobertura vegetal tipo 01 en el PNCA. Pudiéndose apreciar claramente que los años 2005 y 2015 fueron los presentaron mayor variación con respecto a la cantidad de área de suelo desnudo.

Así mismo indica que a partir de los años 2001 al 2003 este tipo de cobertura presento ligeras variaciones al igual que los años 2006 al 2010.

Finalmente, desde el 2000 al 2015, la línea de tendencia (línea de color roja) señala una lenta disminución en área de suelo desnudo. La disminución total de esta área ha sido de 472.5 ha con un promedio anual de 31.5 ha. Según el comportamiento de la línea de tendencia se estima que el área total, al 2025, podría alcanzar las 787.5 ha.

- Corroboración in situ de la cobertura vegetal tipo 01- ASV.

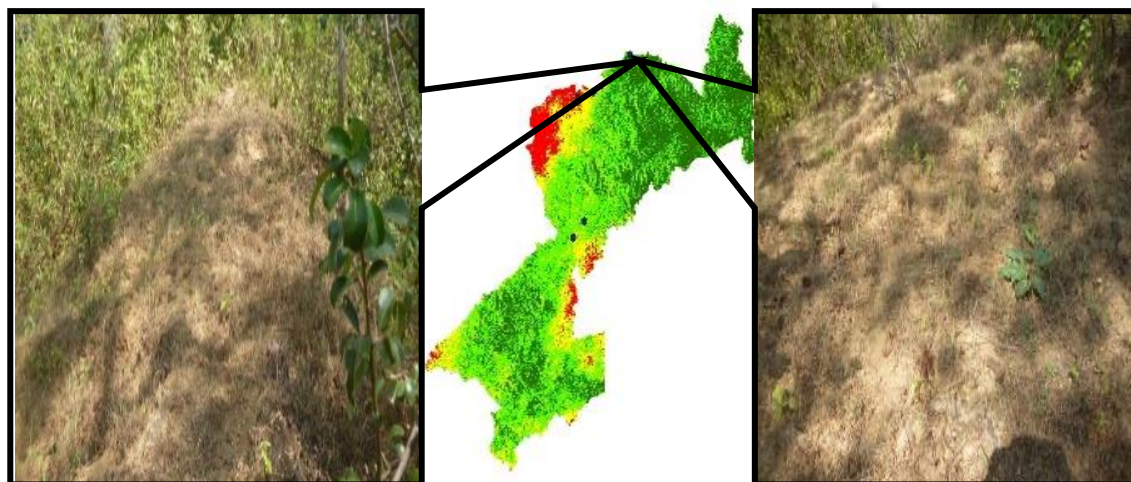


Figura N° 10. Corroboración de la cobertura vegetal Tipo 01 in situ del PNCA, sector Angostura.

En la figura N° 10 se observa el punto de corroboración in situ de la cobertura vegetal tipo 01, ubicado en el sector Angostura, en las coordenadas UTM DATUM WGS'84. **E** 566781 y **N** 9583427, evidenciando áreas de 2500 m² aproximadamente que se encuentran sin cobertura vegetal y en partes se encuentran cubiertas de forma muy escasa por hierbas secas rodeadas por áreas con vegetación mixta y poco densa, evidenciando además actividades de pastoreo de ganado vacuno y caprino, este punto de se encuentra en zona de uso turístico y recreativo según la zonificación del PNCA.

b. Cobertura Vegetal Tipo N° 2 (Suelo con Cobertura Vegetal mixta - S.C.M).

En la tabla N° 07 se indica el año, meses y área de cobertura vegetal tipo 02. La evaluación se realizó en los meses de marzo a mayo entre los años 2000 y 2015, pudiéndose observar que en el año 2002 la tendencia alcanzó la menor extensión, opuesto a lo observado en el 2005. Lo que significa desde el 2002 al 2005 la cobertura mixta ha ido aumentando debido a la casi nula actividad antropogénicas en la zona así como también por ser un área protegida. Al igual que en la cobertura

de tipo 1, el aumento de la cobertura tipo 2 resulta beneficiosa para la conservación de la fauna silvestre.

Tabla N°07. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 en el periodo 2000 – 2015.

| AÑO | MESES | HECTAREAS |
|------------|--------------|------------------|
| 2000 | MARZO – MAYO | 15185.07 |
| 2001 | MARZO – MAYO | 3121.56 |
| 2002 | MARZO – MAYO | 2236.77 |
| 2003 | MARZO – MAYO | 3779.46 |
| 2004 | MARZO – MAYO | 19359.09 |
| 2005 | MARZO – MAYO | 43392.87 |
| 2006 | MARZO – MAYO | 16950.33 |
| 2007 | MARZO – MAYO | 17406.54 |
| 2008 | MARZO – MAYO | 10844.28 |
| 2009 | MARZO – MAYO | 4317.21 |
| 2010 | MARZO – MAYO | 3296.25 |
| 2011 | MARZO – MAYO | 36465.48 |
| 2012 | MARZO – MAYO | 7817.94 |
| 2013 | MARZO – MAYO | 21531.69 |
| 2014 | MARZO – MAYO | 23474.07 |
| 2015 | MARZO – MAYO | 2914.11 |

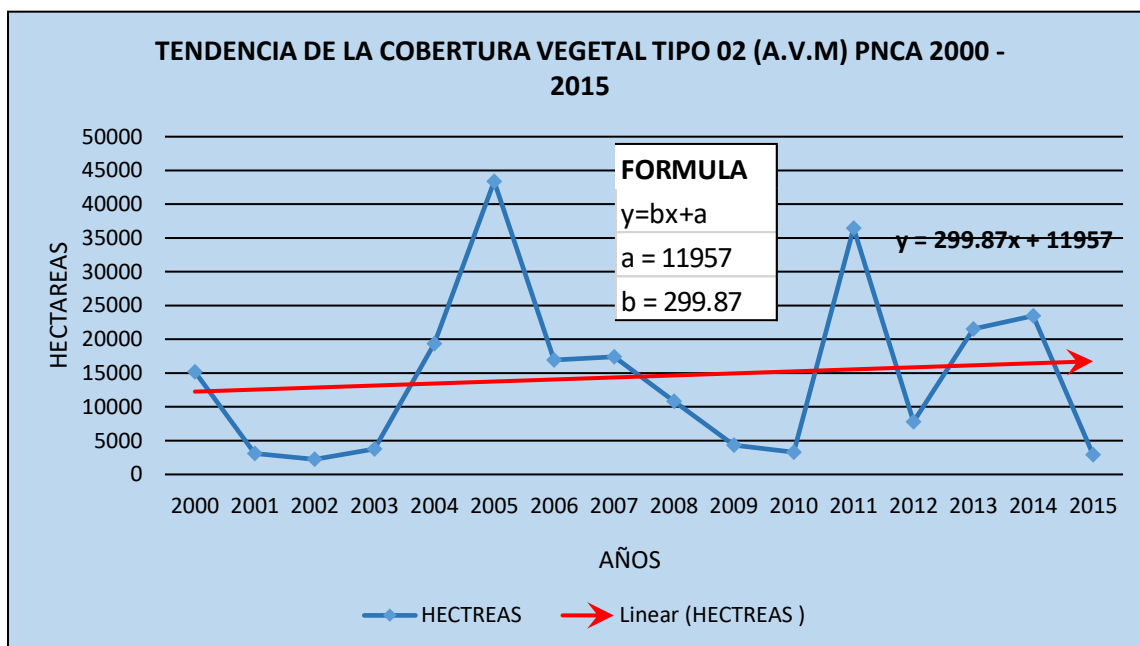


Grafico N° 2.- Tendencia de la cobertura Vegetal Tipo 02 en el parque nacional cerros de amotape

En el grafico N° 02 Se observa, desde el año 2000 al 2015, la evolución y la tendencia de la cobertura tipo 02 en el PNCA. Pudiéndose apreciar en el 2002 y 2005, las variaciones más notables siendo el año 2005 el que presento el mayor aumento de cobertura mixta.

Finalmente, a lo largo de los 16 años evaluados, se observó una línea tendencia positiva que se traduce en el aumento de cobertura mixta. Durante estos años, el área que ha sido cubierta ha ido aumentando llegando a repoblar un área total de 4497,9, con un promedio de aumento anual de 299.8 ha. Según el comportamiento de la línea de tendencia se estima que el área total, al 2025, podría alcanzar las 5997,3 ha.

- Corroboración in situ de la cobertura vegetal tipo 02- ASV

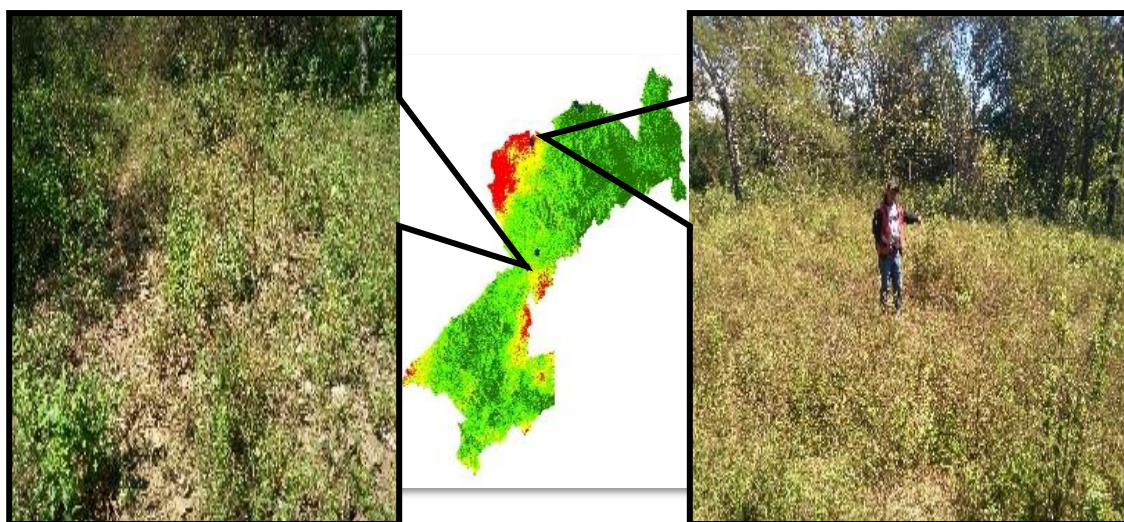


Figura N° 11. Corroboración de la cobertura vegetal tipo 02 in situ del PNCA, el Huasimo y Rica Playa.

En la Figura N° 11 se observa los puntos de corroboración in situ de la cobertura vegetal tipo 02, los mismos que se ubican en el sector el Huasimo en las coordenadas UTM. 554544 E y 9557072 N y el sector Rica Playa en las coordenadas UTM. 558848E y 9577990 N, en estos puntos se encontró áreas de entre 0.5 ha aproximadamente, cubiertas por hiervas y arbustos y algunos espacios sin cobertura vegetal, con evidencias de pastoreo. Cabe resaltar que estas áreas están rodeadas por áreas con vegetación densa y poco densa, estos puntos se encuentran en zona silvestre y zona de recuperación respectivamente según la zonificación del PNCA.

c. Cobertura Vegetal Tipo N° 3 (Suelo con Cobertura Vegetal poco densa - S.V.P.D).

En la tabla N° 07 se indica el año, meses y área de cobertura vegetal tipo 03. La evaluación se realizó en los meses de marzo a mayo entre los años 2002 y 2006, pudiéndose observar que en el año 2006 la tendencia alcanzó la mayor extensión opuesto a lo observado en el 2002. Lo que significa que desde el 2002 al 2006 la cobertura vegetal poco

densa ha ido en aumento debido a la aparición de nueva vegetación. Resultando beneficioso para la fauna que allí habite.

Tabla N° 08. Evolución de la cobertura vegetal tipo 03 en el periodo 2000 – 2015.

| AÑO | MESES | HECTAREAS |
|------------|--------------|------------------|
| 2000 | MARZO - MAYO | 59542.56 |
| 2001 | MARZO - MAYO | 51419.34 |
| 2002 | MARZO - MAYO | 21192.3 |
| 2003 | MARZO - MAYO | 32309.1 |
| 2004 | MARZO - MAYO | 49611.69 |
| 2005 | MARZO - MAYO | 49087.08 |
| 2006 | MARZO - MAYO | 65854.62 |
| 2007 | MARZO - MAYO | 47384.64 |
| 2008 | MARZO - MAYO | 38077.47 |
| 2009 | MARZO - MAYO | 42543.72 |
| 2010 | MARZO - MAYO | 38743.11 |
| 2011 | MARZO - MAYO | 61846.2 |
| 2012 | MARZO - MAYO | 35996.85 |
| 2013 | MARZO - MAYO | 58810.59 |
| 2014 | MARZO - MAYO | 62529.48 |
| 2015 | MARZO - MAYO | 22776.12 |

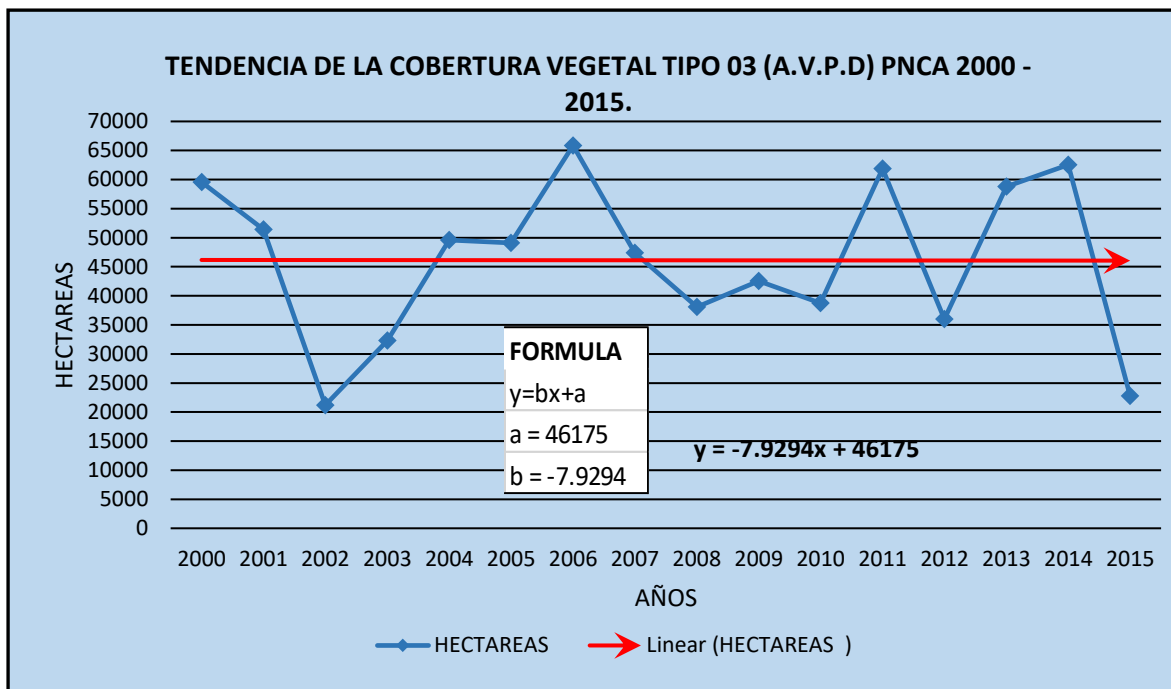


Grafico N° 03.- Tendencia de la cobertura vegetal Tipo 03 en el Parque Nacional Cerros de Amotape

En el grafico N° 03. Se observa, desde el año 2000 al 2015, la evolución y la tendencia de la cobertura tipo 03 en el PNCA. En donde la línea de tendencia muestra cierta estabilidad con una mínima disminución de 7.9 ha por año, esta es la cobertura que mayor estabilidad presenta con respecto a su extensión en los meses de marzo a mayo, resaltando el año 2002 y 2006 como los años con mayor variación en la que se observa mayor cantidad de hectáreas del tipo poco densa.

Finalmente, a lo largo de los 16 años evaluados, se observó una línea tendencia muestra una ligera disminución en la cobertura poco densa en los meses de marzo a mayo. Se encontró que la disminución total de este tipo de cobertura fue de 118.9 ha hasta el último año y una disminución promedio anual de 7.9 ha. Los resultados encontrados son correspondientes a los meses de marzo a mayo de cada año que fueron periodos de lluvia.

Según el comportamiento de la línea de tendencia se estima que el área total, al 2025, podría llegar a 198.2 ha.

- Verificación in situ de la cobertura vegetal tipo 3-S.V.P.D.

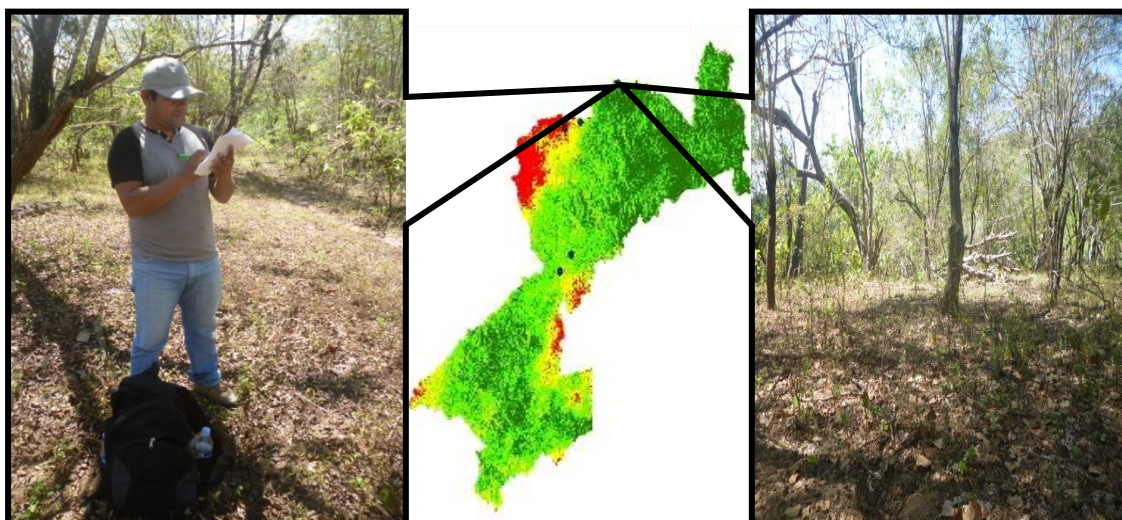


Figura N° 12. Verificación IN SITU de la cobertura vegetal tipo 03 del PNCA, Angostura y Rica Playa.

En la Figura N° 12 se observa el tipo de vegetación tipo 03, ubicado en el sector angostura en las coordenadas UTM. 566781 E y 9583427 N y en el sector de Rica Playa en las coordenadas UTM. 555459E y 9577331 N, en estos puntos la superficie del suelo está cubierto por árboles y arbustos caducifolios y perennes de manera muy dispersa, predominando en estos lugares la especie Huayacan, en las dos puntos se encontró evidencias de actividades antrópicas como tala y pastoreo, cabe resaltar que estos puntos de verificación se encuentran en zona de uso turístico y recreativo según la zonificación del PNCA.

d. Cobertura Vegetal Tipo N° 4 (suelo con vegetación densa -S.V.D).

En la tabla N° 09 se indica el año, meses y área de cobertura vegetal tipo 04. La evaluación se realizó en los meses de marzo a mayo entre los años 2000 y 2015, pudiéndose observar que en el año 2002 la tendencia alcanzó la menor extensión, opuesto a lo observado en 2005.

Tabla N° 09. Evolución de la cobertura vegetal tipo 04 en el periodo 2000 - 2015.

| AÑO | MESE | HECTAREAS |
|------------|--------------|------------------|
| 2000 | MARZO – MAYO | 71853.9 |
| 2001 | MARZO – MAYO | 96144.3 |
| 2002 | MARZO – MAYO | 127574.6 |
| 2003 | MARZO – MAYO | 114956.5 |
| 2004 | MARZO – MAYO | 70687.0 |
| 2005 | MARZO – MAYO | 38449.8 |
| 2006 | MARZO – MAYO | 67307.8 |
| 2007 | MARZO – MAYO | 84671.46 |
| 2008 | MARZO – MAYO | 101658.4 |
| 2009 | MARZO – MAYO | 104161.6 |
| 2010 | MARZO – MAYO | 108910.5 |
| 2011 | MARZO – MAYO | 45850.1 |
| 2012 | MARZO – MAYO | 107109.6 |
| 2013 | MARZO – MAYO | 63550.0 |
| 2014 | MARZO – MAYO | 56620.4 |
| 2015 | MARZO – MAYO | 125561.5 |

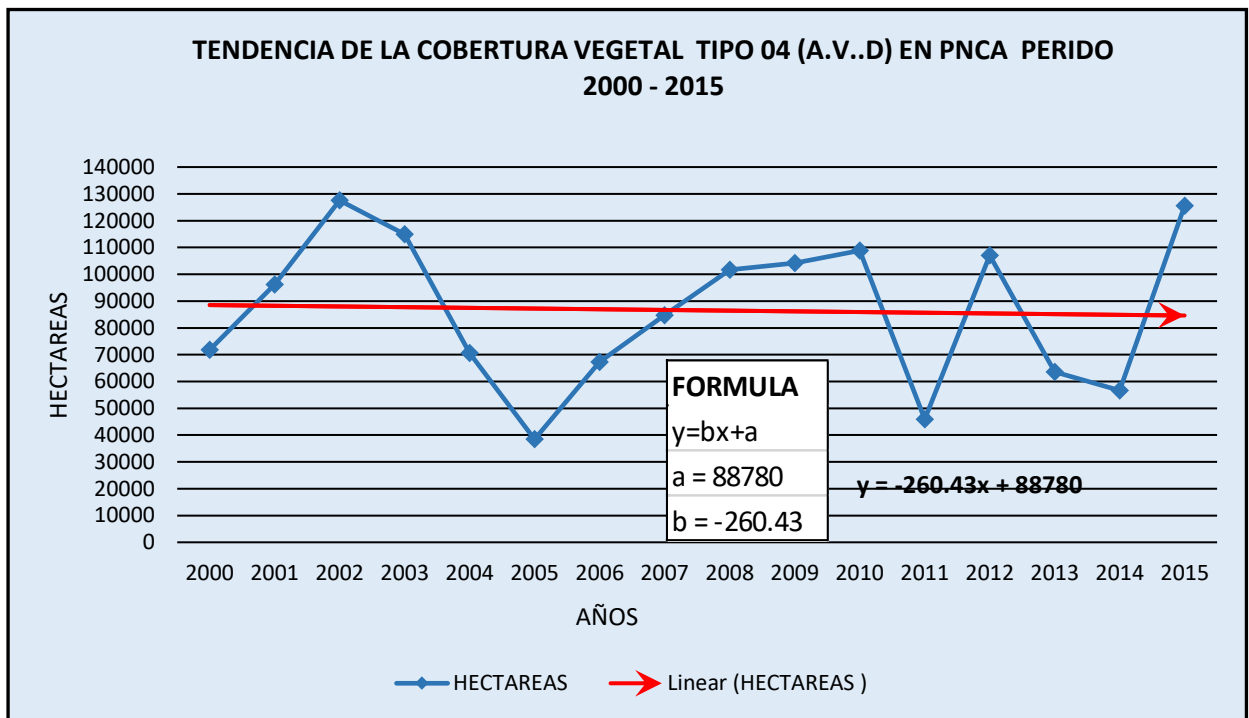


Grafico N° 04.- Tendencia de la cobertura vegetal Tipo 04 en el parque nacional cerros de amotape

En el grafico N° 04 Se observa, desde el año 2000 al 2015, la evolución y la tendencia de la cobertura tipo 04 en el PNCA. Pudiéndose apreciar en el 2002 y 2005 las mayores variaciones.

De acuerdo a la línea de tendencia la extensión de la vegetación densa ha presentado una disminución total de 3906 ha, con un promedio de pérdida anual de 260,4. ha y siguiendo esa línea de tendencia se prevé que al 2025 tendría una disminución de 6510.8 ha.

Se puede determinar también que la superficie con vegetación densa es la que predomina en el Parque Nacional Cerros de Amotape en época de lluvia, ya que presenta durante todo el periodo de los 16 años la mayor extensión en superficie.

- Verificación In Situ de la cobertura vegetal 04-(A.V.D).

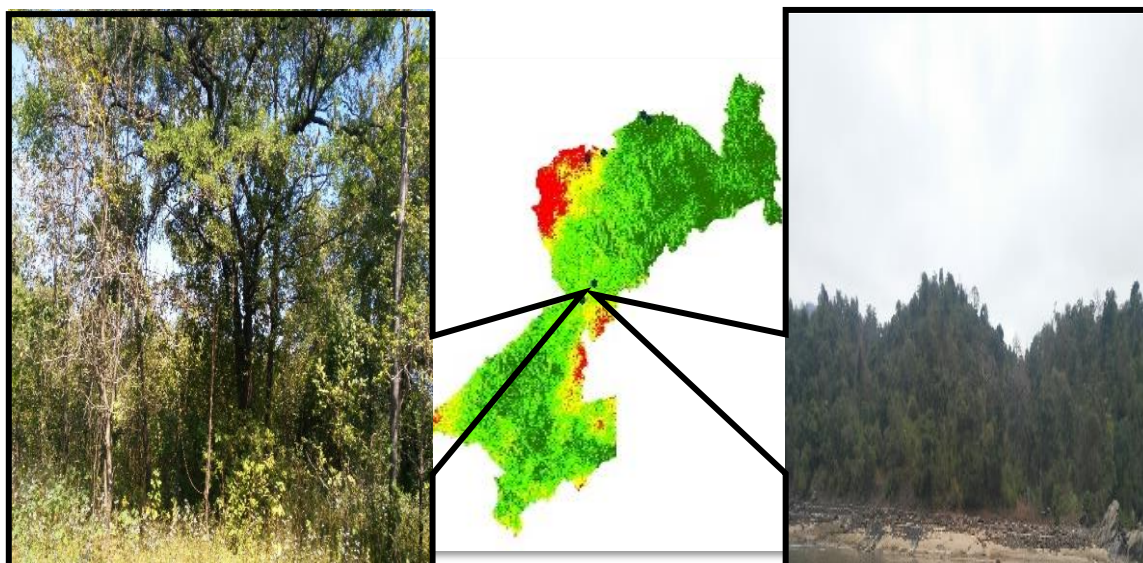


Figura N° 13. Verificación IN SITU de la cobertura vegetal tipo 04 del PNCA, Hoyle.

En la Figura N° 13 se observa el tipo cobertura vegetal Tipo 04, ubicada en el sector de Capitán Hoyle en las coordenadas UTM. 556947 E. y 9559467 N. en estos puntos se encontró vegetación frondosa y vigorosa, formando áreas de bosque muy denso y de grandes extensiones, cabe resaltar que estos puntos de verificación se encuentran en zona silvestre según la zonificación del PNCA.

4.2. Tendencia de la cobertura vegetal en la Reserva Nacional de Tumbes en el periodo 2000 – 2015 en los meses de Marzo-Mayo.

a) Cobertura vegetal tipo 01 Suelo Sin Vegetación (S.S.V).

En la tabla N° 10 Se puede observar la evolución que ha presentado la cobertura tipo 01, suelo sin vegetación, donde se aprecia la superficie en hectáreas que alcanzo este tipo de cobertura vegetal durante los meses de marzo a mayo.

- Tabla N° 10. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 en el periodo 2000-2015.

| AÑO | MESES | HECTAREAS |
|------------|--------------|------------------|
| 2000 | MARZO – MAYO | 56.43 |
| 2001 | MARZO – MAYO | 55.35 |
| 2002 | MARZO – MAYO | 30.24 |
| 2003 | MARZO – MAYO | 46.44 |
| 2004 | MARZO – MAYO | 47.07 |
| 2005 | MARZO – MAYO | 1330.02 |
| 2006 | MARZO – MAYO | 182.61 |
| 2007 | MARZO – MAYO | 117.09 |
| 2008 | MARZO – MAYO | 105.48 |
| 2009 | MARZO – MAYO | 58.86 |
| 2010 | MARZO – MAYO | 67.05 |
| 2011 | MARZO – MAYO | 59.49 |
| 2012 | MARZO – MAYO | 57.24 |
| 2013 | MARZO – MAYO | 38.43 |
| 2014 | MARZO – MAYO | 114.66 |
| 2015 | MARZO – MAYO | 77.4 |

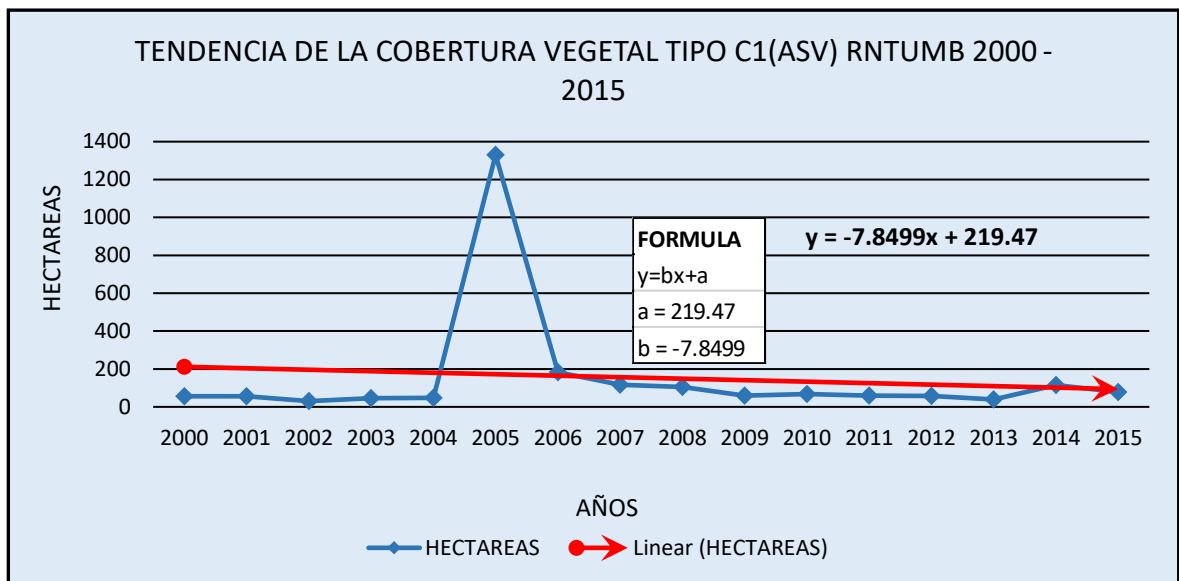


Grafico N° 05. Tendencia de la cobertura vegetal tipo 01 en la reserva nacional de Tumbes

En el grafico N° 05. Se aprecia la evolución y la tendencia que presenta la cobertura tipo 01 (suelo sin vegetación) donde se puede determinar una tendencia negativa con respecto a su extensión en hectáreas, observándose ciclos muy irregulares de crecimiento y disminución en superficie, sin embargo en al año 2005 entre los meses de marzo a es donde esta cobertura se disparó alcanzando valores muy altos alcanzando una superficie máxima en todo el periodo con una extensión de 1330 ha. Mientras que la menor área de extensión para el suelo sin cobertura se presentó en el año 2002 donde alcanzo una superficie mínima de 30.24 hectáreas.

Se puede determinar finalmente de acuerdo a la línea de tendencia trazada a lo largo de los 16 años que la evolución de la cobertura tipo 01 (suelo sin vegetación) en la Reserva Nacional de Tumbes, está disminuyendo con respecto a su superficie en los meses de marzo a mayo, en un total de 117.7 ha, con un promedio anual de 7.8 ha, que proyectada al año 2025 se prevé una disminución de 196 ha, en la época de lluvia, lo cual es positivo ya que este tipo de cobertura representa a los suelos desnudos sin actividad fotosintética y esto demuestra que estos espacios están siendo cubiertos de alguna manera por algún tipo de cobertura vegetal con NDVI más elevado.

- Verificación In Situ de la cobertura vegetal Tipo 01-A.S.V.

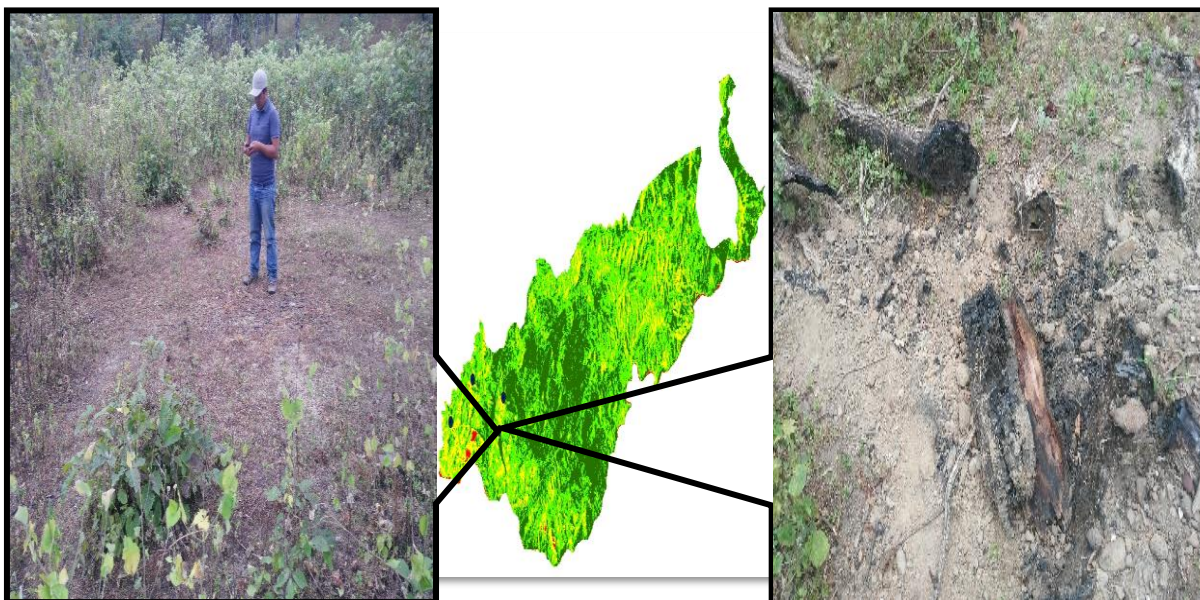


Figura N° 14. Verificación IN SITU de la cobertura vegetal tipo 01 de la RNTUMB, Zapayal.

En la Figura N° 13, se observa el tipo de cobertura vegetal tipo 01 en campo el mismo que se encuentra en el sector Zapayal en las coordenadas UTM. 572861 E. y 9561081 N. En estas áreas se pudo observar superficies parciales y totalmente desnudas, con evidencia de actividades antropogénicas como pastoreo y quema de la vegetación, lo cual influye en la existencia de este tipo de espacios, estas áreas están rodeadas por áreas en estado de regeneración luego de haber sido quemadas y por áreas de vegetación poco densa, estos puntos de verificación se encuentran en zona de uso especial según la zonificación de la RNTUMB.

b) Cobertura vegetal tipo 02 Suelo con vegetación mixta (S.C.C.M)

En la tabla N° 11.- Se aprecia la evolución de la cobertura tipo 02 (suelo con vegetación mixta), en la Reserva Nacional de Tumbes, donde se presenta la evolución con respecto a su extensión en hectáreas que presento durante los meses de marzo a mayo.

- Tabla N° 11.-. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 en el periodo 2000 – 2015.

| AÑO | MESES | HECTAREAS |
|------|--------------|-----------|
| 2000 | MARZO – MAYO | 2560.05 |
| 2001 | MARZO – MAYO | 832.68 |
| 2002 | MARZO – MAYO | 681.75 |
| 2003 | MARZO – MAYO | 3127.68 |
| 2004 | MARZO – MAYO | 1273.23 |
| 2005 | MARZO – MAYO | 3994.11 |
| 2006 | MARZO – MAYO | 1609.47 |
| 2007 | MARZO – MAYO | 2243.88 |
| 2008 | MARZO – MAYO | 1369.8 |
| 2009 | MARZO – MAYO | 712.35 |
| 2010 | MARZO – MAYO | 504.45 |
| 2011 | MARZO – MAYO | 444.51 |
| 2012 | MARZO – MAYO | 417.33 |
| 2013 | MARZO – MAYO | 1591.83 |
| 2014 | MARZO – MAYO | 3143.16 |
| 2015 | MARZO – MAYO | 1948.77 |

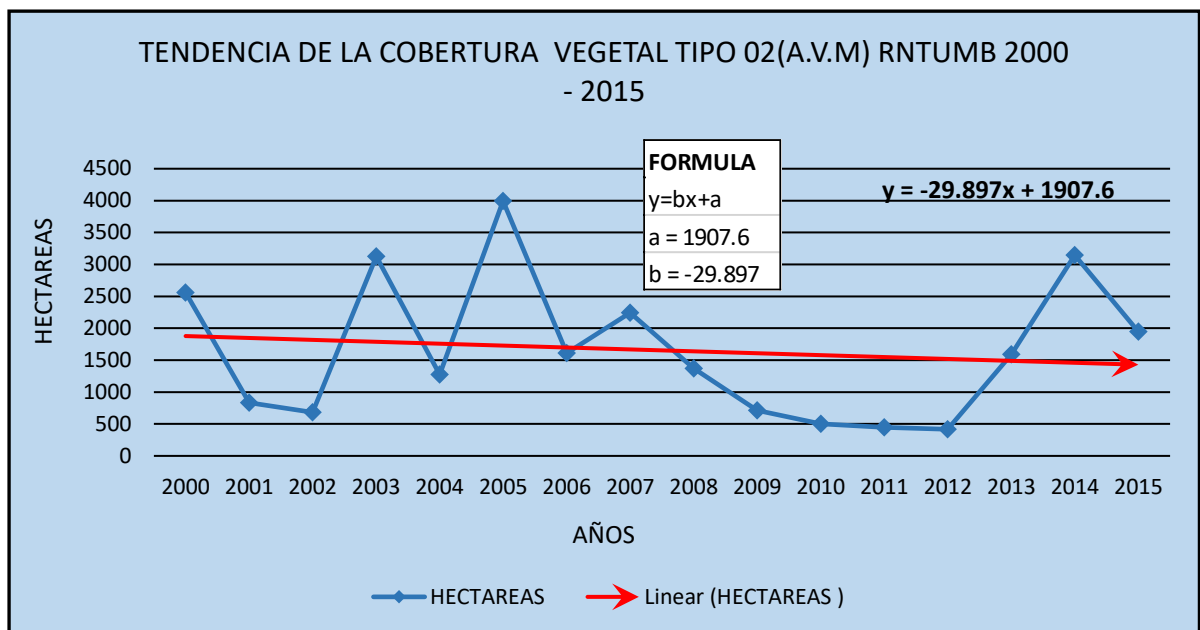


Grafico N° 06. Tendencia de la cobertura vegetal tipo 02 en la Reserva Nacional de Tumbes.

En el grafico N° 06, Se aprecia la evolución y tendencia que ha presenta la cobertura vegetal tipo 02 (suelo con vegetación mixta) dentro de la Reserva Nacional de Tumbes, con lo cual se puede determinar que presenta una tendencia negativa, presentando ciclos de evolución irregulares, sin embargo es en al año el año 2005 donde esta cobertura alcanzo su máxima extensión de todo el periodo, con una superficie de 3994.11 ha, Mientras que la menor extensión en área para el suelo con cobertura vegetal mixta se presentó el año 2012 alcanzando solo 417.33 hectáreas.

Se puede determinar finalmente que de acuerdo a la línea de tendencia trazada a lo largo de los 16, la evolución de la cobertura vegetal tipo 02 suelo con cobertura mixta en la Reserva Nacional de Tumbes, presenta una disminución significativa en superficie durante los meses de marzo a mayo de cada año, con una disminución de 448.4 ha durante los 16 años, con un promedio de disminución anual de 29.8 ha y según la tendencia proyectada al 2025 presentara una disminución de 747.4 ha.

- Verificación In Situ de la cobertura vegetal Tipo 02-A.V.M.

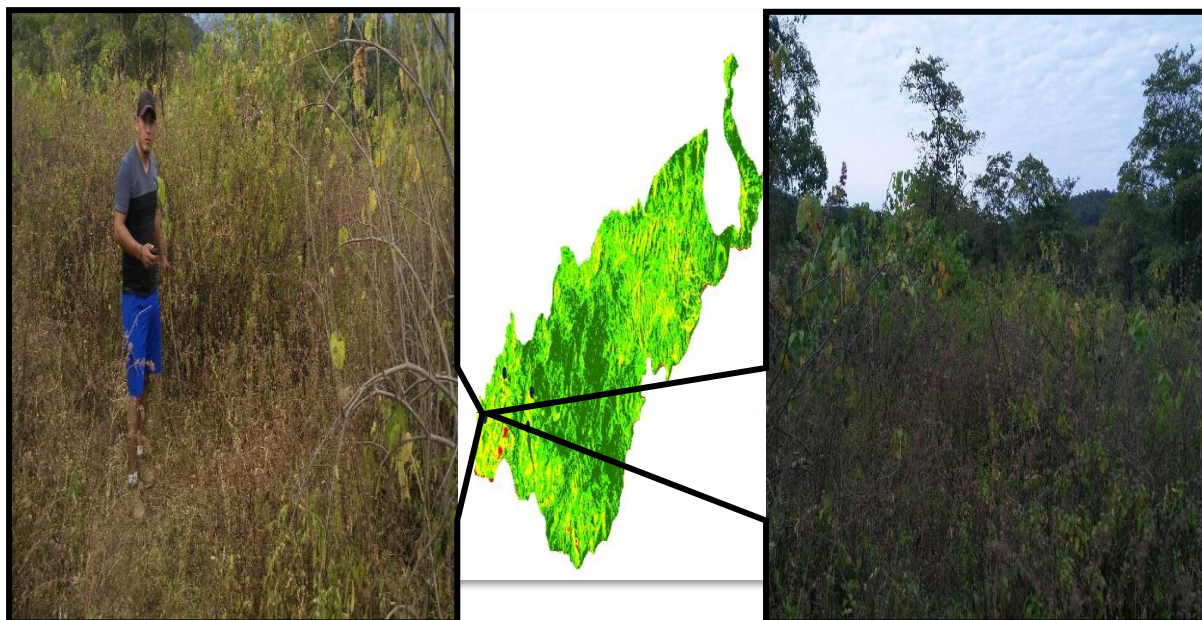


Figura N° 15. Verificación In Situ de la cobertura vegetal tipo 02 en la RNTUMB, sector Zapayal.

En la Figura N° 15, se observa la cobertura vegetal tipo 02 la misma que se encuentra en el sector Zapayal en las coordenadas UTM. 568471E. y 9561368 N, en estas áreas se pudo apreciar espacios cubiertos generalmente por hiervas secas, arbustos y algunos espacios sin cobertura, también se observó evidencias además la presencia actividades ganaderas, este punto de verificación se encuentra en zona silvestre 02 ,según la zonificación de la RNTUMB.

c) Cobertura vegetal tipo 03 Suelo con vegetación Poco Densa (S.V.P.D)

En la tabla N° 12, Se aprecia la evolución de la cobertura vegetal tipo 03 (suelo con vegetación poco densa) en la Reserva Nacional Tumbes, donde se muestra la extensión en hectáreas que presentó entre los meses de marzo a mayo de cada año.

- Tabla N° 12.-. Evolución de la cobertura vegetal tipo 03 en el periodo 2000 – 2015.

| AÑO | MESES | HECTAREAS |
|------------|--------------|------------------|
| 2000 | MARZO – MAYO | 7941.51 |
| 2001 | MARZO – MAYO | 6317.1 |
| 2002 | MARZO – MAYO | 5999.49 |
| 2003 | MARZO – MAYO | 7219.98 |
| 2004 | MARZO – MAYO | 6478.29 |
| 2005 | MARZO – MAYO | 6822.63 |
| 2006 | MARZO – MAYO | 8781.66 |
| 2007 | MARZO – MAYO | 9346.41 |
| 2008 | MARZO – MAYO | 4476.24 |
| 2009 | MARZO – MAYO | 8214.21 |
| 2010 | MARZO – MAYO | 4552.83 |
| 2011 | MARZO – MAYO | 3740.67 |
| 2012 | MARZO – MAYO | 3408.48 |
| 2013 | MARZO – MAYO | 8002.26 |
| 2014 | MARZO – MAYO | 8565.75 |
| 2015 | MARZO – MAYO | 6044.49 |

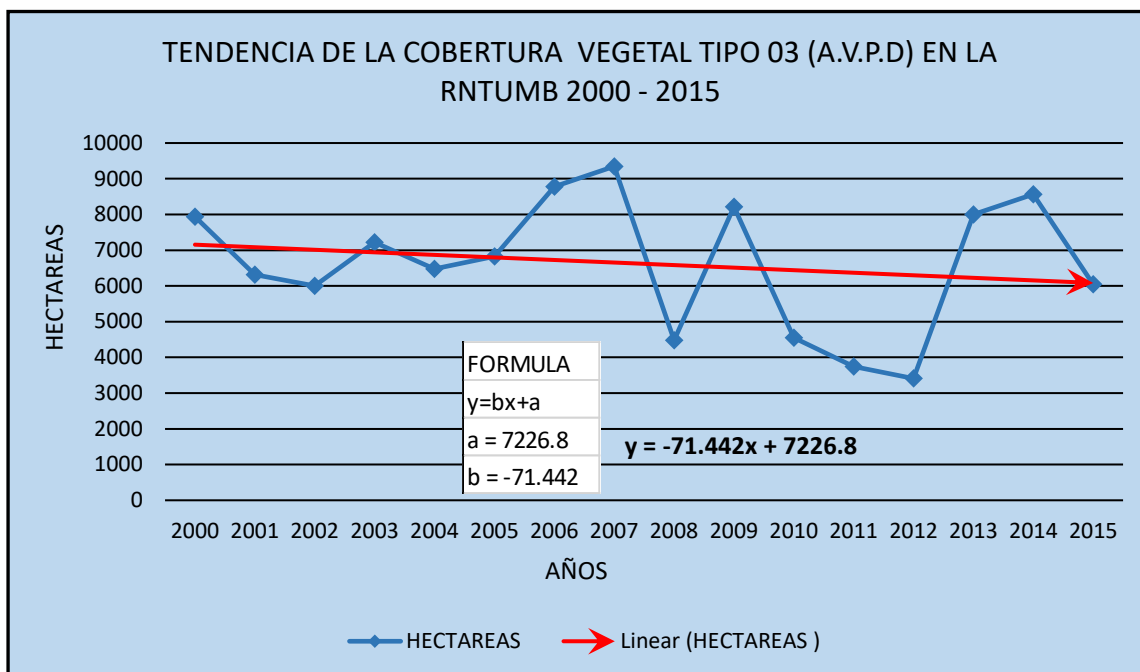


Grafico N°07.- Tendencia de la cobertura vegetal Tipo 03 en la Reserva Nacional de Tumbes.

En el grafico N° 07. Se aprecia la evolución y la tendencia que presenta el suelo con vegetación poco densa en la Reserva Nacional de Tumbes, en la cual se puede determinar que presenta una tendencia negativa , donde se puede diferenciar, presentando ciclos de evolución irregulares, resaltando el año 2006 como el año que alcanzo la superficie máxima con una extensión de 9346.41 ha, Mientras que la menor área de extensión para el suelo con vegetación poco densa se presentó en el año 2012 donde alcanzo una superficie mínima de 3408.48 hectáreas.

Finalmente se puede determinar que de acuerdo a la línea de tendencia trazada a lo largo de los 16 años, la cobertura vegetal tipo 03 (suelo con vegetación poco densa) presenta una disminución promedio significativa en extensión entre los meses de marzo a mayo con una disminución total de 1071.6 ha durante los 16 años con un promedio anual de 71.4 ha, y que proyectada al 2025 muestra que habrá una disminución 1786 ha de este tipo de cobertura.

- Verificación In Situ de la cobertura vegetal tipo 03-A.V.P.D

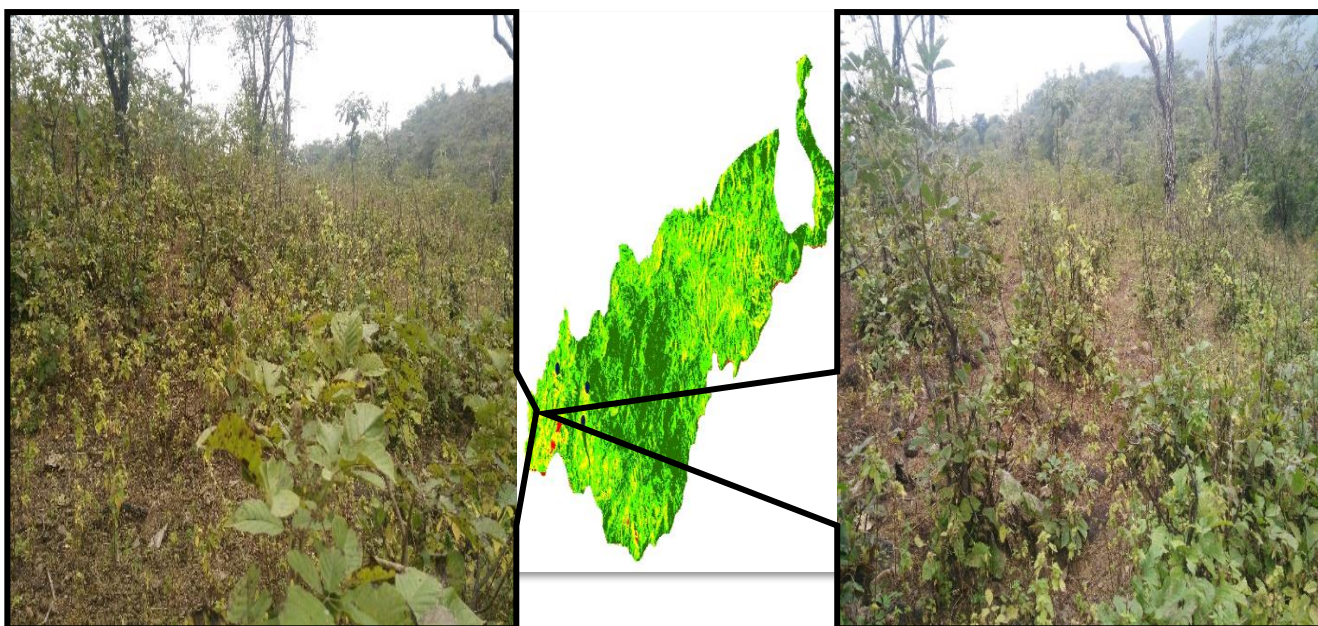


Figura N° 16. Verificación In Situ de la cobertura vegetal tipo 03 en la RNTUMB, sector Zapayal.

En la Figura N° 16, se observa la cobertura vegetal tipo 03, verificada en un punto ubicado sector Zapayal en las coordenadas UTM. 570480 E. y 9562960 N, en estos puntos se observó áreas que están cubiertas por arboles de manera muy dispersa y por árboles jóvenes en estado regeneración predominado la especie Guayacán, con evidencias de haber sido quemados, este punto de verificación se encuentra en zona de recuperación según la zonificación de la RNTUMB.

d) Cobertura vegetal tipo 04 Suelo con vegetación Densa (S.V.P.D)

En la tabla N° 13, Se aprecia la evolución de la cobertura vegetal tipo 04, (suelo con Vegetación Densa), donde se observa la cantidad de superficie en hectáreas que presento este tipo de cobertura vegetal entre los meses de marzo a mayo de cada año.

- Tabla N° 13.- Evolución de la cobertura tipo 04 en RNTUMB en el periodo 2000 – 2015.

| AÑO | MESES | HECTAREAS |
|------------|--------------|------------------|
| 2000 | MARZO – MAYO | 8706.6 |
| 2001 | MARZO – MAYO | 12059.46 |
| 2002 | MARZO – MAYO | 12553.11 |
| 2003 | MARZO – MAYO | 8870.49 |
| 2004 | MARZO – MAYO | 11466 |
| 2005 | MARZO – MAYO | 7117.83 |
| 2006 | MARZO – MAYO | 8690.85 |
| 2007 | MARZO – MAYO | 7557.21 |
| 2008 | MARZO – MAYO | 13313.07 |
| 2009 | MARZO – MAYO | 10279.17 |
| 2010 | MARZO – MAYO | 14140.26 |
| 2011 | MARZO – MAYO | 15019.92 |
| 2012 | MARZO – MAYO | 15381.54 |
| 2013 | MARZO – MAYO | 9632.07 |
| 2014 | MARZO – MAYO | 7441.02 |
| 2015 | MARZO – MAYO | 11193.93 |

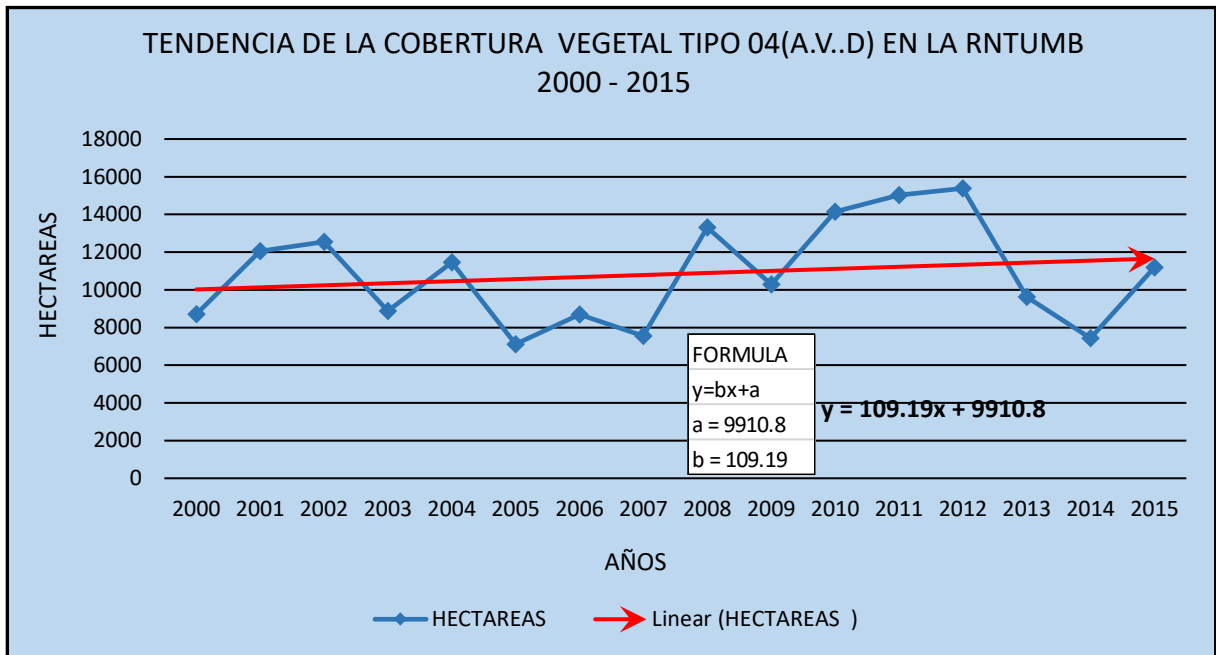


Grafico N°08.- Tendencia de la cobertura vegetal Tipo 04 en la Reserva Nacional de Tumbes.

En el grafico N° 08, Se aprecia la evolución y la tendencia que presenta el suelo con cobertura vegetal densa en la Reserva Nacional de Tumbes, donde según la línea de tendencia presenta tendencia positiva en los meses de marzo a mayo con grandes variaciones a lo largo de los 16 años, alcanzando su máxima extensión en el año 2012. Mientras que la menor extensión en área para este tipo de vegetación se presentó en el año 2005 donde alcanzo una extensión 7117.8 hectáreas, que es lo opuesto de la cobertura vegetal tipo 01 y 02 que en este mismo año alcanzaron el valor más elevado de superficie.

Finalmente se puede determinar que de acuerdo a la línea de tendencia trazada a lo largo de los 16 últimos años, la cobertura vegetal tipo 04 - suelo con cobertura vegetal densa, presenta tendencia positiva, cabe resaltar que de las cuatro tipos de cobertura vegetal realizadas este es el único tipo de cobertura vegetal que presenta tendencia positiva con respecto a su extensión en hectáreas. Presentando un elevado aumento de 1637.8 ha en total,

con un promedio anual de crecimiento en extensión de 109.1 ha, la misma que proyectada al año 2025 sería de 2729.7 ha. Según la línea de tendencia para los meses de marzo a mayo.

- Verificación In Situ de la cobertura vegetal tipo 04-A.V.D.

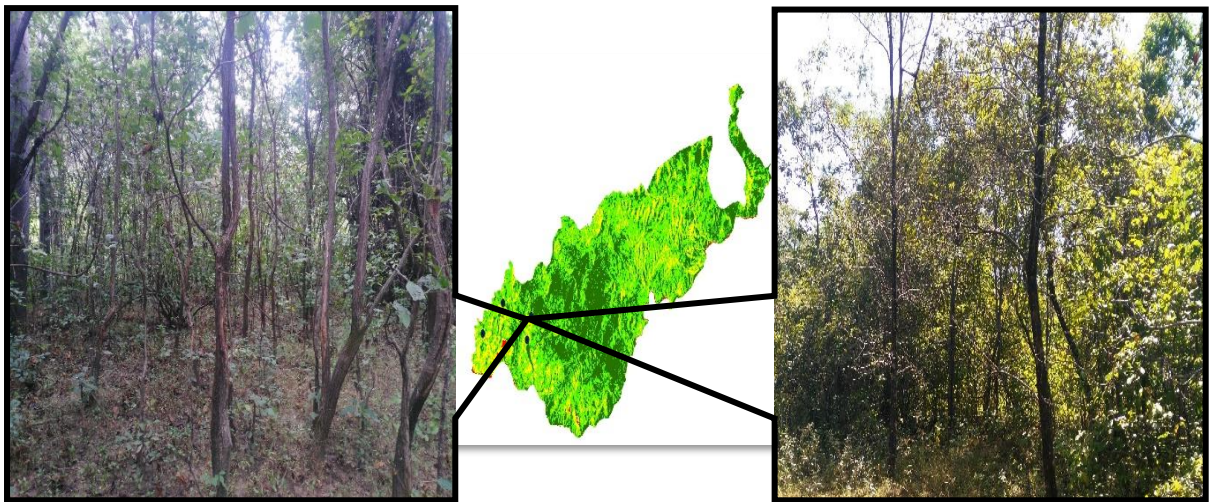


Figura N° 17. Verificación In Situ de la cobertura vegetal tipo 04 en la RNTUMB, sector Zapayal.

En la figura N° 17, se puede observar la cobertura vegetal tipo 04 verificada en un punto ubicado en el sector Zapayal en las coordenadas UTM- WGS'84. 573248E. y 9562309N, observándose áreas cubiertas por árboles frondosos indicando además que dichas áreas están conformadas por diferentes especies, predominando en algunos sectores la especie guayacán, este punto de verificación se encuentra en zona de uso especial según la zonificación de la RNTUMB.

4.3. Indicar la relación que existe entre la evolución de la cobertura vegetal del Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes con datos meteorológicos (precipitación y temperatura) durante el periodo 2000-2015 en los meses de Marzo-Mayo.

4.3.1. Evolución de la cobertura vegetal en el parque nacional cerros de amotape con precipitación.

a. Cobertura vegetal tipo 01- (S.S.V).

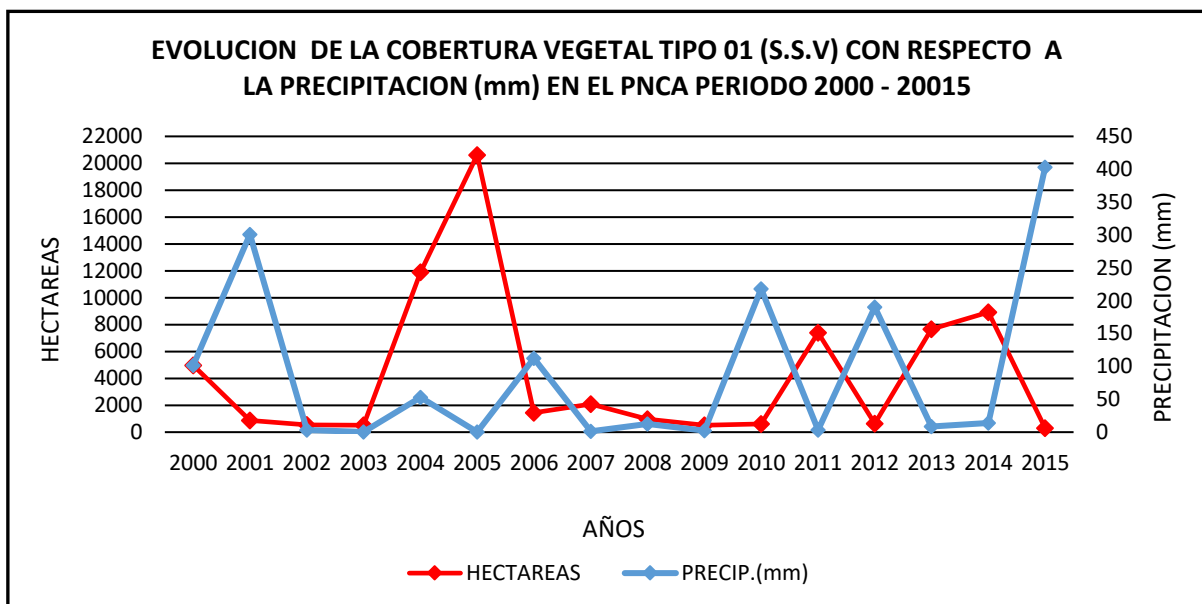


Grafico N° 09. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 con respecto a la precipitación.

Se aprecia en el grafico N° 09. como la precipitación influye directamente en la evolución de este tipo de cobertura vegetal a lo largo de todo el periodo, se puede determinar que la extensión de esta cobertura en hectáreas es inversamente proporcional a la precipitación ya que el año 2005 donde esta cobertura alcanzo su máxima extensión, se registró la precipitación más baja de todo el periodo con un valor mínimo de 02 mm, entre los meses de marzo a mayo, demostrando que la extensión de esta cobertura con la

escases de precipitación, pero que esta a su vez puede ser muy variable y cambiar drásticamente en extensión de un año para otro, esto concuerda que este tipo de cobertura vegetal presente tendencia positiva ya que las precipitaciones registradas en los últimos años han ido en aumento.

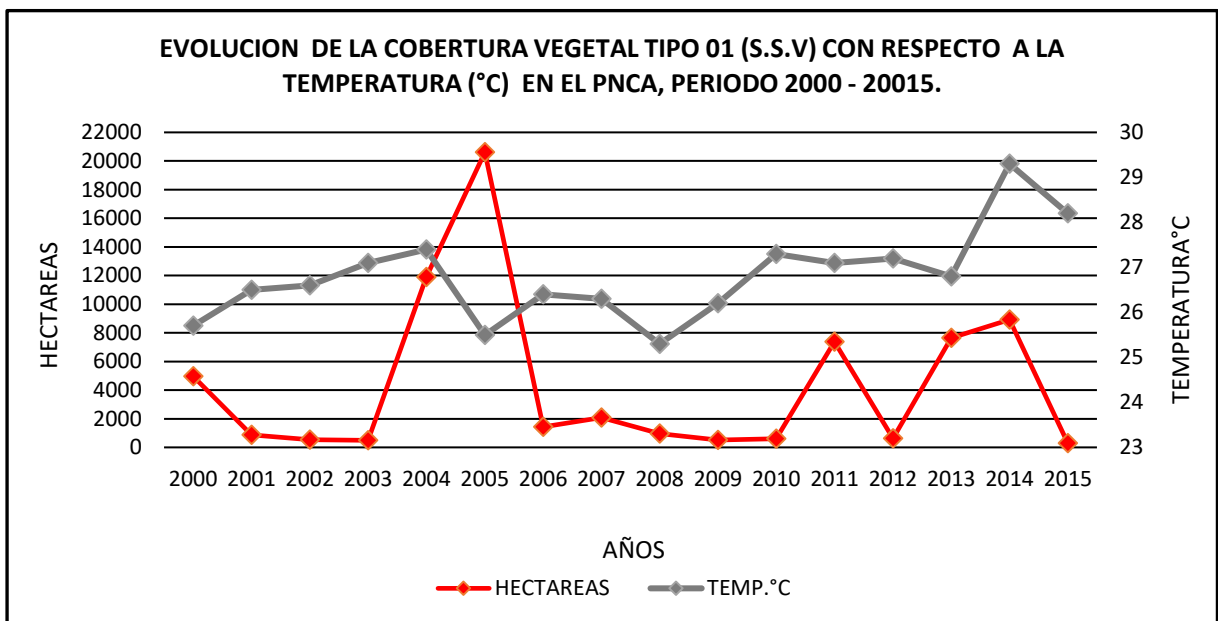


Grafico N° 10. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 con respecto a la temperatura.

En el grafico N° 10, se puede observar el comportamiento de la cobertura vegetal 01 (suelo sin vegetación) es indiferente con respecto a la temperatura, por lo que no se observa un patrón de comportamiento entre la temperatura y este tipo de cobertura vegetal a lo largo de los 16 años. Sin embargo se puede observar que la temperatura ha subido ligeramente entre los meses de marzo a mayo, pero siempre presenta valores medios entre 25°C y 29°C. Asimismo se podría decir que la temperatura influye indirectamente en la evolución de la cobertura vegetal teniendo en cuenta que a mayor temperatura hay mayor precipitación en los meses lluviosos.

b. Cobertura vegetal tipo 02- (S.C.M).

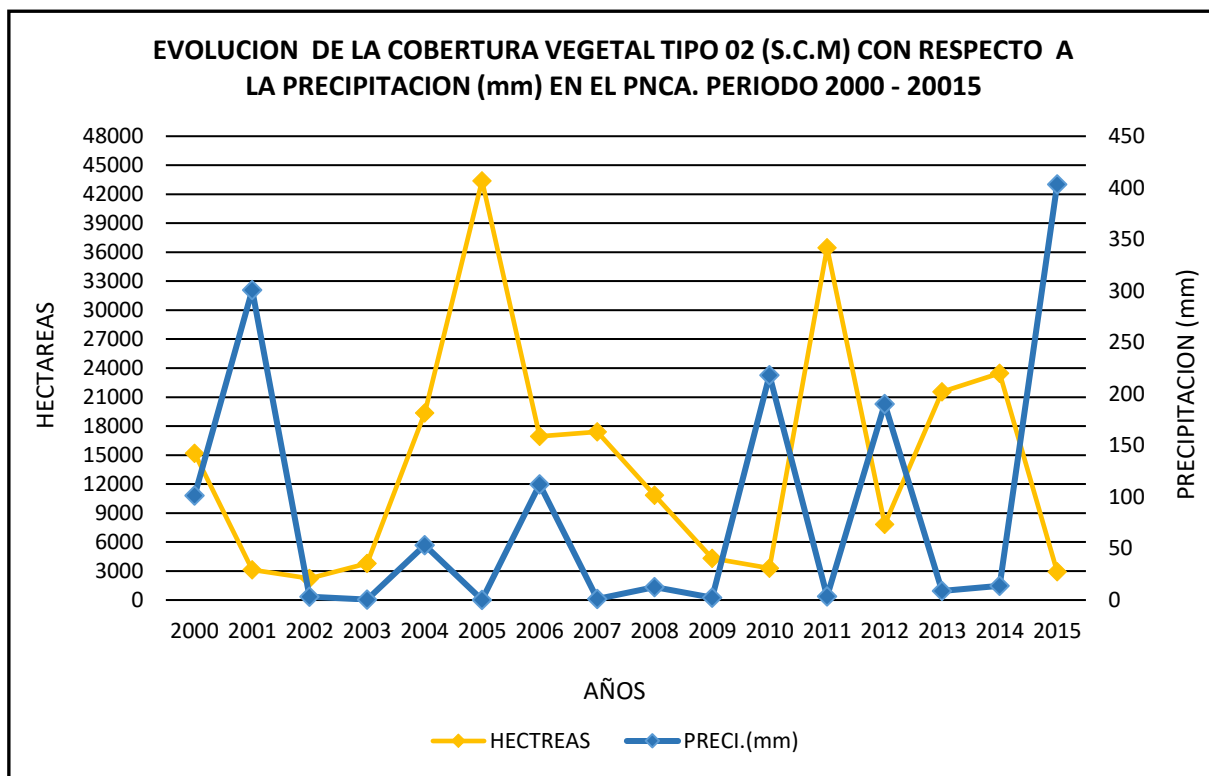


Grafico N° 11. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 con respecto a la precipitación.

En el grafico N° 11, se aprecia la evolución que presenta la cobertura vegetal tipo 02 en relación a la precipitación en el parque nacional cerros de amotape, donde se puede distinguir al igual que la cobertura vegetal tipo 01, este tipo de cobertura vegetal presenta un comportamiento inversamente proporcional con la cantidad de precipitación recibida, al igual a la cobertura vegetal tipo 01 alcanzo su extensión máxima en año 2005 donde la precipitación fue la más baja de todo el periodo, sin embargo se puede apreciar que el aumento en las precipitaciones favorece la extensión de esta cobertura vegetal, ya que presenta tendencia positiva con grandes variaciones en todo el periodo.

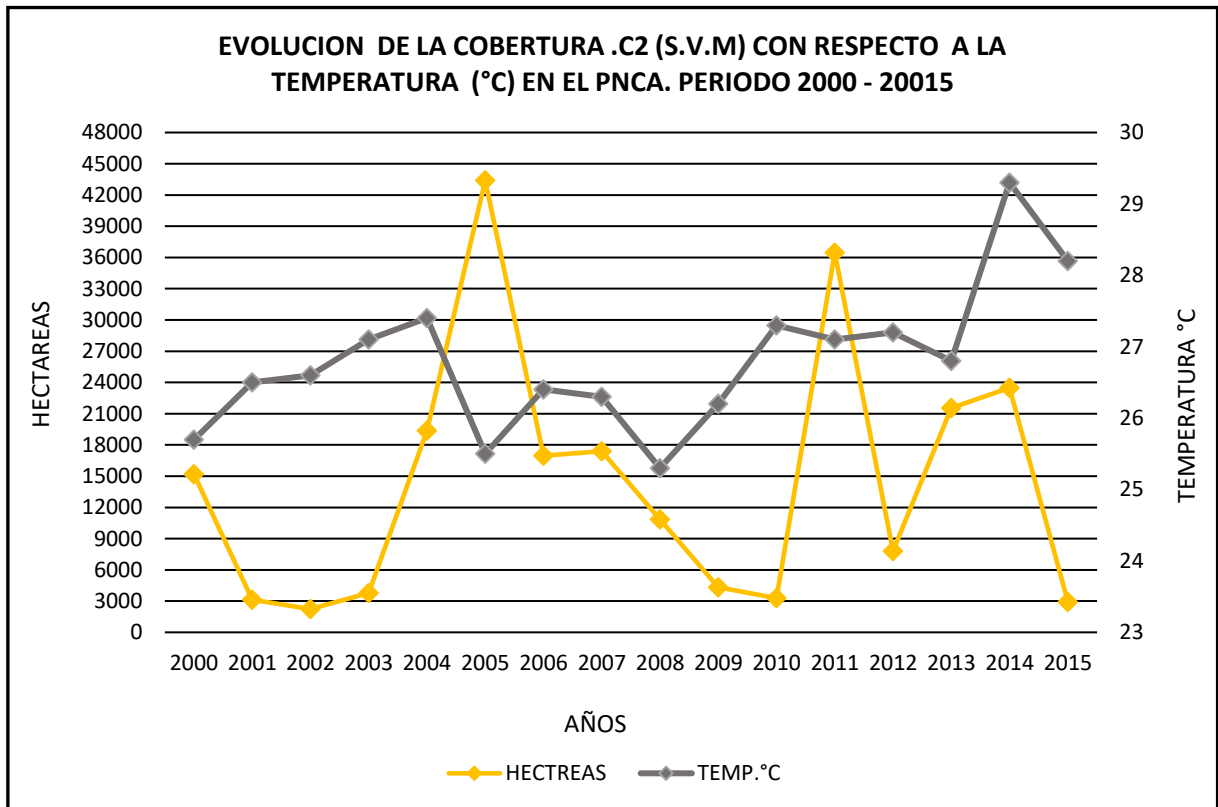


Grafico N° 12. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 con respecto a la temperatura

En el grafico N° 12, se puede observar que la temperatura es indiferente al comportamiento de la cobertura vegetal tipo 02-suelo con cobertura mixta, es decir que no tiene influencia directa sobre la extensión de la cobertura por lo que no se observa un patrón de comportamiento entre estos a lo largo de los 16 años. Sin embargo se puede observar que la temperatura ha subido ligeramente en todo el periodo de los 16 años durante los meses de marzo a mayo, pero siempre presenta valores medios entre 25°C y 29°C.

Asimismo se podría decir que la temperatura influye indirectamente en la evolución de la cobertura vegetal teniendo en cuenta que a mayor temperatura hay mayor precipitación en los meses lluviosos.

c. Cobertura vegetal tipo 03- (S.V.P.D).

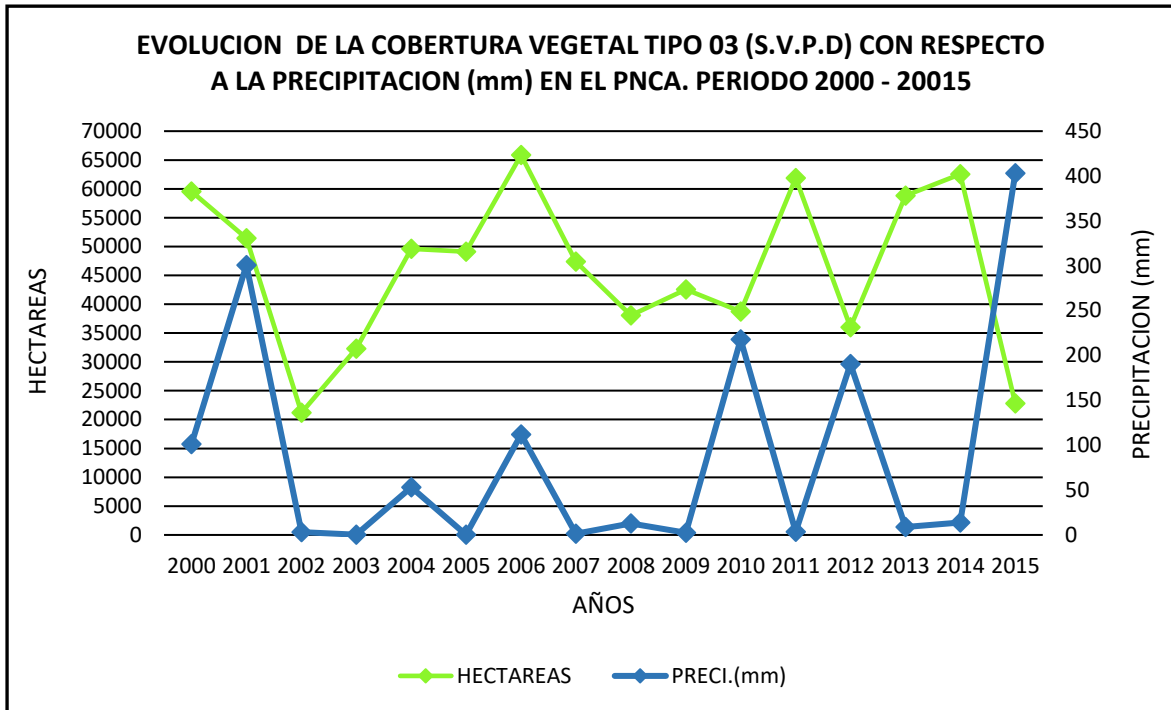


Grafico N° 13. Evolución en de cobertura vegetal tipo 03 con respecto a la precipitación

Se aprecia en el grafico N° 13, que la evolución de la cobertura vegetal tipo 03 (suelo con vegetación poco densa) presenta dos etapas bien diferenciadas con respecto a la precipitación durante el periodo de los 16 años. Un periodo que va desde el 2000 hasta el 2009 donde se aprecia que la extensión de este tipo de cobertura vegetal con la precipitación son directamente proporcionales, donde se ve que cuando la precipitación aumenta, la extensión de esta cobertura también y es en este periodo donde esta cobertura alcanza la superficie máxima en el año 2006 año en que se registró una precipitación de 112.1 mm, cabe resaltar que esta cobertura alcanza su extensión máxima un año después que se registrara la menor precipitación de todo el periodo y el otro periodo que va desde 2010 al 2015, donde se aprecia que la precipitación es inversamente proporcional a esta cobertura

vegetal, se aprecia claramente como este tipo de cobertura vegetal pierde superficie a medida que aumenta la precipitación.

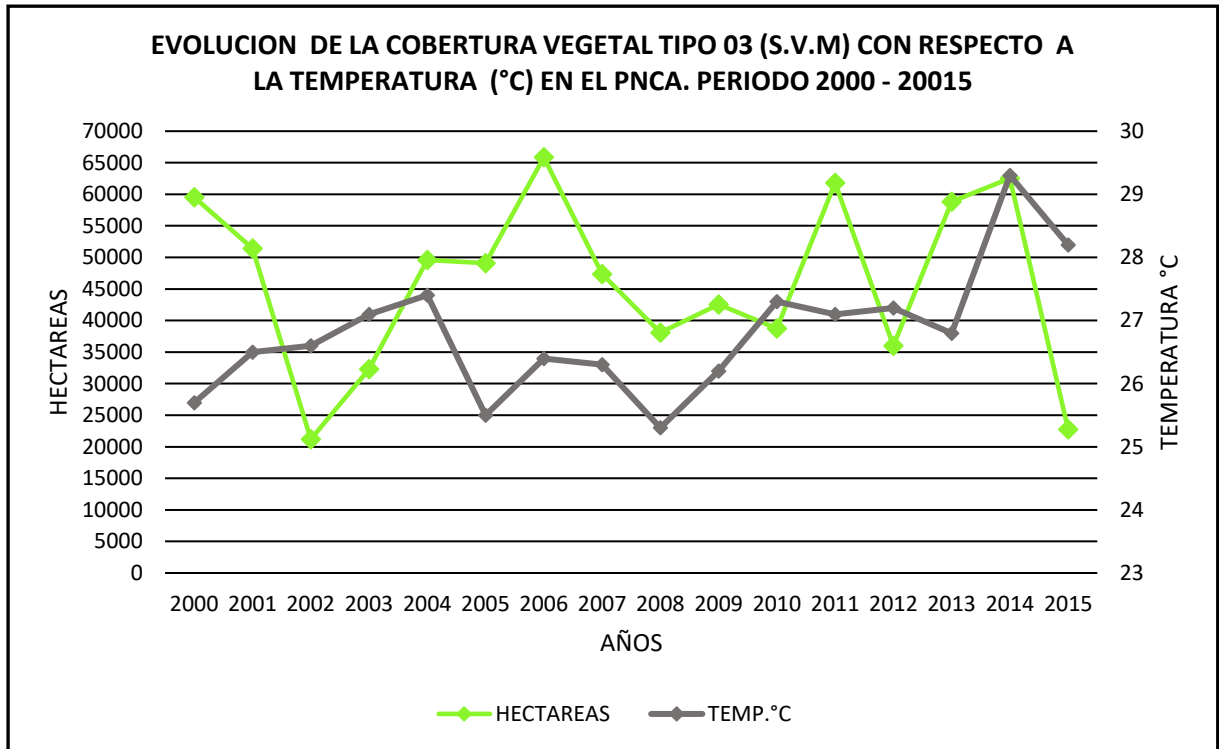


Grafico N° 14. Evolución de la cobertura vegetal tipo 03 con respecto a la Temperatura.

Se puede observar en el Grafico N° 14, que la temperatura es indiferente al comportamiento de la cobertura vegetal 03 (suelo con vegetación poco densa), ya que no tiene influencia directa sobre la extensión de esta cobertura, por lo que no se observa un patrón de comportamiento entre estos a lo largo de los 16 años, indicando además que la temperatura ha subido ligeramente durante todos los 16 años de la evaluación en los meses de marzo a mayo, pero siempre presenta valores medios entre 25°C y 29°C. Asimismo al igual que los anteriores casos se podría decir que la temperatura influye indirectamente en la evolución de la cobertura vegetal teniendo en cuenta que a mayor temperatura hay mayor precipitación en los meses lluviosos.

d. Cobertura vegetal tipo 04- (S.V.D).

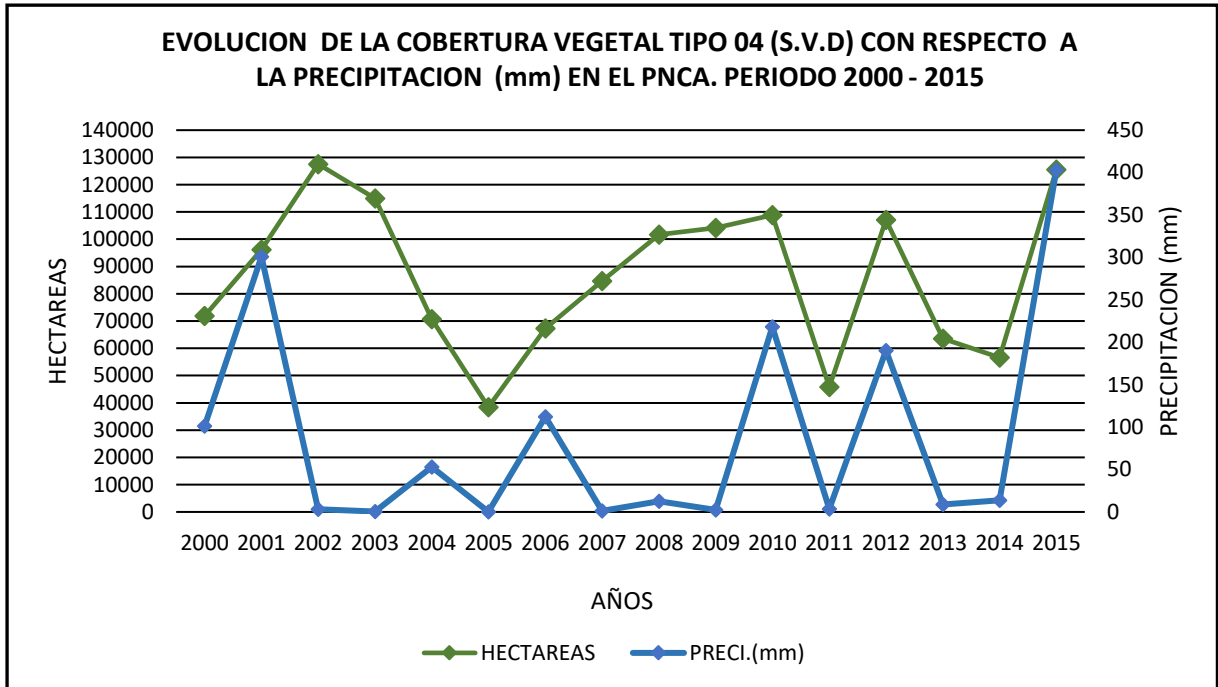


Grafico N° 15. Evolución de la cobertura vegetal tipo 04 con respecto a la precipitación.

Se aprecia en el grafico N° 15. Que la extensión de la cobertura vegetal tipo 04 (suelo con vegetación densa) presenta un comportamiento directamente proporcional a la precipitación, por lo tanto esta cobertura vegetal se ve favorecida con la precipitación ya que presenta tendencia positiva con respecto a su extensión en hectáreas, se puede determinar por lo que se aprecia en el gráfico que a partir del 2009 presentó un aumento en la precipitación y la vegetación densa vuelve más inestable ya que anualmente presenta grandes variaciones en su extensión.

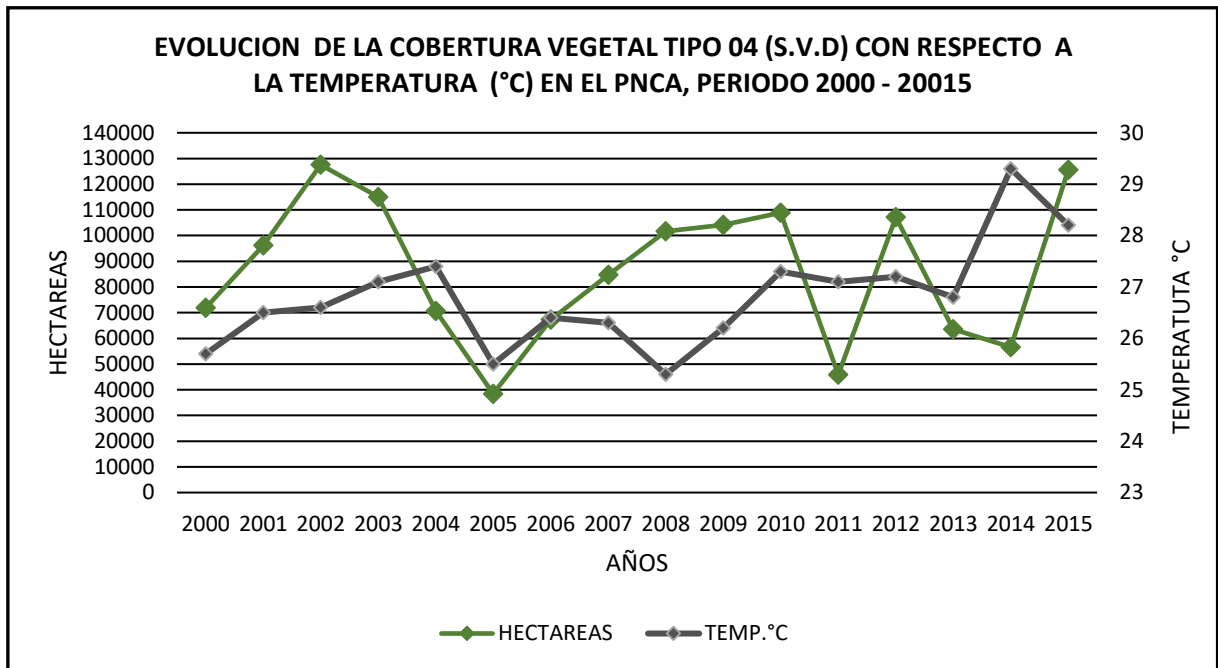


Grafico N° 16. Evolución de la cobertura vegetal tipo 04 con respecto a la precipitación.

En el grafico N° 16, se observa que la temperatura es indiferente al comportamiento de la cobertura vegetal tipo 04, ya que no se evidencia un patrón de comportamiento entre los dos durante el periodo, por lo que se asume que este factor ambiental no tiene influencia directa en la extensión de esta cobertura vegetal, pero sin embargo se observa que la temperatura ha subido ligeramente en todo el periodo de los 16 años durante los meses de marzo a mayo, pero siempre presenta valores medios entre 25°C y 29°C. Asimismo al igual que los anteriores casos se podría decir que la temperatura influye indirectamente en la evolución de la cobertura vegetal teniendo en cuenta que a mayor temperatura hay mayor precipitación en los meses lluviosos, siendo la precipitación el factor ambiental que influye directamente en la evolución de la cobertura vegetal.

4.3.2. Evolución de la Cobertura Vegetal en la Reserva Nacional de Tumbes con precipitación.

a. Cobertura vegetal tipo 01- (S.S.V).

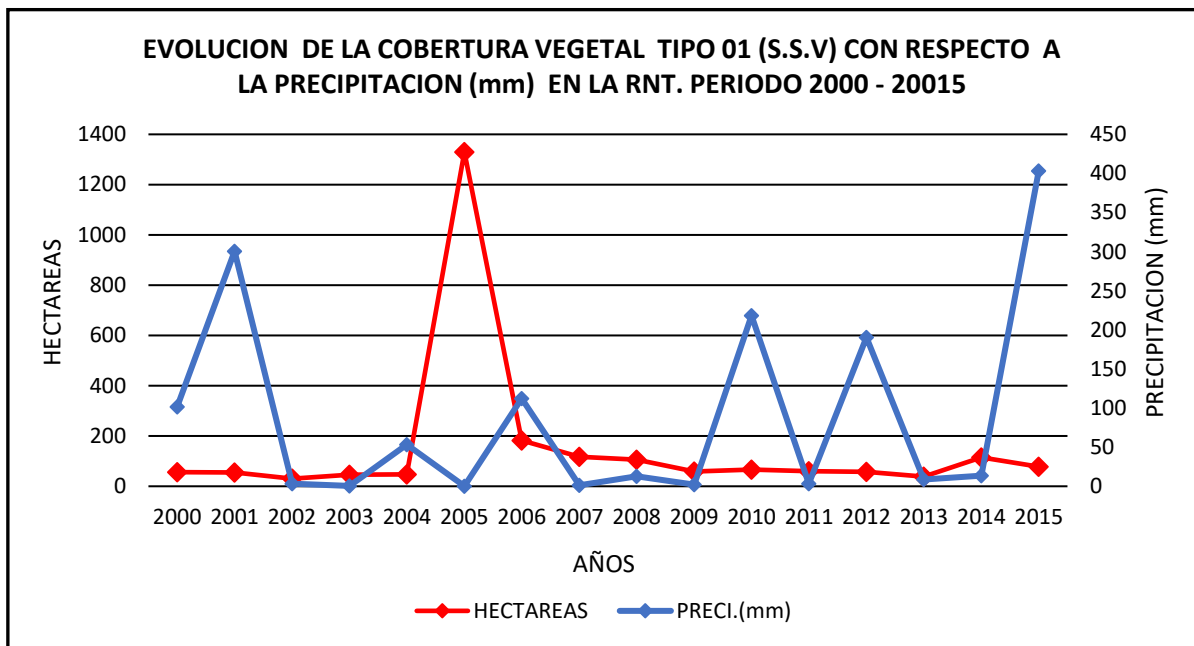


Grafico N° 17. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 con respecto a la precipitación.

En el grafico N° 17 se evidencia que este tipo de cobertura vegetal presenta extensiones relativamente estables a pesar que la precipitación aumente, a excepción del año 2005 donde se presentó la precipitación más baja de todo el periodo y esta cobertura alcanzo su máxima extensión ocupando el 7% del área total, por lo tanto se puede determinar que la escasas de precipitación influye grandemente en el aumento de esta cobertura vegetal, pero no así el aumento de precipitación influye en la disminución de esta cobertura vegetal , sin embargo presenta una ligera tendencia positiva con respecto a su extensión, esto concuerda con el aumento que ha presentado la precipitación en los últimos años del periodo.

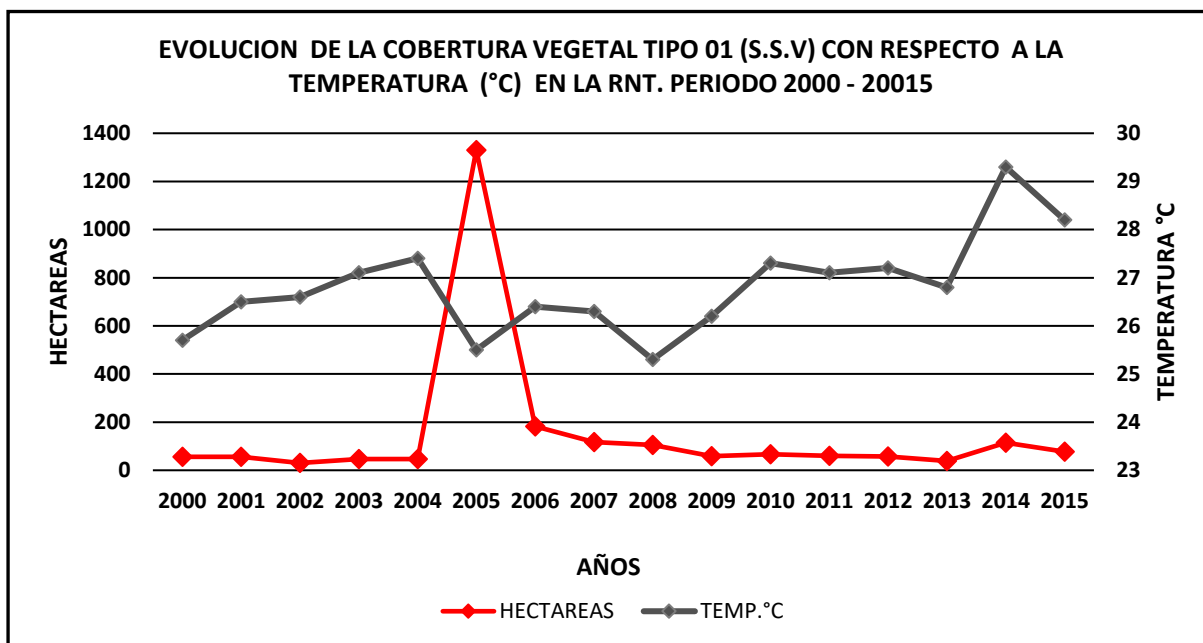


Grafico N° 18. Evolución de la cobertura vegetal tipo 01 con respecto a la temperatura

Se puede determinar por lo que se observa en el grafico N° 18, que la temperatura no influye directamente en la extensión de la cobertura 04 (suelo sin vegetación) por lo que no se observa un patrón de comportamiento entre las mismas en el periodo de los 16 años.

Pero sin embargo se puede decir que la temperatura influye indirectamente en la evolución de la cobertura vegetal teniendo en cuenta que a mayor temperatura hay mayor precipitación en los meses lluviosos, ya que la precipitación es el factor ambiental que influye directamente en la evolución de la cobertura vegetal.

b. Cobertura vegetal tipo 02- (S.C.M).

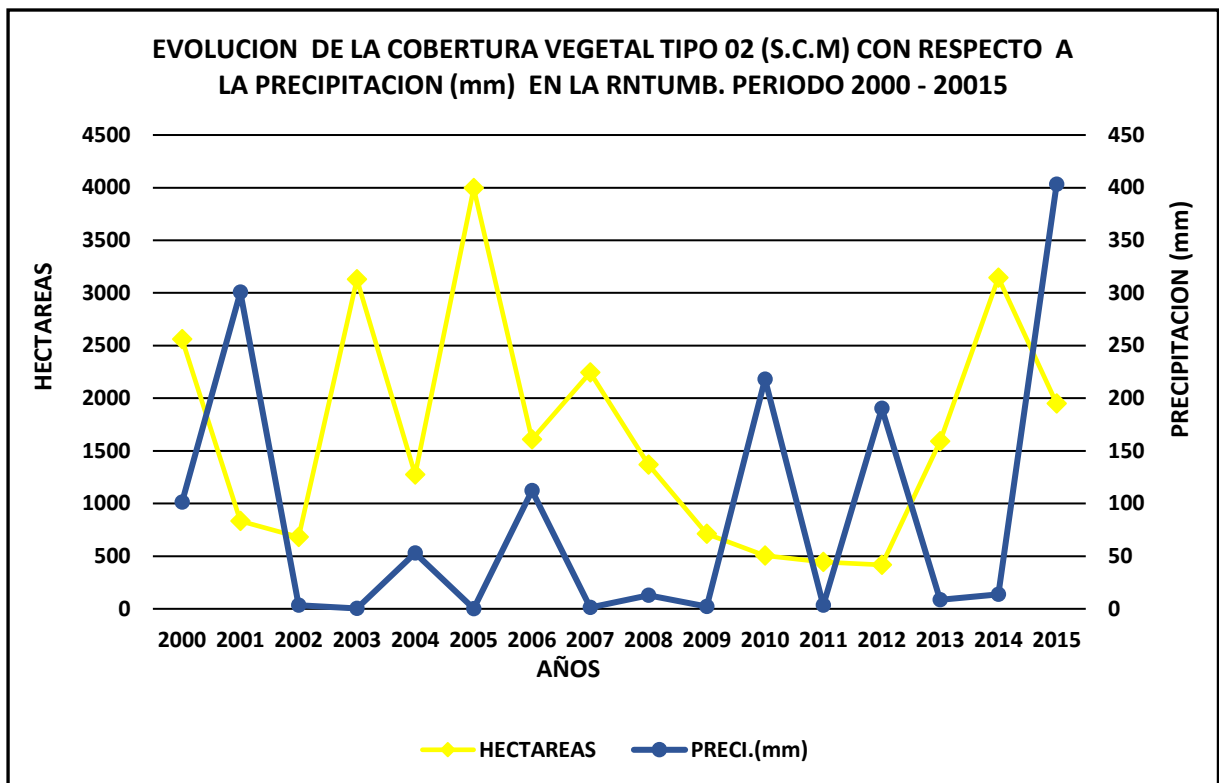


Grafico N° 19. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 con respecto a la precipitación

Se aprecia en el grafico N° 19, que la evolución de la cobertura 02 (suelo con cobertura mixta) presenta un comportamiento inversamente proporcional a la precipitación, a mayor precipitación menor extensión, esto se evidencia más en el año 2005 cuando se registró la precipitación más baja y esta cobertura alcanzo su máxima extensión de superficie.

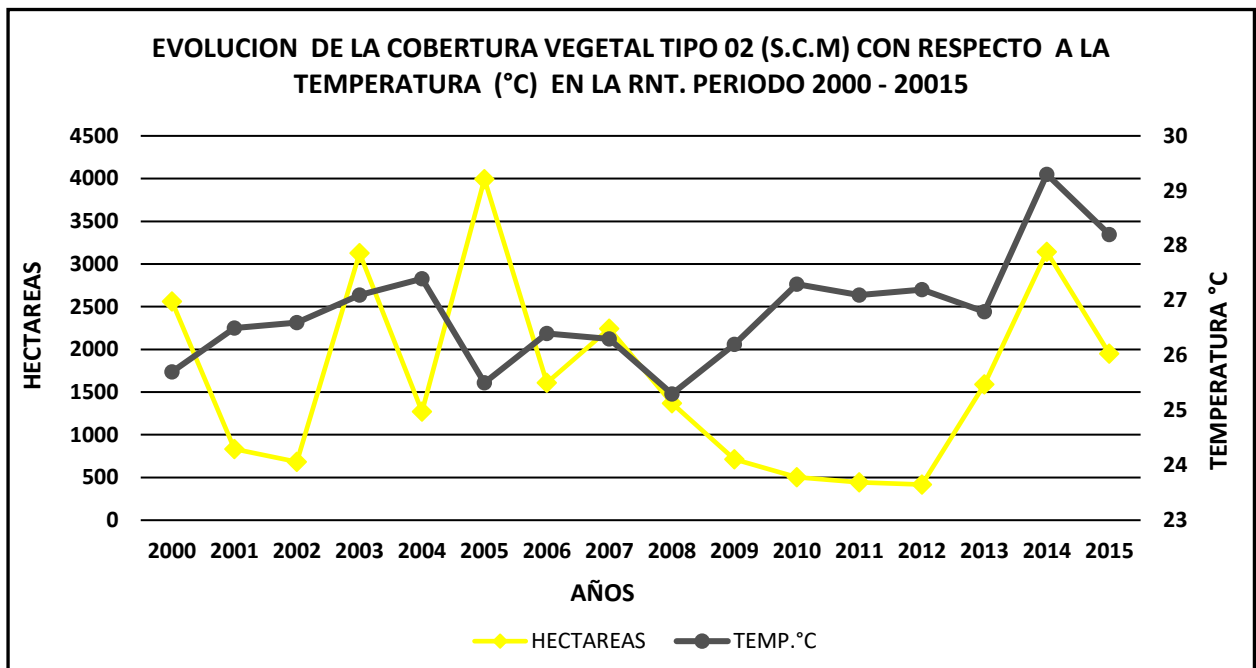


Grafico N° 20. Evolución de la cobertura vegetal tipo 02 con respecto a la temperatura

Se puede determinar por lo que se observa en el grafico N° 20, que la temperatura no influye directamente en la evolución de la extensión de la cobertura vegetal tipo 02 (suelo sin vegetación), por lo que no se observa un patrón de comportamiento entre los mismos durante los 16 años de la evaluación, además se puede observar que la temperatura ha subido ligeramente en todo el periodo para los meses de marzo a mayo, pero siempre presenta valores medios entre 25°C y 29°C.

Así mismo se puede decir que la temperatura influye indirectamente en la evolución de la cobertura vegetal teniendo en cuenta que a mayor temperatura hay mayor precipitación en los meses lluviosos, ya que la precipitación es el factor ambiental que influye directamente en la evolución de la cobertura vegetal.

c. Cobertura vegetal tipo 03- (S.V.P.D).

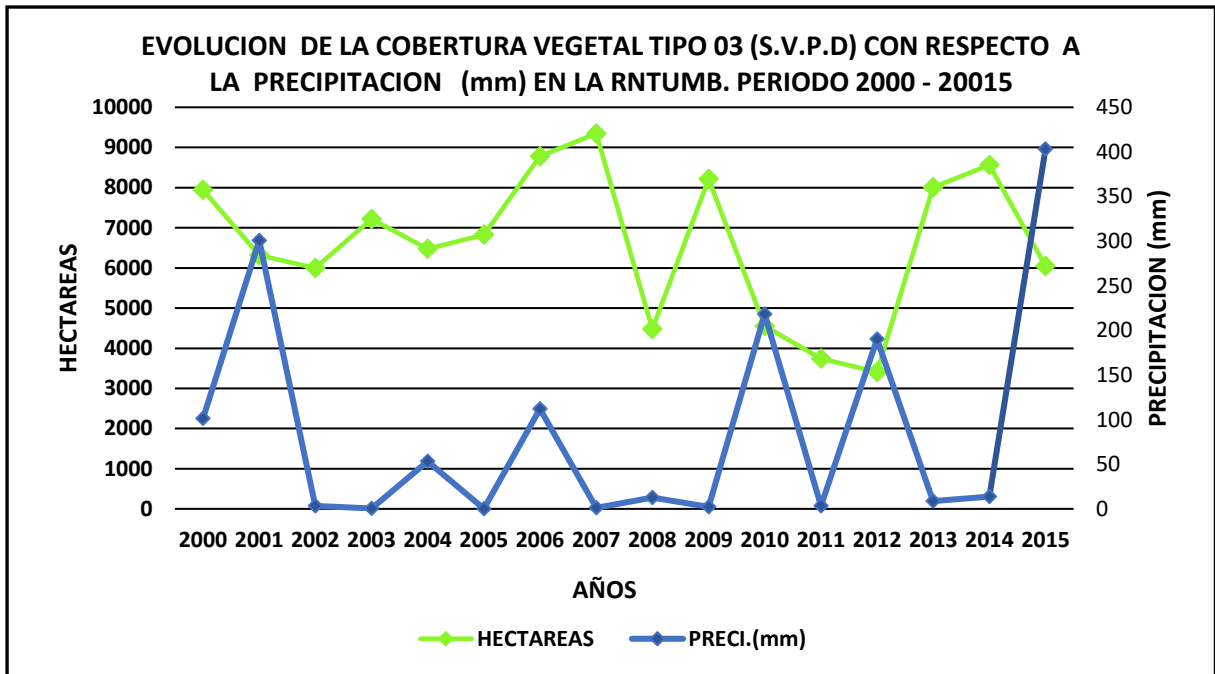


Grafico N° 21. Evolución de la cobertura vegetal tipo 03 con respecto a la precipitación.

Se aprecia en el grafico N° 21, que la evolución de la cobertura vegetal tipo 03 (suelo con vegetación poco densa), que desde el año 2000 hasta el año 2008 el crecimiento es directamente proporcional con la precipitación, sin embargo desde el año 2009 en adelante, año en que las precipitaciones aumentan este tipo de cobertura vegetal presenta una extensión inversamente proporcional a la precipitación, esto se debe a que esta presenta tendencia negativa.

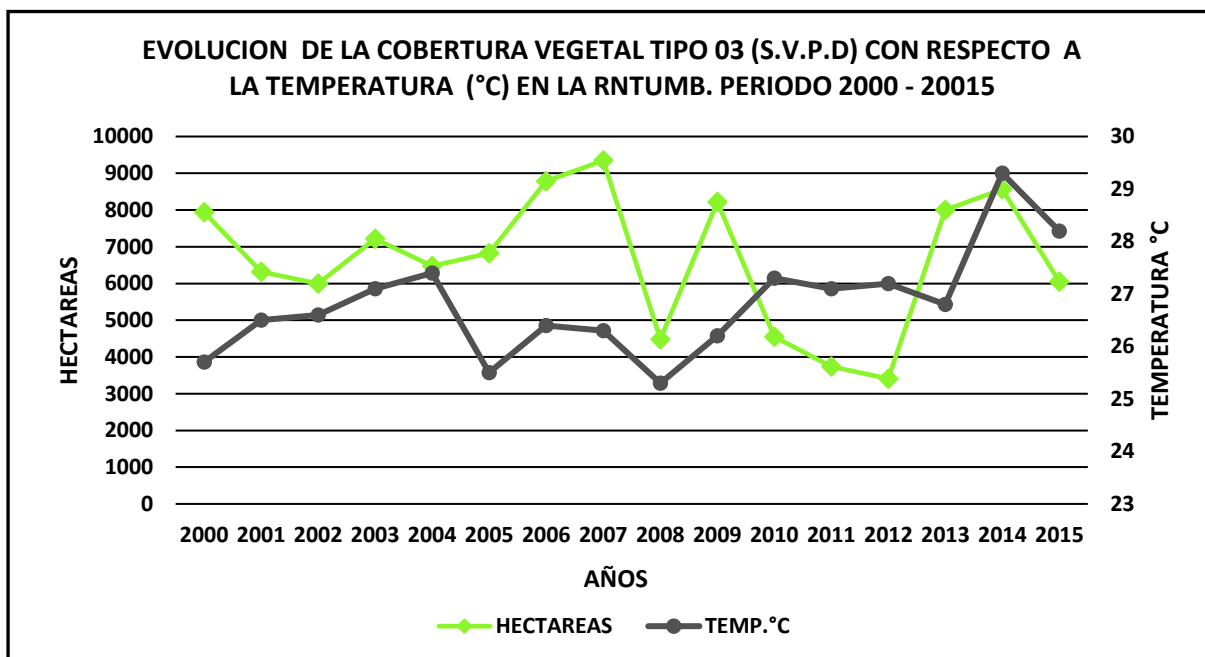


Grafico N° 22. Evolución de la cobertura vegetal tipo 03 con respecto a la temperatura

Se aprecia en el grafico N° 22, que la evolución de la cobertura vegetal tipo 03 (suelo con vegetación poco densa), que desde el año 2000 hasta el año 2008 el crecimiento de este tipo de cobertura vegetal es directamente proporcional con la precipitación, sin embargo desde el año 2009 en adelante, año en que las precipitaciones aumentan, la cobertura vegetal presenta una extensión inversamente proporcional a la precipitación, es esto se debe que presente tendencia negativa.

d. Cobertura vegetal tipo 04- (S.V.D).

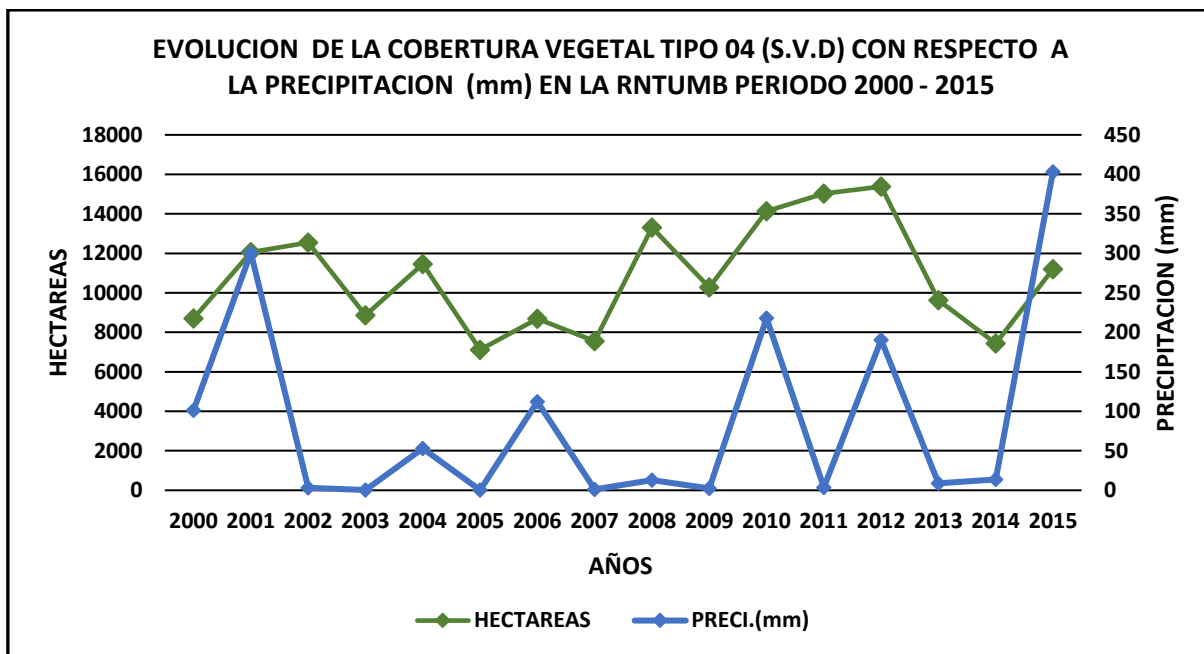


Grafico N° 23. Evolución de la cobertura vegetal tipo 04 con respecto a la precipitación.

Se aprecia en el grafico N° 23, que la evolución en extensión de la cobertura 04 (suelo con vegetación densa) se ve favorecida grandemente con el aumento de la precipitación, debido a que las áreas con vegetación 02 y 03 en presencia de altas precipitaciones elevan su valor de NDVI hasta alcázar valores de la cobertura vegetal densa. Se aprecia que a partir de 2009 las precipitaciones se incrementan y la superficie de la vegetación frondosa registra mayores extensiones, es por este aumento en las precipitaciones que este tipo de cobertura vegetal presenta una tendencia positiva muy significativa en los meses de marzo a abril.

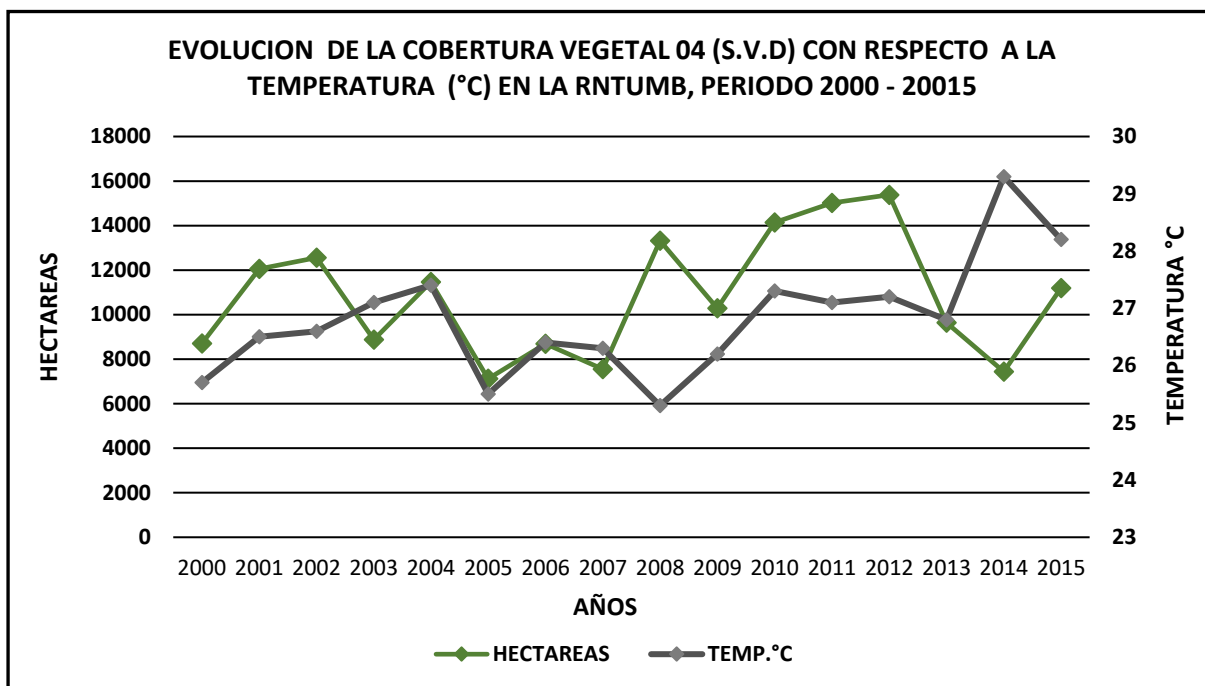


Grafico N° 24. Evolución de la cobertura vegetal tipo 04 con respecto a la temperatura

Se puede determinar por lo que se observa en el grafico N° 24, que la temperatura no influye directamente en la extensión de la cobertura 04 (suelo con vegetación densa) por lo que no se observa un patrón de comportamiento entre sí durante el periodo, pero si influye indirectamente por lo que a mayor temperatura mayor precipitación.

Se puede observar que la temperatura ha subido ligeramente en todo el periodo de los 16 años durante los meses de marzo a mayo, pero siempre presenta valores medios entre 25°C y 29°C.

4.4. Comparación de la tendencia de la cobertura vegetal del Parque Nacional Cerros de Amotape con la tendencia de la cobertura vegetal de la Reserva Nacional de Tumbes.

Tabla N° 14.- Comparación de la tendencia de cada una de las coberturas entre el PNCA y la RNTUMB

| COBERTURA | PARÁMETRO | PNCA | RNTUMB |
|---|-------------------------|-------------|---------------|
| SUELO SIN COBERTURA (S.S.C) | Tendencia | Negativa | Negativa |
| | Año con mayor extensión | 2005 | 2005 |
| | Año con menor extensión | 2015 | 2002 |
| SUELO CON COBERTURA MIXTA (S.C.C.M) | Tendencia | Positiva | Negativa |
| | Año de mayor extensión | 2005 | 2005 |
| | Año con menor extensión | 2002 | 2012 |
| SUELO CON COBERTURA POCO DENSA (S.C.P.D) | Tendencia | Negativa | Negativa |
| | Año con mayor extensión | 2006 | 2007 |
| | Año con menor extensión | 2002 | 2012 |
| SUELO CON COBERTURA DENSA (S.C.C.D) | Tendencia | Negativa | Positivo |
| | Año con mayor extensión | 2002 | 2012 |
| | Año con menor extensión | 2005 | 2005 |

En el Tabla N° 14, se observa la comparación de la evolución y tendencia que han presentado cada una de las tipos de cobertura vegetal entre la Reserva Nacional de Tumbes y el Parque Nacional Cerros de Amotape a lo largo del periodo del 2000 al 2015, coincidiendo la misma tendencia solo en el tipo de cobertura vegetal N° 01, suelo sin cobertura- S.S.C.

5. DISCUSIÓN.

En la presente investigación se evaluó la tendencia de los diferentes tipos de cobertura vegetal, en el Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes, mediante el procesamiento de imágenes satelitales – NDVI. Se pudo determinar que el tipo de cobertura vegetal tipo 01 presentó, para ambas áreas de estudio, tendencias negativas lo que significa que las áreas de suelos desnudos han sido remplazadas, a través del tiempo, por cubierta vegetal. Con respecto a la tendencia de la cobertura vegetal tipo 03, Suelo con Cobertura Poco Densa, ésta presentó tendencia negativa lo que significó la disminución en extensión de la cobertura vegetal.

Con respecto a las tendencias obtenidas, López (2012) evaluó un área que comprende parte de los estados de Aguas calientes, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas y gran parte del estado de Guanajuato en México, mediante el procesamiento de imágenes satelitales Landsat TM, obtenidas para los meses de Agosto-Noviembre por un periodo de 6 años, encontrando que en la mayor parte del área de estudio presento tendencias positivas, sin embargo, los valores de pendientes negativos fueron mayores lo que indica que los cambios negativos fueron más pronunciados, apreciándose de esta manera muy poca variación en los valores de NDVI durante el periodo de estudio.

La obtención del NDVI se realizó mediante el procesamiento de imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8 método recomendado por López (2012) quien señaló que el procesamiento de imágenes satelitales mediante este medio es una herramienta eficaz para la predicción de cambios en la vegetación y a la vez permite localizar fenómenos como la desertificación y la erosión.

Las precipitaciones son determinantes en la evolución de los tipos de cobertura vegetal. En la presente investigación se determinó que este factor tuvo influencia positiva en la cobertura vegetal de tipo poco densa y densas, esto se debe a que las condiciones hídricas del suelo mejoran favoreciendo por conciencia a la vegetación incrementando de esta forma su actividad fotosintética, originando que las áreas con valores bajos de NDVI se eleven hasta alcanzar valores próximos o

iguales de la vegetación densa. Con respecto al suelo sin vegetación y el suelo con cobertura tipo mixta la precipitación influye negativamente ya que estas superficies disminuyen drásticamente con el aumento de precipitación.

Sin embargo la temperatura y su relación con la evolución de la cobertura vegetal no presentan ningún patrón de comportamiento en común a lo largo del periodo con excepción del año 2005 que es donde el suelo sin vegetación y el suelo con cobertura vegetal mixta alcanzaron su máxima extensión, siendo a la vez el año que se registró la temperatura más elevada de todo el periodo, esto 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.

6. CONCLUSIONES.

- En el Parque nacional Cerros de Amotape, el tipo de cobertura vegetal N° 02 presento tendencia positiva ya que el suelo con vegetación mixta presento un crecimiento en su extensión de la superficie, sin embargo para el tipo de cobertura vegetal N° 01, 03, 04 presentaron tendencias negativas ya que hubo una disminución en su extensión de la superficie.
- En la Reserva Nacional de Tumbes, el tipo de cobertura vegetal N° 04 presento tendencia positiva, ya que el suelo con vegetación densa presentan un crecimiento en su extensión de la superficie, sin embargo para el tipo de cobertura vegetal N° 01, 02, 03 presentaron tendencias negativas ya que hubo una disminución en su extensión de la superficie.
- La vegetación densa y poco densa se ven favorecidas con el incremento en las precipitaciones, ya que su extensión aumenta considerablemente en los años que se registró mayor precipitación, en los meses de marzo a mayo, sin embargo los resultados de esta cobertura vegetal se ven influenciados y pueden variar de en función a otros factores como el pastoreo, estación fenológica y la situación hídrica del territorio.
- La temperatura no influye directamente en las tendencia de la cobertura vegetal puesto que no presenta ningún patrón a largo del periodo, sin embargo si está asociado con el incremento en las precipitación y esta si es un factor determinante directo que intervine en la evolución y tendencia de la cobertura vegetal.
- La tendencia de la cobertura vegetal coincidió negativamente durante la Comparación que se realizó entre el Parque Nacional Cerros de Amotape con la Reserva Nacional de Tumbes coincidiendo en los tipos N°01 Suelo Sin Cobertura Vegetal (S.S.C) y el tipo N°3 suelo con Cobertura Vegetal Poco Densa (S.C.P.D).

- La metodología utilizada para analizar la evolución de la cobertura vegetal en un periodo de tiempo, mediante el uso de imágenes ETM+ y OLI, con una resolución espacial de 30m, procesadas con el uso del software Arcgis 10 .2, resulto adecuada para el monitoreo de la cobertura vegetal en grandes extensiones, ya que fue corroborado en campo los resultados obtenidos del procesamiento para los cuatro tipos de cobertura vegetal.

7. RECOMENDACIONES.

- Realizar estudios enfocados en el análisis espacio temporal de la evolución de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes, utilizando herramientas SIG, y determinar su relación con los factores ambientales, obtenidos del registro de las mismas imágenes satelitales de la plataforma de LANDSAT.
- Realizar estudios relacionados con el análisis de la evolución y la tendencia de cobertura vegetal en las áreas naturales protegidas Parque Nacional Cerros de Amotape y la Reserva Nacional de Tumbes teniendo en cuenta su comportamiento frente a los años donde se registraron fenómenos del niño.
- Obtener imágenes satelitales libres de nubosidad Durante la ejecución de futuros estudios relacionados con el análisis espacio temporal de la evolución de la cobertura vegetal ya que este factor alteraría de manera muy representativa los resultados.

CAPÍTULO IV

8. BIBLIOGRAFIA.

Alcatorre, L., Beguería, S. y S. Vicente - Serrano. 2010. Análisis de la evolución espacio – temporal del NDVI sobre áreas vegetales y zonas de riesgo de erosión en el pirineo central. *Rev. De Ecología de Montaña* 165: 7 – 27.

http://digital.csic.es/bitstream/10261/28709/1/BequeriaS_Pirineos2010.pdf

Cecenque, R. 2013. Manual para el tratamiento de imágenes satelitales con índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

<http://www.monitoreosatelital.cl/wp-content/uploads/2014/11/Manual-Tratamiento-de-Imagenes-NDVI.pdf>

Díaz, J. 2015. Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/ RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. Para obtener el grado de Maestro en Tecnología de la Información Geográfica, Universidad Complutense de Madrid, 1-77.

http://eprints.ucm.es/31423/1/TFM_Juan_Diaz_Cervignon.pdf.

Eceolaza, E., Oroz, I., Zahino, I. y I. Marruedo. 2009. Aplicación de las técnicas de tratamiento de imágenes multisectoriales de satélite al estudio de la superficie terrestre. *Rev. De Didáctica Ambiental* 6 (8): 78 –91.

<http://www.didacticaambiental.com/revista/numero8/7-tecnicas%20de.pdf>.

Gonzaga, C. (2014). Aplicación del índice de vegetación derivados de imágenes satelitales landsat 7 EMT+ y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador. Tesis para optar el grado de magister en Geomática. Universidad Nacional de la Plata.

Hernández, E. 2015. Uso del NVDI para determinar impactos ambientales en la vegetación ocasionados por la intervención del hombre mediante técnicas de percepción remota. Para obtener el grado de Ing. Civil, Universidad Autónoma de México, 1 – 80.

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/5864/1/Tesis.pdf>

- Jiménez, N. (2010). Evaluación del impacto de la sequía sobre la vegetación natural mediante teledetección en el SE español. Tesis para optar el grado de Ciencias Ambientales. Universidad Politécnica de Valencia.
- López, P. (2012). Tendencia del índice de vegetación de diferencia normalizada para una zona del centro de México. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Biología. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Puig, C. (2015). Evolución temporal de la vegetación en el Sahel mediante el NDVI y su relación con la precipitación en el periodo 1983-2012. Tesis para optar el grado de doctor cartografía y geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña.

9. ANEXOS.

ANEXO 1. LISTA DE IMÁGENES PROCESADAS.

| ID DE LA ESCENA | NIVEL: PRODUCTO | FECHA D/M/A |
|------------------------|----------------------------|------------------------|
| LE70110632000152EDC00 | ETM+ L1T | 2000/5/31 |
| LE70110632001090EDC00 | ETM+ L1T | 2001/3/31 |
| LE70110632002125EDC00 | ETM+ L1T | 2002/5/5 |
| LE70110632003080ASN00 | ETM+ L1T | 2003/3/21 |
| LE70110632004099EDC01 | ETM+ L1T | 2004/4/8 |
| LE70110632005149EDC00 | ETM+ L1T | 2005/5/29 |
| LE70110632006136EDC00 | ETM+ L1T | 2006/5/16 |
| LE70110632007091EDC00 | ETM+ L1T | 2007/4/1 |
| LE70110632008078ASN00 | ETM+ L1T | 2008/3/18 |
| LE70110632009128EDC00 | ETM+ L1T | 2009/5/8 |
| LE70110632010083ASN00 | ETM+ L1T | 2010/3/24 |
| LE70110632011070ASN01 | ETM+ L1T | 2011/3/11 |
| LE70110632012089EDC00 | ETM+ L1T | 2012/3/29 |
| LE70110632013123EDC00 | ETM+ L1T | 2013/5/3 |
| LC80110632014070LGN00 | OLI TIRS L1T | 2014/3/11 |
| LE70110632015129EDC00 | ETM+ L1T | 2015/5/9 |

ANEXO 2. CALCULO DE PIXELES CORRESPONDIENTES A CADA TIPO DE COBERTURA VEGETAL

| AÑO | MESES | AREA | NUMERO DE PIXELES SEGUN COBERTURA | | | | TOTAL |
|------|---------|------|-----------------------------------|--------|--------|---------|---------|
| | | | C1 | C2 | C3 | C4 | |
| 2000 | MAR-MAY | PNCA | 55188 | 168723 | 661584 | 798377 | 1683872 |
| | | RNT | 627 | 28445 | 88239 | 96740 | 214051 |
| 2001 | MAR-MAY | PNCA | 9592 | 34684 | 571326 | 1068270 | 1683872 |
| | | RNT | 615 | 9252 | 70190 | 133994 | 214051 |
| 2002 | MAR-MAY | PNCA | 6053 | 24853 | 235470 | 1417496 | 1683872 |
| | | RNT | 336 | 7575 | 66661 | 139479 | 214051 |
| 2003 | MAR-MAY | PNCA | 5593 | 41994 | 358990 | 1277295 | 1683872 |
| | | RNT | 516 | 34752 | 80222 | 98561 | 214051 |
| 2004 | MAR-MAY | PNCA | 132118 | 215101 | 551241 | 785412 | 1683872 |
| | | RNT | 523 | 14147 | 71981 | 127400 | 214051 |
| 2005 | MAR-MAY | PNCA | 229096 | 482143 | 545412 | 427221 | 1683872 |
| | | RNT | 14778 | 44379 | 75807 | 79087 | 214051 |
| 2006 | MAR-MAY | PNCA | 15952 | 188337 | 731718 | 747865 | 1683872 |
| | | RNT | 2029 | 17883 | 97574 | 96565 | 214051 |
| 2007 | MAR-MAY | PNCA | 23176 | 193406 | 526496 | 940794 | 1683872 |
| | | RNT | 1301 | 24932 | 103849 | 83969 | 214051 |
| 2008 | MAR-MAY | PNCA | 10759 | 120492 | 423083 | 1129538 | 1683872 |
| | | RNT | 1172 | 15220 | 49736 | 147923 | 214051 |
| 2009 | | PNCA | 5843 | 47969 | 472708 | 1157352 | 1683872 |
| | | RNT | 654 | 7915 | 91269 | 114213 | 214051 |
| 2010 | MAR-MAY | PNCA | 6651 | 36625 | 430479 | 1210117 | 1683872 |
| | | RNT | 745 | 5605 | 50587 | 157114 | 214051 |
| 2011 | MAR-MAY | PNCA | 82074 | 405172 | 687180 | 509446 | 1683872 |
| | | RNT | 661 | 4939 | 41563 | 166888 | 214051 |
| 2012 | MAR-MAY | PNCA | 6934 | 86866 | 399965 | 1190107 | 1683872 |
| | | RNT | 636 | 4637 | 37872 | 170906 | 214051 |
| 2013 | MAR-MAY | PNCA | 85068 | 239241 | 653451 | 706112 | 1683872 |
| | | RNT | 427 | 17687 | 88914 | 107023 | 214051 |
| 2014 | MAR-MAY | PNCA | 99161 | 260823 | 694772 | 629116 | 1683872 |
| | | RNT | 1274 | 34924 | 95175 | 82678 | 214051 |
| 2015 | MAR-MAY | PNCA | 3297 | 32379 | 253068 | 1395128 | 1683872 |
| | | RNT | 860 | 21653 | 67161 | 124377 | 214051 |

ANEXO 3. CALCULO DE LA SUPERFICIE EN METROS CUADRADOS DE CADA TIPO DE COBERTURA VEGETAL

| AÑO | MESES | AREA | AREA SEGÚN LA CATEGORIA DE COBERTURA (m2) | | | | TOTAL (m2) |
|------|-----------|------|---|-----------|-----------|------------|------------|
| | | | C1 | C2 | C3 | C4 | |
| 2000 | MAR - MAY | PNCA | 49669200 | 151850700 | 595425600 | 718539300 | 1515484800 |
| | | RNT | 564300 | 25600500 | 79415100 | 87066000 | 192645900 |
| 2001 | MAR - MAY | PNCA | 8632800 | 31215600 | 514193400 | 961443000 | 1515484800 |
| | | RNT | 553500 | 8326800 | 63171000 | 120594600 | 192645900 |
| 2002 | MAR - MAY | PNCA | 5447700 | 22367700 | 211923000 | 1275746400 | 1515484800 |
| | | RNT | 302400 | 6817500 | 59994900 | 125531100 | 192645900 |
| 2003 | MAR - MAY | PNCA | 5033700 | 37794600 | 323091000 | 1149565500 | 1515484800 |
| | | RNT | 464400 | 31276800 | 72199800 | 88704900 | 192645900 |
| 2004 | MAR - MAY | PNCA | 118906200 | 193590900 | 496116900 | 706870800 | 1515484800 |
| | | RNT | 470700 | 12732300 | 64782900 | 114660000 | 192645900 |
| 2005 | MAR - MAY | PNCA | 206186400 | 433928700 | 490870800 | 384498900 | 1515484800 |
| | | RNT | 13300200 | 39941100 | 68226300 | 71178300 | 192645900 |
| 2006 | MAR - MAY | PNCA | 14356800 | 169503300 | 658546200 | 673078500 | 1515484800 |
| | | RNT | 1826100 | 16094700 | 87816600 | 86908500 | 192645900 |
| 2007 | MAR - MAY | PNCA | 20858400 | 174065400 | 473846400 | 846714600 | 1515484800 |
| | | RNT | 1170900 | 22438800 | 93464100 | 75572100 | 192645900 |
| 2008 | MAR - MAY | PNCA | 9683100 | 108442800 | 380774700 | 1016584200 | 1515484800 |
| | | RNT | 1054800 | 13698000 | 44762400 | 133130700 | 192645900 |
| 2009 | MAR - MAY | PNCA | 5258700 | 43172100 | 425437200 | 1041616800 | 1515484800 |
| | | RNT | 588600 | 7123500 | 82142100 | 102791700 | 192645900 |
| 2010 | MAR - MAY | PNCA | 5985900 | 32962500 | 387431100 | 1089105300 | 1515484800 |
| | | RNT | 670500 | 5044500 | 45528300 | 141402600 | 192645900 |
| 2011 | MAR - MAY | PNCA | 73866600 | 364654800 | 618462000 | 458501400 | 1515484800 |
| | | RNT | 594900 | 4445100 | 37406700 | 150199200 | 192645900 |
| 2012 | MAR - MAY | PNCA | 6240600 | 78179400 | 359968500 | 1071096300 | 1515484800 |
| | | RNT | 572400 | 4173300 | 34084800 | 153815400 | 192645900 |
| 2013 | MAR - MAY | PNCA | 76561200 | 215316900 | 588105900 | 635500800 | 1515484800 |
| | | RNT | 384300 | 15918300 | 80022600 | 96320700 | 192645900 |
| 2014 | MAR - MAY | PNCA | 89244900 | 234740700 | 625294800 | 566204400 | 1515484800 |
| | | RNT | 1146600 | 31431600 | 85657500 | 74410200 | 192645900 |
| 2015 | MAR - MAY | PNCA | 2967300 | 29141100 | 227761200 | 1255615200 | 1515484800 |
| | | RNT | 774000 | 19487700 | 60444900 | 111939300 | 192645900 |

ANEXO 4. CALCULO DE LA SUPERFICIE EN HECTÁREAS DE CADA TIPO DE COBERTURA VEGETAL

| AÑO | MESES | AREA | AREAS POR TIPO DE COBERTURA (ha) | | | | TOTAL (ha) |
|------|-----------|------|----------------------------------|----------|----------|-----------|------------|
| | | | A.S.V | A.V.M | A.V.P.D | A.V.D | |
| 2000 | MAR - MAY | PNCA | 4966.92 | 15185.07 | 59542.56 | 71853.93 | 151548.48 |
| | | RNT | 56.43 | 2560.05 | 7941.51 | 8706.60 | 19264.59 |
| 2001 | MAR - MAY | PNCA | 863.28 | 3121.56 | 51419.34 | 96144.30 | 151548.48 |
| | | RNT | 55.35 | 832.68 | 6317.10 | 12059.46 | 19264.59 |
| 2002 | MAR - MAY | PNCA | 544.77 | 2236.77 | 21192.30 | 127574.64 | 151548.48 |
| | | RNT | 30.24 | 681.75 | 5999.49 | 12553.11 | 19264.59 |
| 2003 | MAR - MAY | PNCA | 503.37 | 3779.46 | 32309.10 | 114956.55 | 151548.48 |
| | | RNT | 46.44 | 3127.68 | 7219.98 | 8870.49 | 19264.59 |
| 2004 | MAR - MAY | PNCA | 11890.62 | 19359.09 | 49611.69 | 70687.08 | 151548.48 |
| | | RNT | 47.07 | 1273.23 | 6478.29 | 11466.00 | 19264.59 |
| 2005 | MAR - MAY | PNCA | 20618.64 | 43392.87 | 49087.08 | 38449.89 | 151548.48 |
| | | RNT | 1330.02 | 3994.11 | 6822.63 | 7117.83 | 19264.59 |
| 2006 | MAR - MAY | PNCA | 1435.68 | 16950.33 | 65854.62 | 67307.85 | 151548.48 |
| | | RNT | 182.61 | 1609.47 | 8781.66 | 8690.85 | 19264.59 |
| 2007 | MAR - MAY | PNCA | 2085.84 | 17406.54 | 47384.64 | 84671.46 | 151548.48 |
| | | RNT | 117.09 | 2243.88 | 9346.41 | 7557.21 | 19264.59 |
| 2008 | MAR - MAY | PNCA | 968.31 | 10844.28 | 38077.47 | 101658.42 | 151548.48 |
| | | RNT | 105.48 | 1369.80 | 4476.24 | 13313.07 | 19264.59 |
| 2009 | MAR - MAY | PNCA | 525.87 | 4317.21 | 42543.72 | 104161.68 | 151548.48 |
| | | RNT | 58.86 | 712.35 | 8214.21 | 10279.17 | 19264.59 |
| 2010 | MAR - MAY | PNCA | 598.59 | 3296.25 | 38743.11 | 108910.53 | 151548.48 |
| | | RNT | 67.05 | 504.45 | 4552.83 | 14140.26 | 19264.59 |
| 2011 | MAR - MAY | PNCA | 7386.66 | 36465.48 | 61846.20 | 45850.14 | 151548.48 |
| | | RNT | 59.49 | 444.51 | 3740.67 | 15019.92 | 19264.59 |
| 2012 | MAR - MAY | PNCA | 624.06 | 7817.94 | 35996.85 | 107109.63 | 151548.48 |
| | | RNT | 57.24 | 417.33 | 3408.48 | 15381.54 | 19264.59 |
| 2013 | MAR - MAY | PNCA | 7656.12 | 21531.69 | 58810.59 | 63550.08 | 151548.48 |
| | | RNT | 38.43 | 1591.83 | 8002.26 | 9632.07 | 19264.59 |
| 2014 | MAR - MAY | PNCA | 8924.49 | 23474.07 | 62529.48 | 56620.44 | 151548.48 |
| | | RNT | 114.66 | 3143.16 | 8565.75 | 7441.02 | 19264.59 |
| 2015 | MAR - MAY | PNCA | 296.73 | 2914.11 | 22776.12 | 125561.52 | 151548.48 |
| | | RNT | 77.40 | 1948.77 | 6044.49 | 11193.93 | 19264.59 |

ANEXO 5. CALCULO DE LA TENDENCIA DE COBERTURA VEGETAL EN PARQUE NACIONAL CERROS DE AMOTAPE.

Tendencia de la cobertura vegetal 01

| AÑO | HECTAREAS | TENDENCIA |
|-------------|------------------|------------------|
| 2000 | 4966.92 | 4604.4 |
| 2001 | 863.28 | 4572.9 |
| 2002 | 544.77 | 4541.4 |
| 2003 | 503.37 | 4509.9 |
| 2004 | 11890.62 | 4478.4 |
| 2005 | 20618.64 | 4446.9 |
| 2006 | 1435.68 | 4415.4 |
| 2007 | 2085.84 | 4383.9 |
| 2008 | 968.31 | 4352.4 |
| 2009 | 525.87 | 4320.9 |
| 2010 | 598.59 | 4289.4 |
| 2011 | 7386.66 | 4257.9 |
| 2012 | 624.06 | 4226.4 |
| 2013 | 7656.12 | 4194.9 |
| 2014 | 8924.49 | 4163.4 |
| 2015 | 296.73 | 4131.9 |
| 2025 | | 3816.8 |

comparación de la tendencia con la Temperatura y precipitación.

| AÑO | HECTAREAS | TEMP.°C | PRECIP.(mm) |
|------------|------------------|----------------|--------------------|
| 2000 | 4966.92 | 25.7 | 101.4 |
| 2001 | 863.28 | 26.5 | 300.7 |
| 2002 | 544.77 | 26.6 | 3.3 |
| 2003 | 503.37 | 27.1 | 0.4 |
| 2004 | 11890.62 | 27.4 | 53.1 |
| 2005 | 20618.64 | 25.5 | 0.2 |
| 2006 | 1435.68 | 26.4 | 112.1 |
| 2007 | 2085.84 | 26.3 | 1.2 |
| 2008 | 968.31 | 25.3 | 12.7 |
| 2009 | 525.87 | 26.2 | 2.3 |
| 2010 | 598.59 | 27.3 | 218.1 |
| 2011 | 7386.66 | 27.1 | 3.4 |
| 2012 | 624.06 | 27.2 | 190.3 |
| 2013 | 7656.12 | 26.8 | 8.7 |
| 2014 | 8924.49 | 29.3 | 13.75 |
| 2015 | 296.73 | 28.2 | 403.25 |

Tendencia de la cobertura vegetal 02

| AÑO | HECTREAS | TENDENCIA |
|------|----------|-----------|
| 2000 | 15185.07 | 12256.80 |
| 2001 | 3121.56 | 12556.67 |
| 2002 | 2236.77 | 12856.53 |
| 2003 | 3779.46 | 13156.40 |
| 2004 | 19359.09 | 13456.27 |
| 2005 | 43392.87 | 13756.13 |
| 2006 | 16950.33 | 14056.00 |
| 2007 | 17406.54 | 14355.86 |
| 2008 | 10844.28 | 14655.73 |
| 2009 | 4317.21 | 14955.59 |
| 2010 | 3296.25 | 15255.46 |
| 2011 | 36465.48 | 15555.32 |
| 2012 | 7817.94 | 15855.19 |
| 2013 | 21531.69 | 16155.06 |
| 2014 | 23474.07 | 16454.92 |
| 2015 | 2914.11 | 16754.79 |
| 2020 | | 18254.1 |

comparación de tendencia con Temperatura Y precipitación

| AÑO | HECTREAS | TEMP.°C | PRECI.(mm) |
|------|----------|---------|------------|
| 2000 | 15185.07 | 25.7 | 101.4 |
| 2001 | 3121.56 | 26.5 | 300.7 |
| 2002 | 2236.77 | 26.6 | 3.3 |
| 2003 | 3779.46 | 27.1 | 0.4 |
| 2004 | 19359.09 | 27.4 | 53.1 |
| 2005 | 43392.87 | 25.5 | 0.2 |
| 2006 | 16950.33 | 26.4 | 112.1 |
| 2007 | 17406.54 | 26.3 | 1.2 |
| 2008 | 10844.28 | 25.3 | 12.7 |
| 2009 | 4317.21 | 26.2 | 2.3 |
| 2010 | 3296.25 | 27.3 | 218.1 |
| 2011 | 36465.48 | 27.1 | 3.4 |
| 2012 | 7817.94 | 27.2 | 190.3 |
| 2013 | 21531.69 | 26.8 | 8.7 |
| 2014 | 23474.07 | 29.3 | 13.75 |
| 2015 | 2914.11 | 28.2 | 403.25 |

Tendencia de la cobertura vegetal 03

| AÑO | HECTAREAS | TENDENCIA |
|-------------|------------------|------------------|
| 2000 | 59542.56 | 46167.27 |
| 2001 | 51419.34 | 46159.35 |
| 2002 | 21192.3 | 46151.42 |
| 2003 | 32309.1 | 46143.49 |
| 2004 | 49611.69 | 46135.56 |
| 2005 | 49087.08 | 46127.63 |
| 2006 | 65854.62 | 46119.70 |
| 2007 | 47384.64 | 46111.77 |
| 2008 | 38077.47 | 46103.84 |
| 2009 | 42543.72 | 46095.91 |
| 2010 | 38743.11 | 46087.98 |
| 2011 | 61846.2 | 46080.05 |
| 2012 | 35996.85 | 46072.12 |
| 2013 | 58810.59 | 46064.19 |
| 2014 | 62529.48 | 46056.26 |
| 2015 | 22776.12 | 46048.33 |
| 2025 | | 45969.03 |

comparación de la tendencia con la Temperatura Y precipitación

| AÑO | HECTAREAS | PRECI.(mm) | TEMP. °C |
|-------------|------------------|-------------------|-----------------|
| 2000 | 59542.56 | 101.4 | 25.7 |
| 2001 | 51419.34 | 300.7 | 26.5 |
| 2002 | 21192.3 | 3.3 | 26.6 |
| 2003 | 32309.1 | 0.4 | 27.1 |
| 2004 | 49611.69 | 53.1 | 27.4 |
| 2005 | 49087.08 | 0.2 | 25.5 |
| 2006 | 65854.62 | 112.1 | 26.4 |
| 2007 | 47384.64 | 1.2 | 26.3 |
| 2008 | 38077.47 | 12.7 | 25.3 |
| 2009 | 42543.72 | 2.3 | 26.2 |
| 2010 | 38743.11 | 218.1 | 27.3 |
| 2011 | 61846.2 | 3.4 | 27.1 |
| 2012 | 35996.85 | 190.3 | 27.2 |
| 2013 | 58810.59 | 8.7 | 26.8 |
| 2014 | 62529.48 | 13.75 | 29.3 |
| 2015 | 22776.12 | 403.25 | 28.2 |

Tendencia de la cobertura vegetal 04

| AÑO | HECTAREAS | TENDENCIA |
|------|-----------|-------------|
| 2000 | 71853.93 | 88520.02015 |
| 2001 | 96144.3 | 88259.58529 |
| 2002 | 127574.64 | 87999.15044 |
| 2003 | 114956.55 | 87738.71559 |
| 2004 | 70687.08 | 87478.28074 |
| 2005 | 38449.89 | 87217.84588 |
| 2006 | 67307.85 | 86957.41103 |
| 2007 | 84671.46 | 86696.97618 |
| 2008 | 101658.42 | 86436.54132 |
| 2009 | 104161.68 | 86176.10647 |
| 2010 | 108910.53 | 85915.67162 |
| 2011 | 45850.14 | 85655.23676 |
| 2012 | 107109.63 | 85394.80191 |
| 2013 | 63550.08 | 85134.36706 |
| 2014 | 56620.44 | 84873.93221 |
| 2015 | 125561.52 | 84613.49735 |
| 2025 | | 82009.14882 |

comparación de la tendencia con la Temperatura Y precipitación

| AÑO | HECTAREAS | PRECI.(mm) | TEMP.°C |
|-------------|-----------|------------|---------|
| 2000 | 71853.93 | 101.4 | 25.7 |
| 2001 | 96144.3 | 300.7 | 26.5 |
| 2002 | 127574.64 | 3.3 | 26.6 |
| 2003 | 114956.55 | 0.4 | 27.1 |
| 2004 | 70687.08 | 53.1 | 27.4 |
| 2005 | 38449.89 | 0.2 | 25.5 |
| 2006 | 67307.85 | 112.1 | 26.4 |
| 2007 | 84671.46 | 1.2 | 26.3 |
| 2008 | 101658.42 | 12.7 | 25.3 |
| 2009 | 104161.68 | 2.3 | 26.2 |
| 2010 | 108910.53 | 218.1 | 27.3 |
| 2011 | 45850.14 | 3.4 | 27.1 |
| 2012 | 107109.63 | 190.3 | 27.2 |
| 2013 | 63550.08 | 8.7 | 26.8 |
| 2014 | 56620.44 | 13.75 | 29.3 |
| 2015 | 125561.52 | 403.25 | 28.2 |

ANEXO 06. CALCULO DE LA TENDENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA RESERVA NACIONAL DE TUMBES.

Tendencia de la cobertura vegetal 01

| AÑO | HECTAREAS | TENDENCIA |
|------------|------------------|------------------|
| 2000 | 56.43 | 211.615147 |
| 2001 | 55.35 | 203.765294 |
| 2002 | 30.24 | 195.915441 |
| 2003 | 46.44 | 188.065588 |
| 2004 | 47.07 | 180.215735 |
| 2005 | 1330.02 | 172.365882 |
| 2006 | 182.61 | 164.516029 |
| 2007 | 117.09 | 156.666176 |
| 2008 | 105.48 | 148.816324 |
| 2009 | 58.86 | 140.966471 |
| 2010 | 67.05 | 133.116618 |
| 2011 | 59.49 | 125.266765 |
| 2012 | 57.24 | 117.416912 |
| 2013 | 38.43 | 109.567059 |
| 2014 | 114.66 | 101.717206 |
| 2015 | 77.4 | 93.8673529 |
| 2025 | | 15.3688235 |

comparación de la tendencia con la Temperatura Y precipitación

| AÑO | HECTAREAS | PRECI.(mm) | TEMP.°C |
|------------|------------------|-------------------|----------------|
| 2000 | 56.43 | 101.4 | 25.7 |
| 2001 | 55.35 | 300.7 | 26.5 |
| 2002 | 30.24 | 3.3 | 26.6 |
| 2003 | 46.44 | 0.4 | 27.1 |
| 2004 | 47.07 | 53.1 | 27.4 |
| 2005 | 1330.02 | 0.2 | 25.5 |
| 2006 | 182.61 | 112.1 | 26.4 |
| 2007 | 117.09 | 1.2 | 26.3 |
| 2008 | 105.48 | 12.7 | 25.3 |
| 2009 | 58.86 | 2.3 | 26.2 |
| 2010 | 67.05 | 218.1 | 27.3 |
| 2011 | 59.49 | 3.4 | 27.1 |
| 2012 | 57.24 | 190.3 | 27.2 |
| 2013 | 38.43 | 8.7 | 26.8 |
| 2014 | 114.66 | 13.75 | 29.3 |
| 2015 | 77.4 | 403.25 | 28.2 |

Tendencia de la cobertura vegetal 02

| AÑO | HECTAREAS | TENDENCIA |
|------|-----------|------------|
| 2000 | 2560.05 | 1877.66868 |
| 2001 | 832.68 | 1847.7716 |
| 2002 | 681.75 | 1817.87453 |
| 2003 | 3127.68 | 1787.97746 |
| 2004 | 1273.23 | 1758.08038 |
| 2005 | 3994.11 | 1728.18331 |
| 2006 | 1609.47 | 1698.28624 |
| 2007 | 2243.88 | 1668.38916 |
| 2008 | 1369.8 | 1638.49209 |
| 2009 | 712.35 | 1608.59501 |
| 2010 | 504.45 | 1578.69794 |
| 2011 | 444.51 | 1548.80087 |
| 2012 | 417.33 | 1518.90379 |
| 2013 | 1591.83 | 1489.00672 |
| 2014 | 3143.16 | 1459.10965 |
| 2015 | 1948.77 | 1429.21257 |
| 2025 | | 1130.24184 |

comparación de la tendencia con la Temperatura Y precipitación

| AÑO | HECTAREAS | PRECI.(mm) | TEMP.°C |
|------|-----------|------------|-------------|
| 2000 | 2560.05 | 101.4 | 25.7 |
| 2001 | 832.68 | 300.7 | 26.5 |
| 2002 | 681.75 | 3.3 | 26.6 |
| 2003 | 3127.68 | 0.4 | 27.1 |
| 2004 | 1273.23 | 53.1 | 27.4 |
| 2005 | 3994.11 | 0.2 | 25.5 |
| 2006 | 1609.47 | 112.1 | 26.4 |
| 2007 | 2243.88 | 1.2 | 26.3 |
| 2008 | 1369.8 | 12.7 | 25.3 |
| 2009 | 712.35 | 2.3 | 26.2 |
| 2010 | 504.45 | 218.1 | 27.3 |
| 2011 | 444.51 | 3.4 | 27.1 |
| 2012 | 417.33 | 190.3 | 27.2 |
| 2013 | 1591.83 | 8.7 | 26.8 |
| 2014 | 3143.16 | 13.75 | 29.3 |
| 2015 | 1948.77 | 403.25 | 28.2 |

Tendencia de la cobertura vegetal 03

| AÑO | HECTAREAS | TENDENCIA |
|------------|------------------|------------------|
| 2000 | 7941.51 | 7155.31699 |
| 2001 | 6317.1 | 7083.87472 |
| 2002 | 5999.49 | 7012.43246 |
| 2003 | 7219.98 | 6940.99019 |
| 2004 | 6478.29 | 6869.54793 |
| 2005 | 6822.63 | 6798.10566 |
| 2006 | 8781.66 | 6726.6634 |
| 2007 | 9346.41 | 6655.22113 |
| 2008 | 4476.24 | 6583.77887 |
| 2009 | 8214.21 | 6512.3366 |
| 2010 | 4552.83 | 6440.89434 |
| 2011 | 3740.67 | 6369.45207 |
| 2012 | 3408.48 | 6298.00981 |
| 2013 | 8002.26 | 6226.56754 |
| 2014 | 8565.75 | 6155.12528 |
| 2015 | 6044.49 | 6083.68301 |
| 2025 | | 5369.26037 |

comparación de la tendencia con la Temperatura Y precipitación

| AÑO | HECTAREAS | PRECI.(mm) | TEMP.°C |
|------------|------------------|-------------------|----------------|
| 2000 | 7941.51 | 101.4 | 25.7 |
| 2001 | 6317.1 | 300.7 | 26.5 |
| 2002 | 5999.49 | 3.3 | 26.6 |
| 2003 | 7219.98 | 0.4 | 27.1 |
| 2004 | 6478.29 | 53.1 | 27.4 |
| 2005 | 6822.63 | 0.2 | 25.5 |
| 2006 | 8781.66 | 112.1 | 26.4 |
| 2007 | 9346.41 | 1.2 | 26.3 |
| 2008 | 4476.24 | 12.7 | 25.3 |
| 2009 | 8214.21 | 2.3 | 26.2 |
| 2010 | 4552.83 | 218.1 | 27.3 |
| 2011 | 3740.67 | 3.4 | 27.1 |
| 2012 | 3408.48 | 190.3 | 27.2 |
| 2013 | 8002.26 | 8.7 | 26.8 |
| 2014 | 8565.75 | 13.75 | 29.3 |
| 2015 | 6044.49 | 403.25 | 28.2 |

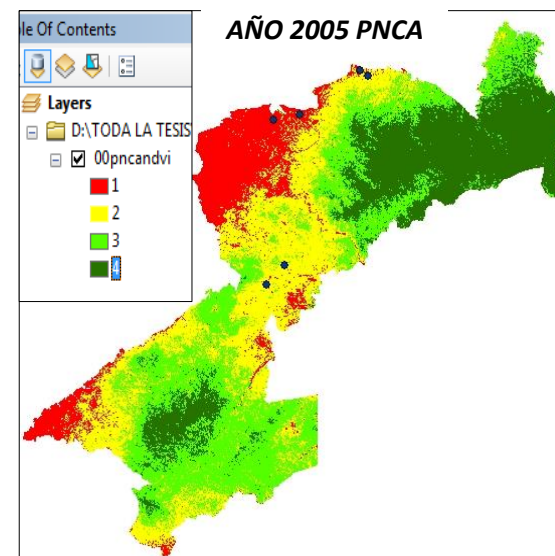
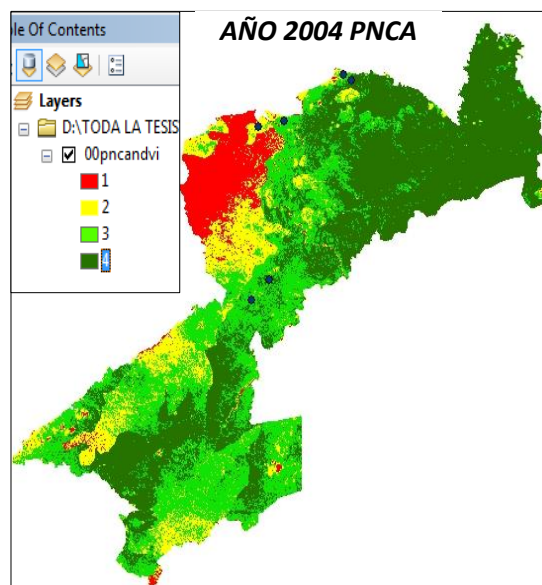
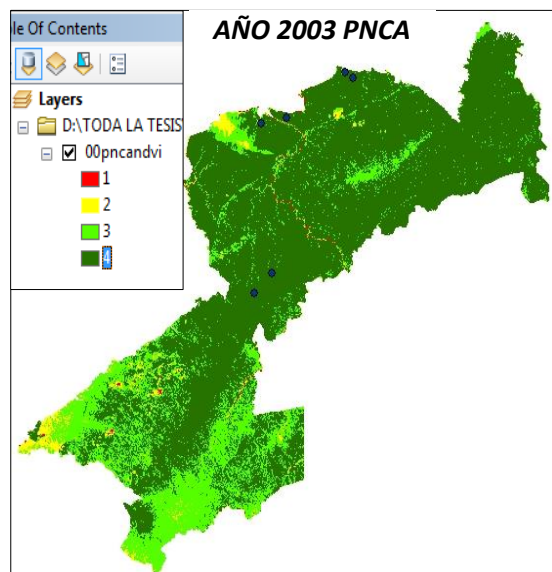
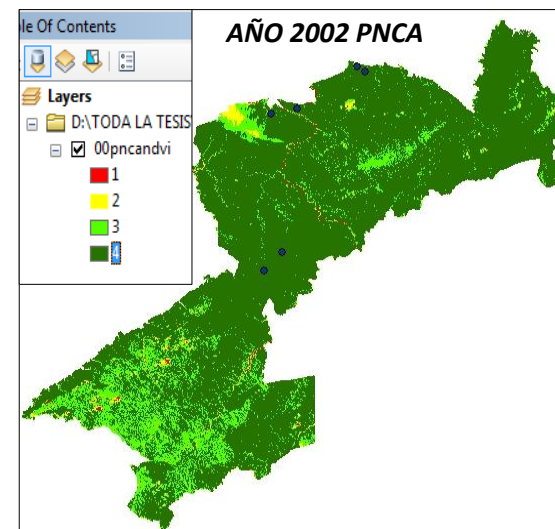
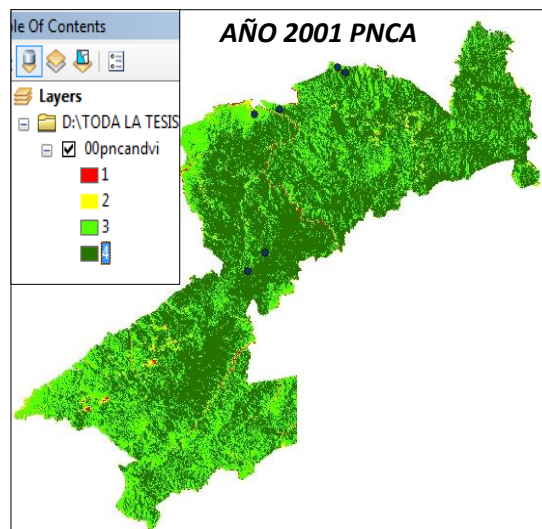
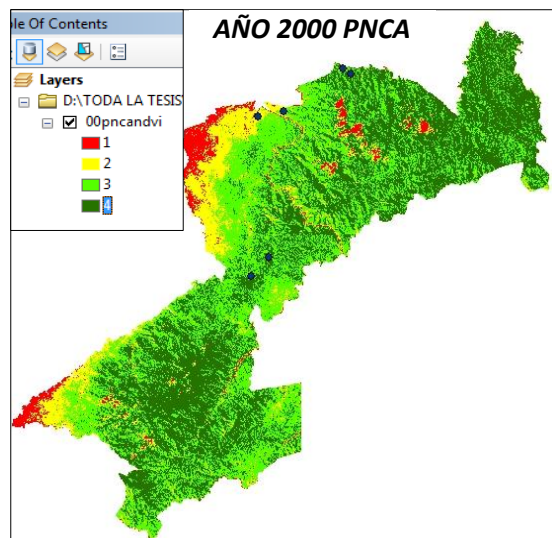
Tendencia de la cobertura vegetal 04

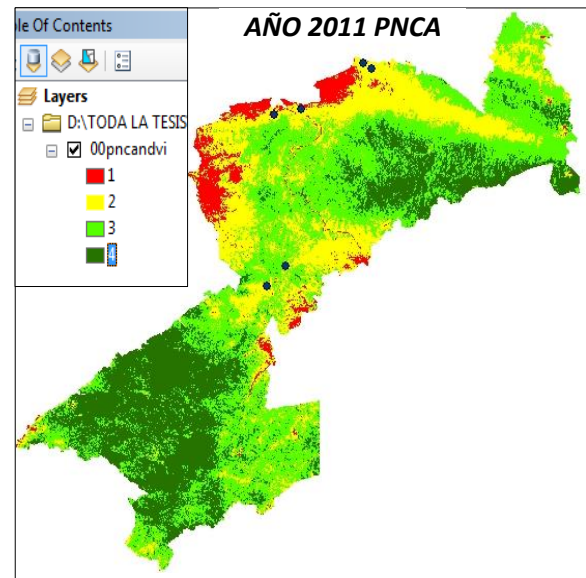
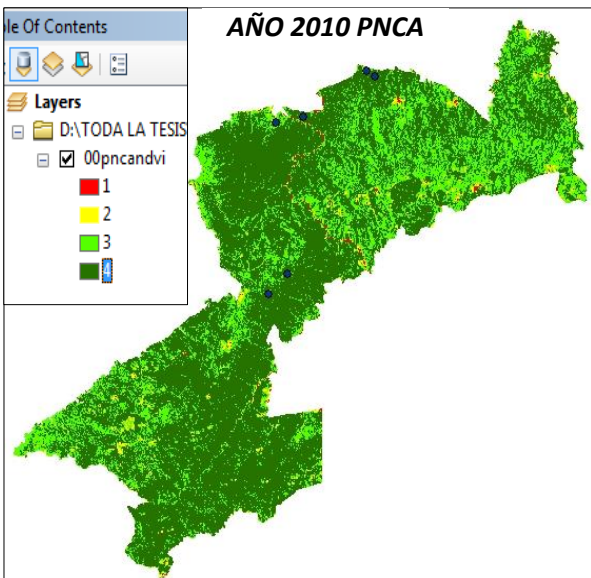
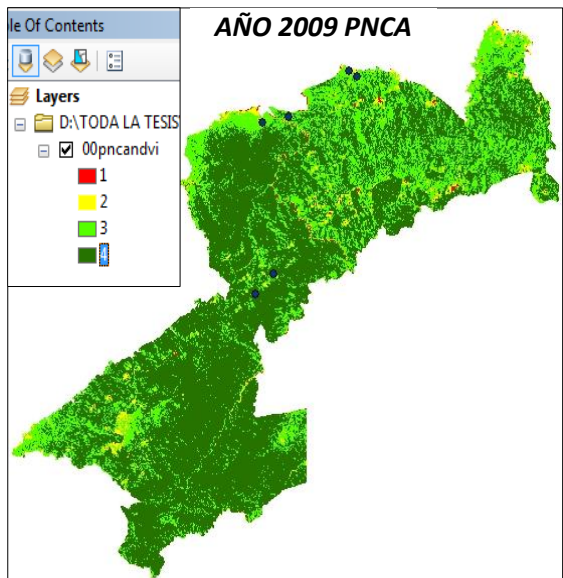
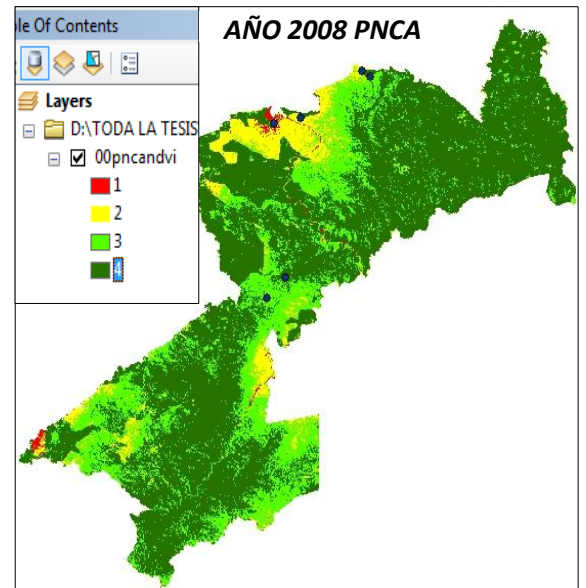
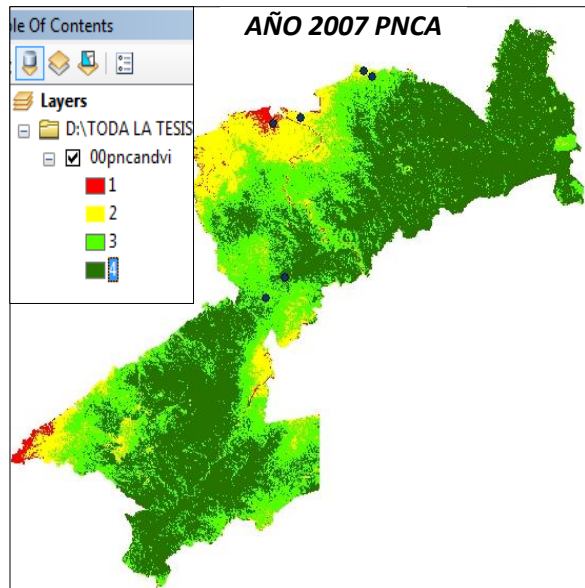
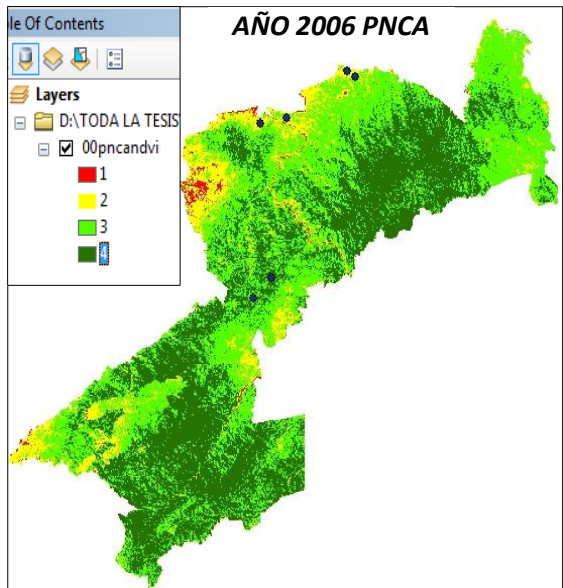
| AÑO | HECTAREAS | TENDENCIA |
|------------|------------------|------------------|
| 2000 | 8706.6 | 10019.9892 |
| 2001 | 12059.46 | 10129.1784 |
| 2002 | 12553.11 | 10238.3676 |
| 2003 | 8870.49 | 10347.5568 |
| 2004 | 11466 | 10456.746 |
| 2005 | 7117.83 | 10565.9351 |
| 2006 | 8690.85 | 10675.1243 |
| 2007 | 7557.21 | 10784.3135 |
| 2008 | 13313.07 | 10893.5027 |
| 2009 | 10279.17 | 11002.6919 |
| 2010 | 14140.26 | 11111.8811 |
| 2011 | 15019.92 | 11221.0703 |
| 2012 | 15381.54 | 11330.2595 |
| 2013 | 9632.07 | 11439.4487 |
| 2014 | 7441.02 | 11548.6379 |
| 2015 | 11193.93 | 11657.8271 |
| 2025 | | 12749.719 |

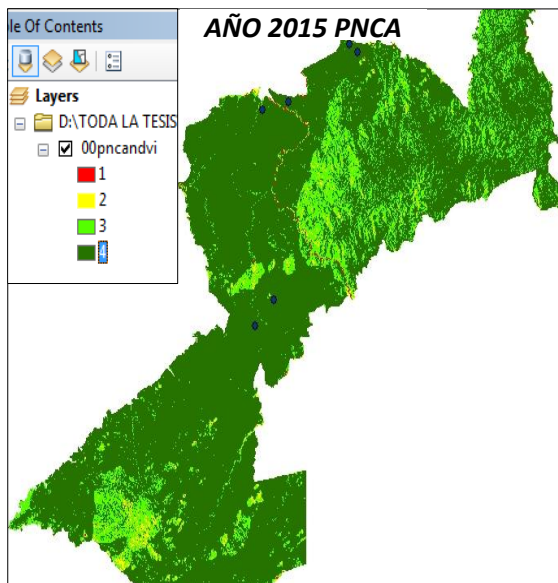
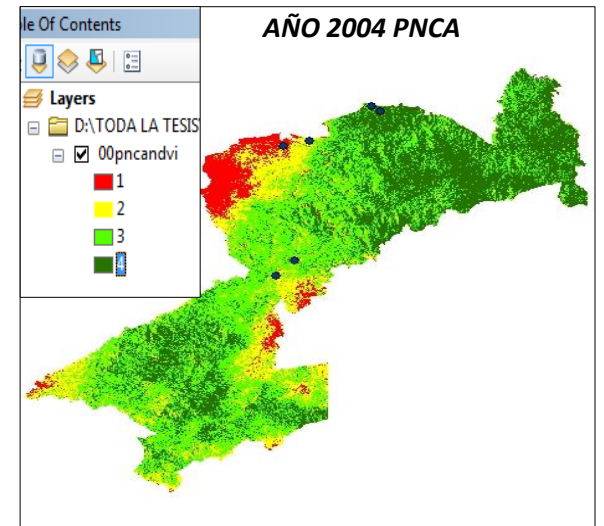
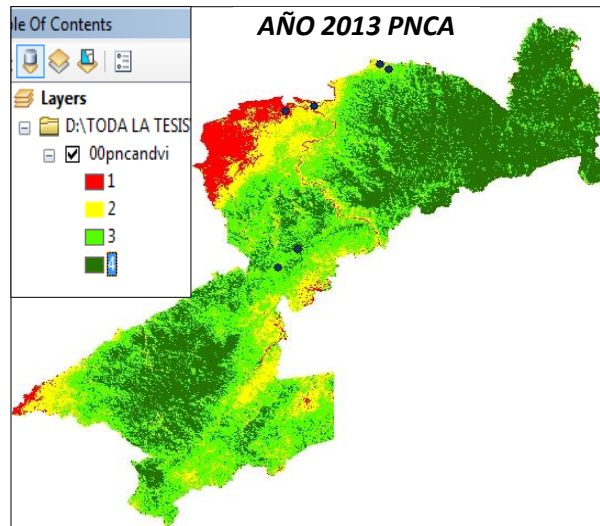
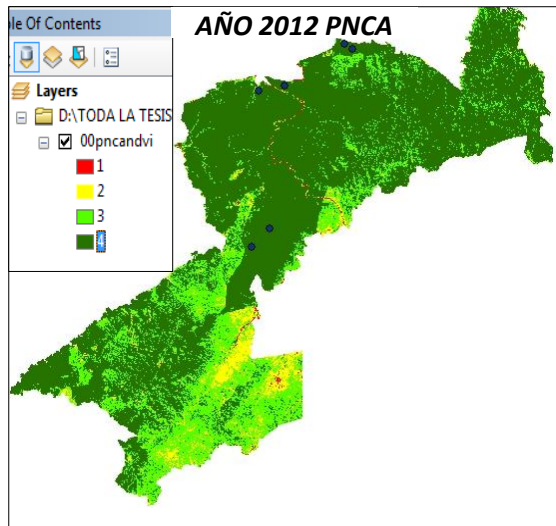
comparación de la tendencia con la Temperatura Y precipitación

| AÑO | HECTAREAS | PRECI.(mm) | TEMP.°C |
|------------|------------------|-------------------|----------------|
| 2000 | 8706.6 | 101.4 | 25.7 |
| 2001 | 12059.46 | 300.7 | 26.5 |
| 2002 | 12553.11 | 3.3 | 26.6 |
| 2003 | 8870.49 | 0.4 | 27.1 |
| 2004 | 11466 | 53.1 | 27.4 |
| 2005 | 7117.83 | 0.2 | 25.5 |
| 2006 | 8690.85 | 112.1 | 26.4 |
| 2007 | 7557.21 | 1.2 | 26.3 |
| 2008 | 13313.07 | 12.7 | 25.3 |
| 2009 | 10279.17 | 2.3 | 26.2 |
| 2010 | 14140.26 | 218.1 | 27.3 |
| 2011 | 15019.92 | 3.4 | 27.1 |
| 2012 | 15381.54 | 190.3 | 27.2 |
| 2013 | 9632.07 | 8.7 | 26.8 |
| 2014 | 7441.02 | 13.75 | 29.3 |
| 2015 | 11193.93 | 403.25 | 28.2 |

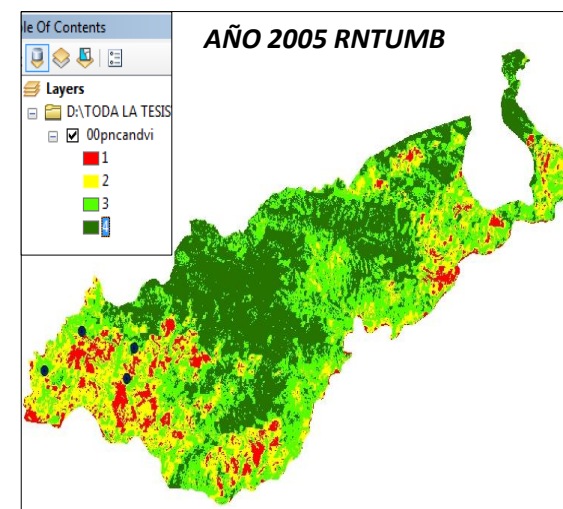
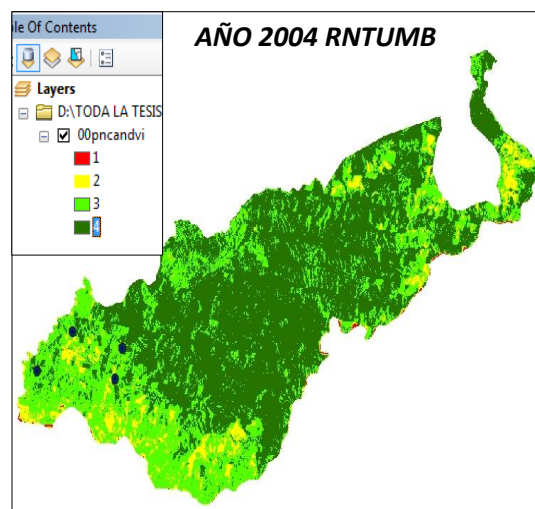
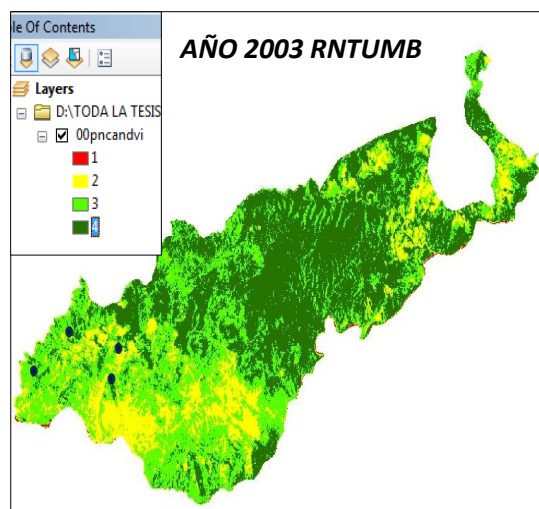
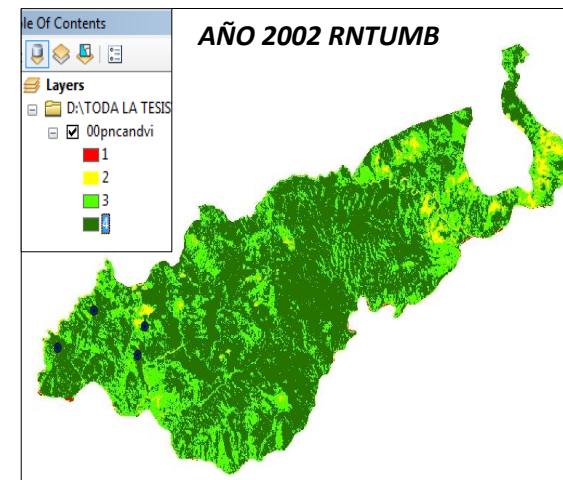
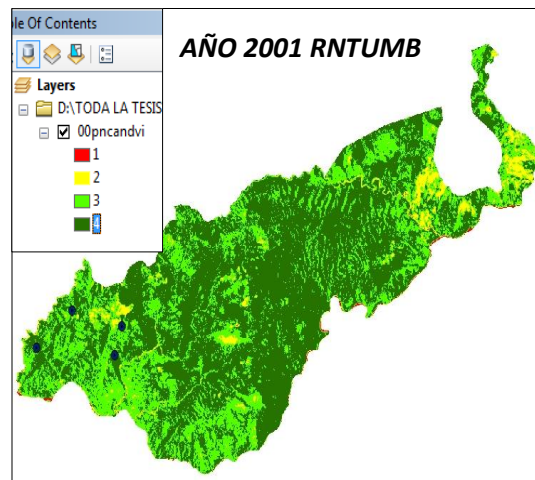
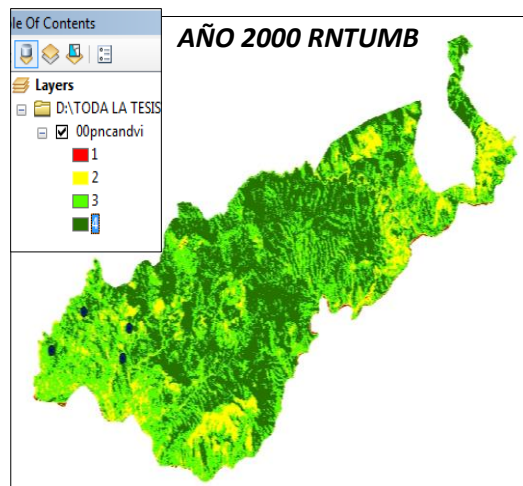
ANEXO 7. IMÁGENES PROCESADAS DE NDVI PARA EL PARQUE NACIONAL CERROS DE AMOTAPE.

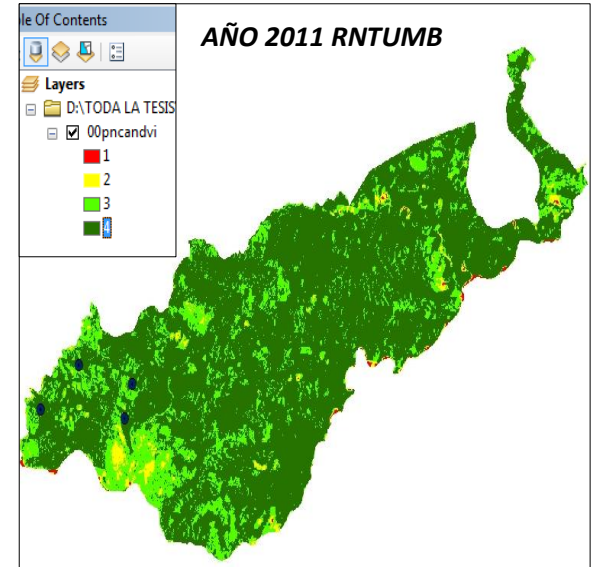
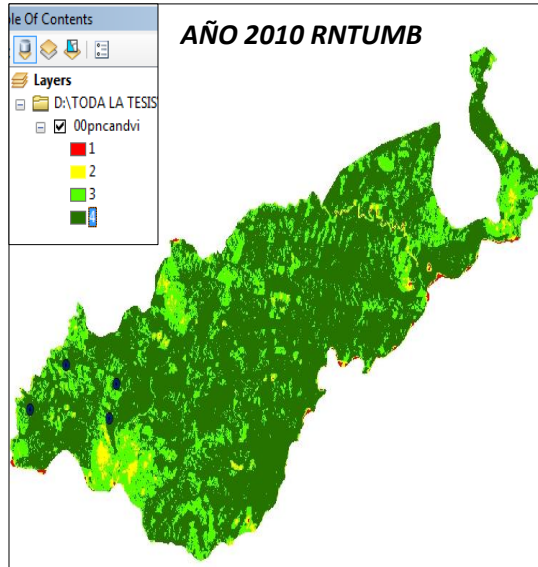
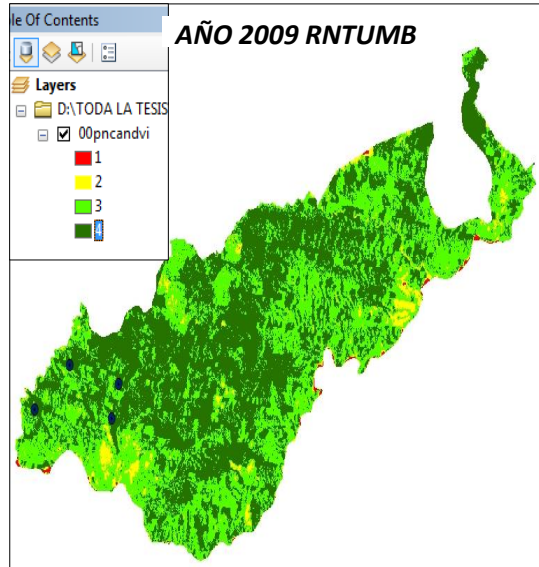
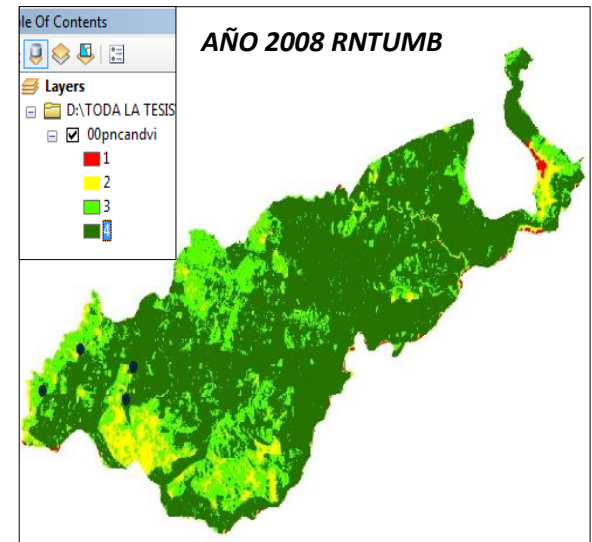
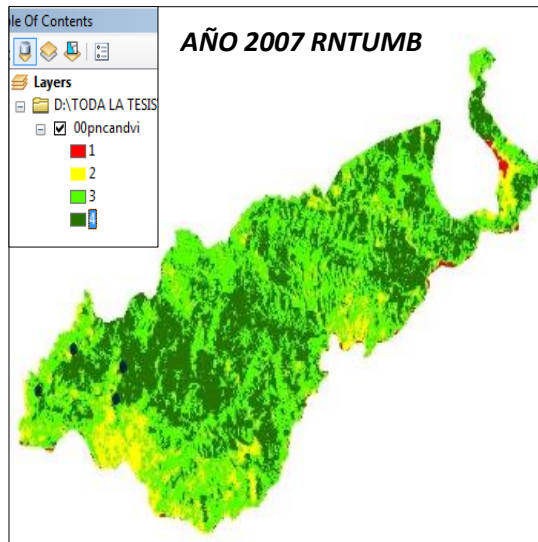
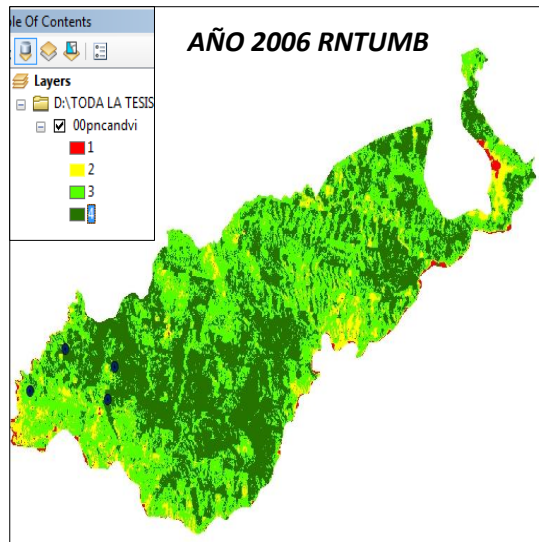


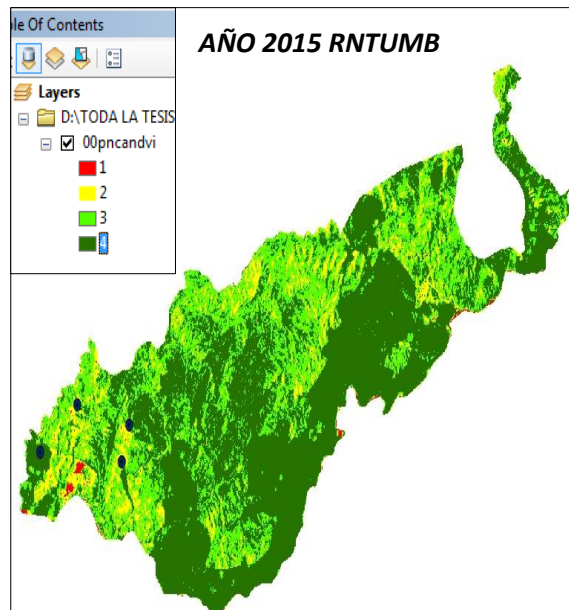
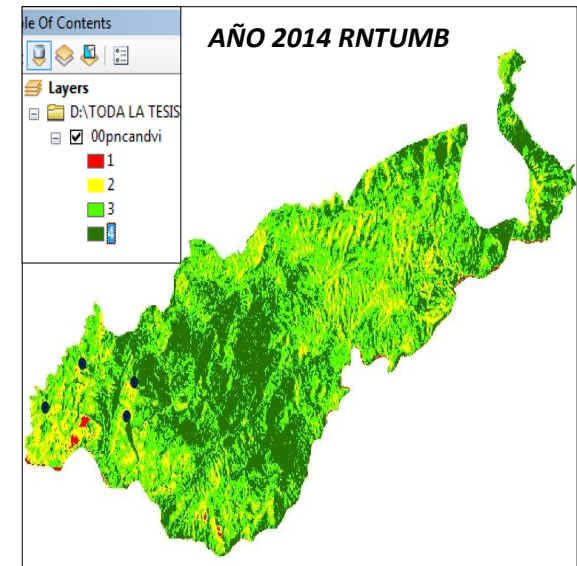
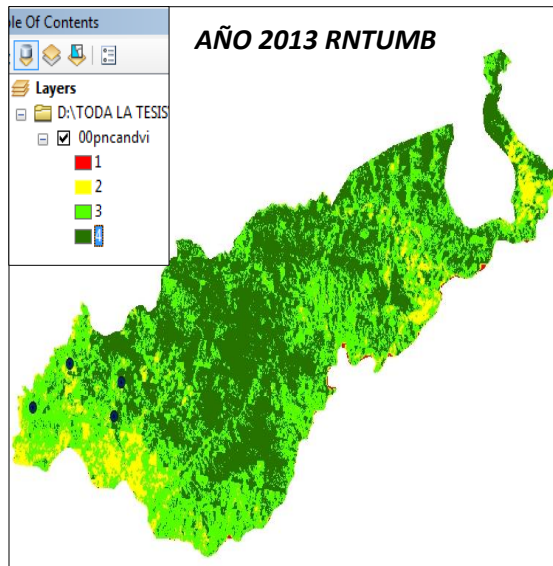
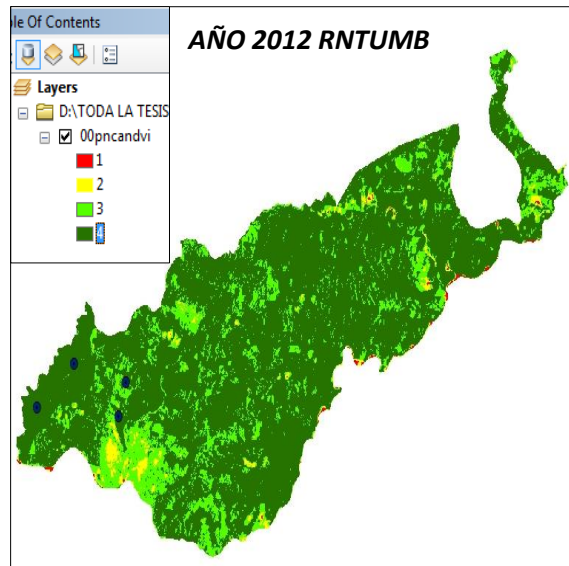




ANEXO 8. IMÁGENES PROCESADAS DEL NDVI EN LA RESERVA NACIONAL DE TUMBES







ANEXO 9. DATA HISTORICA METEOROLÓGICA

Estación meteorológica Mata Palo

Distrito : Matapalo

Latitud (°S) : 3° 42' 1"

Longitud (°O) : 80°13'1"

Altitud (m,s,n,m) : 74

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

| AÑO | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN. | JUL. | AGO. | SET. | OCT. | NOV. | DIC. |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|-------|
| 2000 | 14,2 | 95,7 | 279,9 | 94,6 | 154,6 | 6,2 | 2,4 | 3,5 | 2,8 | 0,3 | 0,1 | 27,3 |
| 2001 | 81,3 | 33,6 | 33,2 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,9 |
| 2002 | 9,2 | 28,7 | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,1 |
| 2003 | 2,6 | 0 | 1,9 | 0,2 | 7,4 | 4,7 | 5,4 | 1,7 | 3,5 | 1,6 | 3,6 | 55,9 |
| 2004 | 72,6 | 148,5 | 122,7 | 89 | 9 | 1,3 | 0,5 | 0,1 | 2,1 | 5,9 | 0,6 | 1,4 |
| 2005 | 4,6 | 17,2 | 67,1 | 19,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,2 | 1,8 | 0,0 | 11,6 |
| 2006 | 68,0 | 216,3 | 10,7 | 5,7 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,1 | 7,1 |
| 2007 | 63,5 | 12,0 | 0,3 | 1 | 3,1 | 0 | 0 | 0,083 | 1,98 | 3,66 | 14,48 | 35,46 |
| 2008 | 55,1 | 53,6 | 0 | 3,5 | 0 | 0,7 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0 |
| 2009 | 11,1 | 2,3 | 23,5 | 1,7 | 0 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 2,1 | 0,1 |
| 2010 | 14,1 | 38,9 | 5,9 | 7,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,8 |
| 2011 | 0 | 0 | 12,3 | 2,3 | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 2012 | 7,9 | 1,2 | 16,4 | 0,3 | 0 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0 |
| 2013 | 5,6 | 3,8 | 0,9 | 0 | 0,1 | 0,3 | 0 | 0 | 0,4 | 0,1 | 0 | 0 |
| 2014 | 158.1 | 116.3 | 15.4 | 24.5 | 113.9 | 50.9 | 3.6 | 2.6 | 2.6 | 9.8 | 3 | 19.5 |
| 2015 | 76.4 | 120.5 | 465.1 | 107.2 | 190.1 | 5.2 | 9 | 2.7 | 2.5 | 11.8 | 8.6 | |

Fuente: Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes

Estación estereológica El Tigre**Distrito** : Pampas de Hospital**Latitud (°S)** : 3°46'1''**Longitud (°O)** : 80°27'1''**Altitud (m,s,n,m)** : 61**PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)**

| AÑO | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2000 | 3,2 | 111,8 | 134,0 | 112,9 | 101,4 | 6,0 | 0,3 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 9,9 |
| 2001 | 63,2 | 53,3 | 300,7 | 68,9 | 11,9 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 8,1 |
| 2002 | 7,8 | 274,3 | 342,2 | 213,6 | 3,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 23,2 |
| 2003 | 80,0 | 81,8 | 37,2 | 10,5 | 0,4 | 2,5 | 3,2 | 1,5 | 0,7 | 0,0 | 0,8 | 14,8 |
| 2004 | 10,9 | 124,1 | 53,1 | 72,5 | 5,6 | 0,0 | 2,2 | 0,0 | 1,0 | 1,5 | 1,4 | 0,7 |
| 2005 | 1,1 | 17,4 | 102,9 | 1,2 | 0,2 | 0,5 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 1,9 | 3,1 | 3,1 |
| 2006 | 36,0 | 306,5 | 112,1 | 5,0 | 0,7 | 1,3 | 1,5 | 1,5 | 2,4 | 0,7 | 4,0 | 5,5 |
| 2007 | 4,5 | 8,5 | 90,9 | 43,4 | 1,2 | 0,0 | 1,4 | 0,8 | 1,1 | 1,0 | 5,1 | 4,2 |
| 2008 | 138,2 | 328,7 | 181,1 | 58,0 | 12,7 | 2,9 | 0,7 | 0,5 | 1,3 | 2,7 | 2,6 | 0,0 |
| 2009 | 191,5 | 200,3 | 89,0 | 5,8 | 2,3 | 0,8 | 0,2 | 1,6 | 1,5 | 0,8 | 3,6 | 7,2 |
| 2010 | 94,7 | 178,1 | 218,1 | 121,8 | 5,1 | 5,0 | 2,7 | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 1,1 | 6,6 |
| 2011 | 45,7 | 64,0 | 3,4 | 114,8 | 0,4 | 1,4 | 1,3 | 0,1 | 0,6 | 0,4 | 2,2 | 9,8 |
| 2012 | 135,9 | 280,5 | 190,3 | 112,3 | 24,8 | 10,7 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 2,0 | 4,4 | 3,5 |
| 2013 | 28,3 | 54,4 | 150,9 | 8,7 | 6,2 | 0,8 | 0,5 | 1,0 | 0,3 | 5,8 | 0,1 | 2,6 |
| 2014 | 85.5 | 54.8 | 13.75 | 13.45 | 82.5 | 50.4 | 22.3 | 1 | 0.7 | 5.9 | 0.6 | 1.9 |
| 2015 | 25.8 | 106.7 | 403.25 | 143.9 | 156.75 | 4 | 4 | 0.7 | 0 | 7.4 | 4 | |

Fuente: Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes

Estación meteorológica de CIA Tumpis

A. Estación metrológica CIA Tumpis

Distrito : Papayal

Latitud (°S) : 3° 31' 1"

Longitud (°O) : 80°19'1"

Altitud (m,s,n,m) : 15

TEMPERATURA (°C)

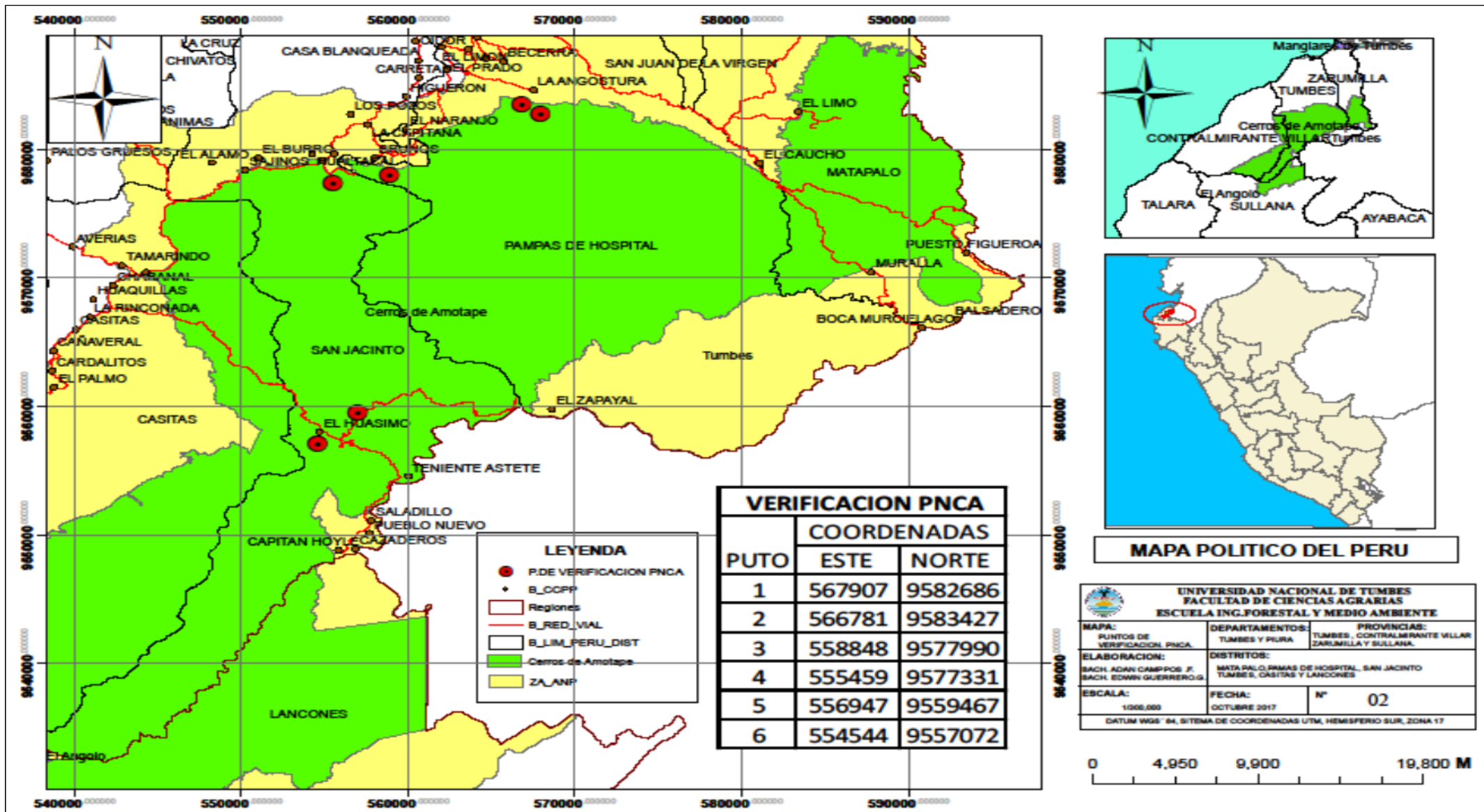
| AÑO | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN. | JUL. | AGO. | SET. | OCT. | NOV. | DIC. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2000 | 25,9 | 26,3 | 26 | 26,5 | 25,7 | 23,7 | 22,6 | 22,4 | 22,6 | 23,3 | 23,4 | 25,3 |
| 2001 | 26,3 | 26,8 | 26,5 | 26,5 | 24,5 | 22,4 | 22,0 | 22,0 | 22,2 | 22,3 | 24,0 | 24,9 |
| 2002 | 26,8 | 26,7 | 27,2 | 27,0 | 26,6 | 24,7 | 23,7 | 22,6 | 23,5 | 24,1 | 25,2 | 26,0 |
| 2003 | 26,9 | 27,0 | 27,9 | 27,5 | 27,1 | 24,2 | 23,2 | 23,3 | 22,5 | 24,1 | 25,2 | 26,0 |
| 2004 | 26,4 | 27,2 | 27,4 | 27,0 | 25,9 | 23,7 | 22,7 | 22,3 | 23,5 | 24,0 | 24,2 | 25,5 |
| 2005 | 27,3 | 27,0 | 27,1 | 27,9 | 25,5 | 23,5 | 22,9 | 22,3 | 22,2 | 22,5 | 23,5 | 24,5 |
| 2006 | 26,3 | 26,4 | 26,4 | 26,3 | 25,3 | 23,5 | 23,1 | 23,2 | 23,6 | 24,1 | 24,8 | 26,2 |
| 2007 | 27,0 | 27,5 | 26,2 | 27,3 | 26,3 | 24,3 | 23,2 | 22,3 | 22,5 | 22,8 | 24,6 | 24,6 |
| 2008 | 25,7 | 26,0 | 26,5 | 26,4 | 25,3 | 24,8 | 24,6 | 24,2 | 23,9 | 23,2 | 23,9 | 25,3 |
| 2009 | 25,8 | 25,9 | 26,4 | 26,4 | 26,2 | 25,0 | 24,3 | 23,6 | 23,3 | 23,2 | 24,2 | 26,0 |
| 2010 | 26,8 | 27,3 | 27,3 | 26,7 | 26,5 | 24,8 | 23,9 | 22,9 | 22,9 | 23,2 | 23,2 | 25,3 |
| 2011 | 26,7 | 26,8 | 27,1 | 26,9 | 26,1 | 25,7 | 24,5 | 23,0 | 22,7 | 23,0 | 23,9 | 25,5 |
| 2012 | 26,1 | 26,4 | 27,2 | 27,0 | 26,9 | 25,8 | 24,8 | 23,2 | 23,0 | 23,3 | 24,6 | 26,1 |
| 2013 | 26,8 | 27,1 | 27,0 | 26,8 | 25,7 | 24,8 | 22,7 | 22,5 | 22,9 | 23,2 | 23,7 | 25,5 |
| 2014 | 26,1 | 26,5 | 29,3 | 29,0 | 29,1 | 26,2 | 25,4 | 24,0 | 24,2 | 24,4 | 23,4 | 26,6 |
| 2015 | 26,5 | 26,7 | 28,2 | 27,9 | 28,0 | 25,9 | 25,7 | 23,8 | 24,0 | 24,6 | 24,2 | 27,0 |

Fuente: Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes

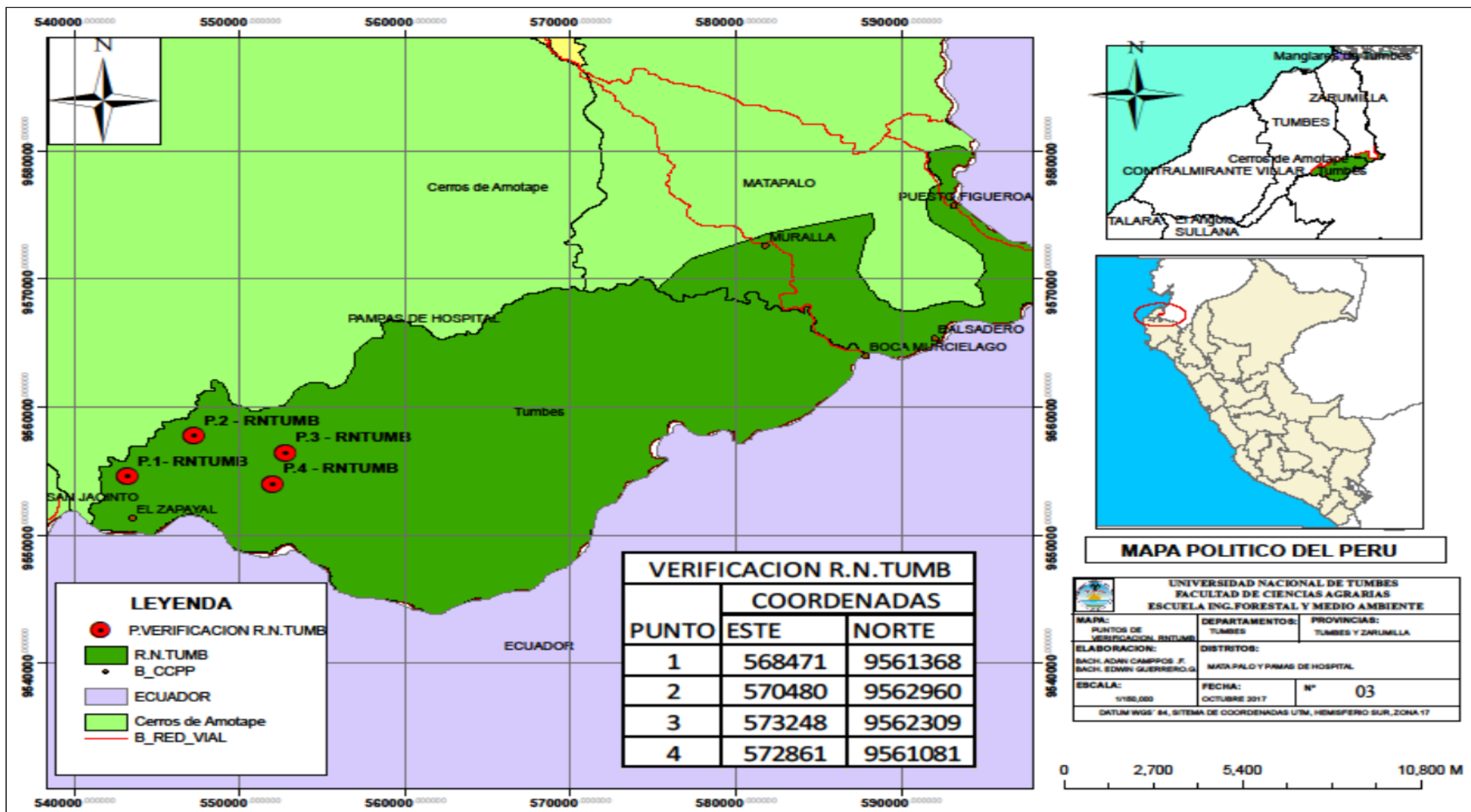
ANEXO 10. MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DEL TRABAJO.



ANEXO 11. PUNTOS DE VERIFICACIÓN EN EL PARQUE NACIONAL CERROS DE AMOTAPE.



ANEXO 12. PUNTOS DE VERIFICACIÓN EN LA RESERVA NACIONAL DE TUMBES



ANEXO 13. GALERÍA FOTOGRAFICA.



Cobertura vegetal tipo 01, suelo sin vegetación en el PNCA sector Angostura



Cobertura vegetal tipo 01, suelo sin vegetación en el PNCA sector Angostura



Acceso al punto de verificación de la cobertura vegetal tipo 01 en el PNCA sector Angostura



Acceso al punto de verificación de la cobertura vegetal tipo 01 en el PNCA. Sector angostura



Cobertura vegetal tipo 02, suelo con cobertura mixta en el PNCA – sector Rica Playa



Cobertura vegetal tipo 02, suelo con cobertura mixta en el PNCA – sector Rica Playa



Cobertura vegetal tipo 02, suelo con cobertura mixta en el PNCA – sector El Huasimo



Cobertura vegetal tipo 02, suelo con cobertura mixta en el PNCA – sector El Huasimo



Cobertura vegetal tipo 03, suelo con vegetación poco densa en el PNCA – sector Angostura



Cobertura vegetal tipo 03, suelo con vegetación poco densa en el PNCA – sector Angostura



Cobertura vegetal tipo 03, suelo con vegetación poco densa en el PNCA – sector Angostura



Acceso al punto de verificación de la cobertura 03 en el PNCA



Cobertura vegetal tipo 04, suelo con vegetación densa en el PNCA – sector Capitán Hoyle



Cobertura vegetal tipo 04, suelo con vegetación densa en el PNCA – sector Capitán Hoyle



Cobertura vegetal tipo 04, suelo con vegetación densa en el PNCA – sector Capitán Hoyle



Acceso a la cobertura 04 en el PNCA



Verificación cobertura vegetal 01 suelo sin vegetación en la RNTUMB – sector zapallal.



Verificación cobertura vegetal 01 suelo sin vegetación en la RNTUMB – sector zapallal



Evidencias de las actividades antrópicas en torno a la cobertura tipo 01 en la RNTUMB



Verificación cobertura vegetal 01 suelo sin vegetación en la RNTUMB – sector zapallal



Verificación cobertura vegetal 02 suelo con cobertura mixta en la RNTUMB– sector zapallal



Evidencias de las actividades antrópicas en torno a la cobertura tipo 02 en la RNTUMB



Verificación cobertura vegetal 03 suelo con vegetación poco densa en la RNTUMB – sector zapallal



Verificación cobertura vegetal 03 suelo con vegetación poco densa en la RNTUMB – sector zapallal



Verificación cobertura vegetal 03 suelo con vegetación poco densa en la RNTUMB – sector zapallal



Letrero de señalización en la RNTUMB – sector zapallal



Puesto de control ZAPALLAL – sector zapallal



Verificación la cobertura vegetal 04 del suelo con vegetación densa RNTUMB– sector zapallal



Verificación la cobertura vegetal 04 del suelo con vegetación densa RNTUMB– sector zapallal



Verificación la cobertura vegetal 04 del suelo con vegetación densa RNTUMB– sector zapallal



Verificación la cobertura vegetal 04 del suelo con vegetación densa RNTUMB– sector zapallal



Verificación la cobertura vegetal 04 del suelo con vegetación densa RNTUMB– sector zapallal



Regeneración de la especie Tabebuia billbergii en torno en los puntos de verificación en la RNTUMB



Ruta de acceso entre el puesto de control Panales y sector el Huasimo



Ruta de acceso entre el puesto de control Panales y sector el Huasimo



Ruta de acceso entre el sector charanal y el puesto de control Panales.