

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**ANÁLISIS DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA CON  
IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE NAMORA PERÍODOS  
2000 - 2016**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado por el Bachiller:

**PEPE SAMUEL BRIONES BECERRA**

Asesor:

Ing. M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS

CAJAMARCA, PERÚ

2018

## **DEDICATORIA**

*Quiero dedicar esta tesis a mi madre y hermanos  
porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos,  
su apoyo incondicional y su paciencia.*

*A mi familia en general por ser parte de mi vida y  
por el cariño y amor que les tengo.*

*El autor*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por haberme dado fortaleza para continuar  
ganando experiencias y conocimientos.*

*A mi Alma Mater Universidad Nacional de  
Cajamarca, a la Escuela Académico Profesional de  
Agronomía por haberme permitido formarme como  
profesional.*

*Al Ing. Wilfredo Poma Rojas por la disposición de  
sus conocimientos científicos y asesoría para poder hacer  
realidad la presente tesis profesional.*

*A los docentes que me brindaron conocimientos a  
lo largo de mi Carrera Profesional.*

*A mis amigos y compañeros que me han apoyado  
desinteresadamente en el transcurso de mi investigación.*

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	i
SUMMARY .....	ii
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos.....	2
General .....	2
Específicos .....	2
CAPÍTULO II .....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Antecedentes de la investigación .....	3
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	3
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	4
2.1.3 Antecedentes regionales .....	5
2.2 Bases teóricas.....	6
2.2.1 Cobertura vegetal y uso del suelo .....	6
2.2.2 Cambio de cobertura.....	6
2.2.3. Causas del cambio de cobertura vegetal .....	6
2.2.4 Consecuencias del cambio de cobertura vegetal .....	8
2.3 Sistema de información geográfica .....	10
2.4 Teledetección .....	10
2.5 Sistemas de clasificación de la cobertura de la tierra.....	11
2.6 Clasificación de imágenes.....	15
2.6.1 Clasificación supervisada .....	16
2.6.2 Clasificación no supervisada .....	16
2.7 El programa Landsat .....	16
2.8 Combinación de bandas.....	19
2.9 Modelo de elevación digital .....	20
2.10 Random Forest.....	20
2.11 Índice kappa .....	20
2.12 Matriz de confusión .....	21

CAPÍTULO III .....	22
MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
3.1. Descripción general de la zona .....	22
3.1.1. Ubicación.....	22
3.1.2 Hidrografía.....	22
3.1.3 Regiones naturales del distrito de Namora.....	22
3.2 Materiales y equipos de campo.....	26
3.2.1 Herramientas.....	26
3.2.2 Instrumentos y equipos .....	26
3.2.3 Materiales y equipos de gabinete.....	26
3.2.4 Equipos .....	26
3.2.5 Material cartográfico .....	26
3.2.6 Software .....	26
3.3 Metodología.....	26
3.3.1 Fase inicial de gabinete.....	27
3.4.2 Fase de campo.....	32
3.4.3 Fase Final de gabinete.....	32
CAPÍTULO IV .....	34
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	34
4.1.1 Áreas artificiales .....	34
4.1.2 “2. Áreas agrícolas” .....	35
4.1.3 “3. Bosques y áreas mayormente naturales” .....	38
4.1.4 “5. Superficies de agua” Aguas continentales” .....	40
4.2.1 Cobertura y uso de la tierra año 2000 a. Matriz de confusión .....	41
4.2.2 Cobertura y uso de la tierra año 2016 .....	47
4.3 Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra.....	53
4.3.1 Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000 – 2016.....	53
4.4 Análisis de transición de cobertura y uso de la tierra .....	57
4.4.1 Análisis de cambios por cobertura .....	57
CAPÍTULO V .....	60
CONCLUSIONES.....	60
VI. BIBLIOGRAFÍA .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Sistema de teledetección .....	11
2. Cobertura histórica del satélite Landsat.....	17
3. Mapa de Ubicación del Distrito de Namora.....	25
4. Proceso de clasificación para la representación cartográfica .....	29
5. Vista panorámica del distrito de Namora .....	35
6. Cultivos transitorios en el Caserío Sarín.....	36
7. Cultivos transitorios en el Caserío El Aliso .....	36
8. Pastos cultivados en el Caserío Casa Blanca .....	37
9. Pastos cultivados en áreas reducidas, Distrito de Namora: Alfalfa y Rye gras .....	38
10. Vista panorámica de herbazal en el Centro Poblado Huanico: Ichu (Stipa Ichu).....	38
11. Arbustales con predominancia de Mauia Heterophylla en el Caserío Jocos .....	39
12. Tierras desnudas Centro Poblado los Sapitos.....	40
13. Laguna Quelluacocha .....	40
14. Vista Panorámica de la Laguna San Nicolás .....	41
15. Distribución porcentual de cobertura año 2001 .....	46
16. Distribución porcentual de cobertura año 2016 .....	52
17. Cambio y no cambio de uso de la tierra período 2000 – 2016.....	57
18. Mapa de Hidrografía del Distrito de Namora.....	67
19. Mapa de regiones naturales del Distrito de Namora .....	68
20. Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de Namora año 2000.....	69
21. Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de Namora año 2016.....	70
22. Mapa de cambio y no cambio de la cobertura y uso de la tierra del Distrito de Namora, período 2000 – 2016 .....	71
23. Mapa de cambios por cobertura del Distrito de Namora período 2000 – 2016.....	72
24. Resultados del análisis de transición de cobertura y uso de la tierra.	74

25. Segmentación del área de estudio.....	74
26. Digitalización de áreas de entrenamiento .....	75
27. Aplicación de ModelBuilder para generar la información complementaria .....	75
28. Resultados de ejecución de ModelBuilder .....	76
29. Ejecución de scrip Ramdom Forest .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Corine Land Cover adaptada para Perú Áreas artificiales .....	13
2. Corine Land Cover adaptada para Perú Áreas Agrícolas .....	13
3. Corine Land Cover adaptada para Perú Bósquez y áreas mayormente naturales .....	14
4. Corine Land Cover adaptada para Perú Áreas húmedas .....	14
5. Corine Land Cover adaptada para Perú Superficies de agua .....	15
6. Características de Landsat5 .....	18
7. Características de Landsat8 .....	19
8. Escala de valores Índice Kappa .....	21
9. Datos de las imágenes descargadas .....	27
10. Valores obtenidos de la segmentación .....	30
11. Categorías del uso actual de la tierra identificadas en el Distrito de Namora período 2000- 2016 .....	34
12. Matriz de confusión año 2000 .....	42
13. : Categorías obtenidas para el año 2000 .....	45
14. Matriz de confusión año 2016 .....	48
15. Categorías obtenidas para el año 2016 .....	51
16. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, período 2000 – 20165 .....	54
17. Resultados del análisis de transición de cobertura y uso de la tierra...	58

## RESUMEN

El presente estudio de análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodo 2000 – 2016 se realizó en el distrito de Namora, provincia y departamento de Cajamarca, el área de estudio está influenciado por los ecosistemas, especialmente por la cobertura vegetal generando una inestabilidad en sus categorías. La metodología propuesta para el desarrollo del presente estudio se basó en la obtención de imágenes satelitales de landsat5 y landsat8, luego se trabajó en cinco etapas de clasificación, se realizó con la leyenda Corine Land Cover-CLC en un nivel III, para la generación de los mapas temáticos de cobertura y uso de la tierra, en donde se utilizó la metodología del Ministerio del Ambiente MINAM. Los resultados se obtuvieron identificando las siguientes categorías de cobertura y uso de la tierra: Tejido urbano continuo, Pastos, Áreas agrícolas heterogéneas, Bosques plantados, Herbazal, Arbustal, Afloramiento rocoso, clasificando hasta el nivel III en algunas de las coberturas, con respecto a los porcentajes de las categorías el valor más altos se obtuvo en mosaico de pastos y cultivos 28% De acuerdo al mapa de uso del suelo y cobertura vegetal sufrieron cambios 9151.86 ha equivalente al 58.10% y no cambio 6600.30 ha equivalente al 41.90%. Los cambios de cobertura vegetal son debido a los impactos antropogénicos.

**Palabras clave:** Cambio de cobertura, uso del suelo, Namora, Imagen satelital, categorías de cobertura.

## SUMMARY

The present study of analysis of the changes of coverage and land use, periodo 2000 - 2016 was made in the district of Namora, province and department of Cajamarca, the study area is influenced by the ecosystems, especially by the plant cover generating them an instability in their categories. The methodology proposed for the development of this study was based on obtaining satellite images of landsat5 and landsat8, then working on five stages of classification, was carried out with the legend Corine Land Cover-CLC in a level III, for the generation of the thematic maps of coverage and land use, where the methodology of the MINAM Ministry of the Environment was used. The results were obtained by identifying the following categories of coverage and land use: Continuous urban fabric, Pastures, heterogeneous agricultural areas, Planted forests, Herbazal, Arbustal, Rocky outcrop, classifying up to level III in some of the coverages. With respect to the percentages of the categories the highest value was obtained in mosaic of pastures and crops 28%. According to the map of land use and plant cover, 9151.86 hectares have undergone changes, equivalent to 58.10% and no change, 6600.30 has equivalent to 41.90%. Changes in vegetation cover are due to anthropogenic impacts.

**Keywords:** Coverage change, land use, Namora, satellite image, coverage categories.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Skole y Turner (1994). Hacen referencia que, para entender el impacto que ocasiona el cambio de uso y cobertura del terreno, se requiere estudiar factores ambientales y socioeconómicos que afectan su uso. Sin embargo, no existen análisis cuantitativos de la importancia relativa de estos elementos con el cambio de la cobertura y uso del terreno, ya que las interpretaciones de cómo estos factores interactúan para estimular el cambio varían ampliamente de una región a otra.

El distrito de Namora está ubicado en la región Quechua y Suni dentro del territorio peruano, tiene riqueza en cuanto a minería no metálica, turismo, flora y fauna, además cuenta con dos sistemas lacustres, donde el ícono más representativo es la Laguna San Nicolás siendo importante desde los puntos de vista ecoturístico, pero debido al mal manejo de los recursos antes mencionados se deja notar los cambios acelerados en la cobertura vegetal que es ocasionado por el hombre, así mismo ha causado la degradación y desequilibrio en actividades agrícola, forestal y ganadera. Es por esta razón que se realiza el estudio de Análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales periodo 2000-2016. En el año 2000 se observó que la mayor extensión del área está cubierto por cultivos transitorios con un área de 4719.89 ha que en porcentaje opta 29.96% seguido por herbazal con un área de 4144.47 ha que en porcentaje representa 26.31%. Para el año 2016, la mayor extensión del distrito en estudio está cubierto por mosaico de pastos y cultivos con un área de 6659.55 ha que en porcentaje equivale a 42.28%, seguido por arbustal con un área de 2703 ha, que equivale al 17.17% del área del distrito en estudio. Esta investigación se realizó utilizando los softwars ArcGIS 10.3.1, Envi 5.3, RGui 2.15. Para el trabajo de investigación se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los cambios de cobertura y uso de la tierra que se generó en el distrito de Namora períodos 2000 - 2016?, y como hipótesis se plantea que, los cambios y uso de la tierra se deben a la intervención del hombre.

## **1.1 Objetivos**

### **General**

Analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Namora años 2000 – 2016, a través de mapas con la interpretación de imágenes satelitales (Landsat TM) y la aplicación del algoritmo máxima verosimilitud.

### **Específicos**

- Identificar las categorías de cobertura y uso de la tierra del distrito de Namora, períodos 2000 – 2016.
- Elaborar mapas de cambio de cobertura y uso de la tierra del distrito de Namora, períodos 2000 –2016.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

La presente investigación se ha desarrollado en base a la consulta de estudios realizados en cobertura, uso del suelo, bosques, para ello se ha consultado con bibliografía Internacional, nacional y regional, para ello se resalta a continuación:

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

Camacho et al. (2015) Exponen un modelo de cambios de cobertura y uso del suelo en una porción de la zona de transición mexicana de montaña donde el objetivo de este estudio fue analizar los cambios de cobertura y uso del suelo ocurridos entre 1989 y 2009, a través de mapas de uso de suelo y vegetación, producto de la interpretación de imágenes de satélite (Landsat TM) y la aplicación del algoritmo máxima verosimilitud. La metodología utilizada fue la clasificación supervisada de imágenes de satélite con base en la aplicación del algoritmo máxima verosimilitud, o también conocido como máxima probabilidad. Por lo tanto, los resultados obtenidos demuestran que la cobertura del bosque disminuyó considerablemente, es decir, se eliminaron 19 262 ha, las cuales fueron ocupadas por las categorías cuerpos de agua (105 ha), agropecuario (19 113 ha), asentamientos humanos (39 ha) y agricultura tecnificada controlada 5 ha.

Falcón (2014) determinó y analizó la dinámica de cambios en la cobertura/ uso del suelo de diversos tejidos en los municipios Felipe Carrillo Puerto, Bacalar y Othón P. Blanco del estado de Quintana Roo, México, también evaluó la influencia que las políticas públicas han tenido sobre dicha dinámica a través de los años a partir de la implementación del plan piloto Forestal (PPF) en el año 1984.

Peña (2007) estudió la comprensión de los impactos del pasado y futuro en los cambios de cobertura y los factores determinantes humanos e impactos incluyendo hidrología, el sistema climático, ciclos biogeoquímicos, degradación del suelo y los impactos en la agricultura y asentamientos humanos.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Según el estudio especializado “Cobertura y uso de la tierra de las provincias de Alto Amazonas y Ramón Castilla”, por Escobedo et al. (2015) tuvieron como objetivo general Analizar la deforestación e identificar la cobertura y uso de la tierra en áreas estratégicas de las provincias de alto Amazonas y Mariscal Ramón Castilla del departamento de Loreto. Éste estudio se basó en la utilización de bandas espectrales (1, 2, 3, 4, 5, y 7) de las cuales se hizo la combinación (5, 4 ,3 RGB) que es la que resalta nítidamente los patrones de deforestación y por consiguiente el uso de la tierra, con la finalidad de resaltar algunos aspectos de la vegetación herbácea y pantanos.

Zorogastúa et al. (2011) evaluaron los cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura, el objetivo de la investigación fue resolver las interrogantes asociadas al uso de procesamiento digital de imágenes de satélite para determinar el cambio de uso de la tierra entre los años 1990 y 2000. Se basó en la capacidad de los satélites de recursos terrestres para dar seguimiento a los cambios de la vegetación, productividad primaria y otros atributos de la vegetación. Los resultados fueron que áreas cubiertas por el bosque seco cubrió una zona de 3.6 millones de hectáreas. Las principales asociaciones vegetales reportadas fueron bosque seco ralo, bosque seco muy ralo y bosque seco semi-denso. Estas asociaciones constituyeron algo más del 50 % del área estudiada. Las áreas bajo cultivos fueron cerca de 8 % Evidentemente, un procesamiento digital de las escenas registradas por el satélite LANDSAT 5, permite obtener información a mayor detalle de la zona de estudio y sus asociaciones vegetales, así como también estimar el error promedio en la discriminación de las clases que fue del 11 % y el acierto fue 89 %. El autor llegó a las conclusiones que, El 38% del área del bosque seco permanece sin variación, mientras que 13% ha mejorado su condición y el otro 23% tiende a la reducción de su cobertura.

Ibáñez y Damman (2014) realizaron un estudio de cambios de la cobertura de los suelos para la elaboración de escenarios territoriales en la región Apurímac. Los objetivos de la presente investigación fueron determinar los cambios en la cobertura y uso de los suelos y el paisaje en la región Apurímac, los autores

llegaron a la conclusión de que, el análisis de la cobertura de suelos muestra tendencias de cambio, principalmente en la parte baja y media de la subcuenca en el período considerado, ligada a la actividad agropecuaria.

### **2.1.3 Antecedentes regionales**

El análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra en el departamento de Cajamarca, deben ser reconocidos como una de las principales causas del deterioro ambiental, teniendo como objetivo general la dinámica y los principales efectos generados por los cambios en la cobertura y uso de la tierra, en el ámbito del departamento Cajamarca para el periodo 2001-2013. La metodología según lo dispuesto por el Ministerio del Ambiente se basó en el procesamiento digital de imágenes satelitales utilizando los softwares ENVI y Arc GIS que permitieron generar cartografía temática de cobertura y uso de la tierra para los periodos 2001-2013. Los resultados establecen que, el cambio total de la cobertura y uso de la tierra en Cajamarca corresponde a un área de 599,236.15 hectáreas que representa el 18.18%, mientras que la permanencia del paisaje a una superficie de 2'696027.69 hectáreas representa el 81.82% del área departamental. Además, revela la identificación de cuarenta y siete cambios por cobertura de los cuales, el cambio de vegetación herbácea y/o arbustiva a Áreas agrícolas heterogéneas es el que más impactos ha generado, debido a que estos espacios han sido transformados a terrenos agrícolas destruyendo la cubierta vegetal en perjuicio de la oferta de importantes Servicios Ecosistémicos (Alcántara 2014).

Saldaña (2010) expone la investigación determinación del cambio de cobertura vegetal en el área de conservación municipal “bosques de Huamantanga”, utilizando imágenes de satélite. Se evaluó una superficie total de 12,236.83 (ha) y el área de estudio está ubicada en la región Cajamarca, provincia de Jaén, distrito de Jaén. Se usaron dos periodos comparativos, 1989-2000 y 2000-2006, La metodología utilizada fue utilizando imágenes de satélite Landsat tomadas por la NASA de los Estados Unidos y Aster. Teniendo como resultado que un 75% de las áreas cambiaron de uso de suelo con el paso de los años y el otro 25% se mantuvo intacto. En un área total de estudio analizada es de 12236.84 (ha). Que comprendió el área de Conservación

Municipal Bosque de Huamantanga con 3840.00 (ha) y su zona de amortiguamiento con 8,396.84 (ha). Donde se concluye que, el área total de estudio analizada es de 12236.84 (ha) que comprendió el área del bosque de Huamantanga con 3840.00 (ha) y su zona de amortiguamiento con 8,396.84 (ha), se determinó el cambio de uso de los suelos en dos periodos comparativos, para los años 1989 y 2000, así como para los años 2000 y 2006; determinándose que un 75% de las áreas cambiaron de uso de suelo con el paso de los años y el otro 25% se mantuvo intacto.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Cobertura vegetal y uso del suelo**

Ñiquel et al. (2006) dicen que Cobertura vegetal, es la medida de la superficie cubierta por una planta o un tipo de vegetación, la vegetación se define como el tapiz vegetal de un país o de una región geográfica. La predominancia de formas biológicas tales como árboles, arbustos o hierbas, sin tomar en consideración su posición taxonómica, conduce a distinguir diferentes tipos de vegetación, como bosque, matorral y pradera. Los cambios de cobertura y uso del suelo se ha reconocido en muchos países como una de las principales causas de deterioro ambiental, por ello están ubicados en el centro de investigación ambiental y presentan un punto importante en diferentes ámbitos como medio para entender los mecanismos de este proceso de deterioro y la guía para la toma razonable de decisiones sobre el uso del territorio (Nájera et al.2010).

### **2.2.2 Cambio de cobertura**

En los últimos 20 años, ha resurgido la importancia verdadera y real que tiene la conservación de los recursos naturales, y como componente de éstos el recurso suelo como fuente de producción de alimento para la humanidad (Dalence et al. 1999).

### **2.2.3. Causas del cambio de cobertura vegetal**

#### **a. Causas directas del cambio de cobertura vegetal**

##### **➤ La agricultura y ganadería intensiva**

El bosque además de aportar forraje y madera tiene efectos positivos sobre el medio ambiente. Sin embargo, gran parte de la tierra habilitada

para ganadería y agricultura se hace en base al desmonte masivo e irracional (Pérez y Carrera, 2008). El proceso de deforestación comienza con la construcción de carreteras que atraviesan los bosques y los abren a la tala y la minería. Una vez desbrozado el bosque a lo largo de la carretera, llegan los agricultores comerciales o de subsistencia y comienzan a producir cultivos. Pero el suelo de los bosques tiene muy pocos nutrientes y es demasiado frágil para sustentar los cultivos durante mucho tiempo. Al cabo de dos o tres años, los suelos se han agotado, la producción disminuye y los agricultores dejan crecer la hierba y se van a otra parte (FAO 2006), así como también la ganadería extensiva ha demostrado tener una alta relación con la deforestación a través del tiempo. Así mismo, las cuencas que presentan mayor actividad humana, principalmente las dedicadas a la ganadería y a la agricultura, evidencian un mayor deterioro de su territorio.

La mayoría de los estudios realizados, indican como causa principal de la conversión de bosque a tierras agrícolas y pastos (Ignazi 1993).

➤ **La deforestación**

La deforestación, conforme a la definición adoptada por FAO (FAO-FRA 2000) y aceptada en el ámbito internacional, es la “eliminación permanente de la cubierta forestal para el cambio de uso de la tierra, y la degradación es el deterioro de las funciones ecosistémicas del bosque, por eliminación de parte de la cubierta arbórea, descapitalización del bosque, degradación del suelo y fuentes de agua, que determinan la degradación ecosistémica forestal”. Desde los años 50, la deforestación se ha venido incrementando en forma significativa, tanto en la selva como en la costa, debido a poblaciones en estado de pobreza y pobreza extrema, Angelsen y Kaimowitz (1999) argumentan que la principal causa de la deforestación es el cambio de uso del suelo provocado por hogares o compañías, ya sea para la agricultura o para extensión de madera. Dado que las acciones de uso del suelo y conversión de los bosques son relativamente simples a primera impresión podría parecer que el análisis de la deforestación, o más especialmente responder a la pregunta.

¿Qué factores hacen que los agricultores u otros agentes decidan talar más árboles? Es una tarea sencilla. Sin embargo, datos de estos actos simples hay un intrincado conjunto de realidades sociales, económicas políticas (kanninen et al. 2007).

El fenómeno de deforestación se ve agravado por la lluvia ácida, la desertificación, y los incendios forestales. En el caso de los pequeños agricultores, considerados como pobres, al asentarse cerca de los bosques deben talar una parcela de tierra y utilizarla para la plantación de cultivos de subsistencia o comerciales. Sin embargo, ese tipo de prácticas degrada rápidamente el suelo, y el agricultor se ve forzado a talar otra porción de bosque para transformarlo en tierras de cultivos (Quito 2014).

#### **b. Causas indirectas del cambio de cobertura vegetal**

##### ➤ **Apertura de las vías de comunicación**

La construcción de nuevas carreteras implica directamente el asentamiento de nuevos pueblos cuya población va a ejercer una fuerte presión sobre los recursos naturales del bosque, convirtiéndolas al poco tiempo en áreas de cultivos agropecuarios (IIRSA-SUR 2006).

##### ➤ **Migración**

El incremento de la población andina, cada vez con menos posibilidades de tener tierras para vivir, como única opción, le queda migrar a la selva y posesionarse del bosque, inicialmente en forma ilegal, luego en forma legal (IIRSA-SUR 2006).

#### **2.2.4 Consecuencias del cambio de cobertura vegetal**

Los cambios en la cobertura de vegetación tienen consecuencias sobre la erosión de los suelos, los procesos hidrológicos y el movimiento de nutrientes en las cuencas, la pérdida del hábitat y biodiversidad, las emisiones de carbono y otros gases de efecto invernadero, y en general, sobre la sustentabilidad de la capacidad productiva del territorio (Murdiyarsa y Wasrin, 1995).

La transformación del paisaje, como consecuencia de las actividades humanas, es un proceso que no solo tiene impactos locales, sino que es uno de los factores más importantes del cambio ambiental global (Turner 2001).

#### **a. Cambios en los ecosistemas**

El cambio de la cobertura vegetal natural de un paisaje produce una serie de parches de vegetación remanente rodeados por una matriz de vegetación distinta y/o uso de la tierra. Los efectos primarios de este cambio se reflejan en las alteraciones micro climáticas dentro y alrededor del remanente (parche) y el otro efecto es el aislamiento de cada área con respecto a otras áreas dentro del paisaje. Es así como, en un paisaje donde ocurre el cambio de la cobertura vegetal natural, existen cambios en el ambiente físico como en el biogeográfico (Saunders *et al.* 1991).

#### **b. Cambio climático**

Estudios realizados en México indican que las fuentes responsables de emisiones, corresponde 61% al sector energético; 7% a los procesos industriales; 14% al cambio de uso de suelo (deforestación); 8% a la agricultura y 10% a la descomposición de residuos orgánicos, incluyendo las plantas de tratamiento de aguas residuales y los rellenos sanitarios. Dentro del sector energético en particular, la generación de electricidad representa 24% de las emisiones; el uso de combustibles fósiles en el sector manufacturero e industria de la construcción 8%; el transporte 18%; los sectores comercial, residencial y agrícola 5%; y las emisiones fugitivas de metano durante la conducción y distribución del gas natural, otro 5% (Bocco *et al.* 2001).

#### **c. Aislamiento de hábitats**

Afirman que, el cambio de cobertura vegetal tiene dos consecuencias importantes para la biota. Primero, existe una reducción del área de hábitat disponible, con posibles incrementos en la densidad de la fauna sobreviviente en los remanentes, y la segunda consecuencia, es que los hábitats son fragmentados en remanentes que se aíslan en diferentes grados. El tiempo desde el aislamiento, la distancia entre remanentes adyacentes y el grado de conectividad entre ellos son importantes para determinar la respuesta de la biota frente al cambio de la cobertura (Saunders *et al.* 1991).

### **2.3 Sistema de información geográfica**

Un SIG es un sistema que permite la realización de las siguientes operaciones:

- Lectura, edición, almacenamiento y, en términos generales, gestión de datos espaciales.
- Análisis de dichos datos. Esto puede incluir desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, y puede llevarse a cabo tanto sobre la componente espacial de los datos (la localización de cada valor o elemento como sobre la componente temática (el valor o el elemento en sí)
- Generación de documentos tales como mapas, informes, gráficos (Olaya).
- Es un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre, también es un sistema de información geográfica, es una herramienta de análisis de información. La información debe tener una referencia espacial y debe conservar una inteligencia propia sobre la topología y representación (Carmona 1999).
- Los sistemas de información geográfica son definidos como un conjunto de programas y aplicaciones informáticas que permite la gestión de datos organizados en bases de datos referenciadas espacialmente (Otero 1999).
- El uso de sistemas de información geográfica (SIG o GIS en inglés) constituye una de las mayores revoluciones dentro del campo de la Geografía y puede considerarse insertada dentro de lo que se denomina actualmente la “sociedad de la información (Gutiérrez 1994).

### **2.4 Teledetección**

Es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento (sensor) que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo investigación (Chuvienco 2008).

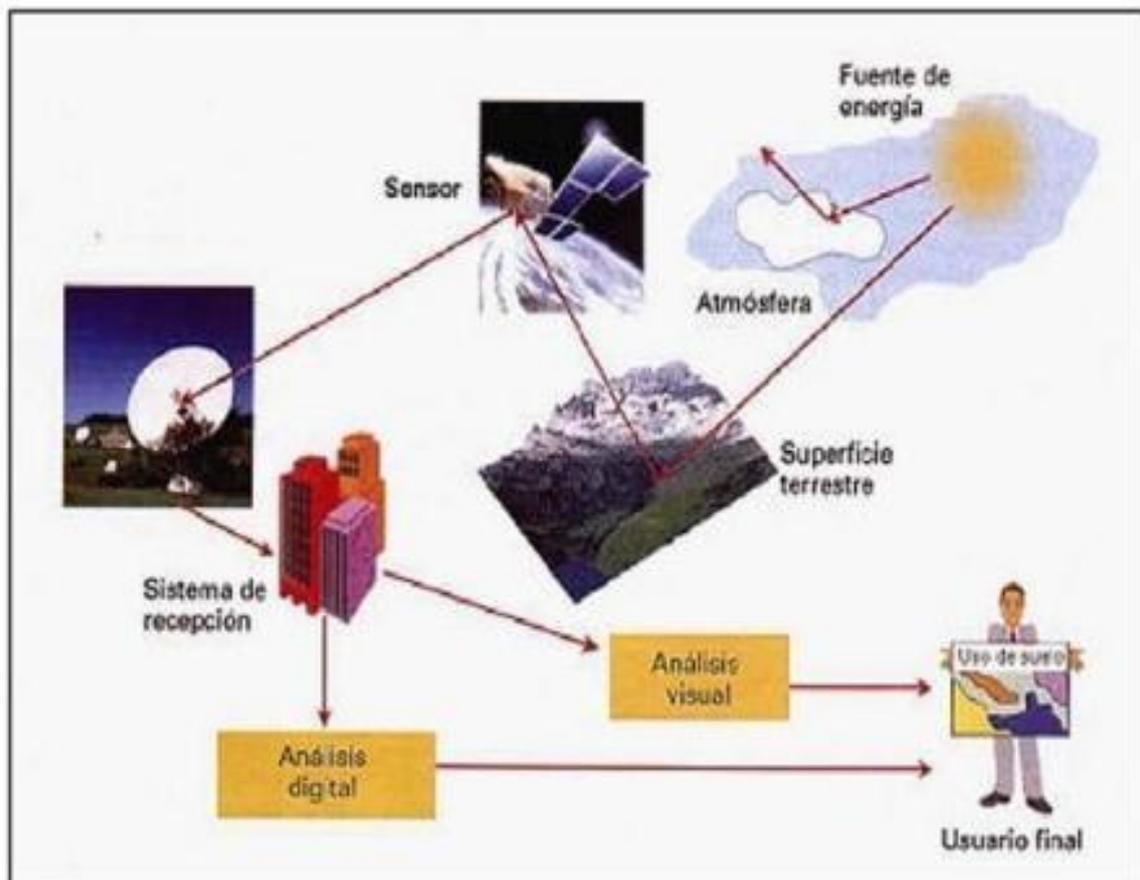


Figura 1: Sistema de Teledetección

Es entonces que la utilización de imágenes generadas por los satélites nos proporciona información inmediata y precisa para ser utilizada en diferentes aspectos entre ellos: el análisis de la dinámica de cambios en la cobertura vegetal de un área geográfica previamente seleccionada. Se requiere conocer entonces los principios básicos que permiten una correcta percepción de las imágenes. La Teledetección es entendida como una técnica que implica la obtención a distancia de imágenes de la superficie de la tierra, su tratamiento e interpretación para diferentes propósitos (Chuvieco 2002)

## 2.5 Sistemas de clasificación de la cobertura de la tierra

Los sistemas de clasificación básicamente han surgido, perfeccionado, modificado y adaptado en la necesidad de clasificar y evaluar el paisaje, con el objetivo de conocer y recabar información sobre las coberturas terrestres, a escala local, regional, continental y mundial (Pérez y García 2009).

La cobertura terrestre es un elemento geográfico que puede formar una base de referencia para diversas aplicaciones que van desde el monitoreo forestal y pastoril, pasando por la generación de estadísticas, planificación, inversión, biodiversidad, cambio climático, hasta el control de la desertificación (Petraglia, C. *et al.* 2015).

### **Corine Land Cover adaptada para Perú**

Ideam (2010) afirma que la leyenda fue desarrollada siguiendo los acuerdos regionales vinculados a trabajar con el esquema Corine Land Cover. Este esquema ha sido adaptado para Colombia, y da un arco de comparabilidad internacional. Corine Land Cover (CLC) es una metodología para la construcción de mapas de cobertura y uso de la tierra. Emplea una leyenda jerárquica, que vincula distintos niveles de detalle espacial con distintos niveles de detalle temático. (Disponible en <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>).

El MINAM en cumplimiento a sus funciones y competencias asignadas en materia de Ordenamiento Territorial, emitió la Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAM, que aprueba la Guía Metodológica para la elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial. En esta guía se menciona al Estudio de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra, y a la actualidad vienen elaborando las guías de procedimiento metodológico que incluirá el uso de Corine Land Cover (Disponible en [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00JZZX.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JZZX.pdf)).

La cual se observa en el siguiente cuadro:

Tabla 1: Corine Land Cover adaptada para Perú Áreas artificiales

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o Comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
		1.2.3. Áreas portuarias
		1.2.4. Aeropuertos
		1.2.5. Obras hidráulicas
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
		1.3.2. Áreas de disposición de Residuos
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas
1.4.2. Instalaciones recreativas		

Fuente: MINAM, 2014.

Tabla 2: Corine Land Cover adaptada para Perú. Áreas agrícolas

Nivel I	Nivel II	Nivel III
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios	
	2.2 Cultivos permanentes	
	2.3 Pastos	
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de Cultivos
		2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos
	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	

Fuente: MINAM, 2014.

Tabla 3: Corine Land Cover adaptada para Perú. Bosques y áreas mayormente naturales

Nivel I	Nivel II	Nivel III
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo
		3.1.2. Bosque abierto bajo
		3.1.3. Bosque denso alto
		3.1.4. Bosque abierto alto
		3.1.5. Bosque fragmentado
	3.2 Bosques plantados	
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal
		3.3.2 Arbustal
		3.3.3 Vegetación secundaria o en transición
		3.3.4 Vegetación arbustiva / Herbácea
		3.3.5 Arbustal / área Intervenida
		3.3.6 Herbazal / área Intervenida
		3.3.7 Arbustal-Herbazal/área Intervenida
	3.4 Áreas sin o con poca Vegetación	3.4.1. Áreas arenosas Naturales
		3.4.2 Afloramientos rocosos
		3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
		3.4.4 Áreas quemadas
		3.4.5 Glaciares
		3.4.6 Salares

Fuente: MINAM, 2014

Tabla 4: Corine Land Cover adaptada para Perú. Áreas húmedas

Nivel I	Nivel II	Nivel III
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas
		4.1.2. Turberas y bofedales
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
	4.2 Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros
		4.2.2. Salitral
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar

Fuente: MINAM, 2014.

Tabla 5: Corine Land Cover adaptada para Perú. Superficies de agua

Nivel I	Nivel II	Nivel III
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes
		5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales
		5.1.4. Canales
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales
	5.2 Aguas costeras	5.2.1. Lagunas costeras
		5.2.2. Mares y océanos
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente: MINAM, 2014.

## 2.6 Clasificación de imágenes

Este proceso comprende el análisis de datos multiespectrales de la imagen y la aplicación de reglas de decisión basadas en técnicas estadísticas para determinar el tipo de cobertura de la tierra para cada píxel en una imagen. El proceso de clasificación consiste en categorizar a todos los píxeles de una imagen digital en alguna clase de cobertura de la tierra o en “estratos”. Estos datos categorizados pueden ser usados para producir mapas temáticos de la cobertura terrestre presente en la imagen y/o para producir estadísticas sumarias en áreas cubiertas para cada tipo de cobertura (Easman 1999) así como también los procedimientos de reconocimiento de los patrones espectrales están más avanzados que los procedimientos de reconocimiento espacial. Dentro de la clasificación espectral existe la clasificación “supervisada” y la “no supervisada”. En ambos procesos se utiliza el clasificador de “máxima semejanza o verosimilitud” (maximum likelihood), que evalúa cuantitativamente la variancia a lo largo de todo el rango espectral, rango que será subdividido de acuerdo con sus valores de promedio y variancia.

### **2.6.1 Clasificación supervisada**

El método de clasificación supervisada, cada estrato es considerado como campo de prueba por lo cual puede mencionarse que la firma espectral en unidades de energía corresponde a la verificada en campo. En la clasificación supervisada se representa la decisión a priori de la selección de clases espectrales de los patrones de la cubierta del suelo que un analista puede identificar. Es importante mencionar que el mapeo de clases aplicando este método de identificación depende íntegramente del conocimiento a priori del analista, sobre la cubierta del suelo a foto identificar (Rodríguez et al. 2007).

### **2.6.2 Clasificación no supervisada**

Este método de mapeo de clases no requiere de campos de prueba. El agrupamiento de clases es meramente estadístico y depende de la capacidad del algoritmo aplicado de asociar el valor del pixel registrado en la imagen satelital con la evaluación de las firmas espectrales obtenidas al finalizar el proceso (Rodríguez et al. 2007).

## **2.7 El programa Landsat**

El programa Landsat es el programa civil de observación de la tierra más antiguo. Comenzó el año 1972 con el Satélite Landsat-1. Hasta ahora al último Landsat (el 8) se ha incorporado un nuevo sensor, el ETM+, que mejora las características del TM, añadiéndole una banda pancromática de 15 m de resolución, y aumentando la resolución de la banda térmica a 60 m (Chuvienco 2002). LANDSAT (LAND=tierraSAT=satélite) fue el primer satélite enviado por los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. Inicialmente se le llamó ERTS1 (Earth Resources Technology Satellite) y posteriormente los restantes recibieron el nombre de LANDSAT.

## COBERTURA HISTÓRICA DEL SATÉLITE LANDSAT

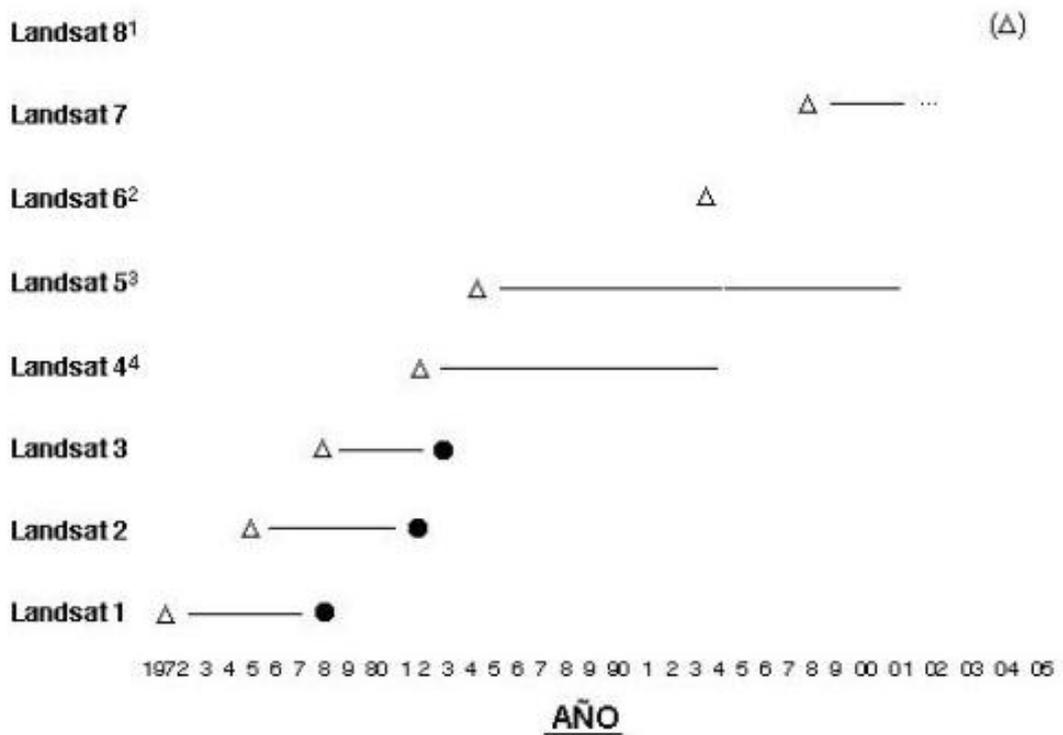


Figura 2: Cobertura histórica del satélite Landsat

Fuente: <http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>.

### a. Landsat5

Opera simultáneamente en 7 bandas espectrales, siendo 3 en el visible, una en el infrarrojo cercano, 2 en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal. Tiene una resolución espacial de 30 m en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 m en la banda del infrarrojo termal. La escena terrestre registrada por este sensor es de 185 km. (Disponible en [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepción/imgsatelite/doc/aspectos\\_tecnicos\\_de\\_imagenes\\_landsat.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepción/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf)).

Tabla 6: Características de Landsat5

Modo espectral	Resolución espacial (m)	Resolución espectral (micras)	Resolución radiométrica	Resolución temporal
Multiespectral	30	Banda 1 azul: 0.45- 0.52	8 bits	16 días
		Banda 2 verde: 0.52 – 0.60		
		Banda 3 roja: 0.63 – 0.69		
		Banda 4 infrarrojo cercano		
		Banda 5 infrarrojo cercano 2· 1.55 – 1.75		
		Banda 7 infrarrojo medio: 2.08 – 2.35		
Termal	120	Banda 6 Infrarrojo térmico:		

Fuente: INEGI.

### b. Landsat8

Las imágenes Landsat8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 m para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul- profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 m de resolución. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 km de este a oeste (106 km por 114 km) (Ariza 2013)

Tabla 7: Características de Landsat8

	<b>Banda</b>	<b>longitud de onda (micrómetros)</b>	<b>Resolución espacial (m)</b>
<b>Landsat8</b>  <b>Operational</b>  <b>Land Imager (OU) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)</b>	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 – Azul	0.45-0.51	30
	Banda 3 – Verde	0.53-0.59	30
	Banda 4- Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6- SWIR 1	1.57-1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11-2.29	30
	Banda 8 – Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9-Cirrus	1.36-1.38	30
	•Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60-11.19	100
	•Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50-12.51	100

Fuente: INEGI, 2013

## 2.8 Combinación de bandas

Las imágenes de satélite se distribuyen en bandas espectrales separadas, las cuales se pueden combinar para crear otras imágenes. Para realizar este procedimiento, los programas de interpretación de imágenes traen comandos especiales que permiten combinar bandas y asignar a cada una un color de visualización específico. La combinación de las bandas espectrales correspondientes al azul, verde y rojo permiten preparar una imagen en color verdadero, la cual es semejante a una fotografía aérea en colores. En el caso de las imágenes Landsat para construir esta imagen se combinan las bandas 1-2-3 y se asigna a cada banda su correspondiente color; esto es, azul, verde y rojo, respectivamente. De esta manera, una imagen de falso color no se sigue este patrón, sino que los colores azul, verde y rojo se asignan a diferentes bandas espectrales. Una imagen de falso color muy utilizada en interpretación de imágenes de satélite se obtiene al combinar las bandas Landsat 2-3-4. Y asignando a cada una un color. El color azul se asigna a la banda 2 (la que registra la radiación verde), el color verde a la banda 3 (la que registra la radiación roja), y el color rojo a la banda espectral 4 (la que registra la radiación infrarroja cercana). El resultado es una imagen de

falso color, en donde la vegetación en áreas boscosas se verá de color rojo intenso, dado que la vegetación activa refleja una gran proporción de la radiación infrarroja cercana incidente, y en donde la vegetación bajo estrés (por enfermedad o sequía) se verá de color amarillo claro. Asimismo, los ríos de agua limpia se verán negros, y los ríos con alto contenido de sedimentos se verán de color azul. Finalmente, en esta imagen los terrenos sin cobertura vegetal se verán de color gris- azulado, mientras que los pastos y terrenos con cultivos agrícolas se mostrarán de color rojo claro (Orozco et al. 2002).

## **2.9 Modelo de elevación digital**

Los Modelos Digitales de Elevación (DEM) son definidos como una estructura numérica de datos que representan la distribución espacial de la altitud en la superficie terrestre, almacenados en una base de datos digital, georreferenciada en un sistema de proyección cartográfica (Maune 2001). Es llamado modelo porque, a través de algoritmos matemáticos, los datos altitudinales pueden ser modelados automáticamente en una computadora y así lograr analizar la superficie terrestre en un modelo en tres (Felicísimo 1994).

## **2.10 Random Forest**

Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información. Dicho algoritmo construye cientos de árboles de regresión y emplea un sistema de “votos” entre el conjunto de árboles para “decidir” la clase –cada árbol calibrado es un voto, y se asigna la clase en función de cuántos votos obtiene cada una de las unidades a ser clasificadas (Breiman, L. 2001 citado por Arnillas, C.A, et al. 2012).

## **2.11 Índice kappa**

El Índice kappa de Cohen es una medida estadística que ajusta el efecto del azar en la proporción de la concordancia observada para elementos cualitativos (variables categóricas). En general se cree que es una medida más robusta que el simple cálculo del porcentaje de concordancia, ya que Kappa tiene en cuenta el acuerdo que ocurre por azar (Carleta 1996).

Tabla 8: Escala de valores Índice Kappa

<b>Kappa</b>	<b>Grado de acuerdo</b>
< 0.20	Pobre
0.21 – 0.40	Débil
0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Muy buena

**Fuente:** López, 2001.

### **2.12 Matriz de confusión**

La matriz de confusión (C) o contingencia, permite comparar dos clasificaciones: una definida por el usuario como base y la otra, la que se desea evaluar. Se construye una comparación matricial de clases realizadas de la clasificación, ubicada generalmente en diferentes sectores o en la totalidad del mapa, confrontando las clases de cada clasificación. Con la matriz de confusión se generan 3 tipos de exactitud: exactitud global, exactitud del usuario, exactitud del productor (Rodríguez 2011).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Descripción general de la zona**

##### **3.1.1. Ubicación**

El estudio se realizó en el distrito de Namora, provincia y departamento de Cajamarca, los límites altitudinales oscilan entre 2600 y 4100 msnm, tiene una extensión de 15752.29 ha, datos obtenidos del Shapefile (Shp) de la zonificación Ecológica Económica (ZEE) del Gobierno Regional de Cajamarca. Limita al norte con los distritos de Los Baños del Inca y Encañada, al este con Llacanora, al sur con Matara y al oeste con Gregorio Pita. Geográficamente la zona de estudio se ubica en la vertiente del Atlántico, entre las coordenadas UTM 789725 y 810437 m Este y entre 9211588 y 9198919 m Norte. (Figura 3: mapa de ubicación).

##### **3.1.2 Hidrografía**

La hidrografía del distrito de Namora está conformada por los ríos Chuchum que al unirse con la quebrada Huancamayo forman el río Namora, el río Seco o Molino se forma a partir de la unión de las quebradas: La Masma y Paja Blanca (figura 18).

##### **3.1.3 Regiones naturales del distrito de Namora**

Se denomina regiones naturales a la zona delimitada por criterios de la geografía física, principalmente con los que tienen que ver con el relieve y en menor grado con el clima, la hidrografía, la vegetación. De acuerdo con la clasificación las regiones del Perú destaca por sus características y por su producción natural, según la clasificación por Javier Pulgar Vidal, el distrito de Namora presenta dos regiones naturales.

###### **a. Quechua**

Es una región que está compuesta por valles interandinos, que se encuentra entre las formaciones montañosas de la Cordillera de los Andes al este del Perú. Comprende los niveles altitudinales de 2300 a 3500 msnm. Esta región natural, cuenta con un área de 11640.32 ha equivalente al 73.90%.

## b. Suni o Jalca

Esta región presenta un clima frío y seco, es una zona límite apropiada para los cultivos, se practica la agricultura al secano. Es decir se utiliza el agua de riego proveniente de la lluvia, comprende los niveles altitudinales de 3500 a 4100 msnm. Esta región natural tiene un área 4111.97 ha equivalente al 26.10%.

Tabla N° 16. Caseríos y Cultivos del Distrito de Namora ubicados en la Región Quechua

Caserío	Cultivos predominantes
El Aliso	Maíz, cebada, trigo, frijol
Laguna San Úrsula	Maíz, frijol, cebada, arveja, habas
Chuchun	Maíz, lenteja, trigo
Sarín	Papa, chocho, maíz, habas, repollo
Nuevo San José	Trigo, lenteja, maíz
Torres Huaylla	Papa, cebada, trigo, cucurbitáceas
Juncos	Maíz, arveja, cebada, papa
Adacucho	Habas, arveja, papas
Bellavista	Lenteja, trigo
Ojo de agua	Papa, maíz, arveja
Namora	Maíz, papa, alfalfa, Rye Grass
Chilacat	Lenteja, frejol, maíz, chocho
Jigón	Cebada, trigo, Rye Grass
Chilca	Papa, cebada, lenteja
Huayán	Papa, cebada, Rye Grass
San Mandae	Papa, chocho, cebada
Laguna San Nicolás	Trigo, cebada
Cau Cau	Papa, maíz, Rye Grass
Las Manzanas	Cebada, trigo, maíz
La Perla	Papa, maíz, habas, chocho, cebada
Casa Blanca	Cebada, choco, avena
El Molino	Rye Grass, avena forrajera
El Triunfo	Papa, maíz, arveja, habas, Rye Grass
Cutiquero	Trigo, lenteja, maíz
San Francisco	Papa, maíz, cebada
Área total	11640.32

Según la tabla 16 el Distrito de Namora tiene 24 Caseríos y un Centro Poblado (Laguna Santa Úrsula) en la Región Quechua. Ésta región se caracteriza porque el nivel altitudinal esta entre 2300 a 3500 msnm, presenta un clima templado, su temperatura oscila entre los 11°C a 17 °C y seco, el cual permite el crecimiento de una gran variedad de especies vegetales, es denominado uno de los mejores ambientes del Perú.

Tabla N° 17. Los cultivos más representativos de esta región son: papa, maíz, cebada, avena, alfalfa, Rye Grass.

Caserío	Cultivos predominantes
Huanico	Olluco, papa, oca, avena forrajera
Progreso	Olluco, papa, oca, mashua, Rye Grass
Chiriconga	Papa, olluco, chocho, trébol rojo
Alto Hierba Buena	Papa, oca, olluco, trébol rojo
Pachachaca alta	Papa, oca, olluco, avena forrajera
Masma huaylla	Papa, chocho, Rye Grass
Tallambo alto	Trébol blanco, papa, avena forrajera
Quelluacocha	Papa, trigo forrajero, avena forrajera
Campo Alegre	Rye Grass trébol blanco, trébol rojo
La Masma	Papa, Rye Grass
Colpa	Grye Grass, trébol rojo, trébol Blanco
Área total	4111.97 ha

Según la tabla 17 el Distrito de Namora cuenta con 10 Caseríos y un Centro Poblado (Huanico) en la Región Suni o Jalca. Esta región se caracteriza porque presenta un clima templado y frío y su temperatura oscila entre 8°C y 12°C. Puede producirse algunas heladas entre junio, julio y agosto. Su altitud esta entre 3500 a 4100 msnm, presenta una agricultura la secano. Esta región se caracteriza por presentar cultivos como: papa, olluco, oca, chocho, mashua, avena forrajera, trigo forrajero, Rye Grass, trébol blanco, trébol rojo.

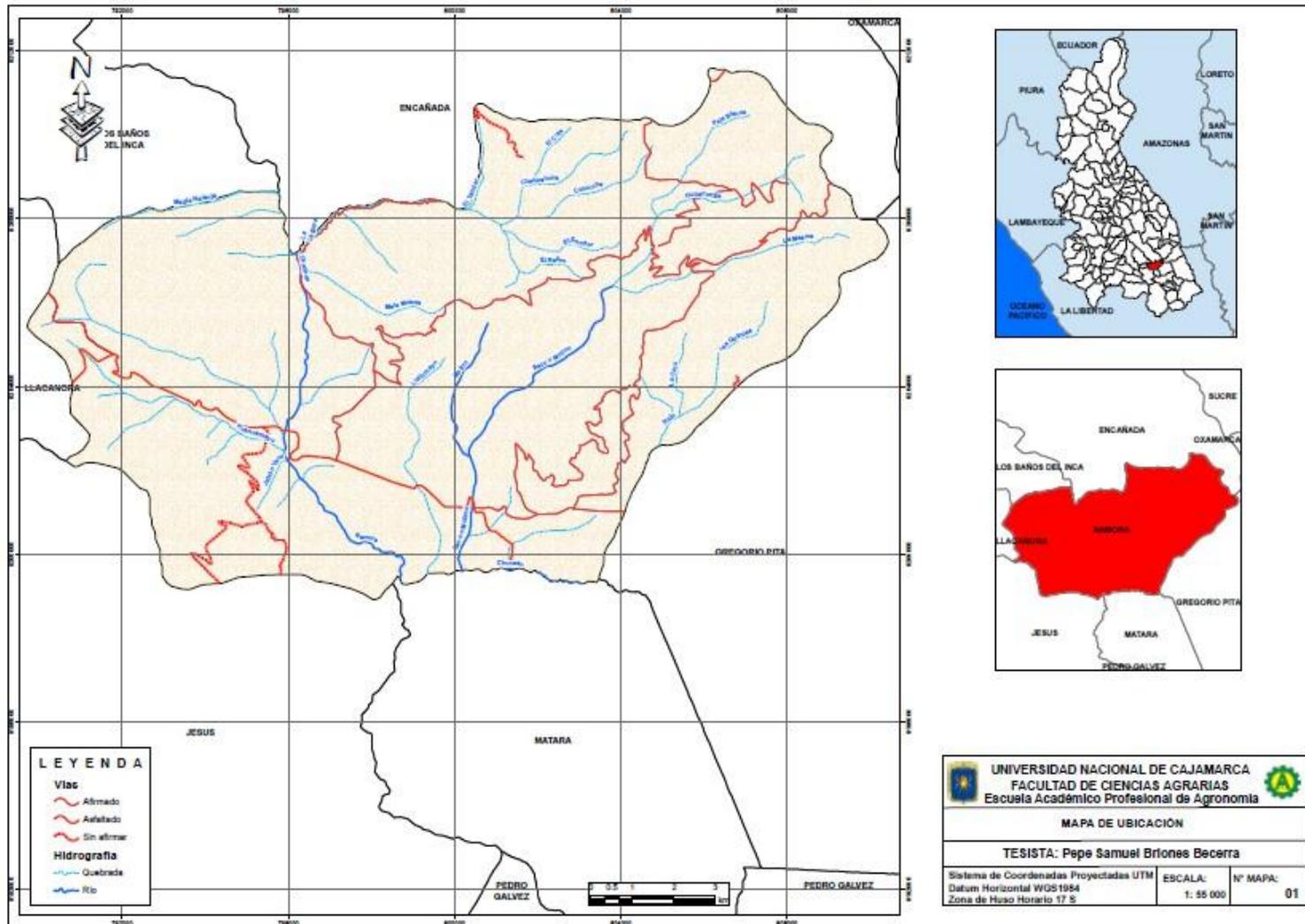


Figura 3: Mapa de Ubicación del Distrito de Namora

### **3.2 Materiales y equipos de campo**

Libreta de apuntes, formatos de campo, lápices y lapiceros, wincha, botiquín de primeros auxilios.

#### **3.2.1 Herramientas**

Machete, linternas, otras herramientas.

#### **3.2.2 Instrumentos**

Sistema de posicionamiento global-GPS Binoculares de largo alcance

Cámara fotográfica semi profesional

#### **3.2.3 Materiales y equipos de gabinete**

Papel bond A4 de 80 gr, lapiceros y lápices

#### **3.2.4 Equipos**

Laptop, impresora y escáner

#### **3.2.5 Material cartográfico**

Carta nacional del Perú 1: 100 000.

Shapefile del distrito obtenido del gobierno regional de Cajamarca. Base de datos ZEE Cajamarca

#### **3.2.6 Software**

Microsoft Windows 10

Microsoft office 2013

ArcGIS 10.3.1. Envi 5.3.

RGui 2.15

### **3.3 Metodología**

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodo 2000 – 2016 se realizó en el ámbito del distrito de Namora, provincia y departamento de Cajamarca abarca un área de 15752.29 ha. La información generada sobre cobertura de la tierra, se fundamenta en el empleo del sistema de clasificación de CORINE LAND COVER en un nivel III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014). La metodología se basó en la obtención de

imágenes satelitales de landsat5 y landsat8, luego se trabajó en cinco etapas de clasificación como se describe en el esquema (1). El sistema geodésico de referencia utilizado fue WGS84 y el sistema de coordenadas UTM fue la zona 17 sur. La interpretación sobre imagen de referencia fue del satélite Landsat TM y la unidad mínima de mapeo cartografiable es de 5 ha. Los softwares utilizados para la investigación: ENVI Zoom 5.3 para la segmentación, ArcGIS 10.3 para procesamiento digital de información vectorial, RGui 2.15 para el análisis estadístico, aplicación del algoritmo de clasificación.

Para la generación de los mapas temáticos de cobertura y uso de la tierra, se utilizó la metodología del MINAM.

### 3.3.1 Fase inicial de gabinete

#### a. Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 2000 – 2016

Consistió en la recopilación y análisis del mayor número de información relacionada con el uso de las tierras en el distrito de Namora.

- **Instituciones visitadas.** Gobierno regional de Cajamarca – Sub gerencia de acondicionamiento territorial (ZEE – OT) Autoridad Nacional del Agua (ANA).

El Ministerio del Ambiente – MINAM, del cual se obtuvo la información temática y cartográfica.

- **Descarga del modelo de elevación digital DEM.** Se realizó a través del geo servidor del Ministerio del Ambiente de la zona 17 S.
- **Selección y descarga de imágenes Landsat.** Imágenes Landsat del distrito de Namora, estas fueron adquiridas del servidor de [www.glovis.usgs.gov](http://www.glovis.usgs.gov) vía internet lo cual constituyo la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra, cuyas especificaciones son las siguientes:

Tabla 9: Datos de las imágenes descargadas

ID	Satélite
<b>LT050092016121001TN00</b>	Landsat5
<b>LC80090652016206LGN00</b>	Landsat9

- **Corrección atmosférica de las imágenes descargadas.** La corrección atmosférica se realizó con el software Erdas 2014, en donde se corrigió el ángulo de toma de imagen.

En la fase inicial se trabajó en las etapas I, II y III del Esquema 1, como se detalla a continuación.

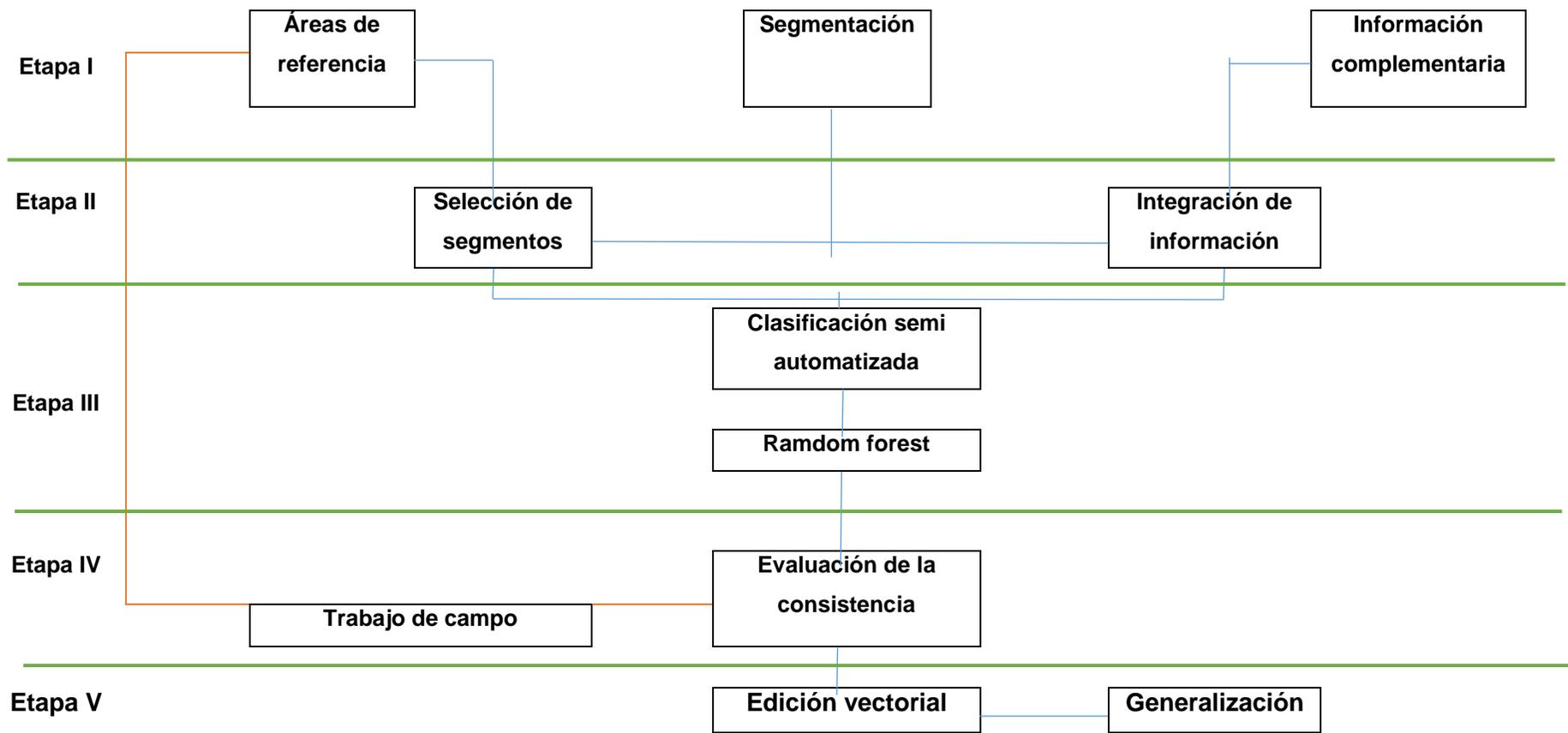


Figura 4: Proceso de clasificación para la representación cartográfica

## **b. Etapa I**

### **Áreas de referencia**

En el software ArcGIS de forma geométrica (polígono) para poder delimitar el área de trabajo y posteriormente cortar las imágenes de Landsat5 y Landsat8 obteniendo como resultado un archivo con formato raster.

### **Segmentación**

Para realizar el proceso de segmentación se utilizó el software Envi Zoom 5.3, con la finalidad de dividir en segmentos por medio de una agrupación de píxeles vecinos cuyas características (Brillo, textura, color) tienen valores similares, se consideró los siguientes parámetros:

#### **➤ Escale:**

Es un parámetro que sirve para segmentar las imágenes y dentro de ello hay otros parámetros este requiere solo un parámetro (scale level), este parámetro puede variar entre 0 y 100, valores altos generan pocos segmentos.

#### **➤ Merge:**

Es un parámetro opcional, tiene un rango de 0 a 100 se utiliza para integrar segmentos muy pequeños a segmentos más grandes que se generaron con el scale, elementos como árboles y nubes pueden generar segmentos no deseados.

Tabla 10: Valores obtenidos de la segmentación

<b>Segmentación</b>	<b>Landsat5</b>	<b>Landsat8</b>
<b>Escale</b>	30	35
<b>Merge</b>	40	45

### **Información complementaria**

Se utilizó el ModelBuilder “Coberturas\_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (MINAM), que nos permite la generalización de la selección de segmentos que posteriormente son utilizados como análisis en el proceso de clasificación, proceso mediante el cual se selecciona los segmentos que se intersecan con las áreas de entrenamiento haciendo una

interrelación entre ambos asignando así las clases ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas.

### **c. Etapa II**

#### **Selección de segmentos (áreas de entrenamiento)**

Se creó un shapefile con el nombre de aeita\_1 (área de entrenamiento) en el software ArcGIS, con la finalidad de poder digitalizar dentro de la segmentación de acuerdo a la concordancia de píxeles de la imagen satelital que concluye el conjunto de información de entrada que alimentara el proceso de clasificación automática. Por cada categoría según la metodología de CORINE LAND COVER se debe digitalizar de 10 a más áreas de entrenamiento.

#### **Integración de información**

La información complementaria se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “recogiendoInfoRaster” obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en unir la información obtenida del Modelo de Elevación Digital (DEM) y las imágenes satelitales como son:

##### ➤ **Brightness**

Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat5 y 8.

##### ➤ **Greenness**

Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de verdor generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat 5 y 8.

##### ➤ **Slope**

Archivo en formato ráster que contiene datos sobre pendiente, generados a partir del Modelo de Elevación digital (DEM).

##### ➤ **Curvatura**

Describe las características físicas de una cuenca de drenaje para intentar entender los procesos de erosión y escorrentía. La pendiente afecta la tasa general de movimiento descendente. La orientación define la dirección del flujo. La curvatura del perfil afecta la aceleración y

desaceleración del flujo y, por lo tanto, influye en la erosión y la sedimentación. La curvatura de la plataforma influye en la convergencia y divergencia del flujo.

En donde se nos genera una tabla llamada “Todo seg” en formato dbf y Rdata.

#### **d. Etapa III**

##### **Clasificación semi automatizada**

La clasificación semi automatizada se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “filtrar. tabla.todo.rf.2” obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en procesar los archivos “Todo seg, aeita\_1, y el archivo obtenido de la información complementaria”, en donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en un formato ráster.

##### **Random forest**

Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite evaluar la veracidad del mapa obtenido en la fase inicial de gabinete.

#### **e. Etapa IV**

##### **Fase de campo**

En esta fase se trabajó la etapa IV de la figura 4.

##### **Evaluación de la consistencia**

Los mapas obtenidos en la fase inicial fueron contrastados y validados In Situ y con una distribución al azar de puntos GPS, con los actores directos; es decir, sobre el mapa y la imagen satelital se realizaron las correcciones que eran necesarias, paralelamente se hizo anotaciones sobre el tipo de vegetación más importante, altitud, erosión, y datos referentes al cambio actual de la tierra como cultivos, herbazales, arbustales, etc.

#### **f. Etapa V**

##### **Fase Final de gabinete**

En esta fase se trabajó la etapa IV de la figura 4.

### **Edición vectorial**

Procesamiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGIS 10.3, el mapa de cobertura obtenida en forma ráster donde fue transformada a formato vectorial, para poder editar los polígonos obtenidos, calcular las áreas y todos los ajustes especiales corregidos a nivel de campo. Se editaron los polígonos de clasificaciones semi automatizados con las correcciones obtenidas en el campo.

### **Generalización**

La generalización se ha desarrollado luego de haber validado en campo los mapas obtenidos utilizando como simbología una tonalidad de color para cada una de las clasificaciones.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Categorías identificadas de cobertura y uso de la tierra bajo la clasificación Corine Land Cover

Del análisis de las 2 imágenes utilizadas para la presente investigación, se obtuvieron 9 categorías, las cuales han sido clasificadas en el Nivel I, Nivel II, Nivel III conforme lo establece Corine Land Cover adaptada para Perú. Cada una de estas categorías sirvió para el análisis cuantitativo y cualitativo (análisis multi temporal) en el distrito de Namora. A continuación, se muestra las categorías obtenidas de la clasificación:

Tabla 11: Categorías del uso actual de la tierra identificadas en el distrito de Namora, período 2000 -2016

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología
1. Áreas artificiales	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu
2. Áreas agrícolas	2.2. Cultivos transitorios		Ct
	2.3. Pastos		Pa
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Mpc
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He
		3.3.2. Arbustal	Ar
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr
		3.4.3. Tierras desnudas	Td
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Laguna	La

#### 4.1.1 Áreas artificiales

##### a. 1.1. Áreas urbanizadas

##### 1.1.1 Tejido urbano continuo (Tu)

En el distrito de Namora las áreas urbanizadas incluyen los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes y redes de comunicación asociadas con ellas, que configuran un tejido urbano. El material predominante de construcción es el tapial.



Figura 5: Vista panorámica del distrito de Namora

#### 4.1.2 “2. Áreas agrícolas”

##### a. “2.1. Cultivos transitorios (Ct)”

Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es generalmente corto (hasta 2 años), llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo), los tubérculos (papa), las oleaginosas, la mayor parte de las hortalizas, algunas especies de flores a cielo abierto. En el distrito de Namora se pueden encontrar los siguientes cultivos maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), papa (*Solanum tuberosum*), chocho (*Lupinus mutabilis*), avena (*Avena sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*).



Figura 6: Cultivos transitorios en el Caserío Sarín, Namora



Figura 7: Cultivos transitorios en el Caserío El Aliso, Namora

### **b. “2.3. Pastos (Pa)”**

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su

plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace. En el distrito de Namora podemos encontrar pastos naturales como grama (*Cynodon dactylon*) y pastos cultivados como rye gras (*Lolium multiflorum*), Trébol rojo (*Trifolium pratense*), trébol blanco (*Trifolium repens*), alfalfa (*Medicago sativa*).



Figura 8: Pastos cultivados en el Caserío Casa Blanca, Namora

### c. “Áreas agrícolas”

#### “Mosaico de pastos y cultivos”

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y pastos. Están, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra.



Figura 9: Pastos cultivados en áreas reducidas, Distrito de Namora: alfalfa y Rye gras, Namora.

#### 4.1.3 “3. Bosques y áreas mayormente naturales”

##### a. “3.3. Áreas con vegetación Herbácea y/o arbustivo” Herbazal (He)”

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa o abierta. En el distrito de Namora se encontró las especies de herbazal como son *Schizachyrium sanguineum*, *baccharis hutchisonii*, *ichu (Stipa Ichu)*



Figura 10: Vista panorámica de herbazal en el Centro Poblado Huanico: Ichu(*Stipa Ichu*), Namora

### **Arbustal (Ar)”**

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 2 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida. En el distrito de Namora se encontró arbustales como 3 hojas (*Mauria heterophylla*), naranjito de campo (*Lycianthes lycioides*), tomatillo de perro, (*Solanum zahlbruckner*), manzanita de campo (*Hesperomelos cuneata*), zarzamora silvestre (*Rubus fruticosus*).



Figura 11: Arbustales con predominancia de zarzamora silvestre (*Rubus fruticosus*) en el Caserío Jocos, Namora.

### **b. “3.4. Áreas sin o con poca vegetación”**

#### **Afloramientos rocosos (Afr)”**

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, coberturas arenosas y afloramientos rocosos.

#### **Tierras desnudas (Td)**

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve.



Figura 12: Tierras desnudas Centro Arqueológico Los Sapitos, Namora

#### **4.1.4 “5. Superficies de agua” Aguas continentales”**

##### **Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes”**

En el distrito de Namora se encuentra la Laguna San Nicolás y Laguna Quelluacocha.



Figura 13: Laguna Quelluacocha, Namora



Figura 14: Vista panorámica de la laguna San Nicolás, Namora

## **4.2 Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurrida en los periodos 2000 – 2016.**

Del procesamiento de las imágenes satelitales, se obtuvieron los mapas de cobertura y uso actual de la tierra de cada periodo como se describe a continuación.

### **4.2.1 Cobertura y uso de la tierra año 2000**

#### **a. Matriz de confusión**

Se realizó la matriz de confusión con la finalidad de comprobar la clasificación de coberturas y verificar la respectiva correspondencia a la clase que corresponde, en dichas matrices se obtiene la exactitud del productor el cual viene a ser el porcentaje de pixeles que pertenece a una clase que ha sido correctamente clasificados y la exactitud del usuario que viene a ser el porcentaje de pixeles clasificados que pertenezcan realmente a la clase, y la exactitud global que viene a ser la sumatoria de la exactitud del usuario dividido con el total. Se realizó el cálculo del índice de Kappa para la matriz de confusión el cual indica la concordancia.

Tabla 12: Matriz de confusión año 2000

Categorías asignadas en la imagen									
Resultados de la clasificación	Categorías	Ct	Pa	He	Ar	Afr	Td	Total	F. Usuario %
	Ct	15	0	0	0	0	0	15	100.00
	Pa	0	16	0	0	0	0	16	100.00
	He	1	0	13	1	0	0	15	86.67
	Ar	0	0	1	16	0	0	17	94.12
	Afr	0	0	0	0	14	0	14	100.00
	Td	0	0	0	0	0	15	15	100.00
	Total	16	16	14	17	14	15	92	<b>Fiabilidad global</b> <b>96.80 %</b>
	F. Productor %	<b>93.75</b>	<b>100.00</b>	<b>92.86</b>	<b>94.12</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>		

➤ **En las filas se muestra la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario**

En la primera fila se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a Cultivos transitorios (Ct), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la segunda fila se digitalizaron 16 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (Pa), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00%

En la tercera fila se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazales (He), de las cuales 13 fueron correctamente digitalizadas y 2 fueron confundidas 1 con Cultivos Transitorios (Ct) y una con Arbustal (Ar). Equivalente a 86.67%.

En la cuarta fila se digitalizaron 17 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustales (Ar), de las cuales 16 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con Herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.12 %.

En la quinta fila se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento que pertenecen a Afloramientos rocosos (Afr), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la sexta fila se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tierras desnudas (Td), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

➤ **En la columna se muestra el acierto de la clasificación en el terreno por categoría:**

En la primera columna se obtuvieron 16 clasificaciones de las cuales 15 fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (Ct) y 1 fue confundida con Herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 93.75 %.

En la segunda columna se obtuvieron 16 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Pastos (Pa). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

En la tercera columna se obtuvieron 14 clasificaciones de las cuales 13 fueron clasificadas correctamente representando a Herbazal (He) y 1 fue confundida con Arbustal (Ar). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 92.86%.

En la cuarta columna se digitalizaron 17 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustales (Ar), de las cuales 16 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con Herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.12 %.

En la quinta columna se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento que pertenecen a Afloramientos rocosos (Afr), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la sexta columna se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tierras Desnudas (Td), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

### **b. Índice kappa**

Cálculo del índice kappa para el año 2000

$$k = \frac{0.97 - 0.15}{1 - 0.15} = 0.96$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.96 que según la fuerza de concordancia es Casi perfecto.

### **c. Porcentaje correctamente clasificado**

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2000 es 96.15 %

### **d. Categorías encontradas en el año 2000**

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en julio de 2000 fueron:

Tejido urbano continuo, cultivos transitorios, pastos, mosaico de pastos y cultivos, herbazal, arbustal, afloramiento rocoso, tierras desnudas.

Tabla 13: Categorías obtenidas para el año 2000

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	Área	
				ha	%
1. Áreas artificiales	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	9.75	0.06
2. Áreas agrícolas	2.2. Cultivos transitorios		Ct	4719.89	29.96
	2.3. Pastos		Pa	970.20	6.16
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	2220.13	14.09
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	4144.47	26.31
		3.3.2. Arbustal	Ar	2771.94	17.60
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	441.04	2.80
		3.4.3. Tierras desnudas	Td	392.71	2.49
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Laguna	La	82.16	0.52
<b>TOTAL</b>				<b>15752.29</b>	<b>100.00</b>

### En la tabla N° 13

Observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de Namora. En donde se menciona los tipos de cobertura hasta un nivel III, se observa que la mayor área esta ocupada por cultivos transitorios el cual hace un 4719.89 ha que equivale a un 29.96 % del área total del distrito.

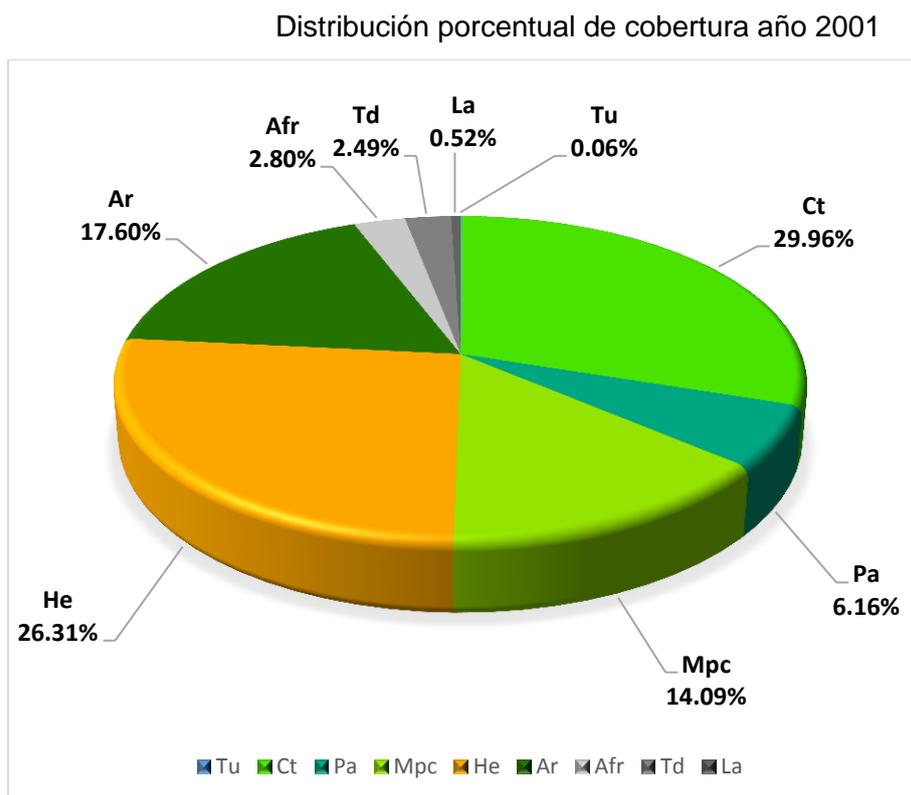


Figura 15: Distribución porcentual de cobertura año 2001

### Según la figura N° 15

- El 0.06 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Tejido urbano continuo (Tu).
- El 29.96 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Cultivos transitorios (Ct).
- El 6.16 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Pastos (Pa).

- El 14.09 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Mosaico de pastos y cultivo (Mpc).
- El 26.31 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Herbazal (He).
- El 17.60 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Arbustal (Ar).
- El 2.80 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Afloramientos rocosos (Afr).
- El 2.49 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Tierras desnudas (Td).
- El 0.52 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Laguna (La).

#### **4.2.2 Cobertura y uso de la tierra del Distrito de Namora año 2016**

##### **a. Matriz de confusión**

Se realizó la matriz de confusión para el año 2016 con la finalidad de comprobar la clasificación de coberturas y verificar la respectiva correspondencia a la clase que pertenece, en dichas matrices se obtiene la exactitud del productor el cual viene a ser el porcentaje de pixeles, el que pertenece a una clase que ha sido correctamente clasificado, la exactitud del usuario que viene a ser el porcentaje de pixeles clasificados que pertenezcan realmente a la clase, exactitud global viene a ser la exactitud del usuario dividido con el total. Se realizó el cálculo de Índice de Kappa para la matriz de confusión, el cual indica la concordancia.

Tabla 14: Matriz de confusión año 2016

Categorías asignadas en la imagen										
Resultados de la clasificación	Categorías	Tu	Ct	Pa	He	Ar	Afr	Td	Total	F. Usuario %
	Tu	21	0	0	0	0	0	0	21	100.00
	Ct	0	18	0	0	0	0	0	18	100.00
	Pa	0	0	25	0	0	0	0	25	100.00
	He	0	0	0	10	0	2	0	12	83.33
	Ar	0	0	0	0	36	0	0	36	100.00
	Afr	0	0	0	0	2	9	0	11	81.82
	Td	0	0	0	0	0	0	12	12	100.00
	Total	21	18	25	10	38	11	12	135	<b>Fiabilidad global</b> <b>95.02 %</b>
	F. Productor %	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>94.74</b>	<b>81.82</b>	<b>100.00</b>		

#### Interpretación:

- **En las filas se muestra la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario**

En la primera fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido urbano continuo (Tu), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la segunda fila se digitalizaron 18 áreas de entrenamiento que pertenecen a Cultivos transitorios (Ct), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la tercera fila se digitalizaron 25 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (Pa), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 12 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazales (He), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y 2 fueron confundidas con Afloramientos rocosos (Afr). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 83.33 %.

En la quinta fila se digitalizaron 36 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustal (Ar), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la sexta fila se digitalizaron 11 áreas de entrenamiento que pertenecen a Afloramientos rocosos (Afr), de las cuales 9 fueron correctamente digitalizadas y 2 fueron confundidas con Arbustal (Ar). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 81.82 %.

En la séptima fila se digitalizaron 12 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tierras desnudas (Td), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

➤ **En la columna se muestra el acierto de la clasificación en el terreno por categoría:**

En la primera columna se obtuvieron 21 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Tejido urbano continuo (Tu). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

En la Segunda columna se obtuvieron 18 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (Ct). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

En la tercera columna se obtuvieron 25 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Pastos (Pa). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 10 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

En la quinta columna se obtuvieron 38 clasificaciones de las cuales 36 fueron clasificadas correctamente representando a Arbustal (Ar) y 2 fueron confundidas con Afloramientos rocosos (Afr). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 94.74 %.

En la sexta columna se obtuvieron 11 clasificaciones de las cuales 9 fueron clasificadas correctamente representando a Afloramientos rocosos (Afr) y 2 fueron confundidas con Herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 81.82 %.

En la séptima columna se obtuvieron 12 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Tierras desnudas. Equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

#### **b. Índice kappa**

Cálculo del índice kappa para el año 2016

$$k = \frac{0.97 - 0.23}{1 - 0.23} = 0.96$$

#### **c. Porcentaje correctamente clasificado**

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2016 es 96.14 %

#### **d. Categorías encontradas en el año 2016**

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en febrero de 2016 fueron: tejido urbano continuo, cultivos transitorios, pastos, mosaico de pastos y cultivos, herbazal, arbustal, afloramiento rocoso, tierras desnudas, laguna. Se observa que la mayor área del distrito está cubierto por mosaico de pastos y cultivos con un área de 6659.55 que representa el 42.28 %del área total.

Tabla 15: Categorías obtenidas para el año 2016

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	Área	
				ha	%
1. Áreas artificiales	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	<b>Tu</b>	18.86	0.12
2. Áreas agrícolas	2.2. Cultivos transitorios		<b>Ct</b>	852.91	5.41
	2.3. Pastos		<b>Pa</b>	1596.37	10.13
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	<b>Mpc</b>	6659.55	42.28
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	<b>He</b>	2684.67	17.04
		3.3.2. Arbustal	<b>Ar</b>	2703.92	17.17
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	<b>Afr</b>	1050.93	6.67
		34.3. Tierras desnudas	<b>Td</b>	126.26	0.80
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Laguna	<b>La</b>	58.82	0.37
<b>TOTAL</b>				<b>15752.29</b>	<b>100.00</b>

**En la tabla 15**

Observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de Namora

Distribución porcentual de cobertura año 2016

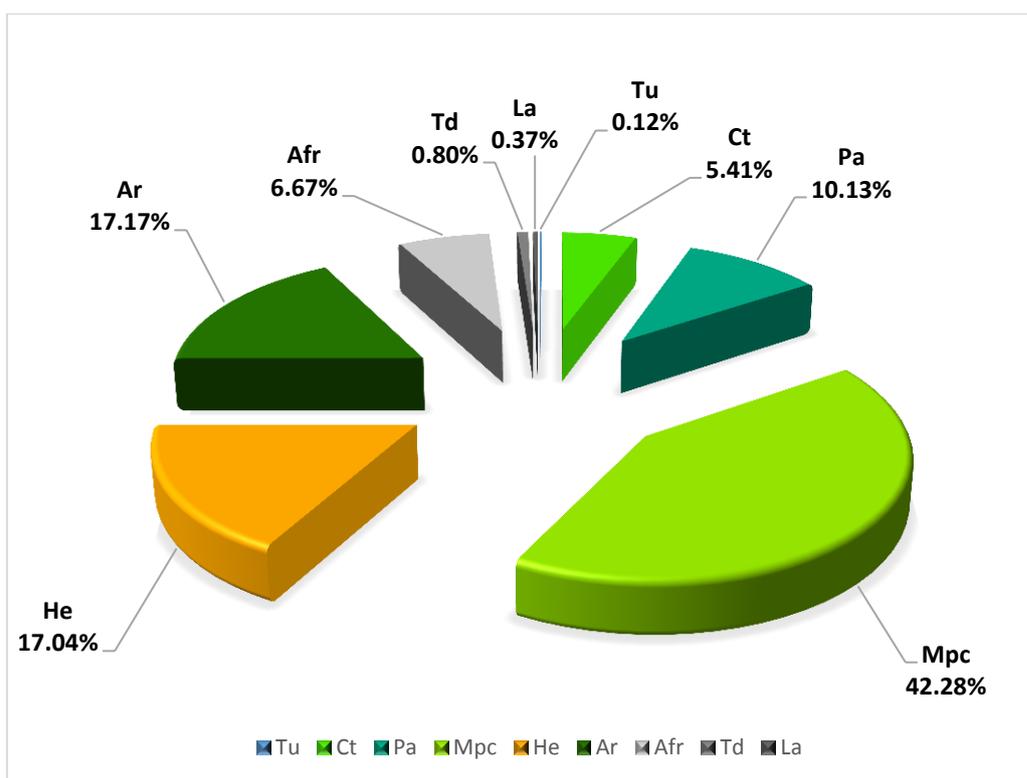


Figura 16: Distribución porcentual de cobertura año 2016

**Según la figura N° 16**

- El 0.12 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Tejido urbano continuo (Tu).
- El 5.41 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Cultivos transitorios (Ct).
- El 10.13 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Pastos (Pa).
- El 42.28 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Mosaico de cultivos y pastos (Mpc).
- El 17.04 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Herbazal (He).
- El 17.17 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Arbustal (Ar).

- El 6.67 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Afloramientos rocosos (Afr).
- El 0.80 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Tierras desnudas (Td).
- El 0.37 % de la superficie del distrito de Namora está cubierta por Laguna (La)

### **4.3 Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra**

Para determinar el cambio y no cambio de cobertura, se evaluó la variación de los polígonos de forma global entre el período de evaluación 2000 - 2016, sin importar los motivos o a que categorías de cobertura vegetal cambiaron dichos polígonos. A continuación, se muestra los resultados del análisis:

#### **4.3.1 Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000 – 2016.**

En el período 2000 – 2016, se puede observar ganancia de área (+) como también pérdida (-) en las categorías obtenidas, el cambio en mayor proporción se dio en las categorías, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) +4439.42 ha, Pastos (Pa) +626.17 ha, Afloramientos rocosos (Afr) +609.89 ha, Tejido urbano continuo (Tu) +9.11 ha, mostrando un cambio positivo; por otro lado las categorías Cultivos transitorios (Ct) -3866.98 ha, Herbazal (He) -1459.80 ha, Arbustal (Ar) -68.02 ha, Tierras desnudas (Td) -266.45 ha y Laguna (La) -23.34 ha, mostraron un cambio negativo. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en la tabla y el mapa siguiente:

Tabla 16: Pérdida o ganancia de cobertura y uso de la tierra del Distrito de Namora, período 2000 - 2016

Nivel I	Nivel II	Nivel II	Simbología	2000		2016		2000 - 2016	
				ha	%	Ha	%	ha	%
1. Áreas artificiales	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	9.75	0.06	18.86	0.12	9.11	0.06
2. Áreas agrícolas	2.2. Cultivos transitorios		Ct	4719.89	29.96	852.91	5.41	-3866.98	-24.55
	2.3. Pastos		Pa	970.20	6.16	1596.37	10.13	626.17	3.98
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	2220.13	14.09	6659.55	42.28	4439.42	28.18
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	4144.47	26.31	2684.67	17.04	-1459.80	-9.27
		3.3.2. Arbustal	Ar	2771.94	17.60	2703.92	17.17	-68.02	-0.43
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	441.04	2.80	1050.93	6.67	609.89	3.87
		34.3. Tierras desnudas	Td	392.71	2.49	126.26	0.80	-266.45	-1.69
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Laguna	La	82.16	0.52	58.82	0.37	-23.34	-0.15
<b>TOTAL</b>				<b>15752.29</b>	<b>100.00</b>	<b>15752.29</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

### En la tabla N° 16:

- Se puede observar que la cobertura que sufrió mas cambio en el Período 2000 – 2016 fue Cultivos Transitorios (Ct) con una pérdida de 3866.98 ha que equivale a un 24.55%, esto se debe principalmente a que con el transcurso del tiempo ha ido prevaleciendo el minifundio en la zona donde actualmente la agricultura que existe es una agricultura de subsistencia , también la agricultura en gran medida ha sido reemplazada por la actividad ganadera, , en donde el campesino del lugar de origen ha ido reemplazando los suelos agrícolas por pasturas, otras de las causas de pérdidas de suelos agrícolas han sido la practica intensiva del monocultivo y el uso desmesurado de los diversos agroquímicos que a su vez han genera la pérdida de la fertilidad natural del suelo destruyendo el ciclo biológico de los microorganismos. Estos cambios básicamente han sido condicionados por el factor económico, el mismo que ejerce una influencia directa en precios de los insumos y productos obtenidos del uso de la tierra.
- Otra de la cobertura que sufrió cambio fue Tejido Urbano (Tu) con un aumento de 9.11 ha que en porcentaje es 0.06%. este aumento se debe principalmente al factor demográfico, el mismo que está en relación con el aumento de inmigración de la población rural hacia la ciudad del Distrito de Namora en donde la población se encuentra con los servicios básicos que en parte mejoran su calidad de vida.

Según resultados del Censo de Población y Vivienda (INEI – CPV2007) la población del distrito de Namora cuenta con 9466 habitantes distribuidos en 34 caseríos y Centros Poblados, de los cuales 7791 está en la zona rural que representa el 84.5% y 1475 es urbana, es decir el 15%; situación que determina un alto índice de ruralidad, se debe resaltar también que, la población joven menor de 40 años con lo que cuenta el distrito que es de 6750 habitantes que representan el 71.3%. En la zona urbana una población total de 1475 personas, 696 son varones (47%) y 779 mujeres (53%). En la zona rural la población total es de 7991 habitantes de los cuales 3850 son varones y 4141 son mujeres.

- Mosaico de pastos y cultivos (Mpc). La cobertura de pastos y cultivos en el distrito de Namora ha variado durante el periodo analizado, puesto que en el año 2000 había 2220.13 has (14.09% del área total) tanto nativos como mejorados y para el año 2016 a variado a 6659.55 has (42.28% del área total). El aumento de pastos y cultivos en el área de estudio ha sido continuo con un promedio de 3.1% has por año.
  
- Cobertura de herbazal (He). De acuerdo al estudio realizado del Análisis de Cambio de Cobertura y Uso de la tierra del año 2000-2016 y con información suministrada del distrito de Namora se determinó que el herbazal más representativo es la *schizachyrium sanguineum*, *stipa ichu*. Para este estudio se agruparon en una sola clase, puesto que es muy difícil reconocer los diferentes tipos de herbazales por la resolución de las imágenes.

## Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000 – 2016

### En la figura N° 15

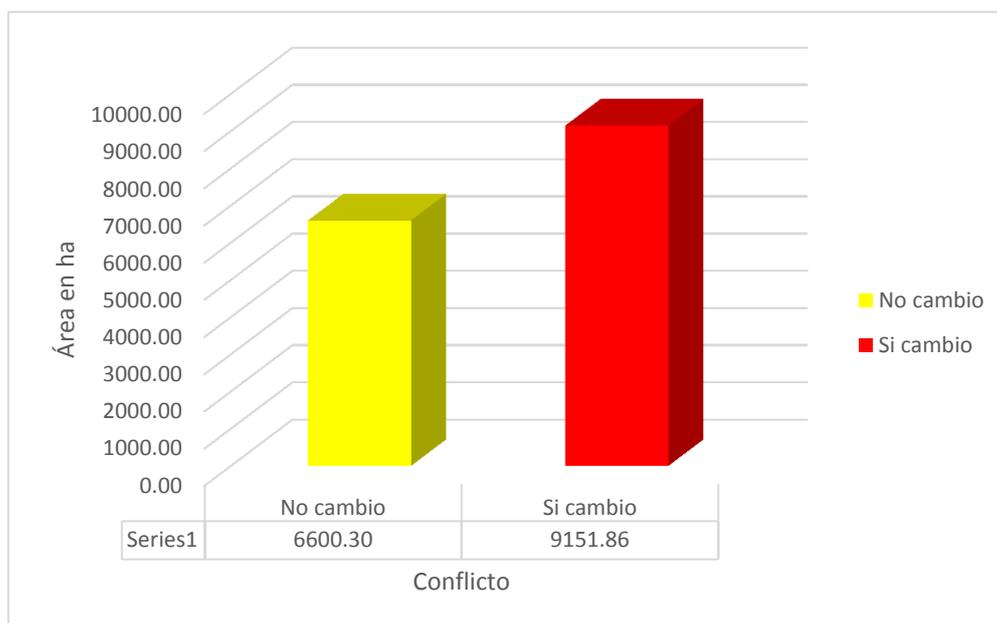


Figura 17: Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000 – 2016

Se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Namora en hectáreas, de un total de 15752.29 ha sufrieron cambios 9151.86 ha equivalente al 58.10% y no cambio 6600.30 ha equivalente al 41.9%.

#### 4.4 Análisis de transición de cobertura y uso de la tierra

##### 4.4.1 Análisis de cambios por cobertura

El análisis de cambio por cobertura consta en la evaluación del cambio por cobertura es decir de una cobertura inicial a una actual entre cada periodo de evaluación. En este proceso, solo se evalúa las áreas en las que hubo cambio, dejándose de lado los de no cambio. A continuación, se muestran los resultados de este análisis.

##### a. Cambios de cobertura del período 2000 – 2016.

En cuanto a los cambios de cobertura del período 2000 – 2016 en el distrito de Namora, se determinó que los principales cambios de cobertura son:

- La categoría Arbustal (Ar) fue reemplazada por Afloramientos rocosos (Afr) con un área de 133.45 ha, Cultivos transitorios (Ct) con un área de 65.41 ha, Herbazal (He) con un área de 385.58 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 162.90 ha y Pastos (Pa) con un área de 248.31 ha.

- La categoría Cultivos transitorios (Ct) fue reemplazada por Afloramientos rocosos (Afr) con una área de 16.63 ha, Arbustal (Ar) con una área de 92.69, Herbazal (He) con una área de 367.17 ha, Laguna (La) con una área de 0.49 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con una área de 3600.28 ha, Pastos (Pa) con una área de 334.80 ha, Terrenos desnudos (Td) con una área de 34.87 ha y Tejido urbano continuo (Tu) con una área de 6.16 ha.
- La categoría Herbazal (He) fue reemplazada por Afloramientos rocosos (Afr) con un área de 461.73 ha, Arbustal (Ar) con un área de 600.64 ha, Cultivos transitorios (Ct) con un área de 307.38 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 783.71 ha, Pastos (Pa) con un área de 313.19 ha y Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 0.86 ha.
- La categoría laguna (La) fue reemplazada por Arbustal (Ar) con un área de 7.35 ha, Herbazal (He) con un área de 0.17 ha y Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 0.57 ha.
- La categoría de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) fue reemplazada por Afloramientos rocosos (Afr) con un área de 160.12 ha, Arbustal (Ar) con un área de 136.63 ha, Cultivos transitorios (Ct) con un área de 131.94 ha, Herbazal (He) con un área de 121.36 ha y Pastos (Pa) 41.00 ha.
- La categoría Pastos (Pa) fue reemplazada por Afloramientos rocosos (Afr) con un área de 160.12 ha, Arbustal (Ar) con un área de 136.63 ha, Cultivos transitorios (Ct) con un área de 131.94 ha, Herbazal (He) con un área de 11.70 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 226.29 ha y Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 2.25 ha.
- La categoría Terrenos desnudos (Td) fue reemplazada por Afloramientos rocosos (Afr) con un área de 15.91 ha, Arbustal (Ar) con un área de 16.19 ha, Cultivos transitorios (Ct) con un área de 19.81 ha, Herbazal (He) con un área de 19.90 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 205.67 ha y Pastos (Pa) con un área de 23.85 ha. A continuación, se presenta los resultados

Tabla 177: Resultados del análisis de transición de cobertura y uso de la tierra

Código	Simbología	2000	2016	Área	
				ha	%
1	Ar-Afr	Arbustal	Afloramientos rocosos	133.45	0.85
2	Ar-Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	65.41	0.42
3	Ar-He	Arbustal	Herbazal	385.58	2.45
4	Ar-Mpc	Arbustal	Mosaico de pastos y cultivos	162.90	1.03
5	Ar-Pa	Arbustal	Pastos	248.31	1.58
6	Ct-Afr	Cultivos transitorios	Afloramientos rocosos	16.63	0.11
7	Ct-Ar	Cultivos transitorios	Arbustal	92.69	0.59
8	Ct-He	Cultivos transitorios	Herbazal	367.17	2.33
9	Ct-La	Cultivos transitorios	Laguna	0.49	0.00
10	Ct-Mpc	Cultivos transitorios	Mosaico de pastos y cultivos	3600.28	22.86
11	Ct-Pa	Cultivos transitorios	Pastos	334.80	2.13
12	Ct-Td	Cultivos transitorios	Terrenos desnudos	34.87	0.22
13	Ct-Tu	Cultivos transitorios	Tejido urbano continuo	6.16	0.04
14	He-Afr	Herbazal	Afloramientos rocosos	461.73	2.93
15	He-Ar	Herbazal	Arbustal	600.64	3.81
16	He-Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	307.38	1.95
17	He-Mpc	Herbazal	Mosaico de pastos y cultivos	783.71	4.98
18	He-Pa	Herbazal	Pastos	313.19	1.99
19	He-Tu	Herbazal	Tejido urbano continuo	0.86	0.01
20	La-Ar	Laguna	Arbustal	7.35	0.05
21	La-He	Laguna	Herbazal	0.17	0.00
22	La-Mpc	Laguna	Mosaico de pastos y cultivos	0.57	0.00
23	Mpc-Afr	Mosaico de pastos y cultivos	Afloramientos rocosos	160.12	1.02
24	Mpc-Ar	Mosaico de pastos y cultivos	Arbustal	136.63	0.87
25	Mpc-Ct	Mosaico de pastos y cultivos	Cultivos transitorios	131.94	0.84
26	Mpc-He	Mosaico de pastos y cultivos	Herbazal	121.36	0.77
27	Mpc-Pa	Mosaico de pastos y cultivos	Pastos	41.00	0.26
28	Pa-Afr	Pastos	Afloramientos rocosos	0.29	0.00
29	Pa-Ar	Pastos	Arbustal	24.48	0.16
30	Pa-Ct	Pastos	Cultivos transitorios	70.00	0.44
31	Pa-He	Pastos	Herbazal	11.70	0.07
32	Pa-Mpc	Pastos	Mosaico de pastos y cultivos	226.29	1.44
33	Pa-Tu	Pastos	Tejido urbano continuo	2.25	0.01
34	Td-Afr	Terrenos desnudos	Afloramientos rocosos	15.91	0.10
35	Td-Ar	Terrenos desnudos	Arbustal	16.19	0.10
36	Td-Ct	Terrenos desnudos	Cultivos transitorios	19.81	0.13
37	Td-He	Terrenos desnudos	Herbazal	19.90	0.13
38	Td-Mpc	Terrenos desnudos	Mosaico de pastos y cultivos	205.95	1.31
39	Td-Pa	Terrenos desnudos	Pastos	23.85	0.15
40	<b>No cambio</b>			6600.30	41.90
<b>TOTAL</b>				<b>15752.29</b>	<b>100.00</b>

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- Se analizaron cambios de cobertura y uso de la tierra del Distrito de Namora períodos 2000 – 2016 con sus respectivas interpretaciones, en las cuales se han encontrado nueve categorías según la clasificación de Corine LandCover adaptada para Perú.
- Se identificaron nueve categorías, en donde observamos que la cobertura que más cambio sufrió en el periodo 2000 – 2016 fue Cultivos transitorios (Ct) con una pérdida de -3866.98 ha equivalente al 24.55%, la cobertura con menos cambio fue Lagunas con una pérdida de área de 0.26 ha equivalente al 0.15 %.
- Se elaboraron los mapas temáticos de cobertura y uso de la tierra con el algoritmo de máxima verosimilitud del distrito de Namora para los períodos 2000 – 2016, en el que se ha clasificado en nueve categorías las cuales son: Herbazal, Arbustal, Tejido Urbano Continuo, Laguna, Tierras denudas, Cultivos transitorios, Mosaico de pastos y cultivos, Pastos
- Se puede apreciar el cambio y no cambio del distrito de Namora de 15752.29 ha sufrieron cambios 9151.86 ha que representa 58.10% y permanece sin cambio 6600.30 ha que equivale 41.90%
- Con el algoritmo de máxima verosimilitud se elaboró los mapas de cobertura y uso actual de la tierra para los periodos 2000 – 2016, alcanzando una fiabilidad de 96.80 % de veracidad para el año 2000, 95.02 % de veracidad para el año 2016 el cual fue validado in situ.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, G. 2016. Estudio Especializado Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra – Departamento de Cajamarca. 256pp.
- Angelsen, A. y Kaimowitz D. 1999. Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic inquiry. 508-519 p.
- Arnillas, C.A; Barrena, V; Llactayo, W; Ortíz, H; Regal, F; Rubín, E de Celis; Vásquez, P; Drenkhan, F; Llerena, CE; Espino, P; García, V; González-Zúñiga, S; Gushiken, E; López, D y Vásquez, R. 2012. Informe final del proyecto: análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la comunidad andina. Componente nacional Perú – Primera Etapa. Centro de datos para la conservación (CDC-UNALM). Laboratorio de teledetección (LTAUNALM). Dirección general de ordenamiento territorial - Ministerio del Ambiente (DGOT - MINAM). Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA). Lima - Perú. pp. 56.
- Ariza, A. 2013. Descripción y corrección de productos Landsat 8 LDCM. Bogotá, Colombia.
- Aspinall, R.J. 2008. Basic and applied land use science. In: Aspinall, R.J. and Hill, M.J. Land use change. Science, Policy and Management. CRC Press. Taylor y Francis Group. ISBN:978-1-4200-4296-2
- Bocco G.; Mendoza, M. E. y Masera, O. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas, Boletín N° 44. Instituto de Geografía – UNAM. México. 18-38 p.
- Camacho, J; Juan, J; Pineda, N; Cadena, E; Bravo, L; Sánchez, M. 2015. Cambios de Cobertura/Uso del Suelo en una Porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. México. Consultado el 20 ene. 2018 (en línea). Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-4712015000100008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-4712015000100008).

- Carletta, Jean. (1996) Assessing agreement on classification tasks: The kappa statistic. *Computational Linguistics*, 22(2), pp. 249–254.
- Carmona, A. y. 1999. *Sistemas de Información Geográficos*. 44 p.
- Chuvienco, E. 2008. *Teledetección Ambiental* 3ra edición. Barcelona, España: Editorial Ariel S.A. 595 p.
- Chuvienco, E. 2002. *Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio*. Barcelona. Ariel Ciencia. 584 p.
- Dalence, S.; Gutiérrez, J.; Guzmán, G y Segovia, G. 1999. Levantamiento semi detallado de suelos en el valle alto. Zona Punata –Arani. Informe de trabajo de campo. CLAS. Cochabamba, Bolivia. 56 p.
- Eastman, R. (1999). *Guide to GIS an imagen processing*. Clark Labs.
- Escobedo, R; Maco, J; Martínez, P; Martínez, M; Palacios, J; Zárate, R. 2015. Cobertura y uso de la tierra de las provincias de alto Amazona y Ramón Castilla. Documento técnico N° 30. Iquitos, Perú. 56p.
- Falcón, O. 2014. Dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, en una región del estado de Quintana Roo, México. México. 111 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación). 2006. *Políticas Pecuarias* (en línea). Consultado el 28 dic. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0262s.pdf>.
- FAO. 2000. *Cambios en la cobertura forestal. Programa de Evaluación de Recursos Forestales (FRA)*. Documento de Trabajo 36. Roma. 55 p.
- Skole, P. y Turner P., 1994. Evaluación de los cambios de la cobertura vegetal y uso del suelo. Consultado 24 ene. 2018. Disponible en: <http://www.Análisis de cobertura y uso de terreno en el contexto de su dinámica espacio-temporal.htm>.

- Gutiérrez, J. (1994). Sig: Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Síntesis
- Ibáñez, N; Damman, G. 2014. Cambios de la cobertura de los suelos para la elaboración de escenarios territoriales en la región Apurímac (en línea). Apurímac, Perú. Consultado 05 ene. 2018. Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/viewFile/108/107>.
- IDEAM. 2010. Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Ignazi, J. C. 1993. Improving nitrogen management in irrigated, intensely cultivated areas: the approach in France. En: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Actas de la Consulta de Expertos de la FAO, Santiago, Chile, 20-23 de octubre de 1992. Water Report 1. FAO, Roma, págs. 247-261.
- IIRSA-SUR. 2006. Análisis de la deforestación - EISA Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú - Brasil: Tramo 2. 9 p. Kanninen, M., Murdiyarsa D., Seymour F., Angelsen A., Wunder S. y German. 2007. ¿Do tres gro won money? The implications of deforestation research for policies to promote REDD, CIFOR, Jakarta. Lambin, EF; Turner, BL; Geist, HJ; Agbola, SB; Angelsen, A; Bruce, JW; Coomes, OT; Dirzo, R; Fischer, G; Folke, C; George, PS; Homewood, K; Imbernon, J; Leemans, R; Li, X; Moran, EF; Mortimore, M; Ramakrishnan, PS; Richards, JF; Skanes, H; Steffen, W; Stone, GD; Svedin, U; Veldkamp, TA; Vogel, C y Xu, J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. Global Environmental Change 11: 261-269.
- López. 2001. Medidas de Concordancia: el Índice de Kappa. España. 169 - 171p.
- López Erna y Bocco Gerardo. 2002. Cambio de cobertura vegetal y uso del suelo. España. 45 y 53p.
- Maune, D. 2001. Digital Elevation Model Technologies and Applications: the DEM Users Manual, The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, USA.

- MINAM (Ministerio dei Ambiente).2014. Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina (en línea). Lima, Perú. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-ambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>.
- Murdiyarsa, D y Wasrin, UR. 1995. Estimating land-use change and carbon reléase from tropical forest conversion using remote-sensing techniques. *Journal of Biogeography*, 22: 715- 721.
- Ñique A., M.; Gutiérrez G., R.; Vivar L., L.; Durand T., E. y Verastegui P., M. 2006. Experiencias de educación ambiental no formal en áreas adyacentes al Parque Nacional Tingo María. UNAS – BIOFOR /IRG – Municipalidad Mariano Dámaso Beraum. Perú.
- Olaya, V. 2013. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Pag 1-2.
- Otero, I. (1999). Paisaje, Teledetección y Sig. Madrid: Fundación Conde del Valle Salazar.
- Orozco, L y Brumér, C. 2002. Inventario forestal para bosques Latifolia dos en América Central. Costa Rica. Cosude. 263 p.
- Peña, J., 2007., Tesis doctoral. Efectos ecológicos de los cambios de coberturas y usos del suelo en la Marina Baixa (Alicante), México. 558p.
- Pérez, Carrera, A.; Moscuza, C. y Fernández, A. 2008. Efectos Socio económicos y ambientales de la expansión agropecuaria. Estudio de caso: Santiago del Estero, Argentina. *Rev. Ecosistemas* 17 (1): 5-15.
- Petraglia, C; Acosta, S; Acosta, L. 2015. Sistema de clasificación de cobertura de la ttietta – FAO. Uruguay.; 23 jul. Consultado en 06 ene. 2018. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2567871>. Pnuma y Semarnat (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente /Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2006. El cambio climático en América Latina y El Caribe. México. 140 p.

- Pérez, A y García, H. 2009. Análisis comparativo de las principales cartografías de cobertura del suelo en la península Ibérica. Teledetección: agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud, 209 -212 pp.
- Quito, A. 2014. Tala de Árboles (en línea). Consultado 15 ene. 2018. Disponible en <http://taladearboles07.blogspot.pe/p/ventajas-y-desventajas-de-la-actividad.html>
- Jiménez, P. 2010. Tala de Bosques (en línea). Consultado el 11 ene. 2018. Disponible en: <http://meamxpj.blogspot.pe/2010/06/tala-de-bosques.html>.
- Rodríguez M, V; Baez G, A; Ramos G, L & Gonzales G, M. 2007. Marco de áreas paracaracterizar áreas agrícolas con imágenes de satélite. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 12 y 13 p.
- Saunders, D; Hobbs, R y Margules, C. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review, *Conservation Biology* (5) 1: 18-27 p.
- Turner II, B. L. 2001. "Land–use and land-cover change: advances in 1.5 decades of sustained international research", *GAIA*, vol 10, no. 4, 269-272p.
- Zorogastúa, P; Quiroz, R; Garatuza, J. 2011. Evaluación de Cambios en la Cobertura y Uso de la Tierra con imágenes de Satélite en Piura – Perú (en línea). Consultado el 08 ene. 2018. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v10n/a02v10n1>

## **ANEXOS**

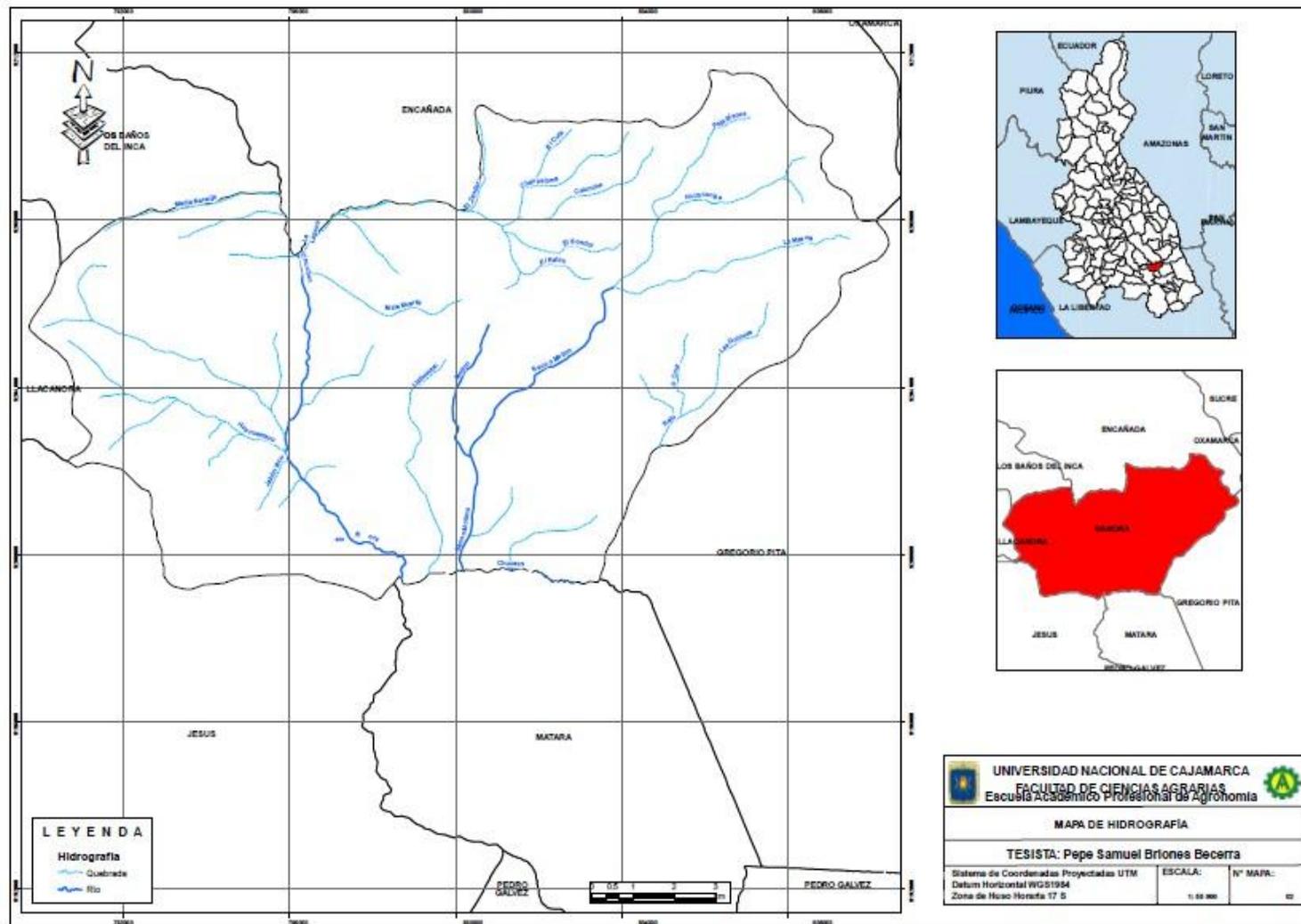


Figura 18: Mapa de Hidrografía del Distrito de Namora

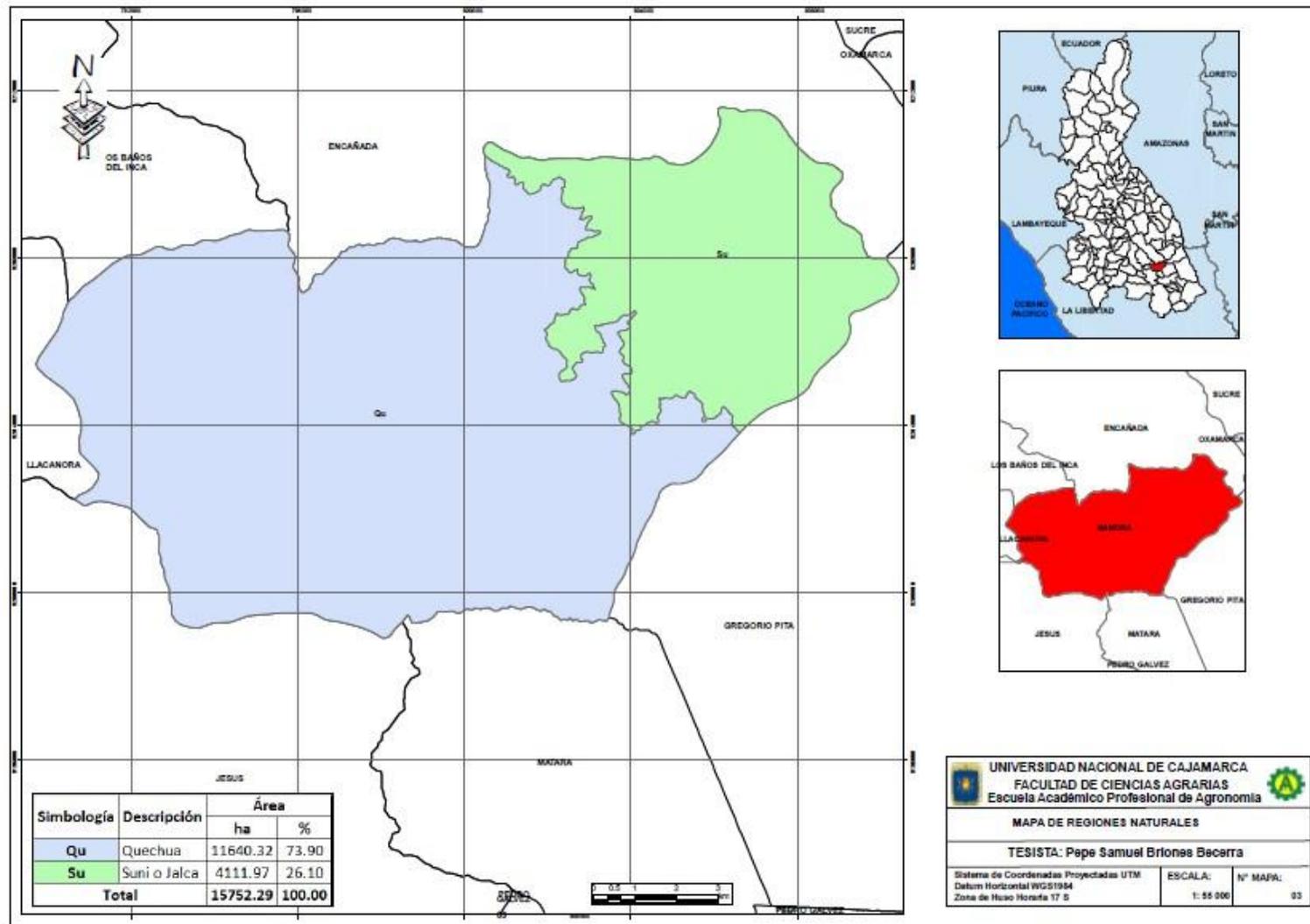


Figura 19: Mapa de regiones naturales del Distrito de Namora

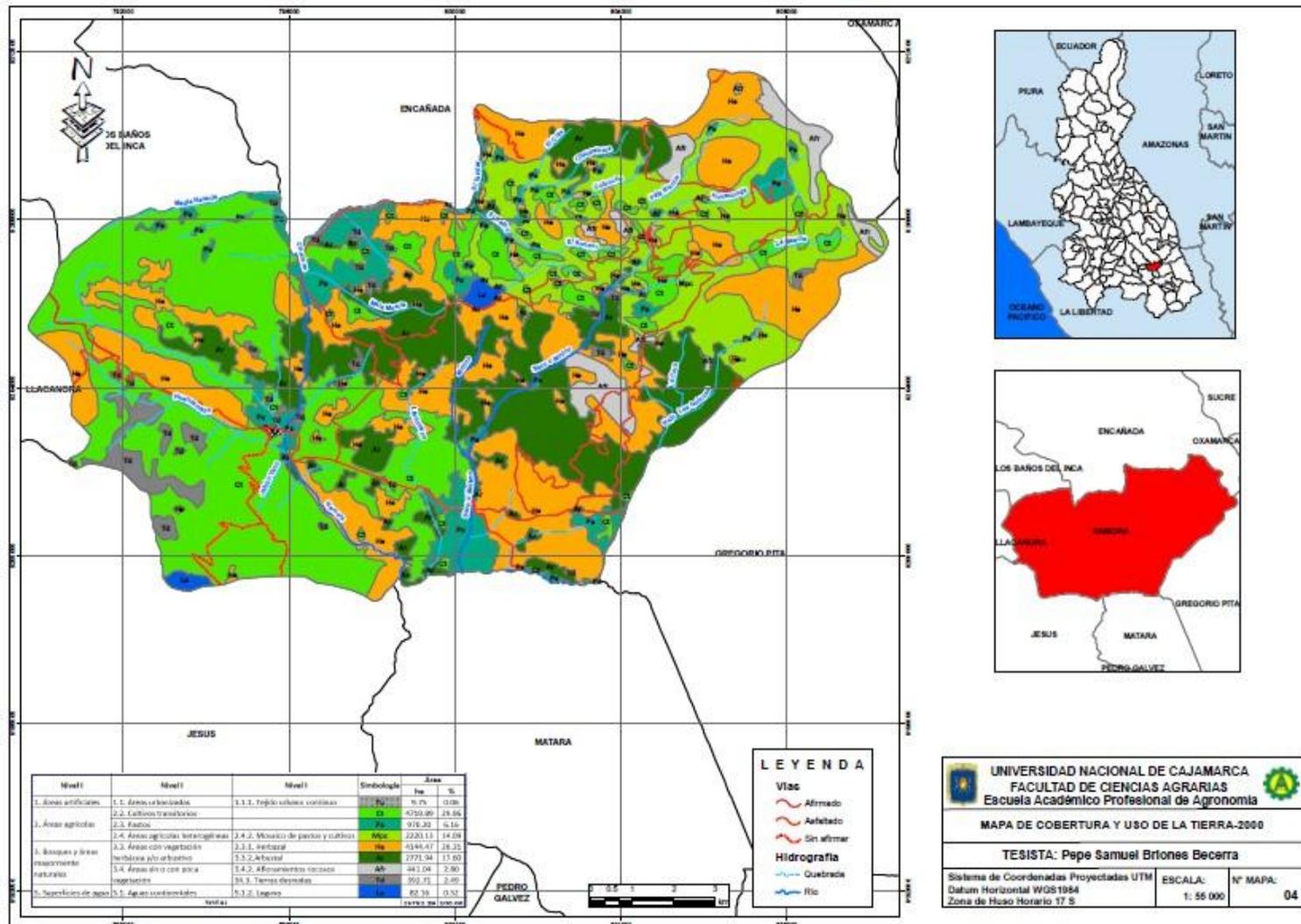


Figura 20: Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de Namora año 2000

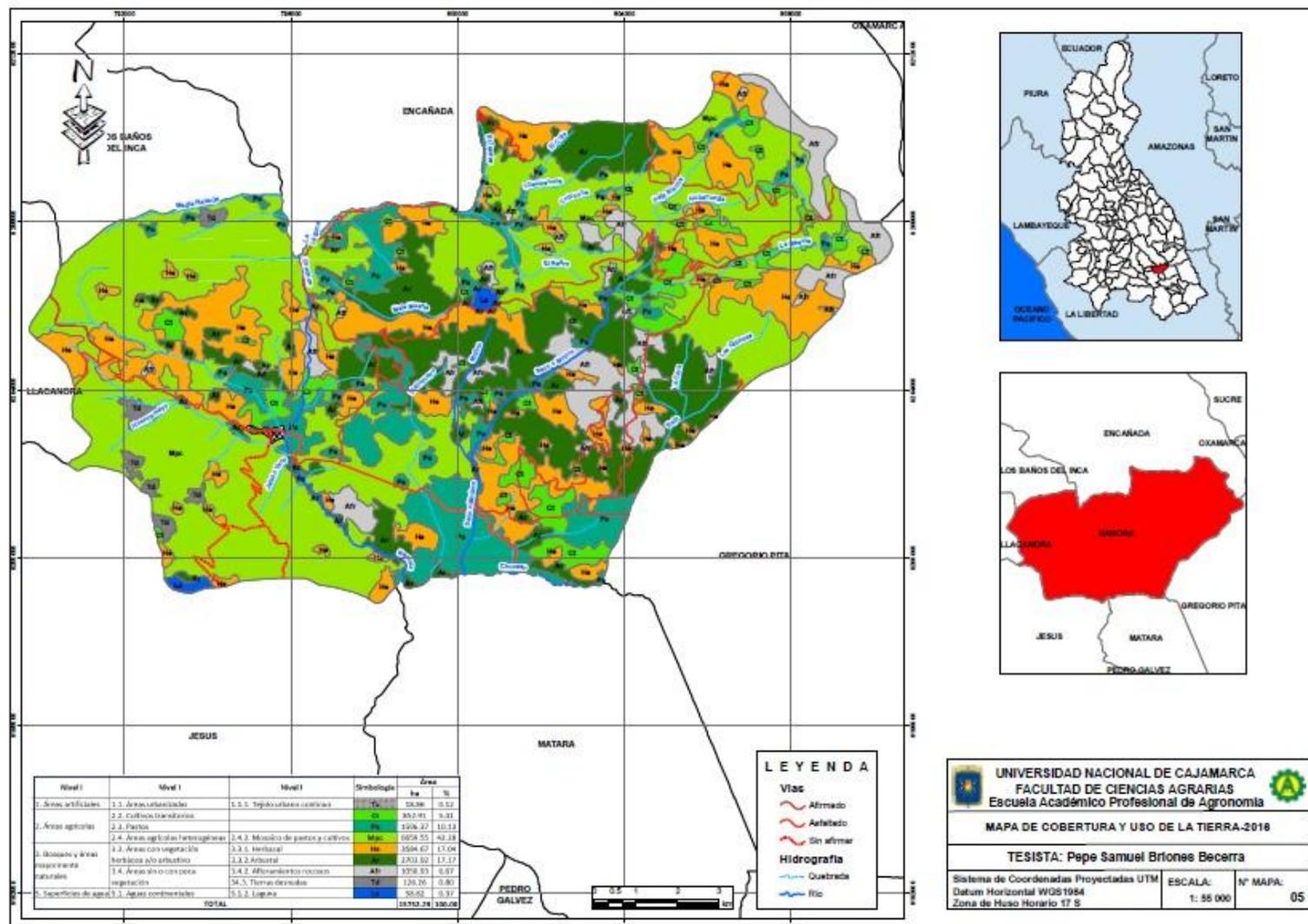


Figura 21: Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de Namora año 2016



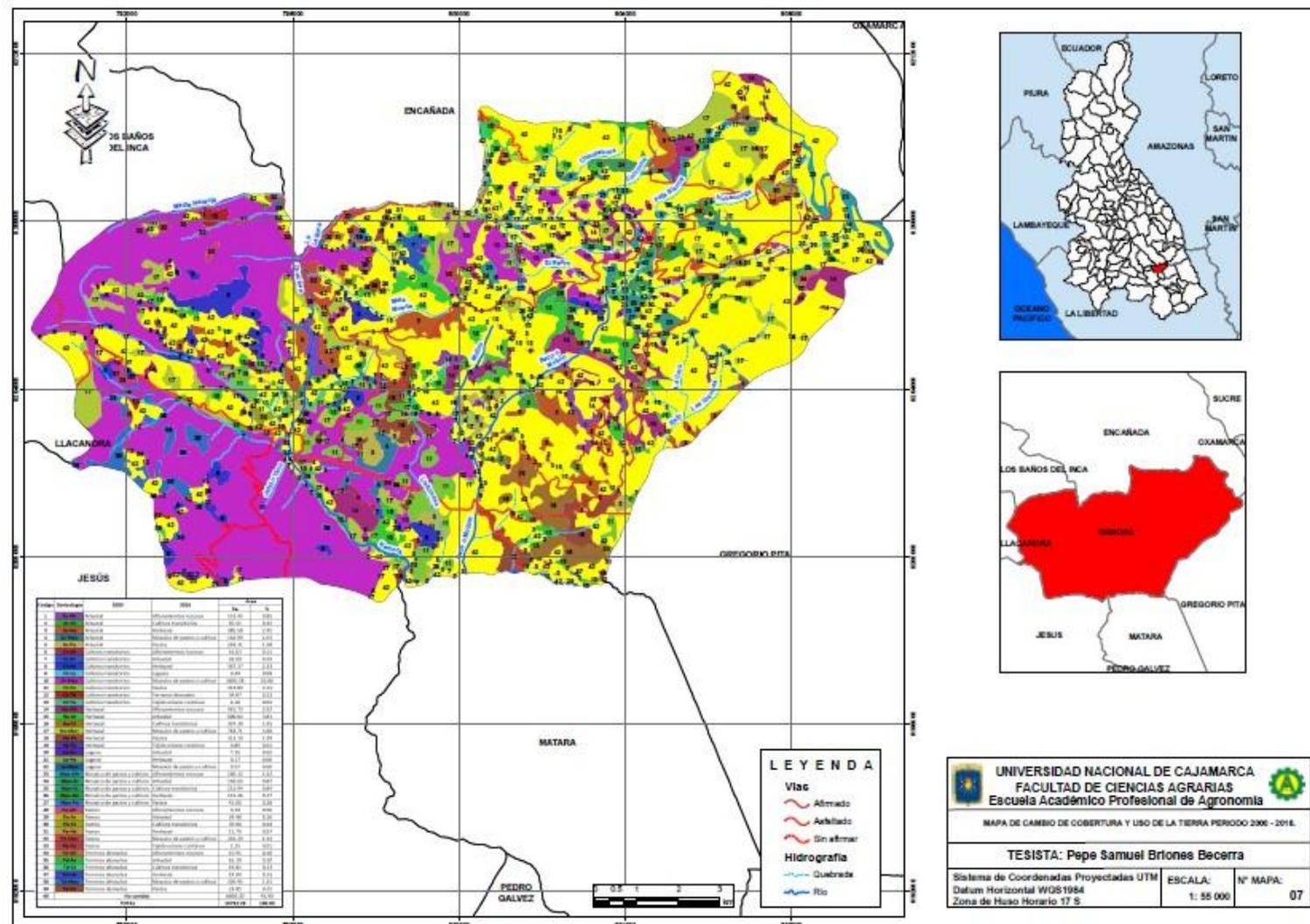


Figura 23: Mapa de cambios por cobertura del Distrito de Namora período 2000 - 2016

Cálculo del índice kappa para el año 2000

$$P_o = \frac{15 + 16 + 13 + 16 + 14 + 15}{92} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(15 \times 16) + (16 \times 16) + (14 \times 15) + (17 \times 17) + (14 \times 14) + (15 \times 15)}{92} = 0.15$$

$$k = \frac{0.97 - 0.15}{1 - 0.15} = 0.96$$

Cálculo del índice kappa para el año 2016

$$P_o = \frac{21 + 18 + 25 + 10 + 36 + 9 + 12}{135} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(21 \times 21) + (18 \times 18) + (25 \times 25) + (10 \times 12) + (38 \times 36) + (11 \times 11) + (12 \times 12)}{100} = 0.23$$

$$k = \frac{0.97 - 0.23}{1 - 0.23} = 0.96$$

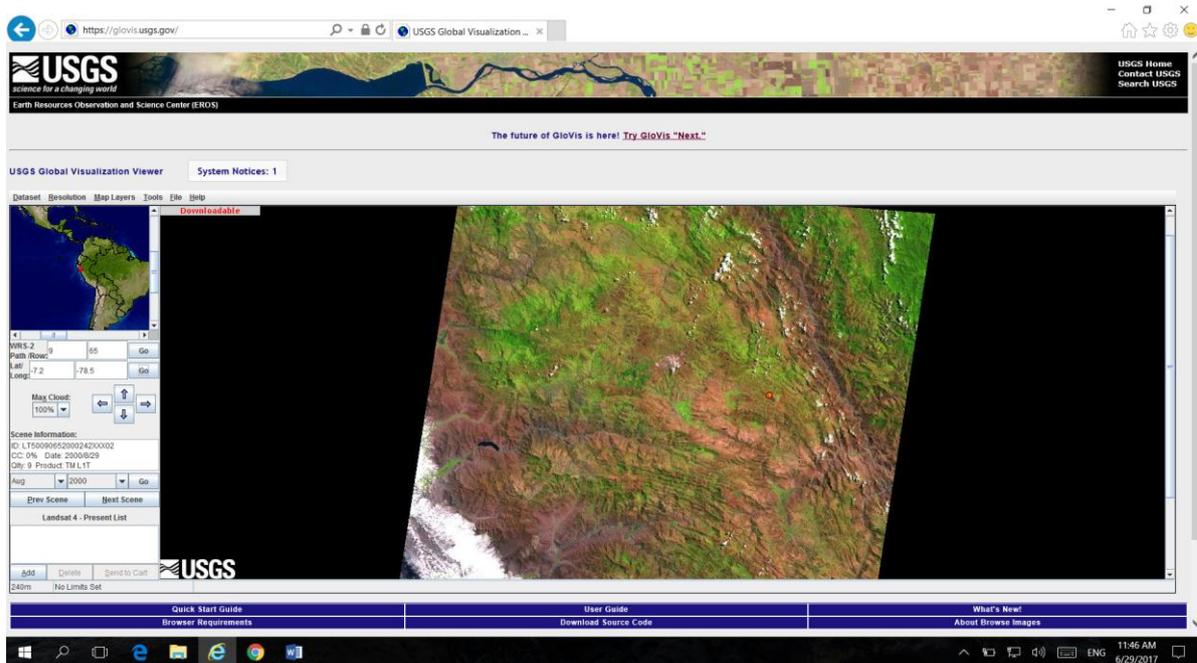


Figura 24: Resultados del análisis de transición de cobertura y uso de la tierra

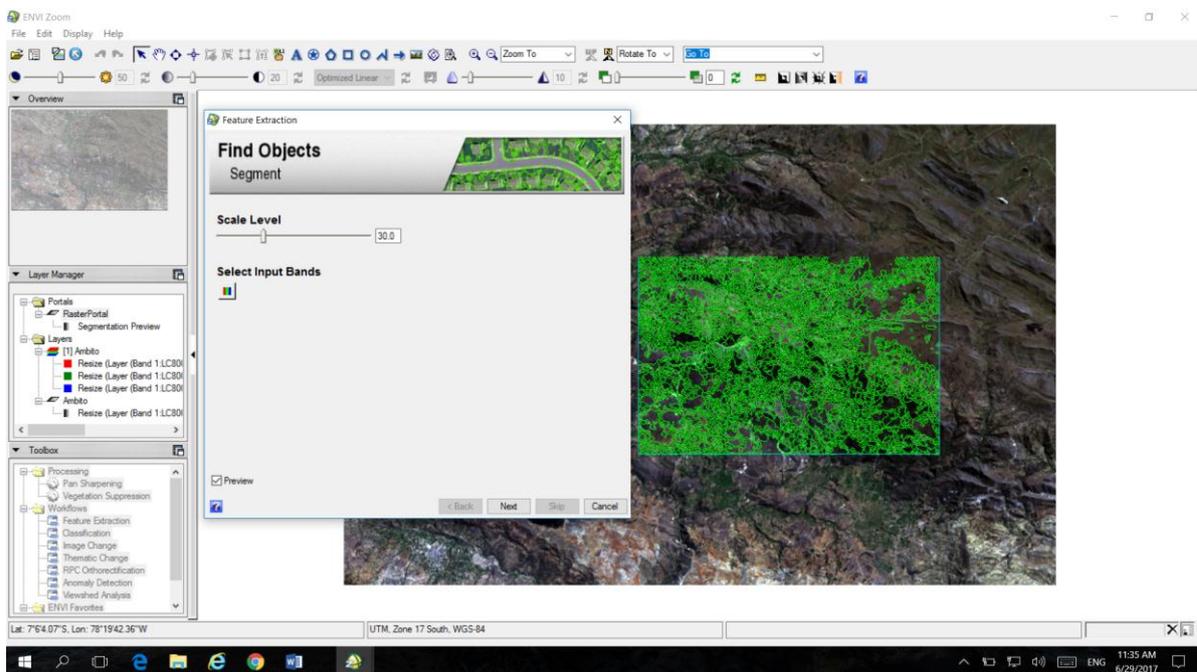


Figura 25: Segmentación del área de estudio

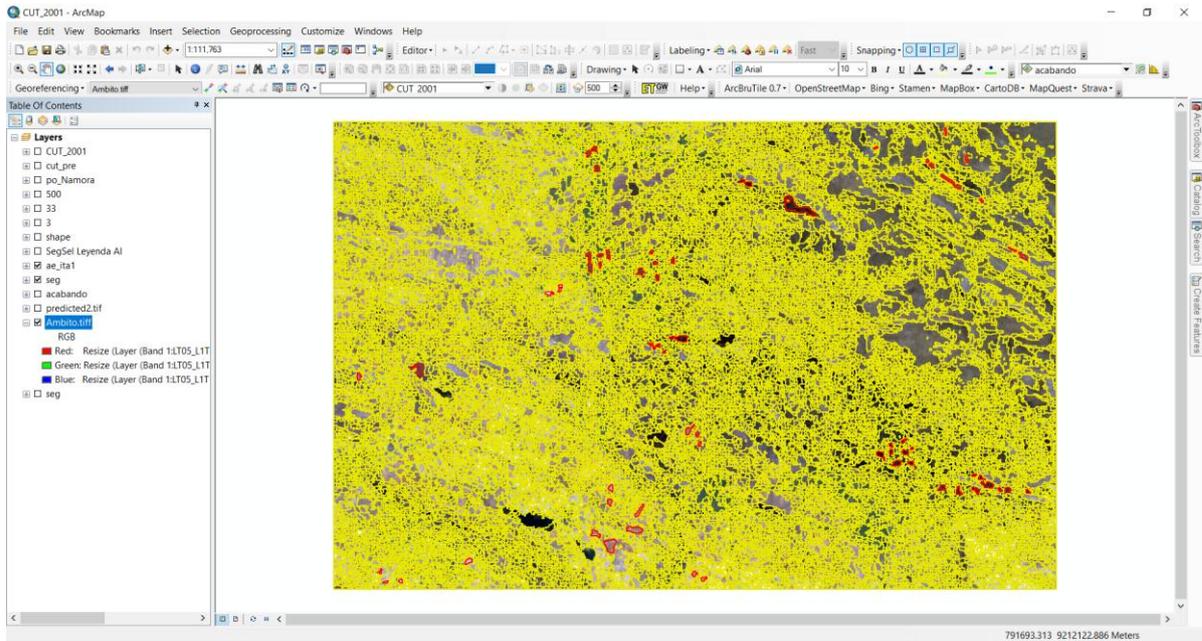


Figura 26: Digitalización de áreas de entrenamiento.

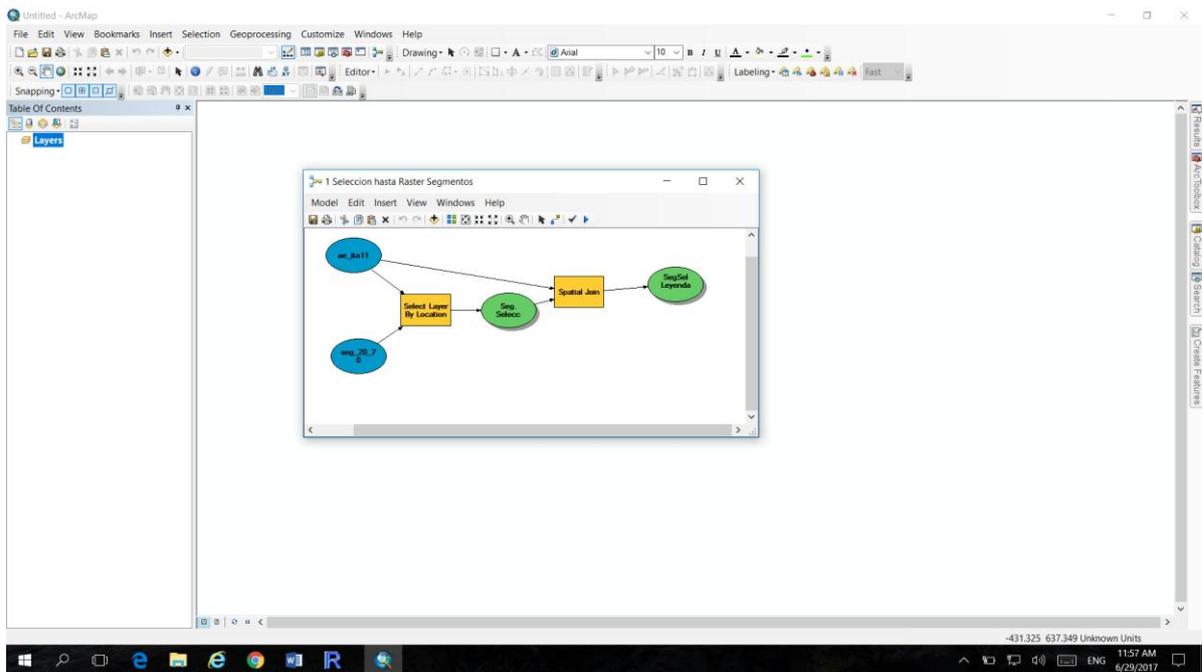


Figura 27: Aplicación de ModelBuilder para generar la información complementaria

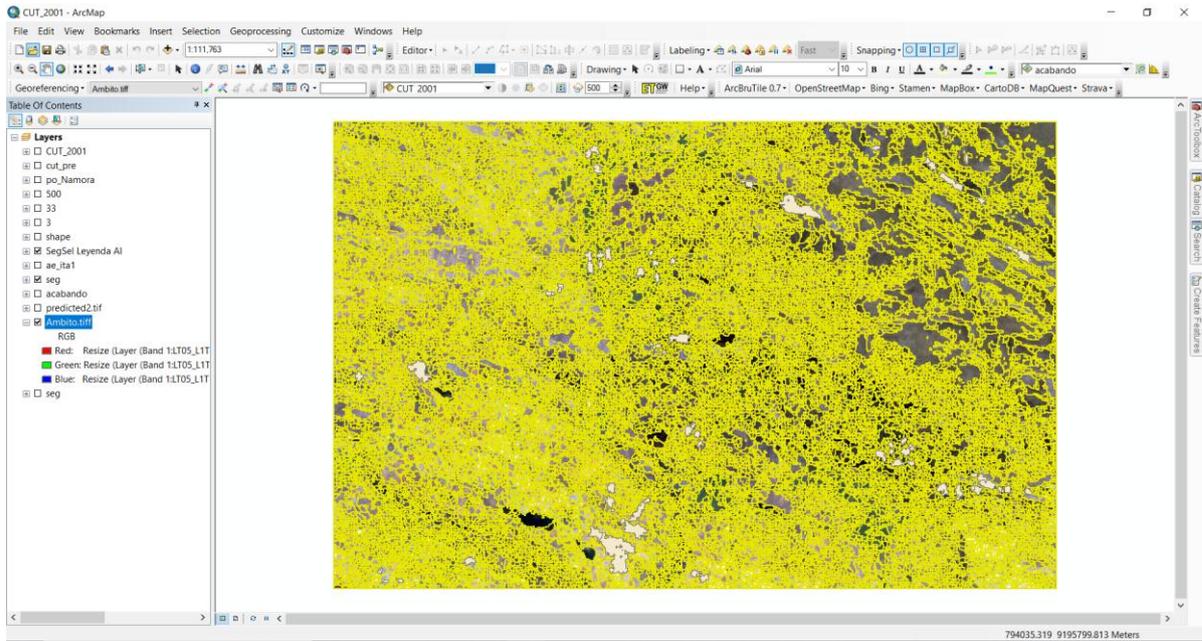


Figura 28: Resultados de la ejecución del ModelBuilder

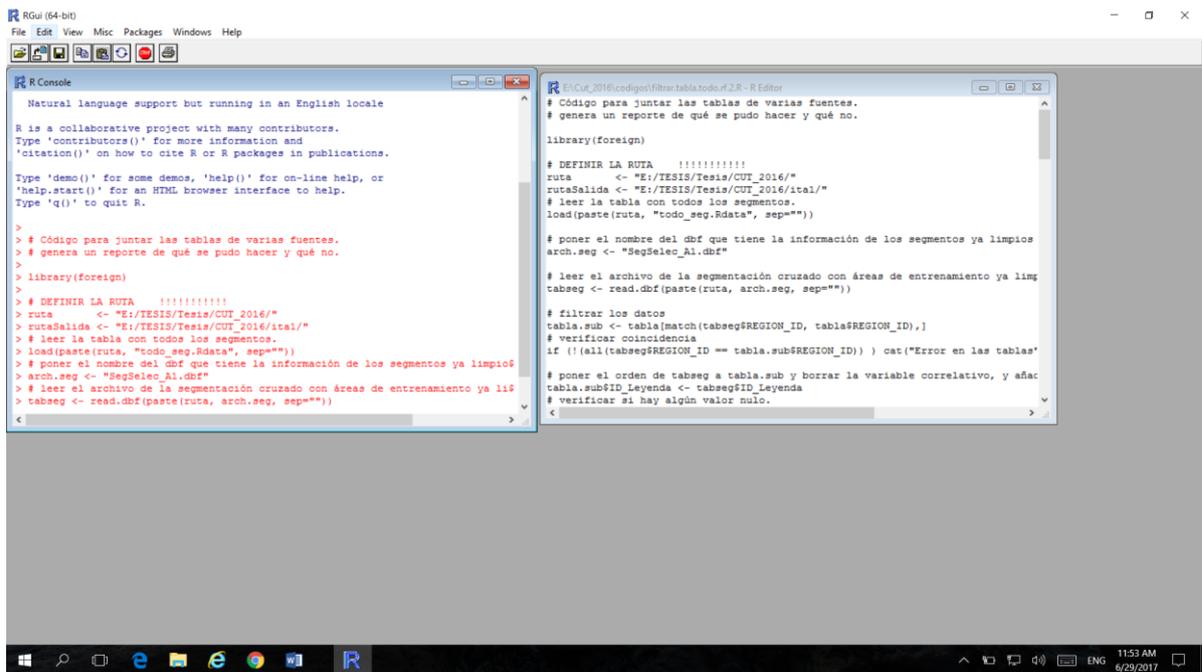


Figura 29: Ejecución del script Random Forest