

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO
CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE TACABAMBA
AÑOS 2003 Y 2018**

T E S I S

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

LUIS MIGUEL TARRILLO VÁSQUEZ

ASESOR:

M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS

CAJAMARCA – PERÚ

2019



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los **veintinueve** días del mes de **mayo** del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente **2A-201** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 89 -2019-FCA-UNC, Fecha 12 de Abril del 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación del Trabajo de Tesis titulado: **“ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE TACABAMBA AÑOS 2003 Y 2018”** del Bachiller: **LUIS MIGUEL TARRILLO VÁSQUEZ** en Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las **diecisiete** horas y **treinta** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **aprobación** por **unanimidad** con el calificativo de Quince (15)

Por lo tanto, el graduando queda expedito para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las **diecinueve** horas y **cero** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, **29 de mayo** de 2019.

Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez
PRESIDENTE

Dr. José Luis Guevara Barreto
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Segundo César Guevara Cieza
VOCAL

Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

*Mis más sinceras palabras de
agradecimiento:*

*A Dios porque todo lo puedo en el que
me fortalece, porque sin su sabiduría y
fortaleza no hubiera logrado ser un
profesional de la Agronomía y
concluir el presente trabajo.*

*A mi querido padre Hermitanio
Tarrillo Idrogo y a mi adorada madre
Clemencia Vásquez Ruiz, quienes con
mucha humildad y esfuerzo me
brindaron el apoyo moral, espiritual y
económico para llegar a ser un
profesional.*

*A mi querido Hermano Edwar con quien
hemos luchado y seguimos luchando
arduamente para ser buenos
profesionales y servir a la sociedad con
honestidad, respeto y humildad.*

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional De Cajamarca, que gracias a sus maestros hicieron posible mi formación profesional.

A mi asesor Ing° M.Sc. Wilfredo Poma Rojas, quien, con su experiencia profesional, me apoyo decididamente para el logro del presente trabajo.

A mi primo Dennis Alvarino Cieza Tarrillo quien fue un gran apoyo para el inicio y la culminación de este proyecto

A la Sub Gerencia de Acondicionamiento Territorial del Gobierno Regional de Cajamarca por permitir realizar mis practicas pre profesionales y ampliar mis conocimientos universitarios.

A mis grandes amigos: Josué, Nelson y Benedicto con quienes cada día luchamos contra las adversidades que nos presenta la vida para salir adelante, con esfuerzo tenas para logar nuestra superación y llegar a ser Ingenieros Agrónomos y buenos colegas.

ÍNDICE

	Pág
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CÁPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
CÁPITULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Estudios de análisis de cambio de suelo	3
2.1.1 A nivel internacional	3
2.1.2 A nivel nacional	4
2.1.3 A nivel regional	4
2.2 Tierra	4
2.3 Uso del suelo	5
2.4 Cobertura del suelo ,	5
2.5 Causas del cambio del uso actual del suelo	5
2.6 El tiempo y el efecto en el uso del suelo	5
2.7 Teledetección	5
2.8 Sistema de información geográfica	6
2.9 Corine Land Cover (Cobertura terrestre) adaptada para Perú	6

2.10 Regiones naturales del Perú.....	7
2.11 Imagen satelital.....	9
2.12 Resolución espacial adecuada	10
2.13 Bandas espectrales adecuadas.....	10
2.14 Composición de la imagen satelital Landsat utilizando combinaciones de bandas según MINAM-DGOT (2 015).	11
2.15 Resolución de un sensor.	13
2.16 Resolución espacial.....	13
2.17 Resolución espectral	13
2.18 Índice normalizado diferencial de la vegetación (NDVI).....	13
2.19 Modelo de elevación digital (DEM)	13
2.20 Clasificación Supervisada	14
2.21 Clasificaciones no supervisadas	14
2.22 Validación de la clasificación	14
2.23 Índice Kappa.	14
2.24 Matriz de confusión.....	15
2.25 Random Forest (Randomización de bosque).....	15
CÁPITULO III.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Descripción General del distrito de Tacabamba.....	16
3.1.1 Ubicación	16
3.1.2 División política	16
3.1.3 Población urbana y rural.	17
3.1.4 Regiones Naturales del Distrito de Tacabamba.	17
3.1.5 Hidrografía	19
3.1.6 Geología general.....	20
3.1.7 Zonas de vida.....	21

3.2 Materiales	21
3.2.1 Equipos de campo	21
3.2.2 Equipos de gabinete	21
3.3 Metodología	22
3.4 Proceso de generación de mapas	23
CÁPITULO IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1 Categorías de cobertura y uso del suelo, identificadas para el distrito de Tacabamba, según la clasificación de Cobertura terrestre (Corine Land Cover) ..	28
4.1.1 “1. Áreas artificializadas”	29
4.1.2 “2. Áreas agrícolas”	30
4.1.3 “3. Bosques y áreas mayormente naturales”	32
4.2 Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo ocurridos en los años 2003 y 2018.	36
4.2.1 Cobertura y uso del suelo año 2003	36
4.2.2 Cobertura y uso del suelo año 2018	41
4.3 Análisis de cambio y no cambio de uso de la tierra	45
4.3.1 Cambio y no cambio de uso del suelo años 2003 y 2018	45
4.4 Análisis de transición de cobertura y uso del suelo	47
4.4.1 Análisis de cambio por cobertura	47
CÁPITULO V	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
5.1. Conclusiones	50
5.2 Recomendaciones	50
CAPTULOVI	52
BIBLIOGRAFÍA	52
GLOSARIO DE TERMINOS	56
ANEXOS	58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de Landsat 5.....	12
Tabla 2. Características de Landsat 8.....	12
Tabla 3. Escala de valores Índice Kappa.....	15
Tabla 4. Población urbana y rural para el distrito de Tacabamba año 2 007	17
Tabla 5. Datos de las imágenes descargadas.	23
Tabla 6. Valores obtenidos de la segmentación.....	25
Tabla 7. Categorías del uso actual del suelo identificadas en el distrito de Tacabamba.....	28
Tabla 8. Matriz de confusión año 2 003.....	36
Tabla 9. Categorías obtenidas para el año 2 003.	39
Tabla 10. Matriz de confusión año 2 018.....	41
Tabla 11. Coberturas encontradas año 2 018.....	44
Tabla 12. Transición de la cobertura y uso del suelo, años 2 003 y 2 018.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de clasificación para la representación cartográfica	24
Figura 2- Paisaje mostrando el área urbana del distrito de Tacabamba rodeado de pastos(<i>Lolium</i> spp) cercado con vegetación arbórea de sauce (<i>Sambucos chilesis</i> kanth) y eucalipto(<i>Eucaliptus globulus</i> L.).....	29
Figura 3. Paisaje mostrando el área urbana del Centro Poblado Pucara rodeado de cultivos transitorios ,papa (<i>Solaum tuberosum</i> L) pastos (<i>Lolium</i> spp) y árboles de ciprés (<i>Cupresus funebris</i> L.)	29
Figura 4- Cultivos transitorios centro poblado Chucmar donde se muestra los cultivos de papa. (<i>Solaum tuberosum</i> L)y maíz blanco (<i>Zea mays</i> L.).....	30
Figura 5. Categoría de pastos caserío Succhapampa destacando las especies de grama (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.ex Chiov.),trébol blanco (<i>Trifolium pratense</i> L.)y rey grass (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)	31
Figura 6. Paisaje mostrando la categoría de cultivos heterogéneos caserío Pampa Grande destacado sembríos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L),rey gras (<i>Lolium</i> spp.),pinos(<i>Pinos patula</i> L.).....	32

Figura 7. Paisaje mostrando la categoría de bosque denso bajo centro poblado Jalcanungo muestra las especies de matico <i>Buddleja bullata</i> Kunth, queñual <i>Polylepis besseri</i> Hieron, palo blanco <i>Calatola columbiana</i> Sleumer.....	33
Figura 8. Paisaje mostrando la categoría de bosque abierto bajo caserío Cumpampa. Con plantas como: agracejo (<i>Berberis communis</i> Hackel),suro. (<i>Chusquea scandens</i> Kunth.), mora (<i>Rubus ideaus f. laevis</i> (Weston) Rehder), cortadera (<i>Cortaderia pilosa</i> (Dürv.) Eichler,.).....	33
Figura 9. categoría Hierbas caserío Dinamarca destaca los cultivos de ichu (<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav), rey gras (<i>Lolium</i> spp),chocho silvestre (<i>Lupinus</i> sp).....	34
Figura 10. Categoría Arbustos caserío Lanchepampa destaca arboles de eucaliptos y especies como matico (<i>Buddleja globosa</i> Hope), chamana (<i>Dodonea viscosa</i> L.) , chilca (<i>Baccharis latifolia</i> Ruiz & Pav.)Pers, tallanco <i>Baccharis nítida</i> (Ruiz & Pav.)Pers,mal mal(<i>Monnina conferta</i> Ruiz & Pav).	35
Figura 11. Tierras desnudas caserío La Pucara.deslizamiento de tierras causa natural ..	35
Figura 12. Descripción porcentual de cobertura año 2018	44
Figura 13. Participaciónn de los Pobladores centro poblado Chucmar alto en la verificación de campo	79
Figura 14. Actividad agrícola pecuaria Centro poblado Peña blanca.....	79
Figura 15. Ciudad de Tacabamba.	80
Figura 16. Verificación en campo de la cobertura de pastos	80
Figura 18. Catarata del Condac rio Tuspon.....	81

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Descripción porcentual de cobertura año 2 003.....	40
Gráfico 2. Descripción porcentual de cobertura año 2 018.....	44
Gráfico 3. Cambio y no cambio de uso del suelo años 2 003 y 2 018.	47

LISTA DE MAPAS

Mapa. 1 Ubicación del distrito de Tacabamba.	17
--	----

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Propuesta de Leyenda de Cobertura del suelo (Corine Land Cover) – Perú ...	59
Anexo 2. Mapa de regiones naturales del Distrito de Tacabamba	62
Anexo 3. Mapa de hidrografía del Distrito de Tacabamba	64
Anexo 4. Mapa de geología del Distrito de Tacabamba.....	66
Anexo 5. Mapa de zonas de vida del Distrito de Tacabamba	68
Anexo 6. Mapa de cobertura y uso del suelo del Distrito de Tacabamba año 2 003	70
Anexo 7. Mapa de cobertura y uso del suelo del Distrito de Tacabamba año 2 018.....	72
Anexo 8. Mapa de cambio y no cambio del Distrito de Tacabamba años 2003 y 2018.	74
Anexo 9. Mapas de cambios de cobertura del Distrito de Tacabamba años 2003 y 2018.....	76
Anexo 10. Panel fotográfico	78

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación, fué identificar cambios de la cobertura y uso actual del suelo del distrito Tacabamba, provincia Chota, Región Cajamarca; por medio de imágenes satelitales Landsat 5 (2003) y Landsat 8 (2018). Utilizando la metodología y clasificación de cobertura terrestre (Corine Land Cover) propuesta y adaptada para el Perú al nivel III, con una representación cartográfica a escala 1/60 000, utilizando la clasificación supervisada con randomización de bosque (Random Forest) y el algoritmo de máxima verosimilitud para generar información base. Se identificó los cambios en las categorías: Suelos desnudos (5.14 ha). Áreas urbanas (13.44 ha). Bosque denso bajo (124.85 ha), con cuatro especies de la familia Mirtaceae, 4 de la familia Anacardiaceae, 4 de la familia Leguminosae, 3 de la familia Arecaceae y 1 de la familia Euphorbiaceae. Bosque abierto bajo (258.61 ha), con 5 especies de la familia Lauraceae, 5 de la familia Rosaceae, 1 de la familia Berberidiaceae y 1 de la familia Scrophulariaceae. Cultivos transitorios (316.73 ha) con 8 especies de la familia: Solanaceae, 3 de la familia Combretaceae, 3 de la familia Oxalidaceae y 1 de la familia Basellaceae. Hierbas (582.90 ha) con 8 especies de la familia Fabaceae. Arbustos (600.02 ha), con 2 especies de la familia Burseraceae, 1 especie de la familia Moraceae. Áreas heterogéneas (1 171.70 ha), con 3 especies de la familia Passifloraceae, 2 de la familia Asparagaceae, 2 de la familia Burseraceae, 2 de la familia Tropaeolaceae, 1 de la familia Calophyllaceae y 1 de la familia Sapindaceae. Pastos (1 253.16 ha) con 11 especies de la familia Poaceae, 10 de la familia Asteraceae, 3 de la familia Bignoniaceae, 3 de la familia Combretaceae, 2 de la familia Apiaceae, 1 de la familia Rubiaceae, 1 de la familia Violaceae y 1 de la familia Ericaceae. Para los años 2003 y 2018. Estos cambios son causados por actividades antrópicas (agricultura, ganadería, deforestación); ocasionando que reduzca la vegetación natural que protege el suelo debido a la búsqueda de nuevos campos agrícolas.

Palabras clave: Tacabamba, Landsat, cobertura vegetal, clasificación supervisada, randomización de bosque

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to identify changes in the coverage and current land use of the Tacabamba district, Chota province, Cajamarca region; by means of satellite imagery Landsat 5 (2003) and Landsat 8 (2018). Using the methodology and classification of land cover (Corine Land Cover) proposed and adapted for Peru at level III, with a cartographic representation at scale 1/60 000, using the supervised classification with forest randomization (Random Forest) and the maximum likelihood algorithm to generate base information. The changes in the categories were identified: Bare floors (5.14 ha). Urban areas (13.44 ha). Low dense forest (124.85 ha), with four species of the Mirtaceae family, 4 of the Anacardiaceae family, 4 of the Leguminosae family, 3 of the Arecaceae family and 1 of the Euphorbiaceae family. Low open forest (258.61 ha), with 5 species of the Lauraceae family, 5 of the Rosaceae family, 1 of the Berberidiaceae family and 1 of the family Scrophulariaceae. Transitory crops (316.73 ha) with 8 species of the family: Solanaceae, 3 of the Combretaceae family, 3 of the Oxalidaceae family and 1 of the Basellaceae family. Herbs (582.90 ha) with species 8 species of the family Fabaceae. Shrubs (600.02 ha), with 2 species of the Bursecaceae family, 1 species of the Moraceae family. Heterogeneous areas (1 171.70 ha), with 3 species of the Passifloraceae family, 2 of the Asparagaceae family, 2 of the Budljaceae family), 2 of the Tropaeolaceae family, 1 of the Callophyllaceae family and 1 of the family Sapindaceae. Pastures (1 253.16 ha) with 11 species of the Poaceae family, 10 of the Asteraceae family, 3 of the Bignomiaceae family, 3 of the Combretaceae family, 2 of the Apiaceae family, 1 of the Rubiaceae family, 1 of the Violaceae family and 1 of the family Ericaceae. For years 2 003 and 2 018. These changes are caused by anthropic activities (agriculture, livestock, deforestation); causing it to reduce the natural vegetation that protects the soil due to the search for new agricultural fields.

Keywords: Tacabamba, Landsat, vegetative cover, supervised classification, forest randomization

CÁPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el distrito de Tacabamba en los años de 1 993 y 2 017 se registró una población de 13 748 y 22 170 habitantes respectivamente, repercutiendo negativamente en el uso del suelo; debido al desorden de la actividad agrícola, forestal, ganadera, uso de agroquímicos, riego por inundación, crecimiento urbano no planificado o por acciones indirectas, como son las actividades industriales, eliminación de residuos inorgánicos, etc. Al no existir, actualmente estudios específicos en el distrito lo cual dificulta toda actividad vinculada con la planificación y gestión del territorio es imprescindible analizar los cambios de cobertura y uso del suelo en este distrito. Por ese motivo la presente investigación está enfocada a analizar los cambios de cobertura y uso del suelo del distrito Tacabamba, de los años 2 003 y 2 018, utilizando la metodología Corine Land Cover nivel III.

La justificación de esta investigación se da gracias a la información brindada por la fotointerpretación de imágenes satelitales, ya que amplía las posibilidades de contar con un soporte de datos, para procesos de toma de decisiones de uso de los recursos naturales y el mejoramiento del manejo del suelo que asegura un mejor uso, promoviendo la sostenibilidad a largo plazo y constituyendo un eje fundamental para el futuro de la producción de alimentos y para el bienestar económico de las comunidades rurales.

1.1 Objetivo general

Identificar los cambios de la cobertura y uso actual del suelo del distrito de Tacabamba, provincia de Chota, departamento Cajamarca por medio de imágenes satelitales de los años 2 003 y 2 018, utilizando la metodología Corine Land Cover y el algoritmo de máxima verosimilitud.

CÁPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estudios de análisis de cambio de suelo

2.1.1 A nivel internacional

De acuerdo a la evaluación presentado por Osuna *et al* (2 015), cambios de cobertura de la cuenca del río Tecolutla, México; periodo 1 994-2 010. El autor llegó a la conclusión que en el año de 1994 se presentó una mayor cobertura de bosques (41.6%), seguida por pastizales (24.8%), y finalmente por zona agrícola temporal (20.4%) y por debajo de estos porcentajes los otros usos. En el año 2 010, predominaron los bosques (34.6%), seguidos por zona agrícola de temporal (26.2%), y por último pastizales (25.8%), los otros usos se encuentran por debajo del 10%. En lo concerniente al índice de Kappa, se obtuvieron valores de 0.89 y 0.91, para las clasificaciones de 1 994 y 2 010.

Camacho *et al* (2 015), expone un modelo de cambios de cobertura, ocurridos entre 1 989 y 2 009, a través de mapas de uso de suelo y la fotointerpretación de imágenes de satélite (Landsat TM), en la zona de transición mexicana de montaña. Menciona que; la cobertura del bosque disminuyó considerablemente en 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).

Malette (2 012), en su estudio del bosque seco tropical del norte Chinandega, Nicaragua, del periodo 1 985 a 2 011, utilizando imágenes Landsat 5 y 7, determino cambios de cobertura, ocasionados por el municipio rural de Nicaragua. Así mismo menciona que la deforestación en la zona comenzó antes de 1 985, y es desde ahí donde la cubierta ha sufrido aumentos y disminuciones; esto debido a factores socioeconómicos y a los acontecimientos históricos.

2.1.2 A nivel nacional

Según Zorogastúa Cruz y Quiroz Guerra (2 011), el estudio del bosque seco localizado en la región Piura, Perú, con imágenes del satélite LANDSAT 5 para los años 1 999 y 2 001, a través de una clasificación supervisada y el algoritmo de máxima verosimilitud. Obtuvo que el 38% del área del bosque seco no vario, mientras que 13% mejoró su condición y el otro 23% redujo su cobertura.

Según Ibáñez y Damman (2 014), realizaron un estudio de cambios de la cobertura de los suelos para la elaboración de escenarios territoriales en la región Apurímac. Según el estudio de la caracterización de cobertura de uso de suelos en la subcuenca para los años 1 986, 1 994, 2 002 y 2 009, el autor llego a la conclusión 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 A nivel regional.

Alcántara Boñón (2 014), realizó el estudio especializado en el departamento de Cajamarca, con la metodología del Ministerio del Ambiente (R.M. N° 135-2 013-MINAM), así como utilizó los softwares ENVI y ArcGIS para generar cartografía temática de cobertura y uso del suelo para los años 2 001 y 2 013, obtuvo, que el cambio de cobertura fue de 599 236.15 ha que representa el 18.18% y no cambio 269 627.69 ha que representa el 81.82% del área departamental, y menciona que la fragmentación se realiza en forma paulatina. Además, se identificó 47 cambios de cobertura de los cuales, el cambio de Vegetación herbácea y/o arbustiva a Áreas agrícolas heterogéneas es el que más se modificó, debido a que estos espacios han sido transformados a terrenos agrícolas destruyendo la cubierta vegetal en perjuicio de la oferta de importantes Servicios Ecosistémicos.

2.2 Tierra.

El Diccionario de la Real Academia Española (1 992) señala una primera aceptación de Tierra como el planeta que habitamos y como segunda aceptación la parte superficial de este mismo globo no ocupada por el mar. En el mismo sentido el Diccionario del español actual de Manuel Seco *et al.* (1 999).

2.3 Uso del suelo.

Conforme a Seingier *et al.* (2 009) el uso del suelo es el conjunto de actividades que el ser humano desarrolla en relación con cierto tipo de cobertura, y está asociado con los fines sociales y económicos (Di Gregorio y Jansen 1 998). El uso del suelo es el vínculo directo entre la cobertura de la tierra y las acciones que la población realiza.

2.4 Cobertura del suelo,

Algunos autores como Meyer y Turner, (1 994); Moser (1 996); Briassoulis (1 999), citados por Andana y Bosque (2 008), definen a la cobertura como la cantidad y tipo de cubiertas vegetales, cuerpos de aguas, materiales terrestres y las infraestructuras humanas existentes sobre la superficie terrestre.

2.5 Causas del cambio del uso actual del suelo.

Las modificaciones del suelo pueden ocurrir de manera natural, como un proceso de variación climática, erupciones volcánicas, hundimientos o deslizamientos de tierras; o pueden ser de tipo antrópico, entre los que destacan los factores demográficos, sociales, económicos y políticos. Las consecuencias generales se ven reflejadas en cambios de cobertura vegetal. (Lambin y Turner 2 001).

2.6 El tiempo y el efecto en el uso del suelo.

El tiempo influye en el uso del suelo ocasionando la disminución de la vegetación (asociada frecuentemente con la sobreexplotación). Además, puede ocasionar diversas alteraciones en una región, tales como la reducción de la recarga de mantos acuíferos, el incremento de la tasa de erosión, el aumento de la tasa de azolve de presas y lagos, el aumento de riesgo de inundaciones y el cambio de las condiciones climáticas locales (Masera 1 996 y Ordóñez *et al.* 2 000).

2.7 Teledetección.

Alonso (2 005), define como: “la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material”. Para que ello sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos observados; situados sobre la superficie terrestre, marina o en la atmósfera; y un sensor

situado en una plataforma (satélite, avión, etc.). En el caso la teledetección la interacción que se produce va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor.

2.8 Sistema de información geográfica.

Según López Trigal (2 015) un SIG es un conjunto de herramientas compuestos por una base de datos que permite capturar, almacenar, administrar y analizar información digital, así como realizar gráficos y mapas. De acuerdo a Burrough (1 994) un SIG es, crear, compartir y aplicar información útil basada en datos y en mapas. Para Olaya (2 014) un SIG es un sistema que integra tecnología, informática y personas; cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados.

2.9 Cobertura terrestre (Corine Land Cover) adaptada para Perú.

La metodología se engloba dentro del Programa CORINE (Coordinación de Información de Medio Ambiente), el cual inicia el 27 de junio de 1 985, y en virtud de una decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea, pasa a ser responsabilidad de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) en el año 1 995. Este proyecto tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos a escala 1:100.000 sobre la cobertura y/o uso del territorio (Valencia y Anaya 2 009).

La base de datos de Cobertura terrestre (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura del suelo , interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite, para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas (Melo y Camacho 2 007).

En Perú, en el año 2 013 se promulgó la Resolución Ministerial N° 135-2 013-MINAM que aprueba los instrumentos técnicos sustentatorios del ordenamiento territorial dentro de los cuales se incorpora un nuevo instrumento denominado Estudios Especializados (EE), los que están orientados a complementar la información de la ZEE en los aspectos dinámicos del territorio y aportan a la elaboración del Diagnóstico Integrado del Territorio (DIT) y elaboración del plan de ordenamiento Territorial (POT).

2.10 Regiones naturales del Perú.

Región Chala o Costa

Este territorio comprende desde la orilla oceánica hasta una línea imaginaria situada a 500 msnm. La característica principal del relieve costero, es la presencia de las zonas áridas o desérticas que cubren la mayor parte de la región costera. En estas zonas desérticas se encuentran valles, que son una especie de oasis, irrigados por ríos que descienden de los andes; éstos y las riberas fluviales son aprovechadas para las distintas actividades agropecuarias (Pulgar Vidal 1967).

Región Yunga

Se extiende de 500 a los 2,300 msnm, en la zona occidental, marítima, y de los 1,000 a 2,500 msnm en la zona oriental, fluvial. Por su clima primaveral, de radiante sol durante todo el año, la región Yunga es una zona eminentemente frutícola, en donde predomina el cultivo del paca, la guayaba, el pepino, la chirimoya, los manzanos, etc. La zona marítima es seca en la estación de verano, pero en épocas lluviosas ocasionan aluviones y huaicos. En cambio, la zona fluvial es húmeda y cálida, con lluvias de acuerdo con las estaciones y con una flora más abundante, así tenemos la pitajaya, el molle, la cabuya blanca, entre otras, y una fauna, en la cual sobresalen las aves, como el taurigaray, la chuña, el chauco, el chaucata. En general la región Yunga es propicia para el cultivo de la fruta: el paca, el lúcumo, el palto, la chirimoya, toda clase de cítricos. Pero también encontramos árboles como el sauce, el pájaro bobo, el boliche. También crece los cactus, las achupallas y el mito. De otro lado no es una región muy poblada, ya que la mayor parte de su población vive en los estrechos valles (Pulgar Vidal 1967).

Región Quechua.

La región quechua constituye la zona medular de la región andina y se ubica a 2 300 y 3 500 msnm. Esta región es la más poblada de la Sierra, debido a las condiciones que presenta para el poblador andino, que se dedica a la agricultura y a la ganadería extensiva, a tal punto que podemos considerarla como la zona en donde la población peruana se ha adaptado mejor. Esta zona tiene las condiciones inmejorables para el cultivo del trigo, maíz, cebada, habas, papa, oca. Olluco, etc. (Pulgar Vidal 1967).

Región Suni o Jalca

La región suni o jalca se encuentra situada a 3 500 y 4 000 msnm, por su elevada altura la Región Suni viene a ser el límite superior de la actividad agrícola, constituyéndose como la región de la papa, la oca y la quinua, el olluco. Además, es la región donde predomina la minería. El clima de esta región es frío- seco con mayor oscilación que la quechua entre el día y la noche, y entre el sol y la sombra. La temperatura media anual es de 11°C.; la temperatura mínima se registra entre los meses de mayo a junio fluctuando entre -1°C a -16°C. Esta zona se caracteriza por las abundantes precipitaciones estacionales que tienen lugar entre los meses de enero a abril, que llegan a alcanzar un promedio de 800 mm, anuales (Pulgar Vidal 1 967).

Región Puna o Jalca o Alto andino

La Región Puna o Jalca se encuentra situada a 4 000 y 4 800 m.s.n.m. La temperatura oscila entre los 20°C, y menos de 0°C, durante el día y la noche respectivamente. Se observa frecuentes precipitaciones durante los meses de diciembre a marzo. Estas precipitaciones se manifiestan en estado sólido como nieve o granizo.

La vegetación silvestre típica de esta región es el ichu, que tiene múltiple uso, destacando como el alimento principal de la ganadería, que es la actividad de mayor importancia del poblador de dicha región, especialmente en la cría de vacunos, ovinos y auquénidos. Entre las plantas domésticas mejor adaptadas a las condiciones geográficas y climatológicas tenemos la papa amarga o mashua y la cebada. La fauna típica de esta región lo constituyen los auquénidos como la llama y la alpaca (Pulgar Vidal 1 967).

Región Janca o Cordillera

La Región Janca o cordillera es la región geográfica más alta del territorio peruano. Esta zona se ubica entre 4 800 y 6 768 msnm., que viene a ser la cumbre del nevado Huascarán, el punto más alto del Perú. Esta región es considerada como la zona de los glaciares. Por otro lado, la Región Janca es la de menor cobertura animal y vegetal. La flora típica está conformada por la yareta, yaretilla, festuca, líquenes (Pulgar Vidal 1 967).

Clasificación particular de la Selva

Región Rupa Rupa o Selva Alta

La Región Rupa Rupa o Selva Alta se encuentra situada al otro lado de los Andes, en su flanco oriental, extendiéndose entre 1 400 y 400 msnm, la temperatura media anual es de 22°C a 25°C. La máxima es de 36°C. Las temperaturas nocturnas son frescas. La flora típica de esta región está conformada por una vegetación bien tupida, las principales especies vegetales del bosque son el hojé, el palo de balsa, etc. (Pulgar Vidal 1 967).

Región Omagua o Selva Baja

La Selva Baja o Región Omagua, conocida también con el nombre de Llanura Amazónica, extendiéndose entre los 80 y 400 msnm. El clima de la región Omagua se caracteriza por ser cálido, húmedo y lluvioso. En esta región se ha registrado la temperatura máxima en el Perú, en Neshuya, carretera a Pucallpa, en el año de 1 963, la cual fue de 41°C (Pulgar Vidal 1 967).

Las lluvias de esta región son abundantes ya que el promedio de precipitaciones al año fluctúa entre los 1 000 a 5 000 mm. La flora de esta región se caracteriza por ser muy rica y variada. En la Selva Baja en una extensión de 65 millones de ha., podemos encontrar más de 200 especies de árboles. De esta inmensa variedad de flora las más importantes especies son la caoba, aguaje, ceibo, hoje, chonta; además del tamshi, shiringa, ayahuasca, etc. (Pulgar Vidal 1 967).

2.11 Imagen satelital.

La imagen satelital, permite adquirir información de objetos situados en la superficie de la tierra, sin que el instrumento de medida este en contacto con los objetivos, así mismo permite la posibilidad de restituir y traducir dichas informaciones en cartas de fácil interpretación. (Poma 2 011).

Una imagen satelital es una matriz digital de puntos (igual a una fotografía digital) capturada por un sensor montado a bordo de una satélite que orbita alrededor de la Tierra. (Martínez y Díaz 2 005).

Las imágenes de satélite, se encuentran en formato ráster, el cual consiste en una matriz de miles de píxeles, en donde cada píxel tiene un valor digital o de reflectancia. (Martínez y Díaz 2 005).

2.12 Resolución espacial adecuada

Imaginemos una cámara con teleobjetivo. A medida que éste enfoca rasgos de pequeño tamaño, el campo visual disminuye. Esto se aplica también a las imágenes de satélite. Una gran resolución espacial digamos un metro, se corresponde con un área de cobertura pequeña (y archivos digitales de gran tamaño). Hay diversas opciones para elegir la resolución espacial adecuada, entre ellas están los siguientes sensores: QuickBird (0.61 metros), Ikonos (1 metro), Spot (10 metros), Áster (15 metros), Landsat TM (30 metros), entre otros (SRGIS 2 010).

2.13 Bandas espectrales adecuadas.

A partir de datos multiespectrales se generan composiciones a color RGB (rojo, verde, azul) donde las bandas individuales o combinaciones específicas de ellas son adecuadas para observar ciertos objetos (firmas espectrales). Entre las combinaciones más comunes tenemos la 321 (color verdadero, RGB), 432 (falso color infrarrojo), la 543 (falso color, NRG), la 453 (falso color, NSR) y la 753; entre otras (Guerrero, 2 011). No obstante, hay que tener en cuenta que las bandas rara vez se utilizan en solitario, normalmente se usan en combinaciones de tres bandas (SRGIS 2 010).

SRGIS (2 010) clasifica las distintas longitudes de ondas:

Azul visible: Cartografía de aguas someras. Diferenciación de suelo y vegetación.

Verde visible: Diferenciación de la vegetación por su salud.

Rojo visible: Diferenciación de la vegetación por especies.

Infrarrojo cercano: Cartografía de la vegetación Cartografía del vigor/salud de la **vegetación.** Diferenciación de la vegetación por especies.

Infrarrojo medio: Diferenciación de los tipos de rocas por composición. Detección de humedad en la vegetación y suelo Cartografía de la estructura geológica Trazado de límites tierra/agua.

2.14 Composición de la imagen satelital Landsat utilizando combinaciones de bandas según MINAM-DGOT (2 015).

Color real – Landsat 5/Landsat 7 TM (321); Landsat 8 (432). Resulta también ideal para estudios de aguas poco profundas, batimetría y carga de sedimentos. Dado que es la combinación que posee la mayor penetración en agua, lo que también determina su falta de discriminación entre suelo y capas de agua poco profundas.

Combinación falso color Landsat 5/Landsat 7 TM (742); Landsat 8 (753). Útil para delinear unidades litológicas. Es también utilizada para identificar morfología y estructuras morfológicas del terreno. La vegetación saludable (verde brillante) y puede saturar en épocas de crecimiento intenso, pastizales (verdes), suelos áridos (rosado). Vegetación seca (naranja) y el agua (azul). Arenas, suelos y minerales son destacados en multitud de colores. áreas quemadas (rojo). Áreas urbanas (rango de tonos de magenta). Pastos son verde claro. Tonos de Verde oliva a verde intenso muestran áreas arboladas.

Falso color Landsat 5/Landsat 7 TM (543); Landsat 8 (654). Esta combinación es útil para estudios de vegetación. Como la TM451, esta combinación da al usuario una gran cantidad de información y contraste de color. Vegetación saludable aparece verde brillante y suelos son lila. Mientras TM742 incluye la banda 7 con información litológica, esta contiene la banda 5 con información agrícola.

Falso color Landsat 5/Landsat 7 TM (453); Landsat 8 (564). Utilizada para estudio de vegetación y uso de suelo. El uso la banda roja y las del infrarrojo medio y cercano, ofrece especial definición del borde tierra-agua y destaca detalles sutiles no fácilmente distinguibles en las bandas visibles solas. Tipos vegetación y sus condiciones se distinguen por su color, variando entre cafés, verdes y naranjos como también por su tonalidad.

Tabla 1.Características de Landsat 5

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 1: 0.76 – 0.90		
		Banda 5 infrarrojo cercano 2: 1.55 – 1.75		
Termal	120	Banda 6 Infrarrojo térmico: 10.4 – 12.5		

Fuente: Adaptado de Dirección General de Geografía y Medio Ambiente (INEGI), s.f.

Tabla 2.Características de Landsat 8.

Landsat8	Banda	Longitud de onda(micrómetros)	Resolución espacial (m)
Operacional	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
Reproductor de imágenes de la tierra (OU) y Térmico	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
Sensor de infrarrojos (TIRS)	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: Tomado de USGS,2 018

2.15 Resolución de un sensor.

La resolución de un sensor es su habilidad de poder registrar información en detalle de las distintas cubiertas, esta resolución depende de la capacidad que tienen los sensores para distinguir variaciones de la energía electromagnética, del detalle espacial que captura y del número y ancho de las bandas que alberga (Lillesand 2 000 y Chuvieco 1 996).

2.16 Resolución espacial

Es el mínimo detalle espacial (píxel) que registra un sensor, este depende del sistema óptico del sensor y de la altitud de la plataforma (Lillesand 2 000 y Chuvieco 1 996). El tamaño que presenta el píxel en una escena es variable incrementándose conforme nos alejamos del punto nadir (UNCPBA 2 012).

2.17 Resolución espectral

La resolución espectral indica el número y ancho de las bandas en las que el sensor puede captar radiación electromagnética. Entre más bandas incluya un sensor será mejor, puesto que cada banda constituye una variable la cual sirve para caracterizar la superficie captada. Asimismo, para que su poder discriminante se incremente es preferible que estas bandas sean estrechas. Si las bandas son muy anchas van a recoger valores promediados que ocultarán elementos de diferenciación (UNCPBA 2 012).

2.18 Índice normalizado diferencial de la vegetación (NDVI)

Para Meneses Tovar (2 011), parte de la premisa que representa un indicador de la salud vegetación del ecosistema, es decir la medida de su verdor, quedaría reflejada en el valor más reducido.

2.19 Modelo de elevación digital (DEM)

Modelo Digital de Elevación (MDE) está referida a una representación 3D de las elevaciones del terreno mediante valores numéricos, generalmente esta representación es una forma simplificada de la geometría de la superficie del terreno y consiste en una serie de puntos con coordenadas conocidas referenciadas a un sistema de coordenadas (AVSAN 2 015).

2.20 Clasificación Supervisada

En las clasificaciones supervisadas se requiere la participación activa del analista que esté realizando la clasificación de la imagen de satélite, en este caso, el técnico que está llevando a cabo la tarea debe indicar al software que debe realizar en cada momento (como debe clasificar cada uno de los píxeles existentes en la imagen), a partir de la definición de unas áreas de entrenamiento de las cuales se conoce a priori la naturaleza de su superficie (Monterroso Tobar 2 014).

La clasificación supervisada requiere de cierto conocimiento previo del terreno y de los tipos de coberturas presentes en el área de estudio (Posada 2 008).

2.21 Clasificaciones no supervisadas

Para Monterroso Tobar (2 014), la influencia que puede ejercer el operador es prácticamente nula, más allá de seleccionar el algoritmo de clasificación que va a utilizarse. Aunque los métodos de clasificación no supervisada son válidos de por sí para establecer una separación categórica dentro de un área de estudio, es habitual que se empleen como soporte a métodos de clasificación supervisada.

Mediante estos métodos se obtiene una primera división, que puede utilizarse posteriormente bien sea para la definición de zonas de entrenamiento o bien para operaciones más complejas como la segmentación de imágenes (Olaya 2 007).

2.22 Validación de la clasificación

En un sentido estricto ninguna clasificación puede considerarse completa hasta que su grado de exactitud sea evaluado. Este puede definirse como el grado de concordancia entre las clases asignadas por el clasificador y sus ubicaciones correctas según datos de tierra recolectados por el usuario y considerados como datos de referencia a tomar como el conjunto de datos de entrenamiento (Bense 2 007)

2.23 Índice Kappa.

La exactitud total de una clasificación puede ser evaluada a través de un estimador del coeficiente de Kappa (**K**), una técnica discreta multivariada que determina estadísticamente si una matriz de error es significativamente diferente de otra. (Congalton y Green 1 999)

Tabla 3.Escala de valores Índice Kappa

Kappa	Grado de acuerdo	Descripción (10 áreas de entrenamiento)
< 0.00	Sin acuerdo	0-1 correctamente clasificadas
>0.00 – 0.20	Insignificante	0-2 correctamente clasificadas
0.21 – 0.40	Discreto	2-4 correctamente clasificadas
>0.41 – 0.60	Moderado	4-6 correctamente clasificadas
0.61 – 0.80	Sustancial	6-8 correctamente clasificadas
0.81 – 1.00	Casi perfecto	8-10 correctamente clasificadas

Fuente: Tomado de Cohen, 1 960

2.24 Matriz de confusión

También se llama tabla de contingencia. Es de tamaño $n*n$, siendo n el número de clases. El número de instancias clasificadas correctamente es la suma de los números en la diagonal de la matriz; los demás están clasificados incorrectamente (Benítez 2 011).

2.25 Random Forest (Randomización de bosque)

Random Forest es un algoritmo predictivo que usa la técnicas para combinar diferentes árboles, donde cada árbol es construido con observaciones y variables aleatorias, 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 (Lillesand 1 994).

CÁPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

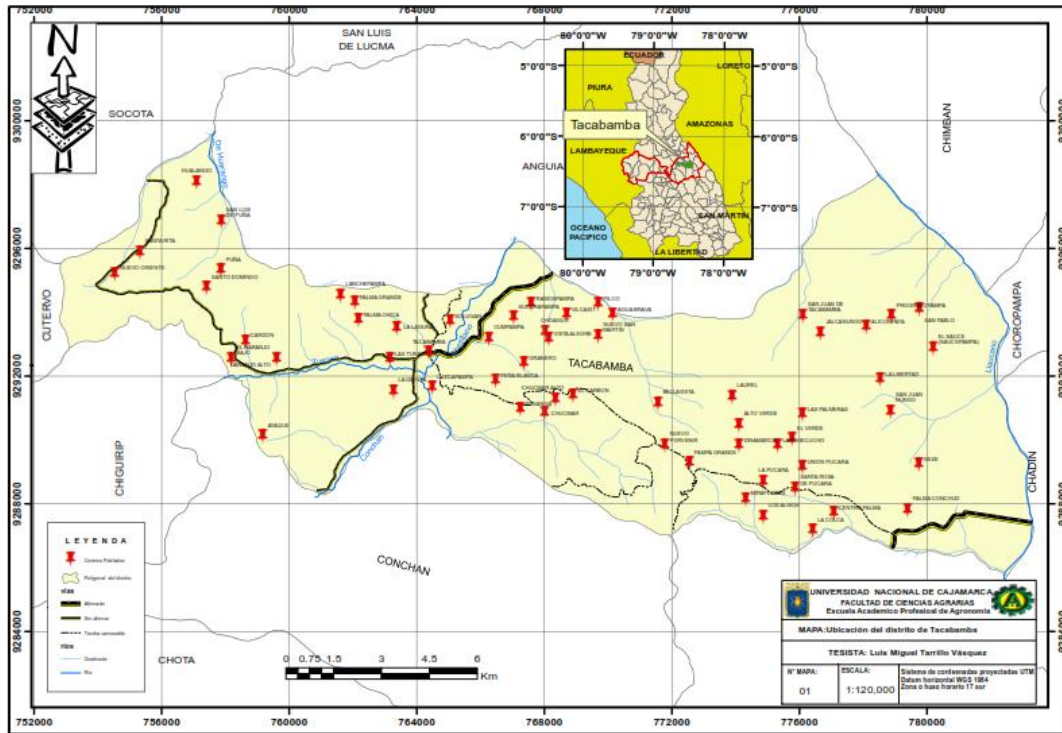
3.1 Descripción General del distrito de Tacabamba.

3.1.1 Ubicación

El distrito de Tacabamba es uno de los diecinueve distritos pertenecientes a la provincia de Chota, Departamento de Cajamarca, limita al norte con el Distrito de Anguía y Socota (Cutervo) por el oeste con los distritos de Chigrip, y Cutervo, por el sur con los distritos de Conchan y Chalarmarca; al este con el distrito de Chimban, Choropampa y Chadín. Geográficamente la zona de estudio se ubica en la vertiente del Atlántico entre las coordenadas 757554 y 782519 m. Este y 9299519 y 9285775m. Norte; su altitud oscila entre 1 100 hasta 3 660 msnm. (Centro poblado La Pucara) msnm. cuenta con un área de 19 359.81 ha.

3.1.2 División política

El distrito de Tacabamba, cuenta con 66 centros poblados: Tacabamba, Hualango, San Luis De Puña, Azafran, Santa Rita, Puña, Nuevo Oriente, Santo Domingo San Pablo, Lanchepampa, Ramospampa, Pilco, Progresopampa, San Juan De Tacabamba, Agua Brava, Vilcasit, Palma Grande, Succhapampa, Jalcanungo, Cardon, Palma Chica ,La Laguna ,Solugan, Choaguit, Nuevo San Martin, Chuspa, Alicopampa, El Sauce (Saucepampa), Vista Alegre, Cumpampa , El Naranjo Bajo, Naranjo Alto, Las Tunas Granero, La chamana, La Libertad, Peña Blanca, La Quinta, Luzcapampa, Laurel, El Carbon, Ayaque, Chucmar Alto, Bellavista, San Juan Nungo, Chucmar, Pusanga, Las Palmeras, Alto verde, El Verde, Nuevo Porvenir, Lanchecucho, Dinamarca, Union Pucara, Sexe, Pampa Grande, La Pucara, Santa Rosa De Pucara, Miraflores, Los Alisos , Centro Palma, Palma Conchud , La Colca, Nuevo Oriente, Las Tunas Alto, Cardo Bajo.(Shp del ZEE – GORECAJ).



Mapa. 1. Ubicación del distrito de Tacabamba.

3.1.3 Población urbana y rural.

De acuerdo a los censos de población y vivienda conseguidos a partir del INEI, para el distrito de Tacabamba muestran los siguientes resultados.

Tabla 4. Población urbana y rural para el distrito de Tacabamba año 2 007

Población censada	Nº Habitantes	%
Urbana	3 491	18.44
Rural	15 444	81.56
Total	18 935	100

Fuente: Adaptado de INEI (2 007)

3.1.4 Regiones Naturales del Distrito de Tacabamba.

Según a la clasificación de las regiones naturales del Perú presentado por Javier Pulgar Vidal (1 967), el distrito de Tacabamba presenta tres regiones naturales. Como se muestra en el anexo 2.

a) Yunga fluvial

Comprende los niveles altitudinales desde 1 000 hasta 2 300 msnm (Pulgar Vidal 1 967). Esta región natural, está representada por los caseríos Hualango, San Luis de Puña, Azafran, Puña, San Pablo, Ramospampa, Pilco, Progresopampa, San Juan De Tacabamba, Agua Brava, Vilcasit, Cardon, La Laguna ,Solugan, Chuspa, Alicopampa, El Sauce (Saucepampa), Vista Alegre, Cumpampa , El Naranjo Bajo, Naranjo Alto, Las Tunas, La chamana, La Quinta, Luzcapampa, , Bellavista, San Juan Nungo, Centro Palma, Nuevo Oriente, Las Tunas Alto, Cardo Bajo

b) Quechua

Comprende los niveles altitudinales desde 2 300 hasta 3 500 msnm. (Pulgar Vidal 1 967). Esta región natural, está representada por los caseríos de, Santa Rita, Nuevo Oriente, Santo Domingo, Lanchepampa, Palma Grande, Succhapampa, Jalcanungo, Palma Chica, Choaguit, Nuevo San Martin, Granero, La Libertad, Peña Blanca, El Carbon, Ayaque, Chucmar Alto, Chucmar, Pusanga, Union Pucara, Sexe, Pampa Grande, La Pucara, Santa Rosa De Pucara, Miraflores, Los Alisos, Centro Palma, Palma Conchud , La Colca., Nuevo Porvenir. Laurel

c) Suni

Comprende los niveles altitudinales desde 2 300 hasta 3 500 msnm. (Pulgar Vidal 1 967). Esta región natural, está representada por los caseríos de El verde, Lachecucho, Dinamarca. Alto verde, El Verde.

3.1.5 Hidrografía

La hidrografía del distrito de Tacabamba está conformada por cinco ríos: El río Llaucano que su bordea el distrito en forma vertical; tiene afluentes como la quebrada El chorro, quebrada Alpacocha y la quebrada Nogal; río Tuspon; el mismo que tiene como afluente a la quebrada Peña blanca, quebrada del Narajo. El río Conchan; Chetillano y Huarago .El río Llaucano es el que recorre mayor longitud del distrito de Tacabamba tiene una longitud de 15 242.91 m durante su recorrido por el distrito de Tacabamba, además sus aguas discurren de sur a norte del territorio. (ver anexo 3.)

3.1.6 Geología general.

Según el mapa de geología del Perú (2 016), el distrito de Tacabamba presenta las siguientes formaciones geológicas (ver anexo 4.)

La formación Gollarisquizga (Ki-g). Pertenece a la era Mesozoico, periodo Cretáceo, época inferior, roca sedimentaria y una litología conformada por cuarcitas y areniscas, se encuentra ocupando un área de 4 212.23 ha que equivale al 21.76% del área total, se puede observar en mayor área en los caseríos de Santa Rita, Nuevo Oriente, Puña, Santo Domingo, Lanchepampa y en menor área en los caseríos de Saucepampa, Choaguit y Vilcacit (INGEMMET 2 018).

Formación Pariatambo (Ki-pa). Pertenece a la era Mesozoico, periodo cretáceo, época inferior, roca sedimentaria y una litología conformada por dolomitas bituminosas, margas y calizas, se encuentra ocupando un área de 2 976.71 ha que equivale al 15.38 % del área total; se puede observar en mayor área en los caseríos de Chucmar, Pusanga, Peña Blanca, Chucmar Alto, Granero, Vista Alegre y en una menor extensión en los caseríos de Agua Brava, Ramospampa, Pilco (INGEMMET 2 018).

Formación Yumagual (Ks-yu). La formación Yumagual pertenece a la era Mesozoico, periodo cretáceo, época superior, roca sedimentaria y una litología conformada por calizas, lutitas y margas, se encuentra ocupando una área de 11 614.32 ha que equivale al 59.99% del área total, se puede observar en los caseríos de:Sexe, Palma Conchud,Sa Juan Nungo, La Libertad, Jalcanungo, San Juan de Tacabamba, La libertad, Alto Verde, Laurel, El Verde, Las Palmeras, Nuevo Porvenir, Dinamarca, Lanchecucho, Union Pucara, La Pucara, Miraflores, Los alisos, La Colca, Centro Palma, Palma Chica, La laguna, Las Tunas, Ayaque, El Naranjo Bajo ,El Naranjo Alto, Cardon y en menor área San Luis de Puña y Hualango (INGEMMET 2 018).

Depósitos aluviales (Qp-al). Los depósitos aluviales pertenecen a la era Cenozoico, periodo cuaternario, época Holoceno, roca sedimentaria y una litología conformada por gravas, arenas, arcillas, se encuentra ocupando un área de 498.55 ha que equivale al 2.58 % del área total, se puede observar en los caseríos de Luzcapampa, Cumpampa, Succhapampa, Solugan (INGEMMET 2 018).

3.1.7 Zonas de vida

Las zonas de vida para el área de estudio (ver anexo 5.) se han definido teniendo en cuenta el Mapa Ecológico del Perú, conjuntamente con la guía explicativa, que nos proporcionó INRENA (1 994).

3.1.7.1 Bosque húmedo montano bajo tropical

Ocupa los valles interandinos en su porción intermedia, entre los 2 500 y 3 000 msnm. La temperatura anual máxima es de 17.9 °C y la media anual mínima de 12.6 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 1972 mm y el promedio mínimo de 790.7 mm. (INRENA 1 994).

3.1.7.2 Bosque muy húmedo montano tropical

Se distribuyen en la región cordillerana, desde los 3 500 hasta cerca de los 3 800 msnm. La temperatura anual máxima es de 10.9 °C y la media anual mínima de 6.5 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 1 722 mm y el promedio mínimo de 838.4 mm. (INRENA 1 994).

3.1.7.3 Bosque seco premontano tropical

Ocupa parte de los valles interandinos del río Cajamarca, altitudinalmente se distribuye entre los 1 500 y 2 000 msnm., la temperatura media anual máxima es de 25.1 °C y la media anual mínima es de 17.4 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 1 727.5 mm y el promedio mínimo de 411.1 mm. (INRENA 1 994).

3.2 Materiales

3.2.1 Equipos de campo

Libreta de apuntes, formatos de campo, mapa lápices y lapiceros, wincha, botiquín de primeros auxilios, machete, linternas, botas de jebe, poncho impermeable, bolsa de dormir.

3.2.2 Equipos de gabinete

Papel bond A4 de 80 gramos, lapiceros y lápices, Carta nacional del Perú 1: 100 000,

Shapefile del distrito de Tacabamba obtenido del Gobierno Regional Cajamarca, Base de datos ZEE Cajamarca, Microsoft Windows 8.1, Microsoft Office 2016, ArcGIS 10.5, Envi 4.8, Erdas Imagine 2014, RGui 2.15

3.3 Metodología.

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodos (2003-2018), se realizó en el ámbito del distrito de Tacabamba, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, con un área de 19 359.81 hectáreas. La información generada sobre cobertura de la tierra, se fundamenta en el empleo del sistema de clasificación CORINE LAND COVER propuesta adaptada para el Perú hasta el nivel III (Anexo 1) con una representación cartográfica a escala 1/60 000, con un estudio semidetallado, utilizando imágenes satelitales Landsat TM con resolución espacial de 30 m y modelo de elevación digital (DEM) de 30 m para desarrollar los análisis de indicadores complementarios de vegetación y topográficos de acuerdo a la aplicación de los protocolos marco de interpretación empleando segmentación y clasificación supervisada con Random Forest (Bosque al azar), el cual presentan sub protocolos de áreas de referencia, generación de información complementaria, clasificación, validación, levantamiento de información de campo y generación e información de respaldo obtenida a partir de imágenes satelitales.

El Sistema geodésico de referencia utilizado fue WGS84 y el sistema cartográfico de representación UTM fue la zona 17 sur. La interpretación sobre imagen de referencia será del satélite Landsat TM y la unidad mínima de mapeo cartografiable, es de 5 (ha). Los softwares utilizados para la generación del mapa son el software Erdas Imagine 2014 para la corrección atmosférica de la imagen satelital Landsat TM, ENVI Zoom para la segmentación, software ArcGIS 10.5. para la interpretación visual en pantalla y procesamiento digital de información vectorial, Software RGui 2.15 para el análisis estadístico, aplicación del algoritmo de clasificación, calibración del umbral de análisis, evaluación de los indicadores de calidad cartográfica (Índice Porcentaje Correctamente Clasificado e Índice de Kappa), Matriz de confusión y por lo siguiente formarán parte de la construcción del modelo para la generación del mapa de cobertura de la tierra.

3.4 Proceso de generación de mapas.

a. Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de los mapas base de los años 2 003-2 018.

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.

b. Descarga del modelo de elevación digital DEM

Se realizó a través del geo servidor del ministerio del Ambiente de la zona 17 S.

c. Selección y descarga de imágenes Landsat.

Las imágenes Landsat del distrito de Tacabamba, fueron adquiridas del servidor <https://earthexplorer.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 5. Datos de las imágenes descargadas.

ID(Descripción imagen)	SATÉLITE	Fecha
LT05L1TP00906520030721	Landsat 5	21/07/2 003
LC08L1TP00906520180107	Landsat 8	01/07/2 018

d. Corrección atmosférica de las imágenes descargadas.

La corrección atmosférica se realizó con el software ENVI 5.3.1, en donde se corrigió el ángulo de toma de la imagen.

Proceso de Clasificación para la Representación Cartográfica

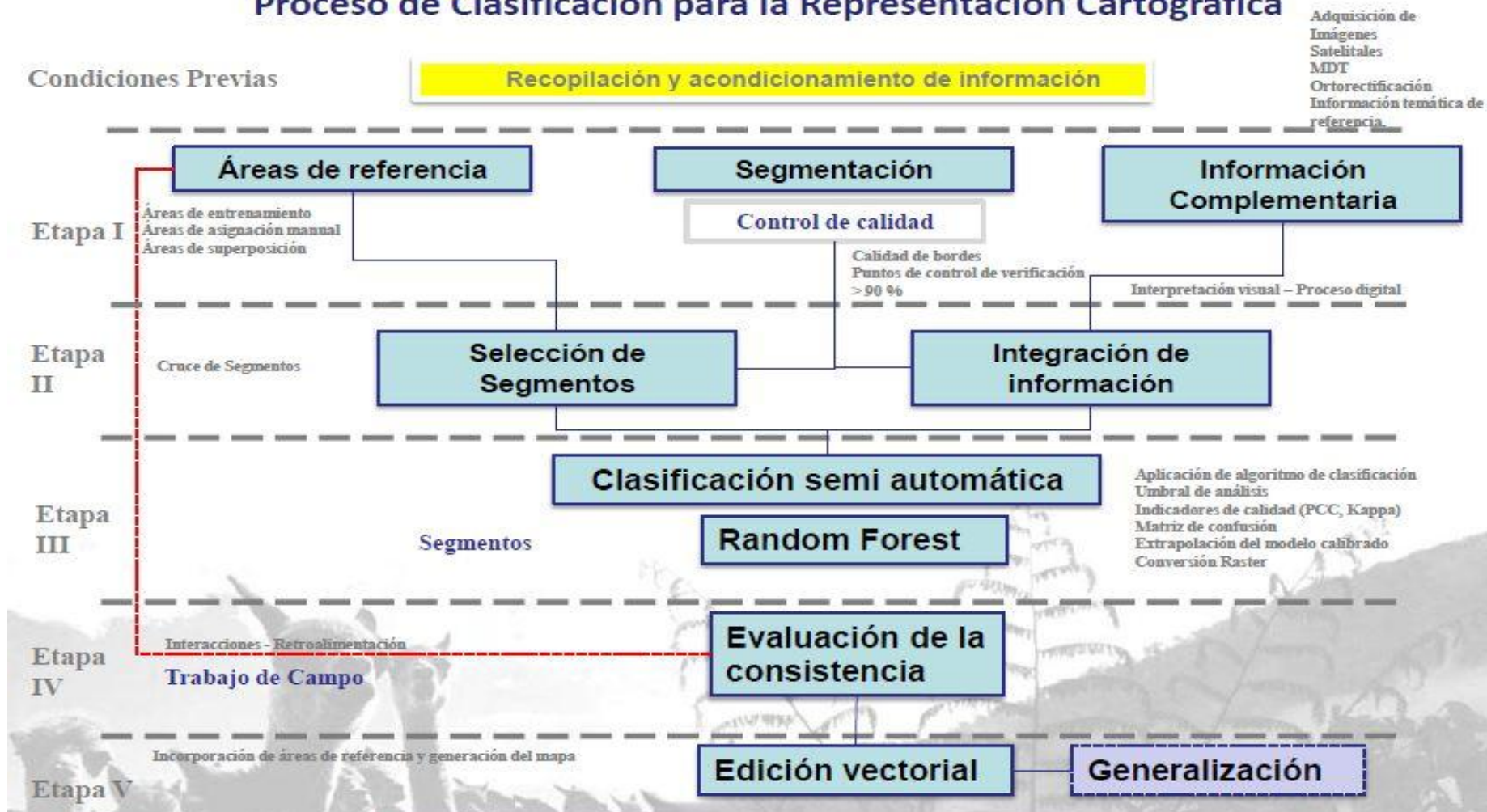


Figura 1. Proceso de clasificación para la representación cartográfica

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM)

3.4.1.1 . Etapa I

a. Áreas de referencia.

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

b. Segmentación

Para realizar el proceso de segmentación se utilizó el software Envi Zoom 4.8, con la finalidad de dividir en segmentos por medio de una agrupación de pixeles vecinos cuyas características (Brillo, textura, color) tienen valores similares, se consideró los siguientes parámetros;

Escale. Para segmentar las imágenes se requiere solo un parámetro (scale level), este parámetro puede variar entre 0 y 100, valores altos generan pocos segmentos.

Merge (unir). Es un parámetro opcional, tiene un rango de 0 a 100 se utiliza para integrar segmentos muy pequeños a segmentos más grandes, elementos como árboles y nubes pueden generar segmentos no deseados.

Tabla 6.Valores obtenidos de la segmentación.

Segmentación	Landsat5	Landsat8
Escale	20	20
Margen	25	25

Fuente:Elaboración propia

c. Información complementaria.

Se generó los indicadores en el software de ENVI 4.8 y ArcGis a partir del procesamiento de las imágenes satelitales como son:

Brightness (Brillo). Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat5 y Landsat8.

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

Slope (Pendiente). Archivo en formato ráster que contiene datos sobre altitud, 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.

3.4.1.2 Etapa II

a. Selección de segmentos (áreas de entrenamiento)

Se creó un shapefile con el nombre de aeita_1 con el software ArcGis, que nos permite reconocer los segmentos que se muestran consistentes, constituye el conjunto de información de entrada que alimentara el proceso de clasificación automática.

Además, se utilizó el Model Builder “Coberturas_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (MINAM 2 013), 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. Se obtiene el SegSelc_A2.shp en formato shapefile.

b. Integración de información

La información complementaria se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “recogiendo Info Raster” obtenido del Ministerio del Ambiente, 2 013, consiste en unir la información obtenida de la segmentación y la información complementaria. De esta etapa se nos genera una tabla llamada “Todo seg” en formato .dbf y Rdata.

3.4.1.3 Etapa III

a. 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 año 2013, consiste en procesar el archivo generado en la selección de segmentos “SegSelc_A2.shp” y el archivo generado partir de la integración de información “Todo seg, en formato .dbf y Rdata. en donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en un formato ráster.

b. Randomización de bosque (Random forest)

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

3.4.1.4 Etapa IV. Fase de campo.

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 uso actual de la tierra como cultivos, herbazales, arbustos, etc.

3.4.1.5 Etapa V (Fase final de gabinete).

a. Edición vectorial.

Procesamiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGis 10.5. sobre las imágenes satelitales, todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo.

b. 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.

CÁPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Categorías de cobertura y uso del suelo, identificadas para el distrito de Tacabamba, según la clasificación de Cobertura terrestre (Corine Land Cover).

Del análisis de las 2 imágenes utilizadas para la presente investigación, se determinaron 9 categorías, las cuales han sido clasificadas en el Nivel III de 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 Tacabamba; como se muestra a continuación.

Tabla 7. Categorías del uso actual del suelo identificadas en el distrito de Tacabamba.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1. Área urbana	Au
	2.1. Cultivos transitorios	2.1. cultivos transitorios	Ct
2. Áreas Agrícolas	2.3 Pastos	2.3 Pastos	Pa
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	Ah
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo	Bdb
		3.1.2. Bosque abierto bajo	Bab
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Hierbas	He
		3.3.2 Arbustos	Ar
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 suelos desnudos	Td

Fuente. Elaboración propia

4.1.1 “1. Áreas artificializadas”

a. “1.1. Áreas urbanizadas”

“1.1.1. Área urbana (Au)”

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.



Figura 2-Paisaje mostrando el área urbana del distrito de Tacabamba rodeado de pastos (*Lolium* spp) cercado con vegetación arbórea de sauce (*Sambucus chilesis* kanth) y eucalipto (*Eucaliptus globulus* L.)



Figura 3. Paisaje mostrando área urbana del Centro Poblado Pucara rodeado de cultivos transitorios, papa (*Solaum tuberosum* L) pastos (*Lolium* spp) y árboles de ciprés (*Cupresus funebris* L.)

4.1.2 “2. Áreas agrícolas”

a. “2.1. Cultivos transitorios (Ct)”

Son 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, cebada), los tubérculos (papa), raíces (yuca), las oleaginosas (el girasol), la mayor parte de las hortalizas y algunas especies de flores a cielo abierto. En el distrito de Tacabamba se encuentran los siguientes cultivos: papa (*Solanum tuberosum* L.), maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), avena (*Avena sativa* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Arveja (*Pisum sativum* L.), oca (*Oxalis tuberosa* Caldas), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancy), yuca (*Manihot esculenta* Crantz).



Figura 4-Cultivos transitorios centro poblado Chucmar donde se muestra los cultivos de papa. (*Solaum tuberosum* L) y maíz blanco (*Zea mays* L.)

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 Tacabamba podemos encontrar pastos naturales predominado las especies como: grama (*Cynodon dactylon* L.) kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov.) y pastos cultivados como Rye gras (*Lolium multiflorum* Lam.), Trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), trébol blanco (*Trifolium repens* L.), Alfalfa (*Medicago sativa* L.).



Figura 5. Categoría de pastos caserío Succhapampa destacando las especies de grama (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov.), trébol blanco (*Trifolium pratense* L.) y rey grass (*Lolium multiflorum* Lam.)

c.”2.4. Áreas agrícolas heterogéneas”

Son áreas con cultivos diferentes que producen en la zona tales como: Queñual de montaña (*Polylepis besseri* Hieron.), quishuar (*Buddleja bullata* Kunth), agracejo (*Berberis communis* Eichler), suro (*Chusquea scandens* Kunth), zarzamora (*Rubus ideaus* f. laevis (Weston) Rehder) papa (*Solanum tuberosum* L.), cebada (*Horedum vulgare* L.), oca (*Oxalis tuberosa* Molina), haba (*Vicia faba* L.), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas), trigo (*Triticum aestivum* L.), alverja (*Pisum sativum* L.), maíz (*Zea mays* L.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.), chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), que la mayoría se desarrollan en un área menor a 1 (ha) y bajo secano. El producto cosechado forma parte del autoconsumo y algunos destinados para el mercado.



Figura 6. Paisaje mostrando la categoría de cultivos heterogéneos caserío Pampa Grande destacado sembríos de papa (*Solanum tuberosum* L.), rey gras (*Lolium* spp.), pinos (*Pinus patula* L.)

4.1.3 “3. Bosques y áreas mayormente naturales”

a. 3.1. Bosques

“3.1.1. Bosque denso bajo”

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a cinco metros, pero inferior a 15 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1 999). En Tacabamba se encuentran las siguientes plantas: Jaramillo. (*Caraipa* sp), palmera de montaña Wallace (*Leopoldinia piassaba*), palmera (*Oenocarpus bataua* Mart.), caraño ediondo subsp. *krukoffii* (Swart) D.C. Daly (*Protium divaricatum*), sangre toro (*Virola elongata* (Benth.) Warb.) queñual de montaña (*Polylepis besseri* Hieron.), palo rosa (*Aniba duckei* Kosterm),. leche leche (*Anonocarpus peruvianus* Ducke), quishuar (*Buddleja bullata* Kunth), palo blanco (*Calatola columbiana* Sleumer), nuestro árbol nacional la quina o cascarilla (*Cinchona officinalis* var. *uritusinga* Howard).



Figura 7. Categoría de bosque denso bajo centro poblado Jalcanungo muestra las especies de quishuar (*Buddleja bullata* Kunth), queñual de montaña (*Polylepis besseri* Hieron), palo blanco (*Calatola colombiana* Sleumer)

3.1.2 Bosque abierto bajo

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos con altura del dosel superior a cinco metros e inferior a 15 metros, y cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% . En Tacabamba se encuentran la siguiente vegetación: pasto duro (*Agrostis leptotricha* Desv.), agracejo (*Berberis communis* Eichler), tulula (*Cortaderia pilosa* (Dürv.) Hackel), Calafate (*Galium hypocarpium* (L.)), maiten (*Maytenus chubutensis* (Speg.) Lourt.), reina mora. (*Mutisia spinosa* R.) molle (.*Schinus patagonicus* (Phil.) I.M. Johnst. *Viola maculata* (Poir.) DC. ex Ging., suro (*Chusquea scandens* Kunth), zarzamora (*Rubus ideaus* f. *laevis* (Weston) Rehder)



Figura 8. Paisaje mostrando la categoría de bosque abierto bajo caserío Cumpampa. con plantas como: agracejo (*Berberis communis* Hackel),suro. (*Chusquea scandens* Kunth.), mora (*Rubus ideaus* f. *laevis* (Weston) Rehder), cortadera (*Cortaderia pilosa* (Dürv.) Eichler.).

3. Áreas con vegetación Herbácea y/o arbustivo”

“3.3.1. 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 Tacabamba se encontró las especies de herbazal como son paja o ichu (*Jarava ichu* Ruiz & Pav), pajilla (*Schizachyrium sanguineum* Retz), *Lolium spp.*



Figura 9. Paisaje mostrando la categoría Hierbas caserío Dinamarca destaca los cultivos de ichu (*Jarava ichu* Ruiz & Pav), rey gras (*Lolium spp*), chocho silvestre (*Lupinus sp*).

3.3.2. Arbustos (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 Tacabamba se encontró arbustos como zarzamora (*Rubus vestitus* Weihe), pushgay (*Vaccinium floribundum* Kunth), poro poro (*Passiflora tripartita* Juss.), lanche (*Eugenia sp.*), tres hojas (*Mauria heterophylla* Kunth), tomatillo de perro (*Solanum aloysiifolium* Dunal), *Hesperomelos cuneata*, *Baccharis alaternoides* Khunt, Ada (*Tecoma stans* Kunth), malmal (*Monnina conferta* Ruiz & Pav.), tallanco (*Baccharis nítida* (Ruiz & Pav.)Pers.), chilca (*Baccharis latifolia* Ruiz & Pav.)Pers.),), tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntze), agave (*Agave*

americana L.), chamana (*Dodonea viscosa*(L.) Jac), cabuya (*Fourcroya occidentalis* Trel.), matico (*Buddleja globosa* Hope).



Figura 10. Paisaje mostrando la categoría Arbustos caserío Lanchepampa destaca arboles de eucaliptos y especies como matico (*Buddleja globosa* Hope), chamana (*Dodonea viscosa* L.) , chilca (*Baccharis latifolia* Ruiz & Pav.)Pers, tallanco (*Baccharis nítida* Ruiz & Pav.),mal mal (*Monnina conferta* Ruiz & Pav).

a. “3.4. Áreas sin o con poca vegetación”

3.4.3. Tierras desnudas.

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas.



Figura 11.Tierras desnudas caserío La Pucara.deslizamiento de tierras causa natural

4.2 Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo ocurrido en los años 2003 y 2018.

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 del suelo año 2 003

a. Matriz de confusión

Tabla 8. Matriz de confusión año 2 003

		Categorías asignadas a la imagen									Total	F.USUARIO %
		1.1	2.1	2.3	2.4	3.1.1	3.1.2	3.3.1	3.3.2	3.4.3		
Resultados de la clasificación	1.1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	100.00
	2.1	0	21	0	1	0	0	0	0	0	22	95.45
	2.3	0	0	30	0	0	0	0	0	0	30	100.00
	2.4	0	1	0	24	0	0	0	0	0	25	96.00
	3.1.1	0	0	0	0	19	0	0	1	0	20	95.00
	3.1.2	0	0	0	0	1	27	0	0	0	28	96.43
	3.3.1	0	0	0	0	0	1	18	0	0	19	94.74
	3.3.2	0	0	1	0	0	0	0	20	0	21	95.24
	3.4.3	0	0	0	0	0	0	1	0	12	13	92.31
	TOTAL	10	22	31	25	20	28	19	21	12	188	F.Gobal % 96.13
F.PRODUCTOR %		100	95.5	96.8	96	95	96.43	94.74	95.24	100	96.63	

Interpretación

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

En la primera fila se digitalizaron 10 áreas de entrenamiento que pertenecen Áreas urbanas (11), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100%.

En la segunda fila se digitalizaron 22 clasificaciones de las cuales 21 fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (21) y 1 fue confundida con Áreas heterogéneas (24). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.45%.

En la tercera fila se digitalizaron 30 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (23), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 25 áreas de entrenamiento que pertenecen a Áreas heterogéneas (24), de las cuales 24 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con a Cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 96%.

En la quinta fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a Bosque denso bajo (311), de las cuales 19 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con arbustos (332). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95%

En la sexta fila se digitalizaron 28 áreas de entrenamiento que pertenecen a Bosque abierto bajo (312), de las cuales 27 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Bosque denso bajo (311). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 96.43%.

En la séptima fila se digitalizaron 28 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbasal (331), de las cuales 27 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Bosque abierto bajo (312). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.74%.

En la octava fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustos (332), de las cuales 20 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Pastos (23). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.24%.

En la novena fila se digitalizaron 13 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tierras desnudas (343), de las cuales 12 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Herbasal (331). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 92.31%.

En las columnas se muestra la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario.

En la primera columna se obtuvieron 10 clasificaciones que pertenecen a Área urbana (11), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del productor de 100%.

En la segunda columna se obtuvieron 22 clasificaciones de las cuales 21 fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (21) y 1 fue confundida con Áreas heterogéneas (24). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.5%.

En la tercera columna se obtuvieron 31 clasificaciones que pertenecen a Pastos (23), de las cuales 30 fueron clasificadas correctamente y 1 fue confundida con Arbustos (332). Equivalente a una fiabilidad del productor de 96.8 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 25 áreas de entrenamiento que pertenecen a Áreas heterogéneas (24), de las cuales 24 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con a Cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad del productor de 96%.

En la quinta columna se obtuvieron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a Bosque denso bajo (311), de las cuales 19 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con Bosque abierto bajo (312). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95 %

En la sexta columna se obtuvieron 28 áreas de entrenamiento que pertenecen a Bosque abierto bajo (312), de las cuales 27 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con herbazal (331). Equivalente a una fiabilidad del productor de 96.43%.

En la séptima columna se obtuvieron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal (331), de las cuales 18 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con Tierras desudas (343). Equivalente a una fiabilidad del productor de 94.74%.

En la octava columna se obtuvieron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustos (332), de las cuales 20 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con Busque denso bajo (311). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.24%.

En la novena fila se obtuvieron 12 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tierras desnudas (343), de las cuales todas fueron correctamente clasificadas. Equivalente a una fiabilidad del productor de 92.31%

b. Índice Kappa

Cálculo del índice de capa para el año 2003

$$P_0 = \frac{10 + 21 + 30 + 24 + 19 + 27 + 18 + 20 + 12}{188} = 0.96$$

$$P_e = \frac{(10 \times 10) + (21 \times 22) + (30 \times 31) + (24 \times 25) + (19 \times 20) + (27 \times 28) + (18 \times 19) + (20 \times 21) + (12 \times 12)}{188^2} = 0.12$$

$$K = \frac{0.96 - 0.12}{1 - 0.12} = 0.95$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.95 que según la fuerza de concordancia es Casi perfecto.

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2003 es 95.56 %.

d. Categorías encontradas en el año 2003. Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en julio del 2003 se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Categorías obtenidas para el año 2003.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Superficie	
				Área(ha)	%
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1. Áreas urbanizadas	Au	44.57	0.23
2. Áreas Agrícolas	2.1. Cultivos transitorios	2.1. cultivos transitorios	Ct	6154.73	31.79
	2.3 Pastos	2.3 Pastos	Pa	1780.77	9.20
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	Ah	5020.63	25.93
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo	Bdb	124.85	0.64
		3.1.2. Bosque abierto bajo	Bab	814.29	4.21
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Hierbas	He	1874.45	9.68
		3.3.2. Arbustos	Ar	3043.86	15.72
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas	Td	501.67	2.59
Total				19359.81	100

Fuente. Elaboración propia

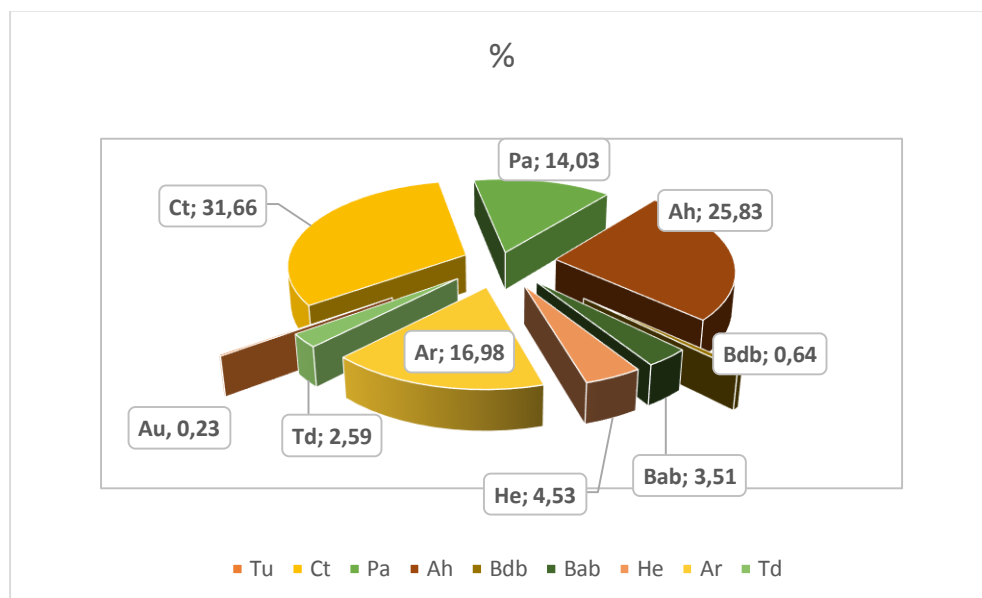


Gráfico 1. Descripción porcentual de cobertura año 2 003

Según el gráfico

El 0.23 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Área urbana (Au).

El 31.66% de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Cultivos transitorios (Ct).

El 14.03 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Pastos (Pa).

El 25,83 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Áreas heterogéneas(Ah).

El 0.64 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Bosque denso bajo (Bdb).

El 3.51 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Bosque abierto bajo (Bab).

El 4.53 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por herbazal (He).

El 16.98 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Arbustos (Ar).

El 2.59 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por suelos desnudos (Td).

4.2.2 Cobertura y uso del suelo año 2 018

a. Matriz de confusión

Se realizó la matriz de confusión para el año 2 018 en dicha matriz se obtuvo la Fiabilidad del producto y la Fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Tabla 10.Matriz de confusión año 2 018

		Categorías asignadas a la imagen								Total	F.USUARIO %
		1.1	2.1	2.3	2.4	3.1.2	3.3.1	3.3.2	3.4.3		
Resultados de la clasificación	1.1	10	0	0	0	0	0	0	0	10	100.00
	2.1	0	21	0	1	0	0	0	0	22	95.45
	2.3	0	0	30	0	0	0	0	0	30	100.00
	2.4	0	1	0	24	0	0	0	0	25	96.00
	3.1.2	0	0	0	0	26	0	1	0	27	96.30
	3.3.1	0	0	0	0	0	19	0	1	20	95.00
	3.3.2	0	0	0	0	1	0	25	0	26	96.15
	3.4.3	0	0	0	0	0	1	0	21	22	95.45
	TOTAL		10	22	30	25	27	20	26	22	182
F.PRODUCTOR %		100	95.45	100	96.0	96.30	95.00	96.15	95.45	100	

Interpretación

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

En la primera fila se digitalizaron 10 áreas de entrenamiento que pertenecen a Áreas urbanas (11), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00%.

En la segunda fila se digitalizaron 22 clasificaciones de las cuales 21 fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (21) y 1 fue confundida con Áreas heterogéneas (24). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.45%.

En la tercera fila se digitalizaron 30 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (23), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100%.

En la cuarta fila se digitalizaron 25 áreas de entrenamiento que pertenecen a Áreas heterogéneas (24), de las cuales 24 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con a Cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 96%.

En la quinta fila se digitalizaron 27 áreas de entrenamiento que pertenecen a Bosque abierto bajo (312), de las cuales 26 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con arbustos (332). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 96.30 %

En la sexta fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal (331), de las cuales 19 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Tierras desnudas (343). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95%..

En la séptima fila se digitalizaron 26 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustos (332), de las cuales 25 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Bosque abierto bajo (312). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 96.15%.

En la octava fila se digitalizaron 22 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tierras desnudas (343), de las cuales 21 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Herbazal (331). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.45%.

En las columnas se muestra la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario.

En la primera columna se obtuvieron 10 clasificaciones que pertenecen a Área urbana (11), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del productor de 100%.

En la segunda columna se obtuvieron 22 clasificaciones de las cuales 21 fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (21) y 1 fue confundida con Áreas heterogéneas (24). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.45%.

En la tercera columna se obtuvieron 30 clasificaciones que pertenecen a Pastos (23), de las cuales todas fueron clasificadas correctamente. Equivalente a una fiabilidad del productor de 100 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 25 áreas de entrenamiento que pertenecen a Áreas heterogéneas (24), de las cuales 24 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad del productor de 96 %.

En la quinta columna se obtuvieron 27 áreas de entrenamiento que pertenecen a Bosque abierto bajo (312), de las cuales 26 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con Arbustos (332). Equivalente a una fiabilidad del productor de 96.30 %

En la sexta columna se obtuvieron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal (331), de las cuales 19 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con Bosque abierto bajo (312). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95%.

En la séptima columna se obtuvieron 26 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustos (332), de las cuales 25 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con Herbazal (331). Equivalente a una fiabilidad del productor de 96.15%.

En la octava columna se obtuvieron 22 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tierras desnudas (343), de las cuales 21 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con Herbazal (331). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.45%.

b. Índice Kappa

Cálculo del índice de capa para el año 2 003

$$P_0 = \frac{10 + 21 + 30 + 24 + 26 + 19 + 25 + 21}{182} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(10 \times 10) + (21 \times 22) + (30 \times 30) + (24 \times 25) + (26 \times 27) + (19 \times 20) + (25 \times 26) + (21 \times 22)}{182^2} = 0.13$$

$$K = \frac{0.97 - 0.13}{1 - 0.13} = 0.96$$

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 2 018 es 97.13 %.

d. Categorías encontradas en el año 2 018

La principal categoría de cobertura vegetal encontrados en julio del 2 018 se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11. Coberturas encontradas año 2 018

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Superficie		
			Código	Área(ha)	%
1. Areas Artificializadas	1.1. Areas urbanizadas	1.1. Área urbana	Au	58.01	0.30
2. Areas Agrícolas	2.1. Cultivos transitorios	2.1. cultivos transitorios	Ct	6471.46	33.43
	2.3 Pastos	2.3 Pastos	Pa	3033.93	15.67
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	Ah	3849.02	19.88
	3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.1.2. Bosque abierto bajo	Bab	555.67
3.3.1. Hierbas			He	2457.35	12.69
3.3.2 Arbustos			Ar	2437.84	12.59
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas	Td	496.53	2.56
Total				19359.81	100

Fuente. Elaboración propia

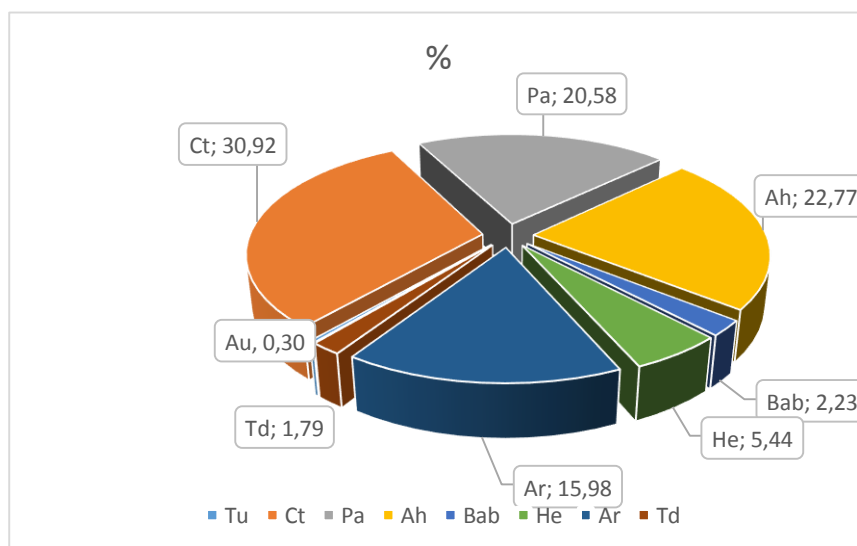


Gráfico 2. Descripción porcentual de cobertura año 2 018

Según el gráfico

El 0.30 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Área urbana (Au).

El 30.92 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Cultivos transitorios (Ct).

El 20.58 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Pastos (Pa).

El 22.77 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Áreas heterogéneas(Ah).

El 2.23 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Bosque abierto bajo (Bab).

El 5.44 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por herbazal (He).

El 12.98 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por Arbustos (Ar).

El 1.72 % de la superficie del distrito de Tacabamba está cubierta por suelos desnudos (Td).

4.3 Análisis de cambio y no cambio de uso de la tierra.

Para determinar el cambio y no cambio de cobertura, se evaluó la transición de los polígonos de forma global entre cada año de evaluación (2 003 y 2 018), como se muestra los resultados del análisis.

4.3.1 Cambio y no cambio de uso del suelo años 2 003 y 2 018.

En los años 2 003 y 2 018, hubo ganancia de área (+) así como pérdida (-), en las categorías diferenciadas, se obtuvo una ganancia en las categorías Área urbana (Au) con +13.44 ha, Cultivos transitorios (Ct) con +316.73ha ,Pastos (Pa) con +1 253.16ha, Hierbas (He) 582.90 ha; por otro lado las categorías que han mostrado un cambio negativo son Áreas heterogéneas (Ah) con -1 171.70, Bosque denso bajo (Bdb), con -124.85ha, Bosque abierto bajo(Bab) con -258.61 Arbustos (Ar) -600.02 ha, y Tierras desnudas (Td) -5.14 ha. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en la tabla 13.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Superficie 2003		Superficie 2018		2003-2018	
				Área(ha)	%	Área(ha)	%	Área(ha)	%
1. Areas Artificializadas	1.1. Areas urbanizadas	1.1. Areas urbanas	Au	44.57	0.23	58.01	0.30	13.44	0.07
2. Areas Agrícolas	2.1.Cultivos transitorios	2.1.cultivos transitorios	Ct	6,154.73	31.79	6,471.46	33.43	316.73	1.64
	2.3 Pastos	2.3 Pastos	Pa	1,780.77	9.20	3,033.93	15.67	1,253.16	6.47
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	Ah	5,020.63	25.93	3,849.02	19.88	-1,171.60	6.05
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1.Bosques	3.1.1.Bosque denso bajo	Bdb	124.85	0.64	-	-	-124.85	0.64
		3.1.2.Bosque abierto bajo	Bab	814.29	4.21	555.67	2.87	-258.61	1.34
	3.3.Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1.Hierbas	He	1,874.45	9.68	2,457.35	12.69	582.90	3.01
		3.3.2 Arbustos	Ar	3,043.86	15.72	2,437.84	12.59	-606.02	3.13
	3.4.Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Suelos desnudos	Td	501.67	2.59	496.53	2.56	-5.14	0.03
Total				19,359.81	100.00	19,359.81	100.00	0.00	0.00

Fuente. Elaboración propia

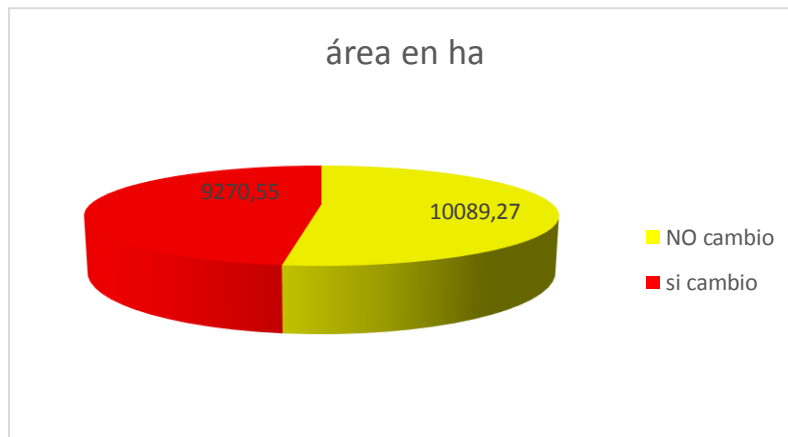


Gráfico 3. Cambio y no cambio de uso del suelo años 2003 y 2018.

Del Gráfico.

Según el gráfico 3, se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Tacabamba en los años 2003 y 2018, de un total de 19 359.81 ha sufrieron cambios 9 270.55 ha equivalente al 47.89 % y no cambio 10 089.27 ha equivalente al 52.11 %, como se muestra en el mapa de cambio y no cambio (ver anexo 9).

4.4 Análisis de transición de cobertura y uso del suelo.

4.4.1 Análisis de cambio 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 en el periodo de evaluación. En este proceso, solo se evalúa las áreas en las que hubo cambio, dejándose de lado las de no cambio. A continuación, se muestran los resultados de este análisis.

a. Cambios de cobertura años 2003 y 2018.

En cuanto a los cambios de cobertura años 2003 y 2018 en el Distrito de Tacabamba, se determinó que los principales cambios de cobertura son:

La categoría Cultivos transitorios (Ct) fue reemplazada por Pastos (Pa) con un área de 693.09 ha, áreas heterogéneas (Ah) con un área de 1 125.24 ha, Bosque abierto bajo (Bab) con un área de 29.86 ha, Herbazal (He) con un área de 253.86 ha, Arbustos (Ar) con un área de 273.24 ha y Suelos desnudos (Td) con un área 124.87 ha. La categoría Cultivos transitorios (Ct) tuvo una ganancia total de 316.53 ha.

La categoría Pastos (Pa) fue reemplazada por Cultivos transitorios (Ct) con un área de 1 013.40 ha, áreas heterogéneas (Ah) con un área de 569.50 ha, Herbazal (He) con un área de 464.54 ha, Arbustos (Ar) con un área de 200.86 ha, Suelos desnudos (Td) con un área de 173.27 ha. La categoría Pastos (Pa) tuvo una ganancia total de 1 253.16 ha.

La categoría Áreas heterogéneas (Ah) fue reemplazada por Cultivos transitorios (Ct) con un área de 1098.16 ha, Pastos (Pa) con un área de 204.71 ha, Bosque denso bajo (Bdb) con un área de 53.12 ha, Bosque abierto bajo (Bab) con un área de 78.14 ha, Herbazal (He) con un área de 76 ha, Arbustos (Ar) con un área de 404.30 ha, Suelos desnudos (Td) con un área de 18.97 ha. La categoría áreas heterogéneas (Ah) tuvo una pérdida total de 1 171.60 ha.

La categoría Bosque abierto bajo (Bab) fue remplazado por: Pastos (Pa) con un área de 23.26 ha, áreas heterogéneas (Ah) con un área de 27.40 ha, Herbazal (He) con un área de 12.51 ha, Arbustos (Ar) con un área de 166.97 ha. La categoría Pastos (Pa) tuvo una Pérdida total de 258.61 ha.

La categoría Herbazal(He) fue reemplazada por Cultivos transitorios(Ct) con un área de 391.57 ha, Pasto(Pa) con un área de 94.81 ha, áreas heterogéneas(Ah) con un área de 321.37 ha, Arbustos (Ar) con un área de 116.00 ha., Suelos desnudos (Td) con un área de 41.66 ha. La categoría Herbazal (He) tuvo una ganancia total de 582.90 ha.

La categoría Arbustos(Ar) fue reemplazada por Cultivos transitorios(Ct) con un área de 58.79 ha, Pastos(Pa) con un áreas de 131.55 ha, áreas heterogéneas(Ah) con un área de 435.69, Bosque denso bajo (Bdb) con un área de 28.99 ha, Bosque abierto bajo (Bab) con un área de 206.21 ha, Herbazal (He) con un área de 145.39 ha., Suelos desnudos (Td) con un área de 5.03 ha. La categoría Arbustos(Ar) tuvo una pérdida total de 606.02 ha.

La categoría Suelos desnudos (Td) fue remplazado por Cultivos transitorios(Ct) con un área de 63.50 ha, Pastos(Pa) con un área de 17.87 ha, áreas heterogéneas (Ah) con un área de 54.99 ha, Herbazal(He) con un área de 14.05 ha, Arbustos(Ar) con un área de 56.50 ha. La categoría de tierras desnudas tuvo una Pérdida total de 5.14 ha.

En conclusión, en los años 2 003 y 2 018 la categoría de Área urbana gano un área de 13.48 ha., Cultivos transitorios ganó un área de 316.73 ha., Pastos(Pa) gano un área de 1

253.16 ha., Áreas Agrícolas heterogéneas perdió 1 171.60 ha., Bosque denso bajo perdió 124.85 ha., Bosque abierto bajo perdió 258.61 ha. Herbazal (He) gano un área de 582.90 ha., Arbustos (Ar) perdió un área de 606.02 ha. Suelos desnudos tuvo una Pérdida total de 5.14 ha. A continuación, se presenta los resultados:

Tabla 12. Transición de la cobertura y uso del suelo, años 2 003 y 2 018

código	Simbología	CUS-2003	CUS-2018	Área ha	%
1	Ct-Pa	Cultivos transitorios	Pastos	693.09	3.58
2	Ct-Ah	Cultivos transitorios	Áreas heterogeneas	1,125.94	5.82
3	Ct-Bab	Cultivos transitorios	Bosque abierto bajo	29.86	0.15
4	Ct-He	Cultivos transitorios	Hierbas	253.86	1.31
5	Ct-Ar	Cultivos transitorios	Arbustos	273.24	1.41
6	Ct-Td	Cultivos transitorios	Suelos desnudos	124.87	0.65
7	Pa-Ct	Pastos	Cultivos transitorios	1,013.40	5.23
8	Pa-Ah	Pastos	Áreas heterogeneas	569.50	2.94
9	Pa- He	Pastos	Hierbas	464.54	2.40
10	Pa-Ar	Pastos	Arbustos	200.86	1.04
11	Pa-Td	Pastos	Suelos desnudos	173.27	0.90
12	Ah-Ct	Áreas heterogeneas	Cultivos transitorios	1,098.16	5.67
13	Ah-Ct	Áreas heterogeneas	Pastos	204.71	1.06
14	Ah-Bdb	Áreas heterogeneas	Bosque denso bajo	53.12	0.27
15	Ah-Bab	Áreas heterogeneas	Bosque abierto bajo	78.74	0.41
16	Ah- He	Áreas heterogeneas	Hierbas	76.00	0.39
17	Ah-Ar	Áreas heterogeneas	Arbustos	404.30	2.09
18	Ah-Td	Áreas heterogeneas	Suelos desnudos	18.97	0.10
19	Bab-Pa	Bosque abierto bajo	Pastos	23.26	0.12
20	Bab-Ah	Bosque abierto bajo	Áreas heterogeneas	27.40	0.14
21	Bab- He	Bosque abierto bajo	Hierbas	12.51	0.06
22	Bab-Ar	Bosque abierto bajo	Arbustos	166.97	0.86
23	He-Ct	Hierbas	Cultivos transitorios	391.57	2.02
24	He-Pa	Hierbas	Pastos	94.82	0.49
25	He- Ah	Hierbas	Áreas heterogeneas	321.37	1.66
26	He-Ar	Hierbas	Arbustos	116.00	0.60
27	He-Td	Hierbas	Suelos desnudos	41.66	0.22
28	Ar-Ct	Arbustos	Cultivos transitorios	58.79	0.30
29	Ar-Pa	Arbustos	Pastos	131.55	0.68
30	Ar- Ah	Arbustos	Áreas heterogeneas	435.69	2.25
31	Ar-Bdb	Arbustos	Bosque denso bajo	28.99	0.15
32	Ar-Bab	Arbustos	Bosque abierto bajo	206.21	1.07
33	Ar- He	Arbustos	Hierbas	145.39	0.75
34	Ar-Td	Arbustos	Suelos desnudos	5.03	0.03
35	Td-Ct	Suelos desnudos	Cultivos transitorios	63.50	0.33
36	Td-Pa	Suelos desnudos	Pastos	17.87	0.09
37	Td- Ah	Suelos desnudos	Áreas heterogeneas	54.99	0.28
38	Td- He	Suelos desnudos	Hierbas	14.05	0.07
39	Td-Ar	Suelos desnudos	Arbustos	56.50	0.29
40	No cambio			10 089.27	52.11
Total				19 359.81	100.00

CÁPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se identificó los cambios de cobertura y uso actual del suelo del Distrito de Tacabamba por medio de imágenes satelitales a través de la metodología Corine Land Cover para los años 2 003 y 2 018, en un nivel III, identificándose Nueve categorías: Áreas urbanas, pastos, Áreas heterogéneas, Cultivos transitorios, Hierbas, Arbustos, Bosque denso bajo, Bosque abierto bajo, Suelos desnudos.

Se elaboró los mapas de cobertura y uso actual del suelo, con el algoritmo de máxima verosimilitud para los años 2 003 y 2 018, alcanzando una fiabilidad de 96.13 % para el año 2 003, 96.79 % para el año 2 018 el cual fue validado en campo.

La cobertura que más cambios sufrió en los años 2 003 y 2 018 fue Pastos (Pa) con un aumento de 1 125.94 ha equivalente al 5.82 %, la cobertura con menos cambio fue Tejido urbano continuo con un aumento de área de 13.44 ha equivalente al 0.07%.

5.2 Recomendaciones

A la Sub Gerencia de Acondicionamiento Territorial (SGAT), tener en cuenta los resultados y ciertas consideraciones del presente estudio, para efectos de la Zonificación Ecológica, Económica y Ordenamiento Territorial de la Región Cajamarca.

A los técnicos cuando se tenga que realizar la Zonificación Ecológica, Económica a nivel de distrito de Tacabamba; deben hacerlo ciñéndose a la escala cartográfica correspondiente. Formular alternativas de uso del territorio, a fin de evitar inconvenientes al tiempo que se efectuó el ordenamiento territorial.

SERNANP. Las tierras con bosques naturales deben ser protegidas, puesto que alberga una importante biodiversidad, sobre todo de especies nativas como por ejemplo el queñual y la cascarilla (árbol de la quina), entre otros.

SERFOR.es totalmente necesario la implementación de prácticas de manejo e inventario forestal, en aquellas tierras con bosque natural; actividad que se debe transferir a los Gobiernos Locales.

A los futuros investigadores. Durante el desarrollo de esta tesis han surgido algunas líneas futuras de investigación como: Composición florística del distrito de Tacabamba, zonas turísticas de Tacabamba; que son el resultado de cuestiones que han ido surgiendo durante la realización de la misma.

CAPTULOVI

BIBLIOGRAFÍA

Acuña, H; Horna, J. 2 012. Mapa de cobertura y uso actual de las tierras. Departamento de Lambayeque.

Alcántara Boñón, G. 2 014. Estudio especializado: Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra. Cajamarca: Gobierno Regional Cajamarca. 255 p.

Alonso, F. 2 005. Sistema de Información Geográfica. Murcia, España. 5, 195, 196p.

Bense, T. 2 007. Introducción a la percepción remota (en línea). Consultado 12 julio del . 2 018. Disponible en <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imágenes-satelitales/imagenes-satelitales-tutorial.htm>.

Briceño, F. 2 003. Cambios de cobertura de la tierra en el valle del río Momboy, Estado Trujillo. Geoenseñanza. Vol. 8, 91-100.

Bocco G.; Mendoza, M. E. & Masera, O. 2 001. 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. 2 015. Cambios de Cobertura/Usos del Suelo en una Porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. México. Consultado el 14 ago. 2 017 (en línea). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S14050471201500010008

CAN (Comunidad Andina de Naciones). 2 012. Definición de la CAN. Secretaria general de la CAN (en línea). 5 p. secretaria general de la CAN. Consultado 06 feb. 2 018. Disponible en <http://www.americaeconomica.com/zonas/can.htm>

Casanova . 1 997 Teledetección: Usos y Aplicaciones. Ira Edición. España: Universidad de Valladolid,.

Chuvieco, Emilio. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3ra Edición. Madrid: Rialp, 1 996.

Cohen J. 1960 A coefficient of agreement for nominal scales. Educ Psychol Meas 20:37-46.

Congalton, RG; Green, K. 1 999. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices, Lewis Publisher, Boca Raton.

Gobierno Regional de Cajamarca. 2 016. Zonificación Ecológica y Económica – Ordenamiento Territorial (ZEE – OT) (en línea). Consultado el 10 nov. 2 016. Disponible en: <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/node/588>

Guerrero, J. 2011. Combinación de Bandas Landsat con ERDAS (en línea). Consultado el 25 ene. 2017. Disponible en: <https://joseguerreroa.wordpress.com/2011/08/30/2404/>
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 14 ago. 2017. Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/viewFile/108/107>.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2 007. Censos Nacionales 2 007: XI de Población y VI de Vivienda (en línea). Consultado 05 mar. 2018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/redatam/#>

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2 012. IV Censo Nacional Agropecuario 2 012 (en línea). Consultado 05 mar. 2 018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>

INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico). 2 016. Mapa geológico del Perú. Shapefile y Memoria descriptiva (en línea). Consultado 10 feb. 2018. Disponible en <http://www.ingemmet.gob.pe/carta-geologica-nacional>

INRENA (Instituto nacional de recursos naturales).1 995. Elaboración del mapa ecológico del Perú y guía explicativa en la cual se identifican las diversas unidades ecológicas que presenta el Perú. Lima. 271P.

JENSEN, J.R. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. New Jersey: Prentice-Hall, 1996.

Lambin, EF; Turner. B. 2001. The causes of land-use- cover change, Global Environmental Change. USA, p.184.

Lillesand. Logistic regression modeling of multitemporal Thematic Mapper data for burned area mapping. En: International Journal of Remote Sensing, 19: 3499-3514. 1994.
López. 2001. Medidas de Concordancia: el Índice de Kappa. España. 169 - 171p.

Malette, JW. 2012. Assessing Land Use and Land Cover Change in tropical dry forest of Northern Chinandega, Nicaragua from 1985 to 2011. Michigan, EEUU. Michigan Technological University. s.p.

Meneses Tovar, CL. 2011. El índice normalizado de la vegetación como indicador de la degradación del bosque (en línea). Unasylva, México 62 (238): 39-46. Consultado 16 oct. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/015/i2560s/i2560s07.pdf>.

MINAM (Ministerio del Ambiente). 2014. Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina (en línea). Lima, Perú. Consultado 20 nov. 2018. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wpcontent/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-ambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>

Monterroso Tobar, MF. 2014. Guía práctica: clasificación de imágenes satelitales (en línea). Mundo Geo. 34 p. Consultado 30 nov. 2017. Disponible en <http://arcgeek.com/descargas/ClasImMF.pdf>.

Nájera, O; Bojórquez, J; Cifuentes, L y Marceléño, S. 2010. Cambios de Cobertura y Uso del Suelo en la Cuenca del Río Mololoa, Nayarit (en línea). Consultado el 10 ene. 2017. Disponible en: <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/01-01/2.pdf>.

Ñique A., M.; Gutiérrez G., R.; Vivar L., L.; Durand T., E. & Verastegui P., M. 2006. Experiencias de educación ambiental no formal en áreas adyacentes al Parque Nacional Tingo María.

Olaya, A. 2007. Fundamentos de Procesamiento digital de Imágenes. Bogotá, Colombia: I.G.A.C.

Osuna, A; Diaz, J; Anda, J; Villegas, E; Gallardo, J; Davila, G. 2015. Evaluación de Cambio de Cobertura Vegetal y Uso de Suelo en la Cuenca del Río Tecolutla, Veracruz, México; Periodo 1994-2010 (en línea). Consultado el 14 ago. 2017. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980993X2015000200350&script=sci_abstract&tlng=es.

Poma, W. 2011. Cartografía y fotointerpretación. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cajamarca. Pág. 80.

Posada, E. 2008. Prácticas de PDI con ERDAS. Bogotá, Colombia: I.G.A.C.

Pulgar Vidal, J. 1967. Geografía del Perú: las ocho regiones naturales del Perú. Ansonia. 256 p.

SRGIS (SENSORES REMOTOS GIS). 2010. Guía básica sobre Imágenes Satelitales y sus Productos (en línea). Consultado el 20 ene. 2017. Disponible en: <http://siga.cna.gob.mx/SIGA/Percepcion/Fundamentos%20de%20teledetecci%C3%B3n%20espacial.PDF>

Seingier, G; Espejel I; Ferman JL. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAT. Investigación ambiental. Ciencia y Política Pública 1(1): 54-69.

USGS (United States Geological Survey). 2013. Using the USGS Landsat 8 Product (in line). U.S. Department of the Interior. Consulted 08 Jan. 2018. Available in <http://landsat.usgs.gov>.

Zorogastúa Cruz, P; Quiroz Guerra, R. 2011. Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura - Perú. Tesis Blgo. Lima, Peru, UNAM. 13-22 p.

GLOSARIO DE TERMINOS

Albedo. Es el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma.

ArcGIS. Es una herramienta SIG que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.

Azolve. Depositiones en el fondo o lecho de los ríos, lagos, canales, etc. formado por los sedimentos o materiales solidos transportados por el agua.

Banda. Es la Región del espectro electromagnético en la cual las longitudes de onda adyacentes se comportan de forma similar o son generadas por mecanismos similares.

BITS. Es la unidad de medida más pequeña de almacenamiento que puede tomar un ordenador.

Capa. Una capa representa los datos geográficos de ArcMap, como un determinado tema de datos. Algunos ejemplos de capas de mapa son arroyos y lagos, terreno, carreteras, etc.

Cobertura vegetal. Capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de espacios de suelo.

ENVI. Es el software líder para el procesamiento y análisis de imágenes de satélite y de fotografías aéreas que tiene completa integración con ArcGIS.

Escala. La escala es la relación matemática que existe entre las dimensiones reales y las del dibujo que representa la realidad sobre un plano o un mapa.

Firma espectral. La radiación reflejada en función de la longitud de onda se llama firma espectral de la superficie.

Fotografía. Es la ciencia y el arte de obtener imágenes duraderas por la acción de la luz. Es el proceso de capturar imágenes y fijarlas en un medio material sensible a la luz.

Imagen Satelital. Representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial.

Índice Kappa. Mide el grado de concordancia en las evoluciones realizadas en las áreas de entrenamiento.

Mapa. Un mapa es una representación gráfica simplificada del territorio con propiedades métricas, sobre una superficie bidimensional, que puede ser plana, esférica, o incluso poliédrica.

Nanómetro. Medida de longitud que equivale a la milmillonésima parte del metro

ND (Nivel digital). Se trata del valor numérico discreto asignado por el sistema formador de imágenes a cada celda, en respuesta a la irradiación recibida sobre el plano focal del sensor.

Pixel. Unidad básica de información gráfica que se refiere a cada uno de los puntos indivisibles que conforman una imagen.

Ráster. Los rásteres son cada uno de los cuadrados dentro de fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados.

Resolución espacial. La capacidad de discernir objetos o detalles de un determinado tamaño en las imágenes captadas.

Sensor. Dispositivo que capta magnitudes físicas (variaciones de luz, temperatura, sonido, etc.) u otras alteraciones de su entorno.

Shapefile. Formato que almacena entidades geográficas que se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas).

Suelo. El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre en la que viven numerosos organismos y crece la vegetación.

Topografía: La topografía es la ciencia que estudia la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

ANEXOS

Anexo 1.Propuesta de Leyenda de Cobertura del suelo (Corine Land Cover) – Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1. Área urbana continua
		1.1.2. Área urbana discontinua
	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
		1.2.6. Infraestructura petrolera
	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	
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios	2.1.1 Otros Cultivos Transitorios
		2.1.2 Cereales
		2.1.3 Oleaginosas y leguminosas
		2.1.4 Hortalizas
		2.1.5 Tubérculos
	2.2 Cultivos permanentes	2.2.1 Cultivos permanentes herbáceos
		2.2.2 Cultivos permanentes arbustivos
		2.2.3 Cultivos permanentes arbóreos
		2.2.4 Cultivos agroforestales
		2.2.5 Cultivos confinados
2.3 Pastos		
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de Cultivos	
	2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos	
	2.4.3. Mosaico de Cultivos, pastos y espacios naturales	
	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	
	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	
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
		3.1.6 Bosque Ripario
3.2 Bosques plantados		3.2.1 Plantación Forestal
		3.3.1 Hierbas
		3.3.2 Arbustos
3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo		3.3.3 Vegetación secundaria o en transición
		3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea
		3.3.5 Arbustos / área intervenida
		3.3.6 Hierbas / área intervenida
		3.3.7 Arbustos-Hierbas /área intervenida
		3.4.1. Áreas arenosas naturales
		3.4.2 Afloramientos rocosos
3.4 Áreas sin o con poca vegetación		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
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
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		

Anexo 2. Mapa de regiones naturales del distrito de Tacabamba

Anexo 3. Mapa de hidrografía del distrito de Tacabamba

Anexo 4. Mapa de geología del distrito de Tacabamba

Anexo 5. Mapa de zonas de vida del distrito de Tacabamba

Anexo 6. Mapa de cobertura y uso del suelo del distrito de Tacabamba año 2 003

Anexo 7.Mapa de cobertura y uso del suelo del distrito de Tacabamba año 2 018

Anexo 8.Mapa de cambio y no cambio del distrito de Tacabamba años 2003 y 2018

Anexo 9. Mapas de cambios de cobertura del distrito de Tacabamba años 2003 y 2018

Anexo 10.Panel fotográfico



Figura 13. Participación de los Pobladores centro poblado Chucmar alto en la verificación de campo .



Figura 14. Actividad agrícola pecuaria Centro poblado Peña blanca.



Figura 15. Ciudad de Tacabamba.



Figura 16. Verificación en campo de la cobertura de pastos



Figura 18. Catarata del Condac rio Tuspon.