

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



TESIS

**ANALISIS DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA CON
IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE EDUARDO VILLANUEVA
PERIODOS 1992 – 2003 – 2016.**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

ENGELES JHONATAN NAVARRO CÓRDOVA

ASESOR:

Ing. M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS

CAJAMARCA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

*A mis Abuelitos Lorenzo y Bernardino
Que desde el cielo guían mis pasos.*

*A mis padres: David y Hermila por su
apoyo, paciencia y ejemplo de
superación. A mi hermana Kasandra,
mi sobrina Bianca y mi ternurita que
siempre estuvieron apoyándome.*

AGRADECIMIENTO

A mi asesor y amigo Mg.Sc. Wilfredo Poma Rojas que con gran profesionalismo asesoro este proyecto de investigación.

A mis tíos Enrique y su esposa Clarita quienes fueron un gran apoyo para el inicio y la culminación de este proyecto.

Al Ing. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo quien me apoyo incondicionalmente desde el inicio hasta la culminación de este proyecto.

A mi primo Robin que siempre me motivo y apoyo para seguir siempre adelante y culminar este proyecto.

ÍNDICE

Pág.

DEDICATORA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

ÍNDICE DE MAPAS

RESUMEN

i

ABSTRACT

ii

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1

1.1. OBJETIVOS

2

1.1.1. General

2

1.1.2. Específicos

2

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Teledetección.

3

2.1.1. Teledetección aplicada a estudios de vegetación

3

2.2. La Tierra

4

2.3. La cobertura vegetal y el uso de la tierra.

5

2.4. Cambio de uso de la tierra.

6

2.5. Sistemas de información geográfica.

8

2.6. Factores que inciden en el cambio de uso actual de la tierra.

8

2.6.1. Económicos y tecnológicos.

9

2.6.2. Demográficos.

9

2.6.3. Institucionales.

9

2.6.4. Culturales.

9

2.6.5. Globalización.

9

2.7. El tiempo y el efecto en el uso de la tierra

10

2.8. Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra

10

2.9. Sistemas de clasificación de cobertura de la tierra	10
2.9.1. Corine Land Cover adaptada para Perú	11
2.10. Imágenes satelitales	15
2.11. Interpretación de imágenes satelitales.	15
2.12. Satélite Landsat	16
2.12.1. Aspectos técnicos de las imágenes landsat	17
2.13. Resolución de un sensor	19
2.13.1. Resolución espacial	20
2.13.2. Resolución radiométrica	21
2.13.3. Resolución espectral	23
2.13.4. Resolución temporal	25
2.13.5. Resolución angular	25
2.14. Realce y mejoramiento visual de imagen satelital	25
2.15. Pre procesamiento de imágenes satelitales.	26
2.15.1. Correcciones geométricas – georreferenciación	26
2.15.2. Correcciones radiométricas	26
2.15.3. Correcciones atmosféricas	27
2.16. Análisis de las imágenes	28
2.17. Combinación de bandas	28
2.18. Índice de vegetación de diferencia normalizada	29
2.19. Modelo de elevación digital	29
2.20. Random Forest	30
2.21. Índice kappa	30
2.22. Matriz de confusión	31
2.23. Porcentaje correctamente clasificado	31
2.24. Antecedentes	31
2.24.1. Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satelitales en Piura – Perú.	31
2.24.2. Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra.	32

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción general de la zona	33
3.1.1. Ubicación	33
3.1.2. Regiones naturales del distrito de Eduardo Villanueva	35
3.1.3. Hidrografía	37
3.2. Materiales y equipos de campo	39
3.2.1. Materiales	39
3.2.2. Herramientas	39
3.2.3. Equipos de campo	39
3.2.3. Instrumentos y equipos	39
3.3. Materiales y equipos de gabinete	39
3.3.1. Materiales	39
3.3.2. Equipos	39
3.3.3. Material cartográfico	39
3.3.4. Software	39
3.4. Metodología	39
3.4.1. Fase inicial de gabinete	40
3.4.2. Fase de campo	46
3.4.3. Fase Final de gabinete	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Categorías identificadas de cobertura y uso de la tierra bajo la clasificación Corine Land Cover.	47
4.1.1. Áreas artificializadas	48
4.1.2. Áreas agrícolas”	49
4.1.3. Bosques y áreas mayormente naturales	50
4.1.4. Superficies de agua	53
4.1.5. Cobertura y uso de la tierra año 1992.	54
4.1.6. Cobertura y uso de la tierra año 2003	60
4.1.7. Cobertura y uso de la tierra año 2016	65
4.2. Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurrida en los periodos 1992 - 2003 – 2016.	71

4.2.1. Cobertura y uso de la tierra año 1992.	71
4.2.2. Cobertura y uso de la tierra año 2003	75
4.2.3. Cobertura y uso de la tierra año 2016	80
4.3. Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra	84
4.3.1. Análisis de cambios por cobertura	84
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	96
ANEXOS	101

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1: Corine Land Cover adaptada para Perú	12
Cuadro N° 2: Características de Landsat5	17
Cuadro N° 3: Características de Landsat7	18
Cuadro N° 4: Características de Landsat8	19
Cuadro N° 5: Escala de valores Índice Kappa	27
Cuadro N° 6: Datos de las imágenes descargadas	41
Cuadro N° 7: Valores obtenidos de la segmentación	43
Cuadro N° 8: Categorías del uso actual de la tierra identificadas en el distrito de Eduardo Villanueva.	47
Cuadro N° 9: Matriz de confusión año 1992.	54
Cuadro N° 10: Categorías obtenidas para el año 1992.	57
Cuadro N° 11: Matriz de confusión año 2003	60
Cuadro N° 12: Categorías obtenidas para el año 2003	62
Cuadro N° 13: Matriz de confusión año 2016	65
Cuadro N° 14: Categorías obtenidas para el año 2016	68
Cuadro N° 15: Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1992 – 2003.	73
Cuadro N° 16: Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2003 – 2016.	78
Cuadro N° 17: Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1992 – 2016.	82
Cuadro N° 18: Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1992 – 2003.	85
Cuadro N° 19: Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2003 – 2016.	88
Cuadro N° 20: Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1992 – 2016.	92

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		Pág.
Esquema N° 1.	Proceso de clasificación para la representación cartográfica	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Grafico N° 1. Tendencia de pérdida (millones ha) de bosques en los distintos continentes	8
Grafico N° 2: Distribución porcentual de cobertura año 1992	57
Grafico N° 3: Distribución porcentual de cobertura año 2003	63
Grafico N° 4: Distribución porcentual de cobertura año 2016	68
Grafico N° 5: Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1992 – 2003.	73
Grafico N° 6: Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2003 – 2016.	78
Grafico N° 7: Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1992 – 2016.	82

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

		Pág.
Fotografía 1:	Tejido urbano continuo distrito de Eduardo Villanueva	48
Fotografía 2:	Área comercial Centro Poblado Aguas Calientes	49
Fotografía 3:	Mosaico de pastos y cultivos centro poblado Campo Alegre	49
Fotografía 4:	Bosque abierto bajo Choropampa.	50
Fotografía 5:	Categoría de herbazales centro poblado Campo Alegre	51
Fotografía 6:	Categoría de Arbustales centro poblado Colpon parte alta	52
Fotografía 7:	Categoría de Vegetación arbustiva / herbácea Aguas Calientes.	52
Fotografía 8:	Categoría Afloramiento Rocoso comunidad Huacacorrall.	53
Fotografía 9:	Río Cajamarquino centro poblado Huacacorrall.	54
Fotografía 10:	Delimitacion del ambito a trabajar.	101
Fotografía 11:	Obtencion del NDVI (Indice de vegetacion de diferencia normalizada).	101
Fotografía 12:	Segmetacion y digitalisacion de áreas de entrenamiento.	102
Fotografía 13:	Obtencion del archivo .Todo_seg.R necesario para la obtencion de las coberturas.	102
Fotografía 14:	Obtencion de las coberturas con el algoritmo filtrar.tabla.todo.rf.2.R.	103
Fotografía 15:	Mosaico de pastos y cultivos según Corine Land Cover (Nivel III).	103
Fotografías 16 y 17:	Des colmatación de ríos y quebradas.	104

Fotografías 18, 19, 20 y 21:	Obras de infraestructura dentro del tejido urbano.	104
Fotografías 22 y 23:	Inundación de terrenos por el río Cajamarquino.	104
Fotografías 24:	Formación del tejido urbano capital de Distrito Eduardo Villanueva.	105
Fotografía 25.	Zona industrial, comercial día sábado Mercado Crisnejas.	105
Fotografía 26.	Afloramiento rocoso Colpon Con cubierta vegetal.	105

ÍNDICE DE MAPAS

		Pág.
Mapa N° 1	Mapa de ubicación	34
Mapa N° 2	Mapa de regiones naturales	36
Mapa N° 3	Mapa de hidrografía	38
Mapa N° 4	Mapa de cobertura y uso de la tierra 1992	59
Mapa N° 5	Mapa de cobertura y uso de la tierra 2003	64
Mapa N° 6	Mapa de cobertura y uso de la tierra 2016	70
Mapa N° 7	Mapa de cambio y no cambio periodo 1992 – 2003	74
Mapa N° 8	Mapa de cambio y no cambio periodo 2003 – 2016	79
Mapa N° 9	Mapa de cambio y no cambio periodo 1992 – 2016	83
Mapa N° 10	Mapa de cambio de cobertura periodo 1992 – 2003	86
Mapa N° 11	Mapa de cambio de cobertura periodo 2003 – 2016	89
Mapa N° 12	Mapa de cambio de cobertura periodo 1992 – 2016	93

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figuras N° 1	Cobertura histórica del satélite Landsat (Años en los que funciono	16
Figuras N° 2	Esquema de resolución espacial.	21
Figuras N° 3	Resolución radiométrica diferencias	23
Figuras N° 4	Bandas del Landsat 1 - 5.	24

RESUMEN

El trabajo se realizó con el objetivo de analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Eduardo Villanueva, para los períodos 1992 - 2003 - 2016. Para ello se utilizaron imágenes satelitales Landsat: del año 1992 (imagen del satélite Landsat5 de fecha 20/02/1992); del año 2003 (imagen del satélite Landsat7 de fecha 10/02/2003) y del año 2016 (imagen del satélite Landsat8 de fecha 18/03/16). Donde se procedió a trabajar con las categorías de uso del suelo identificadas según el Corine Land Cover adaptada para Perú a Nivel III. En el análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra en cada año se obtuvo una matriz de confusión: en el año 1992 se obtuvo una fiabilidad global de 97.24 % y un porcentaje correctamente clasificado del 97 %; en el año 2003 se obtuvo una fiabilidad global de 99.17 % y un porcentaje correctamente clasificado de 99 %; en el año 2016 se obtuvo una fiabilidad global de 92.89 % y un porcentaje correctamente clasificado de 91 %. En el análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra se obtuvo los siguientes resultados: periodo 1992 – 2003 (No cambio 84.59 %; Si cambio 15.41 %); periodo 2003 – 2016 (No cambio 54.81 %; Si cambio 45.19 %); periodo 1992 – 2016 (No cambio 57.30 %; Si cambio 42.70 %). En el análisis de transición del uso de la tierra se determinó que: desde 1992 – 2003 – 2016 se pudo encontrar cuatro coberturas nuevas con gran significancia en la investigación que son (1.1.1. Tejido urbano continuo), (1.2.1. Áreas industriales o comerciales), (3.1.2. Bosque abierto bajo) y (3.3.4. Vegetación arbustiva/herbácea).

Palabras claves: Uso de la tierra, imágenes Landsat.

ABSTRACT

The work was carried out with the objective of analyzing the changes in coverage and land use in the district of Eduardo Villanueva, for the periods 1992 - 2003 - 2016. For this purpose, Landsat satellite imagery was used: from the year 1992 (image of the Landsat5 satellite dated 20/02/1992); of the year 2003 (image of the satellite Landsat7 dated 10/02/2003) and of the year 2016 (image of the satellite Landsat8 dated 03/18/16). Where we proceeded to work with the land use categories identified according to the Corine Land Cover adapted for Peru at Level III. In the analysis of changes in coverage and land use in each year a confusion matrix was obtained: in 1992, an overall reliability of 97.24% and a correctly classified percentage of 97% was obtained; in 2003, an overall reliability of 99.17% and a correctly classified percentage of 99% were obtained; In 2016, an overall reliability of 92.89% and a correctly classified percentage of 91% were obtained. In the analysis of change and no change in land use, the following results were obtained: period 1992 - 2003 (I do not change 84.59%, I change 15.41%); period 2003 - 2016 (I do not change 54.81%, I change 45.19%); period 1992 - 2016 (I do not change 57.30%, I change 42.70%). In the analysis of land use transition, it was determined that: from 1992 - 2003 - 2016 four new coverages could be found with great significance in the research that are (1.1.1 Continuous urban fabric), (1.2.1. industrial or commercial), (3.1.2 Low open forest) and (3.3.4 Shrub / herbaceous vegetation).

Keywords: Land use, Landsat images.

CAPITULO I

I. INTRODUCCIÓN

En la provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca los trabajos enfocados al uso y cambio de la tierra son escasos y no se encuentra bibliografía de los mismos. Tampoco encontramos trabajos utilizando la metodología de clasificación Corine Land Cover, desarrollada por el Ministerio del Ambiente (MINAM).

En razón a lo expuesto, el objetivo general de esta investigación fue analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra basado en imágenes de sensores remotos, para determinar los cambios temporales ocurridos en el distrito de Eduardo Villanueva, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca en los periodos 1992 – 2003 – 2016.

Una imagen satelital es el producto obtenido por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial mediante la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo celeste, producto que posteriormente se transmite a estaciones terrenas para su visualización, procesamiento y análisis. Las imágenes satelitales se utilizan para analizar la geografía o más bien el relieve de cierta zona, analizar las áreas a construir, posibles caminos, pendientes, drenaje, etc.; también se utilizan en riego en agricultura, medir terrenos, tipos de suelo, tipos de cultivo, para medir el desarrollo urbanístico de una ciudad, analizar su crecimiento en infraestructura.

Este trabajo consta de cinco capítulos, en el PRIMER CAPÍTULO lo aborda la introducción y los objetivos tanto generales como específicos de esta investigación; en el SEGUNDO CAPITULO comprende la revisión literaria donde se recopiló estudios relacionados con el tema de investigación en el ámbito de estudio, mapas cartográficos, imágenes satelitales, entre otros; en el TERCER CAPITULO comprende los materiales y métodos, donde se hace descripción general de la zona, se realizó mapas uno de ubicación, regiones naturales y hidrográfico, terminando con una fase de trabajo en gabinete; en el

CUARTO CAPITULO tenemos los resultados y discusiones donde se realizaron los ajustes necesarios para delimitar definitivamente las unidades de cobertura y uso identificados y generar los respectivos mapas temáticos, para luego efectuar el análisis de los respectivos cambios, utilizando para todo el proceso el software ArcGIS hace referencia a los cambios de cobertura y uso de la tierra producidos durante los periodos 1992 – 2003 – 2016 estos resultados indican cualitativa y cuantitativamente los cambios ocurridos durante los periodos; en el QUINTO CAPITULO tenemos las conclusiones donde damos los cambios entre cada año, bibliografía y anexos.

1.1. OBJETIVOS.

1.1.1. General

Analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Eduardo Villanueva de los años 1992 – 2003 – 2016.

1.1.2. Específicos

Generar el mapa de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Eduardo Villanueva de los años 1992, 2003 y 2016 utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud.

Elaborar los mapas temáticos de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Eduardo Villanueva de los años 1992 – 2003 – 2016 utilizando la metodología Corine Land Cover.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Teledetección.

La historia de la teledetección se remonta a las primeras plataformas de observación aérea los globos aerostáticos y a la invención de la fotografía en el siglo XIX. La teledetección moderna, nace con la fotografía aérea en el siglo XX. El año que simboliza la entrada de la teledetección en la era moderna es 1957 con el lanzamiento del satélite Sputnik, primer satélite artificial puesto en órbita alrededor de la Tierra por la Unión Soviética. Desde entonces a la fecha se han visto avances sustanciales en la modernización de satélites que le den cobertura al mundo entero (Duarte *et al.* 2015).

La teledetección es la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales (Disponible en: www.ign.es/ign/layoutIn/teledeteccion).

La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información interpretable de la tierra; Chuvieco (2002) su tratamiento e interpretación para diferentes propósitos.

Novo (2002) lo define textualmente como: la tecnología que permite la adquisición de información de objetos, sin tener un contacto físico con ellos.

2.1.1. Teledetección aplicada a estudios de vegetación.

Estudios realizados por Duarte *et al.* (2015) afirma que La Teledetección espacial, es el sistema integral de captura de información territorial (a partir de la radiación electromagnética captada por el sensor) que se emplea cada día con mayor frecuencia para la captura tanto de información temática (medioambiental), como de información topográfica (planimetría). Esto ha sido posible gracias al desarrollo que han experimentado, por un lado, las técnicas de tratamiento digital

de imágenes, y la obtención de datos significativos del territorio; y por otro, el acceso a la exhaustiva información digital proporcionada por sensores, en su aspecto espacial, radiométrico, espectral y temporal.

El uso de la teledetección a través de imágenes de satélite facilita la elaboración de mapas temáticos que denotan el estado de los recursos agrícolas y forestales. Con el tratamiento informático de las imágenes satélite se pueden discriminar los tipos de vegetación, su estado y el nivel de protección del suelo.

A partir de estos datos es posible obtener la superficie cultivada o arbolada e incluso identificar las especies vegetales. Mediante el análisis multitemporal de imágenes de satélite es posible hacer un seguimiento de la evolución de las diferentes comunidades vegetales y de los cultivos agrícolas (Aulló, 2014).

Las imágenes de satélite tienen la ventaja de que abarcan una zona mucho más amplia que las imágenes aéreas, permitiendo realizar estudios territoriales a bajo coste, siempre y cuando se sometan a tratamiento de corrección procedentes de sensores para la extracción de información específica a los fines requeridos, topográficos y temáticos (Duarte *et al.* 2015).

2.2. La Tierra

Según FAO/UNEP (1997) se refieren a un área definible de la superficie terrestre de la tierra, abarcando todos los atributos de la biosfera inmediatamente por arriba y por debajo de esa superficie, incluyendo aquellos atributos climáticos cercanos a la superficie, el suelo y las formas del terreno, la superficie hidrológica incluyendo lagos poco profundos, ríos, humedales y pantanos, las capas sedimentarias cercanas a la superficie y el agua subterránea asociada y las reservas geo-hidrológicas, las poblaciones animales y vegetales, los modelos de asentamientos humanos y los resultados

físicos de la actividad humana pasada y presente terrazas, estructuras para drenaje o almacenamiento de agua, caminos, edificios y otros. Los recursos tierra son lentamente renovables; sin embargo, su tasa de degradación excede su tasa natural de regeneración. En términos prácticos, esto significa que la tierra que se pierde por degradación no es naturalmente reemplazada dentro del lapso de una vida humana, dando lugar así a una pérdida de oportunidades para las siguientes generaciones (FAO/UNEP, 2000).

2.3. La cobertura vegetal y el uso de la tierra.

Muchos de los problemas más apremiantes de la población rural en el Perú y de su ambiente, están relacionados con el manejo de los recursos agua y suelo. Las prácticas agrícolas tradicionales de la quema y el uso de la labranza del suelo en la costa, sierra y selva del país dejan los suelos removidos y desnudos ocasionando erosión (Pineda, 2011).

El término “Cobertura del Terreno”, se aplica a aquellos objetos que se localizan sobre la superficie del planeta y que pueden ser de origen natural (bosques, glaciares, ríos, lagos, entre otros); o producidos y mantenidos por el hombre (carreteras, ciudades, presas, etc.); es estudiada por las ciencias naturales y se refiere al estado físico de la cobertura vegetal, esta cobertura está determinada por factores biofísicos, como son el clima, topografía, tipo de suelos, disponibilidad de agua y el tipo de vegetación (López, 2006).

El uso del suelo (terreno), se refiere a la manera en la cual las coberturas son utilizadas por el hombre, para satisfacer sus necesidades materiales y espirituales. En otro contexto el uso de suelo describe las actividades del hombre que se desarrollan sobre la superficie terrestre y al influir el humano en el ambiente para producir bienes y servicios este uso tiende a transformarse (Pineda, 2011).

Pineda (2011) afirma que existe una gran variedad de teorías, metodologías y tecnologías que apoyan el estudio de esta ciencia y consecuentemente existen una variedad de temas básicos y aplicados que caracterizan su investigación. Esto refleja la interdisciplinariedad y el análisis integrado requerido para comprender la situación actual del uso del suelo, sus cambios, la política involucrada en la toma de decisiones, y su importancia para el logro de la sustentabilidad. El uso del suelo también es considerado una parte central del funcionamiento de la Tierra, de manera que refleja las interacciones humanas con el ambiente desde escalas locales hasta globales.

Rodríguez (2011) afirma que el estudio de la cobertura vegetal y el uso de la tierra, los sensores remotos juegan un papel importante en términos de la adquisición de datos, por la capacidad que ofrecen para entregar información multitemporal, determinada por la frecuencia de toma de datos, que posibilita la cuantificación y el seguimiento de los cambios que ocurren en las coberturas objeto de estudio.

La diversidad de los sensores remotos en cuanto a la resolución espacial y temporal es uno de los cuestionamientos que priman en el momento de generar un análisis espacial, por esta razón que las imágenes de satélite del sensor Landsat han sido las más utilizadas para mapear las coberturas del suelo, siendo un recurso ideal para investigaciones de observación y monitoreo de la tierra, enfocado a los recursos naturales, esto debido a la alta frecuencia en la toma de datos a nivel mundial y por su periodo de permanencia en el espacio, durante las últimas cuatro décadas, sin descartar como complemento la utilización de las fotografías aéreas, a causa de la alta resolución espacial (Rodríguez, 2011).

2.4. Cambio de uso de la tierra.

La magnitud, extensión y velocidad de las alteraciones antrópicas sobre la superficie de la tierra no tienen precedentes en la historia de la

humanidad (MENDOZA *et al*, 2002). Alrededor de la mitad de la superficie de la tierra ha sido directamente transformada por la acción humana. Estos cambios han sido tan dramáticos que se acercan a los niveles de transformación que ocurrieron durante los períodos glaciales. Sandoval, (2009) afirma que durante el período 1700 - 1990, 1.206 millones de hectáreas fueron convertidas en terrenos agrícolas y 2.927 millones fueron transformadas en áreas de pastoreo. Por otra parte, entre 1700 y 1992, 1.621 millones de hectáreas fueron habilitadas para la agricultura de las cuales 885 millones correspondían a bosque, 565 millones a sabana/praderas/estepa, 150 millones a matorrales y 21 millones a tundras/desiertos.

Debido a estas transformaciones las tierras de cultivo y pastoreo son, en la actualidad, los usos terrestres más grandes del planeta, los que ocupan alrededor de 40 % de la superficie de la tierra (Sandoval, 2009). Mundialmente, las actividades agropecuarias, junto con la extracción de madera, (disminución de los bosques) han causado una pérdida de cerca de 13 millones de hectáreas de bosques durante el último decenio, en comparación con 16 millones de hectáreas por año en la década de 1990, teniendo en consideración que las tendencias en nuestro continente son preocupantes: siguen teniendo la pérdida neta de bosque más elevada (Grafico 1) (FAO, 2010). Toda esta situación, ligada a factores ambientales (las características del suelo, el clima, la topografía, la vegetación), refleja la importancia del terreno como un factor fundamental para la producción.

El escenario es complejo, pero sin duda las actividades realizadas por el hombre son las que han ocasionado en mayor importancia la pérdida de diversidad biológica, introducción de especies exóticas, cambio en el ciclo hidrológico, contaminación de la tierra, aire y agua, así como la disminución de la capacidad de rendimiento de tierras productivas (Bocco *et al*. 2001).

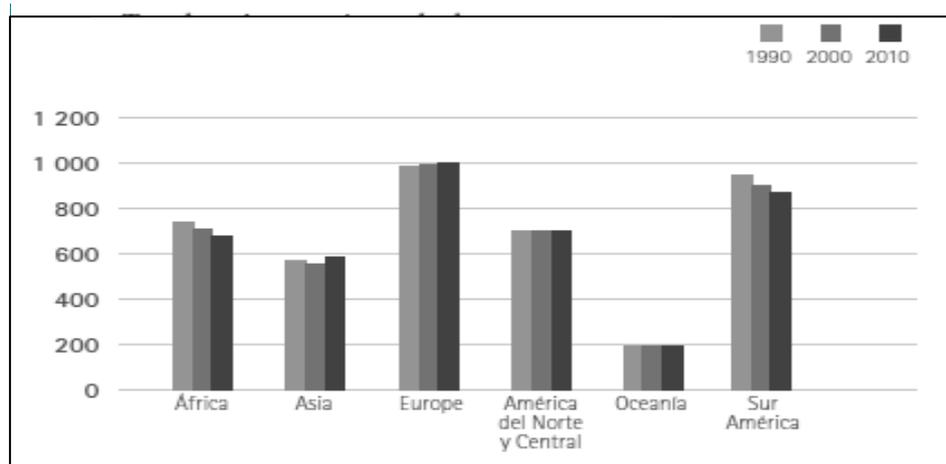


Grafico 1. Tendencia de pérdida (millones ha) de bosques en los distintos

2.5. Sistemas de información geográfica.

Como sistema de información geográfica se entiende la unión de la información y herramientas informáticas (programas y software) para su análisis con unos objetivos concretos. Por otra parte, al incluir el término “Geográfica” se asume que la información es especialmente explícita, es decir, incluye la posición en el espacio (Peña, citado por Cieza 2017).

Debido a los avances tecnológicos y a la introducción de los Sistemas de Información Geográficas – SIG, para el manejo de la información espacial, es necesario definir la escala, como punto de partida para el análisis en una investigación. Es común, referirse a las escalas numéricas enteras en los mapas análogos, fotografías e impresiones, para facilitar la conversión de medidas respecto al terreno real; en tanto que los sistemas indican la escala digital y las conversiones son automáticamente suministradas por él. Los SIG, involucran un término reciente denominado “Multi – Escala” que hace referencia a la interacción de diferentes escalas, en un entorno digital y sistematizado (Rodríguez, 2011).

2.6. Factores que inciden en el cambio de uso actual de la tierra.

(Lambin, *et al*, citado por Cieza 2017) afirma que a nivel mundial existen cinco factores que inciden fuertemente en los cambios que se experimentan en la cobertura vegetal:

2.6.1. Económicos y tecnológicos.

Se refiere a los factores económicos y a las políticas agrarias que tienen una influencia directa en precios, impuestos y subsidios a los insumos y productos obtenidos del uso de la tierra.

2.6.2. Demográficos.

Los incrementos al igual que las disminuciones en la población generan un impacto en el uso de la tierra, estos cambios influyen en la estructura y la dinámica del hogar, mano de obra, migración, urbanización, entre otros, siendo la migración uno de los factores que generan un mayor impacto, y quizás el más importante.

2.6.3. Institucionales.

Los cambios en el uso de la tierra se ven influenciados fuertemente por el sector político, jurídico, económico, así como por instituciones donde se toma decisiones sobre la administración y gestión del territorio, contando con políticas débiles, mal definidas y carentes de una adecuada implementación.

2.6.4. Culturales.

Este es un factor muchas veces intangible, que no es tomado en cuenta, sin embargo, una población cuenta con: motivaciones, memorias colectivas, historias personales, actitudes, valores, creencias y percepciones individuales y colectivas.

2.6.5. Globalización.

Los procesos de globalización amplifican o atenúan las fuerzas que conducen los cambios del uso de la tierra, teniendo influencias en las políticas macroeconómicas que definen las condiciones en que juegan la oferta y demanda de bienes y servicios en los mercados internacionales, las cuales son

importantes pues condicionan el uso y explotación irracional de los recursos naturales especialmente en países con ecosistemas frágiles.

2.7. El tiempo y el efecto en el uso de la tierra

Considerando el uso de la tierra en el tiempo, podemos destacar el hecho de que los procesos de erosión y deterioro de la fertilidad del suelo se producen lentamente y no es posible observar los efectos que tienen las malas prácticas agrícolas sobre la tierra en un corto tiempo. Cinco o diez años no reflejan muchas veces un proceso de erosión o de declinación de la fertilidad, pero sí un lapso de veinte o treinta años y de ahí que "una generación puede empobrecer a la otra". Así como los procesos de erosión y deterioro pueden disminuir la capacidad de uso de la tierra, la tecnología moderna, a través del tiempo, y como consecuencia de los avances de la investigación, nos está ofreciendo nuevas soluciones que pueden cambiar en un momento dado totalmente el concepto actual de capacidad de uso de la tierra (Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=LgYN_XI1_AC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false).

2.8. Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra

Los resultados obtenidos de la clasificación supervisada permiten generar el análisis correspondiente a las variaciones en el tiempo de las coberturas o categorías definidas. Es decir, a partir de las clasificaciones generadas para cada periodo se calcula la diferencia píxel a píxel, para evaluar los cambios significativos en el tiempo (Mendoza, citado por Cieza 2017).

2.9. Sistemas de clasificación de cobertura de la tierra

Petraglia, *et al.* citado por Cieza (2017) afirma que cobertura terrestre es un elemento geográfico que puede formar una base de referencia para diversas aplicaciones que van desde el monitoreo forestal y pastoril, pasando por la generación de estadísticas, planificación, inversión, biodiversidad, cambio climático, hasta el control de la desertificación.

La clasificación espectral es la base fundamental para mapear objetivamente las áreas de una imagen que tiene características espectrales (reflectancia) similares. Las clasificaciones se conciben también como una manera de comprimir el contenido de información de la imagen (reducción de la información de varias bandas a una imagen clasificada). No hay límites teóricos sobre la dimensionalidad de información usada para una clasificación, aunque la clasificación de un número grande de bandas puede ser una limitación (computacionalmente intensivo) (Pineda, 2011).

2.9.1. Corine Land Cover adaptada para Perú

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

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

La cual se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 1: Corine Land Cover adaptada para Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
		1.2.3. Áreas portuarias
		1.2.4. Aeropuertos
		1.2.5. Obras hidráulicas
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas
1.4.2. Instalaciones recreativas		
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios	
	2.2 Cultivos permanentes	
	2.3 Pastos	
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de Cultivos 2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales 2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales

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

Nivel I	Nivel II	Nivel III
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas
		4.1.2. Turberas y bofedales
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
	4.2 Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros
		4.2.2. Salitral
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes
		5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales
		5.1.4. Canales
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales
	5.2 Aguas costeras	5.2.1. Lagunas costeras
		5.2.2. Mares y océanos
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014).

2.10. Imágenes satelitales

Las imágenes de satélite ofrecen una perspectiva única de la Tierra, de sus recursos y del impacto que sobre ella ejercen los seres humanos, dentro de un territorio se pueden reconocer diversos patrones espaciales, las imágenes de satélite ayudan a este reconocimiento de patrones y representan una valiosa herramienta para adquirir información de un fenómeno u objeto, estas imágenes se obtienen mediante sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor, siendo la fuente de radiación el sol o el propio sensor (Pineda, 2011). Estos sensores recogen la información reflejada por la superficie de la tierra que luego es enviada de regreso a ésta y es procesada convenientemente, entrega valiosa información sobre las características de la zona representada (Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/34487><http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/34487>).

Sobrino (2000) afirma que el valor práctico y la multiplicidad de aplicaciones de las imágenes continúan aumentando a medida que se lanzan nuevos satélites, que se suman a los que ya están en órbita. Al haber más satélites se dispone de imágenes en una cantidad creciente de tamaños de escena, resoluciones espectrales, frecuencias de paso y detalles espaciales. A la vez que estos nuevos sensores espaciales hacen que las imágenes sean más útiles que nunca, ofrecen a los usuarios actuales mayores dificultades a la hora de escoger las más adecuadas.

2.11. Interpretación de imágenes satelitales.

La interpretación de imágenes satelitales ha progresado aceleradamente tanto en resolución como en biblioteca de firmas espectrales, existiendo, actualmente en uso, imágenes donde el pixel representa 30 m² o menos. Paralelamente, se ha desarrollado y se encuentra en uso, la interpretación computacional de las imágenes (Disponible en <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0185.pdf>).

2.12. Satélite Landsat

Por más de tres décadas los satelitales Landsat han capturado información que ha permitido realizar estudios y evaluar los cambios producidos. Fue el primer programa de satélites de percepción remota para observación de los recursos terrestres (Ponce, 2010).

Los Landsat son una serie de satélites construidos y puestos en órbita por EE. UU. Para la observación en alta resolución de la superficie terrestre. Los Landsat orbitan alrededor de la Tierra en órbita circular heliosincrónica, a 705 km de altura, con una inclinación de 98.2° respecto del Ecuador y un período de 99 minutos. La órbita de los satélites está diseñada de tal modo que cada vez que éstos cruzan el Ecuador de Norte a Sur lo hacen entre las 10:00 y las 10:15 de la mañana hora local (Disponible en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/ImgSatelite/Landsat.aspx>).

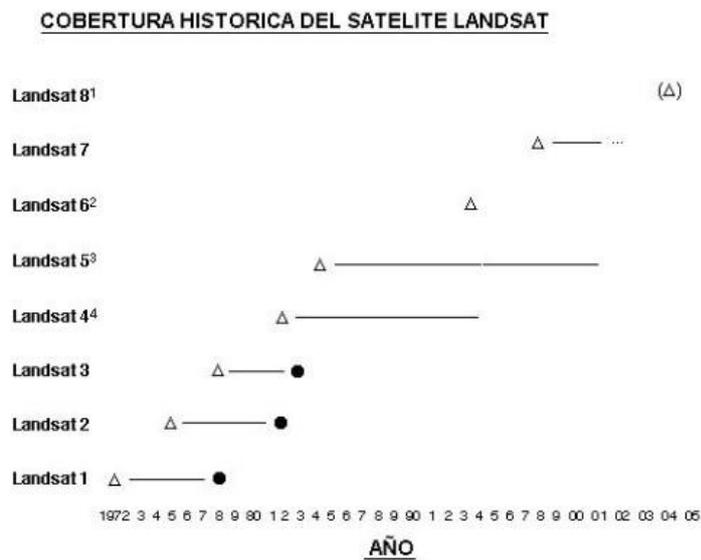


Figura 1: Cobertura histórica del satélite Landsat (Años en los que funciono)

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

2.12.1. Aspectos técnicos de las imágenes landsat

a. Landsat5

Opera simultáneamente en siete bandas espectrales, siendo tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal. Tiene una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo termal. La escena terrestre registrada por este sensor es de 185 km (Disponible en http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf).

Cuadro 2: Características de Landsat5

Modo espectral	Resolución espacial (m)	Resolución espectral (micras)	Resolución radiométrica	Resolución temporal
Multiespectral	30	Banda 1 azul: 0.45- 0.52	8 bits	16 días
		Banda 2 verde: 0.52 – 0.60		
		Banda 3 roja: 0.63 – 0.69		
		Banda 4 infrarrojo cercano 1 : 0.76 – 0.90		
		Banda 5 infrarrojo cercano 2: 1.55 – 1.75		
		Banda 7 infrarrojo medio: 2.08 – 2.35		
Termal	120	Banda 6 Infrarrojo térmico: 10.4 – 12.5		

Fuente:

http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf

b. Landsat7

Landsat7 fue diseñado para una vida útil de 5 años y tiene la capacidad de recolectar, así como transmitir hasta 532 imágenes por día. Se encuentra en una órbita Heliosincrónica, que significa que pasa siempre a la misma hora por un determinado lugar. Tiene visión de toda la superficie terrestre en un lapso de tiempo de 15 días, y realiza 232 órbitas. A diferencia de sus antecesores, Landsat 7 posee una capacidad de almacenamiento de 378 gigabytes, equivalente

alrededor a 100 imágenes. El instrumento esencial a bordo del satélite es el Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) (Disponible en http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf).

Cuadro 3: Características de Landsat7

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: 0.53 – 0.61		
		Banda 3 roja: 0.63 – 0.69		
		Banda 4 infrarrojo cercano 1 : 0.78 – 0.90		
		Banda 5 infrarrojo cercano 2: 1.55 – 1.75		
Banda 6 infrarrojo medio: 2.09 – 2.35				
Pancromática	15	Banda 8 pancromática: 0.52 – 0.90		

Fuente:

http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf

c. Landsat8

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

Cuadro 4: Características de Landsat8

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

Fuente: INEGI, 2013

2.13. Resolución de un sensor

La resolución espacial, se refiere al tamaño máximo de un objeto capturado por un sensor, almacenado en un píxel. Rodríguez (2011) lo define textualmente como: la resolución espacial es una medida de la mínima distancia entre dos objetos, que pueden ser diferenciados, uno del otro, en una imagen en función de la altitud del sensor, tamaño del detector, tamaño focal y la configuración del sistema.

En síntesis, la resolución espacial define el nivel de detalle espacial de un objeto respecto a la superficie de la tierra. A mayor número de píxeles en un área determinada, mayor es el detalle de los objetos a distinguir. Este concepto es único para cada sensor remoto, y de ello depende en gran parte el tamaño de la información obtenida y el costo de adquisición de la imagen satelital. La extensión espacial, representa la cantidad de información del proyecto a trabajar, en una unidad de medida de área determinada, el cual también depende de cada sensor remoto (Rodríguez, 2011).

El termino sensor incluye todos aquellos instrumentos que detectan y miden a distancia radiación electromagnética emitida y reflejada. Esto

significa que aquellos sensores remotos de mayor resolución espectral tienen mayor capacidad de discriminar distintos objetos o coberturas del suelo (Ponce, 2010).

Dichas resoluciones son: espacial, radiométrica, espectral, temporal y angular (Pérez y Muñoz 2006).

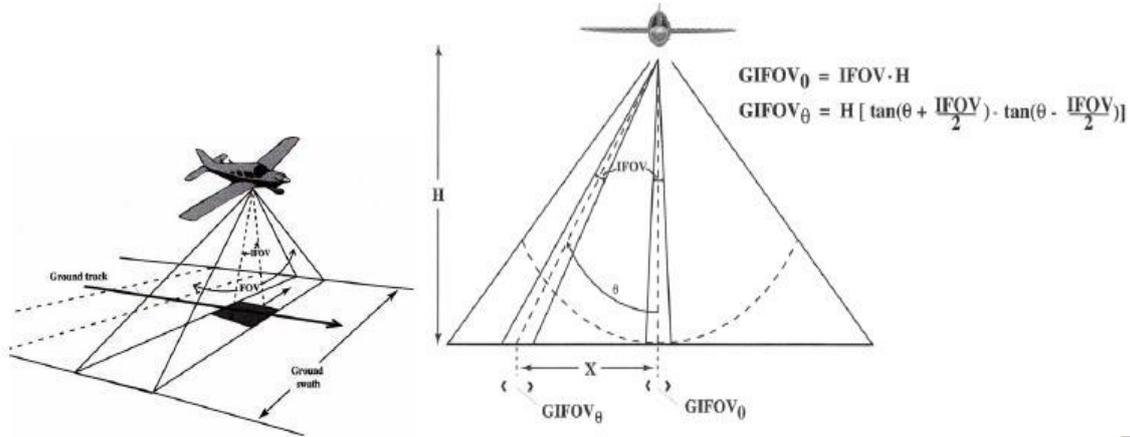
2.13.1. Resolución espacial

Está dada por el campo de visión instantánea, definido como la sección angular, medida en radianes, observada en un momento dado. Depende de la apertura del dispositivo óptico del sensor. No obstante, al hablar de resolución espacial se suele utilizar la distancia sobre el terreno correspondiente a este ángulo. Esta distancia es el tamaño de la mínima unidad de la imagen de la que tenemos información, es, el tamaño medio del píxel (Palacios, 2015).

La resolución espacial de un sensor depende de varios factores como lo son la altura orbital, la velocidad de exploración y el número de detectores. Es considerada un factor clave a la hora de caracterizar la potencialidad de un sensor ya que marca el nivel de detalle que ofrece la imagen. Nos dice el tamaño mínimo de los elementos discriminables en la imagen. Cuanto menor es el tamaño del píxel mejor resolución tiene la imagen, es posible discriminar más objetos (Palacios, 2015). No obstante, el tamaño del píxel establece el umbral de elementos discriminables, hay otros factores (geometría, contraste de radiación entre objetos próximos, claridad de la atmósfera) que introducen matizaciones. Por ejemplo, en una imagen Landsat TM con una resolución espacial de 30 m, es posible discriminar carreteras cuya anchura sea inferior a este umbral ya que se trata de un elemento lineal. De igual modo un edificio con un tamaño inferior a 900 m², pero ubicado en una zona rodeada de cultivos puede aparecer representado en la imagen si el

contraste espectral entre la respuesta del edificio y la vegetación es suficientemente alto (Sobrino, 2000).

Fig. 2. Esquema de resolución espacial.



Fuente: Pérez, (2012).

Conceptos:

FOV (Field of View): Extensión angular de la imagen en la dirección perpendicular al avance del sensor.

SWATH (Proyección del FOV): Anchura de la imagen en la dirección perpendicular al avance.

IFOV (Instantaneous Field of View): Extensión angular del área captada por un detector individual.

GIFOV (Ground Instantaneous Field of View) Proyección del IFOV en la superficie.

2.13.2. Resolución radiométrica

La resolución radiométrica hace referencia a la sensibilidad de un sensor y expresa su aptitud para diferenciar señales electromagnéticas de energía diferente. Está condicionada por los intervalos de digitalización de la señal. El número máximo de niveles digitales de la imagen suele identificarse con la resolución radiométrica y oscila entre 64, 128, 256, 1024. Este rango de codificación varía con los distintos sensores (Sobrino, 2000).

Lógicamente cuanto mayor sea el número de niveles mejor es la resolución radiométrica y mejor la información. Para un análisis visual no es importante tener muchos niveles de color ya que el ojo humano difícilmente puede percibir más de 64 tonos de gris, pero cuando se opta por el tratamiento informático, la mejora en la resolución puede ser significativa (Palacios, 2015).

De este modo el sensor TM de LANDSAT tiene una resolución radiométrica de 8 bits con lo que pueden registrarse valores decimales equivalentes en un rango de 0 a 255, es decir 256^{28} . (Pérez y Muñoz 2006).

Ejemplos:

LANDSAT, SPOT: 8 bits (cada píxel ocupa un byte), valores de 0-255 (28). AVHRR (NOAA): 10 bits. Valores de 0-1023 (210).

En función de cómo se pidan los datos pueden ser PACKED o UNPACKED. En el primer caso se optimiza el almacenamiento de la información porque los datos ocupan 10 bits, un 25% más de un byte (8 bits). Pidiendo los datos como “unpacked”, cada píxel involucra 16 bits (bytes), aunque en realidad solo se utilizan 10. El problema con la opción “packed” es que no todos los programas pueden leerlo.

SEVIRI-MSG: 10 bits. Valores de 0-1023 (210).

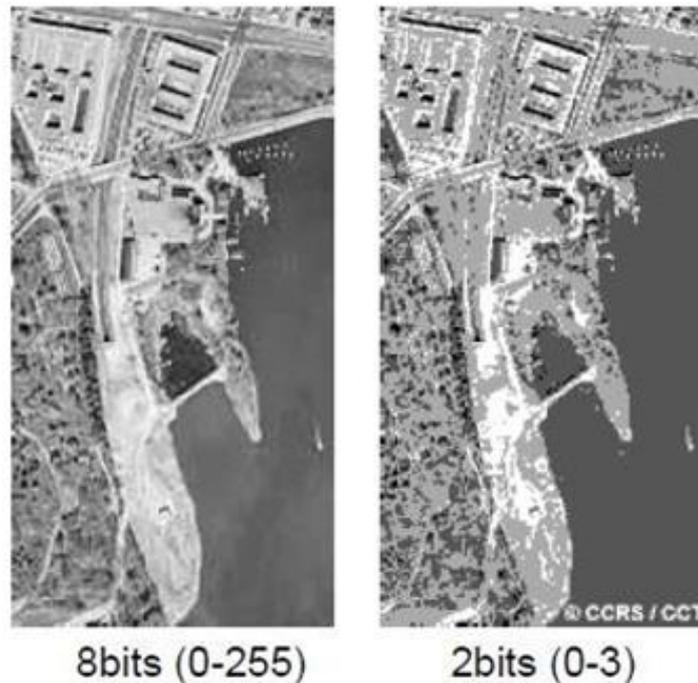
SEAWIFS: 10 bits. Valores de 0-1023 (210).

MODIS: 12 bits. Valores de 0-4095 (212).

ASTER: 8 / 12 bits.

RADARSAT (modo estándar), AVIRIS (aerotransportado): 16 bits. Valores de 0-65535.

Fig. 3. Resolución radiométrica diferencias.



Fuente: Pérez, (2012).

2.13.3. Resolución espectral

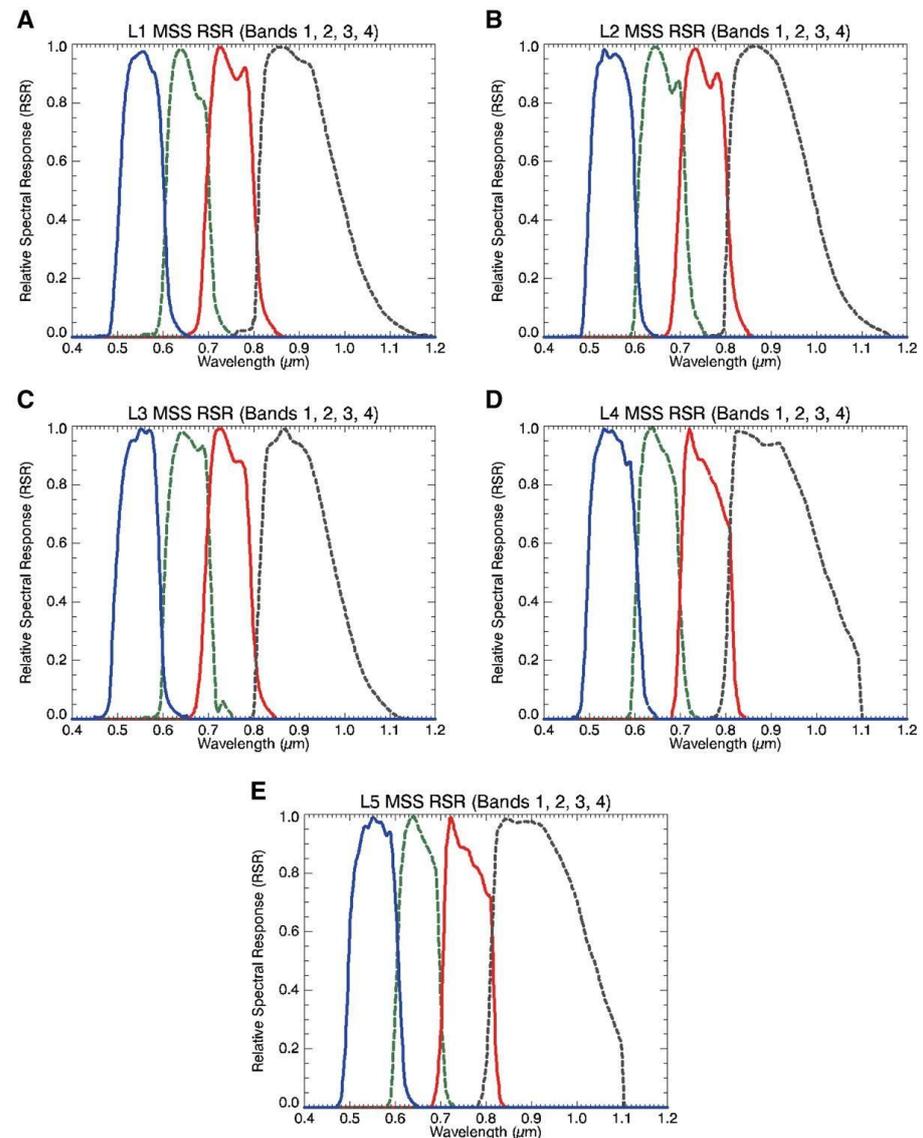
La resolución espectral de un sensor expresa su aptitud para separar señales de longitudes de onda diferentes y depende del dispositivo de filtro óptico que separa la radiación incidente en bandas espectrales más o menos amplias. La resolución espectral indica el número y la anchura de bandas espectrales en que un sensor registra la radiación. Por ello cuanto mayor sea el número de bandas y más estrechas sean, tanto mejor es la resolución espectral, mayor la capacidad del sensor para reproducir la respuesta del objeto observado y, en consecuencia, la posibilidad de discriminar unas coberturas de otras. Si las bandas espectrales son muy amplias, supone que se registra un valor promedio de radiación. Por ejemplo, una banda visible nos da información acerca del albedo de una superficie, pero no permite discriminar la vegetación de otro tipo de coberturas (Sobrino, 2000).

La elección del número de anchura y localización de las bandas espectrales que incluye un sensor está relacionada con los objetivos de su diseño. Un sensor meteorológico únicamente

necesita una banda en el visible puesto que las nubes no presentan diferencias cromáticas. Sin embargo, necesita bandas en el térmico, o en el IR medio para observar la humedad atmosférica. Un sensor de recursos naturales necesita bandas que permitan discriminar la vegetación y el color de las superficies y por lo tanto será mejor cuanto mayor número de bandas y más definidas tenga (Palacios, 2015).

Ejemplo: Funciones filtro de los satélites Landsat 1-5, bandas del Visible e IRC.

Fig. 4. Bandas del Landsat 1 - 5.



Fuente: Pérez, (2012).

2.13.4. Resolución temporal

La resolución temporal alude a la frecuencia de cobertura que proporciona el sensor, esto es, la periodicidad con que adquiere imágenes de la misma porción de la superficie terrestre. El ciclo de cobertura está en función de las características orbitales de la plataforma (altura, velocidad, inclinación) así como del diseño del sensor (ángulo de observación y abertura) (Palacios, 2015).

Ejemplo: el Landsat 7 puede ver la misma área de la superficie terrestre cada 16 días.

2.13.5. Resolución angular

Por ella se entiende la capacidad que tiene un sensor para tomar imágenes oblicuas. Esta propiedad permite no solamente acortar los ciclos temporales de recubrimiento, sino que posibilita la generación de imágenes estereoscópicas y por tanto la reconstrucción del relieve. En un análisis conjunto de las diferentes resoluciones de los satélites llegaríamos a la conclusión de que un satélite no es mejor ni peor que otro debido a su resolución. Cada misión espacial ha concebido unos sensores adaptados a unos determinados usos y eso es lo importante (Pérez y Muñoz 2006).

2.14. Realce y mejoramiento visual de imagen satelital

Pérez y Muñoz (2006) afirman que las primeras manipulaciones que han de llevarse a cabo tienen como finalidad restaurar la imagen reestableciendo, en la medida de lo posible, las condiciones de la toma. Ello implica el desarrollo de dos tipos de correcciones: unas de índole geométrica y otras de carácter radiométrico.

Las correcciones geométricas tienen como finalidad reconstruir la geometría de la imagen, adaptándola a una determinada Proyección cartográfica y a su sistema de coordenadas asociado. Para denominar este tipo de operaciones se ha consolidado el nombre de georreferenciación. Los procedimientos matemáticos

que resuelven este problema y las metodologías usadas para su implementación mediante algoritmos en las aplicaciones informáticas de Teledetección son muy variados (Pérez y Muñoz 2006).

Las correcciones radiométricas, pretenden reestablecer los valores de los niveles digitales de la imagen depurando cualquier anomalía en su registro achacable, bien a defectos en el sistema sensor, bien a las condiciones ambientales de la toma (Pérez y Muñoz 2006).

2.15. Pre procesamiento de imágenes satelitales.

Normalmente, antes de comenzar cualquier análisis sobre la información recogida desde un sensor remoto es necesario un tratamiento previo de los datos en cuestión. Este proceso se conoce en la literatura como “Image Preprocessing” y está destinado a corregir el distorsionado de la imagen para crear una representación más fiel de la escena original. Esto típicamente involucra el procesamiento inicial de datos crudos de las imágenes a corregir para distorsiones geométricas, calibración radiométrica, y correcciones atmosféricas presentes en los datos (Ponce, 2010).

2.15.1. Correcciones geométricas – georreferenciación

La corrección geométrica es la modificación de la geometría de la imagen respecto de la geometría de la superficie terrestre. La georreferenciación es su adaptación a un sistema geodésico de referencia (por ejemplo ED50 ó ETRF 89) y una proyección geográfica determinada (ejemplo la UTM Universal Transversal Mercator). Los procedimientos matemáticos que resuelven este problema y las metodologías usadas para su implementación, mediante algoritmos en las aplicaciones informáticas de teledetección son muy variados (Pérez y Muñoz 2006).

2.15.2. Correcciones radiométricas

Jensen (1996), señala que idealmente, el flujo de radiación recogido por un sensor remoto, en varias bandas, es una

representación precisa del flujo de radiación de las características de la superficie terrestre. Desafortunadamente esto no ocurre y pueden ingresar errores al sistema de colección de información. Es en éste punto donde se hace necesario realizar la corrección radiométrica pertinente. Entre ellas destacan la corrección absoluta y relativa. La primera considera aspectos de la transmitividad atmosférica, irradiancia difusa del cielo y ruta de la radiancia para así determinar cómo el efecto atmosférico afecta la radiancia medida por el sensor remoto. La segunda se utiliza para normalizar las intensidades entre las diferentes bandas dentro de una escena (por ejemplo para remover la respuesta errónea del sensor, líneas abandonadas o rayados) y para normalizar las intensidades de las bandas.

2.15.3. Correcciones atmosféricas

Se realizan a causa de que no todos los componentes se ven afectados de igual forma. El espesor de la atmósfera puede variar y las nubes pueden afectar la percepción del sensor producto que no recibe la radiancia que efectivamente sale del suelo (Chuvienco, 2002).

Procedimiento dirigido a suprimir la dispersión atmosférica, se basa en una regresión entre bandas. Se parte de delimitar sobre la imagen unas zonas de baja radiancia (sombras, aguas claras y profundas). Posteriormente se obtienen los NO de los pixeles incluidos en esas áreas, para cada una de las bandas que intervienen en el análisis. A partir de esos valores, se calcula la línea de regresión entre cada banda y una de ellas, en donde la dispersión sea menos intensa (típicamente la banda situada en el infrarrojo medio, por ejemplo TM7). Esta recta de regresión debería pasar a través del origen del eje de coordenadas formado por las dos bandas. En caso contrario, se supone que el desplazamiento de la

recta es debido a la dispersión, por lo que basta conocer el punto en el que ésta corta al eje de la banda a corregir. Ese valor se sustrae a todos los NO de dicha banda, de modo similar al método anterior (Chuvieco, 2002).

2.16. Análisis de las imágenes

El análisis visual de imágenes se realiza empleando tres bandas del sensor, coincidiendo con la capacidad de los monitores, empleados en informática, monitores RGB. Los monitores poseen en total tres cañones, RGB, red, Green y blue - Rojo/Verde/Azul, con los que, por combinación de estos tres colores básicos, se construyen el resto de los colores (Pérez y Muñoz 2006).

Empleando estos tres Cañones tenemos la posibilidad de enviar en cada uno de ellos una de las bandas del sensor, combinándose en nuestra pantalla y dando distintos colores y tonos. Estos colores y tonos se emplean para analizar visualmente la imagen, combinando las bandas, de manera que se da un primer acercamiento al contenido de la imagen. Las combinaciones de colores se emplean para discriminar Geología de la imagen, Usos del suelo de la imagen, Morfología Urbana, etc. (Pérez y Muñoz 2006).

2.17. Combinación de bandas

Las imágenes de satélite se distribuyen en bandas espectrales separadas, las cuales se pueden combinar para crear otras imágenes. Para realizar este procedimiento, los programas de interpretación de imágenes traen comandos especiales que permiten combinar bandas y asignar a cada una un color de visualización específico. La combinación de las bandas espectrales correspondientes al azul, verde y rojo permiten preparar una imagen en color verdadero, la cual es semejante a una fotografía aérea en colores. En el caso de las imágenes Landsat para construir esta imagen se combinan las bandas 1-2-3 y se asigna a cada banda su correspondiente color; esto es, azul, verde y rojo, respectivamente (Orozco y Brumér 2002).

En una imagen de falso color no se sigue este patrón, sino que los colores azul, verde y rojo se asignan a diferentes bandas espectrales. Una imagen de falso color muy utilizada en interpretación de imágenes de satélite se obtiene al combinar las bandas Landsat 2-3-4 y asignando a cada una un color. El color azul se asigna a la banda 2 (la que registra la radiación verde), el color verde a la banda 3 (la que registra la radiación roja), y el color rojo a la banda espectral 4 (la que registra la radiación infrarroja cercana). El resultado es una imagen de falso color, en donde la vegetación en áreas boscosas se verá de color rojo intenso, dado que la vegetación activa refleja una gran proporción de la radiación infrarroja cercana incidente, y en donde la vegetación bajo estrés (por enfermedad o sequía) se verá de color amarillo claro. Asimismo, los ríos de agua limpia se verán negros, y los ríos con alto contenido de sedimentos se verán de color azul. Finalmente, en esta imagen los terrenos sin cobertura vegetal se verán de color gris-azulado, mientras que los pastos y terrenos con cultivos agrícolas se mostrarán de color rojo claro (Orozco y Brumér 2002).

2.18. Índice de vegetación de diferencia normalizada

El Índice de vegetación de diferencia normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja (Felicísimo, citado por Cieza 2017).

2.19. Modelo de elevación digital

Felicísimo, citado por Cieza (2017) afirma que los Modelos Digitales de Elevación (DEM) son definidos como una estructura numérica de datos que representan la distribución espacial de la altitud en la superficie terrestre, almacenados en una base de datos digital, georreferenciada en un sistema de proyección cartográfica. Es llamado modelo porque, a través de algoritmos matemáticos, los datos altitudinales pueden ser

modelados automáticamente en una computadora y así lograr analizar la superficie terrestre en un modelo en tres dimensiones (Maune, 2001).

2.20. Random Forest

Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información. Dicho algoritmo construye cientos de árboles de regresión y emplea un sistema de “votos” entre el conjunto de árboles para “decidir” la clase – cada árbol calibrado es un voto, y se asigna la clase en función de cuántos votos obtiene cada una de las unidades a ser clasificadas (Breiman, citado por Rodríguez, 2011).

2.21. Índice kappa

Este coeficiente, propuesto por Jacob Cohen en 1960 (DOU *et al.* 2007). Es un estadístico que mide la diferencia entre la exactitud lograda en la clasificación con un clasificador automático y la oportunidad de lograr una clasificación correcta con un clasificador aleatorio (Ponce, 2010). En general se cree que es una medida más robusta que el simple cálculo del porcentaje de concordancia, ya que Kappa tiene en cuenta el acuerdo que ocurre por azar (Carletta, 1996).

Cuadro 5: Escala de valores Índice Kappa

Kappa	Grado de acuerdo
< 0.00	Sin acuerdo
>0.00 – 0.20	Insignificante
0.21 – 0.40	Discreto
>0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Sustancial
0.81 – 1.00	Casi perfecto

Fuente: Cohen, 1960

2.22. Matriz de confusión

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

La matriz tiene tantas filas y columnas como clases se hayan definido en la escena y las celdas de esa matriz contienen el número de píxeles que, siendo de una clase, dada por la fila (según el conocimiento a priori de la zona de estudio o según comprobaciones hechas a posteriori), han sido clasificados como otra clase, dada por la columna. La clasificación perfecta sería una matriz en la que el 100% de los píxeles clasificados estuviesen contabilizados en las celdas de la diagonal de esa matriz; en ese caso, todos los píxeles estarían correctamente clasificados (Felicísimo, citado por Cieza 2017).

2.23. Porcentaje correctamente clasificado

Se calcula dividiendo el número total de píxeles correctamente clasificados por el número total de píxeles de referencia y expresándolo como porcentaje (Felicísimo, citado por Cieza 2017).

2.24. Antecedentes

2.24.1. Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satelitales en Piura – Perú.

Zorogastúa et al, 2011, realizó el estudio del bosque seco localizado en la región Piura, Perú con el objetivo de evaluar el cambio de la cobertura y el uso de la tierra. Se utilizó el procesamiento digital de imágenes del satélite LANDSAT 5 registradas entre 1999 y el 2001, a través de una clasificación supervisada, usando el algoritmo de máxima verosimilitud.

Los resultados se compararon con el mapa de bosques secos elaborado por INRENA con interpretación visual de imágenes LANDSAT 5 registradas entre 1986 y 1994.

2.24.2. Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra.

Alcántara, 2014, estudio fue conocer la dinámica y los principales efectos generados por los cambios en la cobertura y uso de la tierra, en el ámbito del departamento Cajamarca para el periodo 2001 - 2013 a partir de la generación de mapas temáticos de los referidos años; los específicos fueron: analizar factores que inciden en los cambios de la cobertura y uso de la tierra, analizar los principales efectos generados por los cambios de cobertura y uso, delimitar y caracterizar zonas de tratamiento especial e identificar medidas de gestión que permitan promover dinámicas convenientes de cobertura y uso sostenible de la tierra.

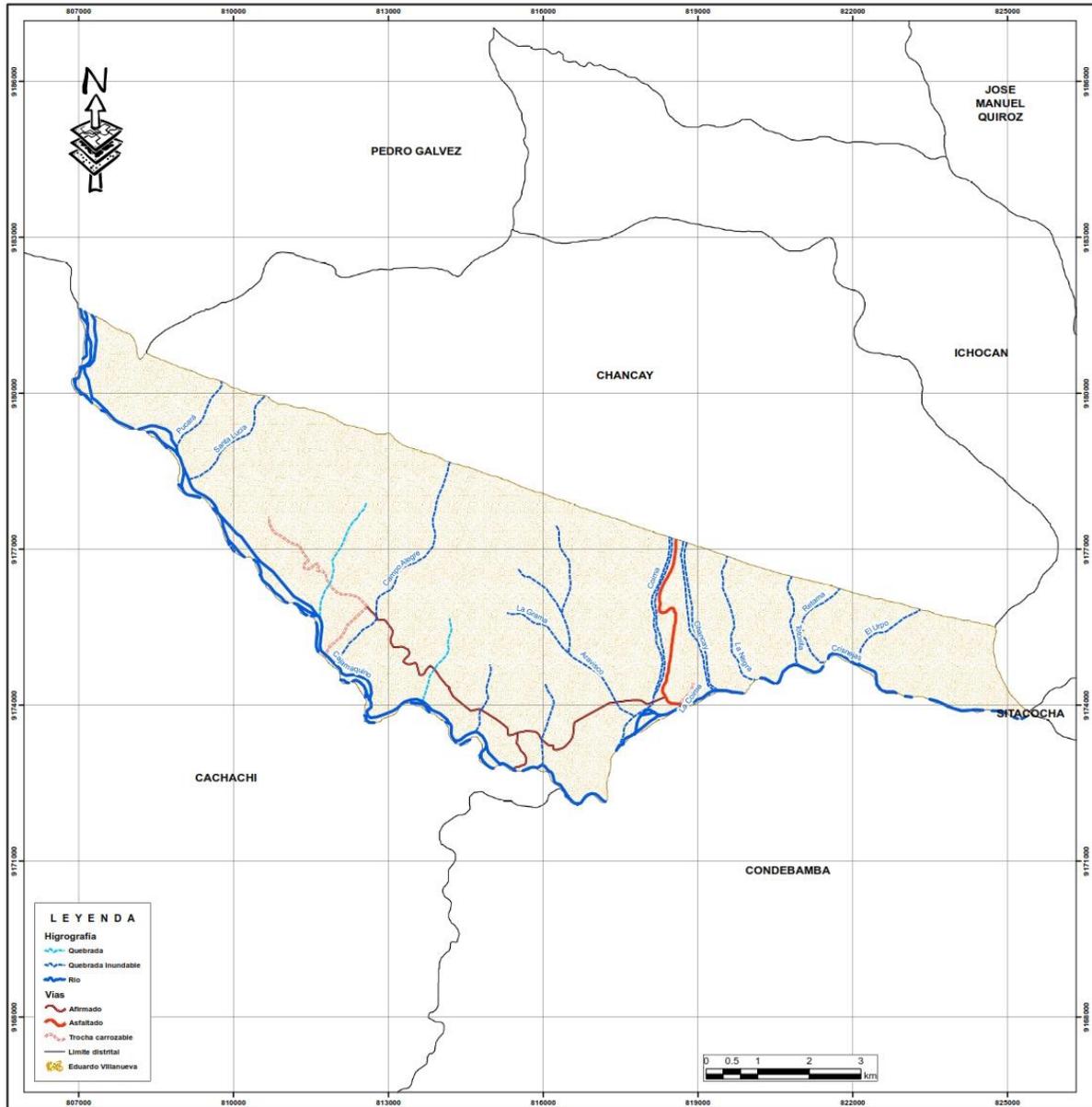
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción general de la zona

3.1.1. Ubicación

El estudio se realizó en el distrito de Eduardo Villanueva, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, limita al norte con los distritos de Chancay y Pedro Gálvez; al oeste con el distrito de Cachachi, al sur limita con los distritos de Cachachi y Condebamba; y al este con el distrito de Ichocan. Geográficamente la zona de estudio se ubica en la vertiente del Atlántico, entre las coordenadas UTM 806864 y 855403 m Este y entre 9181623 y 9172093 m Norte (punto céntrico del distrito), los límites altitudinales oscilan entre 1680 msnm en el río Cajamarquino y 2940 msnm en el centro poblado de Churgap, tiene una extensión de 5912.83 ha.



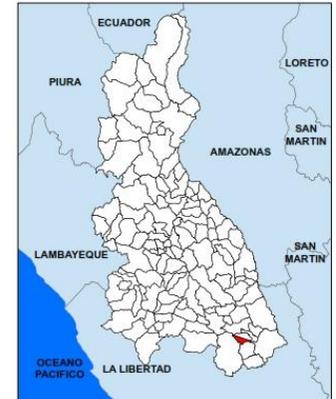
LEYENDA

Hidrografia

- Quebrada
- Quebrada Inundable
- Rio

Vias

- Asfaltado
- Trocha carrozable
- Limite distrital
- Eduardo Villanueva



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE UBICACIÓN

TESISTA: Engeles Jhonatan Navarro Cordova

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM	ESCALA:	N° MAPA:
Datum Horizontal WGS1984	1: 50 000	1
Zona de Huso Horario 17 S		

3.1.2. Regiones naturales del distrito de Eduardo Villanueva

De acuerdo con la clasificación dada por Javier Pulgar Vidal de las regiones naturales del Perú, en el distrito de Eduardo Villanueva podemos encontrar una región natural.

a. Yunga fluvial

Pulgar (1967) determinó que la región Yunga fluvial comprende entre los 500 msnm a 2300 msnm esta región natural, está comprendida por la parte baja del distrito de Eduardo Villanueva que varía entre los 1800 a 2300 msnm, encontramos a los siguientes caseríos El Tingo, Chirmoyo, Aguas Calientes, La Grama, Mollepampa, Huacacorrall, Campo Alegre, Colpon; en donde encontramos pendientes nulas o casi a nivel, ligeramente inclinada, ligeramente inclinada a moderadamente empinada, empinada, muy empinada, extremadamente empinada, predominando la pendiente nula o casi a nivel y en menor dimensión la pendiente extremadamente empinada.

b. Quechua

Pulgar (1967) determinó que la región Quechua comprende entre los 2300 msnm a 3500 msnm Esta región natural, está representada por la parte alta del distrito Eduardo Villanueva comprendido entre los 2300 msnm a 2700 msnm encontramos a los siguientes caseríos el Chirimoyo, Aguas Calientes, Campo Alegre, Colpon, La Grama, Mollepampa, Choropama; en donde podemos encontrar los siete rangos de pendiente pero de forma predominante la pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada, en menor dimensión la pendiente extremadamente empinada.

3.1.3. Hidrografía

La hidrografía del distrito de Eduardo Villanueva está conformada por los ríos Cajamarquino y Crisnejas que sirven como límite por el sur con los distritos de Cachachi y Condebamba respectivamente, tiene como afluentes a las siguientes quebradas Pucara, Santa Lucia y Campo Alegre para el río Cajamarquino, a la quebrada La Grama que se une al río Aravisco para verter en el río Colima, al río Chancay; y a las quebradas La Negra, Totorilla, Retama, El Urpo que posteriormente se unen al río Crisnejas.

3.2. Materiales y equipos de campo

3.2.1. Materiales

Libreta de apuntes, formatos de campo, lápices y lapiceros.

3.2.2. Herramientas

Machete

3.2.3. Equipos de campo

Botas de jebe, poncho impermeable

3.2.4. Instrumentos y equipos

Receptor GPS/GLONASS (Oregon 750)

Cámara fotográfica semi profesional

3.3. Materiales y equipos de gabinete

3.3.1. Materiales

Papel bond A4 de 80 gramos, lapiceros y lápices

3.3.2. Equipos

Laptop, impresora y escáner

3.3.3. Material cartográfico

Carta nacional del Perú 1: 100 000.

Shapefile del distrito obtenido del gobierno regional de Cajamarca.

Base de datos ZEE Cajamarca

3.3.4. Software

Microsoft Windows 10

Microsoft office 2013

ArcGIS 10.3.1.

Envi 5.3.

RGui 2.15

3.4. Metodología

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodos 1992 - 2003 – 2016 se realizó en el ámbito del distrito de Eduardo Villanueva,

provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca. La metodología se basó en analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra basado en imágenes de sensores remotos; y realizar la clasificación como se describe en el esquema número uno (1), la clasificación se realizó con la leyenda Corine Land Cover-CLC en un nivel III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM).

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

3.4.1. Fase inicial de gabinete

a. Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 1992-2003-2016

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

- **Instituciones visitadas**

Gobierno Regional de Cajamarca – Sub gerencia de acondicionamiento territorial (ZEE – OT)

Autoridad Nacional del Agua (ANA).

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

Municipalidad Eduardo Villanueva – La Grama

Municipalidad Centro Poblado Aguas Calientes

- **Descarga del modelo de elevación digital DEM**

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

- **Selección y descarga de imágenes Landsat**

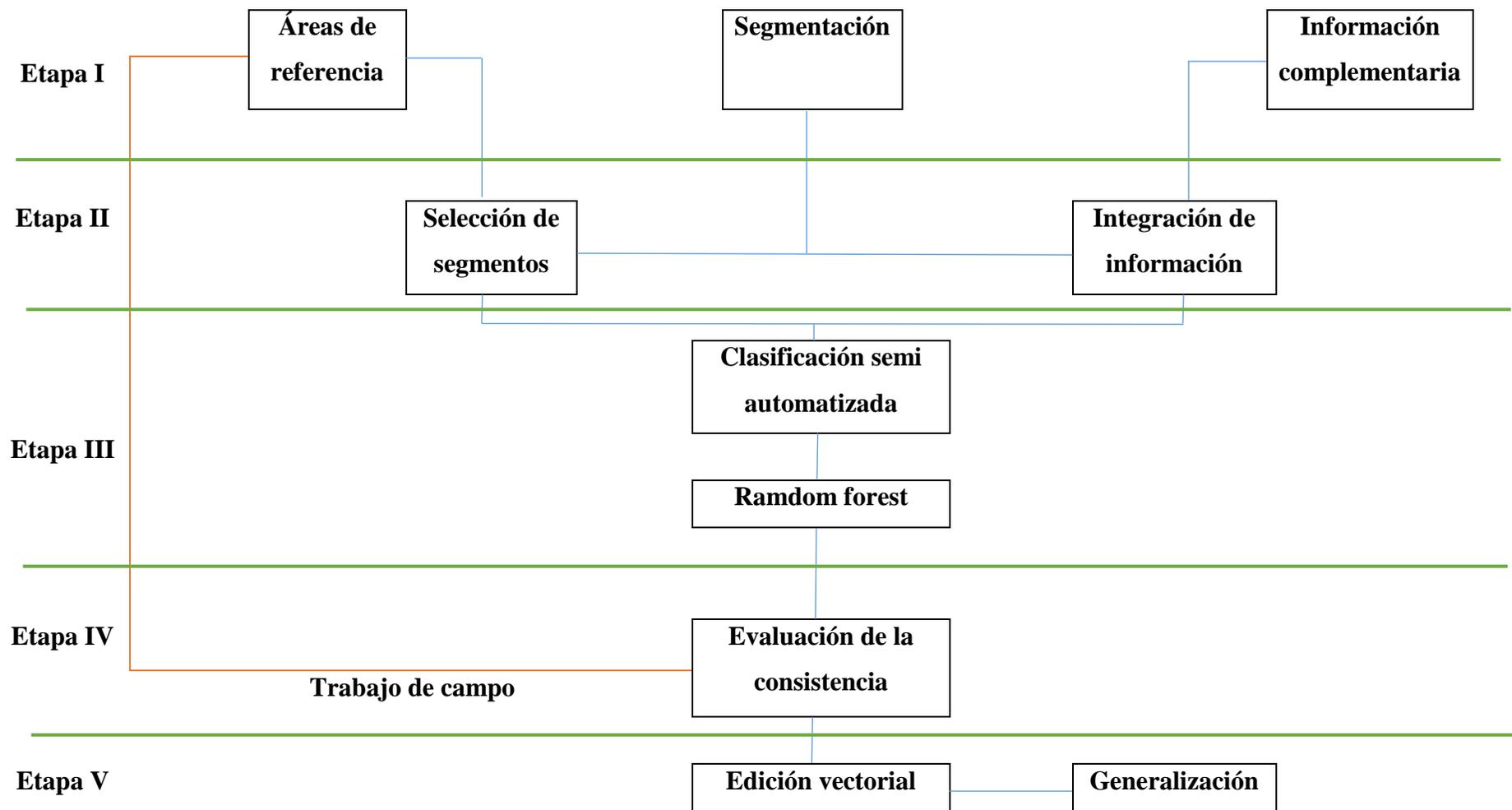
Imágenes Landsat del distrito de Eduardo Villanueva, estas fueron adquiridas del servidor de www.glovis.usgs.gov vía

internet lo cual constituyo la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra, cuyas especificaciones son las siguientes:

Cuadro 6: Datos de las imágenes descargadas

ID	Satélite	Fecha
LT50090651992220CUB00	Landsat5	20/02/1992
LT50090652003202CUB00	Landsat7	10/02/2003
LC80090652016318LGN00	Landsat8	18/03/2016

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



ESQUEMA 1: Proceso de clasificación para la representación cartográfica

b. Etapa I

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 de Landsat5, Landsat7 y Landsat8 obteniendo como resultado un archivo con formato raster.

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:**

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.

Cuadro 7: Valores obtenidos de la segmentación

Segmentación	Landsat5	Landsat7	Landsat8
Escale	10	20	20
Merge	40	40	30

Información complementaria

Se utilizó el ModelBuilder “Coberturas_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (MINAM), que nos permite la generalización de la selección de segmentos que posteriormente son utilizados como análisis en el proceso de clasificación, proceso mediante el cual se selecciona los segmentos que se intersectan con las áreas de entrenamiento haciendo una interrelación entre ambos asignando así las clases ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas.

c. Etapa II

Selección de segmentos (áreas de entrenamiento)

Se creó un shapefile con el nombre de aeita_1 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.

Integración de información

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

- **Brightness**

Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat5, 7 y 8.

- **Greenness**

Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de verdor generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat 5, 7 y 8.

- **Slope**

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.

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

d. Etapa III

Clasificación semi automatizada

La clasificación semi automatizada se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “filtrar.tabla.todo.rf.2” obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en procesar los archivos “Todo seg, aeita_1, y el archivo obtenido de la información complementaria”, en donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en un formato ráster.

Random forest

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

3.4.2. Fase de campo

En esta fase se trabajó la etapa IV del esquema N° 1.

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, arbustales, etc.

3.4.3. Fase Final de gabinete

En esta fase se trabajó la etapa IV del esquema N° 1.

Edición vectorial

Procesamiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGIS 10.3 sobre las imágenes satelitales, todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo.

Generalización

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

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

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

Del análisis de las 3 imágenes utilizadas para la presente investigación, se obtuvieron 7 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 Eduardo Villanueva. A continuación se muestra las categorías obtenidas de la clasificación:

Cuadro 8: Categorías del uso actual de la tierra identificadas en el distrito de Eduardo Villanueva.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales	Ai
2. Áreas agrícolas	2.4 Áreas agrícolas Heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Mpc
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.2. Bosque abierto bajo	Bab
		3.3.1. Herbazal	He
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.2. Arbustal	Ar
		3.3.4. Vegetación arbustiva/ herbácea	Ar-He
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río	Ri

4.1.1. (1.) Áreas artificializadas

a. (1.1.) Áreas urbanizadas

(1.1.1.) Tejido urbano continuo (Tu)

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 (MINAM, 2014).



Fotografía 1: Tejido urbano continuo distrito de Eduardo Villanueva, calle Díaz Arce (Coordenadas UTM 816877 este y 9174027 norte)

b. (1.2.) Áreas industriales e infraestructura

(1.2.1.) Áreas industriales o comerciales.

Comprende las áreas cubiertas por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad (MINAM, 2014).



Fotografía 2: Área comercial Centro Poblado Aguas Calientes (Coordenadas UTM 818054 este y 9174125 norte)

4.1.2. (2.) Áreas agrícolas

a. (2.4.) Áreas agrícolas heterogéneas

a.1. (2.4.2.) Mosaico de pastos y cultivos

Es una unidad que comprende una asociación de pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual (MINAM, 2014). Entre los pastos tenemos: naturales como la grama (*Cynodon dactylon*); y pastos cultivados como Alfalfa (*Medicago sativa*), sorgo (*Sorghum sp.*); entre los cultivos tenemos Maíz (*Zea mays*) y ajo (*Allium sativum*).



Fotografía 3: Mosaico de pastos y cultivos centro poblado Campo Alegre (Coordenadas UTM 811816 este y 9176394 norte)

4.1.3. (3.) Bosques y áreas mayormente naturales

a. (3.1.) Bosques

a.1. (3.1.2.) Bosque abierto bajo

Son árboles con una altura no mayor a 5m. Cobertura mayor a 10%. Umbral entre denso y abierto: 70% de cobertura. Se consideran excepciones importantes definidas por restricciones bioclimáticas y biogeográficas (particularmente en Perú y Bolivia), como los bosques de *Polylepis* o *Prosopis* (MINAM, 2014). En el distrito de Eduardo Villanueva se encontró siguientes árboles, guarango (*Acacia macracantha.*), aravisco (*Jacaranda sp.*), sauce (*Salix humboldtiana*), molle (*Schinus molle*).



Fotografía 4: Bosque abierto bajo Choropampa (Coordenadas UTM 817752 este y 9176949 norte).

b. (3.3.) Áreas con vegetación Herbácea y/o arbustivo

b.1. (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 (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos (Font Queur, citado por MINAM 2014).

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, citado por MINAM 2014). En el distrito de Eduardo Villanueva se encontró la especie herbazal (*Schizachyrium sp.*), Cadillo (*Bidens pilosa*), (*Panicun sp.*).



Fotografía 5: Categoría de herbazales La Grama (Coordenadas UTM 819885 este y 9175388 norte).

b.2. (3.3.2.) Arbustal (Ar)

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 2 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, citado por MINAM 2014). En el distrito de Eduardo Villanueva se encontró arbustales como Chamana (*Dodonaea viscosa*), Chilco (*Baccharis latifolia*), Penca (*Agave americana*).



Fotografía 6: Categoría de Arbustales centro poblado Colpon (Coordenadas UTM 812206 este y 9177071 norte).

b.3. (3.3.4.) Vegetación arbustiva / herbácea

Comprende los territorios cubiertos por una mezcla de vegetación arbustiva y herbácea, desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos (MINAM, 2014). En el distrito de Eduardo Villanueva se encontró las especies de herbazal como son (*Schizachyrium sp.*), Cadillo (*Bidens pilosa*), (*Panicun sp.*) y arbustales como Chamana (*Dodonaea viscosa*), Chilco (*Baccharis latifolia*), Penca (*Agave americana*).



Fotografía 7: Categoría de Vegetación arbustiva / herbácea Colpon (Coordenadas UTM 811723 este y 9177226 norte).

c. (3.4.) Áreas sin o con poca vegetación

c.1. (3.4.2.) Afloramiento Rocoso AfR

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas de afloramientos rocosos (MINAM, 2014).



Fotografía 8: Categoría Afloramiento Rocoso comunidad Colpon (Coordenadas UTM 807986 este y 9180284 norte).

4.1.4. (5.) Superficies de agua

a. (5.1.) Aguas continentales

a.1. (5.1.1.) Río

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado, rara vez es constante a lo largo del año, y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura. Algunas veces terminan en zonas desérticas donde sus aguas se pierden por infiltración y evaporación por las intensas temperaturas.



Fotografía 9: Río Cajamarquino centro poblado Campo Alegre (Coordenadas UTM 811792 este y 9174951 norte).

Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurridos en los periodos 1992 - 2003 – 2016.

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

4.1.5. Cobertura y uso de la tierra año 1992.

a. Matriz de confusión

Se realizó la matriz de confusión para el año 1992 en dicha matriz se obtuvo la Fiabilidad del productor y la Fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Cuadro 9: Matriz de confusión año 1992.

		Categorías asignadas en la imagen						
Resultados de la clasificación	Categorías	Mpc	He	Ar	Afr	Ri	Total	F. Usuario %
	Mpc	12	0	0	0	0	12	100.00
	He	0	14	0	0	1	15	93.33
	Ar	0	0	14	0	0	14	100.00
	Afr	0	0	0	20	0	20	100.00
	Ri	0	1	0	0	13	14	92.86
	Total	12	15	14	20	14	75	Fiabilidad global 97.24 %
	F. Productor %	100.00	93.33	100.00	100.00	92.86		

Interpretación:

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

En la primera fila se digitalizaron doce áreas de entrenamiento que pertenecen a Mosaico de pastos y cultivos, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas; equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %. En la segunda fila se digitalizaron quince áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal, de las cuales catorce fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con Río; equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.33 %. En la tercera fila se digitalizaron catorce áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustal, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas; equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %. En la cuarta fila se digitalizaron veinte áreas de entrenamiento que pertenecen a Afloramiento rocoso, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas; equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %. En la quinta fila se digitalizaron catorce áreas de entrenamiento que pertenecen a Río, de las cuales todas fueron trece correctamente digitalizadas y una fue confundida con Herbazal; equivalente a una fiabilidad del usuario de 92.86 %.

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

En la primera columna se obtuvieron doce clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Mosaico de pastos y cultivos; equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %. En la segunda columna se obtuvieron quince clasificaciones de las cuales catorce fueron clasificados correctamente representando a Herbazal y uno fue clasificada como Río; equivalente a una fiabilidad de usuario de 93.33 %. En la tercera columna se obtuvieron catorce clasificaciones de las

cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Arbustal; equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %. En la cuarta columna se obtuvieron veinte clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Afloramiento rocoso; equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %. En la quinta columna se obtuvieron catorce clasificaciones de las cuales trece fueron clasificadas correctamente representando a Río y uno fue clasificada como Herbazal; equivalente a una fiabilidad de usuario de 92.86 %.

b. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 1992

$$P_o = \frac{12 + 14 + 14 + 20 + 13}{75} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(12 \times 12) + (15 \times 15) + (14 \times 14) + (20 \times 20) + (14 \times 14)}{75} = 0.16$$

$$k = \frac{0.97 - 0.16}{1 - 0.16} = 0.97$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.97 que según la fuerza de concordancia es casi perfecto (**Cuadro 5**).

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 1992 es 97 %.

d. Categorías encontradas en el año 1992

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en febrero de 1992 fueron:

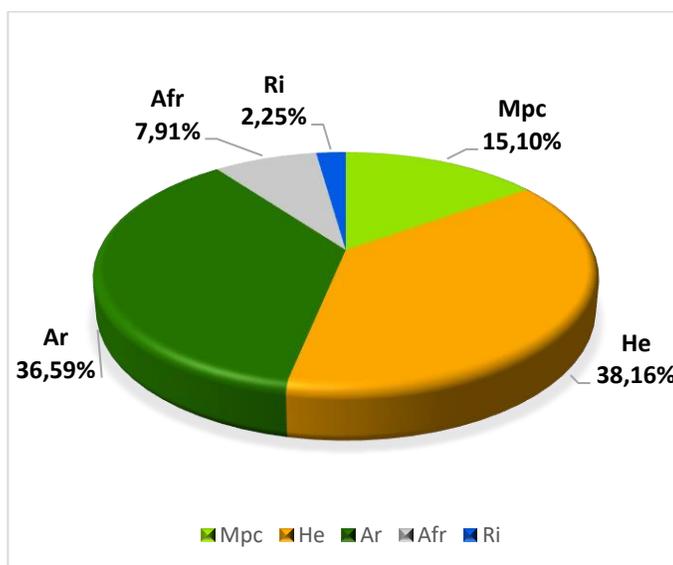
Cuadro 10: Categorías obtenidas para el año 1992.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área	
				ha	%
2. Áreas agrícolas	2.4 Áreas agrícolas Heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	892.86	15.10
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	2256.23	38.16
		3.3.2. Arbustal	Ar	2163.29	36.59
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	467.48	7.91
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río	Ri	132.98	2.25
TOTAL				5912.84	100.00

En el cuadro N° 10

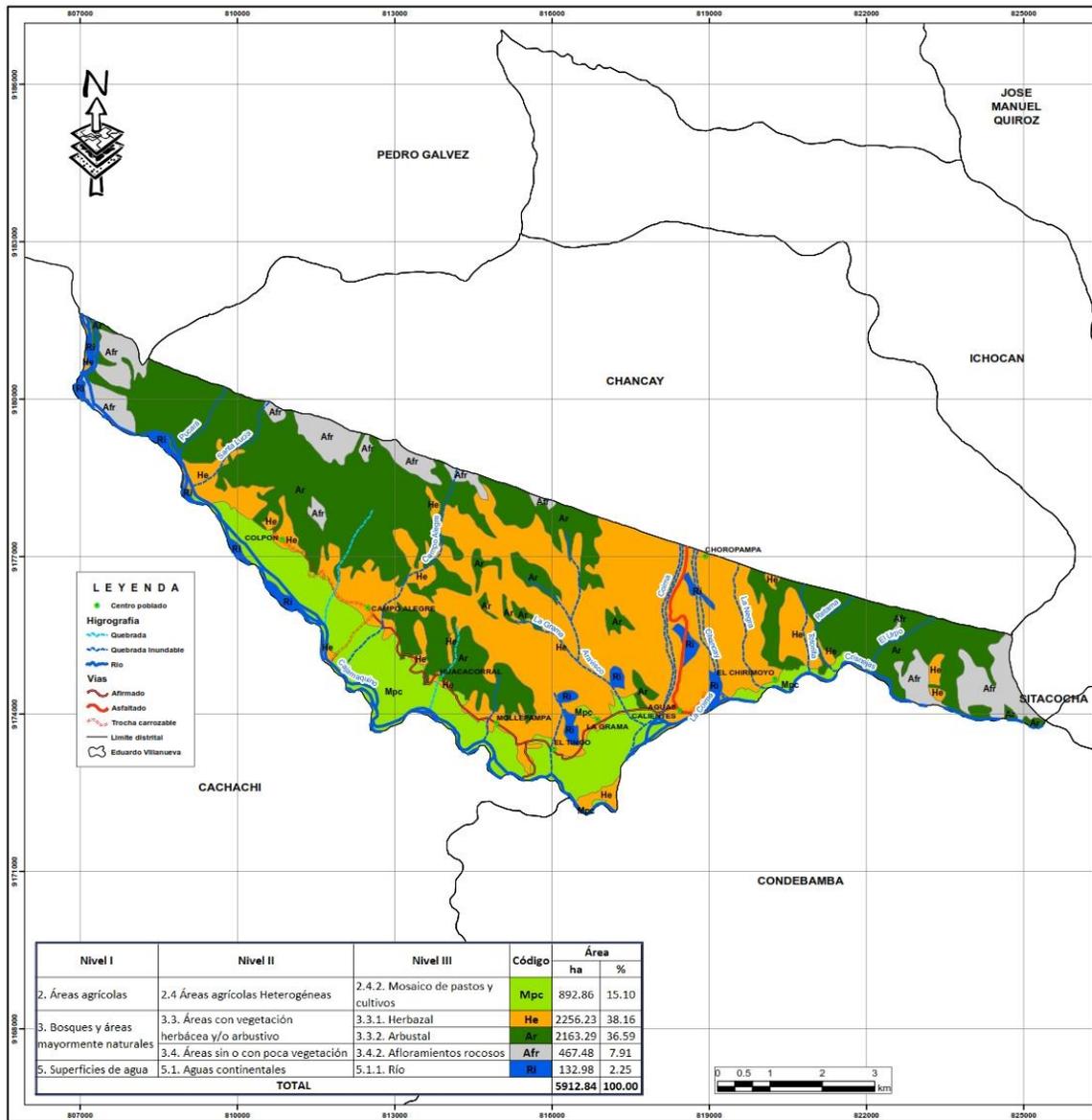
Observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de Eduardo Villanueva.

Grafico N° 2: Distribución porcentual de cobertura año 1992



Según el grafico N° 2

- ✚ La superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta en un mayor porcentaje por Herbazal (He) cubriendo un 38.16 % del área total del distrito.
- ✚ La superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta en parte por Arbustal (Ar) cubriendo un 36.59 % del área total del distrito.
- ✚ La superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta en parte por Mosaico de pastos y cultivo (Mpc) cubriendo un 15.10 % del área total del distrito.
- ✚ La superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta en parte por Afloramientos rocosos (Afr) cubriendo un 7.91 % del área total del distrito.
- ✚ La superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta en menor porcentaje por Río (Ri) cubriendo un 2.25 % del área total del distrito.



- LEYENDA**
- Centro poblado
 - Hidrografía**
 - Quebrada
 - Quebrada Inundable
 - Río
 - Vías**
 - Atollado
 - Antillado
 - Trocha carrozable
 - Límite distrital
 - Eduardo Villanueva

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área	
				ha	%
2. Áreas agrícolas	2.4 Áreas agrícolas Heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	892.86	15.10
		3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	He	2256.23	38.16
		3.3.1. Herbazal	Ar	2163.29	36.59
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.3.2. Arbustal	Afr	467.48	7.91
		3.4.2. Afloramientos rocosos	Rr	132.98	2.25
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río	Ri	132.98	2.25
TOTAL				5912.84	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 1992

TESISTA: Engeles Jhonatan Navarro Cordova

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 50 000	N° MAPA: 04
---	----------------------	----------------

4.1.6. Cobertura y uso de la tierra año 2003

a. Matriz de confusión

Se realizó la matriz de confusión para el año 2003 en dicha matriz se obtuvo la Fiabilidad del productor y la Fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Cuadro 11: Matriz de confusión año 2003

Categorías asignadas en la imagen								
Resultados de la clasificación	Categorías	Mpc	He	Ar	Afr	Ri	Total	F. Usuario %
	Mpc	13	0	0	0	0	13	100.00
	He	0	23	1	0	0	24	95.83
	Ar	0	0	23	0	0	23	100.00
	Afr	0	0	0	15	0	15	100.00
	Ri	0	0	0	0	22	22	100.00
	Total	13	23	24	15	22	97	Fiabilidad global 99.17 %
F. Productor %	100.00	100.00	95.83	100.00	100.00			

Interpretación:

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

En la primera fila se digitalizaron trece áreas de entrenamiento que pertenecen a Mosaico de pastos y cultivos, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas; equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %. En la segunda fila se digitalizaron veinticuatro áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal, de las cuales veintitrés fueron correctamente digitalizadas y una fue clasificada como Arbustal; equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.83 %. En la tercera fila se digitalizaron veintitrés áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustal, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas; equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %. En la cuarta fila se digitalizaron quince áreas de entrenamiento que pertenecen a Afloramiento rocoso, de las

cuales todas fueron correctamente digitalizadas; equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %. En la quinta fila se digitalizaron veintidós áreas de entrenamiento que pertenecen a Río, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas; equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

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

En la primera columna se obtuvieron trece clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Mosaico de pastos y cultivos; equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %. En la segunda columna se obtuvieron veintitrés clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Herbazal; equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %. En la tercera columna se obtuvieron veinticuatro clasificaciones, de las cuales veintitrés fueron clasificadas correctamente representando a Arbustal y una se clasifico como Herbazal, equivalente a una fiabilidad de usuario de 95.83 %. En la cuarta columna se obtuvieron quince clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Afloramiento rocoso; equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %. En la quinta columna se obtuvieron veintidós clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Río, equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

b. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2003

$$P_o = \frac{13 + 23 + 23 + 15 + 22}{97} = 0.99$$

$$P_e = \frac{(13 \times 13) + (23 \times 24) + (24 \times 23) + (15 \times 15) + (22 \times 22)}{97} = 0.20$$

$$k = \frac{0.99 - 0.20}{1 - 0.20} = 0.99$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.99 que según la fuerza de concordancia es casi perfecto (**Cuadro 5**).

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2003 es 99 %

d. Categorías encontradas en el año 2003

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en febrero de 2003 fueron:

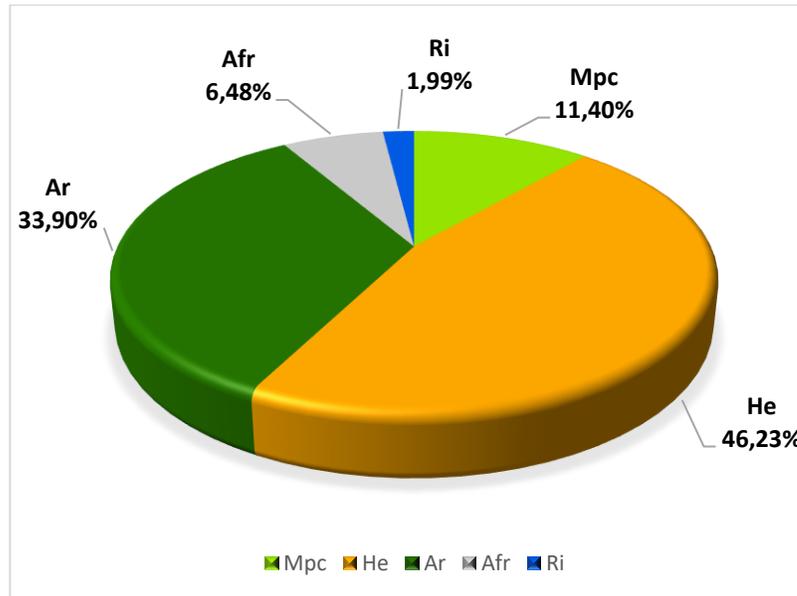
Cuadro 12: Categorías obtenidas para el año 2003

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área	
				ha	%
2. Áreas agrícolas	2.4 Áreas agrícolas Heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	673.96	11.40
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	2733.22	46.23
		3.3.2. Arbustal	Ar	2004.59	33.90
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	383.36	6.48
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río	Ri	117.71	1.99
TOTAL				5912.84	100.00

En el cuadro 12

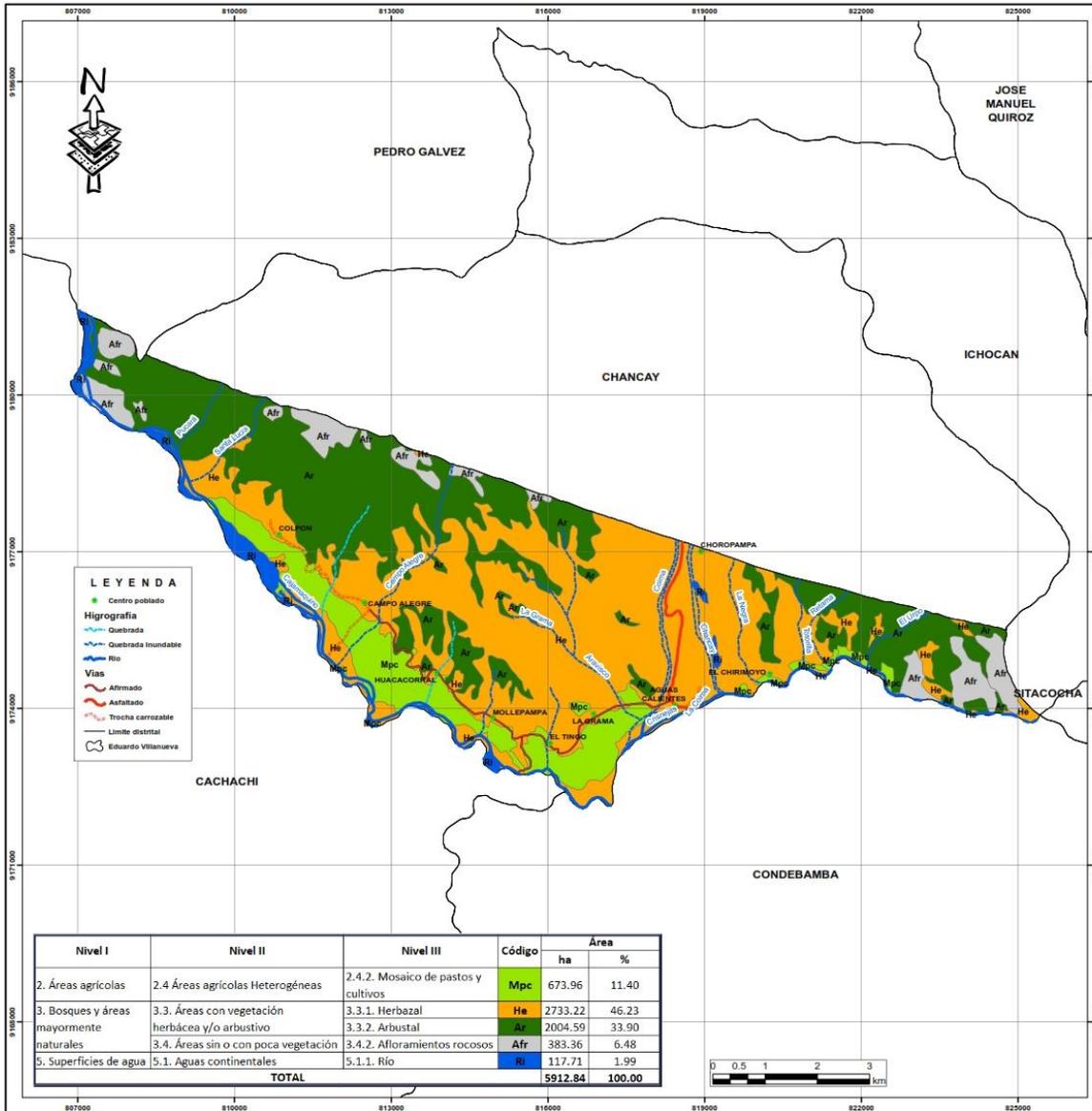
Observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de Eduardo Villanueva.

Gráfico N° 3: Distribución porcentual de cobertura año 2003



Según el grafico N° 3

- ✚ El 11.40 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta Mosaico de pastos y cultivo (Mpc).
- ✚ El 46.23 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Herbazal (He).
- ✚ El 33.90 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Arbustal (Ar).
- ✚ El 6.48 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Afloramientos rocosos (Afr).
- ✚ El 1.99 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Río (Ri).



Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área	
				ha	%
2. Áreas agrícolas	2.4 Áreas agrícolas Heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	673.96	11.40
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	2733.22	46.23
		3.3.2. Arbustal	Ar	2004.59	33.90
		3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	383.36	6.48
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río	Ri	117.71	1.99
		TOTAL		5912.84	100.00




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 2003

TESISTA: Engeles Jhonatan Navarro Cordova

Sistema de Coordenadas Projectadas UTM | ESCALA: 1: 50 000 | N° MAPA: 05
 Datum Horizontal WGS1984
 Zona de Huso Horario 17 S

4.1.7. Cobertura y uso de la tierra año 2016

a. Matriz de confusión

Se realizó la matriz de confusión para el año 2016 en dicha matriz se obtuvo la Fiabilidad del productor y la Fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Cuadro 13: Matriz de confusión año 2016

Categorías asignadas en la imagen								
Resultados de la clasificación	Categorías	Mpc	He	Ar	Afr	Ri	Total	F. Usuario %
	Mpc	19	0	0	0	0	19	100.00
	He	0	19	3	0	1	23	82.61
	Ar	0	3	19	0	0	22	86.36
	Afr	0	0	0	22	0	22	100.00
	Ri	0	1	0	0	21	22	95.45
	Total	19	23	22	22	22	108	Fiabilidad global 92.89
	F. Productor %	100.00	82.61	86.36	100.00	95.45		

Interpretación:

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

En la primera fila se digitalizaron diecinueve áreas de entrenamiento que pertenecen a Mosaico de pastos y cultivos, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas; equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %. En la segunda fila se digitalizaron veintitrés áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal, de las cuales diecinueve fueron correctamente digitalizadas, tres fueron confundidas con Arbustal y una fue confundida con Río; equivalente a una fiabilidad del usuario de 82.61 %. En la tercera fila se digitalizaron veintidós áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustal, de las cuales diecinueve fueron correctamente digitalizadas y tres fueron confundidas con Herbazal; equivalente a una fiabilidad del usuario de 86.36 %. En la cuarta

fila se digitalizaron veintidós áreas de entrenamiento que pertenecen a Afloramiento rocoso, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas; equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %. En la quinta fila se digitalizaron veintiuno áreas de entrenamiento que pertenecen a Río, de las cuales veinte fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con Herbazal; equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.45 %.

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

En la primera columna se obtuvieron diecinueve clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Mosaico de pastos y cultivos; equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %. En la segunda columna se obtuvieron veintitrés clasificaciones, de las cuales diecinueve fueron clasificadas correctamente, de las cuales tres fueron clasificadas como Arbustal y una fue clasificada como Río; equivalente a una fiabilidad de usuario de 82.61 %. En la tercera columna se obtuvieron veintidós clasificaciones, de las cuales diecinueve fueron clasificadas correctamente representando a Arbustal y tres fueron clasificadas como Herbazal, equivalente a una fiabilidad de usuario de 86.36 %. En la cuarta columna se obtuvieron veintidós clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Afloramiento rocoso; equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %. En la quinta columna se obtuvieron veintidós clasificaciones, de las cuales veintiuno fueron clasificadas correctamente representando a Río y fue clasificada como Herbazal, equivalente a una fiabilidad de usuario de 95.45 %.

b. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2003

$$P_o = \frac{19 + 19 + 19 + 22 + 21}{108} = 0.93$$

$$P_e = \frac{(19 \times 19) + (23 \times 23) + (22 \times 22) + (22 \times 22) + (22 \times 22)}{108} = 0.22$$

$$k = \frac{0.93 - 0.22}{1 - 0.22} = 0.91$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.91 que según la fuerza de concordancia es casi perfecto (**Cuadro 5**).

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2016 es 91 %

d. Categorías encontradas en el año 2016

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en marzo de 2016 fueron:

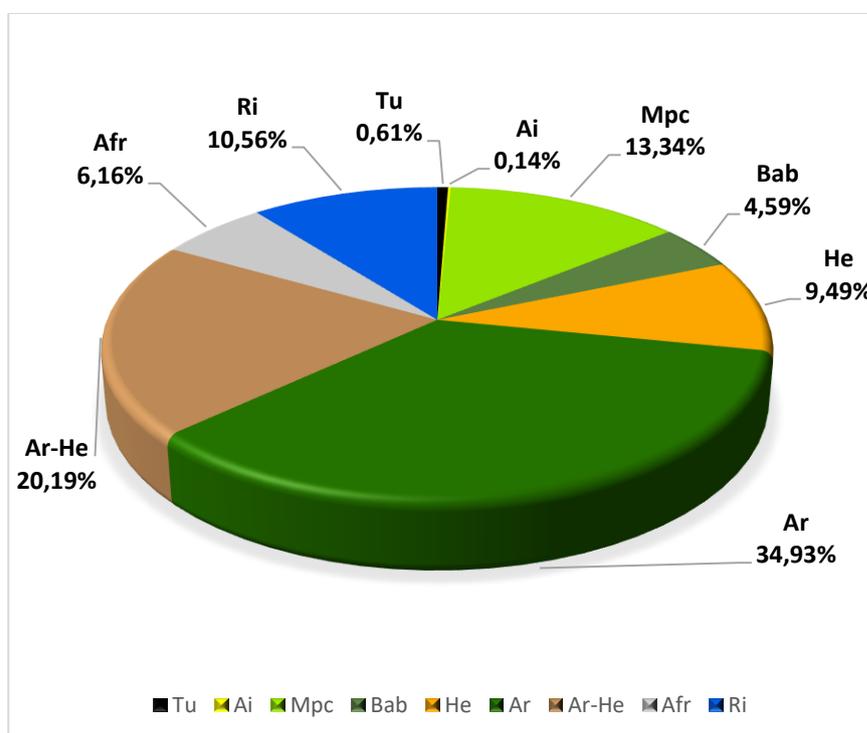
Cuadro 14: Categorías obtenidas para el año 2016

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área	
				ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	35.82	0.61
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales	Ai	8.24	0.14
2. Áreas agrícolas	2.4 Áreas agrícolas Heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	788.60	13.34
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.2. Bosque abierto bajo	Bab	271.34	4.59
		3.3.1. Herbazal	He	561.02	9.49
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.2. Arbustal	Ar	2065.60	34.93
		3.3.4. Vegetación arbustiva/herbácea	Ar-He	1193.77	20.19
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	364.01	6.16
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río	Ri	624.44	10.56
TOTAL				5912.84	100.00

En el cuadro N° 14

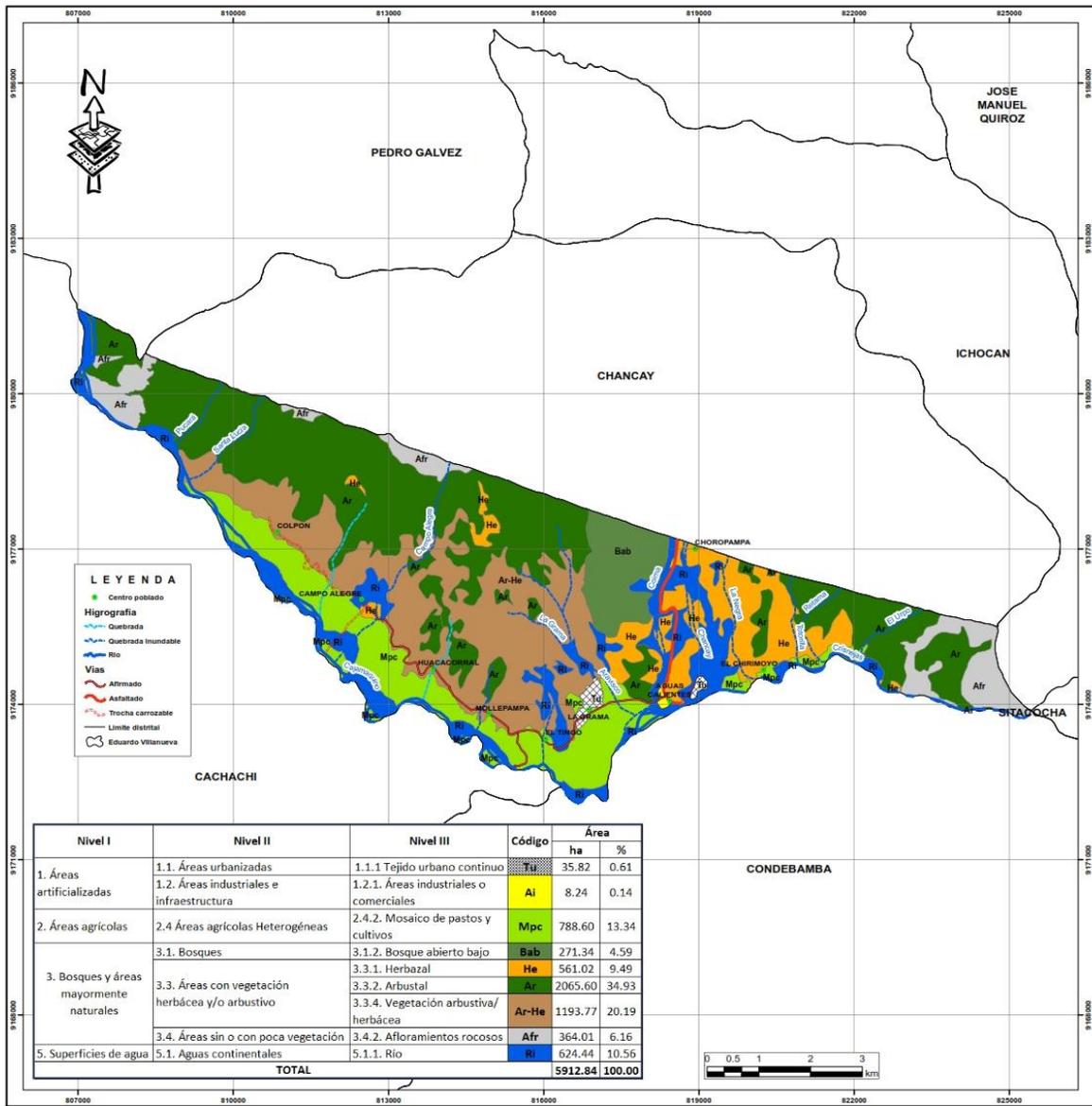
Observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de Eduardo Villanueva

Gráfico N° 4: Distribución porcentual de cobertura año 2016



Según el gráfico N° 4

- ✚ El 0.61 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Tejido urbano continuo (Tu).
- ✚ El 0.14 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Áreas industriales o comerciales (Ai).
- ✚ El 13.34 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta Mosaico de pastos y cultivo (Mpc).
- ✚ El 4.59 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por bosque abierto bajo (Bab).
- ✚ El 9.49 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Herbazal (He).
- ✚ El 34.93 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Arbustal (Ar).
- ✚ El 20.19 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Vegetación arbustiva/ herbácea (Ar - He).
- ✚ El 6.16 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Afloramientos rocosos (Afr).
- ✚ El 10.56 % de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva está cubierta por Río (Ri).



LEYENDA

- Centro poblado
- Hidrografía**
- Quebrada
- Quebrada Inundable
- Río
- Vías**
- Afirmado
- Asfaltado
- Trocha carrozable
- Límite distrital
- Eduardo Villanueva

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área	
				ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	35.82	0.61
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales	Al	8.24	0.14
2. Áreas agrícolas	2.4 Áreas agrícolas Heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	788.60	13.34
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.2. Bosque abierto bajo	Bab	271.34	4.59
		3.1.1. Herbazal	He	561.02	9.49
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.2. Arbustal	Ar	2065.60	34.93
		3.3.4. Vegetación arbustiva/herbácea	Ar-He	1193.77	20.19
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	364.01	6.16
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río	Ri	624.44	10.56
TOTAL				5912.84	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 2016

TESISTA: Engeles Jhonatan Navarro Cordova

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 50 000	N° MAPA: 06
---	----------------------	-----------------------

4.2. Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra

Para determinar el cambio y no cambio de cobertura en el distrito de Eduardo Villanueva, se evaluó la variación de los polígonos de forma global entre cada periodo de evaluación (1992 - 2003, 2003 - 2016 y 1992 - 2016), sin importar los motivos o a que categorías de cobertura vegetal cambiaron dichos polígonos. A continuación, se muestra los resultados del análisis:

4.2.1. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1992 – 2003.

Según se desprende del análisis efectuado entre los años 1992 - 2003 por medio de apoyo gráfico (Grafico N° 5) y de la matriz de cambio elaborada (Cuadro N° 15), todos los usos presentaron cambios.

El que aumentó en superficie al año 2003 fue el uso Herbazal (He) con una ganancia de 476.99 ha.

Los que disminuyeron en superficie al año 2003 fueron los siguientes usos; Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con una pérdida de 218.90 ha, Arbustal (Ar) con una pérdida de 158.70 ha, Afloramientos rocosos (Afr) con una pérdida de 84.12 ha, Río (Ri) con una pérdida de 15.28 ha.

Se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva en hectáreas, de un total de 5912.84 ha sufrieron cambios 911.13 ha equivalente al 15.41 % y no sufrieron cambios 5001.71 ha equivalente al 84.59 %.

Este tipo de cambios se deben principalmente a que en el distrito Eduardo Villanueva los campos agrícolas se encuentran en la ribera de los ríos, quebradas; y en las periferias del asentamiento de la comunidad. En tiempo de invierno los ríos y quebradas tienden a inundar los campos o causar desbordes de los terrenos; cuando el río regresa a su cauce, las partes afectadas tienden a cubrirse con distinto tipo de vegetación herbácea, arbustiva y árboles.

Según el plan estratégico de desarrollo concertado realizado por la municipalidad de Eduardo Villanueva en el año 2005 los riesgos de inundación por lluvias es uno de los principales factores para la pérdida

de terrenos, además que el río Cajamarquino es uno de los que causa mayor erosión en los terrenos agrícolas. Según Martinic (2005), cuando se presentan años con intensas precipitaciones el caudal del río aumenta considerablemente provocando desbordes, arrastrando parte del material cultivable que queda en suspensión afectando a la vegetación menor.

En los centros poblados pertenecientes al distrito Eduardo Villanueva la tendencia a talar gran cantidad de arbustos y árboles para utilizarlos como combustible y tener más campo libre para la crianza de animales a través del pastoreo entre los años (1992 - 2003); fue de las practicas más comunes.

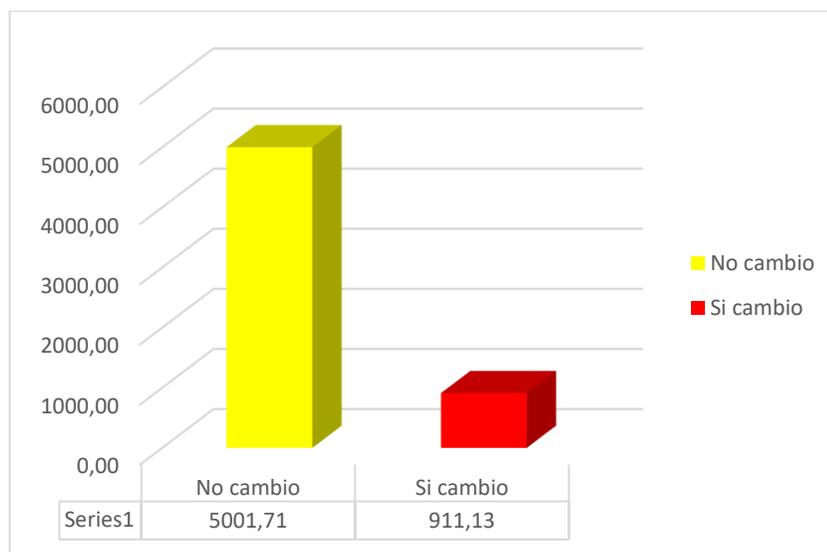
El plan estratégico de desarrollo concertado realizado por la municipalidad de Eduardo Villanueva en el año 2005 la deforestación de bosques naturales por acción de la crianza de caprinos, y la tala indiscriminada para obtener leña (venta y consumo).

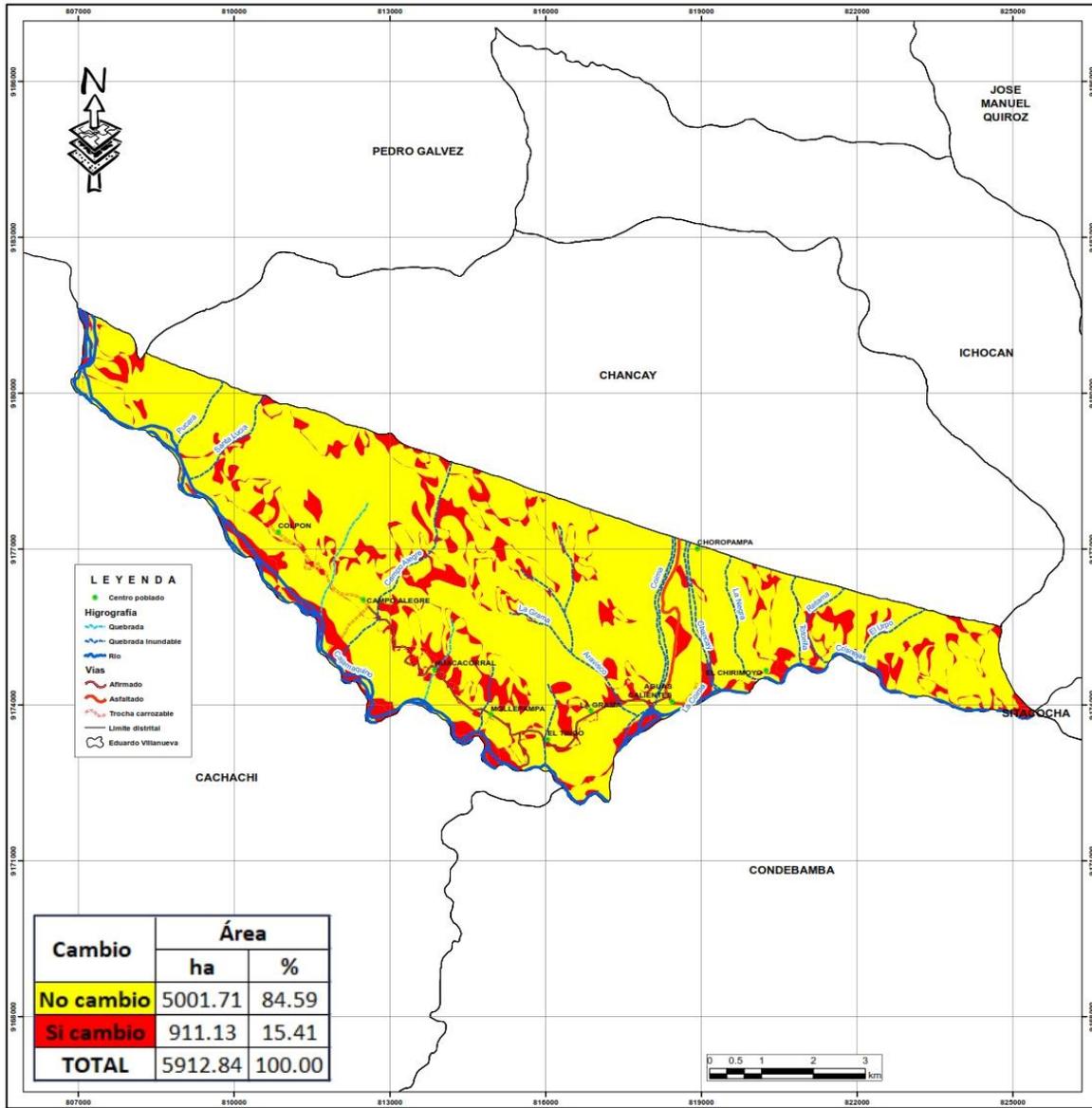
Según Llerena y Paredes (2013) el proceso de transformación de cualquier tipo de cobertura, hacen que éste se transforme en un espacio de mediana fragilidad, por cuanto la tendencia de estos cambios es a mantener algunos servicios que brindan la provisión de materia prima (madera combustible), regulación del clima, captura de carbono, así como con la belleza paisajística.

Cuadro N° 15: Perdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1992 – 2003.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	superficie 1992		superficie 2003		1992 – 2003	
				Área ha	%	Área ha	%	Área ha	%
2. Áreas agrícolas	2.4. Áreas agrícolas Heterogéneas.	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos.	Mpc	892.86	15.10	673.96	11.40	-218.90	-3.70
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	2256.23	38.16	2733.22	46.23	476.99	+8.07
		3.3.2. Arbustal	Ar	2163.29	36.59	2004.59	33.90	-158.70	-2.69
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	467.48	7.91	383.36	6.48	-84.12	-1,43
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río	Ri	132.98	2.25	117.70	1.99	-15.28	-0.26
TOTAL				5912.84	100.00	5912.84	100.00		

Gráfico N° 5: Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1992 – 2003.





- LEYENDA**
- Centro poblado
 - Hidrografía**
 - ~ Quebrada
 - ~ Quebrada inundable
 - ~ Río
 - Vías**
 - ~ Afirmado
 - ~ Asfaltado
 - ~ Trocha carrozable
 - Límite distrital
 - ⊞ Eduardo Villanueva

Cambio	Área	
	ha	%
No cambio	5001.71	84.59
Si cambio	911.13	15.41
TOTAL	5912.84	100.00




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE CAMBIO Y NO CAMBIO PERIODO 1992 - 2003

TESISTA: Engeles Jhonatan Navarro Cordova

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM	ESCALA:	N° MAPA:
Datum Horizontal WGS1984	1: 50 000	07
Zona de Huso Horario 17 S		

4.2.2. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2003 – 2016.

Según se desprende del análisis efectuado entre los años 2003 - 2016 por medio de apoyo gráfico (Gráfico N° 6) y de la matriz de cambio elaborada (Cuadro N° 16), todos los usos presentaron cambios y se encuentran nuevos usos de la tierra.

Los que aumentaron en superficie y se formaron al año 2016 fueron los siguientes usos de la tierra Vegetación arbustiva/ herbácea con una ganancia de 1193.77 ha, Río con una ganancia de 507.74 ha, Bosque abierto bajo (Bab) con una ganancia de 271.34 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con una ganancia de 114.64 ha, Arbustal (Ar) con una ganancia de 61.01 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con una ganancia de 35.82 ha y Áreas industriales o comerciales (Ai) con una ganancia de 8.23 ha.

Los que disminuyeron en superficie al año 2016 fueron los siguientes usos de la tierra Herbazal (He) con una pérdida de 2172.20 ha y Afloramientos rocosos (Afr) con una pérdida de 19.35.

Se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva en hectáreas, de un total de 5912.84 ha sufrieron cambios 2672.21 ha equivalente 45.19 % y no cambio 3240.63 ha equivalente al 54.81 %.

Los cambios entre los años (2003 – 2016) en el distrito Eduardo Villanueva se da debido a que la vegetación arbustiva ha ido creciendo sin intervención de la mano del hombre en distintos espacios donde anteriormente existía gran cantidad de cobertura herbácea, esto debido a que a la actualidad para la crianza y alimentación de animales se ha optado por dedicarse a la siembra de pastos, dejando de practicar la técnica del pastoreo.

Según el Plan de Desarrollo Concertado de la municipalidad Eduardo Villanueva del año 2009, el 20 % de la población se dedica a la crianza de ganado, animales menores todo en base a pastos naturales y alfalfa.

Para Espitia (2015), uno de los pilares fundamentales en la producción ganadera, es la alimentación con base en pasturas, es por esa razón que el aumento de pastos está relacionado con el aumento de ganado de raza y la crianza de animales menores.

Los Bosques abiertos bajos tienden a aparecer debido a que los pobladores en época de estiaje encausan los ríos y quebradas dejando que en la mayoría de las riberas crezca gran variedad de árboles donde los principales son guarango, sauce, molle y en zonas de humedad el pájaro bobo.

Según el Plan de desarrollo concertado de la municipalidad Eduardo Villanueva del año 2009, en el tiempo de altas precipitaciones el cauce del río Crisnejas y el río Cajamarquino tienden a inundar gran parte de los terrenos y también a disminuir la de los terrenos cultivables (Fotografías 22 y 23). Según Martinic (2005), cuando se presentan años con intensas precipitaciones el caudal del río aumenta considerablemente provocando desbordes, arrastrando parte del material cultivable que queda en suspensión afectando a la vegetación menor.

En los últimos diez años el distrito de Eduardo Villanueva ha crecido de manera urbana con proyectos como la construcción de pistas y el alcantarillado de la capital del distrito lo que traído con ello un gran crecimiento poblacional (Fotografías 18, 19, 20 y 21).

El aumento de la población, la expansión de las grandes zonas urbanas y la globalización obligan a crear ciudades crecientemente riesgosas (Kuroiwa, 2012). Esto concuerda con lo señalado por Romero *et al.* (2008) en el sentido, que las áreas más susceptibles son aquellas cercanas a los centros poblados (Fotografía 24).

En lo comercial según el plan de desarrollo concertado de la municipalidad Eduardo Villanueva del año 2009, el 5 % de la población total se dedica al comercio principalmente los sábados en el mercado Crisnejas; con la canalización y descolmatación de la quebrada Coima

ha duplicado el área para el mercado del Centro Poblado Aguas Calientes - La Grama el cual es uno de los más grandes en la provincia de San Marcos (Fotografía 25).

Henríquez *et al* (2006) afirma que son varios los factores que conducen el crecimiento comercial acelerado, dentro de los cuales menciona la falta de oportunidades para el desarrollo rural, la emigración de la población hacia las ciudades, las altas tasa de crecimiento natural de la población urbana, la economía de mercado que promueve la urbanización y las economías de aglomeración y concentración espacial para consumir bienes y servicios.

Los afloramientos tienden a cubrirse por la tierra que se mueve con la erosión donde nace gran cantidad de plantas herbáceas y arbustivas lo que genera que esta pierda su área. Los desastres naturales causan pérdidas a un nivel aceptable en países desarrollados, mientras que en los países subdesarrollados causan un descenso del nivel de vida en la región afectada y serios problemas macroeconómicos en países pequeños (Fotografía 26).

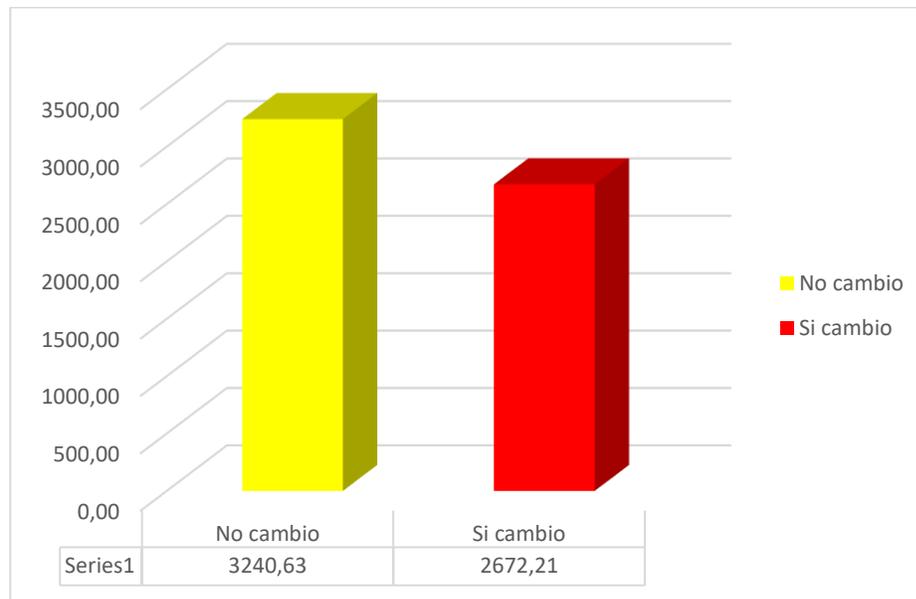
Para la FAO 1995, uno de los principales problemas ambientales que afecta al suelo es la causa más grave y frecuente de su degradación física, ya que cada año, en el mundo se pierde entre 5 y 7 millones de tierra.

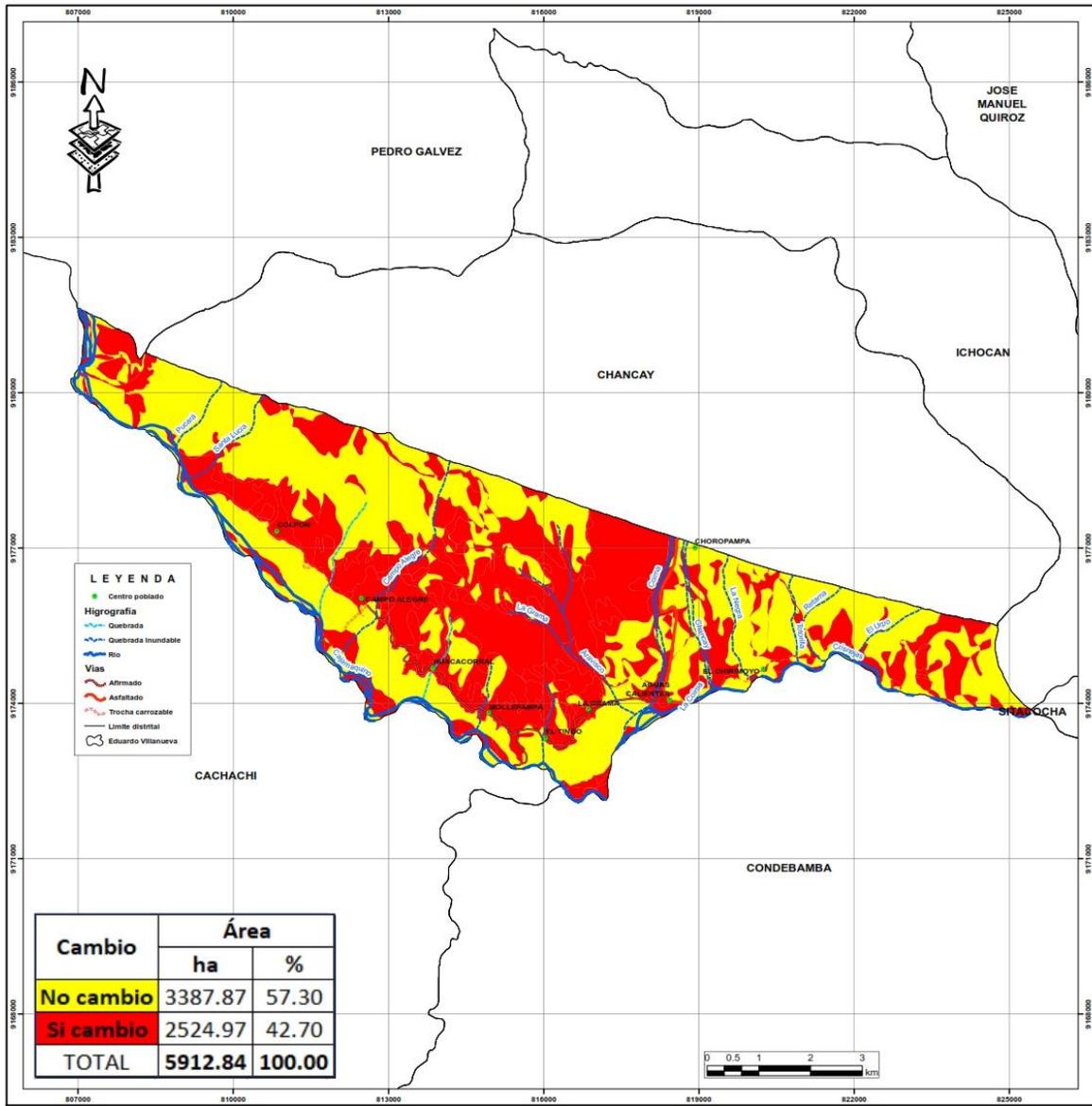
Cuadro N° 16: Perdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2003 – 2016.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	superficie 2003		superficie 2016		2003 - 2016	
				Área ha	%	Área ha	%	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	0.00	0.00	35.82	0.61	35.82	+0.61
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales.	Ai	0.00	0.00	8.23	0.14	8.23	+0.14
2. Áreas agrícolas	2.4. Áreas agrícolas Heterogéneas.	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos.	Mpc	673.96	11.40	788.60	13.34	114.64	+1.94
	3.1. Bosques	3.1.2. Bosque abierto bajo	Bab	0.00	0.00	271.34	4.59	271.34	+4.59

3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	2733.22	46.23	561.02	9.49	-2172.20	-36.74
		3.3.2. Arbustal	Ar	2004.59	33.90	2065.60	34.93	61.01	+1.03
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	Ar - He	0.00	0.00	1193.77	20.19	1193.77	+20.19
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	383.36	6.48	364.01	6.16	-19.35	-0.32
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río	Ri	117.70	1.99	624.44	10.56	506.74	+8.57
TOTAL				5912.84	100.00	5912.84	100.00		

Gráfico N° 6: Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2003 – 2016.





- LEYENDA**
- Centro poblado
 - Hidrografia**
 - ~ Quebrada
 - ~ Quebrada Inundable
 - ~ Río
 - Vías**
 - ~ Afirmado
 - ~ Asfaltado
 - ~ Trocha carrozable
 - ~ Limite distrital
 - ~ Eduardo Villanueva

Cambio	Área	
	ha	%
No cambio	3387.87	57.30
Si cambio	2524.97	42.70
TOTAL	5912.84	100.00




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE CAMBIO Y NO CAMBIO PERIODO 1992 - 2016

TESISTA: Engeles Jhonatan Navarro Cordova

Sistema de Coordenadas Projectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 50 000	N° MAPA: 09
---	----------------------	----------------

4.2.3. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1992 – 2016.

Según se desprende del análisis efectuado entre los años 1992 - 2016 por medio de apoyo gráfico (Grafico N° 7) y de la matriz de cambio elaborada (Cuadro N° 17), todos los usos presentaron cambios y se encuentran nuevos usos de la tierra.

Los que aumentaron en superficie y se formaron al año 2016 fueron los siguientes usos de la tierra Vegetación arbustiva/ herbácea con una ganancia de 1193.77 ha, Río con una ganancia de 491.06 ha, Bosque abierto bajo (Bab) con una ganancia de 271.34 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con una ganancia de 35.82 ha y Áreas industriales o comerciales (Ai) con una ganancia de 8.23 ha.

Los que disminuyeron en superficie al año 2016 fueron los siguientes usos de la tierra Herbazal (He) con una pérdida de 1695.21 ha Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con una pérdida de 104.26 ha, Afloramientos rocosos (Afr) con una pérdida de 103.47 ha y Arbustal (Ar) con una pérdida de 97.69 ha.

Se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Eduardo Villanueva en hectáreas, de un total de 5912.84 ha sufrieron cambios 2524.97 ha equivalente 42.70 % y no cambio 3387.87 ha equivalente al 57.30 %.

Los bosques abiertos bajos han tendido a crecer mayormente en ríos y quebradas que se activan mayormente en época de lluvias y los pobladores no los talan ya que sirven como barrera para evitar desbordes y huaicos.

Si bien los ríos pueden parecer áridos y sin valor, pero en temporadas de lluvias vienen las catástrofes como los huaicos, pero paradójicamente estos huaicos traen semillas lo cual conlleva a tener unas nuevas categorías de uso de suelo. La revegetación de los ríos puede ser aprovechada como una oportunidad para hacer turismo. Asimismo, la extracción de rocas y piedras de ríos y quebradas pueden hacerse

siempre y cuando no aumenten el riesgo de desastre por huaicos (Quintero, 2010).

La parte urbana y la industrial son las que más han crecido en zonas planas donde anteriormente se encontraba cobertura por mosaicos de pastos y cultivos; además de herbazal.

Whitford *et al* (2001), Romero *et al* (2003) y Pauleit *et al.* (2004), señalan que la expansión urbana es la perturbación ambiental más drástica, rápida e irreversible sobre el medio ambiente, que ocurre mediante una serie de cambios de usos y coberturas naturales o seminaturales por usos y coberturas urbanas. Este proceso y modo de expansión urbana provoca un abandono por la protección de las tierras agrícolas, silvoagropecuarias o destinadas a la conservación de la naturaleza, bosques y áreas naturales (Romero y Vásquez, 2005; Henríquez *et al.* 2006).

La ganancia en área de los ríos es debido a que no existe protección contra desbordes o huaicos y estos inundan los terrenos en la rivera de los ríos.

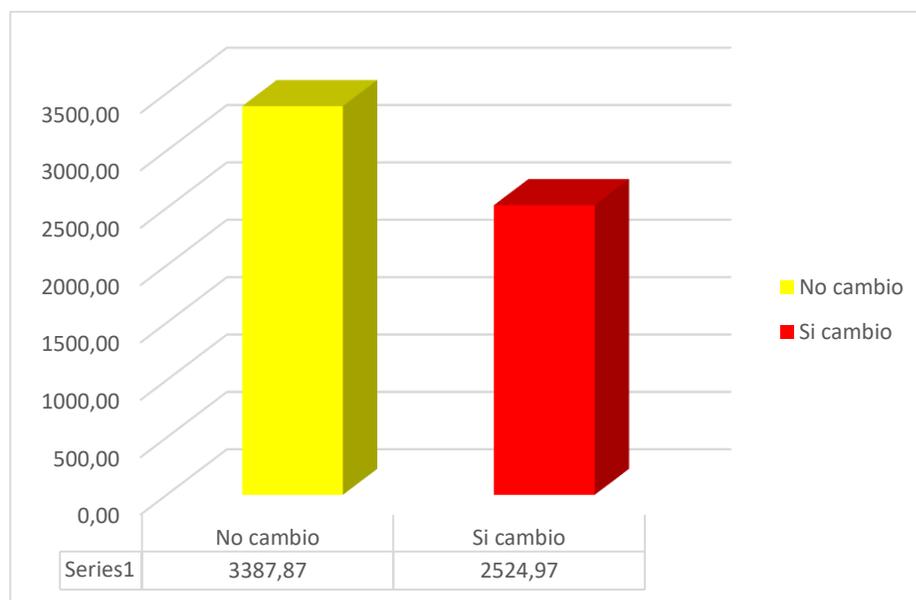
Según el plan de desarrollo concertado de la municipalidad Eduardo Villanueva del año 2009, no existe defensas ribereñas ni canalización del río Crisnejas y Cajamarquino.

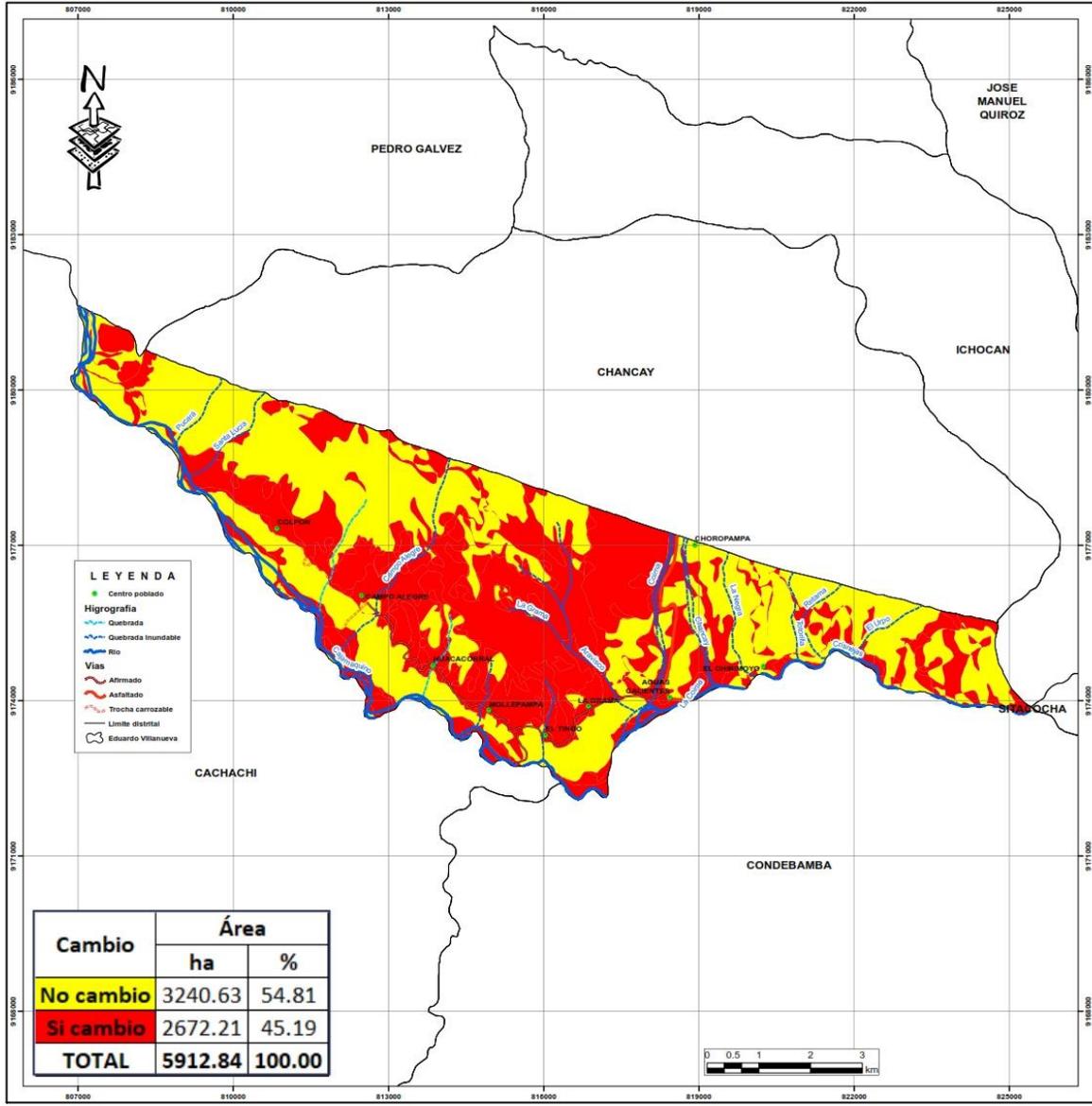
El cauce permanece seco gran parte del año. Sin embargo, cuando ocurren las crecidas y huaicos, se produce erosión y transporte de material sólido proveniente de la parte alta (Petacc 2001). Las precipitaciones en la quebrada son escasas, ya que su régimen hidrológico es estacional (Petacc 2001).

Cuadro 17: Perdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1992 – 2016.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	superficie 1992		superficie 2016		1992 - 2016	
				Área ha	%	Área ha	%	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	0.00	0.00	35.82	0.61	35.82	0.61
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales.	Ai	0.00	0.00	8.23	0.14	8.23	0.14
2. Áreas agrícolas	2.4. Áreas agrícolas Heterogéneas.	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos.	Mpc	892.86	15.10	788.60	13.34	-104.26	-1.76
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.2. Bosque abierto bajo	Bab	0.00	0.00	271.34	4.59	271.34	+4.59
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	2256.23	38.16	561.02	9.49	-1695.21	-28.67
		3.3.2. Arbustal	Ar	2163.29	36.59	2065.60	34.93	-97.69	-1.66
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	Ar - He	0.00	0.00	1193.77	20.19	1193.77	+20.19
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	467.48	7.91	364.01	6.16	-103.47	-1.75
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río	Ri	132.98	2.25	624.44	10.56	491.46	+8.31
TOTAL				5912.84	100.00	5912.84	100.00		

Gráfico N° 7: Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1992 – 2016.





- LEYENDA**
- Centro poblado
 - Hidrografía**
 - ~ Quebrada
 - ~ Quebrada Inundable
 - ~ Río
 - Vías**
 - ~ Afirmado
 - ~ Asfaltado
 - ~ Trocha carrozable
 - Límite distrital
 - Eduardo Villanueva

Cambio	Área	
	ha	%
No cambio	3240.63	54.81
Si cambio	2672.21	45.19
TOTAL	5912.84	100.00




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE CAMBIO Y NO CAMBIO PERIODO 2003 - 2016

TESISTA: Engeles Jhonatan Navarro Cordova

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 50 000	N° MAPA: 08
---	----------------------	----------------

4.3. Análisis de transición de cobertura y uso de la tierra

4.3.1. Análisis de cambios por cobertura

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

a. Cambios de cobertura del periodo 1992 – 2003.

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 1992 – 2003 en el distrito de Eduardo Villanueva, se determinó que los principales cambios de cobertura son:

- La categoría Afloramiento rocoso (Afr) fue reemplazada por Arbustal (Ar) con un área de 108.62 ha, Herbazal (He) con un área de 7.66 ha, Río (Ri) con un área de 0.29 ha. La categoría Afloramiento rocoso (Afr) tuvo una pérdida total de 116.57 ha.
- La categoría Arbustal (Ar) fue sustituido por Afloramiento rocoso (Afr) con un área de 31.74 ha, Herbazal (He) con una área de 336.78 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 24.52 ha y además por Río (Ri) con un área de 1.45 ha. La categoría Arbustal (Ar) tuvo una pérdida total de 394.48 ha.
- La categoría Herbazal (He) fue suplantada por Afloramiento rocoso (Afr) con una área de 0.32 ha, Arbustal (Ar) con un área de 122.85 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 20.63 ha y por Río (Ri) con una área de 18.87 ha. La categoría Herbazal (He) tuvo una pérdida de 162.67 ha.
- La categoría Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) fue cambiada por Arbustal (Ar) con una área de 2.49 ha, Herbazal (He) con una área de 220.34 ha y Río (Ri) con una área de 43.68 ha. La

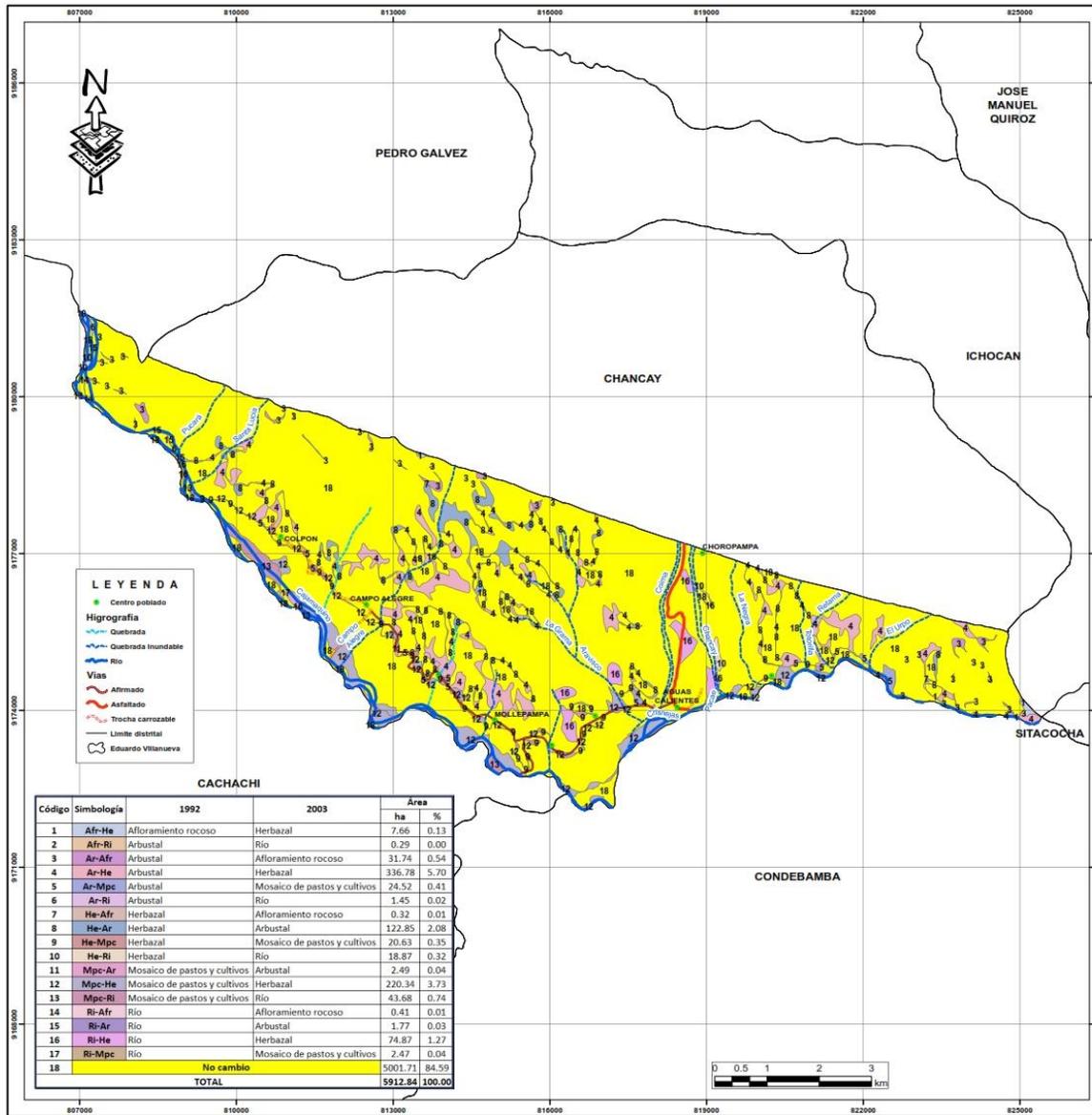
categoría Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) tuvo una pérdida de 266.51 ha.

- La categoría Río (Ri) fue reemplazada por Afloramiento rocoso (Afr) con una área de 0.41 ha, Arbustal (Ar) con un área de 1.77 ha, Herbazal (He) con un área de 74.87 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 2.47 ha. La categoría Río (Ri) tuvo una pérdida de 79.53 ha.

A continuación se presenta los resultados:

Cuadro N° 18: Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1992 – 2003.

Código	Simbología	1992	2003	Área	
				ha	%
1	Afr-He	Afloramiento rocoso	Herbazal	7.66	0.13
2	Afr-Ri	Arbustal	Río	0.29	0.00
3	Ar-Afr	Arbustal	Afloramiento rocoso	31.74	0.54
4	Ar-He	Arbustal	Herbazal	336.78	5.70
5	Ar-Mpc	Arbustal	Mosaico de pastos y cultivos	24.52	0.41
6	Ar-Ri	Arbustal	Río	1.45	0.02
7	He-Afr	Herbazal	Afloramiento rocoso	0.32	0.01
8	He-Ar	Herbazal	Arbustal	122.85	2.08
9	He-Mpc	Herbazal	Mosaico de pastos y cultivos	20.63	0.35
10	He-Ri	Herbazal	Río	18.87	0.32
11	Mpc-Ar	Mosaico de pastos y cultivos	Arbustal	2.49	0.04
12	Mpc-He	Mosaico de pastos y cultivos	Herbazal	220.34	3.73
13	Mpc-Ri	Mosaico de pastos y cultivos	Río	43.68	0.74
14	Ri-Afr	Río	Afloramiento rocoso	0.41	0.01
15	Ri-Ar	Río	Arbustal	1.77	0.03
16	Ri-He	Río	Herbazal	74.87	1.27
17	Ri-Mpc	Río	Mosaico de pastos y cultivos	2.47	0.04
18	No cambio			5001.71	84.59
TOTAL				5912.84	100.00



LEYENDA

Centro poblado

Hidrografía

Quebrada

Quebrada inundable

Río

Vías

Afirmado

Asfaltado

Trocha carrozable

Limite distrital

Eduardo Villanueva

Código	Simbología	1992	2003	Área	
				ha	%
1	Afr-He	Afloramiento rocoso	Herbazal	7.66	0.13
2	Afr-Ri	Arbustal	Río	0.29	0.00
3	Ar-Afr	Arbustal	Afloramiento rocoso	31.74	0.54
4	Ar-He	Arbustal	Herbazal	336.78	5.70
5	Ar-Mpc	Arbustal	Mosaico de pastos y cultivos	24.52	0.41
6	Ar-Ri	Arbustal	Río	1.45	0.02
7	He-Afr	Herbazal	Afloramiento rocoso	0.32	0.01
8	He-Ar	Herbazal	Arbustal	122.85	2.08
9	He-Mpc	Herbazal	Mosaico de pastos y cultivos	20.63	0.35
10	He-Ri	Herbazal	Río	18.87	0.32
11	Mpc-Ar	Mosaico de pastos y cultivos	Arbustal	2.49	0.04
12	Mpc-He	Mosaico de pastos y cultivos	Herbazal	220.34	3.73
13	Mpc-Ri	Mosaico de pastos y cultivos	Río	43.68	0.74
14	Ri-Afr	Río	Afloramiento rocoso	0.41	0.01
15	Ri-Ar	Río	Arbustal	1.77	0.03
16	Ri-He	Río	Herbazal	74.87	1.27
17	Ri-Mpc	Río	Mosaico de pastos y cultivos	2.47	0.04
18		No cambio		5001.71	84.59
		TOTAL		5912.84	100.00




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE CAMBIO DE COBERURA PERIODO 1992 - 2003

TESISTA: Engeles Jhonatan Navarro Cordova

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM ESCALA: N° MAPA:
 Datum Horizontal WGS1984 1: 50 000 10
 Zona de Huso Horario 17 S

b. Cambios de cobertura del periodo 2003 - 2016.

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 2003 - 2016 en el distrito de Eduardo Villanueva, se determinó que los principales cambios de cobertura son:

- La categoría Afloramiento rocoso (Afr) fue sustituido por Herbazal (He) con una área de 1.83 ha, Río (Ri) con un área de 3.66 ha. El Afloramiento rocoso (Afr) tuvo una pérdida total de 5.48 ha.
- La categoría Arbustal (Ar) fue reemplazada por Vegetación arbustiva / herbácea (Ar – He) con una área de 237.83 ha, Bosque abierto bajo (Bab) con un área de 12.37 ha, herbazal (He) con un área de 48.33 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 3.63 ha, Río (Ri) con un área de 11.22 ha. La categoría Arbustal (Ar) tuvo una pérdida total de 313.39 ha.
- La categoría Herbazal (He) fue cambiado por Vegetación arbustiva / herbácea (Ar - He) con un área de 929.29 ha, Afloramiento rocoso (Afr) con un área de 33.24 ha, Áreas industriales o comerciales (Ai) con un área de 8.23 ha, Arbustal (Ar) con un área de 318.53 ha, Bosque abierto bajo (Bab) con un área de 258.97 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 169.04 ha, Río (Ri) con un área de 479.50 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 33.29 ha. La categoría Herbazal (He) tuvo una pérdida de 2230.09 ha.
- La categoría Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) fue reemplazada por Vegetación arbustiva / herbácea (Ar - He) con un área de 26.63 ha, Arbustal (Ar) con un área de 7.46 ha, Herbazal (He) con un área de 7.63 ha, Río (Ri) con un área de 45.68 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 2.54 ha. La categoría Mosaico de pastos y cultivo (Mpc) tuvo una pérdida de 89.94 ha.

- La categoría Río (Ri) fue sustituido por Vegetación arbustiva / herbácea (Ar - He) con una área de 0.02 ha, Arbustal (Ar) con un área de 1.31 ha, Herbazal (He) con un área de 0.10 ha, Mosaico de pastos y cultivos con un área de 31.90 ha. La categoría Río (Ri) tuvo una pérdida de 33.33 ha.

A continuación se presenta los resultados:

Cuadro N° 19: Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2003 – 2016.

Código	Simbología	2003	2016	Área	
				ha	%
1	Afr-He	Afloramientos rocosos	Herbazal	1.83	0.03
2	Afr-Ri	Afloramientos rocosos	Río	3.66	0.06
3	Ar-(Ar-He)	Arbustal	Arbustal - Herbazal	237.83	4.02
4	Ar-Bab	Arbustal	Bosque abierto bajo	12.37	0.21
5	Ar-He	Arbustal	Herbazal	48.33	0.82
6	Ar-Mpc	Arbustal	Mosaico de pastos y cultivos	3.63	0.06
7	Ar-Ri	Arbustal	Río	11.22	0.19
8	He-(Ar-He)	Herbazal	Arbustal - Herbazal	929.29	15.72
9	He-Afr	Herbazal	Afloramientos rocosos	33.24	0.56
10	He-Ai	Herbazal	Áreas industriales o comerciales	8.23	0.14
11	He-Ar	Herbazal	Arbustal	318.53	5.39
12	He-Bab	Herbazal	Bosque abierto bajo	258.97	4.38
13	He-Mpc	Herbazal	Mosaico de pastos y cultivos	169.04	2.86
14	He-Ri	Herbazal	Río	479.50	8.11
15	He-Tu	Herbazal	Tejido urbano continuo	33.29	0.56
16	Mpc-(Ar-He)	Mosaico de pastos y cultivos	Arbustal - Herbazal	26.63	0.45
17	Mpc-Ar	Mosaico de pastos y cultivos	Arbustal	7.46	0.13
18	Mpc-He	Mosaico de pastos y cultivos	Herbazal	7.63	0.13
19	Mpc-Ri	Mosaico de pastos y cultivos	Río	45.68	0.77
20	Mpc-Tu	Mosaico de pastos y cultivos	Tejido urbano continuo	2.54	0.04
21	Ri-(Ar-He)	Río	Arbustal - Herbazal	0.02	0.00
22	Ri-Ar	Río	Arbustal	1.31	0.02
23	Ri-He	Río	Herbazal	0.10	0.00
24	Ri-Mpc	Río	Mosaico de pastos y cultivos	31.90	0.54
25	No cambio			3240.62	54.81
TOTAL				5912.84	100.00

c. Cambios de cobertura del periodo 1992 - 2016.

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 1992 - 2016 en el distrito de Eduardo Villanueva, se determinó que los principales cambios de cobertura son:

- La categoría Afloramiento rocoso (Afr) fue cambiada por Vegetación arbustiva / herbácea (Ar - He) con una área de 1.51 ha, Río (Ri) con un área de 3.45 ha, Herbazal (He) con un área de 2.01 ha. El Afloramiento rocoso (Afr) tuvo una pérdida total de 6.96 ha.
- La categoría Arbustal (Ar) fue modificado por Vegetación arbustiva / herbácea (Ar – He) con una área de 358.10 ha, Bosque abierto bajo (Bab) con un área de 22.98 ha, Herbazal (He) con un área de 83.69 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 10.18 ha, Río (Ri) con un área de 24.51 ha. La categoría Arbustal (Ar) tuvo una pérdida total de 499.47 ha.
- La categoría Herbazal (He) fue renovado por Vegetación arbustiva / herbácea (Ar - He) con un área de 792.43 ha, Afloramiento rocoso (Afr) con un área de 8.72 ha, Áreas industriales o comerciales (Ai) con un área de 8.23 ha, Arbustal (Ar) con un área de 294.53 ha, Bosque abierto bajo (Bab) con un área de 248.36 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 68.79 ha, Río (Ri) con un área de 347.64 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 28.97 ha. La categoría Herbazal (He) tuvo una pérdida de 1797.67 ha.
- La categoría Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) fue reemplazada por Vegetación arbustiva / herbácea (Ar - He) con un área de 29.44 ha, Arbustal (Ar) con un área de 1.22 ha, Herbazal (He) con un área de 5.35 ha, Río (Ri) con un área de 150.09 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 3.03 ha.

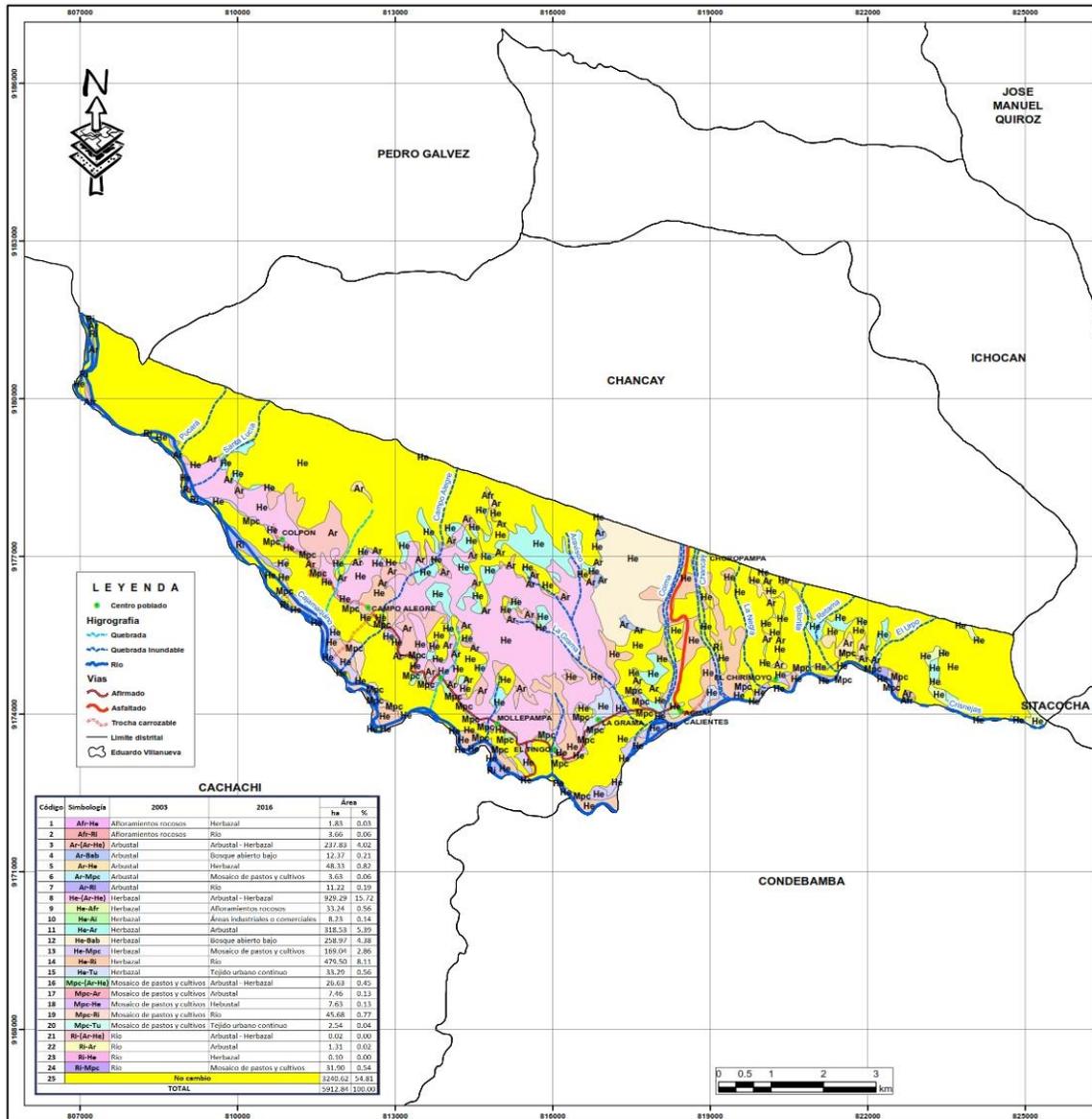
La categoría Mosaico de pastos y cultivo (Mpc) tuvo una pérdida de 189.13 ha.

- La categoría Río (Ri) fue sustituido por Vegetación arbustiva / herbácea (Ar - He) con una área de 12.29 ha, Arbustal (Ar) con un área de 0.78 ha, Herbazal (He) con un área de 8.94 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 5.89 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 3.84 ha. La categoría Río (Ri) tuvo una pérdida de 31.74 ha.

A continuación, se presenta los resultados:

Cuadro N° 20: Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1992 – 2016.

Código	Simbología	1992	2016	Área	
				ha	%
1	Afr-(Ar-He)	Afloramiento rocosos	Arbustal - Herbazal	1.51	0.03
2	Afr-He	Afloramiento rocosos	Herbazal	2.01	0.03
3	Afr-Ri	Afloramiento rocosos	Río	3.45	0.06
4	Ar-(Ar-He)	Arbustal	Arbustal - Herbazal	358.10	6.06
5	Ar-Bab	Arbustal	Bosque abierto bajo	22.98	0.39
6	Ar-He	Arbustal	Herbazal	83.69	1.42
7	Ar-Mpc	Arbustal	Mosaico de pastos y cultivos	10.18	0.17
8	Ar-Ri	Arbustal	Río	24.51	0.41
9	He-(Ar-He)	Herbazal	Arbustal - Herbazal	792.43	13.40
10	He-Afr	Herbazal	Afloramiento rocosos	8.72	0.15
11	He-Ai	Herbazal	Áreas industriales	8.23	0.14
12	He-Ar	Herbazal	Arbustal	294.53	4.98
13	He-Bab	Herbazal	Bosque abierto bajo	248.36	4.20
14	He-Mpc	Herbazal	Mosaico de pastos y cultivos	68.79	1.16
15	He-Ri	Herbazal	Río	347.64	5.88
16	He-Tu	Herbazal	Tejido urbano continuo	28.97	0.49
17	Mpc-(Ar-He)	Mosaico de pastos y cultivos	Arbustal - Herbazal	29.44	0.50
18	Mpc-Ar	Mosaico de pastos y cultivos	Arbustal	1.22	0.02
19	Mpc-He	Mosaico de pastos y cultivos	Herbazal	5.35	0.09
20	Mpc-Ri	Mosaico de pastos y cultivos	Río	150.09	2.54
21	Mpc-Tu	Mosaico de pastos y cultivos	Tejido urbano continuo	3.03	0.05
22	Ri-(Ar-He)	Río	Arbustal - Herbazal	12.29	0.21
23	Ri-Ar	Río	Arbustal	0.78	0.01
24	Ri-He	Río	Herbazal	8.94	0.15
25	Ri-Mpc	Río	Mosaico de pastos y cultivos	5.89	0.10
26	Ri-Tu	Río	Tejido urbano continuo	3.84	0.06
27	No cambio			3387.87	57.30
TOTAL				5912.84	100.00




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE CAMBIO DE COBERURA PERIODO 2003 - 2016

TESISTA: Engeles Jhonatan Navarro Cordova

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM ESCALA: N° MAPA:
 Datum Horizontal WGS1984 1: 50 000 11
 Zona de Huso Horario 17 S

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- La elaboración de los mapas temáticos de cobertura y uso actual de la tierra con la metodología Corine Land Cover en un nivel III, del distrito de Eduardo Villanueva, entre los años 1992 y 2003 se obteniendo cinco categorías las cuales son: Herbazal, Arbustal, Mosaico de pastos y cultivos, Río, Afloracion Rocosa.
- En cambio los mapas temáticos de cobertura y uso actual de la tierra elaborados para el año 2016 permiten obtener nueve categorías las cuales son: Herbazal, Arbustal, Mosaico de pastos y cultivos, Tejido Urbano Continuo, Río, Afloracion Rocosa, Vegetación arbustiva / herbácea, Bosque abierto bajo, Áreas industriales o comerciales.
- Con el algoritmo de máxima verosimilitud se elaboró los mapas de cobertura y uso actual de la tierra para el periodo 1992, alcanzando una fiabilidad de 97.24 % de veracidad; para el periodo 2003, alcanzando una fiabilidad de 99.17 % de veracidad; para los periodos 2016 alcanzando una fiabilidad 92.89 % de veracidad para el año 2016 el cual fue validado in situ.
- La cobertura que más cambió en el periodo 1992 – 2003 fue Herbazal (He) que ganó un área de 476.98 ha equivalente al 8.07 %, la cobertura con menos cambio fue Río (Ri) con una pérdida de área de 15.23 ha equivalente al 0.26 %.
- La cobertura que más cambió en el periodo 2003 – 2016 fue Herbazal (He) con una disminución de 20172.20 ha equivalente al 36.74 %, la cobertura con menos cambio fue Áreas industriales o comerciales (Ai), con aumento de 8.23 ha equivalente al 0.14 %.
- La cobertura que más cambió en el periodo 1992 – 2016 fue Herbazal (He) con una disminución de 1697.68 ha equivalente al 28.71 %, la

cobertura con menos cambio fue Afloramiento rocoso (Afr) que aumento 1.76 ha equivalente al 0.03 %.

- En la verificación en campo se pudo constatar el crecimiento del área Urbana en los últimos 10 años; así como también el área comercial del Centro Poblado de Eduardo Villanueva; lo que hace que se pueda obtener nuevas coberturas en el año 2016. Además, se pudo comprobar que gran parte de lugares que tenían cobertura Herbácea se notaba una gran presencia de plantas arbustivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcántara, G. 2014. Estudio Especializado Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra – Departamento de Cajamarca.
2. Aulló, M. 2014. La teledetección como herramienta para la evaluación de la vulnerabilidad de ecosistemas forestales latinoamericanos frente al cambio climático: fragmentación y conectividad. Estado de arte. Madrid. 160 p.
3. Bocco, G., Mendoza, M. y Masera, O. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM México. N° 44. pp. 18-38.
4. Carletta, Jean. (1996). Evaluar el acuerdo sobre tareas de clasificación: la estadística kappa. Lingüística computacional. 22(2), pp. 249–254.
5. Cieza T, DA. 2017. Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Matara periodos 1991 – 2003 – 2016. Cajamarca, Perú. Título Ing. Agr. Universidad Nacional de Cajamarca. 99 p.
6. Chuvieco, E. 2002. Teledetección Ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Barcelona. Ariel Ciencia. 584 p.
7. Duarte *et al.* 2015. Sitio piloto Cantón de Puriscar análisis de cambios de la cobertura forestal y uso de la tierra mediante imágenes satelitales de alta resolución espacial: años 2009 – 2012 – 2015. Costa Rica. Internationale Zusammenarbeit, 45 p.
8. Dou, W.; Ren, Y.; Wu, Q.; Ruan, S.; Chen, Y.; Bloyet, D.; Constans, J. 2007. Kappa para la medida del acuerdo de clasificaciones difusas. Neurocomputing, v.70, n.4-6, p.726-734.
9. Espitia, J. 2015. Pastos de corte para el trópico. Colombia.
10. FAO. 2000. Cambios en la cobertura forestal. Programa de Evaluación de Recursos Forestales (FRA). Documento de Trabajo 36. Roma.55 p.

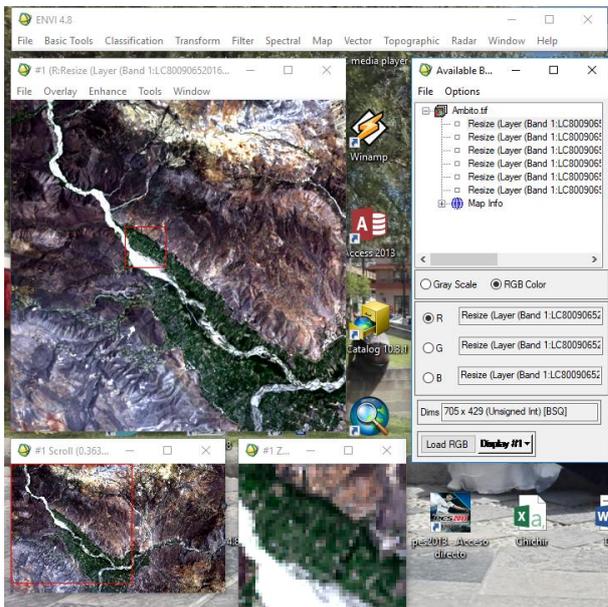
11. Henríquez, C.; Azócar, G. y Romero, H. Monitoring and modeling urban growth in a developing country: the case of mid-cities of Chillan and Los Angeles, Chile. *Habitat International*, 2006, N° 30, Vol. 4, p. 945-964.
12. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2012. Aspectos técnicos de las imágenes Landsat. (En línea) consultado el 13 dic. 2017.
13. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. Aspectos técnicos de las imágenes Landsat. (En línea) consultado el 05 ene. 2018. Titulo información Geográfica. Colombia. Universidad de Manizales. 51 p.
14. IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). 2007. METODOLOGÍA CORINE LAND COVER. (En línea). Consultado el 10 de ene. 2018.
15. Jensen, J. 1996. Proceso introductorio de imagen digital Una perspectiva de teledetección. 318 p.
16. Kuroiwa, J. (2012). "Ciudades sostenibles. Agenda para el siglo XXI". Conferencia presentada en el Congreso Nacional de Planificación. Lima, 30 de octubre de 2012, Hotel Sheraton.
17. López G, E. 2006. Patrones de cambio de uso del terreno en la Cuenca del Lago de Cuitzeo. Tesis para obtener el grado de doctorado en ciencias. México: Universidad Autónoma de México.
18. Llerena P, C. Yelle P, S. 2013. Los bosques y el cambio climático en el Perú: Situación y perspectivas. Lima. FAO. 73 p.
19. Martinic, M. 2005. De la Trapananda al Áysen: una mirada reflexiva sobre el acontecer de la Región de Áysen desde la prehistoria hasta nuestros días. Santiago, Pehuén. 539 p.
20. Maune, D. 2001. Tecnologías y aplicaciones del modelo de elevación digital: el manual de usuario de DEM, la sociedad estadounidense de fotogrametría y teledetección, EE. UU.

21. Mendoza M., Bocco G., Granados E., Bravo M. (2002). Implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm 49. pp 92-117.
22. 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 06 nov. 2017. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-ambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>.
23. Municipalidad Eduardo Villanueva. 2005. Plan de desarrollo concertado. San Marcos, Cajamarca, Perú. 76 p.
24. Municipalidad Eduardo Villanueva. 2009. Plan de desarrollo concertado. San Marcos, Cajamarca, Perú. 90 p.
25. Novo, E. 2002. Sensoriamento Remoto. Princípios e Aplicações. São Paulo: Edgard Blucher. 2da edición. 120 p.
26. Orozco, L; Brumér, C. 2002. Inventario forestal para bosques Latifolia dos en América Central. Costa Rica. Cosude. 263 p.
27. Palacios, E. 2015. Análisis multitemporal de los cambios de la cobertura boscosa en la zona pacífico norte del departamento del Chocó, 1990 – 2014. Titulo información Geográfica. Colombia. Universidad de Manizales. 51 p.
28. Petacc (2001). Estudio definitivo: Proyecto para el control de inundaciones del río Ica y quebrada Cansas/Chanchajalla. Volumen I. Lima: Inade
29. Pérez, C; Muñoz, A. 2006. Teledetección: Nociones y aplicaciones. España. Universidad de Salamanca. 356 p.

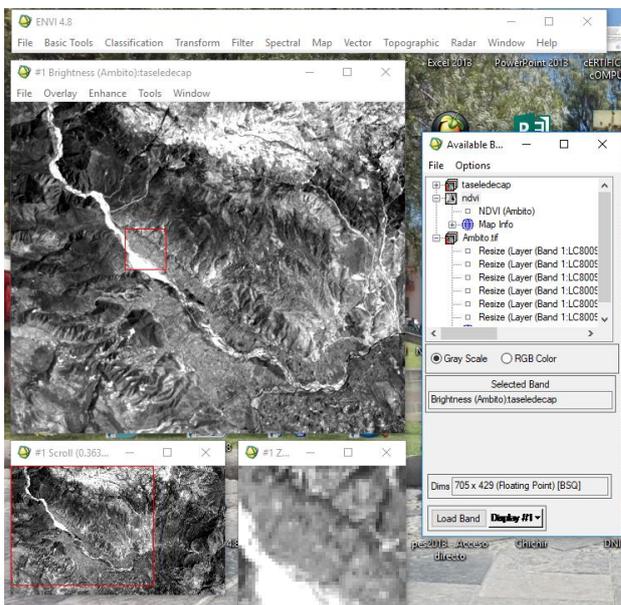
30. Pineda, O. 2011. Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago. Grado Msc. Geotemática. México, DF. Centro público de investigación CONACYT. 80 p.
31. Ponce, B. 2010. Detección y análisis del cambio de uso del suelo en la zona centro - norte de la provincia de Capitán Prat, XI Región período 1984 – 2003. Título Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 56 p.
32. Pulgar V, J. 1967. Geografía del Perú: Las ocho regiones naturales. Editorial Ausonia. Lima.
33. Quintero, M. (2010). Servicios Ambientales Hidrológicos en la Región Andina. Primera Edición. Lima: Condesan; IEP.
34. Rodríguez V, A. 2011. Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra usando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio Meta. Grado M.Sc. Geotemática. Bogota, Colombia. 94 p.
35. Romero, H., Vásquez, A., Fuentes, C., López, C., Sandoval, G. (2008). "Evaluación y simulación de los efectos ambientales del crecimiento urbano observado y propuesto en Santiago de Chile". Anales del Congreso de Geografía Rural.
36. Sandoval V, GS. 2009. Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros. Título de Geógrafo. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 80 p.
37. Sobrino, J. (2000). Teledetección. En U. d. Valencia. Valencia: ES.
38. Pérez, C; Muñoz, A. 2006. Teledetección: Nociones y aplicaciones. España. Universidad de Salamanca. 356 p.

39. Pérez, D. (2012). Sensores remotos. Argentina. Universidad Nacional Río Negro.
40. USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2014. Informe final de la consultoría asistencia técnica para el análisis de la cobertura y uso de la tierra para el ordenamiento territorial en la provincia de picota. (En línea). Consultado 13 de mar, 2017.
41. Whaley, O.; Orellana, A.; Pérez, E.; Tenorio, M.; Quinteros, F.; Mendoza, M.; Pecho, O. (2010). Plantas y Vegetación de Ica, Perú. Primera Edición. Lima: Royal Botanic Gardens.
42. Wohl, E.; Angermeier, P.; Bledsoe, B.; Kondolf, G.; Macdonnell L.; Merritt, D.; Palmer, M.; Poff, N.; David (2005). River restoration. Volumen 41: Water Resources Research.
43. Zorogastúa, P, Quiroz, R. 2011. Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura – Perú. 10ma edición. Lima – Perú.

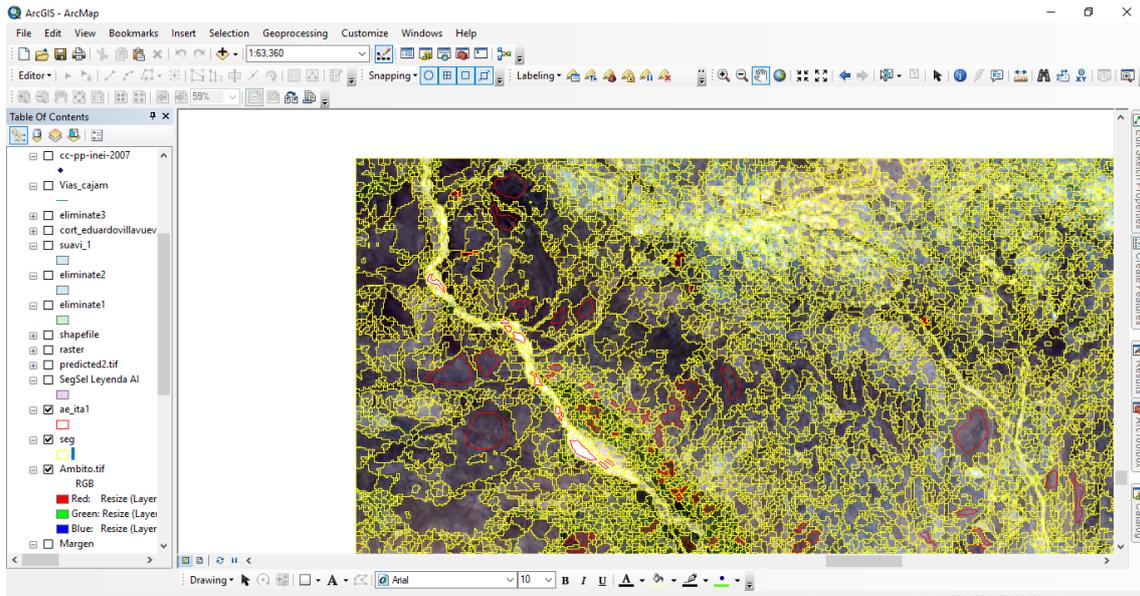
ANEXOS



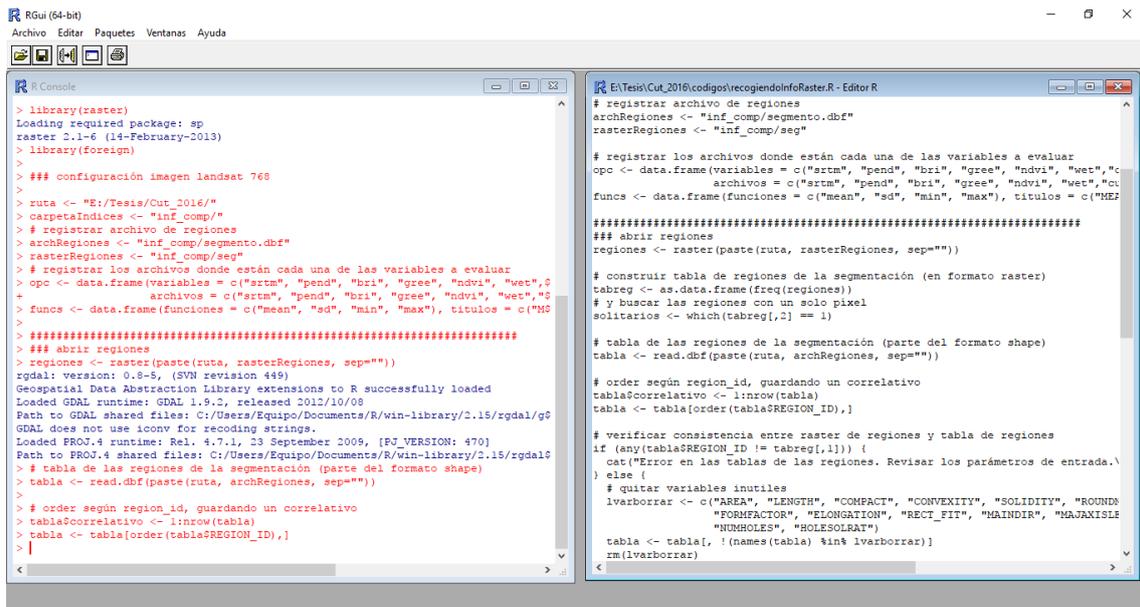
Fotografia 10. Delimitacion del ambito a trabajar.



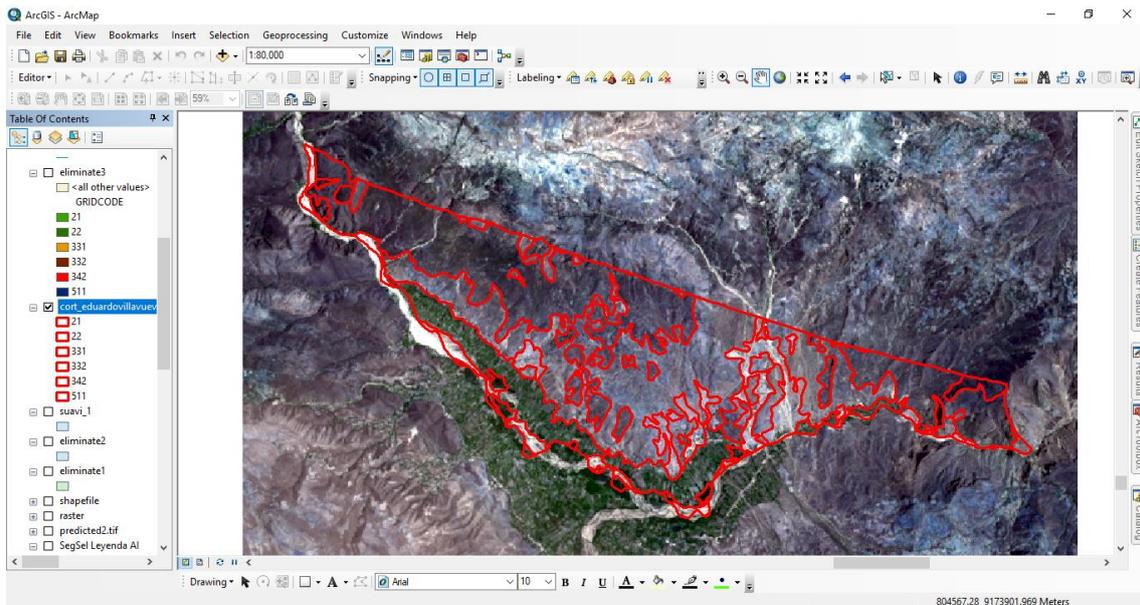
Fotografia 11. Obtencion del NDVI (Indice de vegetacion de diferencia normalizada).



Fotografía 12. Segmentación y digitalización de áreas de entrenamiento.



Fotografía 13. Obtención del archivo .Todo_seg.R necesario para la obtención de las coberturas.



Fotografía 14. Obtencion de las coberturas con el algoritmo `filtrar.tabla.todo.rf.2.R`.



Fotografía 15. Mosaico de pastos y cultivos según Corine Land Cover (Nivel III) (Coordenadas UTM 811195 m este y 9176971 m norte).



Fotografías 16 y 17. Des colmatación de río Cajamarquino (Coordenadas UTM 809761 m este y 9177183 m norte) y quebradas Colina (Coordenadas UTM 818306 m este y 9174640 m norte).



Fotografías 18, 19, 20 y 21. Obras de infraestructura dentro del tejido urbano.



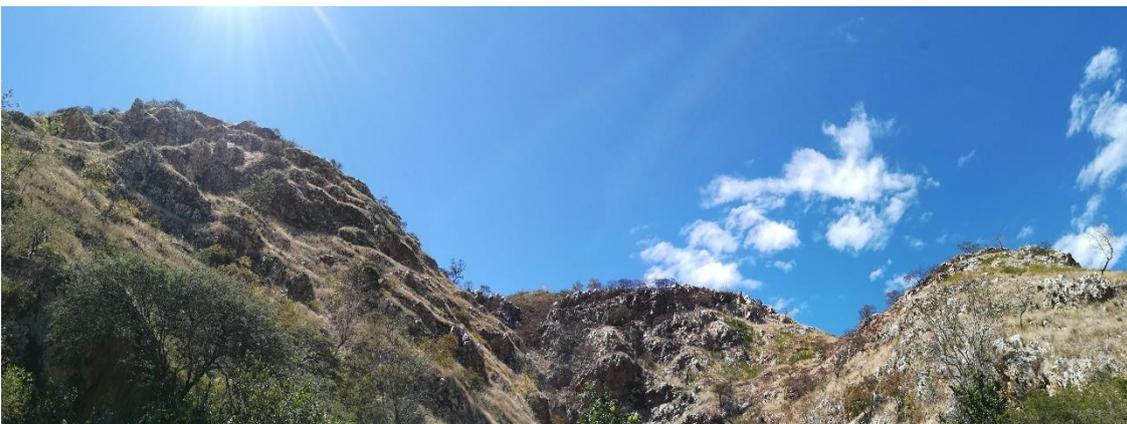
Fotografías 22 y 23. Inundación de terrenos por el río Cajamarquino (Coordenadas UTM 811183 m este y 9176090 m norte).



Fotografía 24. Formación del tejido urbano capital de Distrito Eduardo Villanueva (Coordenadas UTM 816607 m este y 9173970 m norte).



Fotografía 25. Zona industrial, comercial día sábado Mercado Crisnejas (Coordenadas UTM 818054 m este y 9174125 m norte).



Fotografía 26. Afloramiento rocoso Colpon Con cubierta vegetal (Coordenadas UTM 808003 m este y 9180361 m norte).