

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO
DEL SUELO EN EL DEPARTAMENTO DE TACNA,
PERIODO 2007, 2012 Y 2017

TESIS

PRESENTADA POR:

ESTANISLAO ALEJANDRO MAQUERA CALLO

Para optar el Grado Académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

TACNA - PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

**ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO EN
EL DEPARTAMENTO DE TACNA, PERIODO 2007, 2012 Y 2017**

Tesis sustentada y aprobada el 27 de diciembre del 2019, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : 
.....
Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez

SECRETARIO : 
.....
Dr. Jesús Plácido Medina Salas

MIEMBRO : 
.....
M.Sc. Edwin Ismael Palza Chambe

ASESOR : 
.....
M.Sc. Edwin Ismael Palza Chambe

Dedicatorías

Con mucho cariño a mis adorables y excelentes padres José y María por darme la vida y ser artífices de lo que soy.

En especial a mi esposa Guadalupe, mi hija María Alejandra, por darme esa fortaleza desde que nació y por su gran amor y cariño.

A mis queridos hermanos por su inmenso cariño.

Agradecimiento

A la Universidad Nacional “Jorge Basadre Grohmann” Escuela de Posgrado por su esencial participación en nuestra formación profesional.

AL Gobierno Regional Tacna, por la oportunidad de ser parte del proyecto Mejoramiento de los Servicios de Gestión Territorial del departamento de Tacna.

A mi asesor Maestro Science Edwin Palza Chambe y jurados de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna por su incansable labor como docentes y formadores de las generaciones del futuro.

CONTENIDO

	Pág
DEDICATORIA.....	iii
AGRADDCIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCION.....	1

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1	Formulación del problema	4
1.1.1	Problema general	4
1.1.1.2	Problemas específicos	4
1.2	Justificación de la investigación	5
1.3.	Objetivos	6
1.3.1.	Objetivo general	6
1.3.2.	Objetivos específicos	7
1.4	Hipótesis	7

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes del estudio	8
2.1.1	A nivel internacional	8
2.1.2	A Nivel nacional	11
2.2	Teorías que sustentan la investigación	14
2.2.1	Zonas de vida según Holdridge	14
2.2.2	Regiones Naturales según Pulgar Vidal	15
2.2.3	Ecorregiones Naturales según Brack Egg	15
2.3	Herramientas para identificar las coberturas de la tierra	16
2.3.1	Sistemas de clasificación de uso de la tierra a nivel internacional	17

2.3.2	Sistema de clasificación de uso de la tierra a nivel nacional	19
2.4	Marco conceptual	21

CAPÍTULO III MARCO FILOSÓFICO

3.1	Marco filosófico	30
-----	------------------	----

CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO

4.1	Tipo y diseño de la investigación	33
4.1.1	Tipo de investigación	33
4.1.2	Nivel de investigación	33
4.2	Variables y operacionalización	33
4.2.1	Identificación de las variables	33
4.2.2	Caracterización de las variables	34
4.2.3	Definición operacional de las variables	35
4.2.4	Técnicas de recolección de datos	35
4.2.5	Unidad de análisis y universo	35
4.3	Recopilación y procesamiento de imágenes satelitales	36
4.3.1	Recopilación de imágenes satelitales	36
4.3.2	Procesamiento de imágenes satelitales	38
4.3.3	Análisis multitemporal	50

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1	Determinación de categorías de cobertura y uso de suelo según sistema de clasificación CORINE LAND COVER	53
5.2	Análisis de la ocupación de las coberturas y uso de suelo periodo 2007, 2013 y 2017	73
5.2.1	Análisis de la ocupación de las coberturas y uso de suelo periodo Nivel I	73
5.2.2	Análisis de la ocupación de las coberturas y uso de suelo	

periodo Nivel III	76
5.2.2.1 Análisis de la ocupación de cobertura y uso de suelo año 2007	76
5.2.2.2 Análisis de la ocupación de cobertura y uso de suelo año 2012	81
5.2.2.3 Análisis de la ocupación de cobertura y uso de suelo año 2017	86
5.3 Cambios de cobertura y uso de suelo, periodo 2007, 2012 y 2017	91
5.3.1 Cambios de cobertura y uso de suelo, en términos de incremento o decrecimiento, según tasa de cambio Nivel I	91
5.3.2 Cambios de cobertura y uso de suelo, según tasa de cambio en porcentaje. Nivel I	96
5.3.3 Cambios de cobertura y uso de suelo, en relación al porcentaje de área total de territorio. Nivel I	98
5.3.4 Cuantificación de los cambios de cobertura y uso de suelo, años 2007, 2012 y 2017. Nivel I	101
5.3.4.1 Cuantificación de los cambios de cobertura y uso de suelo, periodo 2007-2012.	102
5.3.4.2 Cuantificación de los cambios de cobertura y uso de suelo, periodo 2012-2017.	107
5.3.4.3 Cuantificación de los cambios de cobertura y uso de suelo, periodo 2007-2017.	111
5.3.5 Transición de los cambios de cobertura y uso de suelo. Nivel I	115
5.3.5.1 Transición de cambios de cobertura y uso de suelo, periodo 2007-2012	115
5.3.5.2 Transición de cambios de cobertura y uso de suelo, periodo 2007-2012	119
5.3.5.3 Transición de cambios de cobertura y uso de suelo, periodo 2007-2017	123
5.4 Efectos generados por el cambio de la cobertura y uso de suelo en el territorio	127
5.5 Identificación de medidas de gestión	131

CAPÍTULO VI DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1	Coberturas de uso de suelo	134
6.2	Cambios de cobertura y uso de suelo	136
	CONCLUSIONES	140
	RECOMENDACIONES	142
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
	ANEXOS	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Propuesta de la leyenda <i>CORINE Land Cover</i> adaptada para el Perú	20
Tabla 02: Imágenes satelitales Landsat 5 utilizadas para el año 2007	37
Tabla 03: Imágenes satelitales Landsat 5 utilizadas para el año 2012	37
Tabla 04: Imágenes satelitales Landsat 5 utilizadas para el año 2017	37
Tabla 05: Valores base para el cálculo de la matriz de transición 2007-2012.	52
Tabla 06: Coberturas y uso de suelo, determinadas en la categoría de Áreas artificializadas.	54
Tabla 07: Coberturas y uso de suelo, determinadas en la categoría de Áreas agrícolas.	59
Tabla 08: Coberturas y uso de suelo, determinadas en la categoría de Bosques y áreas mayormente naturales	63
Tabla 09: Coberturas y uso de suelo, determinadas en la categoría de Áreas húmedas	67
Tabla 10: Coberturas y uso de suelo, determinadas en la categoría de Superficies de agua.	69
Tabla 11: Coberturas y uso de suelo, determinadas en el departamento de Tacna	72
Tabla 12: Ocupación de coberturas y de suelo según Nivel I, durante los años 2007, 2012 y 2017	74
Tabla 13: Clasificación de la cobertura y uso de la tierra año 2007. Nivel III	79
Tabla 14: Clasificación de la cobertura y uso de la tierra año 2012. Nivel III	84

Tabla 15: Clasificación de la cobertura y uso de la tierra Año 2017.	
Nivel III	89
Tabla 16: Gradiente de cambios de coberturas período 2007, 2012 y 2017	100
Tabla 17: Superficie y porcentaje de las áreas con y sin cambio en la cobertura y uso del suelo, periodo 2007-2012	103
Tabla 18: Superficie y porcentaje de las áreas con y sin cambio en la cobertura y uso del suelo, periodo 2012-2017	107
Tabla 19: Superficie y porcentaje de las áreas con y sin cambio en la cobertura y uso del suelo, periodo 2007-2017	111
Tabla 20: Superficie de cambios de la cobertura y uso del suelo, periodo 2007-2012	115
Tabla 21: Matriz de transición periodo 2007-2012 en hectáreas	117
Tabla 22: Superficie de cambios de la cobertura y uso del suelo, periodo 2012-2017	119
Tabla 23: Matriz de transición periodo 2012-2017 en hectáreas	121
Tabla 24: Superficie de cambios de la cobertura y uso del suelo, periodo 2007-2017	123
Tabla 25: Matriz de transición periodo 2012-2017 en hectáreas	125
Tabla 26: Medidas de gestión para el cambio adecuado de la cobertura y uso de suelo	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de clasificación del Instituto Nacional de estadística y geografía de México	18
Figura 2. Población con tendencia a zona urbana hacia el 2030	26
Figura 3. Descarga de Imágenes satelitales Landsat del servidor USGS	36
Figura 4. Resultado de la Segmentación en Mosaico del Año 2017	39
Figura 5. Áreas de entrenamiento generadas para la aplicación del protocolo de clasificación supervisada	40
Figura 6: Método Tasseled Cap para la generación de la información complementaria.	41
Figura 7. Índice de verdor generado para la información complementaria	42
Figura 8. Contenido de humedad de la vegetación y de suelo	42
Figura 9. Índice de vegetación diferencial normalizado - NDVI	43
Figura 10. Mapa de pendientes en grados.	43
Figura 11. Compilado de las coberturas temáticas generadas	44
Figura 12. Descompilado: separación de índices generados	44
Figura 13. Generación de SegSelec	45
Figura 14. Polígonos seleccionados de SegSelec	46
Figura 15. Aplicación de Random Forest (R x64 3.4.0) de las 06 escenas del 2007	47
Figura 16. Predicted de las escenas	47
Figura 17. Convertir clasificación de Raster a Vector	48
Figura 18. Empalme de escenas	49
Figura 19. Ocupación de las áreas de coberturas y uso de suelo en relación al área total del territorio, años 2007, 2012 y 2017	75
Figura 20. Porcentaje de ocupación de las coberturas y uso de suelo en relación al área total de territorio, años 2007-2012-2017	75

Figura 21. Cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna año 2007. Nivel III	80
Figura 22. Cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna año 2012. Nivel III	85
Figura 23. Cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna año 2017. Nivel III	90
Figura 24. Distribución gráfica de Tasa de cambio de las CUT, por periodo de análisis. Nivel I	92
Figura 25. Tasas de cambio de cobertura y uso de suelo en porcentaje	97
Figura 26. Porcentaje de las áreas según cobertura en relación al área total de territorio 2007-2012	99
Figura 27. Porcentaje de las áreas con y sin cambio en la cobertura y uso del suelo, periodo 2007-2012	104
Figura 28. Distribución espacial de áreas con y sin cambio, periodo 2012-2012	106
Figura 29. Porcentaje de las áreas con y sin cambio en la cobertura y uso del suelo, periodo 2002-2017	108
Figura 30. Distribución espacial de áreas con y sin cambio, periodo 2012-2017	110
Figura 31. Porcentaje de las áreas con y sin cambio en la cobertura y uso del suelo, periodo 2007-2017	112
Figura 32. Distribución espacial de cambio de coberturas, periodo 2007-2017	114
Figura 33. Distribución espacial de cambio de coberturas, periodo 2007-2012	118
Figura 34. Distribución espacial de cambio de coberturas, periodo 2012-2017	122
Figura 35. Distribución espacial de cambio de coberturas, periodo 2012-2017	126

RESUMEN

El propósito principal de la presente investigación, fue analizar el cambio de la cobertura y uso del suelo de la Región Tacna para un periodo de 10 años (2007-2017) a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales *LANDSAT*, realizando la clasificación supervisada de los diferentes tipos de coberturas a través del Sistema de Clasificación *CORINE LAND COVER (CLC)*. Se distinguió 5 categorías de Nivel I, 12 categorías de Nivel II y 31 categorías de Nivel III, en algunas Unidades de Uso fue necesario llegar hasta la el nivel IV (17). Las categorías de Nivel I reflejan a grandes rasgos los tipos de cobertura de rasgo natural y antrópico de la Región de Tacna, constituido por: áreas artificializadas, áreas agrícolas, bosques y áreas mayormente naturales, áreas húmedas y superficies de agua. El análisis de la matriz de transición reveló una tendencia al incremento de superficies dedicadas a las actividades humanas (áreas agrícolas y áreas artificializadas presentando porcentajes de tasa de cambio de 3,10 % y 9,71 %, en un lapso de 10 años, respectivamente. En consecuencia, se observó una disminución de (-0,21 % tasa anual) de superficies de cobertura bosques y áreas mayormente naturales, específicamente áreas con poca vegetación, encontrándose similitudes con trabajos realizados a nivel nacional, donde se ha demostrado la transición de coberturas naturales por el incremento de actividades antropogénicas. Los resultados de este trabajo son de utilidad para futuros planes de desarrollo ambiental, planes de ordenamiento territorial, y en la planeación de estrategias de conservación de los recursos naturales en el departamento de Tacna.

Palabras clave: *Imagen Landsat TM, matriz de transición, cambio de cobertura*

ABSTRACT

The main purpose of the present investigation is to analyze the change of coverage and land use of the department of Tacna for a period of 10 years (2007-2017) through the photointerpretation of LANDSAT satellite images, performing the supervised classification of the Different types of coverage through the CORINE EARTH COVER Classification System (CLC). There are 5 categories of Level I, 12 categories of Level II and 31 categories of Level III, in some Units of Use that must reach level IV (17). The Level I categories the characteristics of Level I the relationships of level of natural and anthropic activity of the department of Tacna, constituted by: Artificial areas, Agricultural areas, Forests and mostly natural areas, Wet areas and water surfaces. The analysis of the transition matrix revealed a tendency to the areas dedicated to human activities (agricultural areas and artificialized areas presenting percentages of exchange rate of 3,10 % and 9,71 %, in a lapse of 10 years, respectively. decrease of (-0,21 % annual rate) of areas of forest coverage and areas of greater natural range, areas of activity with little vegetation, find similarities with work done at national level, where the transition of natural coverage has been demonstrated by the increase The results of this work are useful for future plans of environmental development, territorial planning plans, and planning strategies for the conservation of natural resources in the department of Tacna.

Keywords: *Landsat TM image, transition matrix, change of coverage*

INTRODUCCIÓN

En la década comprendida entre los años de 1980 y 1990, la mitad de la población mundial habitaba en ciudades; para el año 2050, se estima que más del 60% de la población se encontrará establecida en zonas urbanas y el tamaño de las ciudades en los países en desarrollo crecerá en 160%. Una forma de monitorear la transformación rural - urbana es mediante el análisis del cambio en el uso del suelo de la tierra (López et al., 2000).

La Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (CSD) en su programa de trabajo indicó la necesidad de contar con indicadores de sostenibilidad relacionados con cada uno de los temas discutidos en la Agenda 21 (UNCED, 1993). Estos indicadores son sobre cambio en el uso de la tierra y cambio de las condiciones de la tierra (FAO, 2001).

Las dinámicas de cambio de uso y cobertura del suelo (LUCC por sus siglas en inglés) han sido identificadas como uno de los principales procesos generadores de cambios en los ecosistemas naturales. En la región andina, la pérdida de la biodiversidad ha estado históricamente asociada con el reemplazo y modificación de la cobertura vegetal hacia usos de suelo agrícolas y urbanos. Adicionalmente, procesos de cambio climático constituyen una amenaza potencial a la integridad de los ecosistemas de alta montaña, a la biodiversidad que albergan y a los servicios ambientales que brindan. En este contexto, se vuelve imperativo discutir las posibles interacciones entre procesos de cambio climático y dinámicas de LUCC y sus posibles implicaciones para los sistemas sociales-ambientales en los Andes tropicales.

Durante los procesos de cambio de cobertura, es común que ocurran una serie de fenómenos naturales, tales como huracanes e incendios, que afecten de manera importante en la pérdida de cobertura. Sin embargo, en el último siglo y particularmente durante las últimas décadas, han sido las actividades humanas las que han desencadenado en mayor grado estos efectos, como consecuencia de factores demográficos y económicos (Berlanga et al., 2010).

Mediante el incremento significativo de la calidad de los datos de teledetección y la utilización de Sistemas de Información Geográfica, es posible conocer la dinámica de los cambios de uso en diferentes periodos, además de entender cómo y por qué ocurren estos cambios; inclusive permite identificar las áreas más susceptibles a presentar cambios, de modo que es fundamental en la toma de decisiones para la planificación de un territorio (Dzieszko, 2014).

El departamento de Tacna, ubicado en la cabecera del desierto de Atacama, ha manifestado un fuerte impacto sobre sus recursos naturales debido a los procesos de cambio en el uso de suelo y otros factores naturales. Las zonas urbanas y áreas cultivadas han incrementado de forma alarmante durante los últimos años, considerando a estos como factores principales de los cambios de cobertura en esta región. En el año 2007 se reportaron coberturas de 14 131 ha., y 56 236,10 ha., de área urbana y área cultivada, mientras que para el 2017, la superficie se incrementó a 22 464,10 ha., y 65 508,90 ha., lo que representa un incremento de 59 % y 16,5 % en un periodo de 10 años. Estos cambios han venido modificando la distribución espacial de la cobertura dentro de la región.

Bajo esta perspectiva, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto de las actividades antropogénicas en el departamento de Tacna; en un periodo de 10 años, por ser considerada como una de las regiones más áridas del país dada su ubicación en la cabecera del desierto de Atacama. Esta investigación cobra importancia al establecer un precedente para identificar y cuantificar las coberturas vegetales que han presentado mayor porcentaje de

afectación en esta región, así como para conocer los usos de suelo que las han propiciado. Esta información será de utilidad para futuros planes de desarrollo ambiental y futuras estrategias de conservación de los recursos hídricos de la cuenca, puesto que este tipo de estudios son escasos en el país.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La limitada información sobre los diferentes tipos coberturas y los usos de la tierra en el departamento de Tacna, no permiten una apropiada planificación de actividades y proyectos, que conlleven a un adecuado manejo, aprovechamiento y conservación de los recursos. Con el afán de aliviar este tipo de limitación (presente también en otros espacios geográficos), se han venido desarrollando metodologías con el uso de softwares y protocolos que permiten la obtención de buenos resultados, a menores costos y en un menor tiempo.

En ese sentido la presente investigación planteó los siguientes problemas, los mismos que fueron absueltos con el desarrollo de la misma:

1.1.1 Problema general

¿Se evidencian cambios de cobertura y uso de la tierra en la Región Tacna?

1.1.1.2 Problemas específicos

¿La metodología *Random Forest* sobre segmentos clasifica de manera adecuada los tipos de cobertura y uso del territorio en el departamento de Tacna?

- ¿La leyenda *CORINE Land Cover* adaptada para el departamento de Tacna permitirá asignar una adecuada nomenclatura a los tipos de coberturas y uso de suelo?

- ¿Con los resultados de la clasificación se podrá obtener mapas de clasificación de la cobertura y uso actual del territorio de la región Tacna?

- ¿Las coberturas identificadas de los periodos de estudio permitirán identificar los cambios de cobertura, mediante programas SIG?

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Las dificultades que afronta hoy la sociedad como consecuencia de un inadecuado uso y ocupación del territorio – incremento de la vulnerabilidad, pérdida de la diversidad biológica, incremento de la capacidad de carga de los ecosistemas, conflictos por superposición de títulos y usos inapropiados, entre otros- sean solucionados mediante acciones colectivas entre el gobierno local y la sociedad civil de forma participativa en función, a un instrumento de planificación.

Existen diversas causas del deterioro ambiental dentro de los ecosistemas, tal y como los cambios de cobertura y uso del suelo, donde predomina la pérdida de diversas superficies naturales que cubren el suelo, provocando alteraciones o cambios como la alta escorrentía superficial en época de lluvia, pérdida de suelos fértiles, aceleración de proceso de geodinámica externa (deslizamientos, huaycos y derrumbes), etc.

En este contexto, se vuelve fundamental contar con plataformas de monitoreo, como la teledetección que permitan generar información de calidad, de forma consistente en el tiempo.

La importancia del presente estudio radica en conocer el uso actual que se viene realizando en el territorio del departamento de Tacna, por la población y sus diferentes actividades, caracterizando la dinámica territorial, evaluando la situación actual de los recursos naturales y la biodiversidad, los factores que

inciden en los cambios del territorio, identificando zonas de tratamiento especial y las medidas de gestión para dar solución a los problemas, por el Cambio de Cobertura y uso de la tierra.

Ya que, gracias a la información brindada por la fotointerpretación de imágenes satelitales, es posible contar con un soporte clave para procesos de toma de decisiones de uso de los recursos naturales y el mejoramiento del manejo de la tierra que asegura un mejor uso de los recursos, promoviendo la sostenibilidad a largo plazo y es fundamental para el futuro de la producción de alimentos y para el bienestar económico de las comunidades rurales.

El presente estudio constituye una herramienta esencial en la planificación territorial, gestión sostenible de los recursos naturales, estudios de cambio climático, la evolución de los ecosistemas y biodiversidad, así como también para el modelamiento ambiental.

La evaluación y análisis de cambio de cobertura, permitirá determinar cómo las actividades humanas afectan esos recursos, logrando de esta manera representar un medio para entender los mecanismos de transformaciones de deterioro, y construir una guía para la toma razonable de decisiones sobre el uso adecuado del territorio que sirva como línea base para futuros estudios y para todos los esfuerzos de conservación ambiental en una determinada área de estudio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Analizar los cambios de la cobertura y uso del suelo, periodo 2007, 2012 y 2017, en la Región Tacna.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Clasificar mediante el uso de la metodología Random Forest sobre segmentos los tipos de cobertura y uso de suelo en el departamento de Tacna.
2. Identificar y describir los tipos de cobertura y uso del suelo, a través del Sistema de clasificación CORINE LAND COVER (CLC), para los años 2007, 2012 y 2017.
3. Generar mapas temáticos de la cobertura y uso del suelo para el año 2007, 2012 y 2017, del departamento de Tacna.
4. Determinar los cambios de cobertura y uso del suelo, mediante el uso de programas de sistema de información geográfica (SIG).

1.4 HIPÓTESIS:

Existen cambios de la cobertura y uso del suelo que causan la pérdida de la cobertura natural en el departamento de Tacna periodo 2007, 2012 y 2017.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1 A nivel internacional

Malette, (2012), en la evaluación del uso de la tierra y el cambio en la cubierta de la tierra del bosque seco tropical del norte Chinandega, Nicaragua, del periodo 1985 a 2011, determinó la comprensión cuantitativa de uso y cambio de la cubierta terrestre que ha producido el municipio rural de Nicaragua, mediante comparación del grado de contaminación potencial y el análisis imágenes Landsat 5". (p.9).

El autor llegó a la conclusión de que la deforestación del bosque seco tropical en el municipio, comenzó antes de 1985. Desde entonces la cubierta ha sufrido aumentos y disminuciones debido a diversas causas como factores socioeconómicos y los acontecimientos históricos, además notó una pérdida neta de 210,51 hectáreas durante el período de 26 años. La mayor parte de la pérdida fue por conversión en tierras agrícolas por pastoreo, las personas del municipio enfrentan enormes obstáculos como el aumento de población, la perspectiva de perder lo que queda del bosque en unas pocas décadas, los riesgos naturales y la degradación ecológica.

Moreno & Gonzales (2001), exponen un modelo de valoración de calidad de paisaje aplicada para la zona costera de la Comunidad Autónoma Cántabra (España). Las unidades de paisaje se calcularon con el Sistema de Información Geográfica Arcview y posteriormente, se valoran en función de una serie de componentes, la mayor parte de los cuales se obtienen a partir de la clasificación de usos de suelo *Corine Land Cove*. (p.9).

El resultado final de este modelo ha sido la caracterización del territorio en base a unas categorías de calidad de paisaje. Dicha categorización es una útil herramienta a utilizar en los estudios de ordenación del territorio e impacto ambiental para intentar conservar, en la medida de lo posible, las zonas con una calidad de paisaje mayor. Se optó por el método Delphi como procedimiento para la calibración de dichos pesos y puntuaciones debido a la gran flexibilidad y objetividad del mismo. La base de usos de suelo Corine Land Cover es adecuada para la definición de unidades de paisaje debido a su disponibilidad no solo para el conjunto de la nación española sino también para la Unión Europea. Por otra parte, la base Corine realizada a escala 1: 100.000 resulta idónea para la caracterización del paisaje a nivel regional (p.55).

Orradre (2014), sobre métodos de clasificación de imágenes satelitales para la determinación de usos del suelo agrícola, demostraron que se puede desarrollar diferentes metodologías de clasificación digital de imágenes del satélite Landsat para campañas agrícolas, como la discriminación de las superficies en seis clases: cultivos de invierno, de verano, pasturas implantadas y pastizales naturales, uso mixto agrícola-ganadero, doble cultivo invierno-verano, y sin Cultivo, a fin de evaluar cuáles son los usos de suelo en Tandil (Argentina) y analizar la superficie que cubre cada cultivo; también la obtención de esta información fue clave a la hora de analizar los cambios producidos en los usos de suelo, permitiendo conocer la evolución multitemporal (avances y retrocesos) de cada tipo de cultivo en el área de estudio, teniendo como aporte el desarrollo de nuevas búsquedas de metodologías que permitan analizar grandes extensiones de superficie de manera relativamente rápida y a bajo costo, esto es lo que transforma a los sistemas de información geográfica y la teledetección en las herramientas fundamentales al momento de tener conocimiento sobre las transformaciones del territorio a los fines de poder realizar un aporte a las futuras planificaciones territoriales ajustando la toma de decisión hacia una utilización del recurso suelo de una manera sustentable y eficiente. (p.30)

Rodríguez (2011), en la tesis “Deforestación y Cambio en la Cobertura del Suelo en Colombia: Dinámica Espacial, factores de cambio y modelamiento”, analiza el cambio en la cobertura y uso del suelo con énfasis en los procesos de deforestación en dos regiones contrastantes de Colombia: Andes y Guyana, entre 1985 y 2000. Se aplicó un enfoque espacial y temporal a partir de modelos de LULCC (Land Use Land Cover Change), para evaluar y predecir los procesos de cambios asociándolos a variables explicativas y junto con métricas del paisaje y sistemas de información geográfica se analizaron patrones de deforestación. La información de cobertura del suelo se basó en la interpretación de imágenes satelitales y las variables explicativas incluyeron datos biofísicos y socioeconómicos provenientes de una amplia gama de fuentes de información. Finalmente se modelizó el potencial de cambio futuro en ambas regiones prediciendo su evolución e identificando zonas de alto riesgo de deforestación y sus implicaciones frente a la conservación de la biodiversidad.

Amna & Sheikh (2015), en la evaluación de las cuencas hidrográficas y el desarrollo de una estrategia de gestión, requieren una medición precisa de los parámetros / uso de la tierra cubierta del pasado y presente de la tierra como los cambios observados determinan los procesos hidrológicos y ecológicos que tienen lugar en una cuenca hidrográfica. En este estudio se aplicó el algoritmo de máxima verosimilitud de clasificación supervisada en ERDAS Imagine para detectar cambios / uso de la tierra cubierta de la tierra observadas en Simly cuencas hidrográficas, Pakistán utilizando datos satelitales multiespectrales obtenidas de Landsat y SPOT 5 para los años 1992 y 2012, respectivamente. Donde determinaron la clasificación de la cuenca en cinco grandes clases de cobertura terrestre y uso a saber: la agricultura, el suelo de tierra / piedras, asentamientos, vegetación y el agua. La superposición de mapas generados en ArcGIS 10, indica un cambio significativo de la cobertura vegetal y agua para la agricultura, la roca y los asentamientos cubiertos. Estas transformaciones de cobertura y uso de la tierra representarán una amenaza grave para recursos de

la cuenca. Por lo tanto, los autores proponen un manejo adecuado de la cuenca o de lo contrario se perderá pronto estos recursos.

Verdugo (2009) en su tesis titulada “Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del Gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros”, expresa en su objetivo principal el análisis del proceso de cambio de usos /coberturas de suelos causados por la expansión urbana en el Gran Valparaíso y realizar proyecciones para simular los escenarios de los años 2016 y 2025, con el fin de proporcionar antecedentes que permitan mejorar la planificación urbana, ambiental y territorial. Para el desarrollo de este estudio se obtuvieron, en primer lugar, las coberturas de uso de suelo de los años 1989, 1998 y 2007 a través de fotointerpretación de Imágenes Satelitales *LANDSAT TM* (p.4). Se concluye que, a partir del análisis realizado, queda demostrado que El Gran Valparaíso ha presentado una constante expansión de su superficie urbana en el período observado, desde 1989 hasta el año 2007, a partir de las simulaciones realizadas el proceso de expansión, seguirá con tendencia creciente y las tasas de crecimiento observadas continuaran manifestándose. Por lo anterior, la comuna de Valparaíso constituye una comuna que sufrirá más pérdidas de sus coberturas vegetales densas y semidensas, bajo los escenarios proyectados en la investigación realizada.

2.1.2 A nivel Nacional

Zorogastúa & Quiroz (2011), realizaron un 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. Los resultados se compararon con el mapa de bosques secos elaborado por INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales) con interpretación visual de imágenes *LANDSAT 5* registradas entre 1986 y 1994. Las imágenes de 1999 y 2001 fueron clasificadas con un acierto del 89 % y al compararlas con la clasificación de INRENA, permitieron evaluar

la dinámica espacio temporal de los bosques secos, cuantificando los retrocesos y mejoras de los mismos. El 38% del área del bosque seco permaneció sin variación, mientras que 13% mejoró su condición y el otro 23% tiende a la reducción de su cobertura. El procesamiento digital de imágenes de satélite permite agilizar el proceso y ser más precisos que la interpretación visual utilizada en el estudio de línea de base del INRENA.

Nina (2015), en su trabajo de investigación "Cambios de la cobertura del suelo en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca - Arequipa, Moquegua – Perú, en relación a la variación de la temperatura y precipitación, durante el periodo 1986 – 2010", determinó 11 clases o tipos de coberturas de suelo, en dos grandes grupos: suelos con vegetación y suelos con escasa o nula vegetación. En el primer grupo se distinguieron 6 clases de cobertura: pajonal, tolar, césped de puna, bofedal, queñual y agricultura asociado con monte ribereño, mientras que el segundo grupo está conformado por 5 clases de cobertura: nevado, cuerpo de agua, embalse, salar y suelo sin o pobre vegetación. Para el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), promedio por cobertura vegetal, la agricultura y monte ribereño presenta mayor vigor con un 0,17, seguido inmediatamente por el bofedal con un 0,16; sin embargo, el pajonal y tolar son los que obtienen los más bajos valores, con tan solo un 0,02. El año de 1986 presenta el mayor índice de vigor de 0,10, mientras que 1992 solo alcanza un 0,06. La temperatura y precipitación no se encuentra relacionada con el NDVI en forma sectorizada. En la relación de la temperatura con la precipitación se dan tiempos secos y húmedos que coincide con el área de la cubierta vegetal, siendo este mayor en el tiempo húmedo, así como es mínima en tiempo seco.

Alcántara (2014) en su estudio especializado: "Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra", realizado en el departamento de Cajamarca, especifica que, para la elaboración del presente estudio, se recibió asistencia técnica de especialistas de la Dirección General de Ordenamiento Territorial

DGOT del Ministerio del Ambiente-MINAM; además recoge e incorpora aportes de la Comisión Técnica Regional – CTR.

La metodología según lo dispuesto por el Ministerio del Ambiente (R.M. N° 135-2013-MINAM), se basó en el procesamiento digital de imágenes satelitales utilizando los softwares ENVI y ArcGIS que permitieron generar cartografía temática de cobertura y uso de la tierra para los periodos 2001 – 2013, cuyas unidades fueron clasificadas de acuerdo con la metodología *CORINE Land Cover-CLC*.

Los resultados indicaron que, el cambio total de la cobertura y uso de la tierra en Cajamarca corresponde a un área de 599,236.15 hectáreas que representa el 18.18%, mientras que la permanencia del paisaje a una superficie de 2'696,027.69 hectáreas que representa el 81.82% del área departamental, lo cual significa la fragmentación paulatina del paisaje en perjuicio de la superficie de hábitats naturales y en el aislamiento de los mismos.

Asimismo, se han determinado los siguientes cambios según tipo de cobertura: áreas de extracción de minería 0,03%, cultivos transitorios 0,12%, pastos 0,34%, cultivos heterogéneos 1,67 %, bosques 4,70%, bosques plantados 0,03%, vegetación herbácea o arbustiva 7,95 %, áreas con poca vegetación 0,24%, áreas húmedas continentales 0,001% y aguas continentales 0,13%; de los cuales la cobertura que más cambio ha presentado es de áreas con vegetación herbácea o arbustiva (código 33 – Nivel II), se dio ocho cambios, de los cuales el cambio más significativo fue a áreas agrícolas heterogéneas en una extensión de 262 067,17 has (7,95 % del área departamental). Como se puede observar, la mayoría de cambios han sido impulsados por el desarrollo de las actividades agropecuarias.

Saldaña (2010), en su tesis “Determinación del cambio de cobertura vegetal en el Área de Conservación Municipal “Bosques de Huamantanga” utilizando imágenes del satélite”, determinó un área de evaluación total de 12 236,83 ha., y el área de estudio está ubicada en la región Cajamarca, provincia

de Jaén, distrito de Jaén. Se usaron dos periodos comparativos, un primer periodo para los años 1989 al 2000 y un segundo periodo para los años 2000 al 2006, determinándose que un 75% del área total cambiaron de uso con el paso de los años, mientras que el otro 25% se mantuvo intacto.

Tantaleán (2016), en su tesis “Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de Chota, años 1989-2013”, indica que el análisis de cambio de cobertura y uso del suelo permite mostrar cambios entre diferentes fechas de referencia, siguiendo las consecuencias de la acción humana sobre el medio. El propósito de este estudio fue realizar un análisis del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo en el distrito de “Chota” en un periodo de 24 años (1989-2013), mediante la utilización de imágenes satelitales. La investigación detalla que los cambios de la cobertura vegetal y uso del suelo están determinados por las actividades antrópicas.

2.2 TEORÍAS QUE SUSTENTAN LA INVESTIGACIÓN

2.2.1 Zonas de vida según Holdridge

Holdridge (1907-1999), fue un ilustre investigador norteamericano, que dio a conocer las zonas de vida en el planeta, basándose en una teoría para la determinación de las formaciones vegetales a partir de los datos climáticos. Esta clasificación define en forma cuantitativa, la relación que existe entre el orden natural, los principales factores climáticos y la vegetación. Holdridge (1947), hizo la primera aproximación de su teoría, basándose en un modelo matemático, la cual actualizó en 1967. Su investigación y aporte son muy valiosos para la ecología planetaria y está basada en la precipitación, biotemperatura, evaporación y vegetación. En base a la estricta dependencia existente entre el clima y la vegetación, es que logró sacar conclusiones, al mismo tiempo, sobre la vida animal, el hombre y sus actividades productivas en una determinada zona de vida. (ONG Perú Ecológico, 2010).

2.2.2 Regiones Naturales según Pulgar Vidal

El Perú está localizado en la región tropical del planeta, pero debido a las particularidades de territorio se pueden apreciar más de tres regiones naturales, como las ocho regiones naturales, de acuerdo a una importante tesis formulada, en 1938, por el geógrafo peruano Javier Pulgar Vidal. En esta tesis Pulgar Vidal fundamenta su planteamiento; clasificando al territorio peruano con respecto a los pisos altitudinales, flora y fauna que este alberga, así como a la sabiduría ancestral heredada por el hombre peruano. Ofreciendo por primera vez una amplia y certera visión de la biodiversidad del Perú. (Sánchez Paquera, 2011).

A los pisos ecológicos donde se les conoce con el nombre de pisos altitudinales, regiones Geoecológicas, u ocho regiones naturales. Son: (1) Costa o Chala, hasta 500 m de elevación; (2) Yunga, de 500 a 2300 m; (3) Quechua, de 2300 a 3500 m; (4) Suni o Jalca, de 3500 a 4000 m; (5) Puna, de 4000 a 4800 m; (6) Jalca o Cordillera, de 4800 a 6788m; (7) Rupa Rupa o Selva alta, de 400 a 1000m; y (8) Omagua o Selva Baja, 80 m a 400 m de elevación. (Paulet Iturri y Amat León 1999).

2.2.3 Ecoregiones Naturales según Brack Egg

La geografía peruana es bastante compleja, debido a condiciones especiales, como la presencia de grandes macizos montañosos, vientos procedentes de lejanas regiones o cercanía a grandes fuentes de agua, la naturaleza adoptó características particulares que convirtieron a determinadas regiones del país en hábitats únicos y bien diferenciados del resto.

El Dr. Brack Egg (2000), especialista en biogeografía, llegó a identificar 11 diferentes ecoregiones en el Perú, teniendo en consideración diferentes factores ecológicos: tipos de clima, regiones geográficas, hidrografía, flora y fauna. Estas van desde el océano hasta las montañas y la selva tropical, pasando por los desiertos y los valles, los pantanos y bosques de altura.

Las ecorregiones del Perú, son las siguientes: el mar tropical, el mar frío, el desierto del pacífico, el bosque seco ecuatorial, el bosque tropical del pacífico, la serranía esteparia, la puna, el páramo, la selva alta, la selva baja y la sabana de palmeras. (Brack Egg, A. 2000).

2.3 HERRAMIENTAS PARA IDENTIFICAR LAS COBERTURAS DE LA TIERRA

- **Teledetección y sensores remotos**

La teledetección es aquella técnica que permite obtener información a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación remota sea posible es preciso que entre los objetos y el sensor exista algún tipo de interacción y el resultado usualmente, pero no necesariamente, es almacenado como una imagen (fuente de datos). Para esto se requiere por lo menos de tres componentes: foco energético, superficie terrestre y sensor. Las cuales se han clasificados según procedimiento de recibir la energía procedente de las distintas cubiertas y ellos son: (1) Pasivos, cuando se limitan a recibir la energía proveniente de un foco exterior a ellos, y (2) Activos, cuando son capaces de emitir su propio haz de energía (Chuvienco, 2002).

- **Escáneres Multiespectrales**

Los escáneres multiespectrales miden a través del escaneo la energía electromagnética reflejada por la superficie de la tierra. Esto resulta en una imagen digital (datos) y su unidad elemental es el píxel. Las aplicaciones de los escáneres multiespectrales están relacionadas principalmente en el mapeo de la cobertura de la tierra, vegetación, mineralogía superficial y agua superficial. (Labrador & Évora, 2012).

- **El programa Landsat**

El programa Landsat es el programa civil de observación de la tierra más antiguo. Comenzó el año 1972 con el Satélite Landsat-1. Hasta ahora al último Landsat (el 8) se ha incorporado un nuevo sensor, que mejora las características,

añadiéndole una banda pancromática de 15 m de resolución, y aumentando la resolución de la banda térmica a 60 m. (Chuvienco, 2002).

- **El programa Aster**

Las imágenes Aster (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer), es un espectrómetro de alta resolución de imagen, diseñado con tres bandas en el espectro visible y una cercana infrarroja en el rango espectral, con 15 m de resolución, 6 bandas en el infrarrojo de onda corta, con 30 m de resolución, y 5 bandas en el infrarrojo termal, con 90 m de resolución, y ancho de barrido de 60 Km. Sus objetivos principales son medir las propiedades de las nubes estudios de vegetación y suelos, temperatura terrestre y topografía. Una de sus principales aplicaciones es la verificación de resultados obtenidos con sensores menos precisos espacialmente (Chuvienco, 2002).

- **Sistemas de Información Geográfica**

Podemos definir a un Sistema de Información Geográfica (SIG), como un sistema computarizado que facilita las fases de entrada de datos, análisis de datos espaciales y presentación de datos, especialmente en casos cuando trabajamos con datos georeferenciados. Además, permiten almacenar esa información espacial de forma eficiente, simplificando su actualización y acceso directo al usuario. (Labrador & Évora, 2012).

2.3.1 Sistemas de clasificación de uso de la tierra a nivel internacional

En el 2011, el Grupo Consultivo de Expertos, habló acerca del Método adoptado en las Directrices del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) revisadas en 1996, señalando a las directrices que aportan enfoques, metodologías y orientaciones técnicas para la preparación de inventarios de GEI (gases de efecto invernadero) en el sector CUTS (Cambio de

uso de la tierra y silvicultura). Esta metodología de inventario se basa fundamentalmente en dos supuestos relacionados:

- El flujo de CO₂ hacia y desde la atmósfera es igual a los cambios en las reservas de carbono de la biomasa y el suelo.
- Los cambios en las reservas de carbono pueden calcularse una vez se hayan establecido las tasas de cambio en el uso de la tierra y las prácticas empleadas para conseguir tal cambio, por ejemplo, la quema, tala selectiva, cambio en la silvicultura o en las prácticas de gestión. Esto requiere calcular lo siguiente: el uso de la tierra durante el año del inventario, la conversión de bosques o pastizales y las reservas de carbono en las categorías del uso de la tierra (incluyendo tanto las tierras que cambiaron como las que no lo hicieron).

Según De la Torre (2016), informa que el Instituto Nacional de estadística y geografía de México trabaja con dos tipos de coberturas: Coberturas vegetales naturales y coberturas vegetales antrópicas. dentro de las cuales podemos identificar las siguientes categorías (figura 1):

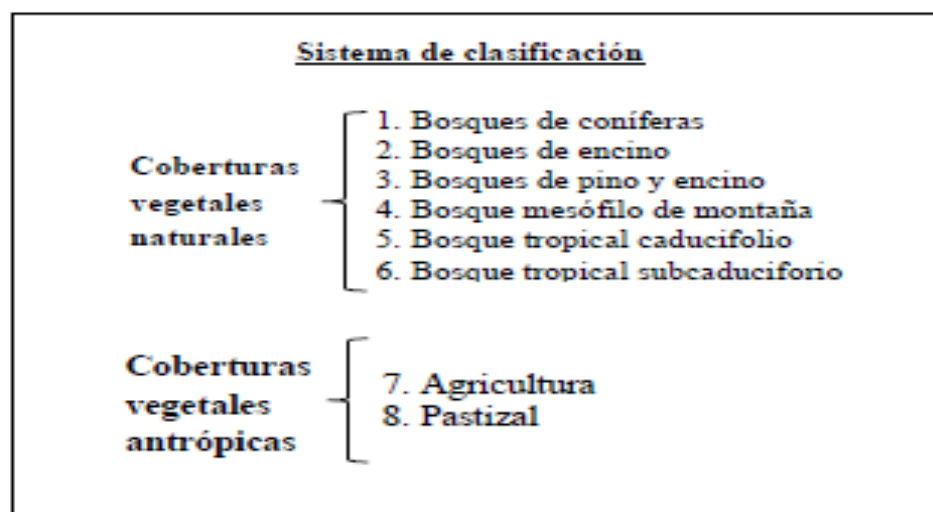


Figura 1. Sistema de clasificación del Instituto Nacional de estadística y geografía de México

Fuente: De la Torre 2016.

2.3.2 Sistema de clasificación de uso de la tierra a nivel nacional

La metodología Corine Land Cover se engloba dentro del Programa CORINE (Coordination of Information of the Environment), el cual inicia el 27 de junio de 1985, y en virtud de una decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea, pasa a ser responsabilidad de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) en el año 1995 con el objetivo fundamental de obtener una base de datos europea de ocupación del suelo a escala 1:100.000, útil para el análisis territorial y la gestión de políticas europeas. (Valencia & Anaya, 2009).

La base de datos de *Corine Land Cover* (CLC) permite, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite, para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas. (Mello y Camacho, 2007).

El proyecto “Corine Land Cover” 1990 (CLC90), define una metodología específica elaborada para realizar el inventario de la cobertura de la tierra, cuya base de datos constituye un soporte a la toma de decisiones en políticas relacionadas con el medioambiente y el ordenamiento territorial. (Alcántara Boñón 2014). Fue adaptada para los países que conforman la Comunidad Andina de Naciones (CAN) que viene a ser una organización subregional con personalidad jurídica internacional. Está formada por Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela y por los órganos e instituciones del Sistema Andino de Integración (SAI). Sus antecedentes se remontan a 1969 cuando se firmó el Acuerdo de Cartagena, también conocido como Pacto Andino. La CAN inició sus funciones en agosto de 1997. (Comunidad Andina de Naciones, 2012).

En Perú, actualmente el MINAM a través de la Dirección General de Ordenamiento Territorial - DGOT, viene dando asistencia técnica a los gobiernos regionales en la aplicación de la propuesta de leyenda de coberturas, logrados a través del proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Cobertura Andina.

Tabla 1

Propuesta de la Leyenda CORINE Land Cover adaptada para Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	
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			
	2.5. Mosaico de áreas agrícolas y áreas mayormente naturales			
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo		
		3.1.2. Bosque abierto bajo		
		3.1.3. Bosque denso alto		
		3.1.4. Bosque abierto alto		
		3.1.5. Bosque fragmentado		
	3.2. Bosques plantados			
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	3.3.1.1. Herbazal denso	3.3.1.1. Herbazal denso
			3.3.1.2. Herbazal abierto	3.3.1.2. Herbazal abierto
		3.3.2. Arbustal	3.3.2.1. Arbustal denso	3.3.2.1. Arbustal denso
			3.3.2.2. Arbustal abierto	3.3.2.2. Arbustal abierto
		3.3.3. Vegetación secundaria o en transición	3.3.3.1. Vegetación arbustiva / herbácea densa	3.3.3.1. Vegetación arbustiva / herbácea densa
			3.3.3.2. Vegetación arbustiva / herbácea abierta	3.3.3.2. Vegetación arbustiva / herbácea abierta
	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			
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: MINAM 2014.

2.4 MARCO CONCEPTUAL

- **Tierra**

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 1995), afirma que la tierra es un área de la superficie del globo terrestre que se puede delinear, abarcando todos los atributos de la biosfera inmediatamente por encima y por debajo de su superficie, incluyendo el clima en la zona cercana 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 las reservas de aguas subterráneas asociadas a las mismas, las poblaciones de la flora y la fauna, las formas de colonización de la población humana y los resultados físicos de la actividad humana anterior y actual, terrazas, estructuras para reserva o drenaje de aguas, caminos, construcciones, etc.

- **Suelo**

El suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua. Desde una perspectiva ambiental, tiene un rol fundamental en todos los procesos ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza, tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes.

Por ello, el hombre en su tendencia natural de seleccionar y clasificar los objetos de su entorno, considera al suelo como un objeto común útil que satisface las necesidades humanas (alimentos, fibras, maderas, construcciones, etc.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT, (2012).

- **Cobertura y uso de suelo**

La cobertura de la tierra, es la cobertura biofísica que se observa sobre la superficie de la Tierra.

Cuando se remiten pura y estrictamente a la cobertura de la tierra, debería estar restringido a la descripción de la vegetación y elementos antrópicos. Consiguientemente, áreas donde la superficie terrestre consiste en afloramientos rocosos o suelo desnudo están describiendo la tierra propiamente y no la cobertura de la tierra. Así mismo, es discutible si se debería considerar realmente a los cuerpos de agua como cobertura de la tierra. Sin embargo, en la práctica, la comunidad científica usualmente incluye a estos elementos dentro el término cobertura de la tierra. (Di Gregorio & Jansen 2005).

Se denomina cobertura terrestre a la observación biofísica de la superficie terrestre, y todos los procesos que en ella tienen lugar; es decir que es lo que se encuentra sobre la tierra en un momento dado, a diferencia del uso de la tierra que hace referencia al propósito para el que se utiliza este terreno (Di Gregorio & Jansen, 2000; Turner et al., 1995).

- **Ocupación del suelo**

Estudia las características de la superficie terrestre desde dos puntos de vista distintos, aunque relacionados entre sí:

- **Cobertura del suelo** (Land Cover, LC) o categorización de la superficie terrestre en distintas unidades según sus propiedades biofísicas, como, por ejemplo, superficie urbana, cultivo, arbolado forestal, etc.
- **Uso del suelo** (Land Use, LU) o caracterización del territorio de acuerdo con su dimensión funcional o su dedicación socioeconómica actual, está representado por los arreglos, actividades e insumos que el hombre emprende en un cierto tipo de cobertura para producir, cambiarla o mantenerla.

Esta definición establece un enlace directo entre la cobertura y las acciones del hombre en su medio ambiente: Los siguientes ejemplos son una ilustración adicional de las definiciones anteriores:

- **“Pastizal”** es un término de cobertura, mientras que “área de pastoreo” o “cancha de tenis” se refieren al uso que se da a esta cobertura;

- **“Área de recreación”** es un término de uso de tierra que puede ser aplicable a diferentes tipos de cobertura: por ejemplo, superficies arenosas, como una playa; un área construida como parque de recreación; bosques.

En consecuencia, los estudios sobre ocupación del suelo están basados en la caracterización sistemática de la cobertura de la superficie terrestre, a partir de los patrones de información que proporcionan imágenes aéreas o satelitales. (Di Gregorio & Jansen 2005).

- **Cambios de cobertura y uso de suelo**

Las coberturas principalmente se modifican por las actividades humanas, por ello es importante tomar en cuenta cómo el ser humano influye en los cambios de uso de suelo, LUC, por sus siglas en inglés y los cambios de cobertura vegetal o LCC (Turner, Meyer, & Skole, 1994).

El gran interés que despierta el estudio de cambios de uso y cobertura de suelo, está dado por diversos motivos. Dentro de la literatura se encuentran razones que aluden a que constituyen la expresión espacial más evidente de las actividades humana sobre los sistemas de soporte (Turner & Meyer, 1991; Romero et al, 2007; Aldana & Bosque Sendra, 2008). De la misma forma, son considerados como una de las causas de la degradación ambiental y pérdida de funciones y servicios ambientales en los territorios donde ocurren estos procesos (Mendoza et al, 2002; Pauleit et al, 2005; Romero & Vásquez, 2005a; Henríquez et al, 2006b; López & Bocco, 2006; Romero et al, 2007).

Debido a ello, colocan a los estudios sobre cambios de usos y coberturas de suelo como una información necesaria para la planificación del territorio, debido a su capacidad de reflejar patrones espaciales y temporales como emplazamiento, distribución, estructura y dirección.

En los estudios de cambios de uso y cobertura existen básicamente dos términos para su caracterización, siendo el primero el de **conversión o reemplazo**, el cual es el concepto utilizado en esta investigación y describe el cambio de un tipo de cubierta por otro, mientras la **modificación o transformación** es cuando no se operan cambios de categoría, pero sí se detecta algún nivel de afectación en uno o varios atributos de una cobertura (Aldana & Bosque Sendra, 2008). Se debe entender como cobertura todo aquello que cubre la superficie del suelo, que puede originarse a partir de ambientes naturales o de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre, mientras que los usos de suelo expresan el destino o uso humano del territorio (López, 2004; López & Bocco, 2006; Aldana & Bosque Sendra, 2008; Fuentes, 2009).

De la misma forma López et al (2001) y Molina (2007) señalan a los cambios de usos y coberturas del suelo como procesos considerablemente dinámicos y continuos en ciudades en proceso de expansión y en las zonas que comprenden sus áreas metropolitanas.

La expansión urbana y los cambios de uso y cobertura de suelo asociados tienen diferentes efectos sobre el medio ambiente. Romero y Vásquez (2005a y b), Pauliet *et al* (2005), Molina (2007), plantean algunos principales efectos tales como:

- Intensiva reducción de espacios con vegetación natural incluyendo terrenos de cultivo, áreas naturales y humedales.

- Pérdida de biodiversidad y reducción y desaparecimiento de hábitats, corredores y parches de vida silvestre.
- Transformación del paisaje provocando el aumento de la fragmentación y disminuyendo la conectividad entre parches de vegetación.
- Cambios en el ciclo hidrológico.
- Cambios en el clima urbano generando la consolidación de islas de calor al interior de las ciudades.
- Contaminación del aire, agua y suelos.

- **Expansión urbana**

Según estimaciones de las Naciones Unidas alrededor de la mitad de la población mundial vive en las ciudades y sus proyecciones indican un aumento, siendo Latinoamérica una de las regiones que para el año 2030 alcanzaría más del 80 % de su población viviendo en áreas urbanas (figura 2).

Este proceso de urbanización demuestra lo que señalan varios autores, dentro de ellos Romero et al, (2007), que indica que la ciudad se ha transformado en el principal nicho ecológico de la humanidad. Azócar et al (2003, p. 80) ratifica a la ciudad como “el hábitat humano por excelencia, donde el crecimiento acelerado de las ciudades, tanto en habitantes como en extensión de su superficie, son fenómenos globales que así lo demuestran”.

La literatura señala que la expansión urbana es el resultado tanto de factores internos como externos de la ciudad, así como también factores locales y regionales. Es así como Henríquez et al (2006a) afirma que son varios los factores que conducen el crecimiento urbano 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.

En relación a los patrones de expansión urbana, el conjunto relacionado de factores internos y externos puede desencadenar variadas formas de crecimiento urbano, como lo señala Romero (2001) en Molina (2007): el crecimiento “radial” o también llamado “acreción por adherencia” de nuevas áreas urbanas sobre la periferia de la ciudad, tendiendo a ampliar la ciudad aprovechando las economías de aglomeración y extendiendo espacios sociales de igual nivel; el crecimiento “tentacular”, el cual se desarrolla a través de los principales ejes de transporte, aprovecha la accesibilidad y conectividad y está fuertemente influido por los medios de transporte.

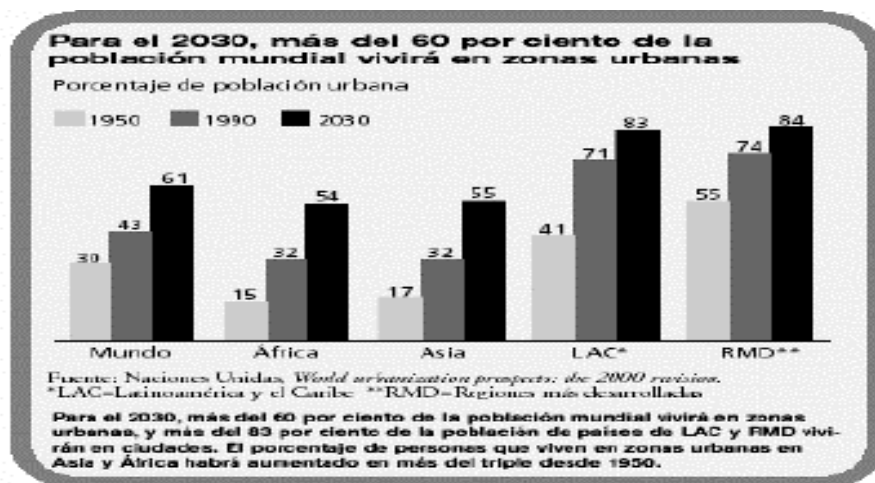


Figura 2. Población con tendencia a zona urbana hacia el 2030

Fuente: Naciones Unidas, 2008.

- **Mapas de uso de suelo**

Los mapas son herramientas para transmitir una determinada información geográfica empleando un lenguaje gráfico, al momento de crear un mapa debemos presentar la información acorde a los destinatarios y sus objetivos. La cartografía se divide en Cartografía base y cartografía temática. La cartografía

temática se apoya en la cartografía base y se centra en la representación de un tema concreto (una variable espacial dada), de índole social, física, política, cultural, geográfica. Aun así, la cartografía temática se representa con ayuda de un mapa base (Olaya, 2014).

- **Análisis multitemporal**

Los análisis multitemporales derivan de la comparación de una o más variables en función del tiempo, cuando se utiliza esta técnica resulta imprescindible realizar una buena corrección atmosférica de las imágenes, ya que diferentes fechas poseen diferente influencia de la atmósfera y esto distorsiona los cambios en la respuesta espectral de las coberturas (Sarria, 2006).

- **Tasa de cambio de uso de suelo**

El Cambio de cobertura y uso de suelo genera valores cuantitativos sobre las superficies correspondientes a distintas coberturas de vegetación en cada fecha y, a partir de estos, se calculan las tasas de cambio. En este trabajo se usó la siguiente ecuación (FAO 1996),

$$T_c = \left(1 - \frac{t_1 - t_2}{t_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Donde t es la tasa de cambio, S_1 es la superficie de una cobertura o uso de suelo determinado en el tiempo inicial del análisis (t_1), S_2 es la superficie de esa cobertura o uso para el tiempo final (t_2) y n es el número de años entre las dos fechas. La tasa expresa el porcentaje de cambio en la superficie al inicio de cada año y, para ello, el valor resultante de la ecuación se multiplica por 100. La tasa de cambio indica la velocidad a la que ocurren ciertos cambios en una región, y sirve para comparar si un territorio es más dinámico o estable que otro.

- **Matriz de transición**

La matriz de transición o de tabulación cruzada representa un punto de partida fundamental en análisis multitemporales de cambio de uso de suelo, esta matriz posee una estructura de doble entrada en donde las filas indican valores de coberturas en una fecha inicial, y las columnas indican valores de coberturas en la fecha final, la unión de fila-columna en una celda representarán el cambio entre estos dos años (Pontius, Shusas, & Mceachern, 2004).

- **Percepción remota o teledetección**

La teledetección es el vocablo usado por los hispanoparlantes para referirse al término inglés “*remote sensing*”, que se traduce literalmente como percepción remota. Se refiere a la ciencia, técnica o, incluso “arte” para algunos, de obtener información (imágenes) de la superficie de nuestro planeta a distancia, sin entrar en contacto directo con él. Pero la teledetección también incluye todo el trabajo realizado a posteriori con esas imágenes, es decir, su procesamiento e interpretación. La teledetección más utilizada se refiere a la captura de imágenes desde satélites o plataformas aéreas (aviones, helicópteros o vehículos aéreos no tripulados). Sin embargo, las ventajas que ofrece la observación espacial desde satélites, esto es, la cobertura global y exhaustiva de la superficie terrestre, la observación multiescala y no destructiva y la cobertura repetitiva, han propiciado el desarrollo y utilización de este tipo de productos de manera sistemática. (Labrador & Évora 2012).

- **Imagen de satélite**

Es una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales.

Las Imágenes en formato ráster se componen de una matriz regular o rejilla de celdas. A cada una de ellas se le conoce como píxel y se le asigna un valor digital, que corresponde a la reflectividad recogida por el sensor. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía –INEGI, 2014).

- **Sistemas de Información Geográfica**

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) se define como un elemento que permite analizar, presentar, e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre; la información que albergan está referenciada geográficamente, ya sean datos, estadísticas o mapas de un territorio concreto permitiendo: la lectura, almacenamiento y gestión de datos espaciales; el análisis de estos datos como elaboración de complejos modelos o consultas sencillas; y la generación de resultados a partir de los datos, informes, gráficos, etc. (Chuvieco, 2010).

- **Integración de datos en un SIG**

La integración se realiza mediante conjuntos de datos estructurados y almacenados de forma sistemática, permitiendo una gestión organizada con varias ventajas detalladas a continuación:

- 1) Mayor seguridad. Resulta más sencillo mantener una copia de seguridad de una base de datos que una copia de datos no estructurados esparcidos de manera desorganizada en el interfaz de trabajo.
- 2) Mayor disponibilidad. Se facilita el acceso a los datos desde distintos medios, como aplicaciones, *software*, etc.
- 3) Mayor independencia. Los datos gozan de independencia de las aplicaciones y de los usuarios que los utilizan.
- 4) Menor redundancia. No existen distintos esquemas de datos, o múltiples ficheros, esto evita duplicaciones o multificheros. .

CAPÍTULO III

MARCO FILOSÓFICO

3.1 MARCO FILOSÓFICO

Los investigadores dedicados al análisis del territorio, los que se autoproclama territorialistas, aun repitiendo constantemente que la visión es "integral y global", han tenido tendencia a observar la realidad desde un particular prisma que, como todos los demás, resulta sesgado, parcial y fragmentario. La ciencia moderna ha fundamentado su desarrollo (hay quien piensa que su éxito) en la compartimentación gremial del saber, un despiece temático que con frecuencia ha conducido a un escenario en que muchos y variados ojos "miran", aunque muy pocos de ellos consigan ver más allá de "su particular aspecto" de la realidad. La racionalidad moderna, en ocasiones, ha conducido a esta especie de diálogo de sordos. (Murray, 2005).

Un particular modo de afrontar el análisis del territorio, cuando no se cree en la superficialidad, no suele escapar de aquella fragmentaria visión. Integrar conocimientos, en demasiadas ocasiones, ha significado agrupar conocimientos, grapar las variadas aportaciones de los distintos científicos que "miran", lo que no significa que "vean", el territorio.

La perspectiva renovada del análisis de las relaciones entre los seres humanos y el medio sobre el que están asentados exige un cambio de enfoque. Este parte de considerar que todo metabolismo socio-económico da vida a un particular modelo de organización humana que se desarrolla sobre, y a partir de, lo que los biólogos llaman la matriz natural. Tal metabolismo se manifiesta en diferentes flujos de materia y energía y en variadas relaciones sociales y económicas.

Atender a los efectos superficiales, epidérmicos, de las segundas sin contemplar las primeras es como intentar pintar un paisaje de espaldas al mismo. Los flujos de materia y energía son fenómenos de profundidad que cristalizan en distintos "ecos en superficie", huellas territoriales que, si las tradicionales han sido consideradas creadoras de paisaje cultural, en la actualidad y a escala global, suelen ser claras muestras de deterioro ecológico. (Murray, 2005).

Los estudios relacionados con los cambios progresivos en la cobertura vegetal y de uso de suelo, han cobrado importancia en la investigación ambiental, ya que han permitido evaluar las tendencias espacio-temporales de procesos como la deforestación y degradación ambiental, provocadas por actividades humanas (Camacho-Sanabria, 2015).

Las dimensiones del impacto humano sobre el planeta pueden ser analizadas desde multitud de perspectivas, precisamente por la complejidad de las interacciones entre los humanos y la naturaleza. En cualquier caso, las transformaciones de la cubierta de la tierra debidas a la expansión de la actividad humana son, sin lugar a dudas, uno de los aspectos más destacables, visibles y comprensibles. Unas transformaciones que solo pueden ser abordadas a partir de datos de calidad que garanticen la fiabilidad de las conclusiones.

Los cambios en la cubierta y usos del suelo que soporta la tierra son cada vez más relevantes para poder analizar los elementos de fricción entre las sociedades humanas y los ecosistemas terrestres que les sirven de soporte. Un análisis del mismo modo imprescindible para la planificación territorial que afecta a temas tan importantes como la gestión hídrica, los procesos de erosión-desertificación, la pérdida de biodiversidad, etc.

Los cambios en los usos del suelo afectan, con mayor o menor intensidad, a la modificación y transformación de la cubierta del mismo. Al hablar de una cubierta transformada nos referimos a aquella que ha sido sustituida completamente por otra; como, por ejemplo, en el caso de bosque tropical que

en grandes extensiones ha sido transformado para convertirse en una cubierta de pasto. En cambio, se considera modificada cuando se producen cambios en ella que no afectan a su clasificación (Boada & Saurí, 2002).

La transformación de la cubierta terrestre tiene implicaciones ecológicas y económicas de primerísima importancia. Dependiendo del tipo de cubierta y actividad económica que allí se realice, los cambios contemporáneos en usos y cobertura del suelo suelen implicar, como primer impacto, una reducción de la producción primaria neta de los ecosistemas y, como consecuencia de ella, un aumento de los requerimientos de materiales y energéticos para asegurar el funcionamiento del sistema económico asociado (Kraussman, 2003).

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1 Tipo de Investigación

En el presente estudio, se ha planteado la investigación de tipo descriptiva, ya que los resultados han sido obtenidos gracias a la interpretación de imágenes satelitales Landsat y el proceso de verificación de campo, lo que permitió realizar observaciones con confiabilidad de los datos generados en gabinete y su posterior descripción en el análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo, encontrados en el área de estudio.

4.1.2 Nivel de investigación

Es descriptivo, porque describe las características del estudio y genera conocimientos sobre los cambios de cobertura y uso de la tierra del departamento de Tacna. Describe fenómenos en su circunstancia real en un tiempo y en un área geográfica determinados.

4.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

4.2.1 Identificación de las variables

Variable Independiente:

Cobertura y uso de la tierra del departamento de Tacna.

Variable Dependiente:

Cambios de cobertura y uso de la tierra del departamento de Tacna

4.2.2 Caracterización de las variables

cobertura y uso de la tierra

La cobertura de la tierra es la cobertura biofísica tal cual se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio 2005), a través de sensores remotos, independiente de su origen; incluyen la vegetación natural o cultivada, afloramientos rocosos, depósitos de arena, hielo, agua, construcciones hechas por el hombre, etc. (Lara et al. 2002). El uso de la tierra está caracterizado por las funciones que se desarrollan sobre la cobertura del suelo, actividades realizadas por el hombre para producir, cambiarla o mantenerla (Herrera *et al.* 2009), con la finalidad de obtener beneficios mediante la producción de bienes y servicios. (Lara *et al.* 2002).

Cambio de cobertura y uso de la tierra

Comprende la identificación de los factores y procesos que definen cambios en la cobertura y uso de la tierra, así como las causas y los principales efectos. Caracterizar las principales actividades económicas, sobre la base del uso de suelo actual e intervenciones nacionales como proyectos y programas de inversión pública y privada.

Analizar de manera comparativa los cambios en la cobertura y uso de la tierra y los recursos naturales en los últimos 10 años, delimitando el área afectada y determinando la superficie en hectáreas que ha sufrido cambios en una determinada área geográfica corresponde la identificación y el análisis de los actores sociales v factores sociales culturales, históricos, institucionales, productivos, culturales, y otros que inciden en los cambios de cobertura y uso de la tierra, y en el aprovechamiento de los recursos naturales.

4.2.3 Definición operacional de las variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR
Variable Indep. Cobertura y uso de suelo	Cobertura y uso de suelo	Nº de coberturas y uso de suelo
Variable Depend.		
Cambio de cobertura y uso de suelo	Variación de las áreas de los diferentes tipos de cobertura	Tasa de cambio Porcentaje de cambio

4.2.4 Técnicas de recolección de datos

Constituido principalmente por la recopilación de imágenes satelitales de los años a estudiar.

Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- Uso de *software* para el análisis de las imágenes satelitales
- Visita a campo a lugares para la corroboración de cambios de cobertura.
- Estudios de Zonificación ecológica económica a nivel regional, provincial y distrital.

4.2.5 Unidad de análisis y universo.

- **Unidad de análisis**
Cobertura y uso del suelo
- **Universo y muestra**
Departamento de Tacna

4.3 RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES

4.3.1 Recopilación de imágenes satelitales

Para la obtención de imágenes satelitales del área de estudio se recurrió al portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) teniendo en cuenta que las imágenes correspondan a la estación seca en el área de estudio y la nubosidad presente es decir las que posean mejor visibilidad posible durante el intervalo de tiempo y el área de estudio establecidos, siendo así se escogieron imágenes de tres años, en 2007 del satélite Landsat 5, la imagen de 2012 de Landsat 8 OLI como una situación intermedia del intervalo establecido, y la imagen 2017 del satélite Landsat 8 para verificar la situación actual del área; las imágenes poseen una resolución de 30 m en las bandas del espectro visible e infrarrojo y de 15 m en la banda del pancromático. En la Tablas 2, 3 y 4 se indican los datos técnicos de las imágenes que se usaron para el análisis (La superficie departamental Tacna, está cubierto por seis escenas de imágenes satelitales Landsat), (figura 3)

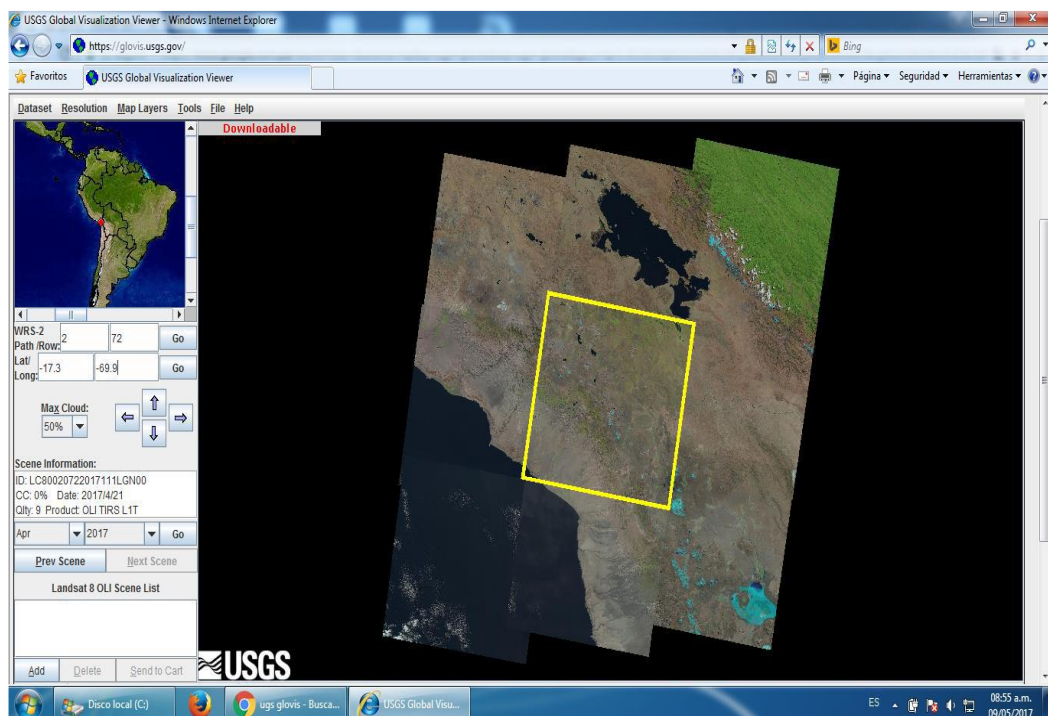


Figura 3. Descarga de Imágenes satelitales Landsat8 del servidor USGS.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Imágenes satelitales Landsat 5 TM utilizadas para el año 2007

Nombre de Imagen Landsat	Fecha	Path/Row	Fuente
LT05_L1TP_003072_20070417_20161115_01_T1	17-APR-2007	Path: 3 Row: 72	www.glovis.usgs.gov
LT05_L1TP_002073_20070205_20161117_01_T1	05-FEB-2007	Path: 2 Row: 73	www.glovis.usgs.gov
LT05_L1TP_002072_20060423_20161122_01_T1	23-APR-2006	Path: 2 Row: 72	www.glovis.usgs.gov

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

Imágenes satelitales Landsat 8 OLI utilizadas para el año 2012

Nombre de Imagen Landsat	Fecha	Path/Row	Fuente
LC08_L1TP_003072_20130417_20170505_01_T1	17-APR-2013	Path: 3 Row: 72	www.glovis.usgs.gov
LC08_L1TP_002072_20130405_20170505_01_T1	05-APR-2013	Path: 2 Row: 72	www.glovis.usgs.gov
LC08_L1TP_002073_20130405_20170505_01_T1	05-APR-2013	Path: 2 Row: 73	www.glovis.usgs.gov

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Imágenes satelitales Landsat 8 OLI utilizadas para el año 2017

Nombre de Imagen Landsat	Fecha	Path/Row	Fuente
LC08_L1TP_002072_20170405_20170414_01_T1	05-APR-2017	Path: 2 Row: 72	www.glovis.usgs.gov
LC08_L1TP_002073_20170405_20170414_01_T1	05-APR-2017	Path: 2 Row: 73	www.glovis.usgs.gov
LC08_L1TP_003072_20170428_20170515_01_T1	28-APR-2017	Path: 3 Row: 72	www.glovis.usgs.gov

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Preprocesamiento de imágenes satelitales

Etapa I: Segmentación

1. Extracción de segmentos

Utilizando el *software* ENVI 5.3, mediante la herramienta Feature Extraction, utilizando como insumo cada una de las tres escenas de imagen satelital que cubre a la Región de Tacna debidamente corregidas geoméricamente y bajo la combinación de bandas 543 para todas las escenas, se realizó la segmentación con el propósito de separar áreas contiguas espectralmente homogéneas de una manera rápida y eficaz, verificando que la segmentación realizada sea consistente con los bordes observados en el mosaico de la imagen Landsat.

Una imagen es un arreglo matricial de píxeles con un nivel digital que dispuestos de la forma adecuada transmiten y representan la superficie terrestre, el trabajar con objetos sobre la imagen implica el generar regiones que agrupan los píxeles de acuerdo a ciertos parámetros este proceso se conoce con el nombre de segmentación el cual divide una imagen en objetos no clasificados o primitivos que forman la base para los objetos de imagen o clasificados y para el resto del análisis de la imagen.

Para este procesamiento se asignaron valores a los parámetros *scale* y *merge*. Estos parámetros ajustan el nivel de sensibilidad del algoritmo de segmentación a los cambios en los valores de los píxeles. Los valores de estos parámetros varían según la imagen. Después de probar varias combinaciones (30-80 y 25-78 por ejemplo), se asignó 25 para *scale* y 90 para *merge*, por ser los valores que mejor resultados dieron en la referida segmentación.

Este mismo procedimiento se realizó para la extracción de segmentos de todas las escenas (Año 0, Año 1, Año 2).



Figura 4. Resultado de la Segmentación en Mosaico del Año 2 (2017)

Fuente: Elaboración propia

2. Generación de áreas de entrenamiento o de referencia

Mediante el software ArcGis, tomando como referencia los segmentos generados en el paso anterior e interpretando visualmente las imágenes, se identificó áreas de entrenamiento hasta el Nivel III, asignándoles a cada uno de ellos el código correspondiente de acuerdo al Sistema de Clasificación CORINE LandCover – CLC.

Estos espacios son polígonos que constituyen una muestra representativa de cada una de las clases presentes en la escena que se está trabajando; es decir, permite identificar las clases existentes en la referida escena y constituyen el conjunto de información de entrada que alimentará el proceso de clasificación automática.

Se generaron áreas de entrenamiento en las tres escenas de imágenes satelitales que cubre la Región de Tacna.

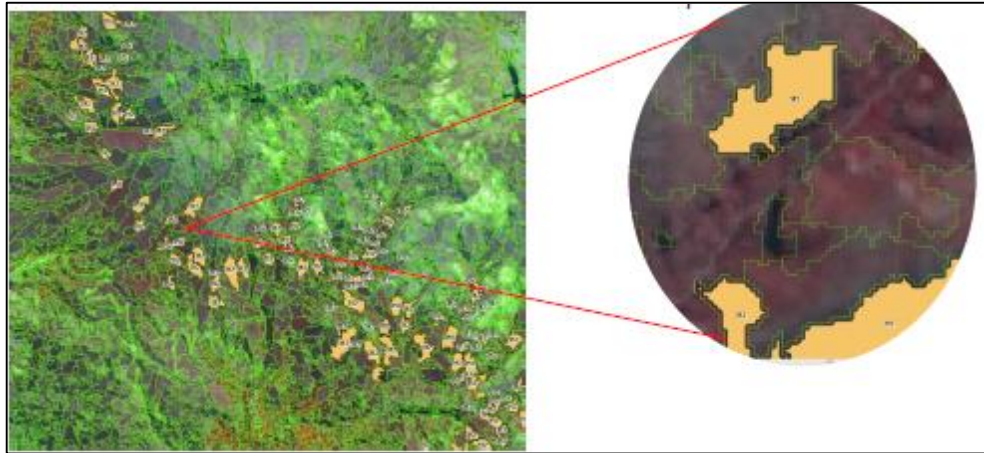


Figura 5. Áreas de Entrenamiento generadas para la aplicación del Protocolo de Clasificación Supervisada

Fuente: Elaboración propia

3. Generación de información complementaria

Esta información procede de las imágenes satelitales (como índices de vegetación) y del SRTM 30m, sirve para incrementar la capacidad de clasificación. El objetivo es proveer al algoritmo de clasificación el tipo de información que emplea el intérprete para decidir si un polígono corresponde a una u otra clase.

Utilizando el software Envi5.3, se generaron índices que sirvieron como insumo para la clasificación:

(a) Método Tasseled Cap: con el cual se combinaron linealmente las bandas no termales de Landsat, obteniéndose tres nuevas bandas o imágenes, expresando cada una, un componente o un valor de índice denominados: Índice de brillo (bri), índice de verdor (gree) e índice de humedad (wet)

Generó una banda de brillantez reflejando los cambios en la reflectividad total de la escena y permitiendo discriminar suelos desnudos.

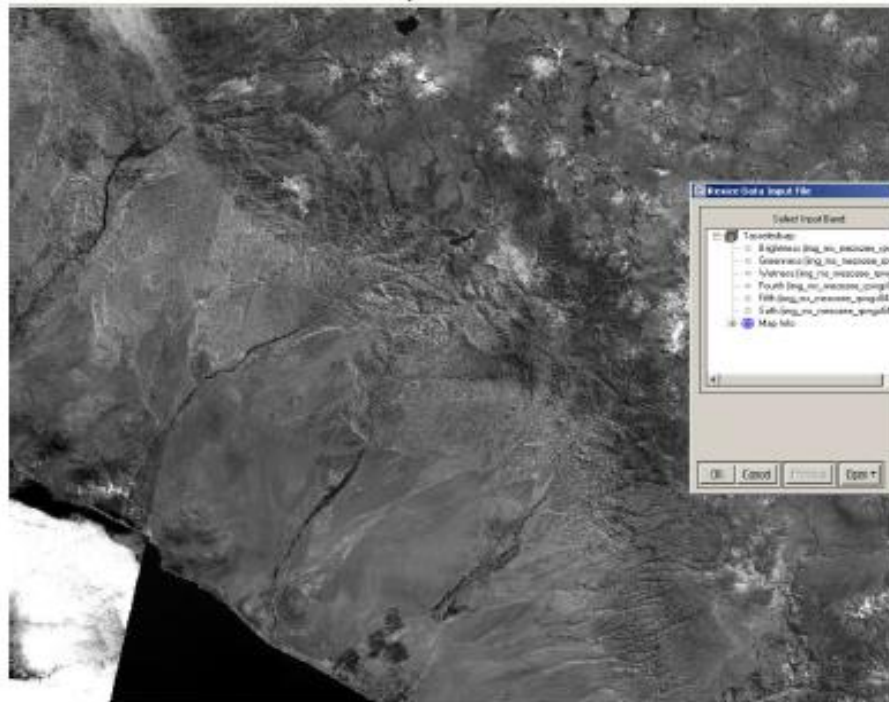


Figura 6. Método Tasseled Cap para la Generación de la Información Complementaria.

Fuente: Elaboración propia

(b) Índice de Verdor (Gree): Este índice de vegetación o de verdor (gree), indica el contraste entre las bandas visibles y el infrarrojo próximo, y permite determinar la presencia de cobertura vegetal, vegetación vigorosa, cultivos y áreas urbanizadas.

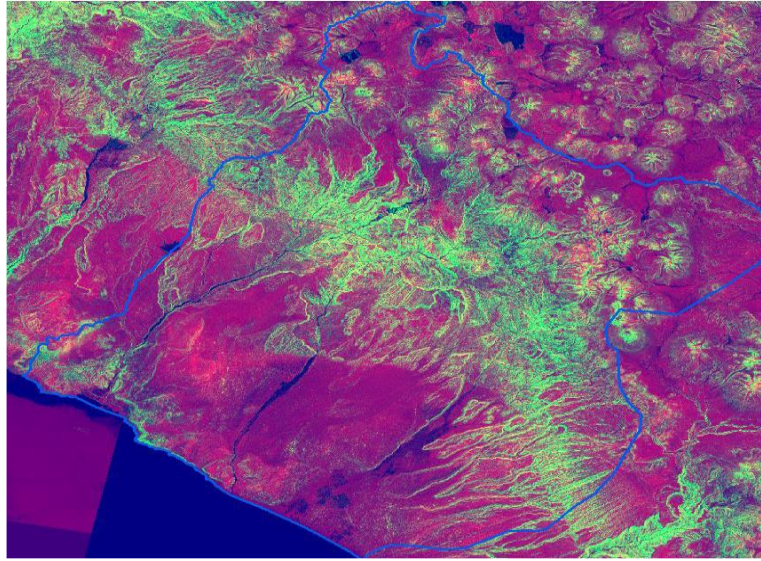


Figura 7. Índice de Verdor generado para la Información Complementaria

Fuente: Elaboración propia

(c) Este índice de contenido de humedad de la vegetación y del suelo (wet): Está vinculada con la banda de infrarrojo medio, en la que se manifiesta con mayor claridad la absorción del agua, por lo que se puede discriminar cursos o cuerpos de agua y áreas con mayor contenido de humedad.

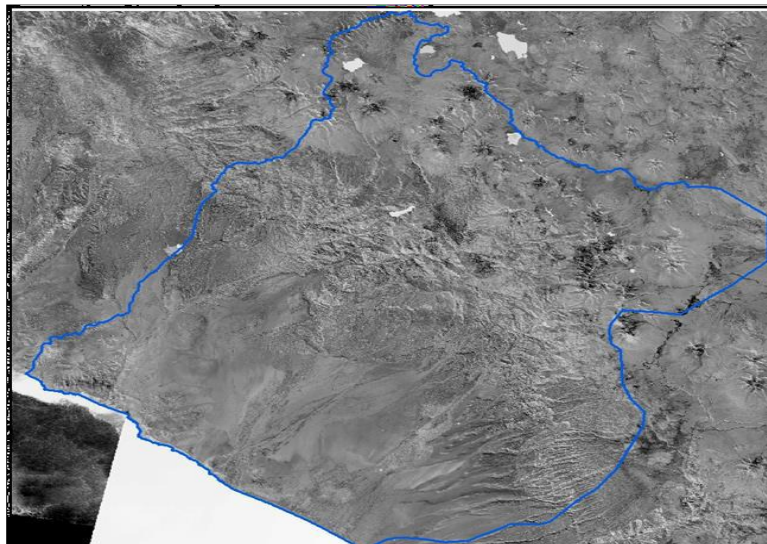


Figura 8. Contenido de Humedad de la Vegetación y de suelo

Fuente: Elaboración propia

(d) NDVI: identifica presencia de vegetación verde en superficie y caracteriza su distribución espacial, así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo.

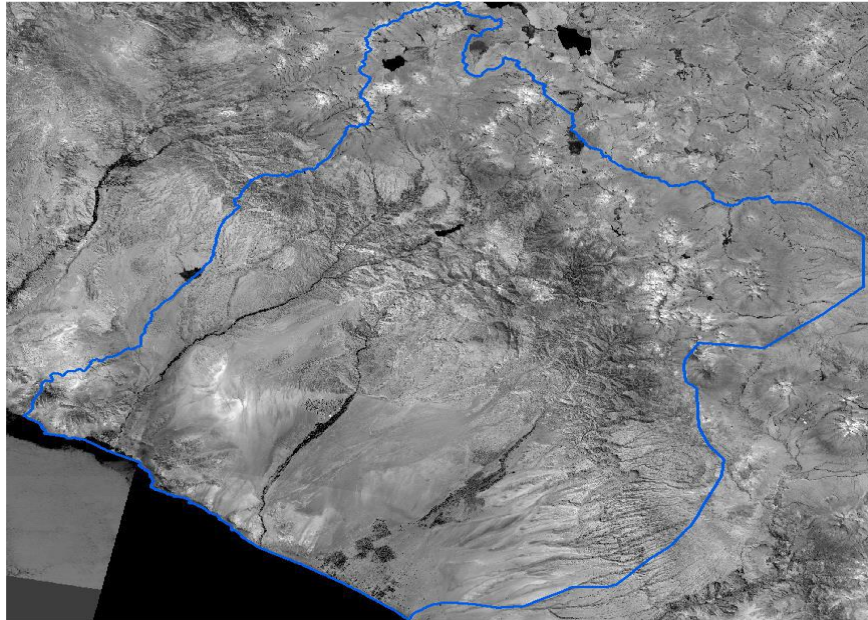


Figura 9. Índice de Vegetación Diferencial Normalizado - NDVI
Fuente: Elaboración propia

(e) Modelo Digital de Elevación 30 metros, utilizada como base para la generación de indicadores de superficie.

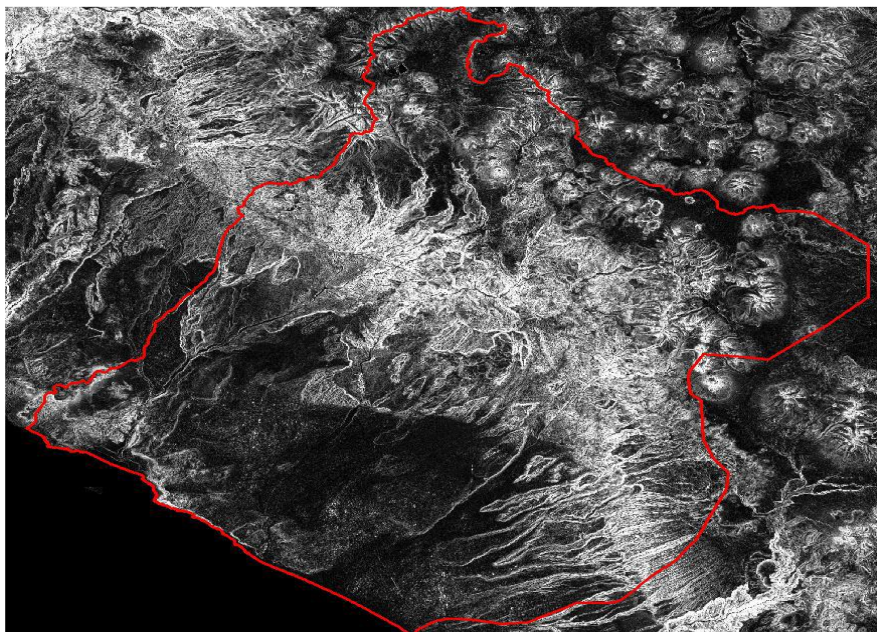


Figura 10. Mapa de pendientes en Grados
Fuente: Elaboración propia

4. Compilado y descompilado

(a) Compilado: Tiene por finalidad contar con información estandarizada (30 mts.), es decir homogenizar la extensión, el tamaño de celda y la proyección espacial de todas las imágenes generadas.

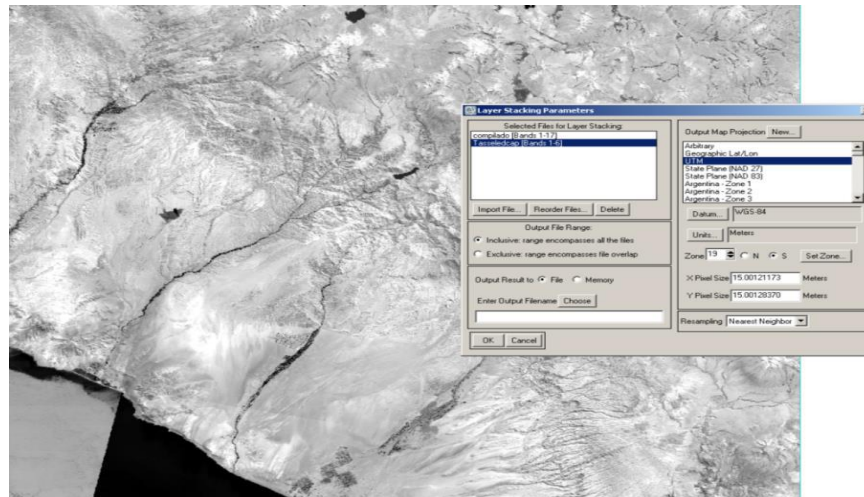


Figura 11. Compilado de las coberturas temáticas generadas
Fuente: Elaboración propia

(b) Descompilado: una vez que la información ha sido estandarizada, este proceso consiste en separar cada uno de los índices generados; facilita los demás pasos.

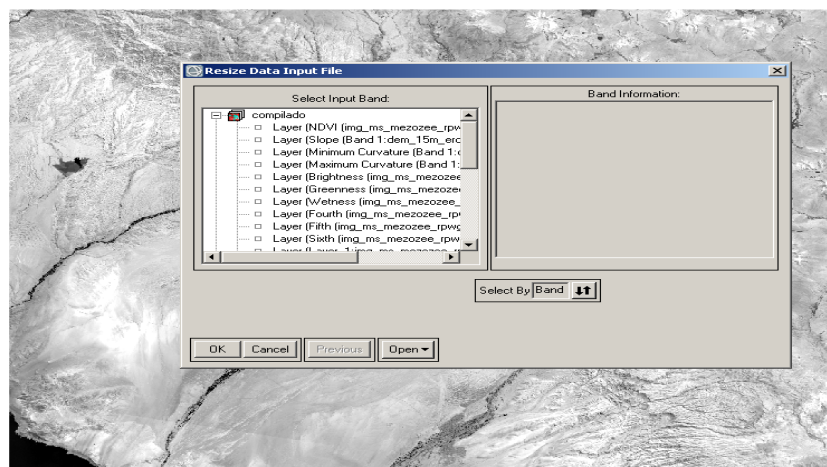


Figura 12. Descompilado: separación de índices generados
Fuente: Elaboración propia

Etapa II: Unión de segmentos

1. Generación del SegSelec

Consistió en el cruce de áreas de entrenamiento que contiene ID_Leyenda *Corine Land Cover*, con la segmentación mediante un Join (ver imagen), obteniendo como resultado el seg_selec (segmentos seleccionados); para ello se utilizó la extensión Model Builder del Arc Gis versión 10.3. En la presente Imagen se visualiza el cruce de áreas de entrenamiento con la segmentación en la escena mosaico del Año 02.

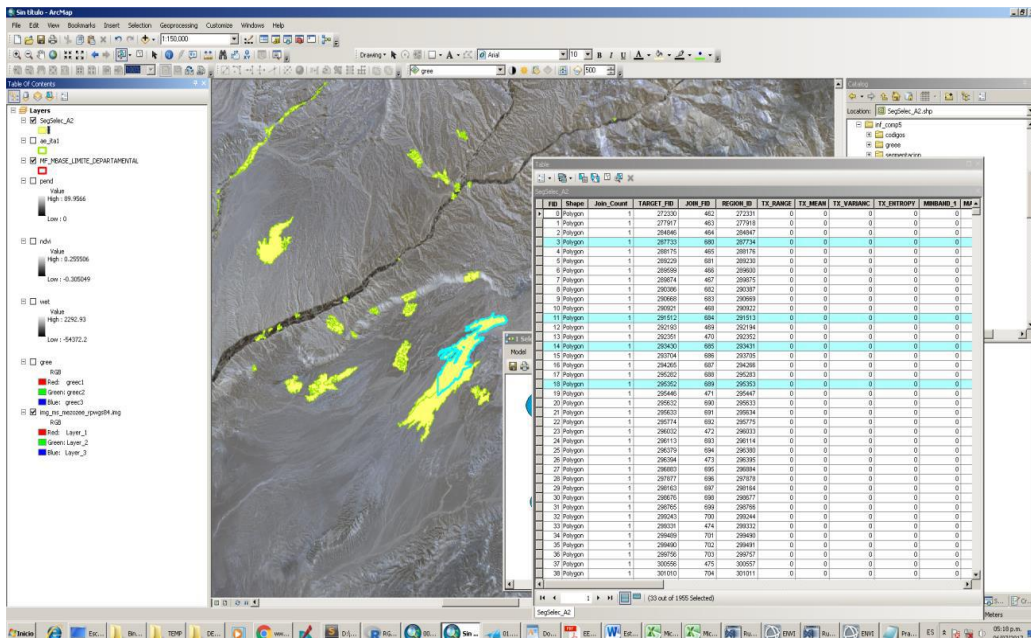


Figura 13. Generación de SegSelec

Fuente: Elaboración propia

2. Generación del todo seg

Utilizando como insumo la información complementaria se generó la gran tabla todo seg. El detalle del proceso se muestra en las siguientes imágenes:

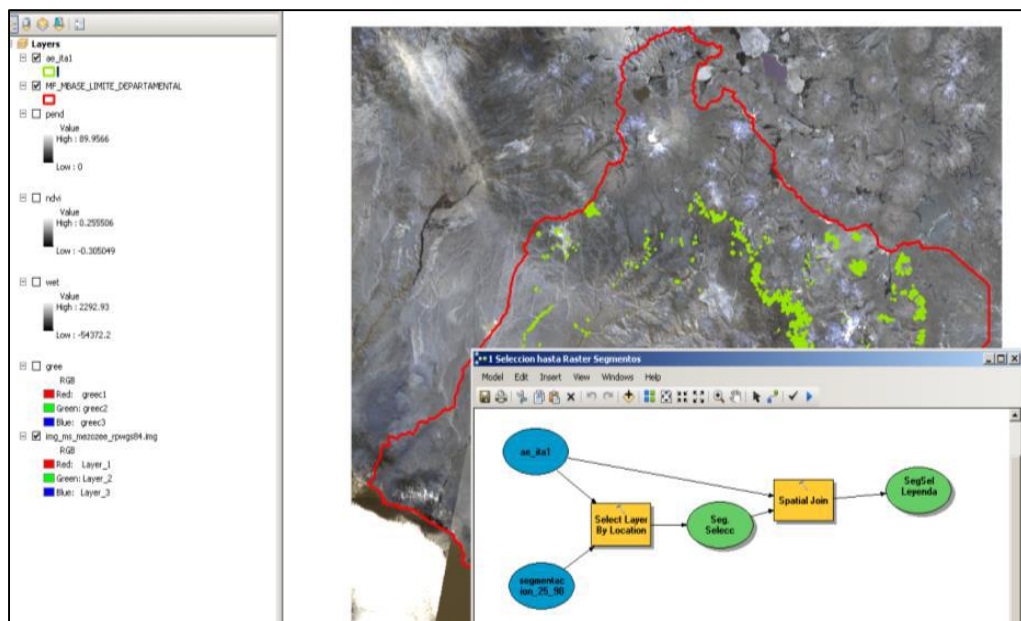


Figura 14. Polígonos seleccionados de SegSelec
Fuente: Elaboración propia

Etapa III: Clasificación semi automática

El objetivo es generar un mapa a partir de segmentos previamente definidos y de un conjunto de áreas de referencia con toda la información disponible. Utilizando la gran tabla todo seg, el seg selec y la segmentación en formato Raster, mediante el algoritmo **Random Forest “R”**, se realizó la clasificación, la cual asigna la Leyenda *Corine Land Cover – CLCL* a todos los polígonos (Proceso iterativo de articulación de la información, mediante el cual se realizó varias corridas: ita1, ita2, etc., hasta obtener el mejor resultado).

- **Random Forest**

Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información. (Breiman, L. 2001)²². 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

Etapa IV: Edición vectorial – Generalización

Para todas las escenas, primero las imágenes obtenidas en formato Raster durante el proceso de la clasificación, se convirtió a Shapefile (polígonos).

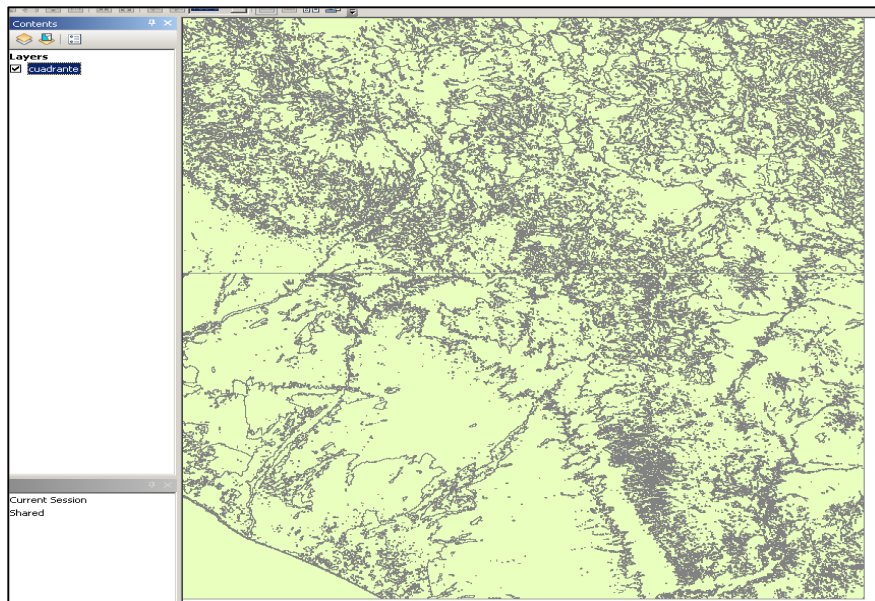


Figura 17. Convertir clasificación de Raster a Vector

Fuente: Elaboración propia

(a) Limpieza de la imagen clasificada

El objetivo es garantizar que el mapa producido cumpla los criterios de unidad mínima de mapeo establecidos para las distintas clases del mapa y consistió en eliminar todos los polígonos que no cumplan con el Unidad Mínima de Mapeo-UMM; para lo cual se utilizó la base de datos geográfica del mapa, la leyenda del mismo. En el presente estudio se consideró como unidad mínima de mapeo 25 has para las clases referente a Bosques y Áreas Mayormente Naturales de coberturas; excepto para aquellos elementos importantes de ser identificados con mayor detalle, se consideró áreas mínimas para cada clase (lagunas, áreas quemadas, bosques densos altos, bosques plantados, bofedales), esto en coordinación con cada especialista.

(b) Empalme de escenas

Esto se realizó cuando ya se tuvo la información raster clasificada con todos los cuadrantes para después realizar los empalmes de cada shape de tipo polígono.

Los vectores de la clasificación de cada imagen fueron cortados en función a los límites de los empalmes correspondientes al mosaico. Esto garantizó que el empalme sea más limpio y que los siguientes pasos sean más fáciles de realizar. Se revisaron todas las clases que se encuentran dentro de cada una de las clasificaciones para decidir cómo realizar los empalmes. Una vez cortados los vectores al área de empalme del mosaico, se procedió a realizar los empalmes de los vectores de las clasificaciones. Ese proceso se realizó clase por clase, de esta manera se revisó las incoherencias que han podido existir, todo esto en función de la leyenda resultante.

Una vez cortados los vectores al área de empalme del mosaico, se procedió a realizar los empalmes de los vectores de las clasificaciones. Ese proceso se realizó clase por clase, de esta manera se revisó las incoherencias que han podido existir, todo esto en función de la leyenda resultante.

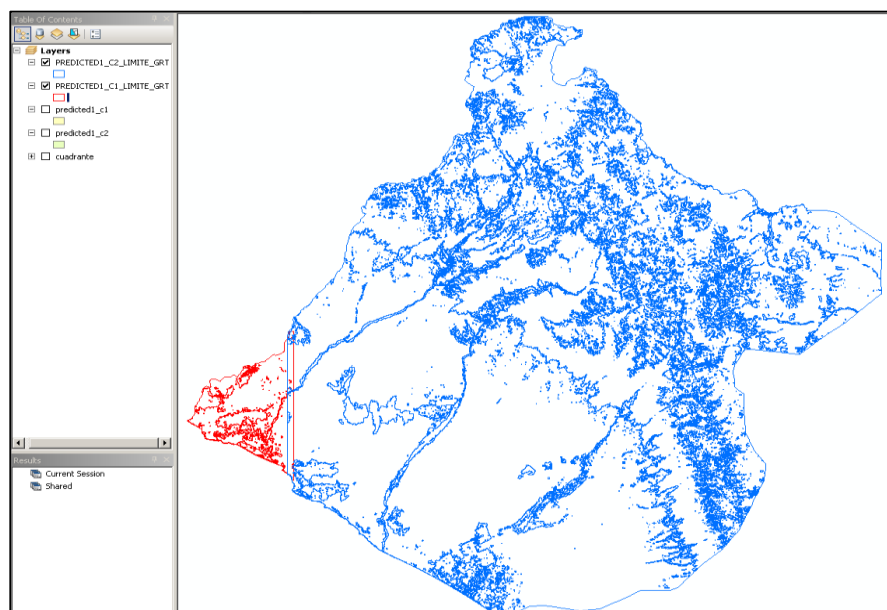


Figura 18. Empalme de escenas
Fuente: Elaboración propia

Luego de que cada clase ha sido empalmada, se unieron todas las clases para tener el producto final, es decir se realizó la unión entre empalmes mediante la herramienta Unión del ArcGis, la bondad de esta herramienta es que respeta la individualidad de las columnas al unirse y genera valores ceros en las intersecciones que se generan.

4.3.3 Análisis multitemporal

Para el análisis multitemporal evidenciado en los resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos del proceso, se realizaron los siguientes procedimientos encaminados a cumplir los objetivos del estudio:

a. Elaboración de cartografía temática

Primero se creó un campo en cada tabla desde la opción Add Field de la tabla de atributos, esta debe ser de tipo double, para admitir valores con decimales; y con la calculadora geométrica se cuantificó el área en hectáreas. Estos resultados sirvieron para la elaboración de la cartografía temática por año de estudio.

b. Obtención de tasa o gradiente de cambio

Se calculó la tasa de cambio o gradiente de cambio por intervalos, se calculó en relación a la formula Tasa de Cambio FAO (1995), descrito en el marco teórico. En el cálculo los valores de t2 fueron representados por las coberturas en la fecha final (año mayor) y t1 fue representado por la cobertura en la fecha inicial (año menor). Finalmente, a partir de los valores calculados se crearon gráficos para representar los resultados para hacer sencilla la interpretación.

c. Análisis multitemporal de coberturas y externalidades

Análisis de cambios

El análisis de cambios se realizó una vez obtenidas las coberturas de uso de suelo en los tres diferentes años de estudio; ya sean los resultados cuantitativos representados por las superficies en hectáreas de las coberturas, como los resultados cualitativos evidenciados en los mapas de coberturas y uso de suelo. Estos resultados se presentaron mediante gráficos e histogramas.

Creación de matriz de transición

Para el cálculo de áreas que presentaron transición por cada período de tiempo, se realizó un intersect, esta herramienta disponible en las opciones de geoprocésamiento de ArcMap 10.3. los intervalos estudiados fueron: 2007-2012, 2012-2017 y 2007-2017. En esta capa resultante añadimos un campo que será la suma aritmética de los valores (códigos) que representan los dominios. Así al filtrar por atributos la tabla de los datos se puede realizar la sumatoria de las hectáreas de estos valores.

Como ejemplo se puede observar la Tabla 16 que es la base del cálculo para la transición 2007-2012, donde se establecen valores de acuerdo al dominio asignado a las coberturas, siendo así las filas con número 12 en la tabla de atributos representaron las coberturas que cambiaron de tierra agropecuaria en el año 2007; y las columnas en la diagonal representan coberturas que se mantuvieron en el mismo intervalo; bajo el mismo principio se calcularon los demás valores para las matrices de los otros periodos en estudio.

Tabla 5

Valores base para el cálculo de la matriz de transición 2007-2012

Transición 2007/2017		2012				
		Áreas Artificializadas	Áreas agrícolas	Bosques y áreas mayormente naturales	Áreas húmedas	Superficies de agua
2007	Áreas Artificializadas	11	21	31	41	51
	Áreas agrícolas	12	22	32	42	52
	Bosques y áreas mayormente naturales	13	23	33	43	53
	Áreas húmedas	14	24	34	44	54
	Superficies de agua	15	25	35	45	55

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 DETERMINACIÓN DE CATEGORÍAS DE COBERTURA Y USO DE SUELO SEGÚN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN *CORINE LAND COVER*

El análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2007-2017 se realizó en el ámbito del departamento de Tacna que abarca una superficie de 1 603 377,30 ha., para ello, se generaron mapas temáticos de cobertura y uso de la tierra, de los años 2007, 2013 y 2017, guiados por el protocolo marco de interpretación supervisada empleando Segmentación y RandomForest como clasificador; la metodología se basó en el Sistema de Clasificación *CORINE LandCover* – CLC, desarrollado por el Ministerio del Ambiente-MINAM, el cual está sustentado en el Informe final del Proyecto “Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina”.

Las coberturas determinadas en el departamento de Tacna, presentan los siguientes rasgos:

I. ÁREAS ARTIFICIALIZADAS

Comprende áreas de las ciudades, las poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos. Las unidades determinadas en esta categoría según Nivel se observan en la tabla 6.

Tabla 6

Coberturas y uso de suelo, determinadas en la categoría de Áreas artificializadas

CLASIFICACION DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO					
NIVEL I	NIVEL II		NIVEL III		ID LEYENDA
1	1.1	AREAS URBANIZADAS	1.1.1	TEJIDO URBANO CONTINUO	111
			1.1.2	TEJIDO URBANO DISCONTINUO	112
	1.2	AREAS INDUSTRIALES E INFRAESTRUCTURA	1.2.1	AREAS INDUSTRIALES O COMERCIALES	112
			1.2.2	RED VIAL, FERROVIARIAS Y TERRENOS ASOCIADOS	122
			1.2.3	AREAS PORTUARIAS	123
			1.2.4	AEROPUERTOS	124
			1.2.5	OBRAS HIDRAULICAS	125
	1.3	AREAS DE EXTRACCION DE MINERIA E HIDROCARBUROS Y ESCOMBRERAS	1.3.1	AREAS DE EXTRACCION MINERA E HIDROCARBUROS	131
			1.3.2	AREAS DE DISPOSICION DE RESIDUOS	132
	1.4	ZONAS VERDES ARTIFICIALIZADAS, NO AGRICOLAS	1.4.1	INSTALACIONES RECREATIVAS	141

Fuente: Elaboración propia

1.1 ÁREAS URBANIZADAS

Incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociadas a ella; que configuran un tejido urbano continuo y discontinuo. Las áreas urbanas y la actividad económica de la Construcción, están vinculadas con el incremento poblacional y la demanda de servicios que esto genera.

1.1.1 Tejido Urbano Continuo

Espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno.

1.1.2 Tejido Urbano Discontinuo

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren artificialmente la superficie del terreno

de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación.

1.2 ÁREAS INDUSTRIALES E INFRAESTRUCTURA

Comprende los territorios cubiertas por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y de comunicaciones. Se incluye tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad.

1.2.1 Áreas industriales o comerciales

Áreas recubiertas por infraestructura artificial (terrenos cimentados, asfaltados o estabilizados), sin presencia de áreas verdes dominantes, las cuales se utilizan también para actividades comerciales o industriales.

Conformada básicamente por unidades productivas de menor tamaño relativo (micro, pequeñas y medianas empresas), pero con un alto porcentaje de establecimientos informales, ocupando parte de nuestro territorio, de manera dispersa o disgregada.

La actividad comercial está desplegada en los mercadillos, donde se comercializan los productos que ingresan tanto por Arica (desde Iquique) como por el puerto de Ilo (Moquegua), bajo el sistema de ZOFRATACNA, consiguiendo dinamizar la economía tacneña al obligar a los comerciantes informales a entrar en la formalidad.

Instalaciones de uso industrial

Conformada básicamente por unidades productivas de menor tamaño relativo (micro, pequeñas y medianas empresas), que han registrado una importante expansión, pero debido a diversos factores, como la informalidad y contrabando,

no se han consolidado en su totalidad, ocupando parte de nuestro territorio de manera dispersa o disgregada.

En referencia a la estructura por actividades económicas, la mayoría de empresas se dedica principalmente a actividades relacionadas con la fabricación de alimentos y bebidas (24%), muebles (17%), prendas de vestir (15%), edición e impresión y productos de metal (12%, cada una).

Instalaciones de seguridad pública

Comprende áreas relacionadas a organizar y preparar la fuerza para disuadir amenazas y proteger al **Perú** de agresiones contra su independencia, soberanía e integridad territorial, se tiene los cuarteles, campo de tiro, y áreas de seguridad.

1.2.2 Red vial, ferroviarias y terrenos asociados

Red vial y ferroviario

Espacios que ocupan los diferentes tipos de vías, y la línea ferroviaria de Tacna. La red vial tiene una conexión relativamente adecuada, al contar con carreteras norte-sur como la Panamericana Sur que atraviesa la costa, y con carreteras oeste-este que la unen con zonas andinas de la región. La red vial de Tacna está conformada por 2,6 mil km, de la cual el 25% se encuentra pavimentado, frente a 12% como promedio nacional.

La línea ferroviaria de Tacna-Arica, tiene una longitud de poco más de 60 km y se encuentra bajo administración del Gobierno Regional de Tacna.

Instalaciones asociadas a la red vial

Son los establecimientos que se dedican al transporte regular y no regular de pasajeros y de carga, por vía terrestre, acuática y aérea, así como las actividades

de los transportes auxiliares, como son los de terminal y de estacionamiento, de manipulación y almacenamiento de carga.

1.2.3 Áreas portuarias

Comprende áreas ocupadas por los puertos, ubicados en el área de mar y tierra.

1.2.4 Aeropuertos

Comprende áreas ocupadas por los aeropuertos, comprendiendo el área terrestre y zona de amortiguamiento.

1.2.5 Obras hidráulicas

Acueductos y canales

Comprende áreas ocupadas por los acueductos y canales destinados a la conducción de agua para riego, ubicados en los diferentes valles agrícolas.

Instalaciones hidráulicas

Comprende áreas ocupadas por infraestructura hidráulica tanto para almacenamiento de agua y tratamiento de aguas residuales, como ser los reservorios y las plantas de tratamiento de aguas servidas.

1.3 AREAS DE EXTRACCION DE MINERIA

1.3.1 Áreas de extracción minera

Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen.

Explotación minera

La minería es una de las principales actividades de la economía nacional y especialmente de Tacna.

El departamento de Tacna, está dedicada a la extracción de materiales minerales (cobre, molibdeno, plata, oro principalmente), el cual cubre una superficie de 2,712.54 Ha., que representa un porcentaje considerable de área ocupada dentro del departamento. La minería metálica destaca por la explotación de cobre, molibdeno y plata por parte de la Minera de Toquepala; y oro por parte de la Minera de Pucamarca.

Además, se destaca la existencia de 03 proyectos mineros cupríferos en fase de exploración: Camilaca, ubicado en la Provincia de Candarave, operado por Río Tinto Mining and Exploration; Chipispaya, ubicado en la Provincia de Tarata, operado por Anglo American Exploración Perú y Susapaya, ubicado en la Provincia de Tarata, operado por Sumitomo Metal Mining Perú.

Explotación de materiales

Esta categoría está relacionada con la actividad económica de la construcción, debido al consumo de materiales (agregados) utilizados en el proceso constructivo, los cuales son extraídos de las canteras.

Las canteras de la ciudad de Tacna provienen de depósitos aluviales de formación reciente, originados por la erosión hidráulica y mecánica producida por el acarreo de fragmentos a lo largo del curso de las corrientes de agua superficiales. Las Canteras de la ciudad de Tacna que se nombran son los de mayor utilización dentro de la zona urbana y de mayor explotación en la ciudad de Tacna.

II. ÁREAS AGRÍCOLAS

Se denomina áreas agrícolas, a todo campo o superficie de terreno destinado a la producción y/o siembra de cultivos anuales y permanentes; las mayores tierras agrícolas se ubican en la zona costera, esto debido a las condiciones climáticas, recurso hídrico y topografía del terreno. Las unidades determinadas en esta categoría según Nivel se observan en la tabla 7.

Tabla 7

Coberturas y uso de suelo, determinadas en la categoría de Áreas agrícolas

CLASIFICACION DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO				ID	
NIVEL I	NIVEL II		NIVEL III	LEYENDA	
2 AREAS AGRICOLAS	2.1	CULTIVOS PERMANENTES	2.1.1	OLIVO	211
			2.1.2	OREGANO	212
			2.1.3	TUNA	213
			2.1.4	FRUTALES	214
			2.1.5	POLIANUALES	215
	2.2	CULTIVOS HETEROGENEOS	2.2.1	ASOCIADOS TRANSITORIO-PERMANENTE	221
			2.2.2	ASOCIADOS TRANSITORIO-POLIANUAL	222

Fuente: Elaboración propia

2.1 CULTIVOS PERMANENTES

Incluyen los territorios donde se desarrollan y conducen cultivos de periodo permanente es decir de periodo vegetativo multianual.

2.1.1 Olivo

La agroindustria es la actividad económica que comprende la producción, industrialización y comercialización de productos agropecuarios, forestales y otros recursos naturales biológicos. El departamento de Tacna destaca a nivel nacional por la exportación de productos agroindustriales que tienen relativa demanda en países como Chile y Estados Unidos

Es el cultivo de mayor importancia en la región, y que se constituye en el corredor económico de la cadena del olivo definido por las articulaciones económicas, entre las localidades de los centros poblados de La Yarada, Los Palos, Magollo y el distrito de Sama identificado como las zonas eminentemente productoras de olivo.

2.1.2 Orégano

Comprende áreas destinadas al cultivo de orégano, es una especie con amplia tolerancia en altitudes y temperaturas.

El departamento de Tacna es el más importante productor de orégano a nivel nacional y la existencia de ese cultivo representa para los pequeños productores un rubro importante de sus ingresos, especialmente de los productores de la provincia de Tarata y Candarave. La Región de Tacna es una de las principales productoras con 9 895 toneladas en el año 2015 y con una superficie cosechada de 1 845 hectáreas, siendo la zona de mayor producción del sur del país.

2.1.3 Tuna

Comprende las áreas de cultivos de tuna, cuyo fruto es destinados al proceso industrial, como ser el caso de la tuna destinada a la producción de cochinilla, el cual es utilizado para la extracción de colorante natural del cual se obtiene dos sustancias: el carmín y el ácido carmínico, que son inocuos al hombre, por lo que se recomienda como colorante natural.

Incluye áreas ocupadas por cultivos de tuna, para la obtención de cochinilla, con fines de exportación; cabe indicar que para el riego de este cultivo se hace uso de las aguas residuales provenientes de los PTAR, la mayor cantidad de agua residual generada se encuentra en la provincia de Tacna, como ser la ciudad de Tacna debido a la concentración de mayor población; las zonas donde se cultiva

tuna para producción de cochinilla son Copare, y Asociaciones de agricultores ubicadas en el sector Arunta.

2.1.4 Frutales

Esta cobertura comprende cultivos conformados por especies vegetales de tipo permanente arbórea y herbáceas, denominado especies productoras de frutas, esto debido a sus características climáticas, suelo, calidad de agua y disponibilidad hídrica; se observa la conducción de diversos cultivos predominando en mayor escala la vid y el olivo, y en menor escala se tiene cultivos de pera, manzano, durazno, palto y otros; las zonas que cumplen estas condiciones son Magollo, Ampliación Copare en la provincia de Tacna y Cinto en la provincia Jorge Basadre.

2.1.5 Polianuales

Incluye áreas ocupadas por cultivos polianuales (permanentes de tallo blando), constituido por parcelas de tamaño pequeño o minifundio.

Mixto (alfalfa-orégano)

Comprende áreas de cultivos asociados de alfalfa y orégano, las cuales se observan en los valles altoandinos, constituido por parcelas de tamaño pequeño o minifundio.

Las zonas o sectores que conforman este grupo de categorización dentro del grupo de Polianuales subgrupo Mixto; comprende los predios agrícolas ubicados en los valles medios y altos de las cuencas Caplina, Sama y Locumba, donde se observa la predominancia del cultivo de alfalfa (polianual) en un 68% del área total, considerado como alimento básico para la crianza de ganado; y en segundo lugar predomina el orégano en un 12%.

2.2 Cultivos Heterogéneos

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas, constituido por especies transitorios y permanentes los cuales están dispuestas en un patrón dispuestos en forma constituido de tipo transitorio y permanente, dispuestas en un patrón combinado de mosaicos que hace difícil su separación en coberturas individuales; debido a que los predios son de área reducida y la conducción de cultivos es de acuerdo a la necesidad económica de los agricultores.

2.2.1 Asociados transitorios-permanentes

Incluye áreas ocupadas por cultivos anuales o transitorios y cultivos permanentes (frutales), constituido por parcelas de tamaño pequeño o minifundio, los cuales hace difícil su representación cartográficamente de manera individual.

Las zonas o sectores que conforman este grupo de categorización denominado Asociados Transitorios-Permanentes, los predios agrícolas ubicados en los distritos de Tacna, Pocollay, Calana, y parte baja de Pachía, donde se observan la conducción de cultivos anuales denominados hortalizas, alfalfa, y frutales como la vid, durazno, palto, y otros diversos en menor escala, en la zona de Sama Protter, se conduce cultivos de Olivo, ají, quinua, cebolla, maíz chala.

2.2.2 Asociados polianuales-transitorios

Incluye áreas ocupadas por cultivos anuales o transitorios y polianuales (permanentes de tallo blando), constituido por parcelas de tamaño pequeño o minifundio, los cuales hace difícil su representación cartográficamente de manera individual.

Las zonas o sectores que conforman este grupo de categorización denominado Asociados Polianuales-Transitorios; comprende los predios agrícolas ubicados en los valles bajos de las cuencas Sama y Locumba, donde se observa la predominancia del cultivo de alfalfa (polianual) en un 32% del área total, considerado como alimento básico para la crianza de ganado; y menor escala se tiene cultivos de maíz chala 34%, ají 26%, otros en menor escala cebolla, quinua, granado.

III. BOSQUES Y ÁREAS MAYORMENTE NATURALES

Está comprendido por un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrollado sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica, y por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación. Las unidades determinadas en esta categoría según Nivel se observan en la tabla 8.

Tabla 8

Coberturas y uso de suelo, determinadas en la categoría de Bosques y áreas mayormente naturales

CLASIFICACION DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO				ID	
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III		LEYENDA	
3 BOSQUES Y AREAS MAYORMENTE NATURALES	3.1	BOSQUES	3.1.1	BOSQUE DENSO BAJO	311
			3.1.5	BOSQUE FRAGMENTADO	315
	3.3	AREAS CON VEGETACION HERBACEA Y/O ARBUSTIVO	3.3.1	HERBAZAL	331
			3.3.2	ARBUSTAL	332
			3.3.3	CARDONAL	333
			3.3.4	VEGETACIÓN ARBUSTIVA/HERBACEA	334
			3.4.1	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	341
			3.4.2	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	342
	3.4	AREAS SIN O CON Poca VEGETACION	3.4.5	GLACIARES Y NIVALES	345
			3.4.6	SALARES	346

Fuente: Elaboración propia

3.1 BOSQUES

3.1.1 Bosque denso bajo

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a cinco metros, pero inferior a 15 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999). Sin embargo, se considera en esta categoría a los bosques altoandinos, como queñoas, y en la zona altoandina de Tacna están presentes las especies *Polylepis rugulosa* y *Polylepis tarapacana*.

3.1.5 Bosque fragmentado

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales con intervención humana que mantienen su estructura original. Se puede dar la ocurrencia de áreas completamente transformadas en el interior de la cobertura, originando parches por la presencia de otras coberturas como pasto, cultivos y/o rastrojos que reemplazan la cobertura original, las cuales no representan más del 30% del área de la unidad de bosque natural. Para Tacna se considera al bosque relicto de Carzo en el valle de Cinto (*Haplorhus peruviana*).

3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva

Comprende los territorios cubiertos por vegetación herbácea y arbustiva desarrollados en forma natural sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales. Las coberturas definidas son las siguientes:

3.3.1 Herbazal

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, 1982). 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, 1999).

3.3.2 Arbustal

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 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, 2001).

3.3.3 Cardonal

Esta cobertura vegetal es influenciada por las condiciones de aridez, predominan comunidades de suculentas de la familia Cactaceae, las cuales se distribuyen de manera dispersa sobre las laderas colinosas y montañosas. Las especies que sobresalen por su porte columnar (hasta de 5 m) son: *Neoraimondia arequipensis* (“gigantón”) y *Browningia candelaris* (“candelabro”).

3.3.4 Vegetación Arbustiva /Herbacea

Este tipo de cobertura, según la homologación realizada por el MINAM, en el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal, comprende al ecosistema de Lomas, estos se localizan en las estribaciones andinas cercanas al mar, en el gran desierto costero desde Lima hasta Tacna. Y para Tacna se pueden encontrar en las Lomas de Morro Sama y Tacahuay.

3.4 ÁREAS SIN O CON POCA VEGETACIÓN

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

3.4.1 Zonas Arenosas naturales

Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo. Se encuentran conformando playas litorales, playas de ríos, bancos de arena de los ríos y campos de dunas. También se incluyen las superficies conformadas por terrenos cubiertos por arenas, limos o guijarros ubicados en zonas planas de los ambientes litoral y continental, que actualmente no están asociadas con la actividad de los ríos, el mar o el viento.

3.4.2 Afloramiento rocoso

Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica o glacial. Asociados con los afloramientos rocosos se pueden encontrar depósitos de sedimentos finos y gruesos, de bloques o de cenizas.

Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y deformaciones geológicas, volcanes y glaciares de montaña.

3.4.3 Glaciares y Nivales

Comprende áreas cubiertas por hielo en forma permanente y por nieve en forma ocasional. La cobertura de hielo se localiza en la cima y las laderas más altas de algunas montañas, por encima de la cota de nivel de 4.900 msnm.

Se caracteriza por presentar poca variación de su área en el tiempo, con tendencia a la lenta reducción debido al calentamiento de la atmósfera por el cambio climático, aunque eventos extremos como erupciones volcánicas pueden producir grandes pérdidas de las masas glaciares.

3.4.4 Salares

Comprende áreas cubiertas por sal endurecida. En el caso de Tacna existe un salar ubicado en la zona alto andina.

IV. ÁREAS HÚMEDAS

Esta categoría comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente, dentro del departamento se han identificado las siguientes coberturas según en las categorías o Nivel, las cuales se observan en la tabla 9.

Tabla 9

Coberturas y uso de suelo, determinadas en la categoría de Áreas húmedas

CLASIFICACION DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO				ID	
NIVEL I	NIVEL II		NIVEL III	LEYENDA	
4	4.1	AREAS HUMEDAS CONTINENTALES	4.1.2	TURBERAS YBOFEDALES	412
	4.2	AREAS HUMEDAS COSTERAS	4.2.1	PANTANO COSTERO	421

Fuente: Elaboración propia

4.1 ÁREAS HÚMEDAS CONTINENTALES

Las áreas húmedas hacen referencia a los diferentes tipos de zonas inundables, pantanos y terrenos anegadizos en los cuales el nivel freático está a nivel del suelo en forma temporal o permanente. Dentro del departamento fueron diferenciados los siguientes tipos:

4.1.2 Bofedales

También llamados oconales o turberas de Puna, corresponden a un tipo particular de comunidad vegetal en el ecosistema de la Puna, donde el agua satura el suelo; son importantes socioeconómicamente como fuente de alimento para el ganado camélido de la Puna y ecológicamente porque albergan a diferentes especies de vertebrados e invertebrados característicos de la zona (Stotz et al. 1996, Squeo et al. 2006, Dangles et al. 2014, Gonzales et al. 2014); mantienen el microclima; y son una fuente importante de agua; además de jugar un papel muy importante en la regulación del ciclo hidrológico.

Dentro de nuestro Departamento existen diversos lugares por donde podemos encontrar este tipo de coberturas como por ejemplo en la zona de Huaytire, Chaullapujo Livicalani, Japopunco, Surapata, Calientes, Vilacota, Jarumas, Kallapuma, Chiluyo, Rio Caño, Ancomarca, Uchusuma, entre otros.

4.2 ÁREAS HÚMEDAS COSTERAS

Sobre las zonas costeras se diferenció una gran zona dentro de nuestro litoral tacneño, como son los Humedales de lte clasificado dentro de pantanos litorales.

4.2.1 Pantanos Costeros

Comunidades (Málaga 2005, Acuy & Pulido 2006). Este ecosistema costero es una formación artificial producto de la deposición de materiales de relave minero sobre la playa, y de la ampliación de la frontera agrícola en el sector lte Norte (Pulido & Tabilo-Valdivieso 2001).

V. SUPERFICIES DE AGUA

Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce, embalses y cuerpos de agua en movimiento. Las unidades de esta categoría según Nivel se observan en la tabla 10.

Tabla 10

Coberturas y uso de suelo, determinadas en la categoría de Superficies de agua

CLASIFICACION DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO				ID		
NIVEL I		NIVEL II	NIVEL III	LEYENDA		
5	SUPERFICIES DE AGUA	5.1	AGUAS CONTINENTALES	5.1.2	LAGUNAS, LAGOS Y CIENAGAS	512
				5.1.5	CUERPOS DE AGUA ARTIFICIALES	515

Fuente: Elaboración propia

5.1 AGUAS CONTINENTALES

Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagunas, estanques naturales o artificiales de agua dulce, embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales, éstos dos últimos entrarían en esta categoría siempre cuando posean un ancho como mínimo de 30 metros, lo cual no se aplica para nuestro departamento

5.1.1 Lagunas

Esta unidad se ubica en la zona altoandina de nuestro departamento, situadas en la alta montaña, constituyendo la mayoría de veces las áreas de nacimiento de los ríos de nuestro departamento, dentro de esta categoría se han identificado dos categorías.

Lagunas Permanentes

Son aquellas lagunas que presentan agua durante todo el año, incluyendo las épocas de estiaje en años secos, la importancia hidrológica de estas lagunas es que algunas de ellas son las nacientes de los principales ríos de nuestro departamento, las cuales proveen agua para consumo poblacional y/o para riego de suelos agrícolas y generación hidroeléctrica, en Tacna se tiene las lagunas Suches, Vilacota y Aricota.

Lagunas Estacionales

Son aquellas lagunas que en las épocas de estiaje no presentan agua o su volumen es mínimo, su importancia radica en que en épocas de avenida almacenan agua, la cual sirve como reserva para las bofedales que muchas veces se encuentran aledaños a estas lagunas, de la misma forma su relativo aislamiento y lejanía respecto a otras lagunas de la zona refuerzan su valor, pues sirven como parajes para las aves que transita por estos lugares tales como las chotas y huallatas.

Vegetación acuática sobre cuerpos de agua

Consiste en plantas que crecen enraizadas en el fondo con hojas grandes que sobresalen del agua cubriendo grandes áreas; es el caso de los bofedales y humedales.

5.1.5 Cuerpos de agua artificiales

Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua en el caso de nuestro departamento con el propósito de abastecimiento de agua para consumo poblacional y riego.

Embalses

Dentro de esta cobertura podemos destacar la Represa Paucarani, Condorpico, Jarumas y Casiri. Existen también otros embalses, pero de un volumen menor. Es importante señalar que todas las lagunas mencionadas tienen el propósito de prever el abastecimiento del recurso hídrico para consumo poblacional.

Lagunas de Oxidación

Dentro de nuestra provincia existen 2 Plantas de tratamiento de aguas servidas, el mismo que está asociado al sistema de agua potable, los demás abastecimientos urbanos vierten sus aguas pozas elaboradas por los mismos municipios o algunas veces a los cursos fluviales sin depuración previa, dentro de nuestra provincia no se conocen de sistemas de tratamientos de aguas industriales y agrícolas.

Tabla 11

Coberturas y uso de suelo, determinadas en el departamento de Tacna

CLASIFICACION DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO					
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	ID	LEYENDA	
1 AREAS ARTIFICIALIZADAS	1.1 AREAS URBANIZADAS	1.1.1	TEJIDO URBANO CONTINUO	111	
		1.1.2	TEJIDO URBANO DISCONTINUO	112	
	1.2 AREAS INDUSTRIALES E INFRAESTRUCTURA	1.2.1	AREAS INDUSTRIALES O COMERCIALES	112	
		1.2.2	RED VIAL, FERROVIARIAS Y TERRENOS ASOCIADOS	122	
		1.2.3	AREAS PORTUARIAS	123	
		1.2.4	AEROPUERTOS	124	
		1.2.5	OBRAS HIDRAULICAS	125	
		1.3 AREAS DE EXTRACCION DE MINERIA E HIDROCARBUROS Y ESCOMBRERAS	1.3.1	AREAS DE EXTRACCION MINERA E HIDROCARBUROS	131
			1.3.2	AREAS DE DISPOSICION DE RESIDUOS	132
	1.4 ZONAS VERDES ARTIFICIALIZADAS, NO AGRICOLAS	1.4.1	INSTALACIONES RECREATIVAS	141	
	2 AREAS AGRICOLAS	2.1 CULTIVOS PERMANENTES	2.2.1	OLIVO	221
			2.2.2	OREGANO	222
			2.2.3	TUNA	223
			2.2.4	FRUTALES	224
2.2.5			POLIANUALES	225	
2.2 CULTIVOS HETEROGENEOS		2.2.1	ASOCIADOS TRANSITORIO-PERMANENTE	241	
		2.2.2	ASOCIADOS TRANSITORIO-POLIANUAL	242	
3 BOSQUES Y AREAS MAYORMENTE NATURALES		3.1 BOSQUES	3.1.1	BOSQUE DENSO BAJO	311
			3.1.5	BOSQUE FRAGMENTADO	315
			3.3.1	HERBAZAL	331
	3.3 AREAS CON VEGETACION HERBACEA Y/O ARBUSTIVO	3.3.2	ARBUSTAL	332	
		3.3.3	CARDONAL	333	
	3.4 AREAS SIN O CON POCA VEGETACION	3.3.4	VEGETACIÓN ARBUSTIVA/HERBACEA	334	
		3.4.1	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	341	
		3.4.2	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	342	
4 AREAS HUMEDAS	4.1 AREAS HUMEDAS CONTINENTALES	3.4.5	GLACIARES Y NIVALES	345	
		3.4.6	SALARES	346	
	4.1.2	TURBERAS YBOFEDALES	412		
	4.2 AREAS HUMEDAS COSTERAS	4.2.1	PANTANO COSTERO	421	
5 SUPERFICIES DE AGUA	5.1 AGUAS CONTINENTALES	5.1.2	LAGUNAS, LAGOS Y CIENAGAS	512	
		5.1.5	CUERPOS DE AGUA ARTIFICIALES	515	

Fuente: Elaboración propia

5.2. COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO DURANTE EL PERIODO 2007, 2012 Y 2017

5.2.1 Coberturas vegetal y uso de suelo. Nivel I

En la tabla 12 y figuras 19 y 20, podemos observar las áreas totales y porcentajes de ocupación de las coberturas y uso de suelo a nivel I en el departamento de Tacna, constituido por 05 categorías: Áreas artificializadas, áreas agrícolas, bosque y áreas mayormente naturales, áreas húmedas y superficies de agua; las cinco coberturas determinadas en el nivel I suman un área de 1 603 377,3 ha., correspondiente al área del departamento de Tacna.

Se observa que, durante el **año 2007**, la cobertura más predominante o de mayor extensión corresponde a **Bosque y áreas mayormente naturales** con un área total de 1 514 707,50 ha., que representa el 94,47 % del área total del territorio, este tipo de cobertura se distribuye sobre las zonas áridas, escasa vegetación, áreas con afloramiento rocoso, laderas con pendiente plana y pronunciadas. Este tipo de cobertura está constituida por bosques, arbustos, herbazales, glaciares, nivales y salares, que en su conjunto abarcan la zona costera y sierra; la predominancia de este tipo de cobertura es característico debido a la escasa disponibilidad de recurso hídrico en el departamento de Tacna.

Por el contrario, se tiene que la cobertura de menor extensión corresponde a **superficies de agua** con un área total de 4 011,86 ha., correspondiente a 0,25 % del área total del territorio; este resultado se asocia debido a la ubicación de Tacna en una zona desértica, y dada la escasa precipitaciones que se registran durante los meses de enero, febrero y marzo.

Se muestran que durante los **periodos 2012 y 2017**, la cobertura que sigue predominando es **Bosque y áreas mayormente naturales**, con 1 509 559,36

ha., y 1 498 947,25 ha., respectivamente que representa el 94,15 % y 93,49 % del territorio, como se explicó anteriormente esta cobertura es la que ocupa la mayor parte de la extensión del área del departamento, dada la escasez hídrica, siendo este un componente importante que caracteriza a este territorio como una zona árida con escasa vegetación.

Del mismo modo, se tiene que la cobertura de menor extensión corresponde a **superficies de agua** con áreas totales de 4 088,44 ha., y 3 517,04 ha., respectivamente que representa el 0,25 % y 0,22 % del territorio, como se explicó anteriormente esta cobertura es la que ocupa la menor parte de la extensión del área del departamento, dada la escasez hídrica.

Tabla 12

Ocupación de las coberturas y uso de suelo según Nivel I, durante los años 2007, 2012 y 2017

COBERTURA	AREA (ha)			AREA (%)		
	2007	2012	2017	2007	2012	2017
Áreas artificializadas	14130,98	18423,55	22464,14	0,88	1,15	1,40
Áreas agrícolas	56236,05	57668,94	65508,86	3,51	3,60	4,09
Bosques y áreas mayormente naturales	1514707,50	1509559,36	1498947,25	94,47	94,15	93,49
Áreas húmedas	14290,90	13637,00	12940,01	0,89	0,85	0,81
Superficies de agua	4011,86	4088,44	3517,04	0,25	0,25	0,22

Fuente: Elaboración propia.

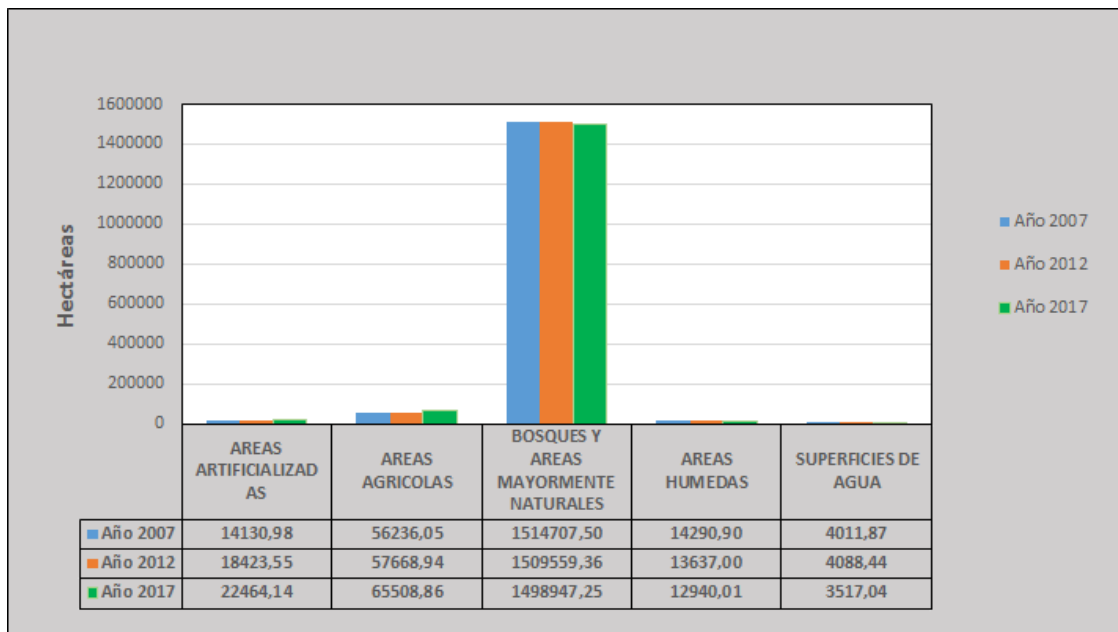


Figura 19. Ocupación de áreas de coberturas y uso de suelo en relación al área total del territorio, periodo 2007-2012 y 2017. Nivel I

Fuente: Elaboración propia.

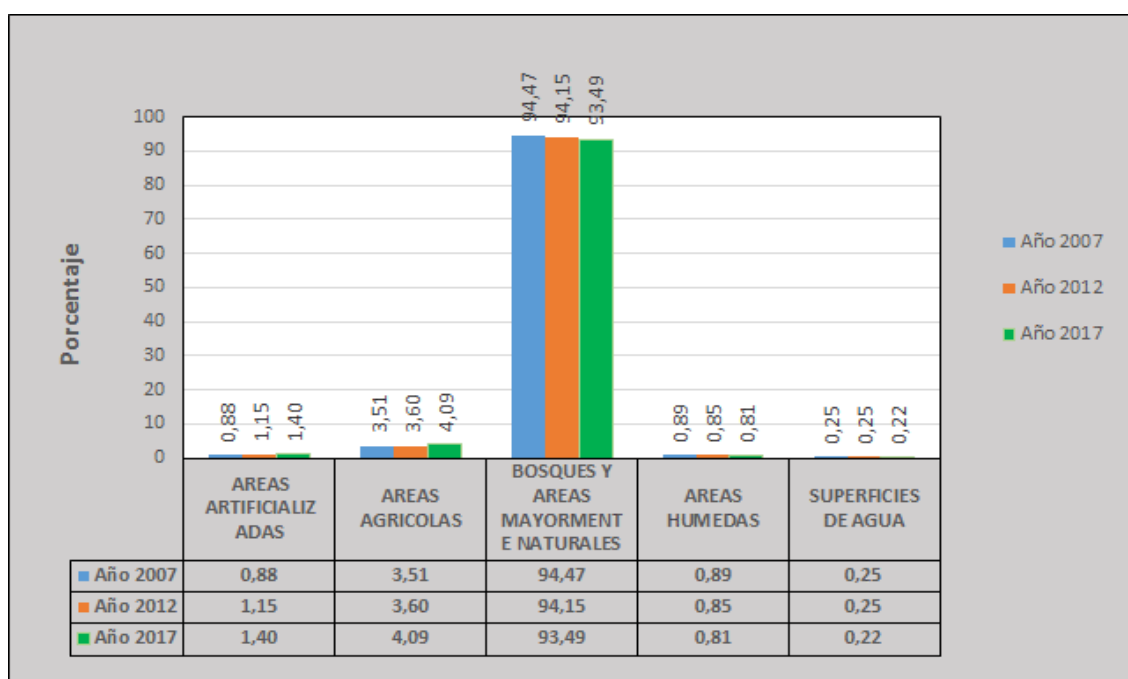


Figura 20. Porcentaje de ocupación de las coberturas y uso de suelo en relación al área total del territorio, periodo 2007-2012 y 2017. Nivel I.

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Coberturas vegetal y uso de suelo. Nivel III

5.2.2.1 Cobertura y uso de suelo año 2007

La Tabla 13 y figura 13, se observa la clasificación de la cobertura y uso del suelo del departamento de Tacna, para el año 2007, obtenida de acuerdo a la propuesta de leyenda Corine Land Cover, adaptada para Perú.

En la Tabla 18 y figura 21, se muestra los tipos de cobertura de uso de suelo, clasificados jerárquicamente en III niveles para el año 2007 o periodo 0, en el departamento de Tacna; se ha identificado un total de cinco categorías de cobertura y uso del suelo principales o de Nivel I, los cuales fueron subcategorizadas a los Niveles II y III determinándose un total de 31 tipos de cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna.

Se puede observar que la cobertura más predominante es **Bosque y Áreas Mayormente Naturales** con un total de 1 514 707,50 ha., el cual representa el 94,47% del total del territorio, este tipo de cobertura está constituido vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrollado sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica; y por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación. La magnitud del área de esta cobertura, está asociada debido a que el territorio se encuentra en una zona árida, escasa precipitación y recurso hídrico muy escasa. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Áreas Arenosas Naturales**, con un total de 674 981,19 ha., el cual representa el 42,10 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Bosque Fragmentado** con un total de 456,50 ha., el cual representa el 0,03 % del área total de territorio.

La segunda cobertura más predominante es la de Áreas agrícolas, con un total de 56 237,31 ha., el cual representa el 3,51% del total del territorio, este tipo de cobertura comprende superficie de terreno destinado a la producción y/o siembra de cultivos anuales y permanentes; las mayores tierras agrícolas se ubican en la zona costera, esto debido a las condiciones climáticas, recurso hídrico y topografía del terreno; esta actividad agrícola es una de las principales en el ámbito rural, debido que es una manera de subsistir y cubrir sus necesidades básicas. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Polianuales (alfalfa, orégano)**, con un total de 19 707,39 ha., el cual representa el 1,23 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es Cultivos de Tuna (cochinilla) con un total de 782,90 ha., el cual representa el 0,05 % del de territorio.

La tercera cobertura más predominante es la de Áreas húmedas, con un total de 14 290,90 ha., el cual representa el 0,89 % del total del territorio, este tipo de cobertura está constituida por los terrenos anegadizos (bofedales, vegetación acuática y pantanos costeros), que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es Turberas y bofedales, con un total de 12 930,83 ha., el cual representa el 0,81 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es Áreas húmedas costeras – Pantano costero con un total de 1 360,06 ha., el cual representa el 0,08 % del área total de territorio.

La cuarta cobertura más predominante es la de Áreas artificializadas, con un total de 14 130,98 ha., el cual representa el 0,88 % del total del territorio, este tipo de cobertura está constituida infraestructura urbana, poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es Áreas urbanizadas-Tejido urbano

continuo, con un total de 5 621,75 ha., el cual representa el 0,35 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es Áreas Industriales e Infraestructura- Áreas portuarias con un total de 3,70 ha., el cual representa el 0,0002 % del territorio.

El quinto lugar corresponde a la cobertura denominada Superficies de agua, con un total de 4 011,86 ha., el cual representa el 0,25 % del total del territorio, este tipo de cobertura comprende áreas de cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales como ser lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce, embalses y cuerpos de agua en movimiento. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es Lagunas, lagos y ciénagas, con un total de 3 554,24 ha., el cual representa el 0,22 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es Cuerpos de áreas artificiales con un total de 457,83 ha., el cual representa el 0,03 % del área total de territorio.

Tabla 13

Clasificación y área total de la cobertura y uso de suelo año 2007. Nivel III

NIVEL I	CLASIFICACION DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO			ID LEYENDA	SUPERFICIE AÑO 2007		
	NIVEL II	NIVEL III			(Ha.)	(%)	
1 AREAS ARTIFICIALIZADAS	1.1 AREAS URBANIZADAS	1.1.1	TEJIDO URBANO CONTINUO	111	5621,75	0,35%	
		1.1.2	TEJIDO URBANO DISCONTINUO	112	155,71	0,01%	
		1.2.1	AREAS INDUSTRIALES O COMERCIALES	112	2869,42	0,18%	
		1.2.2	RED VIAL, FERROVIARIAS Y TERRENOS ASOCIADOS	122	58,10	0,00%	
	1.2 AREAS INDUSTRIALES E INFRAESTRUCTURA	1.2.3	AREAS PORTUARIAS	123	3,70	0,0002%	
		1.2.4	AEROPUERTOS	124	446,05	0,03%	
		1.2.5	OBRAS HIDRAULICAS	125	68,37	0,004%	
		1.3 AREAS DE EXTRACCION DE MINERIA E HIDROCARBUROS Y ESCOMBRERAS	1.3.1	AREAS DE EXTRACCION MINERA E HIDROCARBUROS	131	2591,63	0,16%
			1.3.2	AREAS DE DISPOSICION DE RESIDUOS	132	397,16	0,02%
	1.4 ZONAS VERDES ARTIFICIALIZADAS, NO AGRICOLAS	1.4.1	INSTALACIONES RECREATIVAS	141	1919,09	0,12%	
		2.2.1	OLIVO	221	11942,52	0,74%	
		2.2.2	OREGANO	222	3301,48	0,21%	
		2.1 CULTIVOS PERMANENTES	2.2.3	TUNA	223	782,90	0,05%
			2.2.4	FRUTALES	224	4175,30	0,26%
2.2.5			POLIANUALES	225	19707,39	1,23%	
2.2 CULTIVOS HETEROGENEOS	2.2.1		ASOCIADOS TRANSITORIO-PERMANENTE	241	4617,36	0,29%	
	2.2.2	ASOCIADOS TRANSITORIO-POLIANUAL	242	11709,10	0,73%		
3 BOSQUES Y AREAS MAYORMENTE NATURALES	3.1 BOSQUES	3.1.1	BOSQUE DENSO BAJO	311	26231,87	1,64%	
		3.1.5	BOSQUE FRAGMENTADO	315	456,50	0,03%	
		3.3.1	HERBAZAL	331	353025,19	22,02%	
	3.3 AREAS CON VEGETACION HERBACEA Y/O ARBUSTIVO	3.3.2	ARBUSTAL	332	190629,54	11,88%	
		3.3.3	CARDONAL	333	176009,05	10,98%	
		3.3.4	VEGETACIÓN ARBUSTIVA/HERBACEA	334	7159,01	0,45%	
		3.4.1	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	341	674981,19	42,10%	
	3.4 AREAS SIN O CON POCA VEGETACION	3.4.2	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	342	69763,78	4,35%	
		3.4.5	GLACIARES Y NIVALES	345	15277,77	0,95%	
		3.4.6	SALARES	346	1273,59	0,08%	
4.1 AREAS HUMEDAS CONTINENTALES		4.1.2	TURBERAS YBOFEDALES	412	12930,83	0,81%	
		4.2 AREAS HUMEDAS COSTERAS	4.2.1	PANTANO COSTERO	421	1360,06	0,08%
5 SUPERFICIES DE AGUA	5.1 AGUAS CONTINENTALES	5.1.2	LAGUNAS, LAGOS Y CIENAGAS	512	3554,24	0,22%	
		5.1.5	CUERPOS DE AGUA ARTIFICIALES	515	457,63	0,03%	

Fuente: Elaboración propia

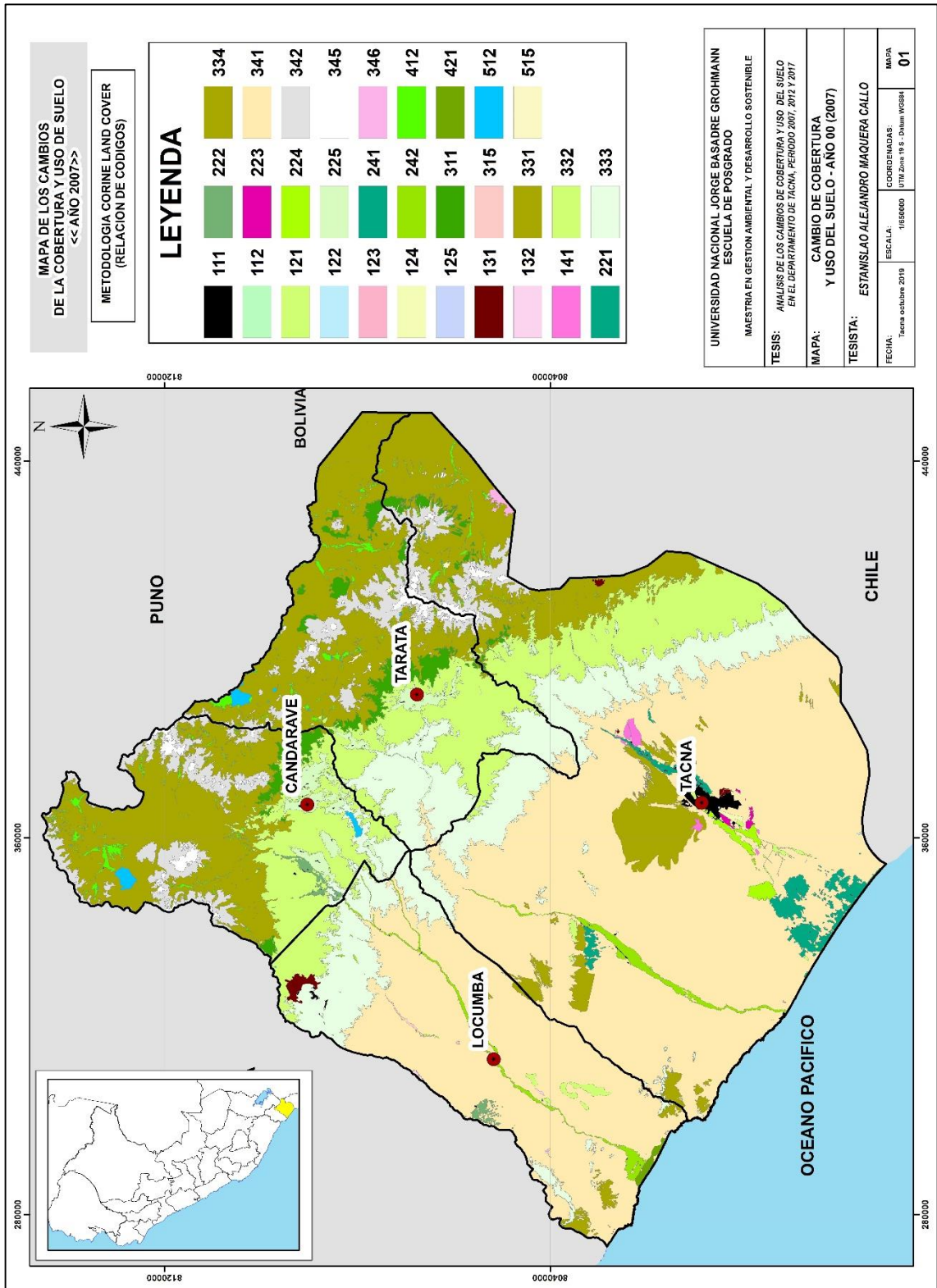


Figura 21. Cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna año 2007.

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2 Cobertura y uso de suelo año 2012

La Tabla 14 y figura 22, muestra la clasificación de la cobertura y uso del suelo del departamento de Tacna, del año 2012, obtenida de acuerdo a la propuesta de leyenda *Corine Land Cover*, adaptada para Perú.

En la Tabla 14, se muestra los tipos de cobertura de uso de suelo, clasificados jerárquicamente en III niveles para el año 2012 o periodo 1, en el departamento de Tacna; se ha identificado un total de cinco categorías de cobertura y uso del suelo principales o de Nivel I, los cuales fueron subcategorizadas a los Niveles II y III determinándose un total de 31 tipos de cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna.

Se puede observar que la cobertura más predominante es **Bosque y Áreas Mayormente Naturales** con un total de 1 509 559,36 ha., el cual representa el 94,15% del total del territorio, este tipo de cobertura está constituido vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrollado sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica; y por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación. La magnitud del área de esta cobertura, está asociada debido a que el territorio se encuentra en una zona árida, escasa precipitación y recurso hídrico muy escasa. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Áreas Arenosas Naturales**, con un total de 660 364,7 ha., el cual representa el 41,19 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Bosque Fragmentado** con un total de 455,03 ha., el cual representa el 0,03 % del área total de territorio.

La segunda cobertura más predominante es la de **Áreas agrícolas**, con un total de 57 668,94 ha., el cual representa el 3,60 % del total del territorio, este tipo de cobertura comprende superficie de terreno destinado a la producción y/o

siembra de cultivos anuales y permanentes; las mayores tierras agrícolas se ubican en la zona costera, esto debido a las condiciones climáticas, recurso hídrico y topografía del terreno; esta actividad agrícola es una de las principales en el ámbito rural, debido a que es una manera de subsistir y cubrir sus necesidades básicas. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Polianuales (alfalfa, orégano)**, con un total de 19 539,59 ha., el cual representa el 1,22 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Cultivos Tuna (cochinilla)** con un total de 706,86 ha., el cual representa el 0,04 % del de territorio.

La tercera cobertura más predominante es la de **Áreas artificializadas**, con un total de 18 423,55 ha., el cual representa el 1,15 % del total del territorio, este tipo de cobertura está constituida por infraestructura urbana, poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Áreas urbanizadas- Tejido urbano continuo**, con un total de 7 098,34 ha., el cual representa el 0,44 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Áreas Industriales e Infraestructura- Áreas portuarias** con un total de 3,70 ha., el cual representa el 0.0002 % del territorio.

La cuarta cobertura más predominante es la de **Áreas húmedas**, con un total de 13 637,00 ha., el cual representa el 0,85 % del total del territorio, este tipo de cobertura está constituida por los terrenos anegadizos (bofedales, vegetación acuática y pantanos costeros), que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Áreas húmedas continentales- Turberas y Bofedales**, con un total de 12 242,16 ha., el cual representa el 0,76 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Áreas**

húmedas costeras – Pantano costero con un total de 1 394,85 ha., el cual representa el 0,09 % del área total de territorio.

El quinto lugar corresponde a la cobertura denominada **Superficies de agua**, con un total de 4 088,44 ha., el cual representa el 0,25 % del total del territorio, este tipo de cobertura comprende áreas de cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales como ser lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce, embalses y cuerpos de agua en movimiento. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Lagunas, lagos y cienagas**, con un total de 3 624,06 ha., el cual representa el 0,23 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Cuerpos de áreas artificiales** con un total de 464,38 ha., el cual representa el 0,03 % del área total de territorio.

Tabla 14

Clasificación y área total de la cobertura y uso de suelo año 2012 Nivel III

CLASIFICACION DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO				ID	SUPERFICIE AÑO 2012		
NIVEL I	NIVEL II		NIVEL III	LEYENDA	(Ha.)	(%)	
1 AREAS ARTIFICIALIZADAS	1.1 AREAS URBANIZADAS	1.1.1	TEJIDO URBANO CONTINUO	111	7088,34	0,44%	
		1.1.2	TEJIDO URBANO DISCONTINUO	112	195,40	0,01%	
		1.2.1	AREAS INDUSTRIALES O COMERCIALES	112	5132,56	0,32%	
		1.2.2	RED VIAL, FERROVIARIAS Y TERRENOS ASOCIADOS	122	58,10	0,00%	
	1.2 AREAS INDUSTRIALES E INFRAESTRUCTURA	1.2.3	AREAS PORTUARIAS	123	3,70	0,00%	
		1.2.4	AEROPUERTOS	124	446,05	0,03%	
		1.2.5	OBRAS HIDRAULICAS	125	91,64	0,01%	
		1.3 AREAS DE EXTRACCION DE MINERIA E HIDROCARBUROS Y ESCOMBRERAS	1.3.1	AREAS DE EXTRACCION MINERA E HIDROCARBUROS	131	2818,19	0,18%
			1.3.2	AREAS DE DISPOSICION DE RESIDUOS	132	485,93	0,03%
	1.4 ZONAS VERDES ARTIFICIALIZADAS, NO AGRICOLAS	1.4.1	INSTALACIONES RECREATIVAS	141	2093,64	0,13%	
		2.2.1	OLIVO	221	14038,64	0,88%	
		2.2.2	OREGANO	222	3839,55	0,24%	
		2.1 CULTIVOS PERMANENTES	2.2.3	TUNA	223	706,86	0,04%
			2.2.4	FRUTALES	224	3991,62	0,25%
2.2.5			POLIANUALES	225	19539,59	1,22%	
2.2 CULTIVOS HETEROGENEOS	2.2.1	ASOCIADOS TRANSITORIO-PERMANENTE	241	4719,17	0,29%		
	2.2.2	ASOCIADOS TRANSITORIO-POLIANUAL	242	10833,51	0,68%		
	3.1 BOSQUES	3.1.1	BOSQUE DENSO BAJO	311	28247,59	1,64%	
		3.1.5	BOSQUE FRAGMENTADO	315	455,03	0,03%	
3.3.1		HERBAZAL	331	363772,35	22,68%		
3.3 AREAS CON VEGETACION HERBACEA Y/O ARBUSTIVO	3.3.2	ARBUSTAL	332	138352,16	8,63%		
	3.3.3	CARDONAL	333	219066,84	13,66%		
	3.3.4	VEGETACIÓN ARBUSTIVA/HERBACEA	334	13210,90	0,82%		
	3.4.1	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	341	660364,97	41,19%		
	3.4 AREAS SIN O CON POCA VEGETACION	3.4.2	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	342	65583,96	4,09%	
3.4.5		GLACIARES Y NIVALES	345	21239,31	1,32%		
3.4.6		SALARES	346	1266,24	0,08%		
4.1 AREAS HUMEDAS CONTINENTALES		4.1.2	TURBERAS YBOFEDALES	412	12242,16	0,76%	
	4.2	AREAS HUMEDAS COSTERAS	421	1394,85	0,09%		
5 SUPERFICIES DE AGUA	5.1 AGUAS CONTINENTALES	5.1.2	LAGUNAS, LAGOS Y CIENAGAS	512	3624,06	0,23%	
		5.1.5	CUERPOS DE AGUA ARTIFICIALES	515	464,38	0,03%	

Fuente: Elaboración propia

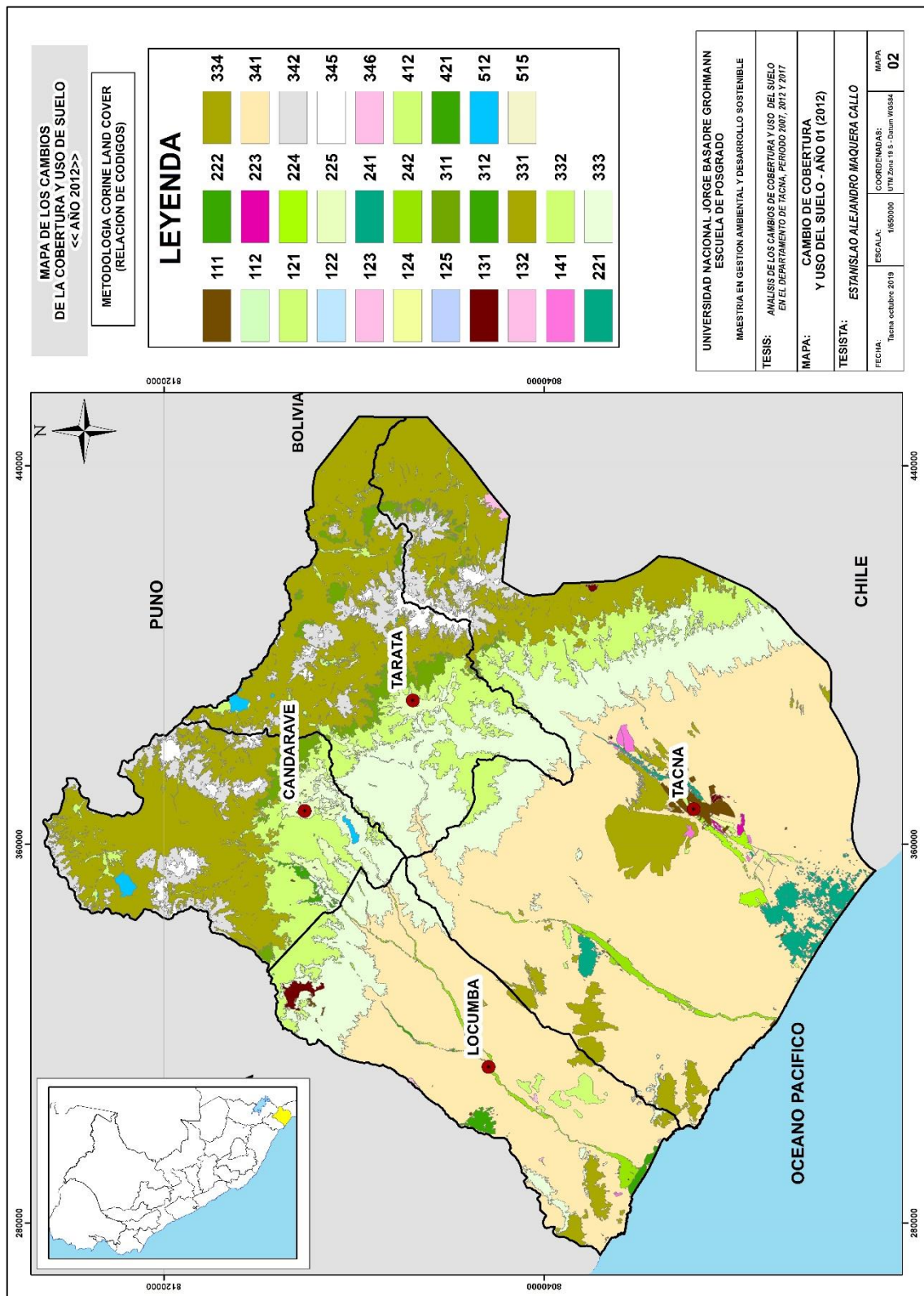


Figura 22. Cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna año 2012.

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.3 Cobertura y uso de suelo año 2017

En la Tabla 15 y mapa 23, se observa la clasificación de la cobertura y uso del suelo del departamento de Tacna, para el año 2017, obtenida de acuerdo a la propuesta de leyenda Corine Land Cover, adaptada para Perú.

En la Tabla 20, se muestra los tipos de cobertura de uso de suelo, clasificados jerárquicamente en III niveles para el año 2017 o periodo 2, en el departamento de Tacna; se ha identificado un total de cinco categorías de cobertura y uso del suelo principales o de Nivel I, los cuales fueron subcategorizadas a los Niveles II y III determinándose un total de 31 tipos de cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna.

Se puede observar que la cobertura más predominante es **Bosque y Áreas Mayormente Naturales** con un total de 1 498 955,91 ha., el cual representa el 93,49 % del total del territorio, este tipo de cobertura está constituido vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrollado sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica; y por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación. La magnitud del área de esta cobertura, está asociada debido a que el territorio se encuentra en una zona árida, escasa precipitación y recurso hídrico muy escasa. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Áreas Arenosas Naturales**, con un total de 621 274,75 ha., el cual representa el 38,75 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Bosque Fragmentado** con un total de 334,49 ha., el cual representa el 0,02 % del área total de territorio.

La segunda cobertura más predominante es la de **Áreas agrícolas**, con un total de 65 508,86 ha., el cual representa el 4,09 % del total del territorio, este tipo de cobertura comprende una superficie de terreno destinado a la producción

y/o siembra de cultivos anuales y permanentes; las mayores tierras agrícolas se ubican en la zona costera, esto debido a las condiciones climáticas, recurso hídrico y topografía del terreno; esta actividad agrícola es una de las principales en el ámbito rural, debido a que es una manera de subsistir y cubrir sus necesidades básicas. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Polianuales (alfalfa, orégano)**, con un total de 19 297,13 ha., el cual representa el 1,20 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Cultivos Tuna (cochinilla)** con un total de 858,65 ha., el cual representa el 0,05 % del territorio.

La tercera cobertura más predominante es la de **Áreas artificializadas**, con un total de 22 464,14 ha., el cual representa el 1,40 % del total del territorio, este tipo de cobertura está constituida por infraestructura urbana, poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Áreas urbanizadas- Tejido urbano continuo**, con un total de 10 445,17 ha., el cual representa el 0,65 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Áreas Industriales e Infraestructura- Áreas portuarias** con un total de 3,70 ha., el cual representa el 0,0002 % del territorio.

La cuarta cobertura más predominante es la de **Áreas húmedas**, con un total de 12 940,01 ha., el cual representa el 0,81 % del total del territorio, este tipo de cobertura está constituida por los terrenos anegadizos (bofedales, vegetación acuática y pantanos costeros), que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Áreas húmedas continentales- Turberas y Bofedales**, con un total de 11 490,11 ha., el cual representa el 0,72 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Áreas**

húmedas costeras – Pantano costero con un total de 1 449,89 ha., el cual representa el 0,09 % del área total de territorio.

El quinto lugar corresponde a la cobertura denominada **Superficies de agua**, con un total de 3 517,04 ha., el cual representa el 0,22 % del total del territorio, este tipo de cobertura comprende áreas de cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales como ser lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce, embalses y cuerpos de agua en movimiento. En esta categoría la cobertura que ocupa la mayor extensión es **Lagunas, lagos y ciénagas**, con un total de 3 019,57 ha., el cual representa el 0,19 % del área total de territorio; y la cobertura que ocupa la menor extensión es **Cuerpos de agua artificiales** con un total de 437,12 ha., el cual representa el 0,03 % del área total de territorio.

Tabla 15

Clasificación y área total de la cobertura y uso de suelo año 2017. Nivel III

CLASIFICACION DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO			ID	SUPERFICIE AÑO 2017			
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	LEYENDA	(Ha.)	(%)		
1 AREAS ARTIFICIALIZADAS	1.1 AREAS URBANIZADAS	1.1.1	TEJIDO URBANO CONTINUO	111	10445,17	0,65%	
		1.1.2	TEJIDO URBANO DISCONTINUO	112	202,93	0,01%	
		1.2.1	AREAS INDUSTRIALES O COMERCIALES	112	5179,37	0,32%	
		1.2.2	RED VIAL, FERROVIARIAS Y TERRENOS ASOCIADOS	122	58,10	0,00%	
	1.2 AREAS INDUSTRIALES E INFRAESTRUCTURA	1.2.3	AREAS PORTUARIAS	123	3,70	0,00%	
		1.2.4	AEROPUERTOS	124	446,05	0,03%	
		1.2.5	OBRA HIDRAULICAS	125	94,68	0,01%	
		1.3 AREAS DE EXTRACCION DE MINERIA E HIDROCARBUROS Y ESCOMBRERAS	1.3.1	AREAS DE EXTRACCION MINERA E HIDROCARBUROS	131	3389,65	0,21%
			1.3.2	AREAS DE DISPOSICION DE RESIDUOS	132	521,35	0,03%
	1.4 ZONAS VERDES ARTIFICIALIZADAS, NO AGRICOLAS	1.4.1	INSTALACIONES RECREATIVAS	141	2123,15	0,13%	
		2.2.1	OLIVO	221	20667,38	1,28%	
	2 AREAS AGRICOLAS	2.1 CULTIVOS PERMANENTES	2.2.2	OREGANO	222	4012,73	0,25%
			2.2.3	TUNA	223	858,65	0,05%
			2.2.4	FRUTALES	224	4307,69	0,27%
2.2.5			POLIANUALES	225	19297,13	1,20%	
2.2 CULTIVOS HETEROGENEOS			2.2.1	ASOCIADOS TRANSITORIO-PERMANENTE	241	5661,06	0,35%
		2.2.2	ASOCIADOS TRANSITORIO-POLIANUAL	242	10904,22	0,68%	
3 BOSQUES Y AREAS MAYORMENTE NATURALES		3.1 BOSQUES	3.1.1	BOSQUE DENSO BAJO	311	25761,23	1,61%
			3.1.5	BOSQUE FRAGMENTADO	315	334,49	0,02%
			3.3.1	HERBAZAL	331	358726,69	22,37%
		3.3 AREAS CON VEGETACION HERBACEA Y/O ARBUSTIVO	3.3.2	ARBUSTAL	332	156717,94	9,77%
	3.3.3		CARDONAL	333	229224,83	14,30%	
	3.3.4		VEGETACION ARBUSTIVA/HERBACEA	334	18699,64	1,17%	
3.4 AREAS SIN O CON POCA VEGETACION	3.4.1	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	341	621266,08	38,75%		
	3.4.2	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	342	71595,35	4,47%		
	3.4.5	GLACIARES Y NIVALES	345	15354,76	0,96%		
	3.4.6	SALARES	346	1266,24	0,08%		
	4 AREAS HUMEDAS	4.1 AREAS HUMEDAS CONTINENTALES	4.1.2	TURBERAS YBOFEDALES	412	11490,11	0,72%
		4.2 AREAS HUMEDAS COSTERAS	4.2.1	PANTANO COSTERO	421	1449,89	0,09%
5 SUPERFICIES DE AGUA	5.1 AGUAS CONTINENTALES	5.1.2	LAGUNAS, LAGOS Y CIENAGAS	512	3079,92	0,19%	
		5.1.5	CUERPOS DE AGUA ARTIFICIALES	515	437,12	0,03%	

Fuente: Elaboración propia

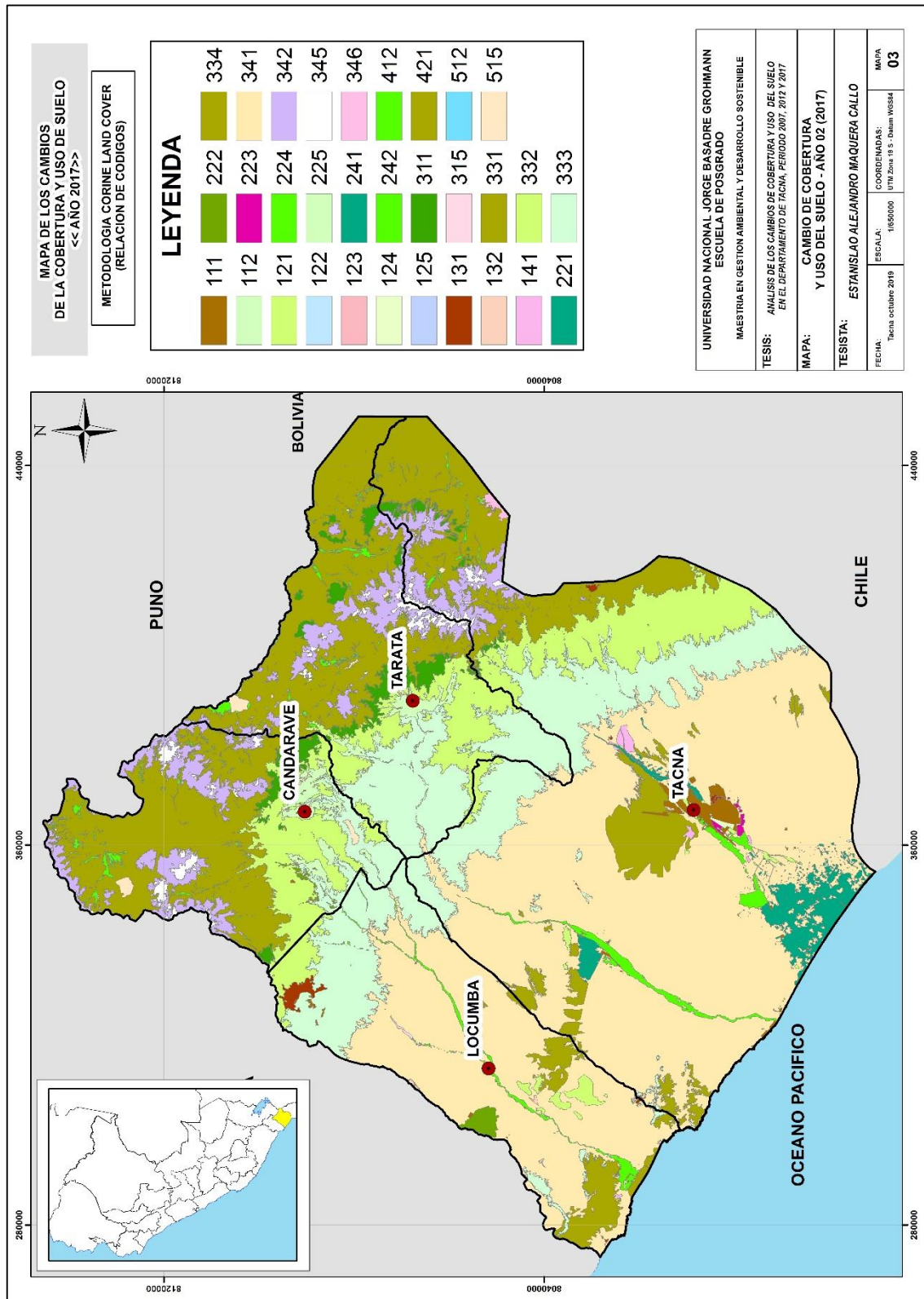


Figura 23. Cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna año 2017.

Fuente: Elaboración propia

5.3 CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE SUELO, DURANTE EL PERIODO 2007, 2012 Y 2017

5.3.1 Cambios cobertura y uso de suelo según tasa de cambio, Nivel I

La figura 24 y tabla 17, muestra las tasas de cambio (gradiente) obtenidas, las que indican incremento en porcentajes positivos y un decremento en porcentajes negativos. Se observa que la mayor tasa de cambio es de 0,05 correspondiente a áreas artificializadas periodo 2007-2012, y la menor tasa de cambio es de -0,03 correspondiente a superficies de agua periodo 2012-2017. De igual forma se observa que las coberturas de áreas artificializadas y áreas agrícolas presentan tasas de cambio positivas durante los periodos de estudio, indicando que dichas coberturas han incrementado su área; mientras que las coberturas de bosques y áreas mayormente naturales, áreas húmedas y superficies de agua presentan tasas de cambio negativo durante el periodo de estudio, indicando que han reducido su área.

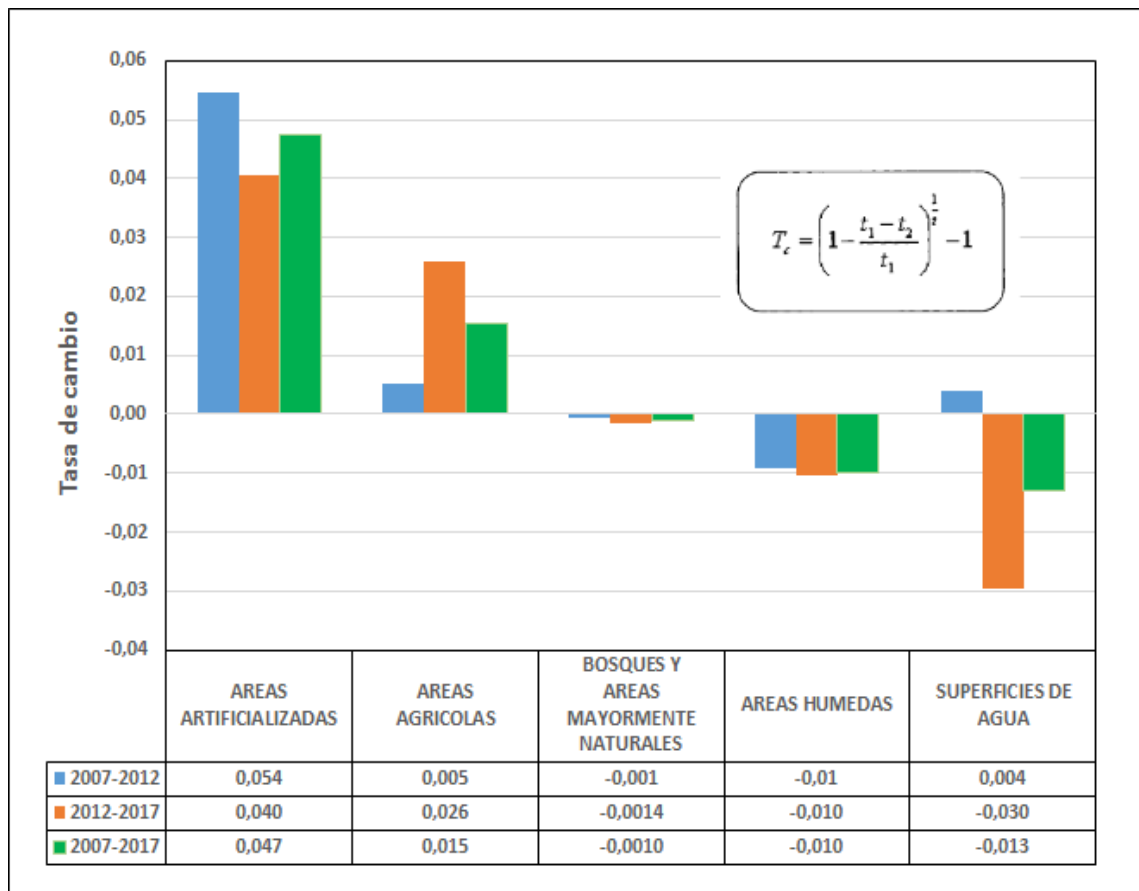


Figura 24. Distribución gráfica de Tasa de cambio de las CUT, por periodo de análisis.

Fuente: Elaboración propia

1. Áreas artificializadas

La tasa de cambio del Periodo 1, es mayor a la tasa de cambio del Periodo 2, donde:

- Periodo 1: 0,054
- Periodo 2: 0,040

Durante el proceso de análisis, las Áreas Artificializadas han pasado por un proceso de incremento en ocupación territorial, pero este incremento ha sido mayor en el Periodo 1, a diferencia del Periodo 2. Esto posiblemente por el incremento poblacional, originado por la migración a la región de Tacna, específicamente en la capital del departamento; el cual ha generado que, a mayor población, mayores sean los servicios que ofrecer a la población (infraestructura) y que representa un cambio en la cobertura de Tejido urbano continuo y explotación de materiales de construcción. Otro factor importante es la ejecución del Proyecto Ampliación de la concentradora de Toquepala, por la minera Southern Perú, proyecto que fue postergado desde el 2012, por protestas sociales, pero que se ejecutó en el 2015 y que actualmente se encuentra en ejecución hasta el 2018; y que representa un cambio importante en la cobertura de Explotación Minera.

2. Áreas agrícolas

La tasa de cambio del Periodo 1, es menor a la tasa de cambio del Periodo 2, donde:

- Periodo 1: 0,005
- Periodo 2: 0,026

Durante el proceso de análisis, las Áreas Agrícolas han pasado por un proceso de incremento en ocupación territorial, pero este incremento ha sido mayor en el Periodo 2, a diferencia del Periodo 1.

El incremento de las áreas agrícolas se ha dado posiblemente por dos razones, según el período del análisis: una caracterizada por la migración de personas que los ha llevado a posesionarse de predios ubicados en La Yarada y otra, por la ampliación de la frontera agrícola, influyendo con gran importancia el factor político, ya que se pudo formalizar y titular predios rurales en terrenos del estado.

3. Bosques y áreas mayormente naturales

La tasa de cambio del Periodo 1, es mayor a la tasa de cambio del Periodo 2, donde:

- Periodo 1: -0,001
- Periodo 2: -0,0014

Durante el proceso de análisis, los bosques y áreas mayormente naturales han pasado por un proceso de crecimiento, pero este incremento ha sido en el Periodo 1, a diferencia del Periodo 2 que presentó una reducción y pérdida de la cobertura, donde cardonal y vegetación arbustiva herbácea se incrementó, mientras que áreas arenosas naturales y bosque fragmentado se redujo, esto debido a la migración que produjo la urbanización en las playas y la aridez del suelo en el valle de cinto que han provocado su descenso en los bosques de Carzo.

4. Áreas húmedas

Las áreas húmedas han decrecido en superficie, durante el Periodo 1 y 2, pero fue más significativo durante el periodo 2, teniendo las siguientes tasas de cambio:

- Periodo 1: -0,01
- Periodo 2: -1,04

Durante el proceso de análisis, las Áreas Húmedas han pasado por un proceso de decrecimiento, pero esta reducción ha sido mayor en el Periodo 2, a diferencia del Periodo 1, esto se debe a la interacción de la suma de las áreas de los bofedales con los humedales, donde uno se vio reducido y el otro se incrementó; sin embargo se puede visualizar que los signos de ambos valores son negativos lo cual indica el impacto de la pérdida de cobertura que se ha dado dentro de este ítem, ocasionado principalmente por los efectos del cambio climático y otros factores antropogénicos.

5. Superficies de agua

La tasa de cambio del Periodo 1, es mayor a la tasa de cambio del Periodo 2, donde:

- Periodo 1: 0,005
- Periodo 2: -0,04

Durante el proceso de análisis, las Superficies de Agua han pasado por un proceso de decrecimiento, dado en el Periodo 2, esto debido a los efectos del cambio climático los cuales han provocado una disminución de las precipitaciones en la zona altoandina, lugar donde se ubican casi el 99 % de las superficies de agua.

5.3.2 Cambios de cobertura y uso de suelo según tasa de cambio en porcentaje, Nivel I

Las tasas de cambio (gradiente) en porcentaje obtenidas indican incremento en porcentajes positivos y un decremento en porcentajes negativos, ver Figura 25 y Tabla 25. De allí que el mayor porcentaje en incremento (5,45 %) se dio en áreas artificializadas en el período 2007-2012; seguido de áreas agrícolas con 2,58 % para el periodo 2012-2017; en cuanto a las tasas anuales que denotan decremento las superficies de agua tuvieron una tasa de -2,97 % en el intervalo de 2012-2017, seguido de áreas húmedas -1,04 % para el periodo 2012-2017; a nivel multitemporal periodo 2007-2017, las coberturas con mayor porcentaje de tasa de cambio (incremento de áreas) son áreas artificializadas y áreas agrícolas las cuales presentaron tasas de 4,74 % y 1,54 % respectivamente, y las coberturas que han registrado menor de tasa de cambio (decremento de áreas) son superficies de agua -1,31 %, áreas húmedas -0,99 % y bosques y áreas mayormente naturales con -0,10 %.



Figura 25. Tasas de cambio en porcentaje de cobertura vegetal y uso de suelo

Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Cambio de cobertura y uso de suelo, en relación al porcentaje de área total del territorio. Nivel I

En la figura 26 y tabla 16, se observa las áreas de cambio calculadas en porcentaje durante los periodos de tiempo de 5 y 10 años, en función al área total del territorio (área total 1 603 377,3 ha., 100 %) se puede observar 2 tipos de cambios (reducción e incremento) en la cobertura y uso de la tierra, registrados en el territorio, durante el periodo de análisis.

En el periodo 2007-2012 los porcentajes de cambio de las coberturas fueron: 0,27 % áreas artificializadas y 0,09 % áreas agrícolas y 0,005 % superficies de agua como incremento; y -0,32 % bosques y áreas mayormente naturales, -0,04 % áreas húmedas evidenciaron decremento.

Para el período 2012-2017 los porcentajes de cambio de las coberturas fueron: en incremento 0,49 % áreas agrícolas, 0,25 % áreas artificializadas; y en decremento -0,66 % bosques y áreas mayormente naturales, -0,04 % áreas húmedas y -0,04 % superficies de agua.

Finalmente, en el periodo 2007-2017 que resume el análisis multitemporal del área de estudio, las áreas de cambio fueron: en incremento de 0,58 % áreas agrícolas, 0,52 % áreas artificializadas; y en decremento -0,98 % bosques y áreas mayormente naturales, -0,08 % áreas húmedas y -0,03 % superficies de agua. Se evidencia que el tipo de cobertura que ha sufrido mayor presión a cambio son las áreas arenosas naturales, las cuales fueron forzadas a cambio por la presión antrópica la cual es ejercida sobre estos terrenos para procesos de urbanización y uso agrícola.



Figura 26. Porcentaje de área de cambio según cobertura en relación al área total del territorio, periodo 2007-2012 y 2017.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Gradiente de cambios de coberturas período 2007, 2012 y 2017

Usos de suelo	2007-2012				2012-2017				2007-2017			
	Area de cambio (ha)	% área total	Tasa de cambio		Area de cambio (ha)	% área total	Tasa de cambio		Area de cambio (ha)	% área total	Tasa de cambio	
			Ts	%			Ts	%			Ts	%
Areas artificializadas	4292,58	0,27	0,054	5,45	4040,59	0,25	0,040	4,05	8333,17	0,52	0,047	4,74
Areas agricolas	1432,88	0,09	0,005	0,50	7839,93	0,49	0,026	2,58	9272,81	0,58	0,015	1,54
Bosques y areas mayormente naturales	-5148,14	-0,32	-0,001	-0,07	-10612,12	-0,66	-0,0014	-0,14	-15760,25	-0,98	-0,0010	-0,10
Areas humedas	-653,89	-0,04	-0,01	-0,93	-697,00	-0,04	-0,010	-1,04	-1350,89	-0,08	-0,010	-0,99
Superficies de agua	76,58	0,005	0,004	0,38	-571,40	-0,04	-0,030	-2,97	-494,83	-0,03	-0,013	-1,31

Fuente: Elaboración propia

5.3.4 Cuantificación de los cambios de cobertura y uso de suelo, según años de estudio 2007, 2012 y 2017. Nivel I

El análisis de los cambios de la cobertura y uso del suelo para el periodo 2007, 2012 y 2017, se centró en los niveles I de los cambios de cobertura y uso del suelo en los diferentes periodos de estudio.

En los últimos 10 años, la actividad productiva de Tacna ha registrado un crecimiento promedio anual de 4,7 %, menor que el observado a nivel nacional (6,3 %). Este resultado responde, principalmente, a la evolución presentada por la minería, actividad que ha impulsado el desarrollo de las principales actividades económicas en nuestra región, así como la existencia de otros cambios de menor magnitud, impulsado por la expansión urbana. Esta actividad se contrajo cerca del 1 %, promedio anual en el período 2002-2011; pero dado el potencial de recursos mineros con que cuenta la región de Tacna, en el 2011 se ubicó como la primera región con las mayores reservas probables y probadas de cobre y molibdeno a nivel nacional, la explotación sostenible de los mismos contribuiría a retomar la senda de crecimiento al consolidar a Tacna como una de las regiones con mayor producto per-cápita.

En las últimas décadas, Tacna se ha caracterizado por la alta concentración de la población en el área urbana y en la provincia de Tacna (91 % de la población regional vive en esta provincia). Tacna también ha sufrido un proceso migratorio profundo, el Censo 2007 da cuenta que, de la migración interna acumulada, el 82 % provienen de los departamentos del sur del país, principalmente de Puno (más del 60 %), Arequipa y Moquegua. La concentración de la población en la provincia de Tacna constituye un factor importante de aglomeración que puede facilitar el proceso de crecimiento económico; el cual, sin embargo, debe ser adecuadamente gestionado puesto que implica una creciente presión sobre la infraestructura de servicios públicos que puede afectar dicho crecimiento.

A nivel nacional, el Perú, se observa, que desde el 2007 al 2016 la incidencia de la pobreza disminuyó en -21,7 % (de 42,4 % a 20,7 %); mientras que Tacna ha mostrado una reducción significativa de -9% aprox., ubicándose en el cuarto grupo con tasas de pobreza entre 14,0 % y 18,1 %, según el INEI, por lo que la evolución de la pobreza monetaria en Tacna, es a todas luces decreciente.

Según cifras del IV Censo Agrario 2012 el departamento de Tacna tuvo el de mayor incremento de unidades agropecuarias, pasando de 8 mil 889 en el año 1994 a 22 mil 728 en el 2012, lo cual significa un crecimiento de una media (155,7 %), igualmente se contabilizaron 45 mil 222 parcelas que es un 88,4 % más que el censo de 1994, ello ha dado lugar a que el promedio de parcelas por unidad agropecuaria pase de 2,7 a 2,0 % en los periodos comparativos, siendo su interpretación que la gran concentración del minifundio se mantiene.

5.3.4.1 Cuantificación del cambio de cobertura y uso de suelo periodo 2007 - 2012

Los tipos de cobertura han experimentado un cambio general de su superficie en una extensión de 23 667,47 hectáreas que representa el 1,48 % del área departamental; mientras que 1 579 709,83 hectáreas es equivalente a 98,52 % del área total del departamento, permaneciendo sin cambio, tabla 17 y figura 27.

Tabla 17

Superficie y porcentaje de las áreas con y sin cambio en la cobertura y uso del suelo, periodo 2007-2012

CAMBIO	AREA (ha)	%
Areas sin cambio	1579709,8	98,52
Areas con cambio	23667,5	1,48
AREA TOTAL	1603377,3	100,00

Fuente: Elaboración propia.

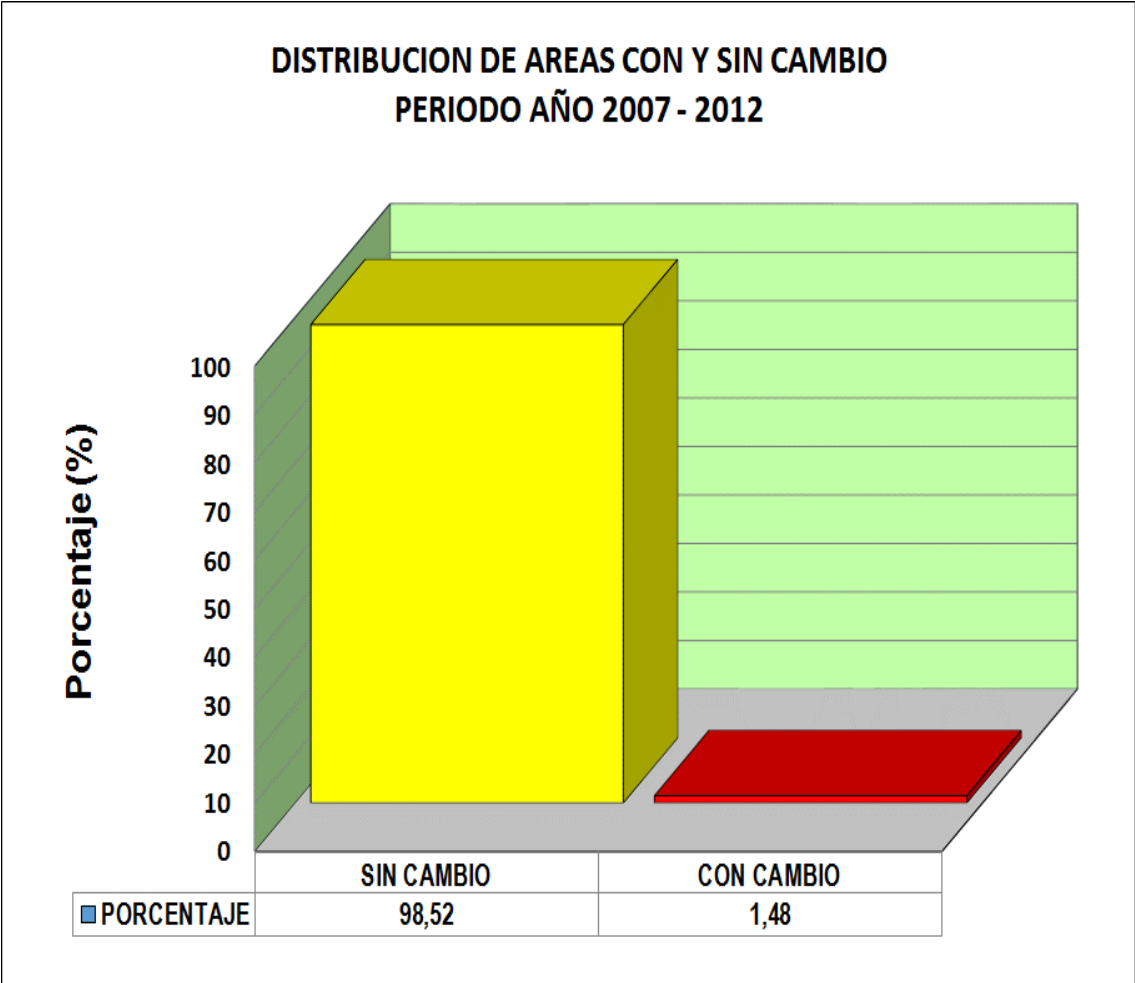


Figura 27. Porcentaje de las áreas con y sin cambio, periodo 2007-2012.

Fuente: Elaboración propia

La figura 28 muestra la distribución espacial de la superficie de cambios en la cobertura y uso del suelo para el periodo 2007 - 2012. Las áreas de color rojo simbolizan los espacios en donde han ocurrido cambios por cobertura a lo largo de este periodo; mientras que las áreas de color amarillo, son espacios donde no ha ocurrido cambios de cobertura; se observa que las mayores áreas que han sufrido cambio de cobertura de uso de suelo se presentan en la zona costera predominando cambios de cobertura de bosques y áreas mayormente naturales en áreas agrícolas, mientras que en la parte altoandina se observa el cambio de áreas agrícolas en bosques y áreas mayormente naturales, esto debido a diversos factores antrópicas y naturales, de igual forma se observa en la parte alta, cambios de cobertura de las áreas húmedas en bosques y áreas mayormente naturales.

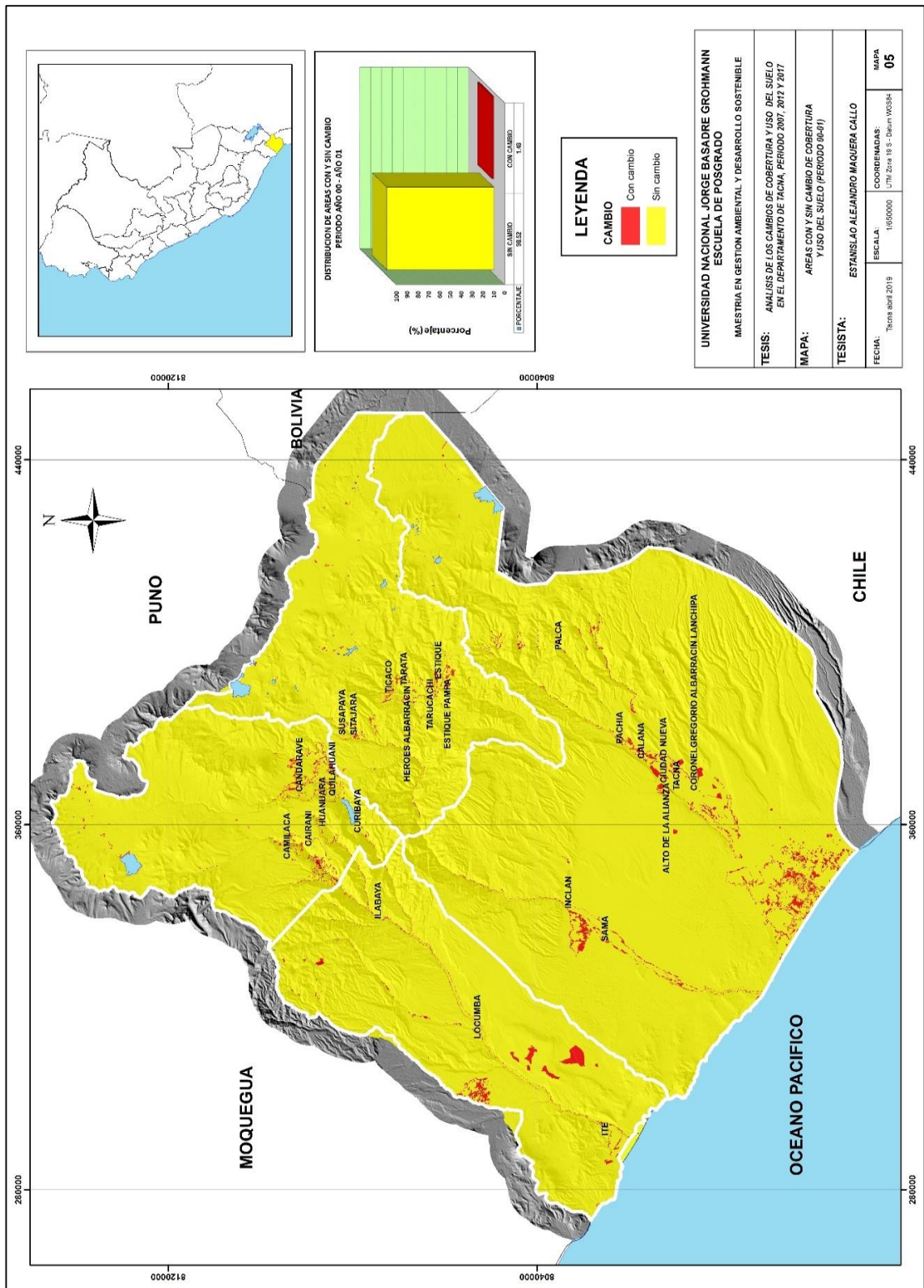


Figura 28. Distribución espacial de áreas con y sin cambio, periodo 2007-2012

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4.2 Cuantificación de cambio de cobertura y uso de suelo periodo 2012-2017

Los tipos de cobertura han experimentado un cambio general de su superficie en una extensión de 26 125,7 hectáreas que representa el 1,63 % del área departamental; mientras que 1 577 251,5 hectáreas es equivalente a 98,37 % del área total del departamento, permaneciendo sin cambio (tabla 18 y figura 29)

Tabla 18

Superficie y porcentaje de las áreas con y sin cambio en la cobertura y uso del suelo, periodo 2012-2017

CAMBIO	AREA (ha)	%
Areas sin cambio	1577251,5	98,37
Areas con cambio	26125,7	1,63
AREA TOTAL	1603377,3	100,00

Fuente: Elaboración propia.

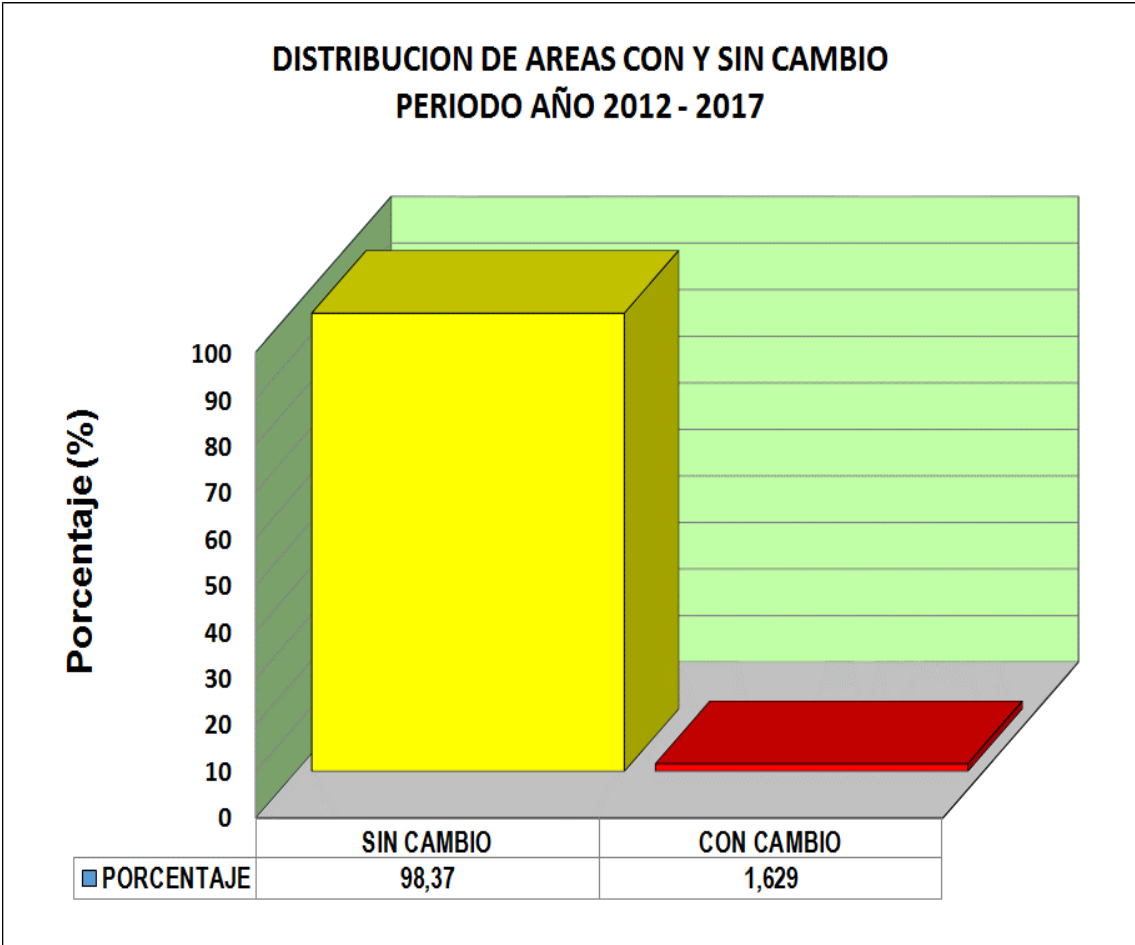


Figura 29. Porcentaje de las áreas con y sin cambio, periodo 2012-2017.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 30 muestra la distribución espacial de la superficie de cambios en la cobertura y uso del suelo para el periodo 2012 - 2017. Las áreas de color rojo simbolizan los espacios en donde han ocurrido cambios por cobertura a lo largo de este periodo; mientras que las áreas de color amarillo, son espacios donde no ha ocurrido cambio de cobertura; se observa que continúa los cambios de cobertura de bosques y áreas mayormente naturales en áreas agrícolas en la zona costera (La Yarada, Protter Sama y Sitana), de igual forma se observa cambios de cobertura de bosques y áreas mayormente naturales en áreas artificializadas en la zona costera; mientras que en las zonas altoandinas se observa cambios de cobertura de áreas agrícolas en bosques y áreas mayormente naturales, de igual forma cambios de cobertura de superficies de agua en bosques y áreas mayormente naturales.

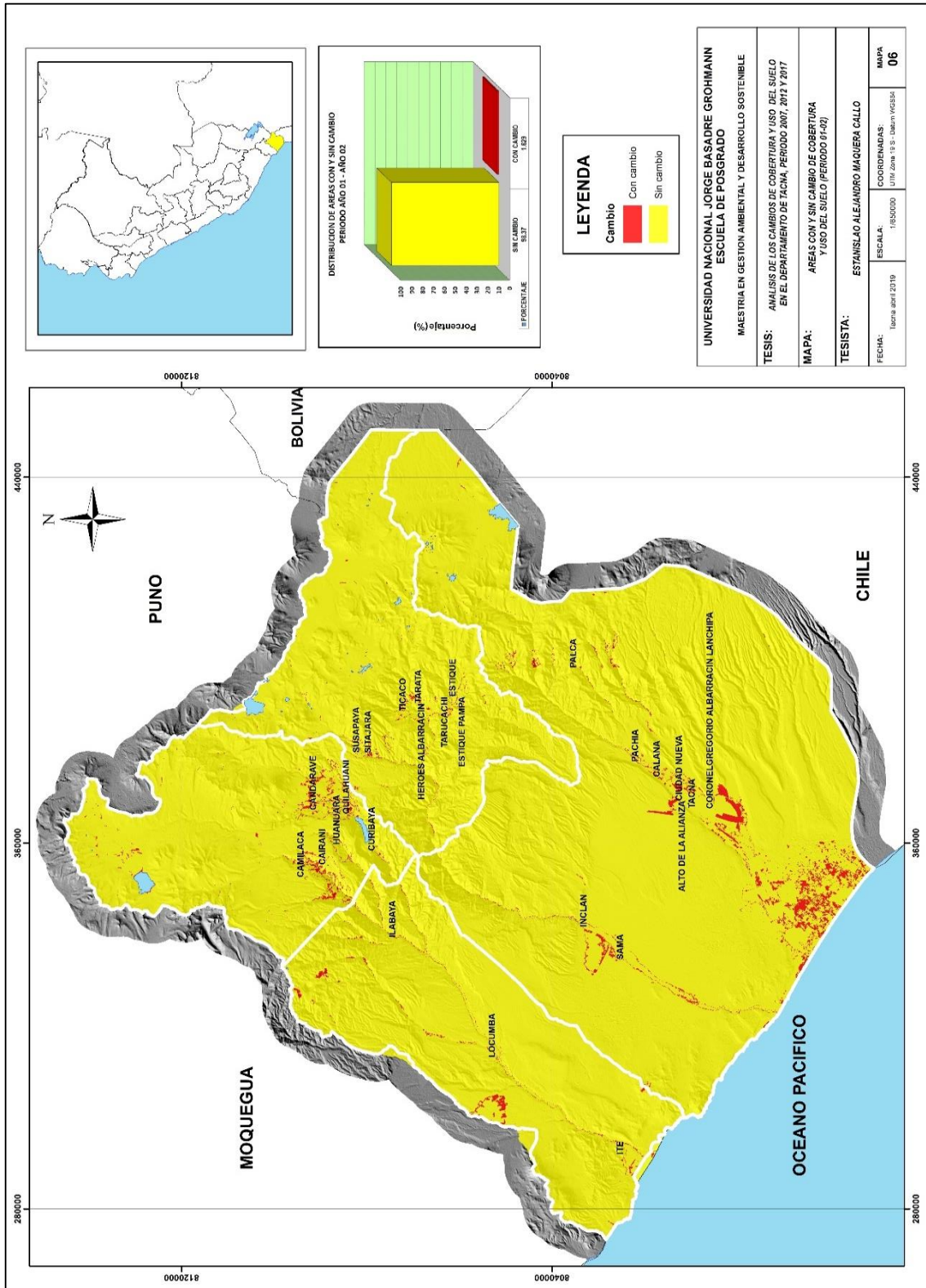


Figura 30. Distribución espacial de áreas con y sin cambio, periodo 2012-2017.

Fuente: Elaboración propia

5.3.4.3 Cuantificación de cambio de cobertura y uso de suelo periodo 2007-2017

Los tipos de cobertura han experimentado un cambio general de su superficie en una extensión de 35 999,8 hectáreas que representa el 2,25 % del área departamental; mientras que 1 567 377,5 hectáreas es equivalente a 97,75 % del área total del departamento, permaneciendo sin cambio (tabla 19 y figura 31).

Tabla 19

Superficie y porcentaje de las áreas con y sin cambio en la cobertura y uso del suelo, periodo 2007-2017

CAMBIO	AREA (ha)	%
Areas sin cambio	1567377,5	97,75
Areas con cambio	35999,8	2,25
AREA TOTAL	1603377,3	100,00

Fuente: Elaboración propia.

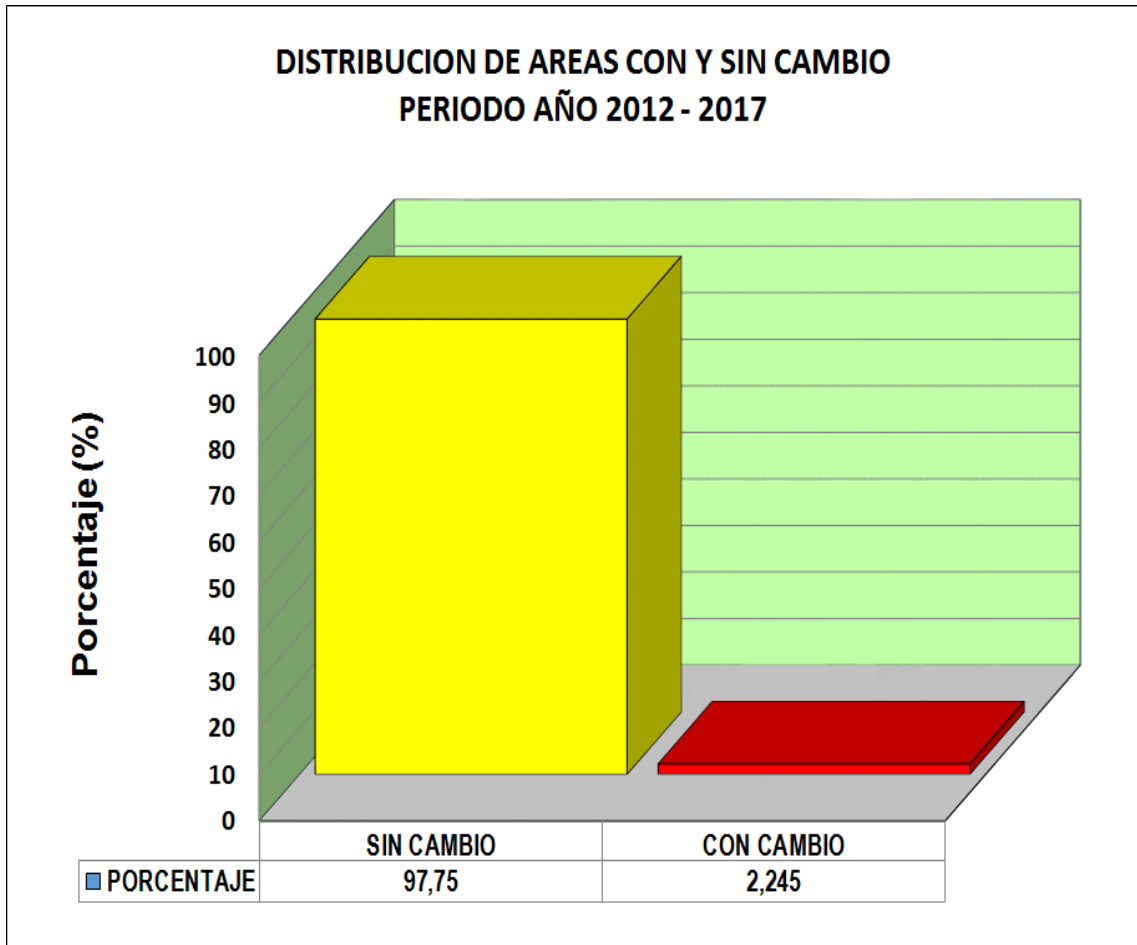


Figura 31. Porcentaje de las áreas con y sin cambio, periodo 2007-2017.

Fuente: Elaboración propia

La figura 32, muestra la distribución espacial de la superficie de cambios en la cobertura y uso del suelo para el periodo 2007 - 2017. Las áreas de color rojo simbolizan los espacios en donde han ocurrido cambios por cobertura a lo largo de este periodo; mientras que las áreas de color amarillo, son espacios donde no ha ocurrido cambio de cobertura; se observa que las coberturas de suelo donde hay cambios los mayores cambios corresponde a la zona costera, predominando cambios de cobertura de bosques y áreas mayormente naturales en áreas agrícolas en la zona (La Yarada, Protter Sama y Sitana), de igual forma se observa cambios de cobertura de bosques y áreas mayormente naturales en áreas artificializadas; mientras que en las zonas altoandinas predominan los cambios de cobertura de áreas agrícolas en bosques y áreas mayormente naturales, áreas húmedas en bosques y áreas mayormente naturales y cobertura de superficies de agua en bosques y áreas mayormente naturales.

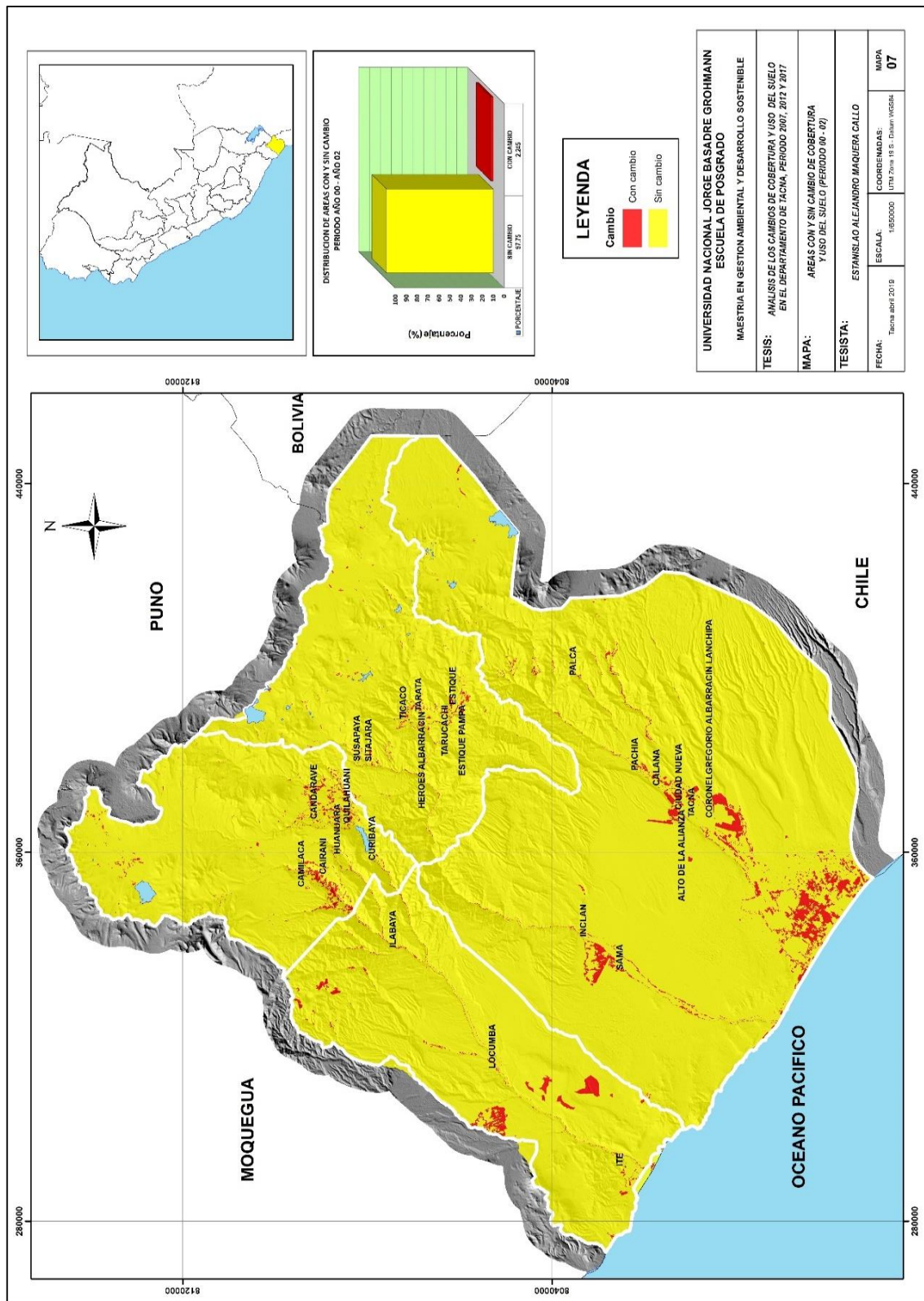


Figura 32. Distribución espacial de áreas con y sin cambio, periodo 2007-2017.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.5 Transición de los cambios de cobertura y uso del suelo. Nivel I

















5.3.5.1 Transición de cambio de cobertura y uso de suelo, periodo 2007-2012

Las transiciones de cobertura vegetal y uso de suelo se realizaron en los períodos: 2007-2012, 2012-2017 y 2007-2017, siendo este último el análisis entre el año inicial versus el año final.

El análisis de los cambios de la cobertura y uso del suelo, se centró en el Nivel I de la clasificación de coberturas. Como resultado del análisis espacial, se elaboró la tabla 20, que muestra siete clases de cobertura que por la dinámica territorial fueron cambiados a otras coberturas, generando a la vez 15 tipos de cambio diferentes.

Tabla 20

Superficie de cambios de la cobertura y uso del suelo, periodo 2007-2012

CAMBIO DE COBERTURA				
CODIGO	CUS - 2007	CUS 2012	AREA (ha)	%
 1 - 2	Areas artificializadas	Areas agrícolas	37,37	0,002
 1 - 3	Areas artificializadas	Bosques y áreas mayormente naturales	1,59	0,0001
 2 - 1	Areas agrícolas	Areas artificializadas	125,46	0,008
 2 - 3	Areas agrícolas	Bosques y áreas mayormente naturales	8402,93	0,524
 2 - 4	Areas agrícolas	Areas húmedas	0,07	0,000005
 3 - 1	Bosques y áreas mayormente naturales	Areas artificializadas	4205,83	0,262
 3 - 2	Bosques y áreas mayormente naturales	Areas agrícolas	9916,56	0,618
 3 - 4	Bosques y áreas mayormente naturales	Areas húmedas	60,37	0,004
 3 - 5	Bosques y áreas mayormente naturales	Superficies de agua	129,78	0,008
 4 - 1	Areas húmedas	Areas artificializadas	0,25	0,00002
 4 - 2	Areas húmedas	Areas agrícolas	7,41	0,0005
 4 - 3	Areas húmedas	Bosques y áreas mayormente naturales	719,59	0,045
 4 - 5	Areas húmedas	Superficies de agua	3,52	0,0002
 5 - 3	Superficies de agua	Bosques y áreas mayormente naturales	40,30	0,003
 5 - 4	Superficies de agua	Areas húmedas	16,43	0,001
	SIN CAMBIO		1579709,827	98,52
TOTAL			1603377,3	100,0

Fuente: Elaboración propia

- La categoría de áreas artificializadas ha experimentado dos cambios, de los cuales el más significativo es de áreas agrícolas, con una extensión de 37,37 hectáreas (0,002 % del área total del departamento).
- Las áreas agrícolas han experimentado tres cambios, de los cuales el más significativo es de bosques y áreas mayormente naturales, con una extensión de 8 402,93 hectáreas (0,52 % del área total del departamento).
- Para la categoría bosques y áreas mayormente naturales, se ha logrado encontrar cuatro cambios, de los cuales los que abarcan mayor área de extensión fueron: áreas agrícolas con 9 916,56 hectáreas (0,62 % del área del departamento) y áreas artificializadas con 4 205,83 hectáreas (0,26 % del área del departamento).
- La cobertura áreas húmedas ha sufrido cuatro cambios, de los cuales el más predominante es de bosques y áreas mayormente naturales, con una extensión de 719,59 hectáreas (0,045 % del área del departamento).
- La cobertura de superficies de agua, ha experimentado dos tipos de cambios diferentes, el más predominante es el de bosques y áreas mayormente naturales, con una expansión de 40,30 hectáreas (0,003% del área del departamento).

En el análisis de esta investigación de cambios de cobertura en el periodo 2007-2012 se ha podido determinar que la mayoría de cambios que abarcan mayor extensión de territorio, son aquellos que se dan por la ampliación de la frontera agrícola y las áreas urbanas en especial en la zona de costa; mientras que en las zonas altoandinas se observa la pérdida de áreas húmedas (bofedales), áreas agrícolas y superficies de agua (lagunas, ríos, nevados), tal y como se puede observar en la figura 33.

La matriz de transición de cobertura vegetal y uso de suelo entre el año 2007 y 2012, con una extensión de 1 603 377,30 ha., en el área de estudio, indica que 1 579 709,83 ha., mantuvieron su cobertura inicial (98,52 %), mientras que el 1,5 % restante representa áreas que presentaron un cambio de cobertura.

Los cambios más sobresalientes son: 9 916,56 ha., de bosques y áreas mayormente naturales se transformó en áreas agrícolas; 8 402,93 ha., de áreas agrícolas se transformó en bosques y áreas mayormente naturales; 4 205,83 ha., de bosques y áreas mayormente naturales en áreas artificializadas; 719,59 ha., de áreas húmedas en bosques y áreas mayormente naturales; 40,31 ha., de superficies de agua en bosques y áreas mayormente naturales (Tabla 21).

Tabla 21

Matriz de transición periodo 2007-2012 en hectáreas

Transición 2007/2012	2012					Total	Pérdida
	Áreas Artificializadas	Áreas agrícolas	Bosques y áreas mayormente naturales	Áreas húmedas	Superficies de agua		
Áreas Artificializadas	14092,01	37,37	1,59			14130,98	38,97
Áreas agrícolas	125,46	47707,59	8402,93	0,07		56236,05	8528,46
Bosques y áreas mayormente naturales	4205,83	9916,56	1500394,95	60,37	129,78	1514707,50	14312,54
Áreas húmedas	0,25	7,41	719,59	13560,13	3,52	14290,90	730,77
Superficies de agua			40,30	16,43	3955,14	4011,86	56,73
Total	18423,55	57668,94	1509559,36	13637,00	4088,44		
Ganancias	4331,54	9961,35	9164,41	76,87	133,30		

Fuente: Elaboración propia

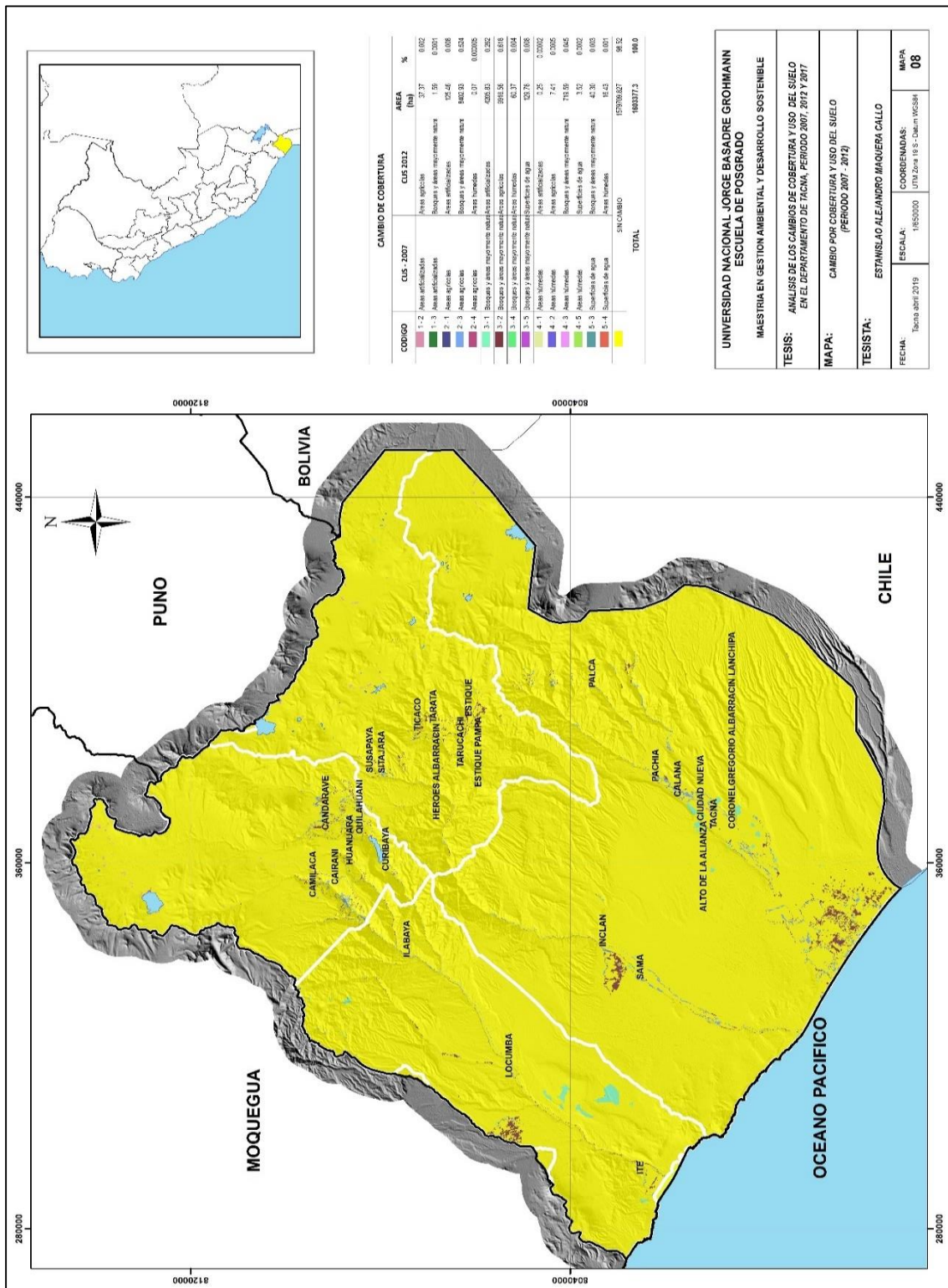


Figura 33. Distribución espacial de transición de cambio de coberturas, periodo 2007-2012.
















Fuente: Elaboración propia

5.3.5.2 Transición de cambios cobertura y uso de suelo, periodo 2012-2017

El análisis de los cambios de la cobertura y uso del suelo, se centró en el Nivel I de la clasificación de coberturas periodo 2012 y 2017. Como resultado del análisis espacial, se elaboró la tabla 22, que muestra siete clases de cobertura que por la dinámica territorial fueron cambiados a otras coberturas, generando a la vez 14 tipos de cambio diferentes.

Tabla 22

Superficie de cambios de la cobertura y uso del suelo, periodo 2012-2017

CAMBIO DE COBERTURA				
CODIGO	CUS - 2012	CUS 2017	AREA (ha)	%
 1 - 2	Areas artificializadas	Areas agricolas	8,05	0,001
 1 - 3	Areas artificializadas	Bosques y áreas mayormente naturales	3,39	0,0002
 2 - 1	Areas agricolas	Areas artificializadas	212,97	0,013
 2 - 3	Areas agricolas	Bosques y áreas mayormente naturales	6199,19	0,387
 2 - 4	Areas agricolas	Areas húmedas	7,41	0,0005
 3 - 1	Bosques y áreas mayormente naturales	Areas artificializadas	3834,90	0,239
 3 - 2	Bosques y áreas mayormente naturales	Areas agricolas	14251,43	0,889
 3 - 4	Bosques y áreas mayormente naturales	Areas húmedas	146,27	0,009
 3 - 5	Bosques y áreas mayormente naturales	Superficies de agua	9,72	0,001
 4 - 1	Areas húmedas	Areas artificializadas	4,16	0,0003
 4 - 3	Areas húmedas	Bosques y áreas mayormente naturales	854,91	0,053
 4 - 5	Areas húmedas	Superficies de agua	6,11	0,0004
 5 - 3	Superficies de agua	Bosques y áreas mayormente naturales	572,73	0,036
 5 - 4	Superficies de agua	Areas húmedas	14,50	0,001
	SIN CAMBIO		1577251,55	98,37

Fuente: Elaboración propia

- La categoría de áreas artificializadas ha experimentado dos cambios, de los cuales el más significativo es de áreas agrícolas, con una extensión de 8,05 hectáreas (0,001 % del área total del departamento).
- Las áreas agrícolas han experimentado tres cambios, de los cuales el más significativo es de bosques y áreas mayormente naturales, con una extensión de 6 199,19 hectáreas (0,39 % del área total del departamento).
- Para la categoría bosques y áreas mayormente naturales, se ha logrado encontrar cuatro cambios, de los cuales los que abarcan mayor área de extensión fueron: áreas agrícolas con 14 251,43 hectáreas (0,89 % del área del departamento) y áreas artificializadas con 3 834,90 hectáreas (0,24 % del área del departamento).
- La cobertura áreas húmedas ha sufrido tres cambios, de los cuales el más predominante es de bosques y áreas mayormente naturales, con una extensión de 854,91 hectáreas (0,05 % del área del departamento).
- La cobertura de superficies de agua, ha experimentado dos tipos de cambios diferentes, el más predominante es el de bosques y áreas mayormente naturales, con una expansión de 572,73 hectáreas (0,04% del área del departamento).

En el análisis de esta investigación de cambios de cobertura en el periodo 2012-2017 se ha podido determinar que la mayoría de cambios que abarcan mayor extensión de territorio, son aquellos que se dan por la ampliación de la frontera agrícola y las áreas urbanas en especial en la zona de costa; mientras que en las zonas altoandinas se observa la pérdida de áreas húmedas (bofedales), áreas agrícolas y superficies de agua (lagunas, ríos, nevados), tal y como se puede observar en la figura 34.

La matriz de transición de cobertura vegetal y uso de suelo entre el año 2012 y 2017, con una extensión de 1 603 377,30 ha., en el área de estudio, indica que 1 577 251,55 ha., mantuvieron su cobertura inicial (98,37 %), mientras que el 1.6 % restante representa áreas que presentaron un cambio de cobertura.

Los cambios más sobresalientes son: 14 251,43 ha., de bosques y áreas mayormente naturales se transformó en áreas agrícolas; 6 199,19 ha., de áreas agrícolas se transformó en bosques y áreas mayormente naturales; 3 834,90 ha., de bosques y áreas mayormente naturales en áreas artificializadas; 854,91 ha., de áreas húmedas en bosques y áreas mayormente naturales; 572,73 ha., de superficies de agua en bosques y áreas mayormente naturales. Tabla 23.

Tabla 23

Matriz de transición periodo 2012-2017 en hectáreas

Transición 2012/2017	2017					Total	Pérdida
	Áreas Artificializadas	Áreas agrícolas	Bosques y áreas mayormente naturales	Áreas húmedas	Superficies de agua		
Áreas Artificializadas	18412,11	8,05	3,39			18423,55	11,44
Áreas agrícolas	212,97	51249,38	6199,19	7,41		57668,94	6419,56
2012 Bosques y áreas mayormente naturales	3834,90	14251,43	1491317,03	146,27	9,72	1509559,36	18242,33
Áreas húmedas	4,16		854,91	12771,83	6,11	13637,00	865,18
Superficies de agua			572,73	14,50	3501,21	4088,44	587,23
Total	22464,14	65508,86	1498947,25	12940,01	3517,04		
Ganancias	4052,03	8,05	7630,22	168,18	15,83		

Fuente: Elaboración propia

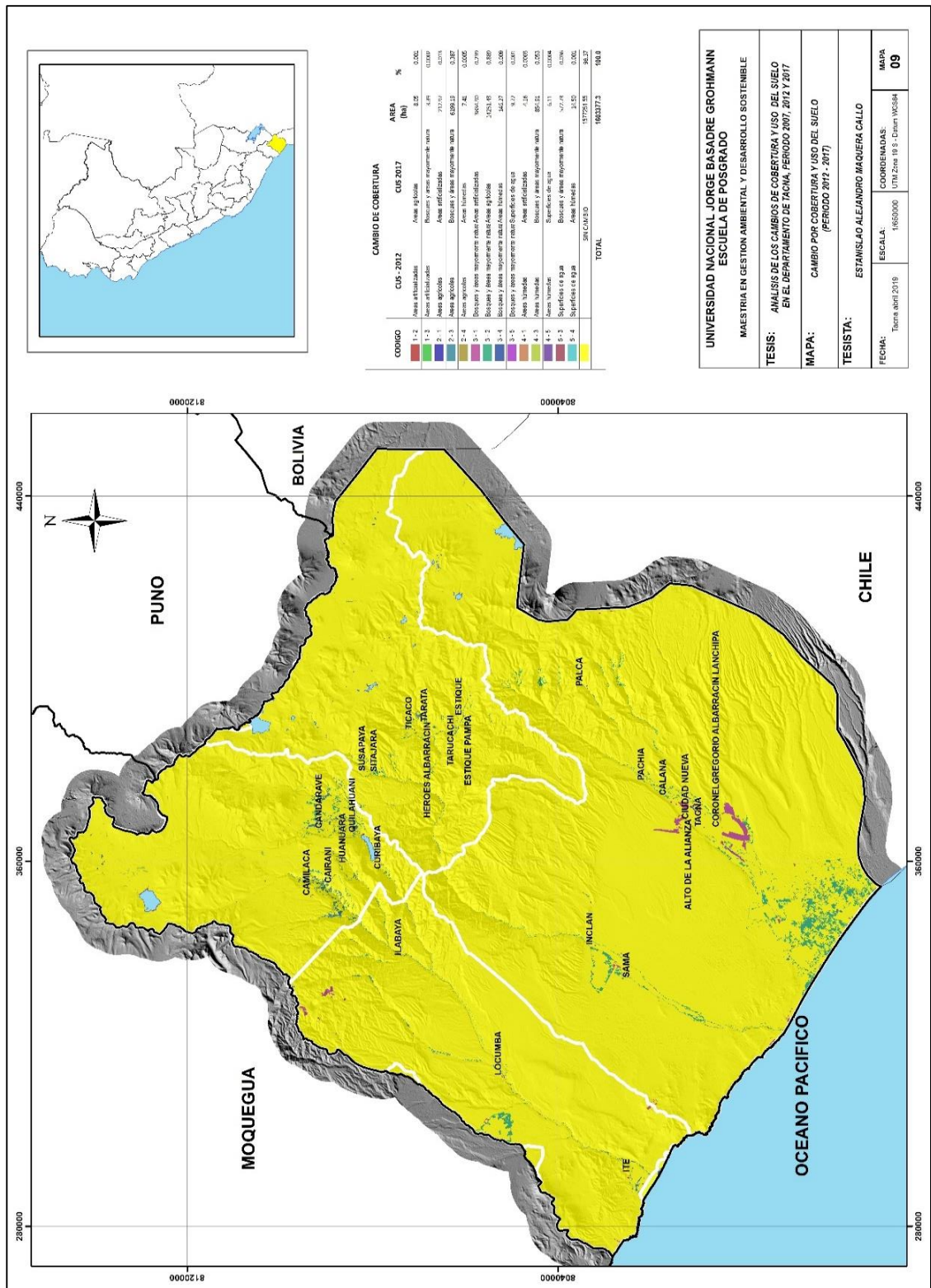


Figura 34. Distribución espacial de la transición de cambio de coberturas, periodo 2012-2017.
















Fuente: Elaboración propia

5.3.5.3 Transición de cambios de cobertura y uso de suelo, periodo 2007-2017

Las transiciones de cobertura vegetal y uso de suelo se realizaron con los periodos 2007-2017, siendo este análisis entre el año inicial versus el año final. Como resultado del análisis espacial, se elaboró la tabla 24, que muestra siete clases de cobertura que por la dinámica territorial fueron cambiados a otras coberturas, generando a la vez 14 tipos de cambio diferentes.

Tabla 24

Superficie de cambios de la cobertura y uso del suelo, periodo 2007-2017

CAMBIO DE COBERTURA					
CODIGO	CUS - 2007	CUS 2017	AREA (ha)	%	
	1 - 2	Areas artificializadas	Areas agrícolas	5,96	0,0004
	1 - 3	Areas artificializadas	Bosques y áreas mayormente naturales	0,93	0,00006
	2 - 1	Areas agrícolas	Areas artificializadas	395,15	0,025
	2 - 3	Areas agrícolas	Bosques y áreas mayormente naturales	7911,32	0,493
	2 - 4	Areas agrícolas	Areas húmedas	0,07	0,000005
	3 - 1	Bosques y áreas mayormente naturales	Areas artificializadas	7940,49	0,495
	3 - 2	Bosques y áreas mayormente naturales	Areas agrícolas	17573,39	1,096
	3 - 4	Bosques y áreas mayormente naturales	Areas húmedas	117,13	0,007
	3 - 5	Bosques y áreas mayormente naturales	Superficies de agua	29,02	0,002
	4 - 1	Areas húmedas	Areas artificializadas	4,41	0,0003
	4 - 3	Areas húmedas	Bosques y áreas mayormente naturales	1485,12	0,093
	4 - 5	Areas húmedas	Superficies de agua	6,48	0,000
	5 - 3	Superficies de agua	Bosques y áreas mayormente naturales	502,41	0,031
	5 - 4	Superficies de agua	Areas húmedas	27,92	0,002
		SIN CAMBIO		1567377,509	97,755
TOTAL			1603377,3	100,0	

Fuente: Elaboración propia

- La categoría de áreas artificializadas ha experimentado dos cambios, de los cuales el más significativo es de áreas agrícolas, con una extensión de 5,96 hectáreas (0,0004 % del área total del departamento).
- Las áreas agrícolas han experimentado tres cambios, de los cuales el más significativo es de bosques y áreas mayormente naturales, con una extensión de 7 911,32 hectáreas (0,46 % del área total del departamento).
- Para la categoría bosques y áreas mayormente naturales, se ha logrado encontrar cuatro cambios, de los cuales los que abarcan mayor área de extensión fueron: áreas agrícolas con 17 573,39 hectáreas (1,096 % del área del departamento) y áreas artificializadas con 7 940,49 hectáreas (0,49 % del área del departamento).
- La cobertura áreas húmedas ha sufrido tres cambios, de los cuales el más predominante es de bosques y áreas mayormente naturales, con una extensión de 1 485,12 hectáreas (0,09 % del área del departamento).
- La cobertura de superficies de agua, ha experimentado dos tipos de cambios diferentes, el más predominante es el de bosques y áreas mayormente naturales, con una expansión de 502,41 hectáreas (0,03 % del área del departamento).

En el análisis de esta investigación de cambios de cobertura en el periodo 2007-2017 se ha podido determinar que la mayoría de cambios que abarcan mayor extensión de territorio, son aquellos que se dan por la ampliación de la frontera agrícola y las áreas urbanas en especial en la zona de costa; mientras que en las zonas altoandinas se observa la pérdida de áreas húmedas (bofedales), áreas agrícolas y superficies de agua (lagunas, ríos, nevados), tal y como se puede observar en la figura 35.

La matriz de transición de cobertura vegetal y uso de suelo entre el año 2007 y 2017, con una extensión de 1 603 377,30 ha., en el área de estudio, indica que

1 567 377,51 ha., mantuvieron su cobertura inicial (97,75 %), mientras que el 2.2 % restante representa áreas que presentaron un cambio de cobertura.

Los cambios más sobresalientes son: 17 573,39 ha., de bosques y áreas mayormente naturales se transformó en áreas agrícolas; 7 940,49 ha., de bosques y áreas mayormente naturales en áreas artificializadas; 7 911,32 ha., de áreas agrícolas en bosques y áreas mayormente naturales; 1 485,12 ha., de áreas húmedas en bosques y áreas mayormente naturales; 502,41 ha., de superficies de agua en bosques y áreas mayormente naturales. Tabla 25.

Tabla 25

Matriz de transición periodo 2007-2017 en hectáreas

Transición 2007/2017	2017					Total	Pérdida
	Áreas Artificializadas	Áreas agrícolas	Bosques y áreas mayormente naturales	Áreas húmedas	Superficies de agua		
Áreas Artificializadas	14124,09	5,96	0,93			14131,0	6,88
Áreas agrícolas	395,15	47929,51	7911,32	0,07		56236,1	7911,39
Bosques y áreas mayormente naturales	7940,49	17573,39	1489047,47	117,13	29,02	1514707,5	25660,03
Áreas húmedas	4,41		1485,12	12794,89	6,48	14290,9	1496,01
Superficies de agua			502,41	27,92	3481,54	4011,9	530,33
Total	22464,1	65508,9	1498947,2	12940,0	3517,0		
Ganancias	8340,05	17579,35	9899,78	145,12	35,49		

Fuente: Elaboración propia

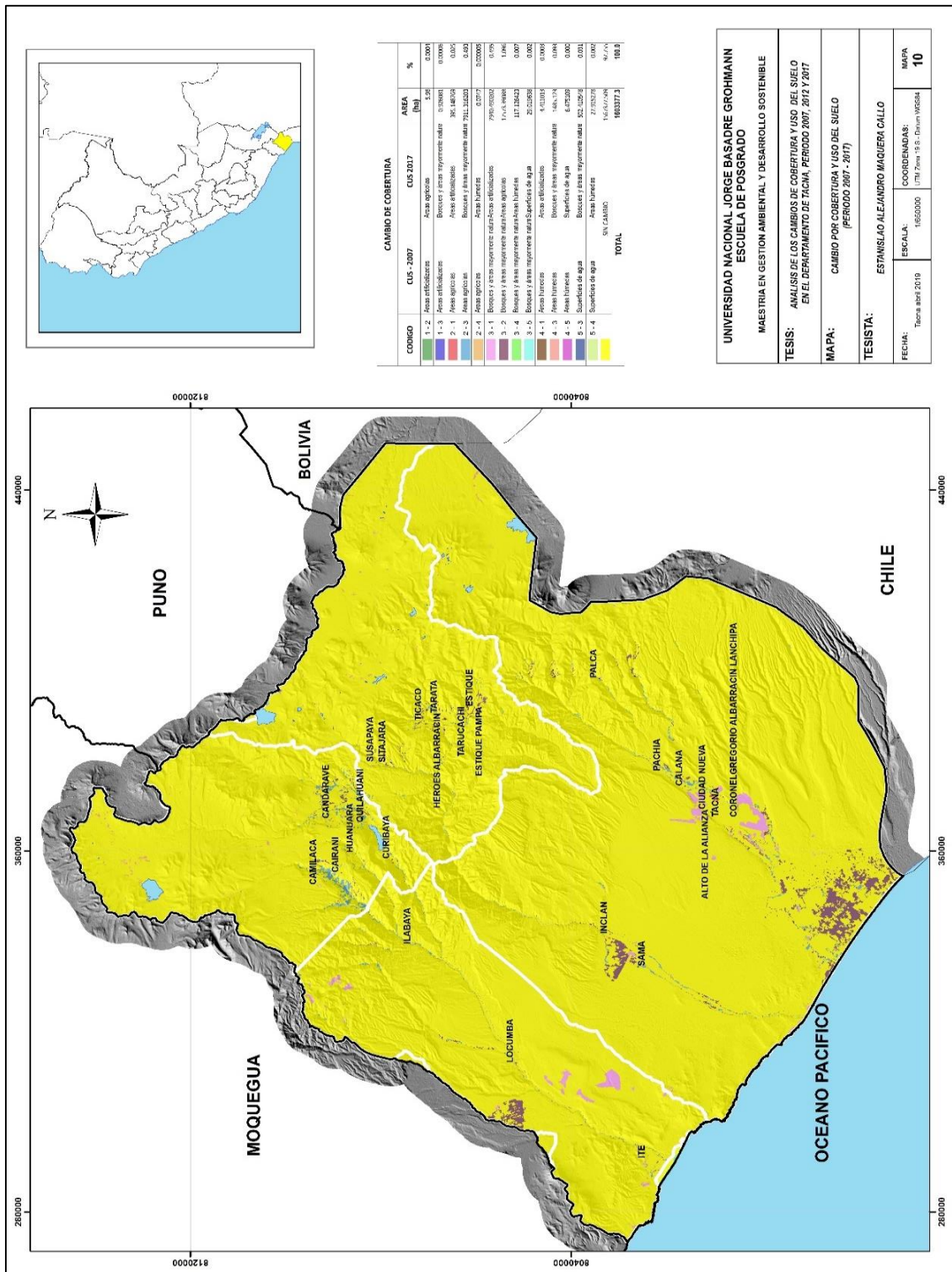


Figura 35. Distribución espacial de transición de cambio de coberturas, periodo 2007-2017.

Fuente: Elaboración propia

5.4 EFECTOS GENERADOS POR EL CAMBIO DE LA COBERTURA Y USO DE SUELO, EN EL TERRITORIO

En la naturaleza, debido a los cambios de cobertura y uso de la tierra se producen efectos a favor o en contra de sí mismas, de ahí que es necesario la identificación, análisis y caracterización de los mismos para ver las posibles amenazas a la diversidad biológica, el cambio climático local, regional y global, la degradación del suelo alterando su funcionamiento y de los servicios ecosistémicos, así como la vulnerabilidad de los ecosistemas y de la población humana frente a los cambios climáticos y las perturbaciones tanto naturales como humanas; de ahí que el análisis de cambios de cobertura contribuye para el diseño de políticas y estrategias de planificación, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales.

Efectos de los cambios de cobertura

a. Sobre el suelo

El departamento de Tacna, según la Dirección Regional Sectorial Agraria-Tacna, cuenta con 28 690 ha. (1,78%) de superficie de área cultivada y tiene potencialmente una superficie cultivable de 74 890 ha (4.97%), lo cual es de vital importancia porque permiten la seguridad alimentaria de la población y la mantención de la agricultura. Sin embargo, a lo largo de estos años, en la zona costera de nuestro departamento, ha existido un crecimiento con respecto a la expansión urbana, con lo cual, poco a poco está disminuyendo el uso de suelos por parte de la actividad agrícola, Sin embargo, muy distinto es el panorama en la zona altoandina, donde todavía se viene realizando actividades agrícolas, obviamente en zonas con condiciones climáticas y edáficas adecuadas.

Actividades económicas productivas desarrolladas por las poblaciones rurales, conducen a una utilización de la cobertura vegetal poco sostenible de las actividades agrícolas en el departamento, provocando un retiro de la cubierta

vegetal por extracción o por sobrepastoreo, produciendo efectos que se relacionan con la alteración o destrucción de la cubierta vegetal natural.

Las actividades extractivas ocasionadas por la minería, durante los procesos de exploración y explotación, alteran la fisiografía del lugar; los movimientos de tierra para la extracción de los recursos minerales, conllevan a su remoción, propiciando erosión, con una alteración de sus características físicas (textura, estructura, permeabilidad), así como la pérdida de horizontes y en consecuencia del perfil y la modificación de la topografía en el área impactada, lo que ocasiona en un momento la pérdida de estabilidad del suelo. También se ve afectado el subsuelo, alterando los cursos de agua subterránea, modificando la infiltración del agua a través del perfil del suelo, generando contaminación al medio ambiente cercano y afectando la calidad de los recursos naturales.

El uso de agua residuales de mala calidad o no tratadas, representa un peligro para la agricultura y para la salud humana; en el suelo, provoca su degradación y con ello un cambio de uso de este recurso natural debido a la contaminación.

En zonas de cuenca medios los cambios de cobertura, a consecuencia de ampliación de la frontera agrícola, en tiempos de avenida han generado la pérdida de suelos agrícolas a través de erosión a consecuencia de desbordes y escurrimiento.

b. Sobre la vegetación

Los efectos negativos que se producen generalmente están debido a razones antropogénicas y fenómenos climáticos.

La extracción de cobertura vegetal de los ecosistemas se realiza sin ningún tipo de consideración, y son difíciles muchas veces de reponer

naturalmente, generando cambios en la intercepción de la cantidad de agua de lluvia, erosión de suelo, pérdida de capacidad productiva de suelo.

Otro efecto negativo es la fragmentación del paisaje lo que incide en una pérdida de biodiversidad perturbando el hábitat de las especies, lo que trae consigo una disminución en la superficie de área y provocando el aislamiento de las especies las cuales suelen ser más vulnerables a la extinción, generalmente esto provocado por la construcción de carreteras.

De igual manera, los impactos antrópicos como la quema, sobrepastoreo, contaminación ambiental, deforestación indican un futuro marcado en la desaparición de las comunidades vegetales, lo que limitan la regeneración de especies encaminando los ecosistemas hacia la desertificación y vulnerabilidad al cambio climático.

c. Sobre el agua

El agua, como recurso natural renovable, es indispensable para la vida y de uso fundamental para las diversas actividades humanas y productivas. Sin embargo, el departamento de Tacna, tiene como principal problema el acusado déficit hídrico, sumado a esto su baja calidad de aguas y condiciones climatológicas desfavorables, hacen que sea este un factor limitante para el desarrollo de determinadas actividades como ser la generación de energía, producción agrícola, suministro de agua potable, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria en un futuro.

El cambio climático está produciendo sus impactos en la zona alto andina, donde se hallan los nevados quienes sostienen el agua para las cuencas presentes, donde el resultado evidente es la disminución de los mismos. Esto reducirá los volúmenes de agua, dadas las condiciones del clima, siendo así la

humedad relativa el factor principal que limita la distribución de las plantas, animales y afecta la subsistencia de los habitantes. Como resultado de estas condiciones, las plantas y los animales se pueden ver afectadas por la escasez del recurso hídrico, los ecosistemas sufrirán ciertos ajustes debido a la variación climática, lo que ocasionará probablemente mermas en su población. Así el cambio climático está ocasionando variaciones en los regímenes de lluvias y temperaturas, con veranos más cálidos e inviernos más fríos.

Asimismo, se tiene que los efectos negativos se dan principalmente cuando se alteran los cuerpos de agua, a causa de las actividades antrópicas ya sea para la agricultura o para la minería, lo cual trae consigo una disminución de la capacidad de recarga y provisión del servicio ecosistémico hídrico. Así se tiene como ejemplo la notable pérdida de extensas áreas de bofedales, lo cual está asociado a la pérdida total de la cobertura de nieve de los antiguos nevados, según refiere la población de las zonas afectadas, asimismo existen lagunas en proceso de desecación. Según pobladores refieren este hecho al uso del agua con fines mineros, ya que esta es bombeada para ser usada en esta actividad. Este es un tema crucial en el manejo de este ecosistema que debiera ser evaluado a fin de establecer las medidas más adecuadas para recuperar, mantener o mejorar la productividad vegetal. Estos efectos serán severos debido a la intensificación de las actividades antropogénicas, repercutiendo en las partes bajas de las cuencas, aunado a esto tenemos la baja calidad de las aguas que muestran la presencia de elementos como el Arsénico, Boro, Aluminio y Hierro, debido a que en la zona alto andina del departamento de Tacna, de donde nacen los recursos hídricos, se presentan actividades volcánicas, que genera las características de la calidad de agua con la cual se abastece el departamento de Tacna, para sus diversas actividades tanto para uso poblacional como el desarrollo de actividades económicas.

El incremento de la actividad agrícola, sin planificación de uso de agua del acuífero La Yarada, conlleva al agotamiento del recurso hídrico, poniendo en

grave riesgo a futuro la situación de la actividad económica que se viene ejecutando en esta zona agrícola.

También, se pueden ver alterados varios componentes del ciclo hidrológico debido a la modificación del régimen local del agua debido a la fragmentación del paisaje y en las 3 diferentes actividades económicas y antrópicas.

5.5 IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS DE GESTIÓN

Según resultados del análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra, la superficie del departamento de Tacna, presenta áreas de cambios no compatibles con la vocación del suelo para producir de manera natural atentando contra el uso adecuado de los recursos naturales, generando áreas que requieren un tratamiento especial para apaciguar su degradación, que en esencia limitan el fortalecimiento del desarrollo sostenible territorial de Tacna; por lo que se requieren: políticas de uso de la tierra que involucren la participación de la población, autoridades, reglamentos e instrumentos técnicos y financieros para sustentar el progreso sostenible de las actividades socioeconómicas, reducir los riesgos de desastres, fomentar una situación de uso de tierra de forma sostenible. En ese sentido, se propone algunas medidas orientadas a promover dinámicas de cobertura y uso de la tierra sostenible

Tabla 26

Medidas de gestión para el cambio adecuado de la cobertura y uso de suelo

Medidas de gestión	Actividades referidas a medidas
Difusión permanente sobre las consecuencias negativas de los cambios inadecuados de la cobertura y uso del suelo	-Utilizar medios de comunicación masiva: Radio, televisión, afiches, folletos, etc. - Programas radiales y televisivos
Formular una política departamental de regulación de los cambios de uso de la tierra.	Reuniones de trabajo descentralizado con participación de asesores legales, previa revisión de la respectiva ley.
Fortalecer de la cadena productiva acuícola de importancia comercial en la región de Tacna	Elaborar proyectos de inversión pública.
Instalación del servicio de conservación y protección de reservas de agua	- Utilizar medios de comunicación masiva: Radio, televisión, afiches, folletos, etc. - Talleres de capacitación enfocados a la conservación de recurso hídrico.
Promover y fortalecer la actividad turística, en los sitios prioritarios por la belleza paisajística que presentan.	-Coordinar con representantes del Ministerio de Cultura.
Diseñar un nuevo modelo de desarrollo departamental, con enfoque de no explotar el entorno natural sino de manejarlo.	Utilizar las herramientas de gestión disponibles: ZEE, Plan de desarrollo regional concertado
Diseñar un programa departamental de manejo de cuencas con énfasis en la conservación de suelos.	Coordinar con direcciones sectoriales de la región.
Promover e impulsar el desarrollo de una agricultura moderna, competitiva orientada a la exportación y agroindustria, dentro de un marco de sostenibilidad, social, económica y ambiental.	Coordinación con la Dirección Regional de Agricultura, Dirección de Producción, SENASA y otros sectores para la búsqueda de mercados en el extranjero.
Conservación de tillandsiales ubicados en el cerro Intiorko con el fin de preservar esta especie desértica, que permite la	Coordinar con el MINAM para declarar como zona de protección el área de los tillandsiales ubicados en la ciudad de Tacna.

absorción de carbono, y crea un ambiente paisajístico.	
Conservar las áreas agrícolas las cuales permiten la producción de alimentos para la población.	Declarar las áreas agrícolas como zonas de tratamiento prioritario para su conservación.
Conservación de especies forestales ubicados en las partes altas, que permite la conservación de ecosistema, absorción de carbono, y crea un ambiente paisajístico.	-Utilizar medios de comunicación masiva: Radio, televisión, afiches, folletos, etc. - Talleres de capacitación enfocados a la conservación de los ecosistemas
Fomentar el mejoramiento del Plan de Contingencia para mitigar efectos de los desastres naturales por la creciente de ríos durante época de lluvias.	Priorizar inversiones para la identificación de zonas con niveles altos de peligro. - Coordinar con representantes de instituciones como del Indeci.
Implementar programas que permitan la siembra y cosecha de agua, el cual permitirá el aprovechamiento de recurso hídrico durante la época de lluvia y permitirá asegurar la disponibilidad hídrica para uso agrícola, poblacional y otros.	Elaborar proyectos de inversión pública. Realizar talleres de concientización a las comunidades sobre la importancia del ecosistema de los bofedales.
Conservación de especies forestales ubicados en la cordillera costera de Takahuay y Morro Sama, que permite la conservación de ecosistema, absorción de carbono, y crea un ambiente paisajístico.	Coordinar con el MINAM para declarar como zona de protección Takahuay y Morro Sama.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1 COBERTURAS DE USO DE SUELO

El análisis de las imágenes satelitales de los periodos de estudio (2007, 2012 y 2017) y la información de campo, considerando la metodología de clasificación CORINE Land Cover – CLC, desarrollado por el Ministerio del Ambiente-MINAM, el cual está sustentado en el Informe final del Proyecto “Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina” se ha logrado determinar un total de 48 tipos de cobertura y uso de suelo, clasificadas en diferentes niveles; el Nivel I con 5 tipos, Nivel II con 12 tipos, Nivel III con 31 tipos.

En el nivel I se han determinado 05 categorías de: Áreas artificializadas, Áreas agrícolas, Bosques y áreas mayormente naturales, Áreas húmedas y superficies de agua; estas categorías determinadas en el Nivel I en el departamento de Tacna, se ajusta a la clasificación según metodología CORINE LandCover – CLC y el informe final del Proyecto “Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina”.

Las coberturas de suelo determinadas en el año 2007 presentan diferentes áreas de ocupación en forma descendente comprende: Bosques y áreas mayormente naturales 94,47 %, Áreas agrícolas 3,51 %, áreas húmedas 0,89 %, Áreas artificializadas 0,88 % y Superficies de agua 0,25 %. Para el año 2012, las áreas que ocupan en forma descendente: Bosques y áreas mayormente naturales 94,15 %, Áreas agrícolas 3,60 %, Áreas artificializadas 1,15 %, Áreas húmedas 0,85 %, y Superficies de agua 0,25 %. Y el año 2017 las áreas que ocupan en forma descendente: Bosques y áreas mayormente naturales 94,49 %, Áreas agrícolas 4,09 %, Áreas artificializadas 1,40 %, Áreas húmedas 0,81 %, y Superficies de agua 0,22 %.

Debido a la ubicación geográfica del departamento de Tacna, y condiciones de aridez y su ubicación en la cabecera del desierto de Atacama, razón por lo cual se tiene que la cobertura de mayor porcentaje que ocupa el departamento de Tacna corresponde a **Bosques y áreas mayormente naturales**, dicha tipo de cobertura está constituido por **Bosques, áreas con vegetación herbácea-arbustivo y áreas sin o con poca vegetación (Nivel II)**, de las cuales la cobertura de áreas arenosas naturales – Nivel III que forma parte de la cobertura áreas sin o con poca vegetación Nivel II ocupa el mayor porcentaje del territorio departamental 42,10 %, en segundo lugar la cobertura de Herbazal Nivel III de la cobertura áreas con vegetación herbácea-arbustivo Nivel II ocupando el 22,02 % del territorio, en tercer y cuarto lugar se tiene las coberturas Arbustal y Cardonal (Nivel III) de la cobertura áreas con vegetación herbácea-arbustivo Nivel II abarcando del 11,88 % y 10,98 % del territorio departamental; podemos manifestar que el territorio de Tacna presenta en mayor porcentaje de ocupación de coberturas de bosques ubicados en la zona alto andina (queñoales, eucalipto y carzo), áreas de vegetación herbácea y/o arbustiva (ichu, tola, yareta y otros) y las áreas con poca vegetación ubicados en la costa (pampas) y afloramientos rocosos y salares (sierra).

La cobertura de áreas agrícolas (Nivel I), ocupa el segundo lugar abarcando un porcentaje de 3,51 % del total del territorio, de los cuales las coberturas (Nivel III) de mayor porcentaje son: cultivos polianuales (alfalfa, orégano) 1,23 %, cultivo olivo 0,74 % y cultivo asociado transitorio-polianual (alfalfa, orégano, maíz, papa, habas, otros anuales) 0,73 %; cobertura que concentra las actividades socio económicas de la población rural relacionadas a la producción de alimentos para consumo humano, industria y animales (ganadería), ubicadas en los valles costeros y altoandinos del departamento; según análisis de las coberturas durante el periodo de estudio se observa un incremento de áreas, las cuales se ubican principalmente en terrenos eriazos de la Pampa de La Yarada, dada la disponibilidad hídrica en el acuífero Caplina, la

misma que se viene realizando sin una planificación adecuada y es ocupada por poseesionarios.

La cobertura de áreas artificializadas (Nivel I), ocupa el tercer abarcando un porcentaje de 1,14 % del total del territorio, de los cuales las coberturas (Nivel III) de mayor porcentaje son: Tejido urbano continuo y discontinuo (zona urbana y rural) 0,36 %, áreas industriales y comerciales (locales comerciales, industria y seguridad), 0,18 % y explotación minera (Toquepala, Pucamarca) 0,15 %; las Áreas Urbanizadas concentran gran cantidad de actividades socio económicas, ya que es la zona donde se concentra la mayor población tanto a nivel urbano y rural; asimismo esta cobertura involucra la gran cantidad de predios estatales como los son del gobierno regional y otros bienes del estado, además, también se encuentra la presencia de campamentos mineros, que por el tiempo instalado y la envergadura que estos representan son considerados como tejido urbano continuo.

6.2 CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE SUELO

La coberturas de áreas agrícolas presenta un crecimiento continuo durante los periodos de análisis variando de 3,51 % (2007), 3,6 % (2012) hasta 4,09 % (2017), esto se debe a principalmente a la ampliación de la frontera agrícola en el sector agrícola La Yarada, mediante la explotación de agua subterránea del acuífero Caplina, ya que según cobertura de Nivel III correspondiente a cultivo de olivo donde se observa un incremento significativo de 0,74 % (2007) a 1,28 % (2017) de ocupación del territorio; y en menor proporción se tiene la ampliación de la frontera agrícola en la irrigación PROTER Sama, irrigación Pampa Sitana y las irrigaciones mediante el uso de aguas servidas en sector Copare, La Yarada y distrito Gregorio Albarracín.

La cobertura de áreas artificializadas también presenta un crecimiento continuo durante los periodos de análisis variando de 0,88 % (2007), 1,15 %

(2012) hasta 1,40 % (2017); durante el periodo de análisis la región de Tacna ha soportado un proceso migratorio profundo, convirtiéndola en una ciudad de migrantes, atraída por las oportunidades laborales y concentración de actividades económicas, generando mayor demanda de servicios básicos (salud, educación, saneamiento, etc.). Esta masa migratoria proviene de los departamentos del sur del país principalmente: Puno 61,1%, Arequipa 10,0%, Moquegua 5,4%, entre otros. En el año 2007 la región de Tacna contaba con una densidad poblacional de 19,6 Hab./Km², y al 2016 de 21,3 Hab./Km, convirtiendo a Tacna en uno de los departamentos con mayor crecimiento poblacional a nivel nacional, este crecimiento se concentra principalmente en la Provincia de Tacna y sus principales distritos. como son: distrito Crnl. Gregorio Albarracín Lanchipa, Distrito Alto de la Alianza, Distrito de Ciudad Nueva, y a este se suma la creación del nuevo distrito La Yarada Los Palos, según la Ley N° 30358, de fecha 7 de noviembre 2015.

La cobertura de Bosques y áreas mayormente naturales, son las que han sufrido los mayores descensos continuo durante los periodos de análisis variando de 94,47 % (2007), 94,15 % (2012) hasta 93,49 % (2017), situación que se produce debido a que esta cobertura a servido para la ocupación de las coberturas que han sufrido incremento como ser áreas agrícolas y áreas artificializadas; las áreas arenosas, herbazal ha ido disminuyendo descendentemente tanto en el periodo 1 y 2 respectivamente debido al cambio de uso debido a la ampliación de la frontera agrícola y la migración a provocado la urbanización; en relación a los bosques se observa la reducción de cobertura, posiblemente debido a las extracciones forestales de las personas que viven cerca, las cuales lo usan como combustible, materia prima para la construcción de sus casas.

La cobertura de áreas húmedas han presentado un descenso continuo durante los periodos de análisis variando de 0,89 % (2007), 0,85 % (2012) hasta 0,81 % (2017), situación que se debió a que el departamento de Tacna en los

últimos años se va visto afectada de manera significativa por el Cambio climático, el cual se ha evidenciado dentro del departamento, con la ausencia de lluvias en la zona alto andina y sumado a ello la ubicación geográfica de Tacna (cabecera del desierto de Atacama), hace más crítica la situación respecto a la disponibilidad del recurso hídrico, ocasionando que se desarrolle un proceso de desertificación, tal como se hizo mención en el informe desarrollado por la Comisión de Ciencia y Tecnología de Lucha contra la Desertificación del Ministerio del Ambiente en el año 2011, esta situación sería uno de los factores que estaría ocasionando la reducción de áreas de bofedales, ya que los bofedales al estar estrechamente unidos con la disponibilidad hídrica se ven directamente afectados con la falta de ausencias de lluvias, e incremento de temperaturas en la zona alto andina, lugar donde se ubican dichas coberturas.

La cobertura de superficie de agua tuvieron un comportamiento variable durante el primer periodo mantuvo su cobertura de 0,25 % (2007-2012), mientras que el segundo periodo (2012-2017) tuvo un descenso alcanzando el 0,22%; en el año 2012 y 2013 se evidenciaron años húmedos, presenciándose precipitaciones con valores por encima de lo normal, esto podría atribuir el hecho de que al momento de la captura de la imagen satelital varias lagunas permanentes de importancia hídrica presentaban un espejo de agua mayor al de año 2007; durante éste periodo se observa una incremento del espejo de agua de la laguna Suches, donde se reportó el incremento del nivel del agua alcanzando a 3,90 metros, en relación al año anterior; en el año 2014, 2015 y 2016 Tacna afrontó una época de años secos sucesivos, con precipitaciones cortas y en menor intensidad, ocasionando con ello la reducción de los espejos de agua de varias lagunas permanentes, entre ellas las lagunas de Suches, Vilacota, Paucarani, Aricota entre otras. Esta ausencia de precipitaciones provocó que en el año 2016 el MINAGRI declare en emergencia hídrica las cuencas de la región Tacna, a través de la Resolución Jefatural N° 313-2016-ANA y Decreto Supremo N° 089-2016-PCM donde el gobierno central declara en emergencia hídrica a 17 regiones del país, entre ellas el departamento de Tacna.

Los gradientes de cambio calculados en relación a porcentaje de área total indican un decremento de -0,98 % en Bosques y áreas mayormente naturales, -0,08 % en Áreas húmedas y -0,03 % en Superficies de agua; y un incremento de 0,58 % en Áreas agrícolas y 0,52 % en áreas artificializadas. De manera general indica que el incremento en áreas dedicadas a la agricultura fue el mayor porcentaje de cambio seguido de las zonas antrópicas que incluyen desde caminos, poblados, e infraestructura.

Los gradientes de cambio calculados en relación a la Tasa de cambio indican un decremento de -2,80 % en superficies de agua, -1,97 % en áreas húmedas, -0,21 % en bosques y áreas mayormente naturales; y un incremento de 3,10 % en áreas agrícolas y 9,71 % en áreas artificializadas. De manera general indica que el incremento en áreas dedicadas zonas antrópicas que incluyen desde caminos, poblados, e infraestructura, seguido de la agricultura con la ampliación de la frontera agrícola.

Resalta, el incremento de la tasa anual de la categoría áreas artificializadas y áreas agrícolas que corresponde a 9,71 % y 3,10 %, respectivamente. Este comportamiento se atribuye a la expansión de las áreas urbanizadas y a la ocupación de terrenos eriazos del estado por parte de la población con fines de lucro para vivienda y la ampliación de la frontera agrícola de forma ilegal específicamente en el sector La Yarada.

Con base en los resultados de la matriz de cambios se puede afirmar que, la superficie correspondiente a la categoría áreas agrícolas y áreas artificializadas se incrementó a expensas del área que comprendía a categoría de bosques y áreas mayormente naturales. Este análisis se sustenta en la aplicación de la observación directa, es decir, durante los recorridos de campo *in situ* se observó que la superficie cubierta por los bosques, vegetación herbácea y áreas con poca vegetación, disminuyó por la práctica de actividades relacionadas, principalmente por la expansión urbana y ampliación de la frontera agrícola.

CONCLUSIONES

1. Mediante el desarrollo de la metodología Random Forest sobre segmentos y el uso de la leyenda CORINE Land Cover (adaptada para el Perú) la presente investigación se logró identificar cinco categorías de cobertura vegetal y uso de suelo a Nivel I, 12 categorías de Nivel II y 31 categorías de Nivel III. Las categorías de Nivel I reflejan a grandes rasgos los tipos de cobertura de rasgo natural y antrópico del departamento de Tacna, constituido por: Áreas artificializadas, Áreas agrícolas, Bosques y áreas mayormente naturales, Áreas húmedas y superficies de agua.
2. Del análisis realizado para determinar los tipos de cobertura vegetal y uso de suelo, se ha determinado que durante el periodo 2007, la categoría que se presenta una mayor extensión es Bosque y áreas mayormente naturales con un área de 1 514 707,50 ha., representando el 94,47% del total del territorio, seguido de Áreas agrícolas con un total de 56 236,05 ha., representando el 3.51%, mientras que las coberturas de Áreas artificializadas, Áreas húmedas y Superficies de aguas ocuparon áreas de 14 130,98 ha., 14 230,90 ha., y 4 011,86 ha., respectivamente, representado los siguientes porcentajes 0,88 %, 0,895 y 0,25% del total del territorio.
3. Mediante el uso de la teledetección y los sistemas de información geográfica, se generaron mapas temáticos de la cobertura y uso del suelo para los años 2007, 2012 y 2017, con delimitación de las 31 categorías de III Nivel, además se elaboró los mapas de distribución espacial de áreas sin cambio y con cambio periodos 2007, 2012 y 2017; y de igual forma se elaboró los mapas de cambios de cobertura y uso del suelo a nivel I donde se identificó 15 tipos de cambios por cobertura, en los que el más resaltante es el cambio de Bosques y áreas mayormente naturales a Áreas agrícolas, ubicándose especial mente en la zona de La Yarada.

4. Según tasa de cambio periodo 2007-2017, se denotó un **incremento** en las coberturas Áreas artificializadas y Áreas agrícolas con valores de 9,71 % y 3,10 % respectivamente; asimismo, se denotó un descenso en las coberturas de Superficies de agua, Áreas húmedas y Bosques y mayormente naturales, con tasas de cambio de -2,60 %, -1,97 % y -0,21 % respectivamente; situación que se observa en el incremento de la frontera agrícola en el distrito La Yarada-Los Palos, y la migración ha conllevado el incremento de las áreas artificializadas. Según análisis de transición de coberturas entre los años 2007 y 2017, la cobertura que mayor cambio ha registrado es bosques y áreas mayormente naturales las cuales cambiaron a áreas agrícolas y áreas artificializadas en 17 573,39 ha., y 1 940,49 ha., respectivamente, lo que representa el 1,6 % del total del territorio en estudio.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un constante monitoreo en los cambios de cobertura vegetal y uso de suelo en el área de estudio, para cuantificar las ganancias y/o pérdidas de coberturas, esto ayudará a establecer líneas base para la toma de decisiones dirigidas a la protección de los ecosistemas.
3. Realizar este tipo de estudios a nivel provincial, distrital o área específica, dada la importancia proporciona información para la elaboración de planes de ordenamiento territorial, en la planeación de estrategias de conservación de los recursos naturales en la cuenca y en la búsqueda de patrones óptimos de uso de suelo en los municipios y localidades ubicados en el departamento de Tacna.
4. Promover el uso de imágenes satelitales que brinden mayor resolución espacial, para la realización de a mayor detalle y el margen de error sea mínimo.
5. Difundir el conocimiento de las diversas aplicaciones que tienen las herramientas de sistemas de información geográfica y la fotointerpretación de imágenes satelitales, a través del fortalecimiento de las capacidades humanas en instituciones como universidades, institutos, organizaciones, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara (2014). Estudio especializado: Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra. Cajamarca: Gobierno Regional Cajamarca. 255 p.

Amna & Sheikh (2015). Uso de la tierra mapeo de cambio y el análisis mediante teledetección y SIG: Un estudio de caso de la cuenca Simly, Islamabad, Pakistán. 70 p. Consultado 06 junio 2016.

Berlanmga, García, López & Ruíz (2010). Patrones de cambio de coberturas y usos del suelo en la región costa norte de Nayarit (1973-2000). Investigaciones Geográficas, n. 72, p. 7–22.

Banco Central de Reserva del Perú (2013). Encuentro Económico: Informe Económico y social Región Tacna. Lima.

Choez A. (2018). Tesis Análisis de la Cobertura Vegetal y Cambio de uso de Suelo en el área de Influencia del Canal Azúcar-río Verde mediante teledetección. Universidad de Guayaquil. Ecuador. 122.

Chuvieco (2010). Teledetección ambiental, la observación de la Tierra desde el espacio. España: Ariel, 2010. 528 p.

Chuvieco (1990). Fundamentos de Teledetección Espacial. (Segunda Edición) Madrid España: Ediciones RIALP S.A

Chuvieco & Salas (2002) Empleo de la teledetección en el Análisis de la deforestación tropical: el caso de la reserva forestal de Ticoporo (Venezuela). Serie Geográfica Serie Geográfica, vol. 10, 55 – 76

De la Torre (2015). Comparación de métodos para la clasificación de imágenes de satélite LANDSAT en paisajes heterogéneos del occidente de México. 23 p.

Consultado 06 julio 2016. Disponible
http://www.cudi.edu.mx/primavera_2015/presentaciones/03ES_Miroslava%20Tadeo.pdf

DRA-Tacna (2016). Producción y Exportación de Orégano de la Región de Tacna, 2016. Programa Presupuestal 0121 “Mejora de la Articulación de pequeños agricultores al Mercado”. Tacna, Perú. 59

DRA-Tacna (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2015-2016. Dirección de Estadística Agraria. Tacna, Perú. 2016.33

DRA Tacna (2004). Diagnóstico Agrario de Tacna. Oficina de Planificación. Tacna, Perú. 537.

Dzieszko (2014). Land-cover modelling using corine land cover data and multi-layer perceptron. *Quaestiones Geographicae*, v. 33, n. 1, p. 5-22, 2014. <http://dx.doi.org/10.2478/quageo-2014-0004>

Fernández (2001). El satélite LANDSAT, Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite LANSDAT. España. Universidad de Valladolid. 37 p.

GORE Huancavelica (2012). Informe Temático de Uso Actual de Tierra. Proyecto Desarrollo de Capacidades para el Ordenamiento Territorial en el departamento de Huancavelica. 82

GORE Tacna (2016). Memoria Anual 2016. Gobierno Regional de Tacna- Dirección Regional de Agricultura. Oficina de Planeamiento y Presupuesto. Tacna, Perú. 61

GORE Tacna (2014). Plan Basadre: Plan de Desarrollo Regional Concertado 2013-2023. Gerencia de Planeamiento y acondicionamiento Territorial. Tacna, Perú. 162

GORE Tacna (2015). Plan de Desarrollo Regional Concertado Tacna hacia el 2021. Gerencia de Planeamiento y acondicionamiento Territorial. Tacna, Perú. 162.

IDEAM (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, Colombia.72

INEI (2015). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2015. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú. 594.

INEI (2013). Cuentas Nacionales del Perú: Producto Bruto Interno por Departamentos 2001-2012. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú. 608

INEI (2013). Perú Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2012, Departamento de Tacna. Lima, Perú. 235

INIA (2012). Olivicultura de Presición. Centro de Investigación de Quilamapu. Chilian, Chile. Boletín Digital INIA N° 253. 170.

López, E; Bocco, G; Mendoza; M. (2000). Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. México (enea). 2017. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n45/n45a5.pdf>

Malette, (2012). Assessing Land Use and Land Cover Change in tropical dry forest of Northern Chinandega, Nicaragua from 1985 to 2011. Michigan, EE. UU. Michigan Technological University.

MINAGRI (2017). Mapa Interactivo del MINAGRI. Oficina General de Planeamiento y Presupuesto. Lima, Perú. 341.

MINAGRI (2017). Diagnóstico de Crianzas Priorizadas para el Plan Ganadero 2017-2021. Dirección General de Políticas Agrarias. Lima, Perú. 69.

MINAM, (2016). Procedimiento Técnico Metodológico para la Elaboración del “Estudio Especializado de Análisis de los cambios de Cobertura y Uso del Suelo”. Resolución Ministerial N° 081-2016-MINAM, 46.

MINAM, (2015). Mapa Nacional de Cobertura Vegetal-Memoria descriptiva. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú. 108.

MINAM, (2014). Análisis de las Condiciones de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina. Ministerio del Ambiente Lima, Perú. 78.

Municipalidad Provincial Jorge Basadre, (2012). Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Locumba PDU-L 2012-2021. Gerencia de Desarrollo Territorial e Infraestructura. Locumba, Perú. 330.

Municipalidad Provincial de Tacna, (2014). Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tacna 2014-2023. Gerencia de Desarrollo Urbano. Tacna, Perú.159.

ONU, (2012). Propuesta de Clasificación de Cobertura Vegetal y Uso del Suelo 2012. Informe final de Consultoría. Panamá. 30.

OPS/CEPIS, (1995). Evaluación Ambiental de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Tacna-Perú. Programa de Salud Ambiental. Lima, Perú. 23.

Pérez C. (2014). Identificación de Vegetación en Imágenes Satelitales. Tesis Master en Ciencias en Ingeniería de las Telecomunicaciones. Instituto Politécnico Nacional. Mexico.123.

Pérez & Muñoz (2006). Teledetección: nociones y aplicaciones. España: Universidad de Salamanca. 360 p.

Pérez, (2007). Introducción a los sensores remotos- Aplicaciones en Geología. Argentina. Uba. 45 p.

Reyes A., (2008). Tesis Cambios en la Cobertura del Suelo en el distrito de Cajamarca 1987-2004. Pontificia Universidad Católica del Perú. 88.

Rodríguez N. (2011). Deforestación y Cambio en la Cobertura del Suelo en Colombia: Dinámica Espacial, factores de cambio y modelamiento. Colombia. Creaf.134 p.

Rojas C. (2017). Tesis Análisis de los Cambios de Cobertura y uso del Suelo en el distrito de Ichocan, provincia de San Marcos-Cajamarca, periodo 1989-2015. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca. 140.

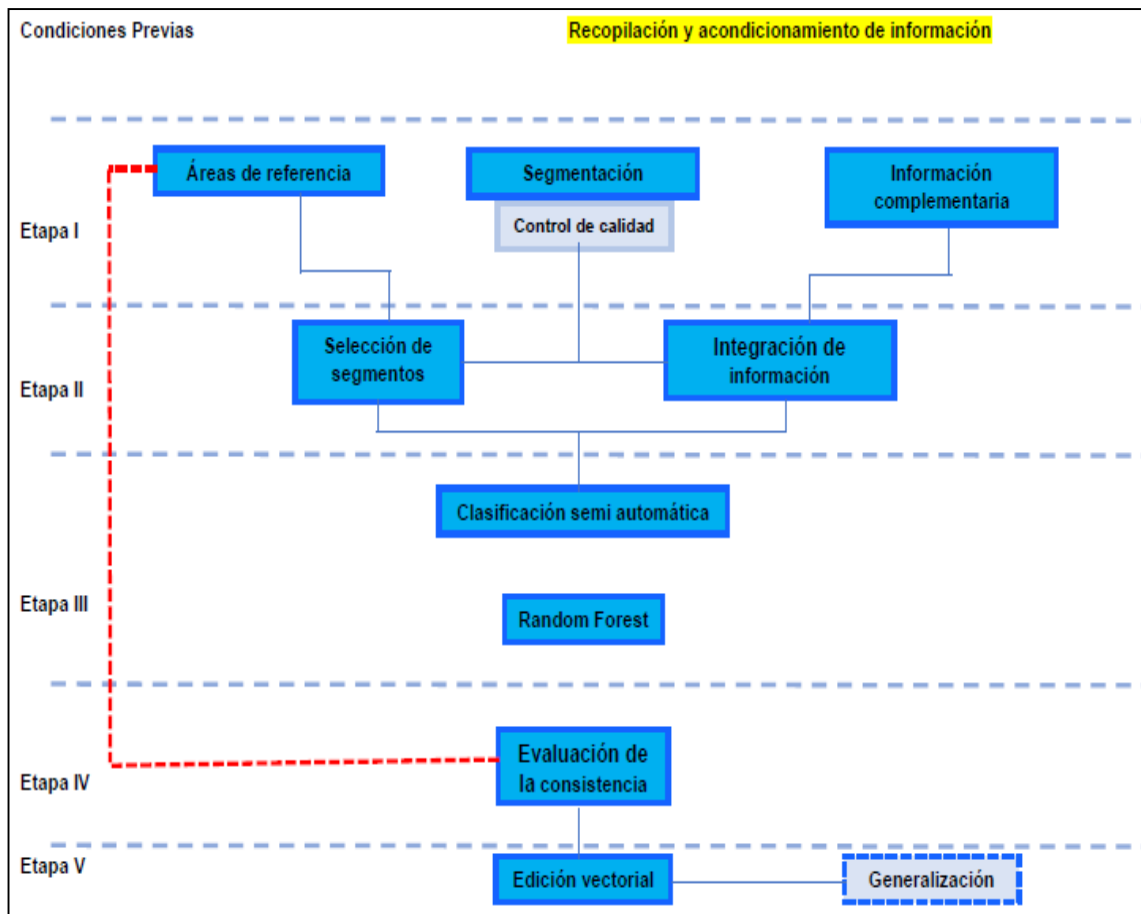
Saldaña (2010). Determinación del cambio de cobertura vegetal en el área de conservación municipal “Bosques de Huamantanga”, utilizando imágenes de satélite. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de Cajamarca. 78 p.

Universidad San Ignacio de Loyola, (2015). Las Aguas Residuales y sus Consecuencias en el Perú. Revista de la Facultad de Ingeniería. Vol. 2, N°2. 25

Vílchez (2017). Tesis Análisis de Cambios de Cobertura y Uso de la Tierra del distrito de Chetilla, periodo 1990-2003-2016. Universidad Nacional de Cajamarca.101.

ANEXOS

Anexo 1. Esquema de las etapas y procesos de la metodología empleada para la representación cartográfica



Fuente: MINAM

Anexo 2. Vistas fotográficas de los tipos de cobertura y uso de suelo en el departamento de Tacna

1. Áreas artificializadas



Foto 1: Vista de ocupación urbana en el distrito de Sama, cercana a área de escombrera



Foto 2: Vista principal del área ocupada por La Meca, distrito de Ite, provincia Jorge Basadre



Foto 3: Vista de cantera. Distrito de Palca, Provincia Tacna



Foto 4: Vista de Centro Poblado Ancomarca



Foto 5: Vista de C.P. Chiluyo Grande



Foto 6: Vista de industria Southern Perú (bombeo de agua para Toquepala y Cuajone)



Foto 7: Vista del área de recolección del mineral (hierro), distrito de Ite, provincia Jorge Basadre.



Foto 8: Vista de cantera, distrito de Tarata

2. Áreas agrícolas



Foto 9: Vista cultivo de olivo en la La Yarada y Los Palos



Foto 10: Vista de cultivos anuales y polianuales, en valle de Sama



Foto 11: Vista de cultivo de orégano en andenes, distrito de Tarata

3. Bosques y áreas mayormente naturales



Foto 12: Vista panorámica de Quebrada de Burros. Lomas de Morro Sama



Foto 13: Vista de roqueríos con cactáceas en Quebrada de Burros. Lomas de Morro Sama



Foto 14: Vista de arbustales en Estique Pampa. Provincia Tarata



Foto 15: Herbazal tipo pajonal



Foto 16: Herbazal asociado a tolares



Foto 17: Vista del volcán Tutupaca, cara con mayor presencia de nieve.

4. Áreas Húmedas



Foto 18: Vista de Bofedal ubicado por el CP Sorapata y CP. Huaytire



Foto 19: Vista de bofedal cercano al CP Chaullapujo



Foto 20: Vista de humedales de Ite, ubicado distrito de Ite

5. Superficies de Agua



Foto 21: Vista de Laguna Suches y Tacalaya



Foto 22: Vista de Laguna Vilacota



Foto 23: Vista de Laguna Aricota