



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL VALLE INTERANDINO DEL CHOTA E IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA”

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

AUTORA

Cynthia Yajaira Ponce Suárez

DIRECTOR

Ing. Oscar Rosales Enríquez, MSc.

IBARRA – ECUADOR

2017



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVBLES**

**“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL
DEL VALLE INTERANDINO DEL CHOTA E IDENTIFICACIÓN
DE ZONAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA”**

Tesis de grado revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del título de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVBLES

APROBADA

Ing. Oscar Armando Rosales Enríquez, MSc.
DIRECTOR

FIRMA

Ing. Mónica Eulalia León Espinoza, MSc.
ASESORA

FIRMA

Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez, MSc.
ASESORA

FIRMA

Ing. Lucía del Rocío Vásquez Hernández, MSc.
ASESORA

FIRMA

Ibarra – Ecuador

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de identidad:	100320981-2		
Apellidos y nombres:	Cynthia Yajaira Ponce Suárez		
Dirección:	Ibarra calles Quito y José Miguel Vaca		
Email:	yajiponce@gmail.com		
Teléfono fijo:	062-545-013	Teléfono móvil:	0992605903

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL VALLE INTERANDINO DEL CHOTA E IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA”
AUTORA:	Cynthia Yajaira Ponce Suárez
FECHA:	31 de julio de 2017
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTAN:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ing. Oscar Armando Rosales Enríquez, MSc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **CYNTHIA YAJAIRA PONCE SUÁREZ**, con cédula de identidad Nro. **100320981-2**, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

3. CONSTANCIA

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, la obra es original y son las titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 31 días del mes de julio del 2017

LA AUTORA:

ACEPTACIÓN:



.....
Cynthia Yajaira Ponce Suárez

C.I: 100320981-2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **CYNTHIA YAJAIRA PONCE SUÁREZ**, con cédula de identidad Nro. 100320981-2 ; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado **“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL VALLE INTERANDINO DEL CHOTA E IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA”** que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autora reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

.....
Cynthia Yajaira Ponce Suárez

C.I: 100320981-2

Ibarra, a los 31 días del mes de julio del 2017

CERTIFICACIÓN

Certifico, que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita: CYNTHIA YAJAIRA PONCE SUÁREZ, bajo mi supervisión.



.....
Ing. Oscar Armando Rosales Enríquez, MSc.

DIRECTOR

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se ha desarrollado sin violar los derechos de autor de terceros; por lo tanto, es original y soy la titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 31 días del mes de julio del 2017



.....
Cynthia Yajaira Ponce Suárez

C.I: 100320981-2

DEDICATORIA

A:

Jehová Dios por su infinito amor y cuidado a través de mi vida, en especial por sus bendiciones durante mi etapa universitaria.

Mi madre por su apoyo incondicional y sus incansables esfuerzos por verme crecer como persona y profesional, aquí está nuestro sueño cumplido.

Mi tío Pablo y mis hermanitos Grace y David por su amor, compañía y motivación a lo largo de esta trayectoria.

Mis docentes por cada conocimiento y experiencia brindada en el transcurso de mi formación humana y profesional.

AGRADECIMIENTO

A Jehová Dios por el cumplimiento de sus promesas en mi vida, mi favorita “porque nada hay imposible para Dios” Lucas 1:37.

A mi familia porque con su amor, constante motivación y apoyo han sido parte de este logro en mi vida.

Byron por su amor y apoyo en cada momento, llenando mi vida de recuerdos felices.

Al Ingeniero Oscar Rosales por su valiosa amistad y como Jehová Dios permitió que fuese mi ayuda en incontables ocasiones. Muchas gracias por todo.

A mis docentes por brindarme sus conocimientos y formación como profesional, en especial a mis asesoras, Ingeniera Mónica León, Ingeniera Lucía Vásquez e Ingeniera Gladys Yaguana por su constancia en la elaboración de mi trabajo de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
GLOSARIO.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación.....	2
1.2. Preguntas directrices de la investigación.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
2.1 Marco legal.....	17
2.2 Antecedentes.....	5
2.3 Pérdida de Ecosistemas.....	7
2.4 Bosques Secos.....	8
2.5 Valle del Chota.....	9
2.6 Técnicas de detección de cambios.....	12
2.6.1 Clasificación de imágenes.....	13
2.6.2 Estimación de la exactitud de una clasificación: Matriz de contingencia.....	14
2.7 Zonificación.....	15
2.7.1 Zonificación Ecológica (ZE).....	15
2.7.2 Zonificación ZAE.....	16
CAPÍTULO III	21
3. MARCO METODOLÓGICO.....	21
3.1. Caracterización del área de estudio.....	21
3.2 Materiales y equipos.....	24
3.3 Metodología.....	24

3.3.1	Cuantificación de los cambios de superficies de cobertura vegetal del valle del Chota.....	26
3.3.2	Determinación de factores antrópicos que influyen en los cambios de la cobertura vegetal.....	30
3.3.3	Zonificación de áreas de manejo y conservación de los ecosistemas de vegetación xerófitas	33
CAPÍTULO IV.....		35
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1	Cuantificación de cambios de las superficies de cobertura vegetal del valle del Chota para conocer el impacto en los bosques y arbustos xéricos.....	35
4.1.1	Clasificación no supervisada	35
4.1.2	Clasificación supervisada	38
4.1.3	Reclasificación de clases identificadas.....	41
4.1.4	Comparación de clasificación no supervisada, supervisada y reclasificación.....	46
4.2	Determinación de la incidencia de los factores antrópicos que influyen en el aumento o disminución de la cobertura vegetal	48
4.2.1	Incidencia de los factores antrópicos que influyen en el aumento o disminución de la cobertura vegetal.....	48
4.2.2	Evaluación y validación de la clasificación multitemporal mediante la matriz de contingencia y el índice de Kappa	50
4.3	Zonificación de las áreas de manejo y conservación de los ecosistemas xerofíticos para identificar zonas de restauración ecológica en las comunidades afroecuatorianas.	52
4.3.1	Zona de producción agrícola	57
4.3.2	Zona de restauración.....	60
4.3.3	Zona de protección	62
CAPÍTULO V		64
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
5.1	CONCLUSIONES.....	64
5.2	RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS		66
ANEXOS.....		74

ÍNDICE DE TABLAS

Págs.

Tabla 1. Categoría de concordancias de validación para el coeficiente Kappa.....	17
Tabla 2. Coordenadas de los puntos extremos del área de estudio. Proyección UTM, Datum WGS 84, Zona 17 S.....	21
Tabla 3. Datos meteorológicos de la estación San Vicente de Pusir, año 2012.....	21
Tabla 4. Variables empleadas en la zonificación en el Valle del Chota.....	33
Tabla 5. Cambios en la cobertura vegetal del valle del Chota en el período de estudio detectados mediante clasificación supervisada (ha).....	35
Tabla 6. Cambios en la cobertura vegetal del valle del Chota en el período de estudio detectados mediante clasificación supervisada (ha).....	35
Tabla 7. Cambios en la cobertura vegetal del valle del Chota en el período de estudio detectados mediante la reclasificación de clases identificadas (ha).....	41
Tabla 8. Información de los Censos de 1990, 2001 y 2010.....	44
Tabla 9. Comparación de las clasificaciones no supervisada, supervisada y reclasificación de clases identificadas.....	46
Tabla 10. Matriz de contingencia de la clasificación supervisada de la imagen LANDSAT L8, 2016.....	50
Tabla 11. . Matriz de contingencia de la reclasificación de la clasificación supervisada de la imagen LANDSAT L8, 2016.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1. Figura de imagen satelital. Análisis multitemporal.....	13
Figura 2. Mapa de ubicación del proyecto.....	23
Figura 3. Diagrama de la metodología	25
Figura 4. Obtención puntos de control en la comunidad de Juncal en compañía del director del trabajo de titulación.....	26
Figura 5. Obtención puntos de control con marcaje en el sitio en la comunidad de San Alfonso.....	27
Figura 6. Imagen ASTER del área de estudio.....	29
Figura 7. Puntos de control levantados para reclasificación.....	30
Figura 8. Imagen en falso color LANDSAT L8-OLI del 2016.....	31
Figura 9. Imagen en color verdadero LANDSAT L8-OLI.....	32
Figura 10. Imagen en infrarrojo LANDSAT L8-OLI.....	32
Figura 11. Análisis multitemporal de cobertura vegetal mediante clasificación no supervisada.....	35
Figura 12. Clasificación no supervisada.....	37
Figura 13. Análisis multitemporal de cobertura vegetal mediante clasificación supervisada.....	38
Figura 14. Clasificación supervisada.....	40
Figura 15. Análisis multitemporal de cobertura vegetal mediante clasificación supervisada.....	41
Figura 16. Reclasificación de clases identificadas.....	43
Figura 17. Diagrama Ombrotérmico de la Estación San Vicente de Pusir (INAMHI, 2012).....	44

Figura 18. Diagrama Ombrotérmico Multianual de la Estación San Vicente de Pusir (INAMHI, 2012).....	46
Figura 19. Mapa de tipo de suelo.....	53
Figura 20. Zonificación agroecológica.....	56
Figura 21. Cultivos en la comunidad de Pusir presentes en los márgenes del río Chota.....	58
Figura 22. Escasa vegetación riparia presente en los márgenes del río Chota.....	58
Figura 23. Cultivo de tuna (<i>Opuntia ficus</i>) en la comunidad el Juncal.....	59
Figura 24. Cultivos y vegetación arbustiva cerca a la comunidad el Juncal.....	59
Figura 25. Mínima cobertura vegetal cerca a la comunidad de San Alfonso.....	61
Figura 26. Erosión severa y modificación en el proceso natural de crecimiento vegetal.....	61
Figura 27. Vegetación xerofítica cerca del control policial.....	62
Figura 28. Relicto de bosque y arbustos xéricos interandinos montano bajos de los Andes del Norte cerca a la comunidad de Mascarilla.....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: MAPAS

Anexo 1. Mapa base del Valle del Chota.

Anexo 2. Mapa de formaciones vegetales (Sierra, 2003).

Anexo 3. Mapa de relieve.

Anexo 5. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal (SNI, 2013).

Anexo 6. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal TM 1991.

Anexo 7. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal LANDSAT 2000.

Anexo 8. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal ASTER 2007.

Anexo 9. Mapa de uso de suelo y cobertura vegetal LANDSAT OLI 2016.

ANEXO II: REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Diálogo con la presidenta de la junta parroquial previa a la socialización en la comunidad del Chota el día domingo 13 de marzo del 2016.

Fotografía 2. Socialización en la comunidad del Chota con la presentación de la investigación el día miércoles 16 de marzo del 2016.

Fotografía 3. Salida de campo con el director en la comunidad del Juncal.

Fotografía 4. Vista panorámica a la comunidad el Juncal.

Fotografía 5. Vegetación en las terrazas aluviales del río Chota, comunidad de Carpuela.

Fotografía 6. Cultivos cercanos a las orillas del río Chota, comunidad de Carpuela.

Fotografía 7. Vegetación arbustiva y erosión del suelo en la comunidad del Chota.

Fotografía 8. Contaminación por mal manejo de residuos sólidos en la comunidad del Chota.

Fotografía 9. Relicto de bosque xérico cercano a la comunidad de Mascarilla.

Fotografía 10. Relicto de bosque xérico cercano al control policial de Mascarilla.

Fotografía 11. Relicto de bosque xérico con mayor presencia de epifitas, cercano al control de Mascarilla.

Fotografía 12. Vegetación arbustiva y presencia de cultivos de tuna (*Opuntia ficus*) en el sector de San Alfonso.

Fotografía 13. Entrega de invitaciones para la socialización.

Fotografía 14. Presentación de los resultados en la comunidad el Juncal.

Fotografía 15. Asistentes a la socialización en la comunidad el Juncal.

Fotografía 16. Socialización en la comunidad del Chota.

GLOSARIO

ARCGIS: Geographic Information System

ERDAS: Earth Resource Data Analysis System

ASTER: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus

GADM: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal.

IGM: Instituto Geográfico Militar.

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

LANDSAT: LAND=tierra y SAT=satélite

LOTUS: Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo

MAE: Ministerio del Ambiente del Ecuador

MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca

NASA: Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio

ND: Niveles digitales

OLI: The Operational Land Imager

PDOT: Plan de Ordenamiento Territorial

PNBV: Plan Nacional del Buen Vivir

SNI: Sistema Nacional de Información

TM: Thematic Mapper

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

USGS: Servicio Geológico de los Estados Unidos

UTM: Universal Transverse Mercator

TITULO: “ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL VALLE INTERANDINO DEL CHOTA E IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA”.

Autor: Cynthia Yajaira Ponce Suárez

Director de trabajo de titulación: Ing. Oscar Rosales Enríquez, MSc.

Año: 2017

RESUMEN

Se realizaron cuatro comparaciones multitemporales de la cobertura vegetal del valle interandino del Chota, en los periodos 1991, 2000, 2007 y 2016, mediante aplicación de imágenes Landsat ETM+7 y OLI8 e imágenes Aster. De esta manera, se cuantificó los cambios en las superficies de los Bosques y arbustos xéricos interandinos montano bajos de los Andes del Norte (Sierra, 1999) durante los últimos 25 años. Con la finalidad de generar cartografía temática por medio de técnicas de Teledetección, se definieron cinco clases de cobertura de vegetación: riparia, arbustiva, xérica, cultivos-frutales y áreas erosionadas. Los cambios en el uso de suelo y cobertura vegetal encontrados en el periodo 1991-2016, permitieron evidenciar disminuciones de vegetación riparia y vegetación arbustiva en 94,24% y 66,03% respectivamente. La vegetación xerófila presentó un incremento de cobertura del 43,98% mientras que la superficie de cultivos y frutales una disminución del 2,77%. Se encontró un incremento de áreas erosionadas del 17,34%. El paisaje estuvo compuesto desde 1991 por coberturas inducidas, desplazando principalmente al bosque xérico; la disminución de vegetación riparia y arbustiva es causada por el aumento de las áreas cultivadas especialmente en la llanura y terrazas bajas del río del valle del Chota.

Palabras clave: Teledetección, Vegetación xérica, Ecosistemas xerofíticos, Vegetación riparia, Imágenes Landsat.

ABSTRACT

Four multi-temporal comparisons of the vegetation cover at the inter-Andean Valley from Chota, were carried out in the periods, during 1991, 2000, 2007 and 2016 through application of Landsat ETM+7 and OLI8 and Aster images. In this way, changes on surfaces of forests and Xeric were quantified in the inter-Andean low montane from the Northern Andes (Sierra, 1999) during the past 25 years. In order to generate thematic mapping using remote sensing techniques, five classes of vegetation cover were defined: riparian, shrub, xerica, fruit crops and eroded areas. The changes in the use of soil and vegetable cover found in the period 1991-2016, allowed to demonstrate decreases of riparian vegetation and bushy vegetation in 94,24% and 66,03% respectively. The xerophytic vegetation had a cover increase of 43,98%, whereas the surface for crops and fruit trees decreased of 2,77%. It was found an increase of eroded areas of 17,34%. The landscape was composed since 1991 by induced cover, displacing mainly to the Xeric forest; the decrease of riparian and shrubs vegetation is caused by the increase of the cultivated areas, specially on plains and low terraces of the river at Chota valley.

Keywords: Remote sensing, Forest Xeric, Xerophytic Vegetation, Riparian Vegetation, Landsat satellite images.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques secos, en general, están ubicados en zonas relativamente pobladas. En su mayoría, en suelos aptos para cultivos y por tal razón han sido muy intervenidos y mal manejados en comparación con los bosques húmedos (Janzen, 1988). La situación no es diferente en Ecuador donde sus bosques secos son poco conocidos, muy amenazados y mantienen una importancia económica para grandes segmentos de la población rural, suministrando productos maderables y no maderables para subsistencia y, en ciertas ocasiones, para la venta.

Para conocer y documentar la importancia de los bosques secos, en el año 2004 se inició un estudio sobre la diversidad y usos en particular de los árboles y arbustos de los bosques secos en el suroccidente del Ecuador (Aguirre *et al.* 2006). Los datos obtenidos mediante sensores remotos, en particular, las imágenes de satélite, han sido propuestos como la mejor alternativa para evaluar los cambios de uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal a escala regional, es decir, analizar multitemporalmente los cambios en la vegetación afectada por las actividades antrópicas para identificar zonas de restauración ecológica.

En el callejón interandino del Ecuador se encuentran bosques secos desde las provincias de Imbabura y Pichincha en el Norte hasta Zamora-Chinchipe y Loja en el Sur. Algunos ejemplos de estos bosques son el Chota y Guayllabamba, entre las provincias de Imbabura y Pichincha; Girón- Paute en las provincias de Azuay y Loja; y, Catamayo, Malacatos y Vilcabamba en Loja (Valencia *et al.*, 1999). Al Norte, los valles son más altos y en general se encuentran bosques secos entre 1800 y 2600 msnm. También son más aislados debido a que las vertientes orientales y occidentales están cubiertas con bosques montanos muy húmedos (Aguirre *et al.*, 2006).

Baquero *et al.* (2004) clasifica a los bosques secos dentro de las formaciones vegetales de Matorral Seco Montano y Espinar Seco Montano, con una temperatura mínima anual de 5 °C y una máxima anual de 18 °C, la precipitación anual es de 575 mm. Además Josse *et al.* (2003), los clasifica dentro de los Sistemas Ecológicos de Bosques y Arbustales Montanos Xéricos Interandinos de los Andes del Norte (1200 - 1800 msnm),

caracterizados por bosques bajos, de doseles muy abiertos y presencia de arbustos hasta de 2 metros de altura, que crecen en laderas colinadas de vertientes climáticamente secas y con predominancia de especies florísticas leguminosas y arbustales de características espinosas (MECN, 2009). La clasificación de Sierra (1999) para los bosques interandinos del valle del Chota es bosques y arbustos xéricos interandinos montano bajos de los Andes del Norte

1.1. Problema de investigación

El bosque seco interandino presenta una influencia antrópica que ha ido acelerándose en las últimas décadas. Los relictos de bosque están conformados por vegetación arbustiva, espinosa, xerófita, poco densa y con alturas de hasta 4 metros, pero en algunos lugares protegidos o de difícil acceso se encuentra un bosque mejor desarrollado, con un dosel de hasta 8 metros de altura. Sin embargo, la diversidad de especies arbóreas es baja (Aguirre *et al.*, 2006). En el valle del Chota no se dispone de información que indique los cambios de cobertura vegetal en el transcurso de los últimos años, además no se conoce la distribución espacial y superficies de ecosistemas xerofíticos degradados.

En los últimos años, estas formaciones vegetales están siendo intervenidas debido a la necesidad de la población de incorporar nuevas superficies de suelos para el desarrollo de actividades agrícolas y de construcción de infraestructuras para el desarrollo de actividades de recreación, y también en la extracción minera como por ejemplo material rocoso del río para empedrados de vías de tercer orden.

1.2. Preguntas directrices de la investigación

¿Cómo ha cambiado la cobertura vegetal de los ecosistemas xerofíticos en el Valle Interandino del Chota en los últimos 25 años?

¿Cuáles son los factores antrópicos que inciden en el aumento o disminución de la cobertura vegetal en el Valle Interandino del Chota?

1.3. Justificación

Uno de los procesos de transformación más evidente en el valle del río Chota, es la intensa dinámica de cambios de usos del suelo. Dichos cambios, impulsados por actividades antrópicas y socioeconómicas, se han reflejado en la transformación del paisaje, en el que la modificación de la cobertura vegetal de los bosques y arbustos xéricos y el uso del suelo son más evidentes (GAD-Ibarra, 2014).

El presente estudio se encuentra formando parte del proyecto “ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL BOSQUE SECO DEL VALLE DEL CHOTA” que la Universidad Técnica del Norte desarrollará a través del Centro Universitario de Investigación Científica y Tecnológica (CUICYT). El trabajo aportará información cartográfica multitemporal sobre los cambios de uso del suelo y la pérdida de superficies de bosque seco, además permitirá conocer los impactos que se han generado sobre este importante ecosistema. Las comunidades afroecuatorianas de los sectores El Juncal, Carpuela, San Alfonso, El Chota, Mascarilla y Pusir se beneficiarán de los resultados esperados del proyecto a través de actividades de vinculación que la Universidad Técnica del Norte realiza con las comunidades rurales de la Región Norte del Ecuador.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar los cambios temporales en la cobertura vegetal del valle interandino del Chota, en el período 1991, 2000, 2007 y 2016; para conocer el impacto en los bosques y arbustos xéricos interandinos montano bajos de los Andes del Norte durante los últimos 25 años.

1.4.2 Objetivos específicos

- Cuantificar los cambios de las superficies de cobertura vegetal del valle del Chota para conocer el impacto en los bosques y arbustos xéricos.
- Determinar la incidencia de los factores antrópicos que influyen en el aumento o disminución de la cobertura vegetal.
- Zonificar áreas de manejo y conservación de los ecosistemas xerofíticos para identificar áreas de restauración ecológica en las comunidades afroecuatorianas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

En América Latina hay diferentes estudios que avalan la metodología de teledetección mediante el análisis de las fotografías aéreas e imágenes satelitales, para determinar los cambios de cobertura vegetal y uso de suelo. En los andes de Perú se realizó un análisis multitemporal y multifractal de la desglaciación de la cordillera. Debido a la pérdida del volumen glaciar de los nevados tropicales de Perú, se considera como un indicador del cambio climático a nivel global. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el volumen glaciar de la Cordillera Parón en los últimos 24 años empleando tanto técnicas multifractales como el Sistema de Información Geográfica para determinar en qué medida los eventos El Niño y La Niña influyen en su desglaciación (Medina & Mejía, 2014). En las imágenes seleccionadas, se utilizó el NDSI o índice de nieve y también el ratio imagen 4/5 en las imágenes binarizadas. Como resultado se encontró que la superficie glaciar de la Cordillera Parón se ha reducido en 18% en los últimos 24 años (Bates *et al.*, 2008).

En el bosque seco chaqueño del Parque Nacional Torotoro (Potosí, Bolivia) y del Municipio de Torotoro (donde el primero está incluido en su totalidad) se evaluó la pérdida de la cobertura vegetal mediante teledetección. En la investigación se trabajó con dos imágenes de satélite, una Landsat 5 TM de 1990 y una Landsat 7 ETM+ de 2001. Ambas imágenes fueron corregidas geométricamente, se aplicó un índice normalizado de vegetación y se realizó una clasificación supervisada, distinguiendo las categorías “bosque” y “matriz”. Las clasificaciones fueron ajustadas al perímetro del Parque Nacional y del Municipio en ArcView, convertidas a formato vectorial y se corrió un análisis de fragmentos para obtener las métricas de paisaje, borde, forma, distancia y área núcleo.

Los resultados demostraron un incremento de 6 ha para el PNTT, pero una pérdida de 6 449 ha del bosque seco en el Municipio entre 1990 y 2001. A pesar que no se encontraron diferencias significativas en el área total, se observó una tendencia de reducción del área promedio del parche y un incremento del número de parches entre 1990 y 2001. A pesar

de que la tasa anual de deforestación es relativamente baja (<2% anual), la fragmentación y pérdida gradual del hábitat boscoso son un factor de amenaza a largo plazo para la conservación de la biota asociada a este bosque (Fontúrbel, 2007).

En Venezuela se aplicó un análisis multitemporal para evaluar las deforestaciones en la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas, donde se emplearon diferentes técnicas de interpretación sobre imágenes de satélite TM de LANDSAT y HRV de SPOT, y sobre fotografías aéreas de distinta data. El período analizado comprendió 38 años (1963, 1976, 1987, 2001), iniciándose con la interpretación estereoscópica de la misión aerofotográfica 050311, del año 1963, a escala 1/25.000; posteriormente la misión 050390, de 1976, a escala 1/20.000. La información para el año 1987 se obtuvo mediante interpretación visual directa de una imagen analógica HRV de SPOT, mientras que para el año 2001 se empleó una imagen TM de LANDSAT en formato digital.

En general, para el período analizado, la Reserva Forestal de Ticoporo disminuyó su superficie boscosa en un 77%, pasando de 171.171,5 hectáreas en el año 1963, fecha está muy cercana a su decreto y creación, a 39.740,8 hectáreas en el año 2001. Esto representa una tasa de deforestación total media anual del 2%, equivalente a una pérdida de 3.424,4 hectáreas de bosque por año. En base a los resultados, se determinó que la reserva forestal para el año 2001, presenta una cobertura boscosa de 39.740,8 hectáreas, lo que representa sólo el 21% de la totalidad del área (Pozzobon & Osorio, 2002).

En el Nor-oriental del Ecuador se realizó un estudio mediante el uso de procesos basados en el análisis digital de imágenes y sensores remotos con georreferenciación, tratamiento y clasificación de imágenes satelitales Landsat de los años 1988, 1989 y 1991 donde se obtuvo el Mapa de Cobertura Vegetal y Ocupación del Suelo y el Mapa de Ecosistemas para el año referencial de 1990. De la misma manera se clasificaron 23 imágenes ASTER que obtuvo los mapas correspondientes al año 2008. Estos trabajos fueron complementados con la verificación en campo efectuada en el primer trimestre del año 2009. El esquema de clasificación utilizado en los mapas de ecosistemas corresponde al propuesto por *Nature Serve*, el cual maneja el criterio de ecoregiones. (The Nature Conservancy, 2009)

Un análisis multitemporal en el Valle no se ha realizado pero sí existen estudios en la Zona 1, como son el Estudio de análisis multitemporal de la cobertura vegetal con una propuesta de plan de manejo participativo de las comunidades de Pusir y Tumbatú, provincia del Carchi (Pozo, 2010) y un Estudio de variación de la cobertura vegetal y estado actual del Cerro Imbabura aplicando herramientas GIS con fines de declaración de área protegida (Aldás, 2013).

En la presente investigación se emplearon técnicas de Teledetección usadas en las investigaciones mencionadas con imágenes de los satélites: LANDSAT y TERRA (Imágenes Aster) de los años 1991, 2000, 2007 y 2016, cartas topográficas digitales del IGM a escala 1:50.000, coberturas digitales del Sistema Nacional de Información a escala 1:50.000 aplicando en los Softwares ArcGIS 10.3 y ERDAS 2015, como herramientas para analizar la cobertura vegetal del Valle Interandino del Chota y sus cambios en los últimos 25 años.

2.2 Pérdida de Ecosistemas

Las últimas décadas de industrialización han dejado grandes impactos en el planeta. Dentro de las alteraciones de mayor impacto se encuentra la pérdida de los ecosistemas naturales y de sus servicios ambientales, debido a las modificaciones que se dan en las bases estructurales propias del planeta: como es el cambio climático y sus efectos más nocivos, entre los que se encuentran la pérdida de agua dulce, oxígeno, suelo y especies biológicas (Martínez, 2006).

En América Latina y el Caribe se han perdido aproximadamente más de la tercera parte de los ecosistemas naturales terrestres; sin embargo, sigue siendo del planeta, la región con más bosques cerrados y de mayor biodiversidad. La superficie de la región ha sido transformada en un 8 % para las actividades agrícolas y el 30 % para las ganaderas. Se deforestan cerca de 5,8 millones de hectáreas anuales, de las cuales el 95% ocurren en el neotrópico (Bovarnick, 2010).

En Ecuador, a pesar de ser un territorio poco extenso, presenta un alto porcentaje de biodiversidad y endemismo, en el que algunos ecosistemas están siendo fuertemente amenazados. En la costa la destrucción acelerada de los bosques ha afectado seriamente la biodiversidad y, según el botánico Gentry, se cree que han desaparecido varias especies; en cuanto a la sierra la vegetación natural ha sido casi exterminada por las actividades antrópicas. En el Oriente la deforestación está disminuyendo fuertemente la vegetación natural, especialmente en los declives andinos y en las zonas colonizadas de la parte baja (Challenger, 2003).

A nivel mundial, las técnicas de teledetección han sido utilizadas en la caracterización de cambios en la cobertura y usos de la tierra. Esta tecnología sirve para el monitoreo de fenómenos naturales u otras modificaciones que experimenta una región como consecuencia de las acciones antrópicas por intervención del hombre (Salvatierra, 2000).

El análisis multitemporal de fotografías aéreas e imágenes de satélite, de acuerdo a diversos autores, constituye un método efectivo para la detección de cambios en la vegetación dada la alta correlación existente entre la variación espectral en la imagen y el cambio en la cubierta vegetal, que permite evaluar las consecuencias de estos cambios a partir de su detección, control y análisis rápido y eficiente (Hernández, 2012).

2.3 Bosques Secos

De acuerdo a la evaluación de *Global Forest Resources Assesment 2005*, entre los años 2000 a 2005 se perdió 7 millones de hectáreas anuales de área forestal, alrededor de todo el mundo. América del Sur fue la más afectada por la deforestación con una pérdida de 4.300.000 hectáreas por año. Aunque Brasil ha perdido 3.100.000 hectáreas, el área más extensa de bosques, Ecuador, se encuentra por su tamaño relativo con la pérdida más alta en deforestación (Beck *et al*, 2008).

El área del bosque seco es considerado una zona biológica de gran importancia por ser un ecosistema único, muy amenazado y poco conocido, con presencia de especies endémicas y un importante grado de diversidad local y regional que en la mayoría de los casos es de

una superficie relativamente reducida; por esta razón fue incluido entre los “puntos calientes” o hotspots del mundo, para su estudio y conservación (Mittermeier *et al.*, 1998).

Al ser los bosques secos de importancia biológica, los satélites LANDSAT son una exitosa herramienta para analizar la cobertura y sus cambios. LANDSAT cuenta con mayor precisión y detalle, mejoras radiométricas, geométricas y espaciales que se han incorporado a los sensores pasivos; el primero, conocido como Multispectral Scanner Sensor (MSS), seguido de Thematic Mapper (TM) que tiene mayor sensibilidad radiométrica que su antecesor y por último, Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) que entre sus mejoras técnicas destaca una banda espectral (pancromática) con resolución de 15 metros. Las imágenes LANDSAT están compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que al combinarse producen una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones. Dependiendo del satélite y el sensor se incluye un canal pancromático y/o uno térmico; asimismo las resoluciones espaciales varían de 15, 30, 60 y 120m (INEGI, 2016).

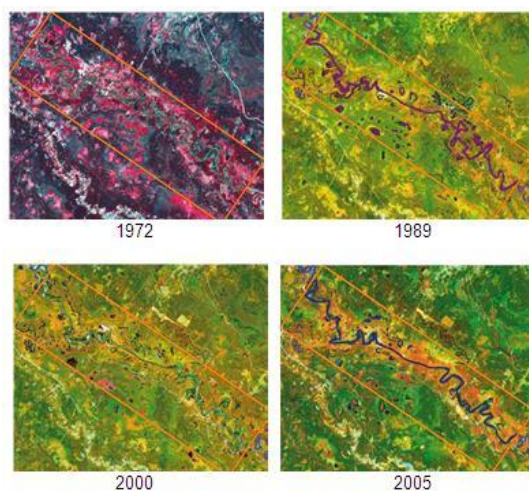


Figura 1. Figura de imagen satelital. Análisis multitemporal

Fuente: Leal *et al.* (2005). Análisis y modelamiento espacial.

2.4 Valle del Chota

En la actualidad los bosques secos del Norte y Sur del callejón interandino del Ecuador, comparten varias características entre las más significativas se encuentran la flora y fauna, a pesar de esto, cada uno ha tenido una historia geológica diferente.

La cuenca de los ríos Chota y Mira, en la provincia de Imbabura, constituye la cuenca sedimentaria situada más al norte de los Andes ecuatorianos. Se conoce que la formación de esta cuenca empezó hace unos 15 millones de años, en ese tiempo los ríos eran muy caudalosos, en una instancia posterior por acción de terremotos y deslizamientos de tierra se formaron grandes lagunas, cuya flora y fauna no logró fosilizarse, con la excepción de unos cuantos troncos que se petrificaron al depositarse en el fondo de aquellas lagunas.

Después de millones de años, en el periodo de la era del hielo (Pleistoceno), esta cuenca se transformó en refugio de mamíferos de diversos tamaños como: ganado caballar y mastodontes que convivieron junto con escarabajos aprovechando el estiércol de estos mamíferos para construir sus nidos (Albuja, 2011).

En el inventario Arqueológico Preliminar de los Andes Septentrionales del Ecuador se mencionan varios sitios de importancia, en el que se señala al valle del Chota. De acuerdo a Borja (1582) la utilización agrícola en este valle implicaba necesariamente un buen dominio del agua de riego. Todas las utilidades agrícolas que transcurrieron a lo largo de los siglos buscaron aprovechar su originalidad en el medio andino. En la época precolombina, en los siglos XIV y XV, la especialización agrícola del Valle fue en cultivos de algodón (*Gossypium sp.*), ají (*Capsicum annuum*) y coca (*Erythroxylum coca*). Esas producciones particulares generaban importantes flujos interregionales.

Cuando llegaron los españoles, alrededor de 1540, introdujeron las plantas más características de la civilización del mediterráneo: el olivo (*Olea europaea*) y la vid (*Vitis vinifera*). La especialización vitícola de las haciendas de los jesuitas marcó el siglo XVII en el Valle; las producciones complementarias garantizaron las potencialidades locales. La desaparición de la vid correspondió al acuerdo concluido entre el virreinato de Lima y Quito, con provisión de vino y tejidos, respectivamente. Esta especialización entre el Virreinato y la Audiencia influyó directamente sobre el uso agrícola del medio natural (Gondard, 1986).

A partir del siglo XVIII, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) fue característica en la agricultura del Valle del Chota con fines de mayor provecho local. Gradualmente las

nuevas producciones reemplazaron a las antiguas. Se supone que la coca (*Erythroxylum coca*) desapareció paulatinamente del Chota, ya que se encontró todavía huella de su industria en una visita de 1645.

El algodón fue un cultivo importante en el Valle hasta mediados del siglo XX. Dos Informes del Ministerio de Agricultura, en febrero y marzo de 1933, tradujeron la decisión del MAG que consistía en estimular la producción de este cultivo en el Chota, con el objetivo de alcanzar el aumento del consumo interno. Esta política agraria no tuvo mucho éxito y el algodón desapareció casi totalmente de la zona, mientras se desarrollaban las plantaciones en la región Costa. Actualmente, existe únicamente como planta ornamental. Esta inmensa producción fue reemplazada por la extensión de los cultivos de caña (cañaverales).

Hace más de 45 años que el cultivo de caña de azúcar ha estado en crisis y las superficies cultivadas se han reducido regularmente. La competencia de las plantaciones de la región costa, de mayor productividad, fue determinante; primero orientados hacia el mercado externo, los ingenios costaneros coparon gran parte del mercado interior.

La respuesta a la crisis fue variada según los actores del cambio, pero siempre adaptada a la demanda: los minifundios y fincas de menor tamaño, con disposición de mano de obra familiar, se orientaron hacia la horticultura como tomate (*Solanum lycopersicum*) y fréjol (*Phaseolus vulgaris*), mientras las haciendas optaron por la ganadería lechera intensiva a base de pastos de alfalfa.

Otro mercado de gran demanda fue el fréjol, comercializado hacia Colombia, en un flujo de exportación más clandestino que oficial, sustentado por una sustancial diferencia de precio. La adaptación de las haciendas a la ganadería lechera corresponde a la evolución más relevante de las grandes propiedades serranas. La cobertura local fue dada por la elección de la alfalfa, pasto más adaptado a las características de suelos alcalinos, y a veces salinos, como en los entornos de Salinas (Gondard, 1986).

En la actualidad los remanentes de vegetación seca de la Región interandina contienen varios tipos de cobertura vegetal como son: Bosques intervenidos, Bosque seco

interandino, Matorrales, Espinar seco, Áreas erosionadas y Agroecosistemas, de los cuales cinco de estos tipos de remanentes secos están presentes tanto en el norte como en el Sur de los valles interandinos, mientras el Bosque seco interandino y el Espinar seco, únicamente se hallan en el Sur (Albuja, 2011).

El valle del Chota posee cuatro tipos de cobertura: Bosques intervenidos que se identifican con árboles con un dosel que varía de 4 a 5 m de altura y 5 cm de diámetro, con una dominancia de cobertura en la especie de espino (*Vachellia macracantha*). Presentan entre uno y tres estratos que cubren el 40 % de la superficie del área, dependiendo de la cercanía con los asentamientos humanos.

Remanente de matorrales con una vegetación de 3 a 4 m de altura, con arbustos muy ramificados y con varios fustecillos, como son las especies de molle (*Schinus molle*), higuierilla (*Ricinus sp.*) y chilca (*Bacharis latifolia*). Áreas erosionadas donde la vegetación es arbustiva y herbácea y se encuentra dispersa y degradada. Hay procesos erosivos muy severos por acción de la lluvia (cárcavas) y el viento. Plantas en algunos casos conformadas con espinas, no más de 2 m de altura y baja densidad con una presencia considerable de plantas introducidas de la familia Cactacea como *Opuntia pubescens* y *Opuntia ficuscarica* L.

Por último la presencia de los agroecosistemas que son todas las áreas dedicadas a la producción agrícola bajo riego, con cultivos especialmente de ciclo corto como leguminosas y cereales, además frutales permanentes como cítricos, mango (*Mangifera indica*) y aguacate (*Persea americana*).

2.5 Técnicas de detección de cambios

Entre las técnicas para detectar cambios entre imágenes satelitales multianuales, Riaño (2002) destaca las siguientes alternativas:

- a) Diferencias entre imágenes: los cambios se denotan en una imagen generada por diferencia aritmética entre los valores de niveles digitales entre las imágenes.

- b) Composiciones multitemporales: después de aplicar algunos filtros y transformaciones, se comparan visualmente las tonalidades grises de las imágenes y luego una composición a color multitemporal que sólo usa el color infrarrojo y verde para la imagen más antigua y más reciente, respectivamente.

2.5.1 Clasificación de imágenes

La clasificación multiespectral de imágenes satelitales se usa para extraer información temática de manera semiautomática (Riaño, 2002). La clasificación digital obtiene una nueva imagen donde a cada uno de los píxeles de la imagen original se le asigna una clase o leyenda. Esta clasificación puede ser de dos tipos: no supervisada y supervisada (Lillesand *et al*, 2014).

La diferencia fundamental entre los dos tipos de clasificación es que en la no supervisada el analista define el número de clases y posteriormente las interpreta. En la supervisada el analista interpreta y selecciona las clases. Después de una selección de muestras o firmas de entrenamiento, los sistemas clasificadores requieren algoritmos paramétricos (en función de parámetros adicionales al comportamiento de las firmas) y no paramétricos (sólo en función de las firmas) para asignar los píxeles de la imagen a las clases determinadas. Entre estos algoritmos figuran los espacios de características como regla de decisión no paramétrica y la paramétrica de distancias mínimas (Franco & Rodríguez, 2005).

En la regla de decisión de espacio de características sucede que cuando los datos de un píxel están en la firma directa del espacio de características, entonces el píxel se asigna a la clase de esa firma. Para los píxeles sin clasificar del caso anterior, la regla de decisión de distancias espectrales mínimas le asigna la clase que tenga una distancia espectral mínima cada píxel no identificado (ERDAS, 2009).

2.5.2 Estimación de la exactitud de una clasificación: Matriz de contingencia

Ninguna clasificación puede considerarse completa hasta que su grado de exactitud sea evaluado. Este puede definirse como el grado de concordancia entre las clases asignadas por el clasificador y sus ubicaciones correctas según datos de suelo recolectados por el usuario y considerados como datos de referencia los datos de entrenamiento, este procedimiento conduce a sobreestimar la exactitud de la clasificación. Este procedimiento constituye en realidad sólo una evaluación de la calidad de selección de las áreas de entrenamiento.

El instrumento más usual para evaluar la exactitud de una clasificación es la matriz de confusión, también llamada matriz de error o de contingencia. Esta es una matriz cuadrada de $n \times n$, donde n es el número de clases. Dicha matriz muestra la relación entre dos series de medidas correspondientes al área en estudio. La primera serie corresponde a datos de referencia adquiridos de observaciones de campo, inspección de estadísticas agrícolas, interpretación de fotos aéreas y otras fuentes similares. La segunda corresponde a la categorización de los píxeles realizada por el clasificador para las clases de interés. En una matriz de confusión las columnas corresponden a los datos de referencia, mientras que las filas corresponden a las asignaciones del clasificador (Lizzi, *et al.* 2007).

Las medidas de exactitud mencionadas, solo se basan en resultados parciales de la matriz, por lo tanto no aprovechan todos los datos en su totalidad, a su vez se toman resultados aleatorios, que pueden llevar a interpretaciones sesgadas del método. Para corregir los tipos de exactitud, se utiliza el “Coeficiente Kappa” (LI *et al.*, 2009).

Este coeficiente, propuesto por Jacob Cohen en 1960 (DOU *et al.*, 2007), es un estadístico que mide la concordancia de dos metodologías. Es utilizado para ver la similitud de dos clasificaciones de imágenes, (LI *et al.*, 2009; DOU *et al.*, 2007). De acuerdo al valor, éste índice se puede categorizar en seis clases (Tabla 2) según Cerda & Villarroel (2008), de acuerdo a esta clasificación se puede rechazar o aceptar la nueva clasificación a evaluar.

Tabla 1. Categoría de concordancias de validación para el coeficiente Kappa (Cerde y Villarroel, 2008)

Rango	Concordancia
0	Nula
0.01 – 0.02	Leve
0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Considerable
0.81 - 1.00	Casi perfecta

2.6 Zonificación

La zonificación consiste en el proceso de división de un territorio de forma regular o irregular definido por las características homogéneas del sitio o de ciertos atributos fundamentales con objetivos específicos, adecuado a la definición de zonas individuales que por sus características permite la evaluación de aptitud para diferentes usos de los recursos (Ponce, 1998).

2.6.1 Zonificación Ecológica (ZE)

Es un proceso de zonificación basado en criterios ecológicos. Se fundamenta en la identificación, definición y caracterización de zonas que corresponden a las distintas condiciones ecológicas en un marco geográfico determinado. Los criterios para su definición y caracterización son especialmente ecológicos, con un enfoque de variables del ambiente bio-geo-físico. Las variables determinantes en la zonificación son aquellas que se constituyen en factores propios del paisaje natural y antrópico de cada zona. Las zonas ecológicas contienen un alto porcentaje de uniformidad interna en todas sus características o al menos en aquellos factores determinantes del carácter de la zona, de tal manera que permite la designación de un mismo tipo o sistema de utilización de los recursos y de su manejo en el proceso de la zonificación (Ponce, 1998).

2.6.2 Zonificación ZAE

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) define la zonificación agroecológica como la división de un área en unidades más pequeñas, que tienen similares características relacionadas con su aptitud y potencial de producción. Como resultado de este proceso se identifican los tipos de usos de la tierra que son más acordes con la capacidad productiva de los recursos naturales, procurando a la vez el equilibrio y la conservación de los agroecosistemas (Pérez, 2006).

El mismo organismo internacional, define la zonificación agroecológica como zonas en base a combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas. Cada zona tiene una combinación similar de limitaciones y potencialidades para el uso del suelo, y se usa como punto de referencia de las recomendaciones diseñadas para mejorar la situación existente de uso del suelo, ya sea incrementando la producción o limitando la degradación de los recursos.

Con el proceso de zonificación se debe buscar la delimitación de espacios geográficos que se constituyan en unidades territoriales operativas de manejo y gestión, que no resulten efectivas únicamente en el momento, por los cambios de planes y estrategias de las políticas de un territorio, al contrario que sea lo suficientemente manejable como para adaptarse a los cambios políticos. La zonificación debe emplear una visión y estudio retrospectivo que permita visualizar la formación del territorio, para de esta manera generar alternativas con una visión proyectiva para dicho espacio (Venero, 2014).

En la actualidad de acuerdo a la demanda que existe frente al consumo de los recursos se ha optado por integrar la zonificación agroecológica, que tiene en cuenta aspectos biofísicos, con la zonificación socioeconómica, que se enfoca en aspectos socioeconómicos, originando la zonificación ecológica-económica (ZEE) (Ponce, 1998).

Los estudios de zonificación agroecológica representan una herramienta de gran importancia para definir la relación de los riesgos a los que la agricultura está constantemente influenciada, como los cambios en los patrones del clima global. De esta manera, la zonificación de un territorio productivo contribuye a enfrentar estos cambios,

los cuales son uno de los problemas ambientales más graves que enfrenta actualmente la sociedad. En este contexto, la agricultura no sólo contribuye al cambio climático, sino que en gran medida es afectada.

Otro aspecto importante que permite la zonificación es disponer a las autoridades y productores varias alternativas para un uso sostenible de los recursos con áreas específicas de crecimiento económico y otras áreas dedicadas a la restauración ambiental. Estos aspectos son indispensables para la toma de decisiones en relación a formulaciones de políticas de desarrollo con estrategias de establecimiento acordes con el ecosistema, de acuerdo a los diferentes tipos de uso del suelo.

La zonificación permite además apoyar los programas de extensión del territorio por medio de la identificación de áreas con características biofísicas propias para cada tipo de uso. Además, impulsa los programas de investigación en la identificación de factores edáficos o climáticos limitantes para el desarrollo de tecnologías, que incluyen uso sostenido de la tierra. En este contexto, se podrán identificar prioridades de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías para áreas agroecológicas específicas, basada en el uso sostenido de los recursos naturales (Venero, 2014).

2.7 Marco legal

En la normativa legal que rige el aspecto ambiental se encuentran diferentes documentos que aportan al presente estudio de investigación, como por ejemplo la **Constitución del Ecuador (2008)**, que en el capítulo segundo de los derechos del buen vivir, **en el Art. 14**. Se reconoce el derecho a vivir en un ambiente sano que preserve el ambiente, la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, así respalda el análisis multitemporal del Valle Interandino del Chota en cuanto a preservar el bosque seco y su biodiversidad.

Dentro del Art. 57 numeral 8 se menciona la conservación y promoción de prácticas de manejo y biodiversidad. Donde el Estado será el precursor en conjunto con la participación de las comunidades para asegurar la conservación y uso sustentable de la

biodiversidad. El proyecto involucra el trabajo con la comunidad y establece programas que promuevan un manejo que preserve la biodiversidad del bosque seco.

Dentro del Art. 72.- Enuncia que la naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

Dentro del Art. 267 numeral 4 se menciona que los gobiernos parroquiales rurales ejercerán la competencia exclusiva, sin perjuicio de las adicionales que determine la ley: a incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente.

En el Art. 391.- Se determina que El Estado generará y aplicará políticas demográficas que contribuyan a un desarrollo territorial e intergeneracional equilibrado y garanticen la protección del ambiente y la seguridad de la población, en el marco del respeto a la autodeterminación de las personas y a la diversidad.

En Sección quinta perteneciente al Suelo en el **Art. 409.-** se afirma que es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

De acuerdo al **Art. 410.-** El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

En la ley especial de Gestión del ambiente 2004, en el Art. 23.- La evaluación del impacto ambiental comprende: “La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada”.

En la ley Orgánica de Tierras rurales y territorios ancestrales del Ecuador (2016) en el Art. 6.- de Prioridad nacional, “es de interés público y prioridad nacional la protección y uso del suelo, en especial de su capa fértil que asegure su mantenimiento y la regeneración de los ciclos vitales, estructura y funciones, destinado a la producción de alimentos para garantizar el derecho a la alimentación y a la soberanía alimentaria”.

En el capítulo IV de la planificación de tierras rurales, Art. 48.- de Planificación participativa. Considera la aptitud y usos sustentables prioritarios de la tierra rural, y promueve formular Planes de Manejo Participativo, de Conservación y Recuperación de Suelos que contribuya a la sostenibilidad de la fertilidad de la tierra rural y aumento a su productividad.

En el Art. 49.- de Protección y recuperación. El proyecto es avalado en la protección y recuperación ya que el Estado impulsará la protección, la conservación y la recuperación de la tierra rural, de su capa fértil, en forma sustentable e integrada con los demás recursos naturales, con la implementación y el control de buenas prácticas agrícolas. Así tiene una conexión con el Art. 50.- ya que promueve la limitación de la ampliación de la frontera agrícola. (...) en la que se aplicarán programas de incentivos económicos para comunidades, comunas, pueblos y nacionalidades que habitan en ecosistemas frágiles, impulsando su conservación y restauración.

En el Art. 53 de Prevención de la contaminación. “La Autoridad Agraria Nacional en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional investigará, controlará, promoverá y recomendará el empleo de prácticas de manejo de suelos para prevenir la contaminación hídrica y edáfica del suelo, provocada por el uso inadecuado de productos agrotóxicos,

disponiendo las rectificaciones necesarias para su cumplimiento, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones administrativas previstas en las leyes ambientales.

Las y los propietarios, arrendatarios, poseedores, usufructuarios de tierras rurales o quienes bajo cualquier otra forma contractual acceden a la misma, están obligados, con sujeción a las normas de control ambiental a prevenir la degradación de los suelos agrícolas y la contaminación ambiental”.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Caracterización del área de estudio

El área de estudio corresponde al valle seco del río Chota, localizado al Norte del Ecuador en las provincias de Imbabura y Carchi. Altitudinalmente corresponde a los valles secos entre 1400 y 2500 msnm (Acosta Solís, 1977). Tiene una superficie de 7733,46 hectáreas. El valle seco del río Chota se caracteriza por presentar dos tipos de clima: árido megatérmico y semiárido megatérmico, de acuerdo a la clasificación climática de Pourrut (1995). El promedio anual de precipitación y temperatura están entre los 360 y 600 mm y los 19 y 21 °C respectivamente (Acosta, 1977).

Según la clasificación de Zonas de Vida y Formaciones Vegetales de Holdridge (1967), existen dos zonas de vida: estepa espinosa Pre Montano (eePM) y estepa espinosa Montano Bajo. Las principales especies de flora que se encuentran son: espino (*Acacia macracantha* W.), molle (*Shinus molle* L.), higuera (*Ricinus sp.*), chilca (*Bacharis latifolia*), cactus (*Opuntia pubescens*), cactus (*Opuntia ficus-carica* L.), entre otras.

El tipo de suelo corresponde a los órdenes Entisoles e Inseptisoles (FAO, 2009), los Entisoles se caracterizan por una baja potencialidad nutritiva y fuertes pendientes, por lo cual no debería ser un suelo de uso agropecuario, presentan poca profundidad radical y alta susceptibilidad a erosión hídrica y eólica. Los inseptisoles son suelos caracterizados por su secuencia de horizontes moderadamente desarrollados y al estar en una etapa de formación inicial sus características son incipientes (Bertsch, Mata, & Henríquez, 1993). Además existen áreas erosionadas desprovistas del primer horizonte del suelo, donde se evidencia la presencia de rocas de diferente tamaño y granulometría; existen también afloramientos de roca compuestos por basaltos, granitos, andesitas y riolitas. Las áreas erosionadas han sido desprovistas del primer horizonte del suelo, donde se evidencia la presencia de rocas de diferente tamaño y granulometría.

En la Figura 2 se muestra el Mapa de ubicación del área de estudio, la misma que se extiende paralelamente al río Chota y a la vía de primer orden Ibarra – Tulcán. La

distancia desde el sitio el Juncal hasta el sitio de control vehicular de Mascarilla es de 32 km.

Tabla 2. Coordenadas de los puntos extremos del área de estudio. Proyección UTM, Datum WGS 84, Zona 17 S.

PUNTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	ALTITUD (msnm)
NORTE	839693	10057963	1760
SUR	829324	10048153	1760
ESTE	843274	10044353	1760
OESTE	821385	10053965	1680

Tabla 3. Datos meteorológicos de la estación San Vicente de Pusir.

MES	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	NUBOSIDAD (Octavos)
Enero	48,2	19,6	6
Febrero	59,0	19,4	6
Marzo	0,0	20,8	5
Abril	56,6	20,6	5
Mayo	1,6	20,5	5
Junio	0,0	20,7	4
Julio	0,0	20,5	4
Agosto	0,0	20,8	4
Septiembre	0,0	20,8	4
Octubre	0,0	21,0	4
Noviembre	10,2	21,2	4
Diciembre	35,2	20,3	4
Año	210,8	20,5	5

Fuente: INAMHI, 2015.

"MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN EL VALLE DEL CHOTA"

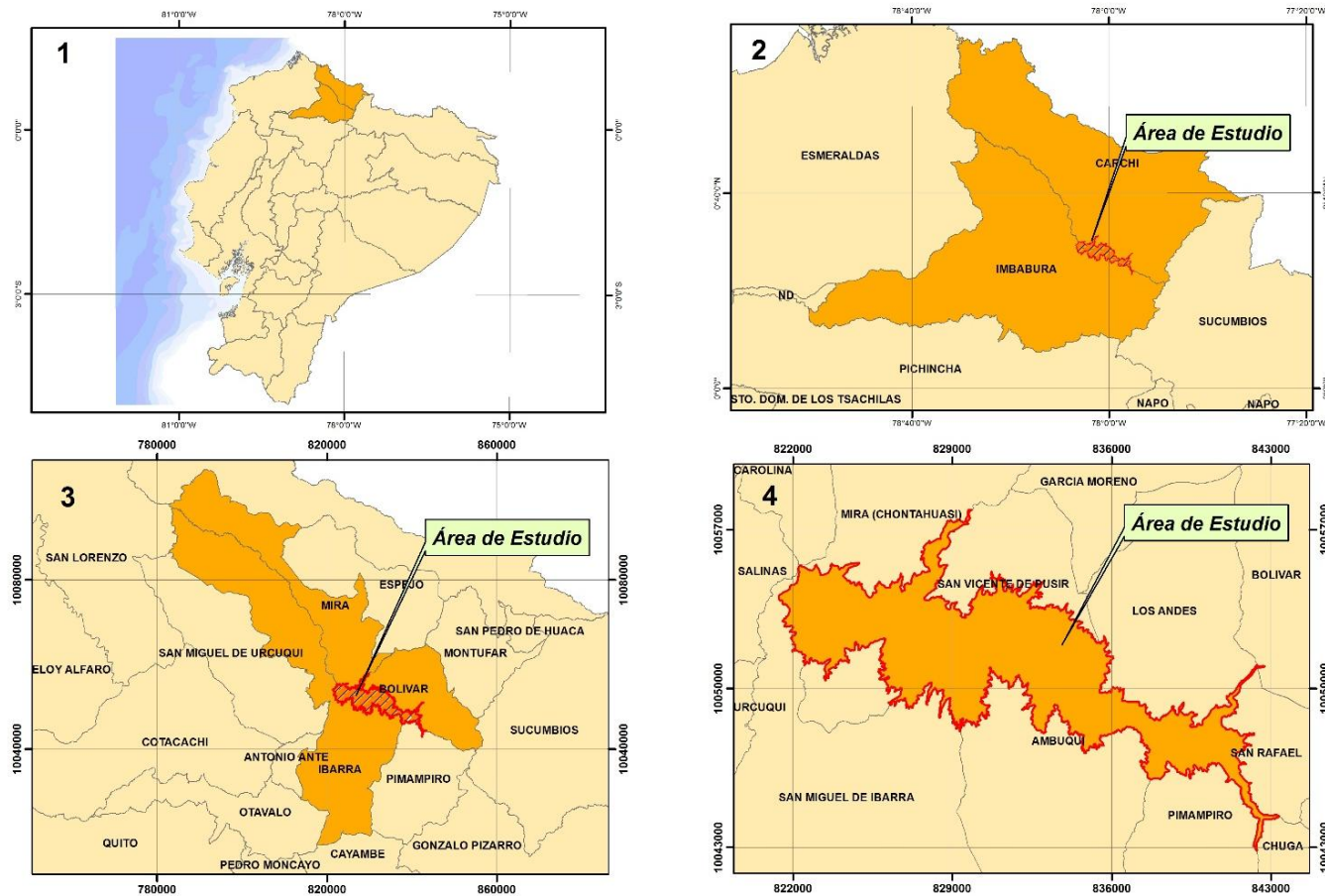


Figura 2. Mapa de ubicación del proyecto.

Fuente: Autora, 2017.

3.2 Materiales y equipos

En esta sección se presentan los materiales y equipos empleados para la investigación.

Materiales

- a) Cartas topográficas digitales del IGM a escala 1:50.000
- b) Coberturas digitales del Sistema Nacional de Información a escala 1:50.000
- c) Imágenes de los satélites: LANDSAT y ASTER de los años 1991, 2000, 2007 y 2016.
- d) Softwares ArcGIS 10.3 y ERDAS 2015 con licencia temporal.
- e) Libretas de campo

Equipos

- a) Navegador GPS
- b) Cámara fotográfica
- c) Computador portátil
- d) Vehículo

3.3 Metodología

La metodología empleada consistió en la utilización de imágenes multiespectrales de los satélites LANDSAT y TERRA (Imágenes ASTER), la misma que se indica en la figura 3.

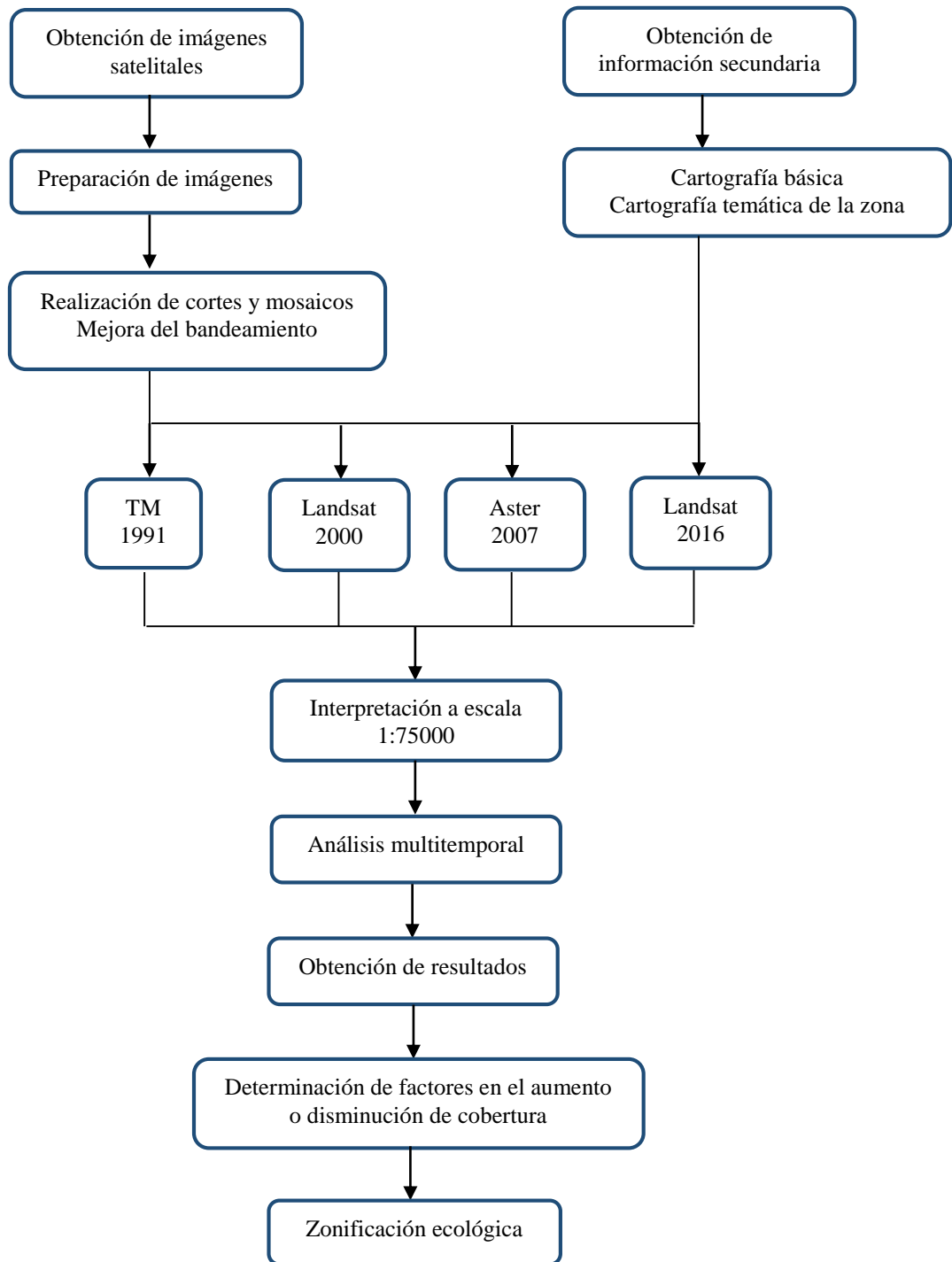


Figura 3. Diagrama de la metodología.

3.3.1 Cambios de superficies de cobertura vegetal del valle del Chota

Para cuantificar los cambios de las superficies de cobertura vegetal del valle del Chota, y conocer el impacto en el ecosistema xerofítico se desarrolló las actividades siguientes, aplicando la metodología de ESRI (2013).

3.3.1.1 Trabajo de Campo y Reconocimiento del Área de Estudio

Se delimitó el área de estudio, considerando las cotas de 1520 y 1760 msnm en la parte baja y alta del Valle del Chota, en los sectores: Control de Mascarilla, Mascarilla, Chota, San Alfonso, Carpuela, El Juncal y Pusir.

Obtención de puntos de control, con el navegador GPS en cada sitio de estudio de las diferentes formaciones vegetales: vegetación riparia, vegetación arbustiva, vegetación xerófita, cultivos y frutales y áreas erosionadas, con descripción del área (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Obtención puntos de control en la comunidad de Juncal en compañía del director del trabajo de titulación.



Figura 5. Obtención puntos de control con marcaje en el sitio en la comunidad de San Alfonso.

3.3.1.2 Búsqueda de imágenes de diferentes años en el servidor Earth Explorer del USGS

En primera instancia, se realizaron búsqueda de imágenes Landsat y Aster, que cumplieran con las características siguientes: porcentaje de nubosidad máximo 10%, número de bandas espectrales mínimo cuatro, resolución espacial de 15 y 30 m, resolución radiométrica de 8 bits y resolución temporal de 16 días. Los geoportales que se emplearon para la búsqueda de imágenes fueron:

El Geoportal *Earth explorer* contiene imágenes de los satélites Landsat y Terra (Imágenes Aster). El satélite Landsat pertenece a la NASA y las imágenes son administradas por el USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) (INEGI, 1984), la misma que distribuye gratuitamente imágenes de todo el globo terrestre.

El visor *Glovis* permite consultar imágenes Landsat y Aster gratuitas de acuerdo con criterios de: porcentaje de nubosidad, número de bandas, resolución espacial y resolución radiométrica. Mediante los dos geoportales mencionados, se seleccionaron escenas de imágenes con cobertura total para el valle seco del río Chota, desde la cota de 1520 hasta la cota de 1760 msnm, incluyendo las

comunidades y localidades de Juncal, Carpuela, San Alfonso, el Chota, Mascarilla y Pusir.

3.3.1.3 Tratamiento digital de imágenes

Para el tratamiento digital de las imágenes obtenidas en Earth explorer, se empleó el software ERDAS® versión 2015. El tratamiento consistió en: Realce radiométrico, realce multitemporal y corrección atmosférica.

Realce radiométrico

Consistió en mejorar la imagen aplicando algoritmos del software ERDAS®, para interpretar con mayor facilidad la cobertura vegetal del valle seco.

Realce multiespectral

Se realizó un mejoramiento o realce multiespectral para los períodos de análisis multitemporal de los años: 1991, 2000, 2007 y 2016.

Corrección atmosférica

El valle seco del río Chota se localiza en colinas y montañas con relieve medio (geomorfología), para corregir el efecto del relieve en las imágenes y eliminar sombras de nubes, se aplicó una corrección atmosférica, con la herramienta ATCOR de ERDAS (IGAC, 2013).

3.3.1.4 Recorte de imágenes con el área de estudio

En el software ArcGIS®, se procedió a recortar las escenas de imágenes con el polígono del área de estudio.

Delimitación del área de estudio

Para delimitar el área de estudio se consideraron los aspectos de altitud del terreno, ecosistemas, comunidades vegetales y uso del suelo (Figura 6). Además la confluencia del río Ambi con el río Chota desde la cota de 1520 hasta la cota de 1760 msnm.

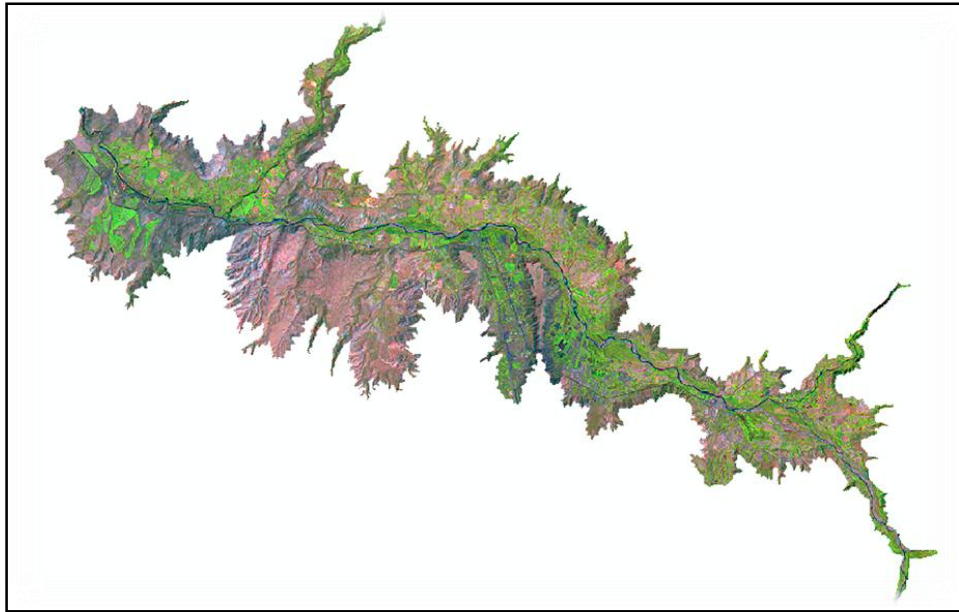


Figura 6. Imagen ASTER del área de estudio.

3.3.1.5 Clasificación multitemporal de imágenes

Se realizó clasificaciones supervisadas de imágenes validadas con comprobaciones de campo para los años 1991, 2000, 2007 y 2016; para esto se consideró una superficie mínima de tres hectáreas (unidad mínima cartografiable) para ser empleadas como áreas de entrenamiento en las clasificaciones no supervisada y supervisada.

Clasificación no supervisada

La clasificación no supervisada de las imágenes se realizó empleando la metodología de Chuvieco (2010), considerando cinco clases de vegetación: riparia, arbustiva, xerófita, cultivos - frutales y áreas erosionadas.

Clasificación supervisada

La clasificación supervisada consistió en aplicar la metodología de Chuvieco (2010) asignando áreas de entrenamiento para interpretar los tipos de cobertura siguientes: vegetación riparia, vegetación arbustiva, vegetación xerófita, cultivos y frutales y áreas erosionadas. Las áreas de entrenamiento se definieron agrupando píxeles de la imagen con el mismo valor de nivel digital en reflectancia. De esta manera, se obtuvieron los polígonos digitalizados sobre la imagen para los cinco tipos de cobertura.

3.3.2 Factores antrópicos que influyen en los cambios de la cobertura vegetal

Para determinar los factores antrópicos influyentes en el aumento o disminución de la cobertura vegetal en el valle seco del río Chota se realizaron las siguientes actividades, empleando la metodología propuesta por Chuvieco (2010).

3.3.2.1 Comprobación de campo

Los resultados que se obtuvieron en la clasificación no supervisada y supervisada de las imágenes fueron reclasificados mediante la asignación de puntos de control levantados con un navegador GPS en las siguientes formaciones vegetales: vegetación riparia, vegetación arbustiva, vegetación xerófila, cultivos y frutales y áreas erosionadas, para los periodos 1991, 2000, 2007 y 2016 (Figura 7).



Figura 7. Puntos de control levantados para reclasificación.

3.3.2.2 Validación de la clasificación de las imágenes

Después de obtener las imágenes clasificadas, se requirió realizar comparaciones entre los píxeles de la imagen y la distribución espacial de las clases de formaciones vegetales presentes en el campo. La validación de los resultados de clasificación de imágenes se realizaron aplicando la técnica de matriz de contingencia (confusión o de error, que evalúa la exactitud de la clasificación

multitemporal) (Rodríguez, 2011), y se calculó el índice Kappa (López *et. al*, 2001) para determinar el grado de significancia entre los datos obtenidos en la clasificación supervisada y los datos levantados en campo.

A partir de la matriz de confusión se pudo deducir varios índices relativos a la exactitud de la clasificación. Para definir y comentar dichos índices se calculó mediante el software la matriz de confusión para la imagen LANDSAT L8 OLI (Figura 8).

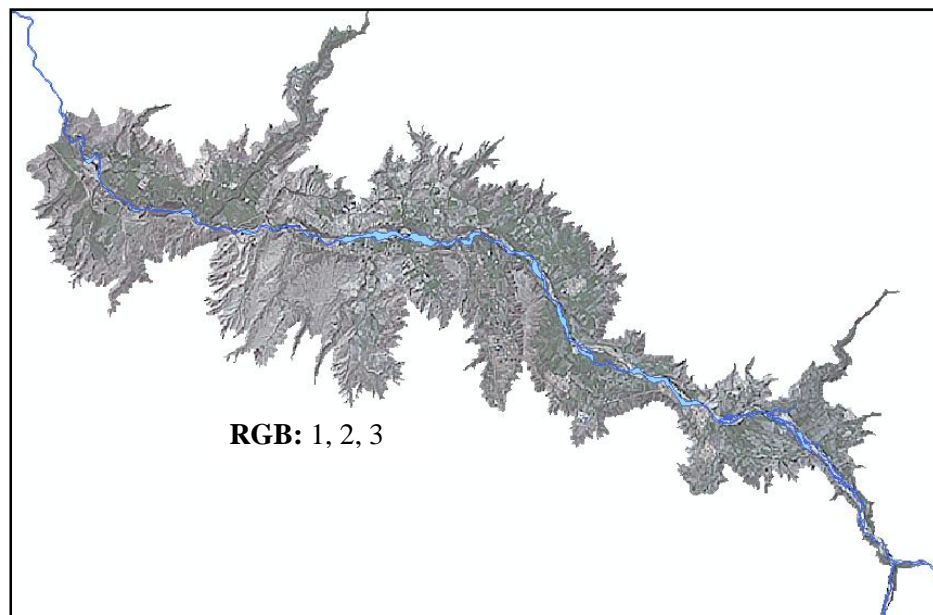


Figura 8. Imagen en falso color LANDSAT L8-OLI del 2016.

Dicha imagen corresponde al área de estudio con una superficie de 7733,46 hectáreas, registrada el 5 de enero del 2016. Se clasificó la imagen por el método supervisado utilizando el algoritmo de las mínimas distancias. Las áreas de entrenamiento para coberturas terrestres de interés se definieron en base al examen de las combinaciones RGB de color natural (Figura 9) y falso infrarrojo (Figura 10) apoyadas por el análisis de los perfiles espectrales.

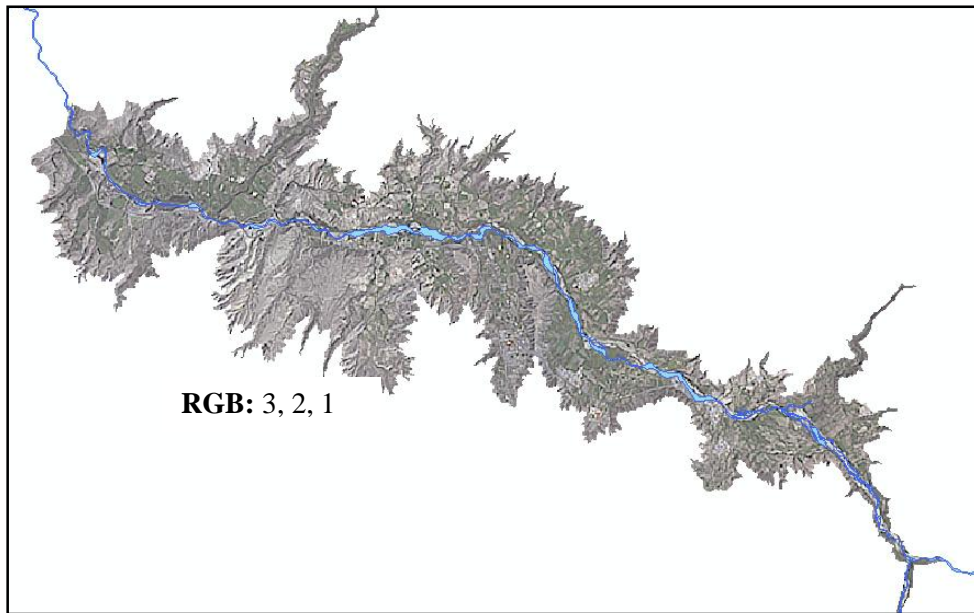


Figura 9. Imagen en color verdadero LANDSAT L8-OLI.

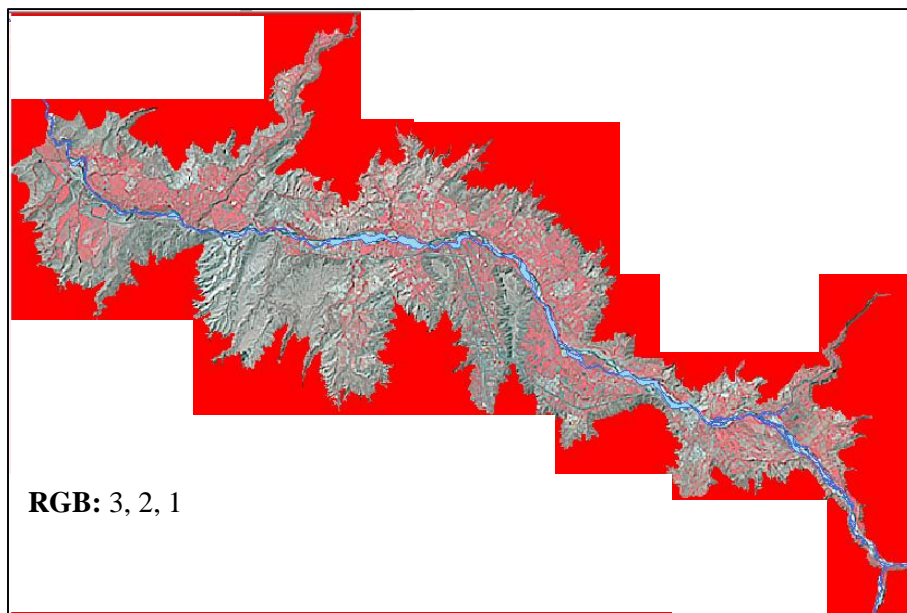


Figura 10. Imagen en infrarojo LANDSAT L8-OLI.

Las áreas de entrenamiento correspondieron a las siguientes regiones:

1. Vegetación riparia
2. Vegetación arbustiva
3. Vegetación xerófita
4. Cultivos y frutales

5. Áreas erosionadas

3.3.2.3 Factores antrópicos que influyen en los cambios de la cobertura vegetal

Se identificaron los factores y actividades humanas que han influido en los cambios de la cobertura vegetal, mediante análisis multitemporal de las imágenes satelitales LANDSAT y ASTER procesadas y clasificadas, aplicando técnicas de percepción remota de acuerdo con la metodología propuesta por Chuvieco (2010). Los factores identificados permitieron conocer la influencia de los mismos en los cambios multitemporales de la cobertura vegetal, ya que se evidenció que la zona del Valle tiene alta intervención antrópica por la presencia de vías, centros poblados, sitios turísticos y actividad agropecuaria.

3.3.2.4 Elaboración de la cartografía multitemporal

Los datos de las clasificaciones no supervisada y supervisada se obtuvieron en formato Raster que posteriormente fue transformado a formato shapefile o vectorial. Los archivos convertidos a formato shapefile fueron empleados para comparar las áreas con cambios de vegetación en el software ArcGIS®, y para el diseño cartográfico de mapas descriptivos del área estudio.

3.3.3 Zonificación de áreas de manejo y conservación de los ecosistemas de vegetación xerófila

Para zonificar el valle seco del río Chota se aplicó la metodología de ZEE (Pinasco, 2006), la misma que consistió en sobreponer capas de información de altitud del terreno, ecosistemas, comunidades vegetales, tipo de suelo y uso del suelo, mediante análisis multicriterio (Anderson, *et. al*, 2016) con la participación de los pobladores de las comunidades de Juncal, Carpuela, San Alfonso, el Chota, Mascarilla y Pusir.

3.3.3.1 Zonificación ecológica

Se aplicó la zonificación o sectorización del Chota con varios criterios, que permitió identificar unidades geográficas relativamente homogéneas con características físicas, biológicas, y socioeconómicas con potencial ecológico para la evaluación y posteriormente se definieron varias opciones de uso sostenible.

Los resultados obtenidos en las clasificaciones de las imágenes y las conversiones de archivos procesados en los softwares ERDAS® y ArcGIS®, fueron utilizados para obtener la zonificación ecológica del valle seco del río Chota tomando en cuenta la clasificación y subclasificación del suelo dentro del Proyecto de la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (2016), se clasifica en las siguientes zonas:

- a) Zona de producción agrícola
- b) Zona de restauración
- c) Zona de protección

Al pertenecer a un suelo rural, las variables seleccionadas para cada zona se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Variables empleadas en la zonificación en el Valle del Chota.

Símbolo	Zonas	Descripción	Rango de pendiente	Uso de suelo y cobertura vegetal
ZP	Zona de producción agrícola	Apta para el desarrollo de actividades agroproductivas, acuícolas, ganaderas, forestales y de aprovechamiento turístico, respetuosas del ambiente.	Todos	Cultivos y frutales
				Vegetación arbustiva, riparia y xerófito
				Área poblada
ZR	Zona de restauración	Zonas con suelo erosionado, cangahua y sin cobertura vegetal.	Todos	Áreas erosionadas
ZP	Zona de protección	Por sus especiales características biofísicas, ambientales, socioculturales, o por presentar factores de riesgo, merece medidas específicas de protección. No es un suelo apto para el desarrollo de actividades urbanas de ningún tipo.	12 - >70%	Vegetación xerófito
			50 - >70%	Vegetación arbustiva

Fuente: Proyecto de Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo 2016, Artículo 4.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cambios de las superficies de cobertura vegetal del valle del Chota para conocer el impacto en los bosques y arbustos xéricos

En la cuantificación de cambios de las superficies de cobertura vegetal del valle del Chota se obtuvo el área en hectáreas para cada vegetación. De esta manera se conoció el impacto en los bosques y arbustos xéricos.

4.1.1 Clasificación no supervisada

De acuerdo con los resultados obtenidos en la clasificación no supervisada las variaciones en los cambios de cobertura vegetal durante los últimos 25 años son altamente notorios, e indican que existieron aumentos y disminuciones en relación a cada tipo de vegetación (Figura 11 y Tabla 5).

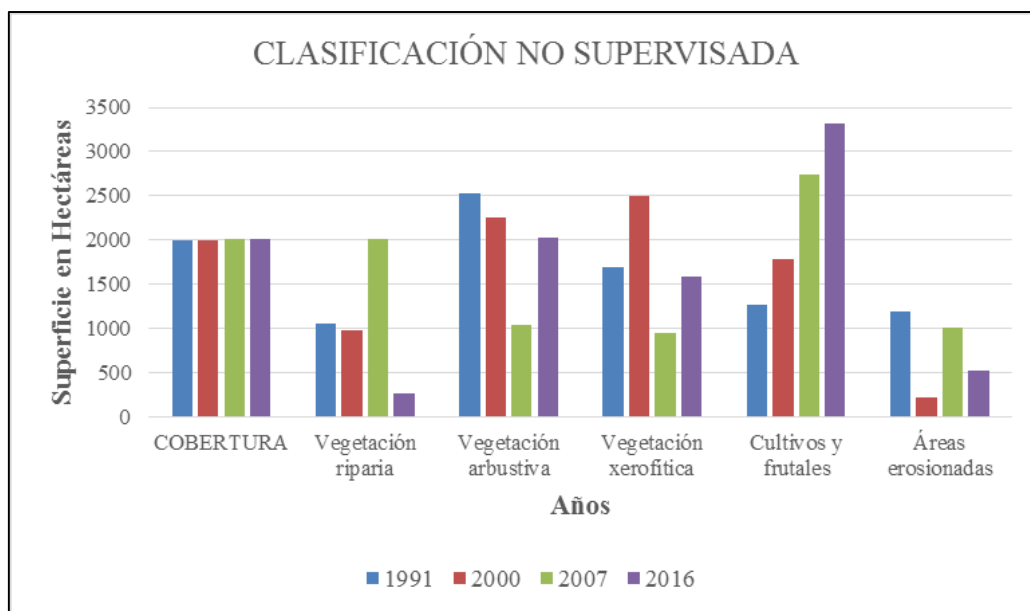


Figura 11. Análisis multitemporal de cobertura vegetal mediante clasificación no supervisada.

Tabla 5. Cambios en la cobertura vegetal del valle del Chota en el período de estudio detectados mediante clasificación no supervisada (ha).

Cód.	Cobertura	Años				Diferencia		
		1991	2000	2007	2016	1991 - 2000	2000 - 2007	2007 - 2016
1	Vegetación riparia	1047,25	977,41	2016,35	262,78	-69,84	1038,94	-1753,57
2	Vegetación arbustiva	2524,02	2248,47	1032,56	2028,16	-275,55	-1215,91	995,6
3	Vegetación xerófito	1693,79	2493,82	940,84	1592,26	800,03	-1552,98	651,42
4	Cultivos y frutales	1268,78	1783	2733,87	3319,91	514,22	950,87	586,04
5	Áreas erosionadas	1185,41	220,02	1003,4	520,13	-965,39	783,38	-483,27

Esta clasificación es una aproximación entre los píxeles de la imagen y las clases de formaciones vegetales del terreno. Los píxeles de las imágenes se agrupan de acuerdo a la semejanza de los valores de reflectancia de los cuerpos terrestres, en este caso la vegetación riparia, vegetación arbustiva, vegetación xerófito, cultivos-frutales y áreas erosionadas.

La vegetación riparia ha sido fuertemente afectada durante los últimos 25 años con una disminución casi total de la cobertura original, en el año 2016 posee 262,78 hectáreas a diferencia de 1047,25 hectáreas existentes en el año 1991; la dinámica fluvial natural del río puede modificar la distribución espacial del cauce, ocasionando variaciones en la distribución de la vegetación riparia. Se determinó que la cobertura de vegetación arbustiva tuvo un decrecimiento en los primeros 15 años. Para el año 2016 presentó un aumento en superficie de 995,6 hectáreas. La superficie de vegetación xerófito se redujo en 1552,98 hectáreas en el período 2000 a 2007, en el año 2016 presentó un aumento de cobertura vegetal de 651,42 hectáreas.

Se registraron aumentos en las superficies de cultivos y frutales, en el primer año de estudio (1991) fue de 1268,78 hectáreas y en el último (2016) fue de 3319,91 hectáreas. En cuanto a las áreas erosionadas se detectó una disminución en la superficie durante el periodo 1991 a 2000, con un aumento de cobertura en el periodo 2000 a 2007 de 783,38 hectáreas. Para el año 2016 se registraron disminuciones de las áreas erosionadas; como se indica en la Figura 12.

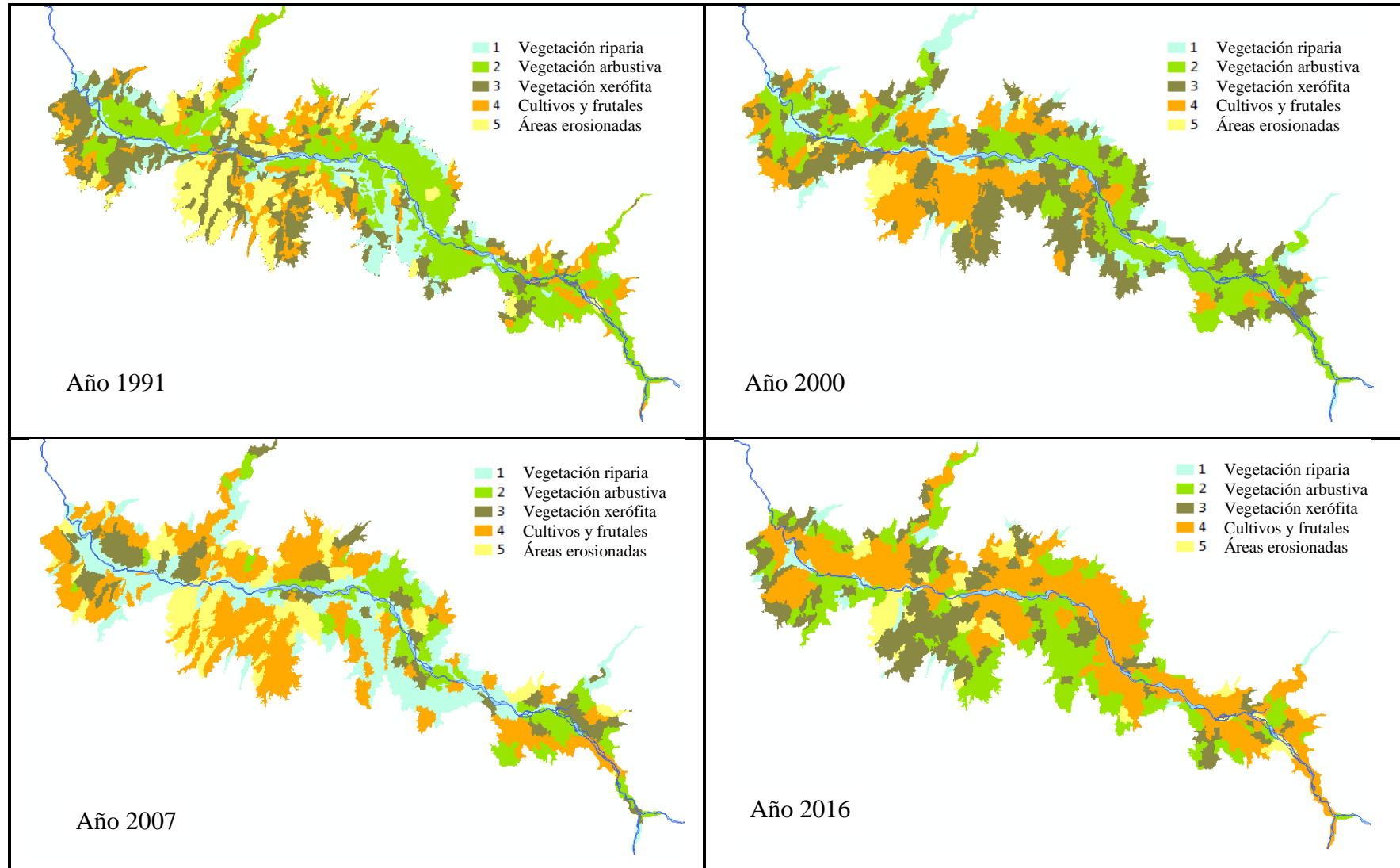


Figura 12. Clasificación no supervisada.

Del período de 1991 a 2016 la disminución de vegetación riparia, arbustiva y xerófitas, se debe al constante aumento de las actividades agropecuarias, como en la mayoría de los ecosistemas secos (Correa, 2000).

4.1.2 Clasificación supervisada

En la clasificación supervisada que empleó las firmas o puntos de entrenamiento que se obtuvieron en campo con un total de 31 puntos de control, las variaciones en los cambios de cobertura vegetal se acercan al uso real de suelo y cobertura vegetal del SNI 2013, así como se evidenció durante los recorridos en campo (Figura 13 y Tabla 6).

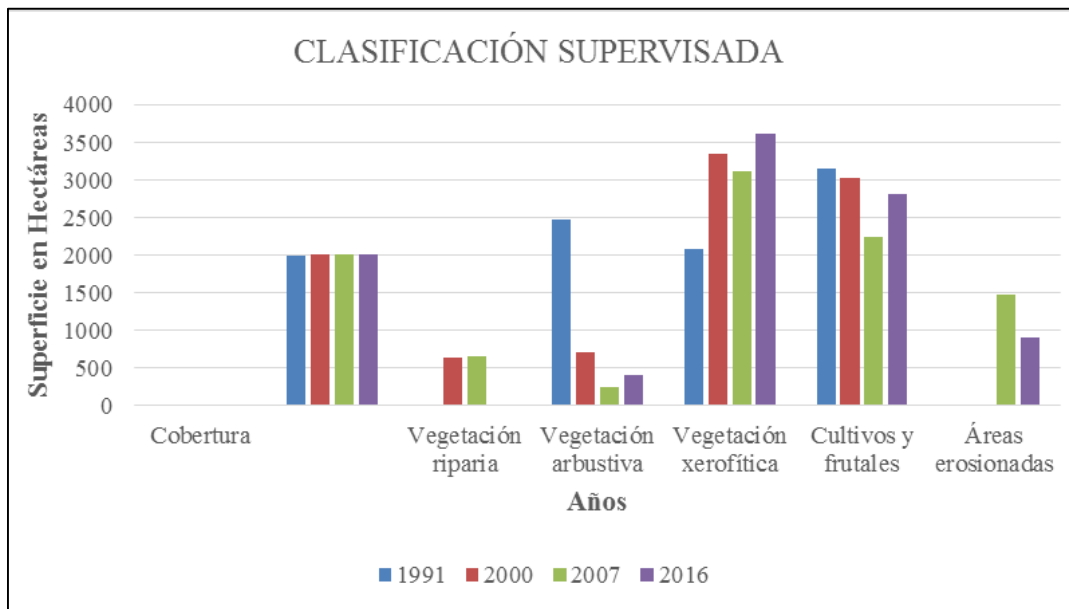


Figura 13. Análisis multitemporal de cobertura vegetal mediante clasificación supervisada.

La Tabla 6 indica la disminución y aumento que ha tenido la cobertura vegetal riparia, arbustiva, xerófitas, cultivos y frutales y áreas erosionadas durante los periodos de análisis multitemporal del período de 1991, 2000, 2007 y 2016. Los cambios de superficie están representados en hectáreas/año como se indica a continuación.

Tabla 6. Cambios en la cobertura vegetal del valle del Chota en el período de estudio detectados mediante clasificación supervisada (ha).

Cód.	Cobertura	Años				Diferencia		
		1991	2000	2007	2016	1991 – 2000	2000 - 2007	2007 - 2016
1	Vegetación riparia	12,43	642,66	658,75	0	630,23	16,09	-658,75
2	Vegetación arbustiva	2478,2	700,25	248,67	404,9	-1777,95	-451,58	156,23
3	Vegetación xerófito	2085,17	3341,24	3116,66	3605,59	1256,07	-224,58	488,93
4	Cultivos y frutales	3142,89	3030,34	2237,33	2806,23	-112,55	-793,01	568,9
5	Áreas erosionadas	0	0	1466,13	905,08	0	1466,13	-561,05

Se evidenció un aumento progresivo de la cobertura vegetal riparia hasta el año 2007, para el año 2016 presentó pérdidas críticas en superficies menores a 3 hectáreas. La cobertura de vegetación arbustiva presentó una pérdida gradual hasta el año 2007, para el año 2016 se detectó un aumento en la superficie de 156,23 hectáreas. En la cobertura de vegetación xerófito durante el período 1991 a 2000 existió un aumento de 1256,07 hectáreas, mientras que durante el periodo 2000 a 2007 la pérdida fue de 224,58 hectáreas.

El incremento paralelo de las áreas erosionadas en este periodo sería el resultado de la transición del uso de suelo, en principio representado por cultivos de ciclo corto y frutales que disminuyeron de acuerdo al cese de esta actividad dejando estas áreas descubiertas de cobertura vegetal; en el año 2016 existió un incremento de 488,93 hectáreas de cobertura vegetal xerófito como resultado de una regeneración natural.

La expansión agrícola disminuyó progresivamente durante el periodo 1991 a 2007, en el año 2016 la superficie se incrementó en 568,9 hectáreas ya que su superficie reemplazó la vegetación riparia cercana a las orillas y terrazas del río Chota. Las áreas erosionadas no presentaron superficies mayores a tres hectáreas durante el periodo 1991 a 2000, a partir del periodo de 2000 a 2007 se evidenció un aumento de 1466,13 hectáreas debido a la disminución de la cobertura vegetal arbustiva, xerófito, cultivos y frutales. Para el año 2016 se registró una disminución de 561,05 hectáreas debido al incremento de las coberturas mencionadas anteriormente; como se indica en la Figura 14.

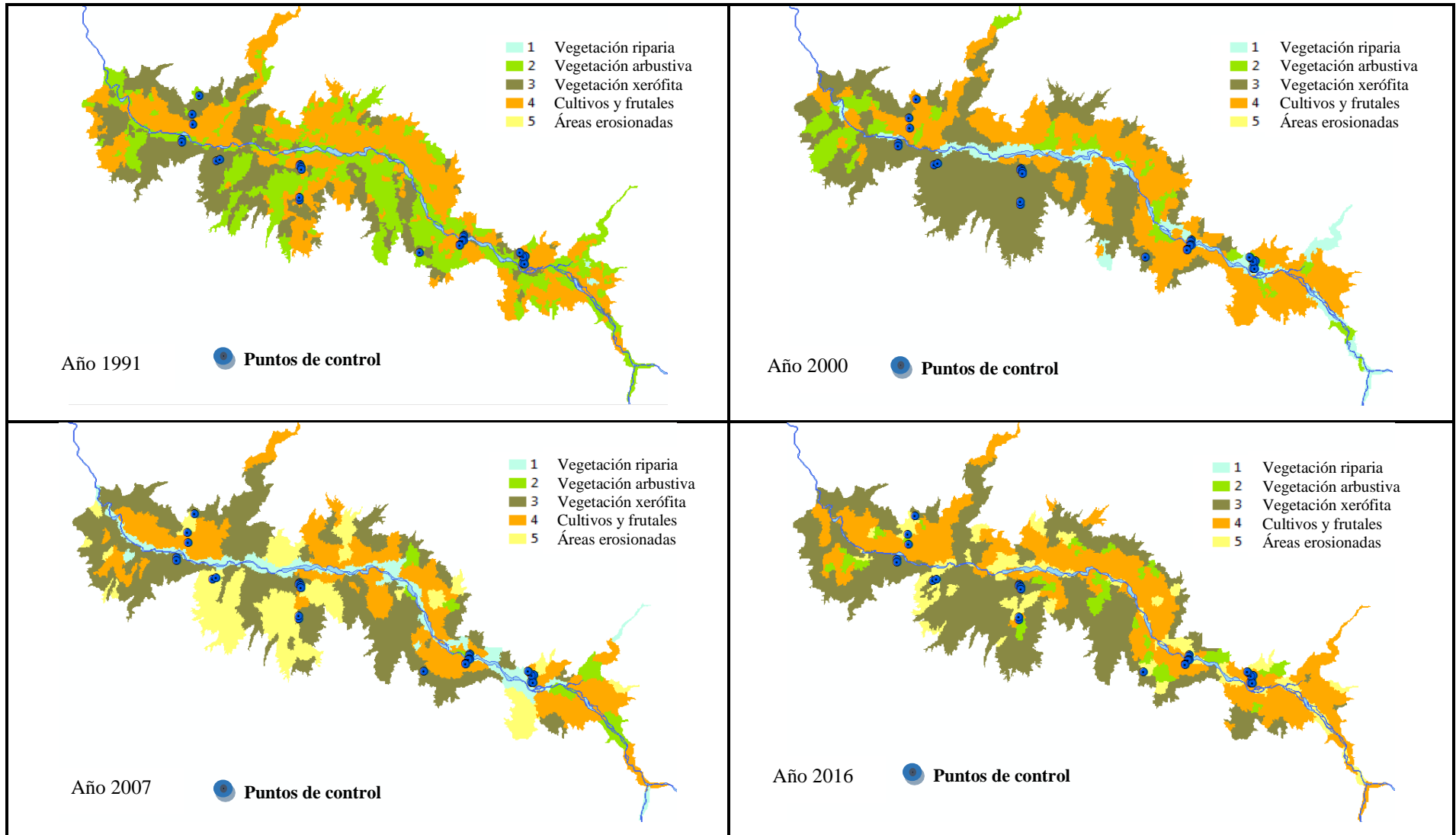


Figura 14. Clasificación supervisada

4.1.3 Reclasificación de clases identificadas

La reclasificación de las clases identificadas contó con mayor cantidad de puntos de control obtenidos con un navegador GPS, con un total de 88 puntos y los resultados son más exactos en comparación con el uso de suelo y cobertura vegetal descritos en campo. De esta manera, las variaciones en los cambios de cobertura vegetal son más precisas que las anteriores clasificaciones (Figura 15 y Tabla 7).

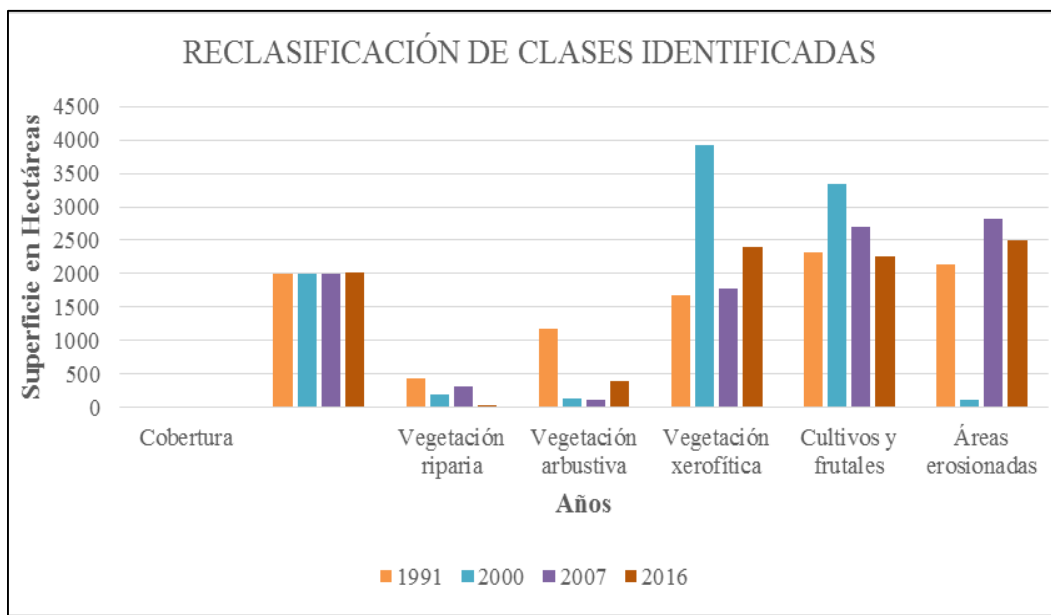


Figura 15. Análisis multitemporal de cobertura vegetal mediante clasificación supervisada.

A continuación, en la Tabla 7 los cambios en la cobertura vegetal y uso de suelo en los diferentes periodos de estudio, están expresados en superficie de hectáreas/año y las respectivas diferencias en aumento y decrecimiento de cobertura vegetal y uso de suelo.

Tabla 7. Cambios en la cobertura vegetal del valle del Chota en el período de estudio detectados mediante la reclasificación de clases identificadas (ha).

Código	Cobertura	Años				Diferencia (ha)		
		1991	2000	2007	2016	1991 - 2000	2000 - 2007	2007 - 2016
1	Vegetación riparia	433,36	190,26	313,03	24,98	-243,1	122,77	-288,05
2	Vegetación arbustiva	1166,21	132,93	110,96	396,12	-1033,28	-21,97	285,16
3	Vegetación xerófito	1670,27	3931,53	1786,36	2404,79	2261,26	-2145,17	618,43
4	Cultivos y frutales	2318,4	3348,32	2700,14	2254,12	1029,92	-648,18	-446,02
5	Áreas erosionadas	2131,24	120,21	2816,72	2500,83	-2011,03	2696,51	-315,89

En general el valle del Chota ha evidenciado cambios en las diferentes coberturas vegetales. La vegetación riparia presentó una disminución de 408,38 hectáreas de su superficie, en comparación a la cobertura inicial en el periodo de 1991 de 433,36 hectáreas con un porcentaje de pérdida del 94,24%, como consecuencia del aumento de actividades agropecuarias en los márgenes derecho e izquierdo del río Chota.

La cobertura de vegetación arbustiva del periodo de 1991 a 2016 ha disminuido en un 66,03% con una superficie inicial de 1166,21 hectáreas, para el año 2016 presenta una cobertura de 396,12 hectáreas, reemplazada por áreas erosionadas y vegetación xerófito. El incremento de la vegetación xerófito fue bastante representativo en el periodo de 1991 a 2000 con un aumento de 2261,26 hectáreas, para el periodo de 2000 a 2007 ha disminuido a 1786,36 hectáreas por el incremento de áreas erosionadas, para el periodo de 2007 a 2016 hay un incremento de 618,43 hectáreas, por lo que el bosque xérico de 1991 a 2016 indica un incremento del 43,98%, mientras que en las áreas erosionadas a partir del año 1991 hasta el año 2016, se detectó un incremento en superficie en un 17,34%. Las áreas de ciclo corto y frutales han disminuido un 2,77% siendo un porcentaje mínimo, lo que indica que su constante actividad ha permanecido en los últimos 25 años como se puede apreciar en la Figura 16.

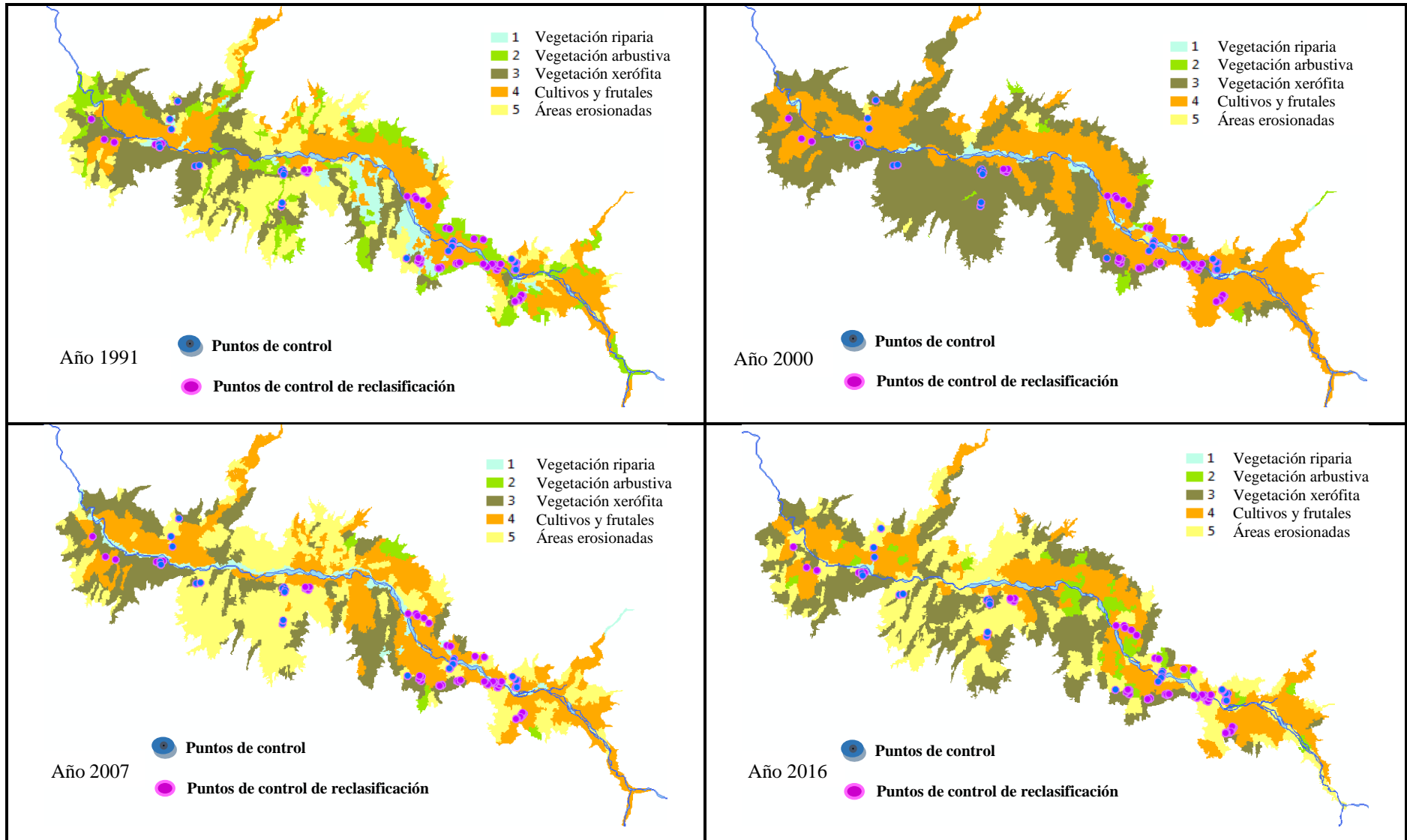


Figura 16. Reclasificación de clases identificadas.

En la figura 17 se indica la distribución de la precipitación mensual y el registro de temperatura mensual correspondiente al año 2012, donde se evidencia que los meses de enero, febrero y abril fueron meses ecológicamente húmedos, los restantes nueve meses del año fueron ecológicamente secos, concordando con las pérdidas de áreas de vegetación riparia y cultivos de ciclo corto y frutales, posiblemente debido a que la disponibilidad de agua para riego disminuyó y las llanuras de inundación del río no alcanzaron la humedad requerida para el desarrollo de vegetación riparia.

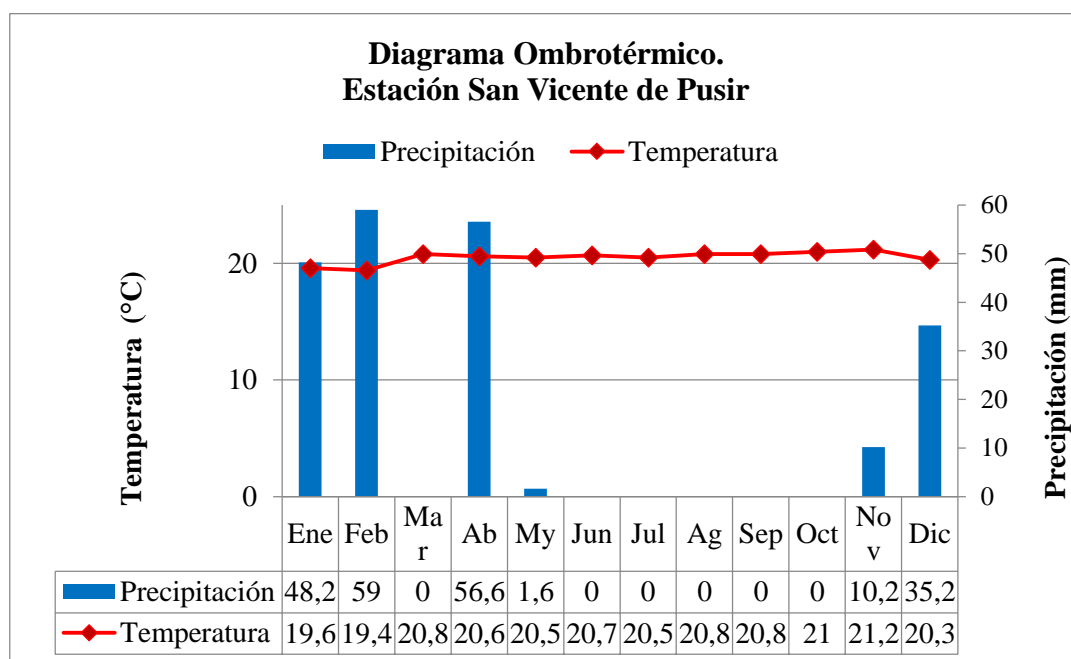


Figura 17. Diagrama Ombrotérmico de la Estación San Vicente de Pusir (INAMHI, 2015).

El crecimiento demográfico en el valle fue otra variable que se consideró, de acuerdo a datos del INEC (Tabla 8) realizados en los diferentes censos, que por motivo de estudio se analizaron únicamente los cantones de importancia dentro del área de estudio como son San Miguel de Ibarra y Pimampiro. En el año de 1990 en el cantón San Miguel de Ibarra la población fue de 119.493 habitantes, en el año 2001 aumentó a 153.256 habitantes y para el año 2010 la población fue de 181.175 habitantes, obteniendo una tasa de crecimiento de 2,08; en el caso del cantón Pimampiro hay un decrecimiento poblacional ya que para el año 1990 la población fue de 15.359 habitantes, en el año 2001

una población de 12.951 habitantes y para el año 2010 una población 12.970 habitantes, obteniendo una tasa de decrecimiento de -0,84.

Tabla 8. Información de los Censos de 1990, 2001 y 2010.

CANTONES	HABITANTES		
	CENSO 1990	CENSO 2001	CENSO 2010
San Miguel de Ibarra	119.493	153.256	181.175
Pimampiro	15.359	12.951	12.970

Fuente: INEC, 2010.

De acuerdo con los datos anteriores se puede mencionar que la población de Pimampiro se ha trasladado a sectores del valle del Chota, una muestra de ello es el sector de Chaguayacu donde la población en el año 2010 fue de 1080 habitantes, con 844 personas que emigraron desde la ciudad de Pimampiro a este lugar hace 5 años, lo que permite deducir que durante 20 años la población de Pimampiro ha ido asentándose en estos sectores, incrementando las estructuras urbanas y las áreas cultivadas del valle.

Otros casos, son Juncal y El Chota donde el número de habitantes en el año 2010 fue 1067 y 637 respectivamente, de los cuales 439 habitantes en el sector de Juncal fueron emigrantes desde la ciudad de Ibarra y 576 habitantes en el sector de El Chota también emigrantes de la misma ciudad. De acuerdo con estos datos se puede mencionar que los sectores del valle del Chota han sido habitados por personas de ciudades cercanas, incrementando la demanda de áreas estructurales y un incremento en áreas designadas para cultivos, por lo cual han existido cambios considerables en el uso de suelo y disminuciones de la cobertura vegetal por la dependencia que existe de los recursos naturales suelo y vegetación como lo sugieren Ortiz-Pech, Celi y García (2016). La expansión poblacional produce mayor cantidad de desechos humanos y la reducción de cobertura vegetal representativa, que incidiría en el aumento de la contaminación del suelo y el agua del valle del Chota.

4.1.4 Comparación de clasificación no supervisada, supervisada y reclasificación

La comparación de las clasificaciones evidencia la pérdida en la cobertura de vegetación riparia, la progresiva disminución de la vegetación arbustiva y su regeneración hasta el último período 2016. La vegetación xerófila registró un incremento de cobertura en el período de 1991 a 2000, debido a la precipitación registrada en ese período, además la imagen satelital Landsat L7 del 2000 corresponde al mes de diciembre y según el diagrama ombrotérmico multianual en los sectores pertenecientes al Valle del Chota se presentaron tres meses ecológicamente húmedos (abril, mayo y diciembre) con valores de precipitación mensual en el rango de 50 a 60 mm, seis meses semi-húmedos con precipitaciones mensuales en el rango de 10 a 50 mm y tres meses secos (julio, agosto y septiembre) con valores menores a 10 mm. En base a la distribución de la precipitación multianual se infirió que el aumento de cobertura vegetal fue causado por la presencia de lluvia en un promedio de 20 días con lluvia en ese período (INAMHI, 2015).

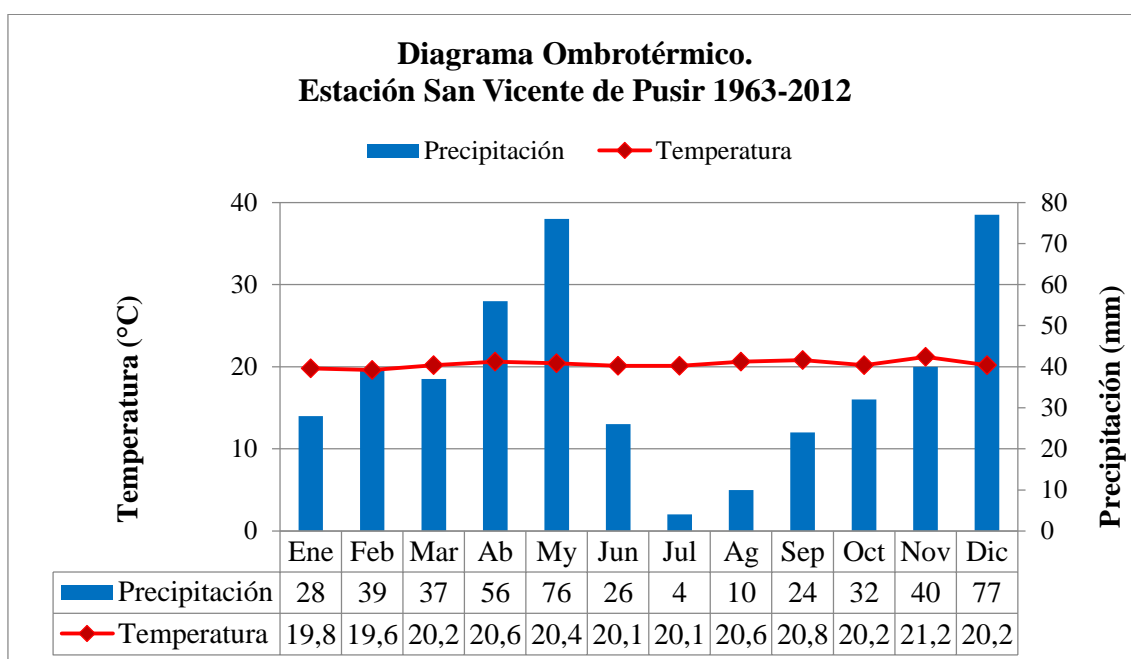


Figura 18. Diagrama Ombrotérmico Multianual de la Estación San Vicente de Pusir (INAMHI, 2015)

De acuerdo con las clasificaciones de las imágenes: supervisada y posterior reclasificación de la misma, existieron pérdidas graduales de las superficies de áreas

cultivadas, debido al aumento de áreas erosionadas, las mismas que disminuyeron en el último período 2007 a 2016 por el aumento de áreas con vegetación xerófito y arbustiva.

La comparación de las clasificaciones no supervisada, supervisada y reclasificación supervisada, indicadas en la Tabla 9, muestran una relación en la pérdida de áreas de vegetación riparia y suelo erosionado, con un incremento paralelo de áreas cultivadas, así como la regeneración natural del bosque xérico y vegetación arbustiva, con la diferencia en los valores registrados para cada clasificación, que de forma general en la reclasificación supervisada se indica mayor crecimiento en áreas de vegetación xerófito y arbustiva y un decrecimiento en áreas cultivadas.

Tabla 9. Comparación de las clasificaciones no supervisada, supervisada y reclasificación de clases identificadas.

CLASIFICACIONES	NO SUPERVISADA			SUPERVISADA			RECLASIFICACIÓN		
	Diferencia (hectáreas)								
COBERTURA	1991 - 2000	2000 - 2007	2007 - 2016	1991 - 2000	2000 - 2007	2007 - 2016	1991 - 2000	2000 - 2007	2007 - 2016
Vegetación riparia	-69,84	1038,94	-1753,57	630,23	16,09	-658,75	-243,1	122,77	-288,05
Vegetación arbustiva	-275,55	-1215,91	995,6	-1777,95	-451,58	156,23	-1033,28	-21,97	285,16
Vegetación xerófito	800,03	-1552,98	651,42	1256,07	-224,58	488,93	2261,26	-2145,17	618,43
Cultivos y frutales	514,22	950,87	586,04	-112,55	-793,01	568,9	1029,92	-648,18	-446,02
Áreas erosionadas	-965,39	783,38	-483,27	0	1466,13	-561,05	-2011,03	2696,51	-315,89

* Los datos resaltados indican la relación de concordancia de aumentos y decrecimientos de cobertura vegetal y uso de suelo en las diferentes clasificaciones.

4.2 Incidencia de los factores antrópicos que influyen en el aumento o disminución de la cobertura vegetal

La disminución de vegetación xerófito, arbustiva y en mayor incidencia la riparia es causada por el aumento de las áreas cultivadas, especialmente en la llanura y terrazas bajas del río del valle del Chota. El cambio de uso de suelo se inició en el proceso de liderazgo en el aspecto organizativo y social que comenzó en 1970, en el que los agricultores y comuneros lograron obtener derechos por el uso de suelo y la Reforma Agraria, así se dio inicio a la Federación de Trabajadores Agrícolas del Valle del Chota, quienes comenzaron a laborar en pequeñas parcelas agrícolas (Cribán & Mina, 2012).

4.2.1 Incidencia de los factores antrópicos que influyen en el aumento o disminución de la cobertura vegetal

Desde la Reforma Agraria en el Ecuador ha existido una mayor demanda en la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), que se desarrolla mejor en altitudes de 0 a 1000 msnm, con una temperatura media de 24°C y en suelos de textura liviana, profundos y fértiles. Además el cultivo requiere de una precipitación anual de 1500 mm bien distribuidos durante su ciclo de crecimiento (Díaz y Portocarrero, 2002). Debido a esto, la producción de la caña de azúcar en el valle del Chota produce una gran demanda de agua de riego ya que la precipitación media anual es menor a 250 mm (INAMHI, 2015). Los suelos del valle son poco profundos y con baja fertilidad, requiriendo la preparación de los mismos para labores agrícolas, así como un mayor control fitosanitario. En este sector la temperatura media alcanza un valor de 20,5 °C, posee alta luminosidad, condiciones propias que han permitido que este cultivo se extienda hacia otras áreas de cobertura vegetal.

Al existir una gran demanda económica del cultivo de caña la única extensión representativa se encuentra en el sector de Tababuela, donde funciona el Ingenio Azucarero (IANCEM); extensiones menores se encuentran cerca de Pusir y San Alfonso con una superficie total de 405,68 hectáreas según la información generada por el MAGAP y el MAE en el año 2013, coincidiendo a los resultados del análisis

multitemporal del año 1991, ya que cuenta con un periodo histórico de más de 45 años de existencia (Gondard, 1986); por lo tanto, el cultivo de caña de azúcar como factor antrópico de incidencia en la variación de la cobertura ha disminuido en comparación con los años de inicio.

Otros cultivos intensivos y extensivos de incidencia han sido el fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), de la variedad gandul (*Cajanus cajan* L.) y el maíz (*Zea mays*) que se encuentran distribuidos en todo el valle. Los cultivos menos extensos fueron: tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), aguacate (*Persea americana* Mill), pimiento (*Capsicum annuum* L.), papa (*Solanum tuberosum*) y ovo (*Spondias Anacardiaceae*), otro cultivo que ha sido implementado por la población es la tuna (*Opuntia ficuscarica* L.) (Cribán & Mina, 2012).

El cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) se desarrolla y produce mejor a temperaturas medias anuales entre 18 y 24 °C, las que generalmente predominan en elevaciones de 400 a 1200 msnm. Los mayores rendimientos se obtienen con temperaturas cercanas a 21 °C, para obtener un mejor crecimiento y producción es conveniente que el cultivo disponga de un rango de precipitación media anual entre 300-350 mm bien distribuidos durante el ciclo vegetativo (Rosas, 2003); en este caso, es necesario suplir la necesidad de agua mediante técnicas de riego en cantidades de 90 mm, este cultivo se encuentra localizado en el sector de Juncal y en pequeñas extensiones en las comunidades de Pusir y La Playa, ocupando una superficie total de 525,63 hectáreas.

Las áreas del cultivo mencionado anteriormente tuvieron un crecimiento progresivo hasta el año 2000, sin embargo para el año 2007 la superficie presentó un decrecimiento que incidió en el aumento de áreas erosionadas. En el año 2016 presentó un aumento de las áreas de cultivo de fréjol reemplazando las superficies de suelo en proceso de erosión, debido al cambio de uso de suelo, es decir, donde había cese de cultivo (áreas sin cobertura) actualmente se encuentra el cultivo de fréjol.

El cultivo de maíz (*Zea mays*) es el más intensivo y extensivo presente en el valle del Chota y es un cultivo dependiente de agua de riego que requiere una cantidad de 5 mm al día, especialmente en la fase de crecimiento vegetativo donde la demanda de agua es

mayor, por ello se recomienda aplicar riego de 10 a 15 días antes de la floración. La floración es la fase más crítica porque de ella depende el desarrollo de la mazorca y la cantidad de producción a obtener; la temperatura óptima para la fructificación es de 20 a 32 °C (Ortas, 2008). En el caso del valle en las fases de plantación y floración se debería aplicar técnicas de riego que mantengan la humedad y permitan una eficaz polinización y desarrollo de la mazorca. La superficie de cultivo de maíz duro y suave presente en el valle en el año 2013 corresponde a 1695,4 hectáreas ubicadas en la parte superior de la comunidad La Playa, Cooperativa Chota Chiquito, San Alfonso, Piedra Labrada, Ramal y Playa de Ambuqui y en los alrededores de Pusir Chiquito (SNI, 2013).

El cultivo de maíz puede considerarse como un factor antrópico que ha influido en la disminución de la cobertura riparia, arbustiva y xerófito, ya que ha reemplazado las superficies de las mismas que se encontraban en el período de 1991 como consecuencia de un cambio de uso de suelo en los últimos 25 años.

También, se encuentra el aumento de superficies de urbanización como son los sitios de recreación en toda la extensión del valle. De acuerdo con Challenger (2003) las superficies pertenecientes al bosque y matorrales xéricos son transformados para uso agropecuario como es el caso del Valle del Chota, estas actividades no únicamente impactan la biodiversidad, también afectan las diferentes propiedades funcionales del ecosistema, por la transformación que se le da, que inicia con la tala y quema del bosque para un posterior pastoreo o agricultura intensiva.

4.2.2 Evaluación y validación de la clasificación multitemporal mediante la matriz de contingencia y el índice de Kappa

La matriz de contingencia para la clasificación supervisada de la imagen LANDSAT OLI-8 indica los valores calculados en columnas por el usuario y en filas los valores calculados como predicción por el software. Se encontró valores para la categoría 1 (vegetación riparia) de 4 en usuario y 4 en predicción; en la categoría 2 (vegetación arbustiva) un valor de 25 en usuario y 23 en la predicción; en la categoría 3 (vegetación xerófito) 21 en usuario y 21 en el software; en la categoría 4 (cultivos y frutales) un valor de 21 en usuario

y 22 en la predicción; por último la categoría 5 (áreas erosionadas) 29 en usuario y 30 en predicción; lo que demuestra una alta correlación entre los datos de uso de suelo y cobertura vegetal observados en campo en el año 2016 y los datos de uso de suelo y cobertura vegetal obtenidos en la clasificación supervisada Landsat del mismo año.

Tabla 10. Matriz de contingencia de la clasificación supervisada de la imagen LANDSAT L8, 2016.

Predicción (Software ArcGIS)	Usuario					Sumatoria	Precisión de la predicción
	1	2	3	4	5		
1	4	0	0	0	0	4	100%
2	0	23	0	0	0	23	100%
3	0	0	21	0	0	21	100%
4	0	1	0	21	0	22	95,46%
5	0	1	0	0	29	30	96,67%
Sumatoria	4	25	21	21	29	100	
Precisión del usuario	100%	92%	100%	100%	100%		

Precisión general: 98%

Índice Kappa: 0,97

Este índice Kappa calculado indica que la clasificación supervisada es altamente significativo, ya que el valor es de 0,97 que se clasifica en categoría de casi perfecta (los valores del índice menores a 0,7 se clasifican en categoría moderada), en concordancia entre la predicción del software y el usuario, validando los resultados del análisis multitemporal en los periodos de estudio.

Tabla 11. Matriz de contingencia de la reclasificación de la clasificación supervisada de la imagen LANDSAT L8, 2016.

Predicción (Software ArcGIS)	Usuario					Sumatoria	Precisión de la predicción
	1	2	3	4	5		
1	9	1	0	0	0	10	90%
2	0	10	0	0	0	10	100%
3	0	0	13	0	0	13	100%
4	0	0	0	11	0	11	100%
5	0	0	0	1	12	13	92,31%
Sumatoria	9	11	13	12	12	57	
Precisión del usuario	100%	91%	100%	92%	100%		

Precisión general: 97%

Índice Kappa: 0,96

Este índice Kappa calculado indica que la reclasificación de la clasificación supervisada es altamente significativo, ya que el valor es de 0,96 que se clasifica en categoría de casi perfecta (los valores del índice menores a 0,7 se clasifican en categoría moderada), en concordancia entre la predicción del software y el usuario, validando los resultados del análisis multitemporal en los periodos de estudio.

4.3 Zonificación de las áreas de manejo y conservación de los ecosistemas xerofíticos para identificar zonas de restauración ecológica en las comunidades afroecuatorianas.

De acuerdo a Stolpe (2015), los valles que son productivos y presentan una tendencia de cambio en el uso de suelo, con actividades de ganadería y agricultura extensiva y básica, los suelos tienden a presentar mayor variabilidad en la clasificación taxonómica en los valles, como en una terraza aluvial o una ladera donde existe diferencias de profundidad de cenizas volcánicas sobre depósitos aluviales o fluvio-glaciales, respectivamente, como es el caso del valle del Chota.

De acuerdo con la zonificación ecológica (ZE) la superficie total del valle del Chota en el mapa de tipos de suelo, indica que pertenecen al orden Entisoles, son suelos recientes con poco desarrollo morfológico y los subórdenes presentes son: Aquents (suelos ocasionalmente saturados de agua y con un patrón de color distinto), Orthents (se han formado sobre recientes superficies erosionadas y que no han evolucionado), Pasamments (suelos arenosos, en ocasiones formados a partir de la alteración física de areniscas como roca madre) y grupo Ustortenths (suelos poco profundos, erosionados, ubicados sobre pendientes) del suborden Orthents (Ibáñez, Gosbert y Moreno, 2011).

El Orden Inceptisoles presentes en el área de estudio son suelos incipientes con leve desarrollo morfológico en el subsuelo, incluyendo formación de estructura, o color parduzco, el suborden presente es Andepts (derivados de cenizas volcánicas) (Ibáñez *et al.*, 2011), y suelo erosionado (Figura 19).

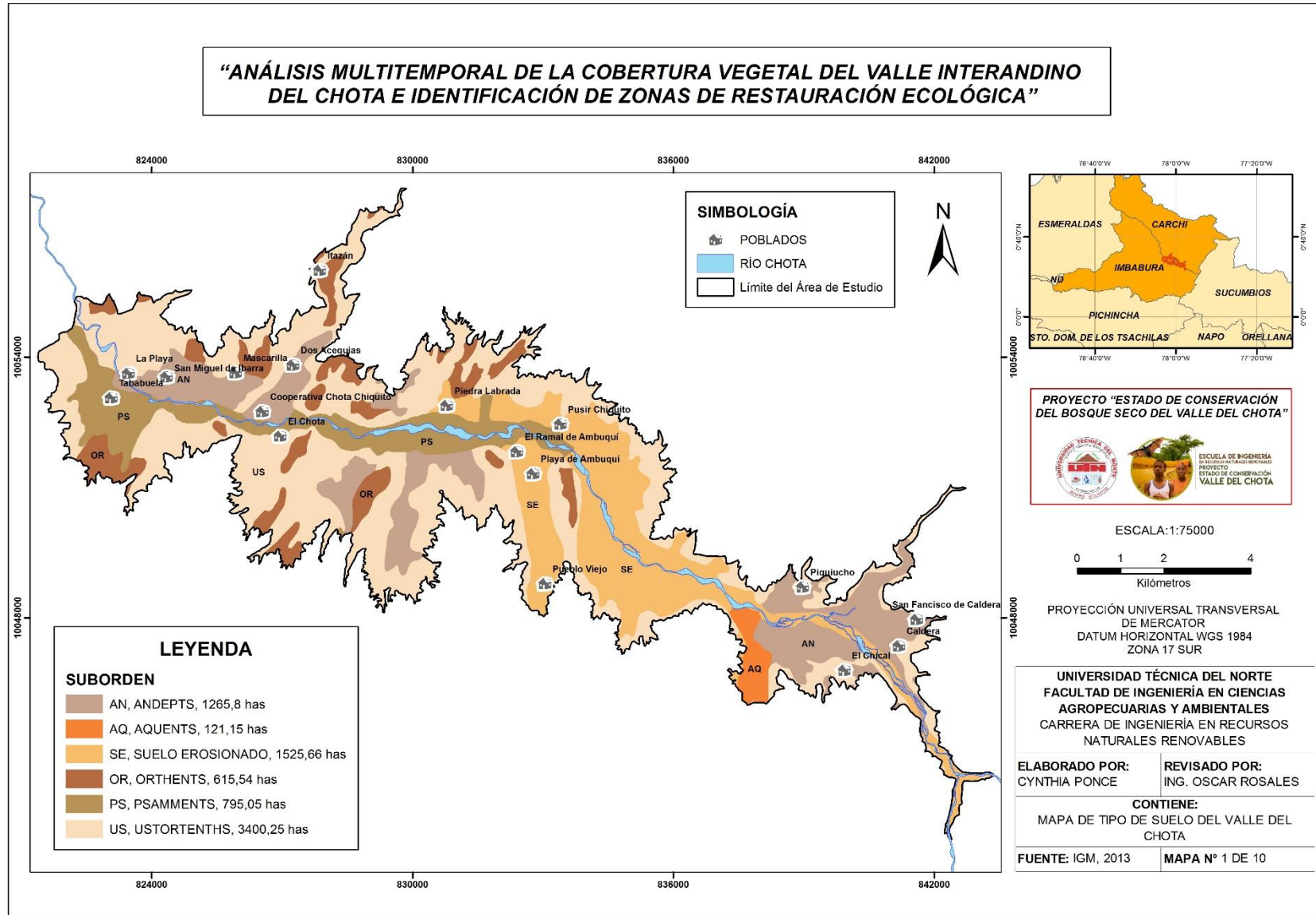


Figura 19. Mapa de tipo de suelo.

Como se puede observar en la Figura 19 el suborden Psamments se ha desarrollado en las planicies aluviales del río Chota, tiene baja retención de humedad y es susceptible a la erosión eólica, debido a la composición mineralógica que posee, son suelos poco fértiles por lo que es necesario utilizar fertilizantes químicos y orgánicos para el uso agrícola.

El suborden Aquents se ubica en un área de pendiente de 5 a 12%, relativamente plana, ocasionalmente saturada debido a la adecuación del lugar para captación de riego observada durante las salidas de trabajo de campo.

Los suelos Orthents se encuentran en lugares con pendientes fuertes, sujetos a erosión geológica, en el análisis de suelo del grupo Ustorthents son los que se ubican en todo el valle, sobre todo en los lugares de mayor erosión (Stolpe, 2015).

En general, los suelos Entisoles tienen menor grado de cubierta vegetal, y escasa materia orgánica en el horizonte superficial, así como baja fertilidad. Los Inceptisoles, suborden Andepts se encuentran localizados en las terrazas aluviales del río Chota y han sido utilizados en la producción de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en Tababuela, y en la producción de leguminosas en el sector del Juncal, pero en los lugares de pendientes fuertes es notable la erosión por el mayor riesgo de erosión hídrica.

De acuerdo a estos resultados donde se han incluido el mapa de pendientes, mapa de tipo de suelo, mapa de formaciones vegetales y el mapa de uso de suelo y cobertura vegetal, resultado de la reclasificación de la imagen satelital, se ha obtenido el mapa de zonificación ecológica incluye la Zona de producción agrícola, Zona de restauración y Zona de protección (Figura 20).

La zona de producción agrícola de acuerdo al Proyecto de Ley LOTUS (2016) enmarca las actividades de uso agrícola al igual que la infraestructura presentes en el valle del Chota, en esta zona se propone que las actividades se realicen con una visión de conservación de los recursos suelo, agua y vegetación.

La zona de restauración está designada para las áreas que se encuentran erosionadas y dispersas en todo el valle, las mismas que presentan en la descripción del suelo una capa

de duripan (cangahua pura erosionada) y duripan de hasta 40 cm de profundidad en costra de carbonato de calcio (CaCO_3). De acuerdo con estas características en esta zona se pueden realizar actividades para disminuir la erosión del suelo, sustentadas en los principios establecidos en la Constitución del Ecuador (2008), en los artículos 72 y 410, donde se establece el derecho de la naturaleza a la restauración y que para ello el Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

En la Zona de protección se encuentran los relictos de bosque y arbustos xéricos en suelos parcialmente erosionados y en otros sitios con suelos con presencia de duripan. En esta zona se protegerá la cobertura vegetal, ya que de acuerdo al presente estudio se ha encontrado que la mayor fuente de erosión en el valle es por el incremento de las actividades agrícolas así como la erosión eólica, de esta manera es importante conservar el bosque xérico como proveedor de servicios ambientales.

La Constitución del Ecuador (2008), en el artículo 267 numeral 4, establece el incentivo en el desarrollo de las actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente. En los artículos 391 y 409 se establece que el Estado generará y aplicará políticas demográficas que contribuyan a un desarrollo territorial e intergeneracional equilibrado y garanticen la protección del ambiente.

También se menciona que la conservación del suelo, en especial la capa fértil es considerada de interés público y prioridad nacional promocionando que se puedan establecer marcos normativos para protección y uso sustentable del suelo, que prevenga la degradación, en particular la ocasionada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado Ecuatoriano afirma que desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona, que es lo que se busca en el tercer objetivo de la presente investigación a través de la zonificación propuesta.

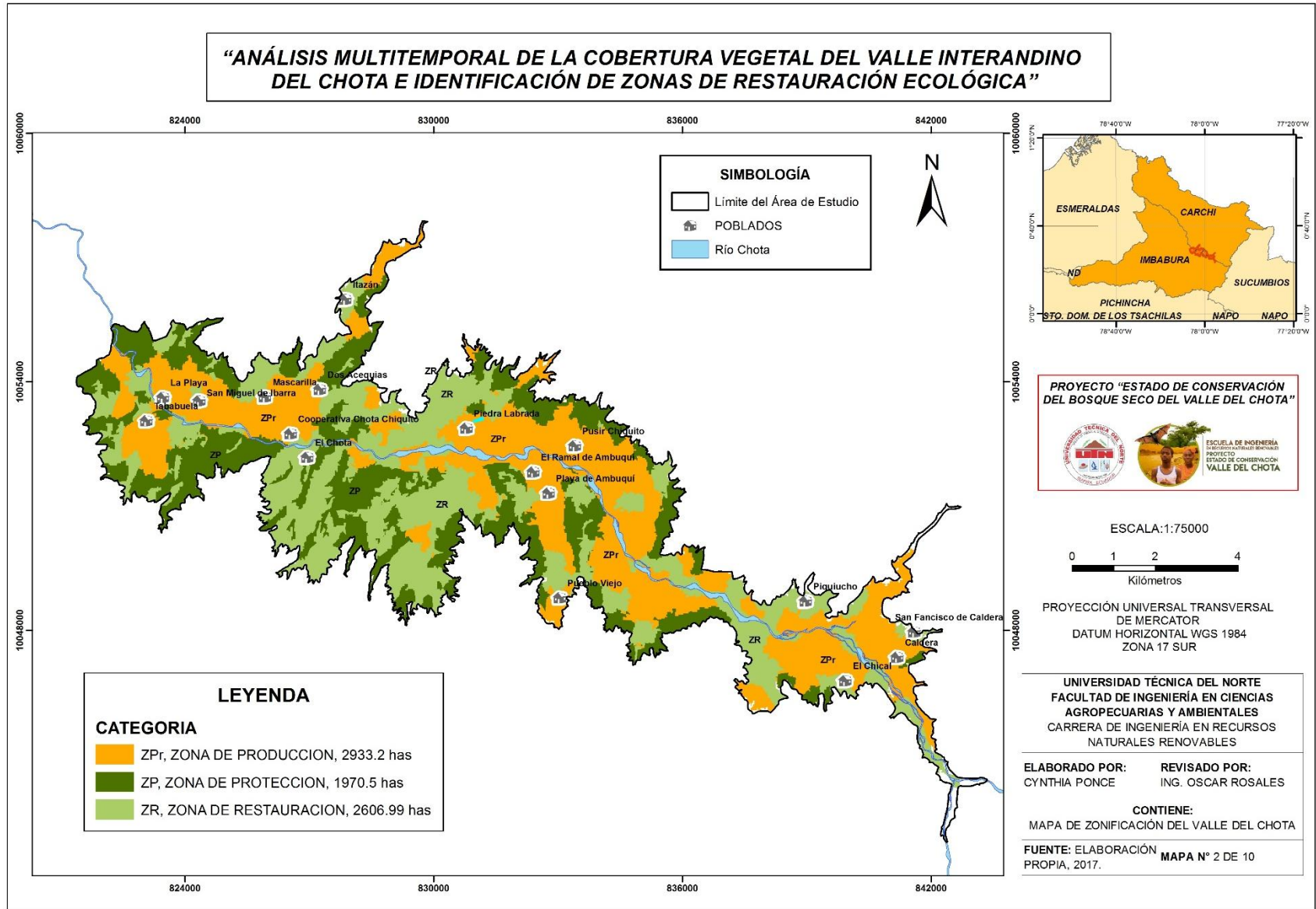


Figura 20. Zonificación agroecológica.

4.3.1 Zona de producción agrícola

La Zona de producción agrícola posee una extensión de 2933,2 hectáreas, con una pendiente del terreno que varía de 0 a mayor al 70%, que indican un relieve que va desde plano, ligeramente ondulado, ondulado, montañoso, muy montañoso y escarpado con presencia de cultivos anuales, permanentes, semi-permanentes mayormente concentrados en los márgenes izquierdo y derecho del río Chota (Figuras 21 y 22). Los frutales, área poblada, vegetación riparia, arbustiva y xerófita se concentran en las partes medias y altas de las vertientes izquierda y derecha del valle del Chota (Figuras 23 y 24).

En general, las actividades agropecuarias en el valle han implicado un re-direccionamiento de los flujos naturales de energía y nutrientes hacia el consumo humano, de esta manera han incidido en la alteración de las redes y cadenas alimenticias del ecosistema natural; ya que estas han producido una alteración del medio natural por actividades de tala de especies de bosque xérico, áreas cultivadas, construcción de sistemas de riego y la exposición del suelo a los factores del clima, siendo con mayor incidencia el viento.

En el periodo multitemporal de análisis ha existido sustitución de la diversidad biológica por especies vegetales domesticadas. Esta sustitución puede llegar a ser tan extrema que la siembra se convierte en un monocultivo, lo que se observó en el caso de la caña de azúcar. Los cultivos extensivos e intensivos de maíz y fréjol, al ser cultivos con fines comerciales ha sido y es necesario el empleo de grandes cantidades de agroquímicos (herbicidas, insecticidas, fungicidas y abonos químicos) con el objetivo de controlar especies competidoras (malezas), patógenas y depredadoras (insectos y roedores) lo que ocasiona contaminación en el suelo, capa freática sub-superficial y cuerpos de agua superficiales. La mayor afectación en el valle es la alteración de la estructura del suelo por el uso de fertilizantes inorgánicos (Eastmond y de Fuentes, 2006).



Figura 21. Cultivos en la comunidad de Pusir presentes en los márgenes del río Chota.



Figura 22. Escasa vegetación riparia presente en los márgenes del río Chota.

Los agentes que causan modificaciones drásticas en un ecosistema seco son en su mayoría originados por actividades humanas, aunque existen también efectos como producto de eventos naturales, que a su vez conforman parte de la dinámica de los bosques, sin embargo la frecuencia y magnitud de estos eventos interviene en la capacidad de respuesta

de los ecosistemas. En su mayoría atribuidas al cambio climático como son los cambios en los patrones de precipitación, incrementos en la temperatura, que tendrán sin duda efectos en la dinámica, fenología, interacciones y distribución de los Bosques Secos (Trejo *et al.*, 2015).



Figura 23. Cultivo de tuna (*Opuntia ficus*) en la comunidad el Juncal.



Figura 24. Cultivos y vegetación arbustiva cerca a la comunidad el Juncal.

4.3.2 Zona de restauración

La Zona de restauración tuvo una superficie de 2606,99 hectáreas, con pendientes del terreno de 0 a >70% con la característica principal de un suelo erosionado con mínima presencia de cobertura vegetal y en otros casos ninguna, se distribuye en toda el área de estudio (Figuras 25 y 26). La zona de restauración presenta beneficios futuros al bosque xérico del valle del Chota y una sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica, es posible como en el caso del estudio realizado en Antioquia en un fragmento del bosque seco con un resultado de áreas restauradas caracterizadas por presentar especies arbóreas plantadas de rápido crecimiento, propias de la sucesión secundaria de bosques secos, un sotobosque poco diferenciado con alta abundancia de plantas herbáceas y arbustos colonizadores y una cobertura vegetal discontinua con árboles aislados de mediano porte (Yepes & Villa, 2010).

Leiva *et al.* (2009), sugieren que la regeneración boscosa en suelos Entisoles con una gran expansión de Ustortenths, como es el caso de la zona de restauración en el valle requieren de 20 años en adelante para una restauración ya que la reducción de cationes en este tipo de suelo se desacelera luego de este periodo y el contenido de bases de intercambio (Ca, Mg, K y CIC) puede aumentar y registrar niveles similares a suelos de bosques maduros de más de 60 años. La demora en el tiempo se debería a que luego del abandono de pastizales o lugares donde había cultivos, la erosión eólica e hídrica causarían la pérdida y lixiviación de bases, y la absorción de nutrientes por parte de las especies pioneras reducirían los niveles de bases intercambiables del suelo. En el valle del Chota de acuerdo al análisis multitemporal en 25 años el uso de suelo ha presentado abandono de los lugares con áreas cultivadas anteriormente lo que ha contribuido a una mayor erosión del suelo.



Figura 25. Mínima cobertura vegetal cerca a la comunidad de San Alfonso.



Figura 26. Erosión severa y modificación en el proceso natural de crecimiento vegetal.

4.3.3 Zona de protección

La Zona de protección posee una superficie de 1970,5 hectáreas dentro de un rango de pendiente del terreno de 12 a >70%, característico de relieve ligeramente ondulado a escarpado con presencia de vegetación xerófila y relictos de bosque xérico, además en pendientes de 50 a >70% se evidencia la presencia de vegetación arbustiva, esta zona se distribuye en las partes altas de las vertientes izquierda y derecha del valle del Chota (Figuras 27 y 28).

En áreas de protección de bosque seco, la diversidad arbórea y estado de conservación del mismo presentan densidad con mayor rango y riqueza con una cantidad mayor en familias, géneros y especies como lo demuestra Leal & Lineros (2005) en el estudio realizado en los bosques secos de la Reserva de Biosfera del Noroeste en Perú, donde se encontró datos obtenidos en parcelas en el margen derecho del río Túmbez, que dan un promedio de 97 árboles/ha. Se concluyó que estos valores bajos son el resultado del impacto que causan la actividad ganadera y antrópica en estos sectores. Conclusiones similares fueron propuestas por Caraguay *et al.* (2003) a partir de inventarios ejecutados en la Reserva Natural Tumbezia - La Ceiba (provincia de Loja, Ecuador), sobre una superficie total de 15,3 hectáreas. Las densidades bajas en algunos intervalos de clases diamétricas eran resultado de las alteraciones en los patrones normales de regeneración natural, muchos de ellos debido al sobrepastoreo y a la tala selectiva.

Por esta razón es necesario una normativa de protección para los relictos de bosque xérico encontrados. De esta manera, se reduciría el impacto de pérdida de los ecosistemas xerofíticos.



Figura 27. Vegetación xerófito cerca del control policial.

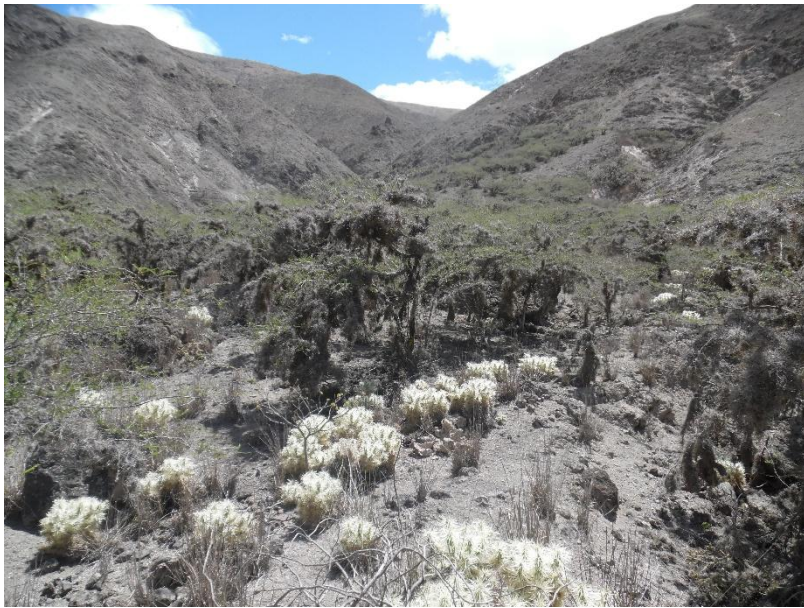


Figura 28. Relicto de bosque y arbustos xéricos interandinos montano bajos de los Andes del Norte cerca a la comunidad de Mascarilla.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- a) De acuerdo al análisis multitemporal la técnica de reclasificación aplicada a la clasificación supervisada fue la más ajustada en cuanto al cambio de uso de suelo en los últimos 25 años; por ende, la cuantificación de la superficie en cambios de uso de suelo fueron más aproximados a la realidad del uso de suelo y cobertura vegetal para todo el periodo de análisis.
- b) El análisis de imágenes indicó un cambio significativo en el uso de suelo, en el que la vegetación riparia y arbustiva presentaron una disminución de mayor porcentaje durante los últimos 25 años. Las superficies de vegetación natural fueron reemplazadas por cultivos, frutales y áreas erosionadas.
- c) El bosque xérico en el análisis de imágenes evidenció disminución en el periodo de 2000 a 2007; pero, para el año 2016 presenta una regeneración significativa reemplazando áreas de vegetación arbustiva, debido a los cambios en la distribución de la precipitación mensual.
- d) La mayor incidencia en la disminución de cobertura riparia, arbustiva y xerófita fue el constante aumento de las extensiones de uso agropecuario hacia estas zonas, debido a las actividades agrícolas, ganaderas y la consecuente pérdida de bosque xérico. El incremento demográfico y las extensas épocas secas que han incidido en un aumento de erosión del suelo así como una mínima regeneración natural.
- e) La zonificación propuesta en este estudio permitirá disminuir los impactos antrópicos negativos presentes en el valle del Chota y el constante aumento de áreas erosionadas, a través de la inclusión del mismo en programas y proyectos de los GADs cantonales y parroquiales, con la implementación de los objetivos de conservación en las tres zonas identificadas

5.2 RECOMENDACIONES

- a) Socializar los resultados con las comunidades del área de estudio del valle del Chota y con los responsables de la actualización de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOTs) de los cantones Ibarra, Bolívar, Mira y Pimampiro de las provincias de Imbabura y Carchi.
- b) Realizar proyectos de restauración ecológica en el valle del Chota en base a las zonificación planteada en el presente estudio, con el objetivo de disminuir las superficies de suelo erosionado.
- c) Realizar estudios similares para expandir el área de estudio en investigaciones posteriores sobre análisis multitemporales en la cuenca del río Chota.
- d) Aplicar proyectos de control de la erosión hídrica y eólica, especialmente en los suelos usados en actividades agrícolas, mediante la inclusión en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial parroquiales y cantonales.
- e) Con base a los resultados del presente estudio, generar investigaciones para conocer la proyección de cambios en el uso de suelo y cobertura vegetal a periodos futuros de 20 y 30 años, tanto para el valle del Chota como para toda la cuenca del mismo nombre.

REFERENCIAS

- Acosta Solís, M. (1977). *Ecología y Fitoecología*. Quito: Casa de la Cultura Ecuatoriana Ediciones.
- Aguirre, Z., Kvist, L. & Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. 162-187.
- Albuja, L. (Ed.). (2011). *Biodiversidad de los valles secos interandinos del Ecuador*. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. Impreso en Quito, Ecuador, 500 ejemplares, diciembre de 2011.
- Aldás Portilla, J. (2013). *Estudio de variación de la cobertura vegetal y estado actual del Cerro Imbabura aplicando herramientas GIS con fines de declaración de área protegida*. (Tesis de Maestría). Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.
- Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J. & Cochran J. (2016). *Métodos cuantitativos para los negocios*. 13° Ed. México, D.F.: Cengage Learning.
- Baquero, F., Sierra, R., Ordoñez, L., Tipán, M., Espinoza, L., Ribera, M., Soria, P. (2004). *La Vegetación de los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de vegetación potencial y remanente de los Andes del Ecuador a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras*. EcoCiencia / CESLA / EcoPar / MAG / SIGAGRO / CDC-JATUN SACHA / División Geográfica - IGM. Quito.
- Bates, B., Kundzevich, S. & Palutikof J. (2008). *Climate change and water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC Secretariat.
- Beck, E., Bendix, J., Kottke, I., Makeschin, F., Mosandl, R. (2008). *Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador: Ecuador Suffers the Highest Deforestation Rate in South America*. Verlag Heidelberg: Springer, p. 37-38.

- Bertsch, F., Mata, R., & Henríquez, C. (1993). *Características de los principales órdenes de suelos presentes en Costa Rica*. Colegio de Ingenieros Agrónomos.
- Bovarnick, A., F. Alpizar, C. Schnell, Editores. *La importancia de la biodiversidad y de los ecosistemas para el crecimiento económico y la equidad en América Latina y el Caribe: Una valoración económica de los ecosistemas*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (2010).
- Caraguay, C., R. Rivas & S. Günte. (2003). Estado de Conservación de las poblaciones de árboles en la Reserva Natural Tumbezia-La Ceiba, Zapotillo-Loja, Ecuador. CD no publicado de los Resúmenes del Primer Congreso Internacional de Bosques Secos, Piura, Perú, 6-9 Noviembre 2003, Universidad de Piura.
- Cerda, J. & Villarroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría*, 79(1), p.54-58.
- Constitución de la República del Ecuador (2008). *Registro Oficial*, 449. (20 de Octubre 2008).
- Challenger, A. (2003). *Estrategias para la conservación de los ecosistemas*. Quito: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección Ambiental*. Barcelona: Ariel Ciencia.
- Cribán Folleco, A. & Mina Acosta, M. (2012). “*Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa en el valle del Chota, dedicada a la producción y comercialización de fréjol gandul*” (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Norte. Ibarra, Ecuador.

Díaz Montejo, L. y Portocarrero Rivera, E. (2002). *Manual de producción de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.)* (Tesis de pregrado). Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.

Dirección General de Geografía y Medio Ambiente (INEGI) (1984). *Aspectos Técnicos de las Imágenes LANDSAT*. Lima, Perú. Recuperado de: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf

Dou, W.; Ren, Y.; Wu, Q.; Ruan, S.; Chen, Y.; Bloyet, D.; Constans, J. (2007). Fuzzy kappa for the agreement measure of fuzzy classifications. *Neurocomputing*, 70(4-6), p.726-734.

Eastmond, A., & de Fuentes, A. G. (2006). Impacto de los sistemas agropecuarios sobre la biodiversidad. *Ganadería*, 75, 20-9.

Environmental Systems Research Institute (ESRI), (2013). *Procesamiento y análisis digital de imágenes para elaborar mapas de cobertura vegetal*. California, Estado Unidos. Recuperado de: <http://www.esri.es/es/>

ERDAS. (2009). ERDAS Field GuideTM.

Fontúrbel, E. F. (2007). Evaluación de la pérdida de la cobertura del bosque seco chaqueño en el municipio de Torotoro y en el Parque Nacional Torotoro (Potosí, Bolivia), mediante teledetección. Lima – Perú. *Ecología Aplicada*, 6(1,2), 59-66.

Franco R. & Rodríguez J. M. (2005). Análisis multitemporal satelital de los bosques del Carare -Opon, mediante imágenes landsat de 1991 y 2002. *Colombia Forestal*, (9), (18), 157-162.

Gobierno Autónomo Descentralizado De San Miguel De Ibarra (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra*. Ibarra. Ecuador.

- Gondard, P. (1986). Cambios históricos en el aprovechamiento del medio natural ecuatoriano. *Cultura*, 24, 567-577.
- Hernández Rodríguez, O. (2012). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del Municipio del Distrito Central años 1987 y 2006* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.
- Holdridge, L. R. (1967). *Life Zone Ecology*. Costa Rica: Tropical Science Center.
- Ibáñez, S., Gisbert, J. & Moreno, H. (2011). Entisoles e Inseptisoles. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2013). *Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM*. Bogotá, Colombia.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). Satélites LANDSAT. Recuperado de:
http://buscador.inegi.org.mx/search?q=im%C3%A1genes+landsat&site=sitioINEGINS&client=INEGI_DefaultNS&proxystylesheet=INEGI_DefaultNS&getfields=* &filter=1 &sort=date%253AD%253AL%253Ad1 &ie=UTF-8 &oe=UTF-8 &entsp=a__inegi_politicaNS&tlen=260
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2015). *Anuario Meteorológico Nro. 52-2012*. Quito. Ecuador.
- Janzen, D.H. (1988). Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem. E.O. Wilson (ed.), *Biodiversity*. National Academy Press, Washington D.C. Pp. 130-137.
- Jensen, J. R. (2000). *Remote Sensing of the Environment. An Earth Resource Perspective*, Upper Saddle River N.J., Prentice-Hall.

- Josse, C., G. Navarro, P. Comer, R. Evans, D. Faber-Langendoen, M. Fellows, G. Kittel, S. Menard, M. Pyne, M. Reid, K. Schuld, K. Snow, and J. Teague. (2003). Ecological Systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems. *Nature Serve*. Arlington.
- Leal-Pinedo, J. M. & Linares-Palomino, R. (2005). Los Bosques Secos de la Reserva de Biosfera del Noroeste (Perú): Diversidad Arbórea y Estado de Conservación. *Caldasia*, 27 (2): 195-211.
- Leiva, J. A., Mata, R., Rocha, O. J., & Gutiérrez Soto, M. V. (2009). Cronología de la regeneración del bosque tropical seco en Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica: I. Características edáficas. *Revista de biología tropical*, 57(3), 801-815.
- Ley de Gestión Ambiental (2004), *Registro Oficial*, 418 (Septiembre 10, 2004).
- Ley Orgánica de Tierras rurales y territorios ancestrales (2016), *Registro oficial suplemento* N° 711. (Marzo 14, 2016).
- LI, M.; WU., Y.; ZHANG, Q. (2009). Image segmentation based on mixture context and wavelet hidden - class - label Markov random field. *Computers and Mathematics with Applications*, 57(6), p.961-969.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2014). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Lizzi, J. M., Garbulsky, M. F., Golluscio, R. A., & Deregibus, A. V. (2007). Mapeo indirecto de la vegetación de Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires. *Ecología austral*, 17(2), 217-230.
- López de Ullibarri, I. & Pita Fernández, S. (2001). *Medidas de concordancia: el índice de Kappa*. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. Coruña, España. 6: 169-171.
- Martínez, P. (2006). *Desarrollo Rural Sostenible*. Madrid: Mc Graw Hill Interamericana.

- Medina, G. & Mejía, A. (2014). Análisis multitemporal y multifractal de la desglaciación de la Cordillera Parón en los Andes de Perú. *Ecología Aplicada*, 13(1): 35-42.
- Mittermeier, R.A., Goettsch, C. & Robles Gil, P. (1998). *Megadiversidad: Los países biológicamente más ricos del mundo*. México D.F.: CEMEX.
- Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN). (2009). *Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)*. Quito – Ecuador. Publicación Miscelánea No. 6. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN)
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma, Italia.
- Ortas, L. (2008). Cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales. Boletín N° 7, *Agrigan*.
- Ortiz-Pech, R., Celis, H. y García, G. (2016). Impacto de las actividades productivas y de la expansión urbana sobre una reserva ecológica; el caso de Cuxtal, Yucatán; México. *Nósis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*. 26 (52).
- Pérez, E. (2006). Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: El caso café (Coffea arábica, Lin.)-palma camedor (Chamaedore elegans, Mart.). *INCI*: 32-35.
- Pinasco, K. (2006). *Guía metodológica. Zonificación ecológica económica para los gobiernos locales*. Lima, Perú: Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAM).
- Ponce, R. (1998). ZONIFICACION ECOLOGICA - ECONOMICA: *Una propuesta metodológica para la amazonía*. Caracas: FAO.
- Pourrut, P. (1995). *El Agua en el Ecuador. Clima, precipitaciones, escorrentía*. Vol. 7. Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional y Colegio de Geógrafos del Ecuador.

- Pozo, D. (2010). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y propuesta de plan de manejo participativo de las comunidades de Pusir y Tumbatú, provincia del Carchi*. (Tesis de pregrado). Ibarra. Universidad Técnica del Norte.
- Pozzobon, E. y Osorio, R. (2002). Evaluación de las deforestaciones en la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas- Venezuela, en base al análisis multitemporal de imágenes de percepción remota. *Revista Geográfica Venezolana*, 43(2): 215-235.
- Proyecto de Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (2016), (28 de junio de 2016).
- Riaño, O. (2002). Consideraciones y métodos para la detección de cambios empleando imágenes de satélite en el municipio de Paipa. *Colombia Forestal*, (7), 15.
- Rodríguez, A. (2011). *Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio, Meta*. (Tesis de maestría). Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería Agronómica.
- Rosas, J. (2003). *El cultivo del Frijol Común en América Tropical*. Zamorano. Honduras.
- Salvatierra, C. (2000). *Análisis de la cobertura vegetal y el uso de la tierra con el uso de sensores remotos en la Mojana, Colombia*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Sierra, R. (Ed.). (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. *Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia*. Quito, Ecuador.
- Sistema Nacional de Información. (2013). Shapefiles de formaciones vegetales 2013, uso de suelo y cobertura vegetal 2013.

- Stolpe, N. (2015). *Clasificación de suelos de valles productivos de la Región de Aysén*. Departamento de Suelos y Recursos Naturales, Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- The Nature Conservancy (2009). *Estudio Multitemporal de la cobertura vegetal y uso del suelo en los años 1990 - 2008 y proyección al 2030*. Quito, Ecuador: Global Conservation Fund, USAID, FEINCE y Fundación sobrevivencia.
- Trejo, I. (2015). Bosques tropicales secos. *Geografía em debate*, 9 (2): 261-274.
- Valencia, R., C. Cerón, W. Palacios & R. Sierra. (1999). Las formaciones naturales de la Sierra del Ecuador. Pp. 79-108 En: Sierra, R. (ed.), *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.
- Venero, G. M. (2014). Apuntes sobre la Zonificación Agroecológica de los cultivos. Particularidades en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 36-44.
- Yepes, A. P. & Villa J. A. (2010). Sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica en un fragmento de bosque seco tropical (La Pintada, Antioquia). *Revista Lasallista de Investigación*. 7 (2): 24-34.

ANEXOS

ANEXO I: MAPAS

**ANEXO II: REGISTRO
FOTOGRAFICO**

FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1. Diálogo con la presidenta de la junta parroquial previa a la socialización en la comunidad del Chota el día domingo 13 de marzo del 2016.



Fotografía 2. Socialización en la comunidad del Chota con la presentación de la investigación el día miércoles 16 de marzo del 2016.



Fotografía 3. Salida de campo con el director en la comunidad del Juncal.



Fotografía 4. Vista panorámica a la comunidad del Juncal.



Fotografía 5. Vegetación en las terrazas aluviales del río Chota, comunidad de Carpuela.



Fotografía 6. Cultivos cercanos a las orillas del río Chota, comunidad de Carpuela.



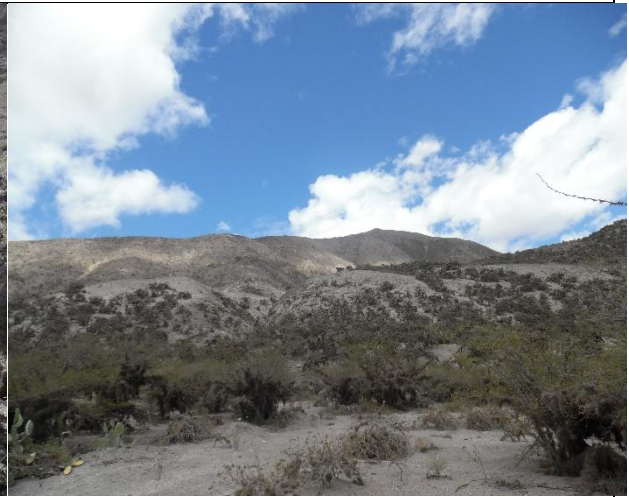
Fotografía 7. Vegetación arbustiva y erosión del suelo en la comunidad del Chota.



Fotografía 8. Contaminación por mal manejo de residuos sólidos en la comunidad del Chota.



Fotografía 9. Relicto de bosque xérico cercano a la comunidad de Mascarilla.



Fotografía 10. Relicto de bosque xérico cercano al control policial de Mascarilla.



Fotografía 11. Relicto de bosque xérico con mayor presencia de epifitas, cercano al control de Mascarilla.



Fotografía 12. Vegetación arbustiva y presencia de cultivos de tuna (*Opuntia ficus*) en el sector de San Alfonso.



Fotografía 13. Entrega de invitaciones para la socialización.



Fotografía 14. Presentación de los resultados en la comunidad el Juncal.



Fotografía 15. Asistentes a la socialización en la comunidad el Juncal.



Fotografía 16. Socialización en la comunidad del Chota.