



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del título
de Ingeniero Forestal**

DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA, ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR

AUTOR

Néstor Iván Gualsaquí Anrango

DIRECTOR

Ing. José Raúl Guzmán Paz, M.S.c.

IBARRA - ECUADOR

2018

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANEJO FORESTAL
SOSTENIBLE EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA, ZONA DE INTAG,
NOROCCIDENTE DEL ECUADOR

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO

Ing. José Raúl Guzmán Paz, M. Sc.
Director de trabajo de titulación



.....

Ing. María Isabel Vizcaino Pantoja, Esp.
Tribunal de trabajo de titulación



.....

Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación



.....

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación



.....

Ibarra - Ecuador

2018



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 ciudadanía:	1003604657
Nombres y apellidos:	Néstor Iván Gualsaquí Anrango
Dirección:	Otavalo, San José de Quichinche, La Banda
Email:	iansseven@gmail.com
Teléfono fijo:	062 66 8316
Teléfono móvil:	0969150109

DATOS DE LA OBRA	
Título:	DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA, ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR
Autor:	Néstor Iván Gualsaquí Anrango
Fecha:	5 de junio del 2018
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero Forestal
Director:	Ing. José Raúl Guzmán Paz, M. Sc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Néstor Iván Gualsaquí Anrango, con cédula de ciudadanía Nro. **100360465-7**; en calidad de autor 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 autorizo 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

El autor 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 es el titular 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, 5 de junio 2018

EL AUTOR:

.....
Néstor Iván Gualsaquí Anrango
C.C.: 100360465-7

ACEPTACIÓN:

.....
Ing. Betty Mireya Chávez Martínez
JEFA DE BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Yo, Néstor Iván Gualsaqui Anrango, con cédula de ciudadanía Nro. 100360465-7; 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 autor de la obra o trabajo de titulación denominado **DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA, ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me 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.

.....
Néstor Iván Gualsaqui Anrango

C.C.: 100360465-7

Ibarra, a los 5 días del mes de Junio del 2018

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN
Fecha: 5 de junio del 2018

Néstor Iván Gualsaquí Anrango: **DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA, ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR** /Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 5 de junio del 2018. 96 páginas.

DIRECTOR: Ing. José Raúl Guzmán Paz, M. Sc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar de áreas prioritarias para el manejo forestal sostenible en la parroquia Peñaherrera

Fecha: 5 de junio del 2018



Ing. José Raúl Guzmán Paz, M. Sc.

Director de trabajo de titulación



Néstor Iván Gualsaquí Anrango

Autor

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a mi familia por ser quienes me apoyaron de manera incondicional para poder desarrollar mi preparación académica; a mi madre Beatriz Anrango por su constante apoyo y deseo de vernos a mis hermanos y a mí superarnos cada día.

Así mismo a mis hermanas y hermanos por estar a mi lado en todo momento que necesité de su ayuda.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre por dar su mejor esfuerzo para que yo tuviera una educación de calidad. De igual manera expreso admiración y agradecimiento a mi Director de Trabajo de Grado, Ing. José Raúl Guzmán Paz, M. Sc. por su apoyo incondicional y guía en la realización de este documento.

A mis asesores: Ing. María Vizcaíno, Ing. Gabriel Carvajal, Ing. Hugo Vallejos, por el tiempo y el valioso apoyo técnico brindado en el desarrollo de este documento.

Al equipo técnico de ECOPAR por su valioso apoyo en el avance de este documento.

A cada una de las personas que colaboraron para que este proyecto se lleve a cabo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Págs.
HOJA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ ASESOR	<i>ii</i>
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	iii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UTN	iii
CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR A FAVOR DE LA UTN	v.
REGISTRO BIBIOGRÁFICO	vi.
DEDICATORIA	vii.
AGRADECIMIENTO	viii.
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix.
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 General.....	3
1.1.2 Específicos.....	3
1.2 Preguntas directrices.....	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Fundamentación legal.....	4
2.1.1 Fundamentación teórica.....	7
2.2.1 Los bosques.....	7

2.2.1.2	Importancia del recurso forestal.....	7
2.2.1.3	La multifuncionalidad del bosque.....	8
2.2.1.4	Los bosques y el cambio climático	8
2.2.1.4.1	Adaptación	8
2.2.1.4.2	Mitigación.....	9
2.2.1.5	Pérdida de los bosques en el mundo	9
2.2.2	Manejo forestal sostenible	9
2.2.2.3	Principios, criterios e indicadores de sostenibilidad.....	10
2.2.3	La agroforestería	11
2.2.3.1	Tradición agroforestal.....	12
2.2.3.2	El alcance y potencial de la agroforestería	12
2.2.4	Sistemas de Información Geográfica SIG.....	12
2.2.4.1	Definición de un SIG	12
2.2.4.2	Teledetección	13
2.2.4.3	Elementos de un sistema de teledetección	13
2.2.5	Radiación electromagnética.....	14
2.2.5.1	Tipos de ventanas atmosféricas	14
2.2.6	Sensores	15
2.2.6.1	Tipos de sensores	15
2.2.7	Aplicación de la teledetección	16
2.2.7.1	Agricultura y bosques	16
2.2.7.2	Cartografía y planificación territorial	16
2.2.8	Drones	17
2.2.8.1	¿Qué es el dron o UAV?	17
2.2.8.2	Clasificación de los UAVs.....	17
2.2.8.3	Aplicaciones de vehículos aéreos no tripulados (UAV)	17
2.2.9	Aplicaciones del análisis multicriterio.....	19
CAPÍTULO III.....		22
MATERIALES Y MÉTODOS		22
3.1	Ubicación del sitio	22

3.1.1	Política	22
3.1.2	Geográfica.....	22
3.1.3	Límites	22
3.2	Datos climáticos.....	22
3.3	Materiales, equipos e software's.....	23
3.3.1	Materiales.....	23
3.3.2	Equipos	23
3.3.3	Software's	23
3.4	Metodología	24
3.4.1	Caracterización de los aspectos biofísicos, sociales del área de estudio	24
3.4.2	Realización del análisis multitemporal	24
3.4.2.1	Obtención de la información para el análisis multitemporal	25
3.4.2.2	Pre procesamiento de las imágenes satelitales y análisis multicriterio.....	25
3.4.2.3	Reconocimiento en el campo del área de estudio y recolección de información con el DRON	25
3.4.2.4	Socialización sobre el uso del drone	25
3.4.2.5	Planificación del vuelo del drone.....	26
3.4.2.6	Toma de fotografías aéreas	26
3.4.2.7	Validación de la información.....	26
3.4.3	Adaptación de principios, criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible enfocados a la parroquia	29
3.4.3.1	Realización de encuestas.....	29
3.4.3.2	Realización del análisis multicriterio.....	29
3.3.4	Utilización de la herramienta la herramienta Weighted Overlay.....	30
3.4.3.2	Identificación de zonas prioritarias para el manejo forestal sostenible	31
3.4.4	Alternativas de manejo para las áreas determinadas en base al análisis multicriterio obtenido.....	31
3.4.4.1	Definición de posibles autores responsables.....	31
CAPÍTULO IV		32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		32

4.1	Resultados	32
4.1.1	Caracterización Biofísica	32
4.1.2	Caracterización sociocultural.....	36
4.1.3	Realización del análisis multitemporal en el periodo 2013-2017	41
4.1.4	Adaptación de principios, criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible ..	47
4.1.5	Alternativas de manejo para las áreas determinadas en base al análisis multicriterio obtenido.....	52
CAPÍTULO V		56
CONCLUSIONES.....		56
CAPÍTULO VI		57
RECOMENDACIONES.....		57
CAPÍTULO VII		58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		58
CAPÍTULO VIII.....		64
ANEXOS.....		64

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1. Índice de valores del coeficiente kappa	43
Tabla 2. Matiz de Confusión para la verificación de cobertura forestal del año 2017	45
Tabla 3. Medidas de precisión en función de bosque y no bosque	45
Tabla 4. Matiz de Confusión para la verificación de la Deforestación y Perturbación del año 2017	46
Tabla 5. Medidas de precisión en función de deforestación y perturbación	46
Tabla 6. Calculo de la muestra.....	47
Tabla 7. Cálculo de áreas a priorizar.....	51
Tabla 8. Alternativas de manejo para la categoría Baja – Media	53
Tabla 9. Alternativas de manejo para la categoría Alto- Muy Alto	53
Tabla 10. Identificación de actores	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1. Representacion gráfica de la metodología utilizada.....	24
Figura 2. Representación del análisis multicriterio.	30
Figura 3. Mapa del análisis multitemporal de deforestación del período 2013 al 2017	41
Figura 4. Mapa del análisis multitemporal de perturbación del período 2013 al 2017.	42
3Figura 5. Pérdida de cobertura vegetal y tasa de deforestación.....	43
Figura 6. Promedio anual de deforestación y perturbación.	43
Figura 7. Función de los bosques y fuentes de agua existentes en Peñaherrera.....	48
Figura 8. Principales problemas de los bosques, Uso de las tierras de Peñaherrera.....	49
Figura 9. Implementación de sistemas agroforestales, Importancia de plantar árboles y Existencia de lugares para reforestar en Peñaherrera.....	49
Figura 10. Mapa de priorización de áreas para el manejo forestal sostenible 2017	51

ÍNDICE DE ANEXOS

	Págs.
Anexo 1. Mapa de ubicación política de la parroquia Peñaherrera	64
Anexo 2. Mapa de cuencas hidrográficas	65
Anexo 3. Mapa altitudinal	66
Anexo 4. Mapa de cobertura vegetal	67
Anexo 5. Cálculo de áreas de la cobertura vegetal	68
Anexo 6. Análisis demográfico	68
Anexo 7. Porcentaje de analfabetismo en la parroquia de Peñaherrera.....	68
Anexo 8. Índice de pobreza en Peñaherrera e índice en función de hogar	69
Anexo 9. Migración de la parroquia Peñaherrera.....	69
Anexo 10. Población en edad de trabajar y porcentaje aportado al cantón	70
Anexo 11. Actividades que se realizan en la parroquia.....	70
Anexo 12. Porcentaje de tenencia de tierras en la parroquia de Peñaherrera	71
Anexo 13. Captura de pantalla para visualizar la deforestación de la zona a inspección seleccionada por los puntos aleatorios.	71
Anexo 14. Captura de pantalla para visualizar la deforestación de la zona a inspección seleccionada por los puntos aleatorios	72
Anexo 15. Captura de pantalla para visualizar la perturbación de la zona a inspección seleccionada por los puntos aleatorios	72
Anexo 16. Captura de pantalla para visualizar la perturbación de la zona a inspección seleccionada por los puntos aleatorios en base a fotografía del dron.....	73
Anexo 17. Captura de pantalla para visualizar la zona de inspección seleccionada de deforestación y perturbación 2017	73
Anexo 18. Mapa de principios, criterios e indicadores	74

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Págs.
Ilustración 1. Encuesta a los habitantes de la parroquia.....	74
Ilustración 2. Encuesta a los habitantes de la parroquia.....	75
Ilustración 3. Preparación del equipo para el vuelo del dron e	75
Ilustración 4. Preparación del equipo para el vuelo del dron e	76
Ilustración 5. Preparación del equipo para el vuelo del dron e	76
Ilustración 6. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR	77
Ilustración 7. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR	77
Ilustración 8. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR	78
Ilustración 9. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR	78
Ilustración 10. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR	79
Ilustración 11. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR	79

TITULO: DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE EN LA PARROQUIA DE PEÑAHERRERA, ZONA DE INTAG, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR

Autor: Néstor Iván Gualsaquí Anrango

Director de trabajo de titulación: Ing. José Raúl Guzmán Paz, M. Sc.

Año: 2018

RESUMEN

La zona Intag alberga una alta diversidad biológica con un alto endemismo de flora y fauna, pero debido al avance de la frontera agrícola-ganadera y la explotación forestal de especies con alto valor comercial en la zona, son las principales amenazas para los hábitats frágiles de la región, por consiguiente el presente estudio se localiza en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, en la parroquia de Peñaherrera, zona de Intag, con una extensión de 12.229,78 hectáreas, para la investigación se planteó como objetivo general: determinar áreas prioritarias para el manejo forestal sostenible y como objetivos específicos: a) caracterizar los aspectos biofísicos, sociales a nivel parroquial, b) realizar un análisis multitemporal de las áreas forestales en el periodo 2013-2017, c) adaptar principios, criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible y d) proponer alternativas de manejo forestal sostenible para las áreas determinadas.

Por medio de la recopilación de información secundaria y primaria como: encuestas dirigidas a los pobladores de la parroquia y participación en reuniones con miembros de las comunidades en la zona de Intag se desarrolló el diagnóstico biofísico y socioeconómico. Para la evaluación de las áreas boscosas se realizó un análisis multitemporal y para la priorización de las áreas a ser manejadas se determinó mediante el análisis multicriterio. Al elaborar la cartografía temática empleando el Software Arc GIS 10.3 ® y Classlite v3.3, se obtuvieron los siguientes resultados: pérdida de la cobertura forestal en el periodo 2013 al 2017 de 364,93 has de deforestación y perturbación de 109,8 has siendo la agricultura y ganadería causas principales del cambio de uso de suelo. Al realizar el análisis multicriterio se obtuvo: Zona con categoría de priorización bajo con 2.545,61 has conformado por bosque nativo, vegetación arbustiva y herbácea. Zona con categoría de priorización media con 5.999,01 has conformado por áreas de bosque nativo. Zona con categoría de priorización alto-muy alto conformado por áreas con agricultura, pastos y vegetación arbustiva.

**TITLE: IDENTIFICATION OF PRIORITY AREAS FOR SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT
IN PEÑAHERRERA PARISH, OF INTAG DISTRICT, NORTHEASTERN OF ECUADOR**

Author: Néstor Iván Gualsaquí Anrango

Director of thesis: Ing. José Raúl Guzmán Paz, M. Sc.

Year: 2018

ABSTRACT

Intag is home to a high biological diversity with a high endemism regarding flora and fauna, but due to the advance the agricultural, stockbreeding and the exploitation of species with a high commercial value in the area, are factors which have become the main threat to the fragile habitats of the region, therefore the present study is located in the province of Imbabura, in “Cotacachi”, in “Peñaherrera” parish, Intag area, with an extension of 12.229,78 hectares, for this research was proposed as a general objective: to determine priority areas for sustainable forest management and as specific objectives: a) characterize the biophysical, social aspects at the parish level, b) conduct a multi-temporal analysis of forest areas during 2013-2017, c) adapt principles, criteria and indicators for management sustainable forest management and d) propose sustainable forest management alternatives for the studied areas.

Though the collection of secondary and primary information with tools such as: surveys applied to the parish inhabitants and their involvement in meetings with members of the communities in Intag, was develop a biophysical and socioeconomic diagnosis. For evaluation of forested areas, a multitemporal analysis was carry out and the prioritization of the areas to be managed was considered through a multicriterio analysis. When developing thematic cartography using Arc GIS 10.3 ® and Classlite v3.3 Software, were obtained the following results: loss of forest covered during 2013-2017 being these a total of 364,93 hectares with an indicator of deforestation and disturbance in 109,80 hectares. Agriculture and stockbreeding are the main causes of land change. When performing the multicriteria analysis, it was obtained: the existence of a zone with a low prioritization category of 2.545, 61 hectares made up of native forest, shrub and herbaceous vegetation. An area with average prioritization category of 5.999,01 which is composed of areas of native forest. An area with high – very high prioritization category conformed by areas with agriculture, pastures and shrub vegetation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Durante varios años los bosques han suministrado a la sociedad de bienes y servicios pero actualmente estos beneficios ofrecidos disminuyen año tras año, uno de los principales problemas ha sido tala ilegal y el avance de la frontera agrícola, que han ocasionado una pérdida del recurso forestal destruyendo la capacidad de renovación del ecosistema forestal. En el Ecuador la tasa de deforestación; en función al Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental la tasa anual de cambio de cobertura boscosa fue de -0,71% para el período 1990 - 2000 y de -0,66% para el período 2000 - 2008. Esto corresponde a una deforestación anual promedio de 89.944 has/año y 77.647 has/año, para cada período respectivamente. Para la provincia de Imbabura registró una tasa de deforestación anual promedio de 2.258 hectáreas para el período 1990-2000 y 1.240 hectáreas en el período 2000-2008 (Ministerio del Ambiente [MAE], 2012). Todo esto ha conllevado también a que los ecosistemas existentes vayan degradándose a causa de la conversión de la cobertura vegetal así también la intensificación del uso de suelo. Frente a esto es necesario disminuir la deforestación e incrementar la superficie boscosa, es pertinente una adecuada planificación para comenzar una gestión forestal de tal modo que garantice la estabilidad forestal y la multifunción del entorno en el tiempo.

El avance de la frontera agrícola ganadera más la poca sensibilización de un enfoque hacia un desarrollo sostenible de las políticas y programas existentes, son uno de los principales problemas ambientales que afronta la zona de Intag, evidenciándose en el cambio de uso de suelo. Por este motivo es importante y necesario examinar el cambio de uso de suelo, monitorear y realizar un manejo de estas áreas, una opción es a través de la implementación de tecnologías digitales para lograr la ordenación forestal, como el estudio multitemporal el que permite evaluar y verificar por medio de técnicas de sensores remotos los cambios en la vegetación, tasa de deforestación en base a la comparación de imágenes satelitales, por otro lado la evaluación multicriterio nos permite buscar soluciones frente a cuestiones de índole espacial territorial, en base a esto se puede generar áreas a priorizar en una determinada zona, dado que la integración de estos elementos contribuye a llevar a cabo procedimientos simultáneos de análisis en función de los componentes de datos espaciales, facilitando la comparación de prioridades y conseguir que el resultado sea visual, y así realizar una toma de decisiones en función de criterios y necesidades en conflicto.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Determinar áreas prioritarias para el manejo forestal sostenible en la parroquia Peñaherrera

1.1.2 Específicos

- Caracterizar los aspectos biofísicos y sociales a nivel a nivel parroquial.
- Realizar un análisis multitemporal de las áreas forestales en el periodo 2013-2017.
- Adaptar principios, criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible.
- Proponer alternativas de manejo forestal sostenible para las áreas determinadas.

1.2 Preguntas directrices

- ¿Cuáles son las zonas que presentan un cambio en la cobertura boscosa?
- ¿Cuáles son los principios, criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible?
- ¿Cuáles son las alternativas de manejo para las áreas determinadas?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación legal

2.1.1 Constitución de la república del Ecuador

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 72.- 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 dependen 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.

2.2.3 Código orgánico del ambiente

Art. 5: Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico;

Art. 30: Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son: Adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Única del Agua;

Art. 38: Las áreas naturales incorporadas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, cumplirán con los siguientes objetivos: Mantener la dinámica hidrológica de las cuencas hidrográficas y proteger los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas;

Art. 93: La gestión del Patrimonio Forestal Nacional se ejecutará en el marco de las siguientes disposiciones fundamentales: La Autoridad Ambiental Nacional establecerá los mecanismos de incentivo y fomento para la conservación e incremento de la superficie del Patrimonio Forestal Nacional. Estos mecanismos se concretarán en acciones de uso sostenible, restauración ecológica de tierras degradadas y deforestadas, permitiendo la regeneración natural o realizando actividades de reforestación y el manejo integral de cuencas hidrográficas, en coordinación con las demás autoridades competentes

2.1.2 Código orgánico de organización territorial autonomía y descentralización (COTAD)

a) Art. 466; Sección Primera Planes de Ordenamiento Territorial; del Capítulo I Ordenamiento Territorial Metropolitano y Municipal; TÍTULO IX DISPOSICIONES ESPECIALES DE LOS GOBIERNOS METROPOLITANOS Y MUNICIPALES:

Atribuciones en el ordenamiento territorial.- Corresponde exclusivamente a los gobiernos municipales y metropolitanos el control sobre el uso y ocupación del suelo en el territorio del cantón, por lo cual los planes y políticas de ordenamiento territorial de este nivel racionalizarán las intervenciones en el territorio de todos los gobiernos autónomos descentralizados. El plan de ordenamiento territorial orientará el proceso urbano y territorial del cantón o distrito para lograr un desarrollo armónico, sustentable y sostenible, a través de la mejor utilización de los recursos naturales, la organización del espacio, la infraestructura y las actividades conforme a su impacto físico, ambiental y social con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y alcanzar el buen vivir. El plan de

ordenamiento territorial deberá contemplar estudios parciales para la conservación y ordenamiento de ciudades o zonas de ciudad de gran valor artístico e histórico, protección del paisaje urbano, de protección ambiental y agrícola, económica, ejes viales y estudio y evaluación de riesgos de desastres. Con el fin de garantizar la soberanía alimentaria, no se podrá urbanizar el suelo que tenga una clara vocación agropecuaria, salvo que se exista una autorización expresa del organismo nacional de tierras. El ordenamiento del uso de suelo y construcciones no confiere derechos de indemnización, excepto en los casos previstos en la ley.

b) Art. 471; Sección Primera Fraccionamientos Urbanos y Agrícolas; del Capítulo II Fraccionamiento de Suelos y Reestructuración de Lotes; TÍTULO IX DISPOSICIONES ESPECIALES DE LOS GOBIERNOS METROPOLITANOS Y MUNICIPALES:

Fraccionamiento agrícola.- Considerase fraccionamiento agrícola el que afecta a terrenos situados en zonas rurales destinados a cultivos o explotación agropecuaria. De ninguna manera se podrá fraccionar bosques, humedales y otras áreas consideradas ecológicamente sensibles de conformidad con la ley o que posean una clara vocación agrícola. Esta clase de fraccionamientos se sujetarán a este Código, a las leyes agrarias y al plan de ordenamiento territorial cantonal aprobado por el respectivo concejo (Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados [MCPGAD], 2011, p. 177 - 180)

Objetivos del Plan Nacional del desarrollo 2017 – 2021

El presente estudio se enmarca en las y los objetivos nacionales de desarrollo y políticas siguientes:

a) Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Política 3.1: Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones.

Política 3.2: Distribuir equitativamente el acceso al patrimonio natural, así como los beneficios y riqueza obtenidos por su aprovechamiento, y promover la gobernanza sostenible de los recursos naturales renovables y no renovables.

Política 3.3: Precautelar el cuidado del patrimonio natural y la vida humana por sobre el uso y aprovechamiento de recursos naturales no renovables.

Política 3.4: Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2017 - 2021, p.64 - 66).

2.1.3 Línea de investigación

El presente estudio se enmarca en la línea de investigación de la carrera: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Los bosques

Es difícil realizar una definición en específica sobre los bosques, debido a que no solo se encuentra constituido por árboles. Son el hogar de una gran variedad de seres vivos, además que estos proveen de servicios ecosistémicos, asimismo proporcionan bienes como la madera, alimentos, medicinas entre otros, la palabra bosque comprende varios aspectos para poderlo definir, pero la Food and Agriculture Organization (FAO) ha optado por dar un concepto de bosque.

Tierra que se extiende por más de 0,5 hectáreas dotada de árboles de una altura superior a 5 metros una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano (FAO, 2010, p.6).

2.2.1.2 Importancia del recurso forestal

Es necesario manejar los recursos forestales puesto que además de proveer de madera ofrecen un gran material para investigar, por medio de este recurso natural se sustenta de alimentos, energía, salud asimismo mantiene en equilibrio en el clima (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2011). Los beneficios que ofrecen los bosques como la captura de carbono por los bosques ha generado mucho interés como una opción de mitigación, puesto que se toma en cuenta como un medio relativamente económico para enfrentar el cambio climático (FAO, 2010).

2.2.1.3 La multifuncionalidad del bosque

Según FAO (2013), en varias sociedades se espera que la ordenación forestal sostenible garantice que los bienes y servicios que aportan los bosques, que exista un respeto por el patrimonio natural, que las personas que han necesitado este recurso como un medio de vida sigan usándolo, que los bienes ofrecidos del bosque en beneficio de la sociedad logre satisfacer las necesidades, sin el descenso de la productividad, asimismo que la tenencia de los bosques se maneje de un modo transparente y justo. A toda esta gestión se lo conoce como la multifuncionalidad, pero hay que tomar en cuenta que no todas las áreas pueden ser manejadas para todos los valores, pero la ordenación forestal está enfocada a ser lógico con la sostenibilidad.

2.2.1.4 Los bosques y el cambio climático

Los bosques desempeñan una función importante ante el cambio climático mundial, ya que son los que captan el carbono de la atmósfera y lo almacenan en los árboles, si los bosques fueran gestionados de una mejor manera, estos serían una alternativa renovable a los combustibles fósiles (FAO, s.f).

Los gases de efecto invernadero (GEI) que se encuentran en la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) se ha incrementado considerablemente desde el inicio de la revolución industrial (GREENFACTS, 2007). Estos gases de origen antropogénico son los que han ocasionado el calentamiento global, que se genera como consecuencia del consumo de los combustibles fósiles y de la deforestación entre otros, estas acciones provoca alteraciones en el clima del planeta y perturbaciones en el equilibrio de los ecosistemas (Rodríguez y Mance, 2009).

2.2.1.4.1 Adaptación

Es la habilidad de un sistema de ajustarse al cambio climático para disminuir daños posibles y desarrollar la capacidad para asimilar impactos adversos, en los sistemas humanos, la adaptación se refiere a minimizar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En varios sistemas

naturales, la intervención antropogénica puede favorecer el ajuste al clima proyectado y a sus efectos (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2007 y 2014).

2.2.1.4 2 Mitigación

La mitigación es la intervención humana para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, mediante la reducción del uso de combustibles fósiles, la disminución de las emisiones que son de origen terrestre, por medio de la conservación de extensas zonas dentro de los ecosistemas o también el aumento de la captura de carbono por parte de los ecosistemas, asimismo se minimiza la influencia que ejerce sobre los sistemas naturales y humanos causados por el cambio climático y a la vez generen beneficios ambientales y socioeconómicos (IPCC, 2007 y 2014).

2.2.1.5 Pérdida de los bosques en el mundo

Los bosques han tenido un rol importante en la historia de la humanidad, y milenio tras milenio el aumento demográfico y el desarrollo que se ha logrado va acompañado por la deforestación constante. La cultura el comercio y la tecnología han desempeñado un papel fundamental para el incremento del ritmo de deforestación (FAO, 2012).

2.2.1.5.1 Degradación de los bosques

FAO (2011), menciona que “La degradación forestal es la reducción de la capacidad del bosque de proporcionar bienes y servicios” (p.4). Es complicado tener un enfoque en común sobre lo que es la degradación forestal, ya que para una persona experta en protección la degradación sería toda alteración en el bosque natural ocasionada por las actividades humanas, asimismo si se basa en la biodiversidad, un bosque plantado se observaría como un bosque degradado.

2.2.2 Manejo forestal Sostenible

Es conocida como una opción para un desarrollo socio ambiental, buscando incorporar la necesidad productiva, de igual forma buscando conservar el equilibrio ecológico y fomentar a la

recuperación de áreas deterioradas, basándose en tres dimensiones social, ecológico, económico e institucional con el fin de generar un enfoque integrado (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP], 2007).

2.2.2.1 Ordenación forestal en el contexto del desarrollo sostenible

En Europa han dado mucha importancia para fomentar la regeneración natural enfocada en una proporción de árboles, en la actualidad los silvicultores manejan varios métodos de cosecha para lograr una producción estable. Las cambiantes condiciones ambientales, han generado nuevos objetivos silvícolas como la conservación de los recursos genéticos y a promover la adaptación de los bosques frente a los cambios existentes en los últimos años. Las buenas prácticas forestales favorecen a conservar la diversidad de los rodales y aseguran la flexibilidad de la producción, permitiendo confrontar las necesidades de la población creciente. En relación para los bosques tropicales, se ha analizado que existe una gran semejanza y vínculos con las zonas de Europa, las áreas boscosas podrían ser ordenados acorde los mismos principios fundamentales que se utilizan en este continente (FAO, 2013).

2.2.2.2 Sostenibilidad cuantitativa a la cualitativa

FAO (2013), menciona que en la en la época de Leibundgut en 1975, la ordenación forestal de pasó a estar enfocada en producir una gran cantidad de madera hacia la ordenación tomando en cuenta como ecosistemas, con la finalidad de generar distintos bienes y servicios como la madera de alto valor y servicios como la protección de cuencas, conservación de la biodiversidad entre otras.

2.2.2.3 Principios, criterios e indicadores de sostenibilidad

a) Principios

Los principios referentes a los bosques, ayudan a la ordenación, conservación, toma de decisiones en función de sus bienes y servicios que aporta entre otros, se pretende tener un visión por ecosistemas para una gestión integra (FAO, 2003).

b) Criterios

Los criterios definen los elementos o principios esenciales que se utilizan para determinar la sostenibilidad de la ordenación forestal, con la debida consideración a las funciones productivas, de protección y sociales de los bosques y los ecosistemas forestales, cada criterio se define en función de indicadores, que se miden y supervisan regularmente para determinar los efectos del manejo forestal a lo largo del tiempo (FAO, s.f, sección de Discusión, párr.1).

c) Indicadores

Son herramientas prácticas para evaluar, monitorear características ecológicas, económicas y sociales para el manejo forestal. Para seleccionar indicadores es necesario adaptarlos a la entorno de las comunidades que se encuentran involucrados, es decir es necesaria la intervención de los beneficiarios y representantes del manejo forestal para generar decisiones adecuadas (FAO, 2015, p.5).

2.2.3 La agroforestería

Efectos ambientales contraproducentes más la degradación de los recursos, así también las desigualdades socioeconómicas que provoco las tecnologías para el desarrollo agrícola, luego de varios años se dio una importancia al entendimiento ecológico y al punto de vista ambiental para el desarrollo económico, introduciendo el termino desarrollo sostenible.

La agroforestería como un sistema sostenible del uso de la tierra, las tecnologías agroforestales son mecanismos promisorios en el ámbito de mejorar el bienestar de la población rural y conservación de su base de recursos, esta herramienta puede contribuir a reducir la tasa de deforestación, conservar la biodiversidad, mantener la integridad de las cuencas y estabilidad del clima entre otras (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 1999).

2.2.3.1 Tradición agroforestal

Las Chinampas de México son un buen ejemplo de sistema agroforestal tradicional, este es practicado sobre los lagos de poca profundidad o en áreas pantanosas de tierras bajas por los nativos de Mesoamérica, las chinampas son un sistema integrado de producción de alimentos que incorpora la producción de peces, cultivos básicos, ganado, árboles frutales y producción de miel en los huertos familiares.

Los huertos caseros son un sistema de subsistencia de alimentos alrededor de viviendas, esta práctica es otro ejemplo de tradición agroforestal, este sistema incorpora árboles y arbustos de múltiple uso en asociación estrecha con cultivos de ganado dentro del límite del hogar, donde la producción se destina para el consumo propio, esta práctica proporciona una seguridad nutricional para familias de escasos recursos, de igual modo contribuyen a la protección del paisaje rural (PNUMA, 1999).

2.2.3.2 El alcance y potencial de la agroforestería

Para el desarrollo total de la agroforestería es necesario tomar en cuenta aspectos biofísicos como los aspectos socioeconómicos incluyendo las prioridades de la política. Los sistemas agroforestales permiten a los agricultores manejar árboles con cultivos, pastos, animales en la misma unidad de tierra, los productos y servicios que se originan de los árboles son muy valiosos, por lo tanto la agroforestería ha sido considerada como una nueva ciencia tallada sobre antiguas prácticas de los agricultores alrededor del mundo. Los expertos en agricultura y desarrollo rural reconocen que la agroforestería es una de las alternativas más conveniente para poder desarrollar opciones productivas, redituables y sostenibles especialmente en ambientes tropicales (PNUMA, 1999).

2.2.4 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

2.2.4.1 Definición de un SIG

Es un sistema conformado por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, analizar, moldear y representar datos georreferenciados, con el objetivo de buscar soluciones a

problemas de gestión y planificación, en este sentido es considerado como un conjunto de procesos de trabajo que conforman un todo integrado de información espacial (Sistema integrado de información agropecuario [SIIA], 2014).

2.2.4.2 Teledetección

Según Sánchez (2012), es la recopilación de información de la superficie terrestre o marina sin entrar en contacto físico, actualmente se elabora con sensores que se encuentran instalados en satélites aerotransportados, que se encargarán de calcular la cantidad de radiación electromagnética el cual refleja la superficie de la tierra y los cuerpos existentes en ella.

La mayor parte de la radiación generada en el sistema solar es el Sol, la radiación que es reflejada por la Tierra y otros objetos que sea de interés en la teledetección, otro tipo de emisión puede ser generada por el sensor, en el cual contiene en su sistema un rayo emisor de radiación (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], Unión Europea [UE] y Centro Internacional de Agricultura tropical [CIAT], 2007).

2.2.4.3 Elementos de un sistema de teledetección

a) Fuente de energía. El primer requerimiento es disponer de una fuente de energía el cual suministre de energía electromagnética al objeto que se quiere investigar.

b) Cubierta terrestre: Esta comprendida por varias masas de vegetación, suelo, agua o infraestructura. El cual recibe la radiación electromagnética procedente de la fuente de energía, y la refleja o emite de conforme sean sus características físicas.

c) Sistema sensor: Conformado por el sensor y la plataforma, la función del sistema es captar la energía generada por la cubierta terrestre, codificarla, grabarla o enviarla directamente al sistema de recepción.

d) Sistema de recepción y comercialización: este sistema es el que va a recibir la información transmitida por la plataforma y la guarda en un formato específico y apropiado, para luego realizar las correcciones y distribuir a los interesados en la información.

e) Intérprete o analista: Es la persona encargada de clasificar y analizar la información que se encuentra en la imagen para su interés, ayudando a resolver problemas específicos (Sánchez, 2012).

2.2.5 Radiación electromagnética

Es un tipo de energía que se transmite por de la atmósfera como ondas a una velocidad semejante a la de la luz, el cual moviliza una parte de energía y estas ondas se diferencian por tener distintas longitudes, asimismo los objetos que contengan temperaturas superiores al cero absoluto irradiaran energía. La radiación con diferente longitud de onda se los denomina como espectro electromagnético, de igual manera las regiones de dicho espectro que contiene alta transmisividad atmosférica toman el nombre de ventanas atmosféricas. Entonces para poder utilizarse en la teledetección solo una parte de estas bandas servirán, debido al efecto absorbente que contiene la atmósfera que va a filtrar solamente un ciertos tipos de radiaciones (Sánchez, 2012).

2.2.5.1 Tipos de ventanas atmosféricas

a) Espectro visible: se encuentra entre la banda 0,4 y 0,7 micrones, se lo nombra debido a que es la única radiación que puede percibir el ojo del ser humano, además se puede reconocer tres bandas espectrales que son los tres colores: azul (0,4 a 0,5 micrones), verde (0,5 a 0,6 micrones) y rojo (0,6 a 0,7 micrones).

b) Infrarrojo próximo: Va desde 0,7 a 1,3 micrones, generalmente se usa para examinar el estado de la vegetación y las concentraciones de humedad.

c) **Infrarrojo medio:** Se encuentra entre 1,3 y 8,0 micrones, este rango se mezclan los procesos de reflexión de luz solar y de emisión, que es generada por la superficie terrestre.

d) **Infrarrojo lejano o térmico:** Va de 8 y 14 micrones, este rango permite mostrar procesos de transferencia de calor, como efecto de esta banda se percibirá la energía que es generada por los cuerpos y no la que se refleja por la luz solar, por esta razón es empleada para observaciones nocturnas.

e) **Microondas:** Son aquellas longitudes de onda superior a 1 mm, esta energía no se ve afectada por la nubosidad, por ende es apto para el estudio donde existen áreas con presencia de nubes y se presentan frecuentemente (Sánchez, 2102).

2.2.6 Sensores

Es una herramienta útil el cual va modificar la radiación electromagnética en información con la que se podrá analizar dependiendo de cuál sea el interés, existen tipos de sensores que se diferencian por el origen de la señal receptada (GAC, UE y CIAT, 2007).

2.2.6 .1 Tipos de sensores

a) Sensores pasivos

Son capaces de captar energía electromagnética emitida o reflejada proveniente de la cobertura terrestre, la mayoría de los sensores tienen la capacidad de captar al mismo tiempo varias bandas espectrales, el primer tipo se encuentra formada por sensores fotográficos, el segundo son los sensores óptico electrónico y en el tercer grupo están los sensores de antena (Sánchez, 2012).

b) Sensores activos

Son aquellos que contienen fuentes de radiación en su interior generadas artificialmente, entre los sensores más reconocidos se encuentra el radar y el lidar, la función de estos es enviar

microondas artificiales en una dirección de interés para que estas choquen con los cuerpos y se dispersen. Esta energía se ampliará y se analizará para determinar su ubicación también las características de los objetos, asimismo se puede realizar modelos digitales de elevación ya que se conoce la distancia recorrida (GAC, UE y CIAT, 2007).

2.2.7 Aplicación de la teledetección

2.2.7.1 Agricultura y bosques

El campo de aplicación de la teledetección es extenso, entre una de ellas se encuentra la clasificación de la vegetación, clases de madera existentes, análisis de biomasa y la clasificación de cubierta vegetal y usos de los suelos, esta última aplicación es de gran relevancia ya que contribuye en el ordenamiento territorial (GAC, UE y CIAT, 2007).

2.2.7.2 Cartografía y planificación territorial

Esta aplicación es importante ya que permite obtener información para generar políticas y programas gubernamentales, con la interpretación de imágenes adquiridas de una área de interés, se puede reducir tiempo y costos, asimismo mejorar la precisión de la información obtenida como por ejemplo generar mapas actualizados, categorización de la capacidad de la tierra entre otros (GAC, UE y CIAT, 2007).

Entre otras aplicaciones se encuentran las siguientes:

- Cartografía geológica para la exploración mineral petrolífera
- Estimación de modelos de escorrentía y erosión
- Cartografía de pastizales efímeros para estudiar efectos de la sequía y excesivo pasto
- Cartografía e inventario de cultivos por especie

El uso de la teledetección espacial facilita el trabajo y es un apoyo muy conveniente para disminuir los costos asimismo el tiempo a realizarse cierta investigación, la mayor parte de las aplicaciones no son exclusivas de la teledetección sino que comparten su utilización en base a la fotografía aérea y los trabajos de campo (Chuvieco, 1990).

2.2.8 Drones

2.2.8.1 ¿Qué es el dron o UAV?

Un UAV significa vehículo aéreo no tripulado, son equipos con un sistema de vuelo que no necesita un piloto en el interior, ya que mediante sensores y una conexión de comunicación es controlado. Basado en actividades pre-programadas o dirigido de manera remota, estos equipos son utilizados con fines militares, pero también se puede emplear en otros usos civiles a menor escala (Benito, 2015).

2.2.8.2 Clasificación de los UAVs

a) UAV de ala fija

Son los que contienen una estructura simple pero se caracterizan porque permite tiempos de vuelos aproximadamente de una hora, con una velocidad hasta los 100km/h, se los utiliza para abarcar amplias extensiones de terreno, también en aplicaciones de reconocimiento aéreo, ya que posibilita la toma imágenes geo-referenciadas a gran escala.

b) UAV de ala rotatoria

Son vehículos que poseen una o varias hélices, que giran impulsadas gracias al motor, esta estructura generará la propulsión para el despegue y maniobrabilidad, además por tener este tipo de sistema es idóneo para volar en áreas específicas y aterrizar sin que haya una (Ramírez, Cruz, Lagunas y Carreño, 2015).

2.2.8.3 Aplicaciones de vehículos aéreos no tripulados (UAV)

Los drones han iniciado a generar interés en investigaciones debido a que se obtiene imágenes con rapidez y precisión mediante la fotogrametría como extraer modelos digitales del terreno y producir ortofotos (Ramírez, Cruz, Lagunas y Carreño, 2015).

Entre los múltiples usos de estos equipos se detallan los siguientes:

a) Vigilancia aérea comercial y filmación de imágenes

Con esta tecnología se realiza monitoreo de grandes áreas de terreno, entre las actividades más utilizadas de estos instrumentos se emplea en el control de ganado también se usa en el seguimiento de los incendios forestales, igualmente es apto para capturar imágenes o la grabación de videos en ambientes de difícil acceso minimizando los riesgos humanos que se pueden presentar al realizar alguna actividad, también disminuyendo el riesgo de afectar a especies sensibles en ecosistemas frágiles (Paneque J., McCall M., Napoletano B., Wich S & Koh L, 2014).

b) Alta resolución temporal

Debido a que los usuarios pueden obtener imágenes a través de los drones con más frecuencia, significa que pueden actualizar sus imágenes, permitiendo un monitoreo de todo el año de los bosques tropicales mediante imágenes de alta resolución, por tanto conlleva a tomar acciones para mejorar el cuidado de los bosque.

c) Generación de imágenes tridimensionales

Los drones también son empleados para generar modelos digitales de superficie y elevación, estas aplicaciones mejora el monitoreo forestal así como detectar y cuantificar las etapas de degradación y regeneración forestal, con la aptitud de generar modelos tridimensionales, asimismo se obtiene variables estructurales como altura, área basal y densidad de árboles para futuros análisis.

d) Drones para el monitoreo forestal comunitario

Existen investigaciones en relación a los bosques en donde emplean drones con el fin de realizar un monitoreo de los incendios forestales, varios estudios se han enfocado en el monitoreo de los rodales forestales, además en actividades dirigidas a la conservación de los bosques tropicales. Esta tecnología cada vez es más utilizada por agencias forestales gubernamentales y

ONG's para cartografiar la copa de los árboles, estimación de volúmenes y planificación de la cosecha entre otros. Enfocada al manejo forestal comunitario facilita la adquisición de datos, debido a la resolución hiperespacial de las imágenes, un beneficio de esta tecnología es el sobrevuelo realizándolo por debajo del nivel de las nubes a 50-100 metros aproximadamente, por tanto es idóneo para adquirir información de hábitats densos como las selvas y los bosques nubosos tropicales (Molecular Diversity Preservation International and Multidisciplinary Digital Publishing Institute [MDPI AG], 2014).

2.2.9.1 Aplicación del análisis multicriterio

2.2.9.1.1 Aplicación de técnicas multicriterio en el manejo integral forestal

Habitualmente el bosque ha tenido un enfoque para la producción de bienes y servicios principalmente en aumentar los beneficios económicos exclusivamente para generar madera. Esta orientación toma por alto otras funciones del bosque causando una degradación de varios componentes. Es posible analizar y resolver empleando la técnica multicriterio con el fin de determinar que variables generen un mejor manejo de objetivos que se plantee, por medio de los sistemas de información geográfica se puede evaluar soluciones tomando en cuenta la dinámica del bosque, la utilización de este tipo de herramientas contribuyen a comprender la dinámica del bosque y un manejo simultaneo de distintos usos y servicios del bosque en el largo plazo

2.2.9.1.2 Evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica para la planificación

La existencia y la disponibilidad del uso de datos geográficos digitales ligado con técnicas de toma de decisiones han proporcionado el desarrollo de análisis que pueden contribuir a realizar planificaciones y toma de decisiones con respecto al uso del suelo, como conservar áreas para usos forestales y agrícolas. Para este estudio el objetivo consistió en identificar aquellos terrenos cuya protección contra la expansión urbana ayudaría a asegurar la prestación continuada de los servicios ecológicos de El Yunque, Puerto Rico. En la fase de análisis consistió que un facilitador explique el proceso a los participantes, el que consistía en la generación de un mapa, para el siguiente paso los participantes crearon colectivamente un listado de elementos que se iban a agregar en el análisis

SIG para generar el mapa, para el siguiente proceso el facilitador realizo una matriz con los elementos mencionados con el objetivo de establecer prioridades. Se determinaron seis factores como relevantes para formar parte del análisis y la generación del mapa para identificar las zonas a ser protegidas, todos estos datos el analista SIG los incorpora al programa para luego ser procesados. En conclusión el mapa resultante servirá de herramienta en el proceso de toma de decisiones acerca de la planificación del uso y manejo de los terrenos circundantes a El Yunque, además se pueden establecer usos de terrenos para otros propósitos o para seleccionar una actividad específica utilizando las herramientas utilizadas, los análisis multicriterio han generado buenos resultados en la planificación y el manejo de recursos, determinación de zonas vegetativas, zonas para plantación de bosque y la identificación de áreas potenciales entre otras (López, González, Heartsill y Hermansen, s.f).

2.2.9.1.3 Aplicación de la decisión multicriterio en la ordenación de masas boscosas

Para la planificación territorial es importante analizar el territorio y la toma de decisiones acerca de la distribución espacial de los diferentes usos del suelo, para esta designación de usos debe existir una igualdad entre el desarrollo y conservación, la búsqueda para la asignación óptima lo convierte en una actividad compleja, para esto el establecimiento de criterios y prioridades se ha planteado como una opción. Para el estudio localizado en Constantina y Nicolás del Puerto Sevilla, España, se realizó un inventario mediante muestreo aleatorio, con el levantamiento de 11 parcelas de 18 m de radio en las zonas más densas y 56 parcelas de 20 m de radio en los espacios de menor densidad, con un total de 67 parcelas, para los criterios de selección que responden a las condiciones selvícolas y ecológicas, ha sido utilizado la presencia de regeneración, presencia de árboles muy gruesos, orientación: en combinación con la pendiente. Para la asignación de valores un técnico que tenga bien definidas sus prioridades de gestión forestal puede realizar una asignación de pesos. Los resultados obtenidos en base al método realizado, señala las áreas problemáticas ya sea debido a alguna causa puntual, el método multicriterio puede ayudar a la diseñar de un tramo en regeneración, que debería abarcar las áreas que hayan obtenido las mayores puntuaciones en cuanto a su necesidad de ser regeneradas (Pageo, Santos y Villarán, s.f).

2.2.9.1.4 Áreas prioritarias para restauración ecológica

La degradación de los recursos naturales ha originado la necesidad de recuperarlos, una opción es por medio de estrategias de restauración ecológica, para lo que es primordial identificar las zonas a restaurar y áreas a priorizar, el objetivo es emplear la evaluación multicriterio con el fin de determinar las zonas que son necesarias a ser restauradas. Para este estudio localizado en Chignahuapan-Zacatlán, México, por medio del Proceso Analítico Jerarquizado en un medio de sistemas de información geográfica para determinar prioridades de atención, se consideraron 12 criterios ambientales y se incorporó el conocimiento de 21 expertos en restauración ecológica, mediante la realización de matrices se realizó la ponderación de pesos, las áreas a ser evaluadas se seleccionaron a través de la clasificación supervisada de imágenes de satélite y la exclusión de las áreas con algún tipo de perturbación. Los resultados obtenidos señalan que cerca de 80% de la superficie se clasificó con algún nivel de prioridad a restauración. A pesar de esto, únicamente 0,8% se clasificó con prioridad máxima a restaurar, además se crearon mapas de las áreas que requieren atención prioritaria en restauración ecológica, todo esto favorece una planificación eficaz de las áreas a restaurar (Ovando, Luisa, Escalante, Ofelia y Martínez, 2016).

2.2.9.1.5 Determinación de áreas prioritarias para la conservación

El estudio se localiza en la zona costera e isla de Bahía Magdalena, México, para lograr un desarrollo y preservación a largo plazo de los recursos naturales es acertado incrementar los esfuerzos de investigación, el estudio determina zonas prioritarias para la conservación de la biodiversidad mediante el análisis multicriterio, donde se incorpora criterios ecológicos, estableciendo seis criterios prioritarios desde un punto de vista ecológico, obteniendo como resultado que el ecosistema de manglar se encuentra como de mayor relevancia, debido a la cantidad de aves y servicios ecosistémicos generados por la zona, para las áreas determinadas a conservación son zonas donde existe un alto grado de presión antropogénica, en base a este análisis se evidencia que es oportuno un desarrollo de un plan de manejo para lograr contrarrestar el problema (Tena, 2010).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del sitio

3.1.1 Política

El estudio se realizó en la parroquia Peñaherrera, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.

3.1.2 Geográfica

La parroquia Peñaherrera se encuentra a 78° 32'06,74'' de longitud W, a 0° 59'05'' de latitud N y de 1.822 m.s.n.m (*Ver figura 1, anexo 1*).

3.1.3 Límites

Limita al noreste provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, parroquia Cuellaje Quebrada la Despedida y la provincia de Esmeraldas, cantón Eloy Alfaro, parroquia Luis Vargas Torres cordillera Toisán, al sureste por la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, río Intag parroquia Vacas Galindo y al oeste por la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, parroquia García Moreno río Aguagrúm y Chiriaqui (GAD parroquial Peñaherrera, 2015, p.6).

3.2 Datos climáticos

La temperatura media anual es de 18,1 °C, la precipitación media anual es de 1.624 mm, el mes más lluviosos es Abril, mientras que el mes de menor precipitación es Julio (Clima Data, s.f).

3.3 Materiales, equipos y software's

3.3.1 Materiales

- Imágenes del satélite LANSAT 8.
- Útiles de oficina.

3.3.2 Equipos

- Computador.
- Vehículos aéreos no tripulados lis x8-las.
- Sensor RGB cannon sx60-sx80.

3.3.3 Software's

- ERDAS Imagine v. 2013.
- Arc GIS 10.3^X. ®
- Classlite 3.3.
- Agisoft.
- Mission Planner.
- Global mapper

3.4 Metodología

3.4.1 Caracterización de los aspectos biofísicos, sociales de la zona de estudio.

Para la caracterización de los aspectos biofísicos y sociales se obtuvo información de la zona mediante el Plan de Ordenamiento Territorial de Peñaherrera 2015 del cual se obtuvo datos generales de la parroquia, así también de encuestas realizadas acerca de la importancia de los bosques y de estudios e investigaciones referentes a la parroquia.

3.4.2 Realización del análisis multitemporal

Representación gráfica del proceso realizado para el análisis multitemporal (Ver figura 1.)

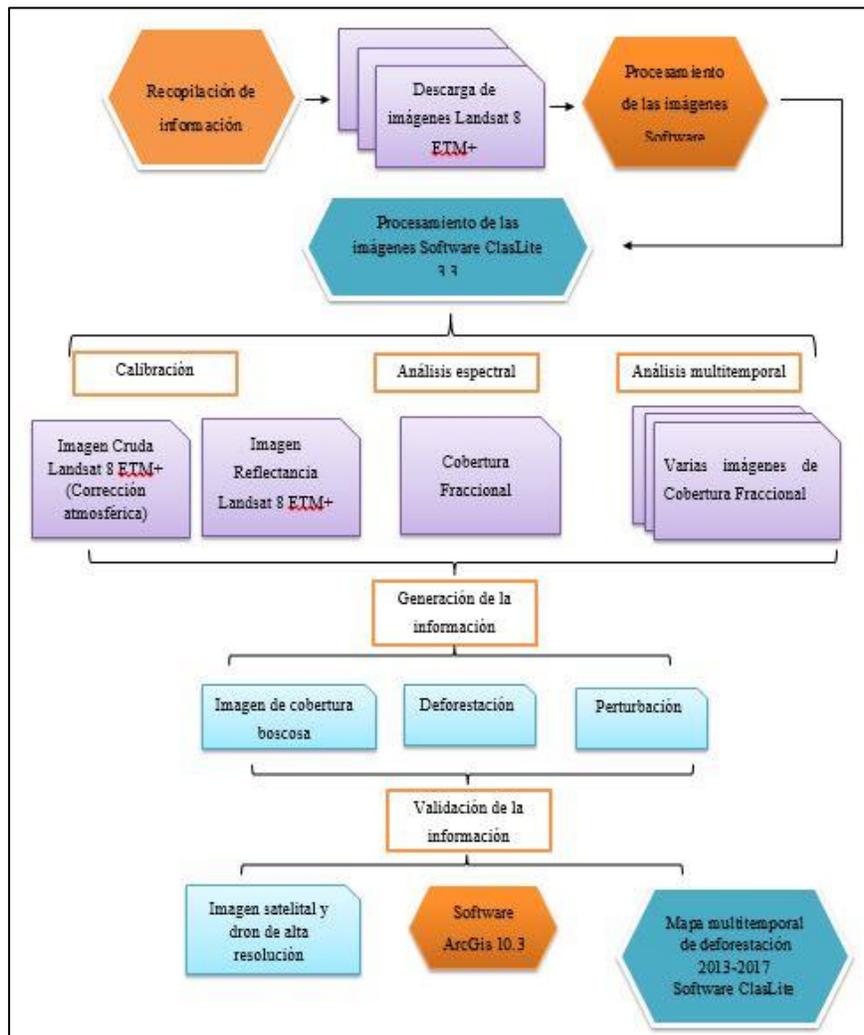


Figura 1. Representación gráfica de la metodología utilizada

3.4.2.1 Obtención de la información para el análisis multitemporal

Se descargó imágenes Landsat 8 OLI/TIRS, del link: <http://glovis.usgs.gov/>. plataforma web USGS de los Estados Unidos de América, que a través del Earth Explorer, se buscó imágenes de la zona de estudio que contengan una nubosidad menor al 50% en el periodo (2013-2017)

3.4.2.2 Pre procesamiento de las imágenes satelitales y análisis multitemporal

Se realizó la delimitación del área de estudio con el cual se reduce de tamaño de las macro imágenes descargadas para una mejor manipulación de la imagen, con el propósito de trabajar solo en zona que estamos interesados, en nuestro caso la parroquia Peñaherrera.

Con las imágenes descargadas se utilizó el software CLASlite 3.3 para realizar el análisis multitemporal en el periodo 2013-2017, el cual permitió adquirir imágenes procesadas que muestran información necesaria enfocada en la deforestación y degradación, para luego cuantificar la pérdida de la cobertura boscosa. En base a la información obtenida se realizó los mapas temáticos de la deforestación y degradación cargando los datos adquiridos en el software ArcMap para interpretar los resultados.

3.4.2.3 Reconocimiento del área de estudio y recolección de información con el DRON

Se realizó el reconocimiento de campo para poder evidenciar factores que no se observan claramente en las imágenes satelitales, con el propósito de comprobar la información que generó el programa, también se procedió a identificar las áreas en donde muestra la existencia de cobertura boscosa.

3.4.2.4 Socialización sobre el uso del drone

Se dio a conocer a las personas involucradas con la investigación la metodología y la tecnología que se utilizó para realizar el levantamiento de información en las áreas seleccionadas con el drone.

3.4.2.5 Planificación del vuelo del drone

Con las áreas de interés delimitadas se procedió a realizar la planificación del vuelo del drone con el software Mission planner, en el cual se creó una ruta generando waypoints para que el drone vuele las áreas seleccionadas, tomando en cuenta las características del área de estudio como la topografía, clima y la altitud del vuelo, con la ruta establecida esto se ejecutó de manera autónoma el cual no se necesitó una gran manipulación del usuario mediante los waypoints asignados al drone, después de haber creado la ruta se procedió a la preparación del equipo necesario para las realizar las capturas de imágenes.

3.4.2.6 Toma de fotografías aéreas

Se preparó el drone y el sensor y se realizó el vuelo sobre las áreas asignadas en la ruta de vuelo en el tiempo asignado.

3.4.2.6.1 Trabajo fotogramétrico

Luego de haber obtenido todas las fotos necesarias se utilizó el programa argisoft, para generar la ortofotografía georeferenciada de las áreas seleccionadas a estudio. El modelo de terreno se digitalizó mediante las imágenes adquiridas por el drone, el software se encargó de encontrar coincidencias entre las fotos para proyectar una nube de puntos iguales con el que se simuló el modelo del terreno

3.4.2.6.2 Validación de la información

Se realizó la validación de los resultados por medio de una auditoría, comparando las capas de deforestación, perturbación, bosque y no bosque generadas con el programa Claslite e imágenes satelitales de alta resolución, si la información entre capas coincidía se le asignaba una valor de verdadero (v), y si la información no coincidía se le asignaba una valor de falso (f).

El muestro se realizó con el software ArcGIS (Create Random Points), se realizó un buffer de 15m a cada punto el que representa el área de influencia, el número de puntos a utilizar fue calculado en base al área de la parroquia, esto se lo realizó aplicando la siguiente ecuación.

Ec. (1)

$$N = \frac{P \times Q \times t^2}{e^2}$$

Fuente: Chuvieco (1995).

En donde:

N = Tamaño de la muestra.

P = Representatividad (0,5).

Q = Variabilidad (0,5).

t = Nivel de confianza en base a la extensión en km (95%).

e = error estadístico (5%).

Para la confiabilidad de los mapas generados se determinó por medio de una matriz de confusión, el que permite comparar entre dos clasificaciones siendo una determinada por el usuario, estas son clases referenciales que vienen a ser filas de la matriz y la otra la que se quiere evaluar ubicadas en las columnas de la matriz, esto se realizó con el fin de buscar si existe o no concordancia entre la información generada.

Para la elaboración de la matriz de confusión se procedió al cálculo de las siguientes variables:

- **Exactitud del usuario:** Información determinada como correcta en una clase en relación al total de dicha clase en las filas.

EU = número de coincidencias/total.

- **Error de comisión:** Probabilidad de que el usuario encuentre información herrada durante la evaluación

EC = 1 - Exactitud del usuario.

- **Exactitud del productor:** Información que muestra el porcentaje de una clase clasificada correctamente en las columnas.

EP = número de coincidencias/total.

- **Error de omisión:** Probabilidad de que el productor del mapa clasifique erróneamente la información del mapa.

EO = 1 - Exactitud del productor.

- **Coefficiente de Kappa:** Parámetro estadístico que indica la semejanza entre dos clases y que se calcula mediante la siguiente ecuación.

Ec. (2)

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}$$

Fuente: Guzmán (2014).

En donde:

N = Total de píxeles de la matriz

R = Número de filas en la matriz

X_{ii} = Número de píxeles de la fila i, columna i (diagonal mayor)

El coeficiente de Kappa se evalúa en un rango de 0 a 1; mientras más se acerque a la unidad existirá mayor concordancia entre las clases comparadas.

Tabla 1

Índice de valores del coeficiente kappa

Rango	Concordancia
0	Nula
0.01 – 0.02	Leve
0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderna
0.61 – 0.80	Considerable
0.81 – 1.00	Perfecta

Fuente: Landis y Kotch (1997).

3.4.3 Adaptación de principios, criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible enfocados a la parroquia

3.4.3.1 Realización de encuestas

Se realizó encuestas para observar cual es la importancia de los bosques en la parroquia de Peñaherrera, esta encuesta se aplicó a la población que se encontraba en un rango de edad superior a los 18 años.

3.4.3.2 Realización del análisis multicriterio

Basándose en la revisión bibliográfica los principios, criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible propuestas por la organización International Tropical Timber Organization y otras entidades que examinan áreas en la ordenación forestal, se realizó un análisis multicriterio en las cuales se seleccionaron variables espaciales orientadas al manejo forestal sostenible (*Ver figura 2*).

Para el análisis multicriterio se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Contar con la suficiente información para que permita el análisis multitemporal
- Ponderar los criterios e indicadores seleccionados
- Determinar que cada criterio seleccionado sea representativo para el análisis

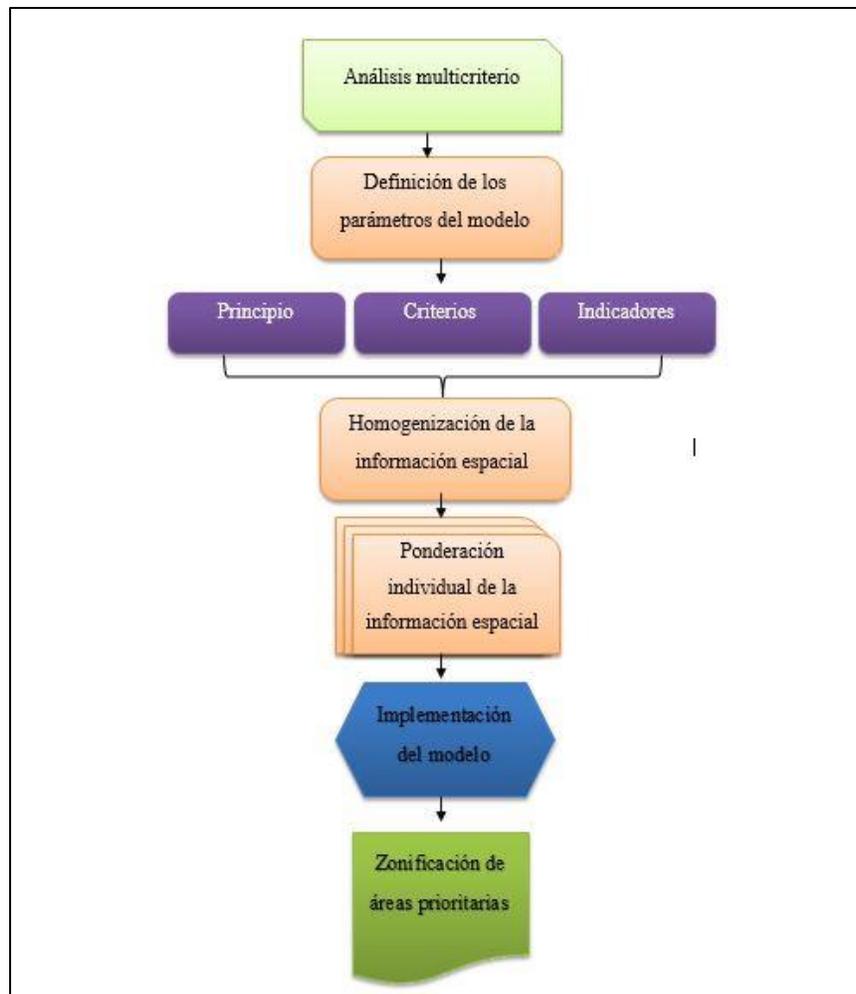


Figura 2. Representación gráfica análisis multicriterio

3.4.3.3 Utilización de la herramienta la herramienta *Weighted Overlay*

Para los últimos procesos se utilizó la herramienta *weighted overlay*, donde el resultado será un mapa en formato ráster, en el que se ejecutó los siguientes procesos.

Para el primer proceso se reclasificó los valores en los rásteres de entrada en una escala de evaluación similar de adecuación a una escala unificadora, para el segundo se multiplicó los valores de celda de cada ráster de entrada por el peso de importancia de los rásteres y por último se sumó los valores de celda resultantes para producir el ráster de salida (ESRI, 2016).

3.4.3.4 Identificación de zonas prioritarias para el manejo forestal sostenible

Con la información obtenida a partir de un análisis multicriterio y el estado actual de las tierras de la parroquia, se analizó las áreas obtenidas en base a la categorización de prioridad. Para la elaboración de los mapas temáticos se utilizó cartografía existente del MAG y MAE, de esta manera se procedió a realizar el análisis del área de estudio.

3.4.4 Alternativas de manejo para las áreas determinadas en base al análisis multicriterio obtenido

Mediante la información obtenida, más los mapas realizados se realizó la interpretación de los resultados y por medio de asistencia de reuniones realizadas en la zona de Intag y cooperación de Corporación para la Investigación, Capacitación y Apoyo Técnico para el Manejo Sustentable de los Ecosistemas Tropicales (ECOPAR), se propuso alternativas técnicas para el manejo forestal sostenible de las áreas identificadas en base al análisis multicriterio obtenido.

3.4.4.1 Definición de posibles autores responsables

Con la finalidad de facilitar el manejo de las áreas identificadas, se identificó actores directos e indirectos que se encuentran relacionados con el manejo y uso de los bosques, estos actores son los que tomarán decisiones con un enfoque integro para asegurar la permanencia del recurso en el tiempo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Caracterización Biofísica

4.1.1.1 Relieve

Para la parroquia de Peñaherrera existen distintas geoformas que han formado el paisaje de la zona, los suelos de la parroquia son de origen volcánicos, abundante en materia orgánica con un pH ácido, con una fertilidad media y retención de humedad de 20-50%, las pendientes son altamente pronunciadas y alta pluviosidad que hacen que los suelos sean susceptibles a erosión (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

4.1.1.2 Uso y cobertura

Se ha observado la existencia de presiones en el ecosistema en la zona de Intag, debido al cambio de uso de suelo donde transforman los hábitats naturales por áreas de cultivo o pastoreo y también la contaminación de fuentes de agua originando una modificación en la capacidad de resiliencia de los ecosistemas frente a estas actividades (Albornoz, 2016).

El uso del suelo en la parroquia está destinado especialmente para cultivos y áreas para el pastoreo, existe un alto grado de incompatibilidad entre el uso actual del suelo y su uso potencial, la topografía heterogénea, más las fuertes pendientes hace que la ganadería no sea aconsejable realizar durante varios años ya que las tierras del lugar presenta una capa fértil delgada (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

4.1.1.3 Uso actual del suelo

4.1.1.3.1 Bosque Natural Intervenido

En la parroquia existen especies como: sande, cuángare, peine de mono, chalviande, también una variedad de helechos especies herbáceas entre otras (Sarabia, 2015). También presenta especies vegetales con individuos en la última fase de desarrollo, la cobertura vegetal es semicerrada con claros esporádicos, presenta tres estadios de intervención alto medio y bajo. (*Ver anexo 4*)

La mayor parte de la intervención es para la extracción de madera de alto valor comercial y apertura de senderos para tener acceso a zonas con pastizales, lo que ha provocado que el bosque se visualice en forma de relictos irregulares (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

4.1.1.3.2 Bosque Secundario

Son un tipo de bosque intervenido que aparece después de aclareos existentes en el bosque cuya vegetación original desapareció, ya sea por acción antrópica o por fenómenos naturales, la mayor parte de esta zona presenta especies pioneras en distintas etapas de regeneración (*Ver anexo 4*).

4.1.1.3.2 Cultivos

Son lugares donde se ha cambiado el bosque natural por cultivos con fines comerciales y autoconsumo como el maíz, frejol y frutales (*Ver anexo 4*).

4.1.1.4 Ecosistemas

Peñaherrera posee un rango altitudinal que muestra desde los 1.181 msnm hasta 3.490 msnm, (*Ver anexo 3*), esta variación influye en la pluviosidad y temperatura (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

4.1.1.4.1 Bosque muy húmedo Pre-montano (bmhPM)

Se encuentra entre los 1.300 – 1.800 msnm con árboles de un dosel de 25 a 30 m, caracterizado por la desaparición de familias de árboles de tierras bajas, al igual que de especies trepadoras leñosas y un incremento en la riqueza de epífitas (bromelias, helechos, musgos, orquídeas).

4.1.1.4.2 Bosque de neblina montano (Bnm)

Va desde los 1.800 – 3.000 msnm contienen árboles con un dosel que va desde 20 a 25 m, compuesto por la gran diversidad de epífitas, orquídeas, bromelias y de especies herbáceas bambusoideas (*Chusquea sp.* y *Clusia sp.*), conocido generalmente como “bosque nublado”.

4.1.1.4.3 Bosque siempre verde montano alto (Bsvma)

Va desde los 3.000 – 3.400 msnm e incorpora la ceja andina o vegetación de transición entre los bosques montanos y el páramo, son semejantes a los bosques nublados en la cantidad de musgos y plantas epífitas, pero los árboles se desarrollan irregularmente con los troncos ramificados desde la base. Existe una alta presencia de los géneros de Ericaceae, Asteraceae, Melastomataceae, Rosaceae.

4.1.1.4.4 Ecosistemas bajo protección

Peñaherrera colinda con la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas, de igual modo la parroquia forma parte de su Zona de Amortiguamiento Sur. El Bosque Protector Pajas de Oro de la comunidad Villaflora, que se encuentra colindando en un punto con la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas y es el primer bosque protector en la parroquia, además existe La Reserva Municipal Toisán fue creada en 2008 con el objetivo de proteger los bosques, usos agroforestales y potencial turístico del área (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

4.1.1.5 El agua

En la zona de Intag se destaca la utilización del agua para el consumo humano, el total de la población tiene acceso al recurso, el 33% tiene acceso al servicio municipal, y el 67% restante accede al servicio ofrecido por la Junta de Agua de cada comunidad, además todas las unidades productivas posee una diferente fuente de agua para el consumo animal y riego de cultivos, donde el 56% de los afluentes son vertientes y el 44% restante son quebradas, y tan solo el 11% de estas dos poseen una calidad regular. En función de la cantidad de agua disponible para consumo humano, animal o productivo los pobladores consideran que existe cambios, el 44% de las unidades productivas estiman una disminución en la disponibilidad del agua especialmente en los meses secos comprendidos entre junio hasta septiembre (Albornoz, 2016).

En la parroquia existen cinco microcuencas, Río Aguagrún, Río Cristopamba, Río Intag, Río Nangulví, Río San Pedro que emergen de las estribaciones surorientales de la cordillera de Toisan, el cual abastecen de agua a las personas de Peñaherrera, en la época seca se observa que el agua es limitado y de baja calidad, a causa de la deforestación, quemas, malas prácticas agropecuarias, que generan degradación de las cuencas, sedimentación, contaminación de los causes de agua y erosión de los suelos (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

FAO, (2016) señala que en el periodo 2000 al 2010 hubo una pérdida neta de bosques de 7 millones de hectáreas anuales en países tropicales y un incremento de los terrenos agrícolas de 6 millones de hectáreas al año, en donde la agricultura comercial a gran escala ocasionó aproximadamente el 40 % de la deforestación en los trópicos y los subtrópicos, la agricultura de subsistencia local, el 33 %; la infraestructura, el 10 %; la expansión urbana, el 10%; y la minería, el 7 %. Mientras que en la presente investigación por parte del diagnóstico biofísico al igual se evidencia una pérdida de la cobertura boscosa por actividades agropecuarias que han causado impactos sobre los bosques, lo que implica que estos problemas vayan influenciado en la fragmentación y desaparición de importantes superficies de bosque nativo

Según MAE (2007) menciona que la contaminación y calidad de las fuentes de agua, microcuencas aledañas a la Reserva Cotacachi Cayapas se debe a la agricultura, sobrepastoreo, uso de agroquímicos, presencia de galpones de pollos, aguas servidas, presencia lavanderías,

basuras entre otras, coincidiendo con estudios anteriores en la presente investigación se evidencia que las principales causas de contaminación y disminución de la calidad de agua es por el sobrepastoreo y uso de agroquímicos, esto se debe a que los agricultores se ven obligados a hacer uso de estos agroquímicos para poder incrementar la capacidad de producción y lograr satisfacer las necesidades.

4.1.2 Caracterización sociocultural

4.1.2.1 Análisis demográfico

La parroquia de Peñaherrera cuenta con una población de 1.644 habitantes, la tasa de crecimiento proyectado para el año 2020 es de 1.320 habitantes, lo que podría reflejar que la población va creciendo a un ritmo más lento. Para la distribución de la población por grupos etarios reúne tanto en hombres y mujeres en grupos de 1 a 14 años, concentrando una población joven. Además agrupa una concentración de adultos mayores para caso de hombres entre 65 a 69 años y para las mujeres va desde 60 a 64 años de edad (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015). Para la población económicamente activa se lo encuentra en las edades de 15 a 65 años, el cual se puede dividir en grupos de 15 a 24 de 40 a 44 años (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2010).

4.1.2.2 Educación

La tasa de alfabetismo en la parroquia ha disminuido en los últimos años, debido a las campañas de escolarización, existen porcentajes similares tanto para hombres como mujeres que saben leer y escribir, en ambos casos el porcentaje se acerca a 85% y solo un 16% menciona no leer ni escribir. También cuentan con seis establecimientos de educación los cuales son: León Tolstoi, Carlos Proaño Delgado, Cordillera de los Andes, Filemon Proaño, Miguel de Hidalgo y Santa Cruz, los cuales están dividido en tres niveles: el primero de educación inicial, educación general y bachillerato general unificado (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015)

4.1.2.3 Estado socio económico de Peñaherrera

La zona presenta una incidencia de pobreza por consumo del 78% de modo que figurara como bajos ingresos por parte de los campesinos, además existe extrema pobreza por consumo que incrementa a 49%, en comparación con las demás parroquias aledañas se percibe que el nivel de pobreza por consumo es semejante, de manera que los ingresos por actividades agropecuarias son insuficientes. No obstante en función de los hogares las cifras de la pobreza y la extrema pobreza de la zona son de 73,4% y 28% (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015)

4.1.2.4 Migración

Existe un 27% en función de unidades familiares que ha emigrado, los principales motivos se deben por trabajo y estudios principalmente en jóvenes, el porcentaje de migración contempla el 27% de los cuales 41,4 % son hombres y 58,06% mujeres (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015)

4.1.2.5 Trabajo y empleo

La población en edad de trabajar PET (población de 10 años y más de la parroquia) de acuerdo al Censo 2010 para la parroquia Peñaherrera fue de 1.324 personas, aportando a la población cantonal con 19,21%; la Población Económicamente activa es de 627 personas, en relación al total de la población es el 38,14%, contribuyendo a la población cantonal con 9,45%. En función de género la población femenina económicamente activa presenta un porcentaje de 26% y un 74% para la masculina, de modo que la mujer dentro de las parroquias rurales se halla desplazada en actividades domésticas (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

La organización productiva de la parroquia se caracteriza por el marcado predominio de actividades agropecuarias con una reducida diversificación, esta rama agrupa la mayor parte de empleo donde prevalece el trabajo no asalariado (León, 2016). Entre las actividades que mayor parte se dedican es la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca que ejercen los jefes de hogar, el que representa un 75,14% y las personas entre 20 y 64 años se dedican en un 45%, de igual modo

la población que va de 9 y 19 años que apoyan a los padres con estas actividades, por último el comercio y el turismo aportan a la economía en un 4,79% (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

4.1.2.6 Actividad agropecuaria

La producción está formada por pequeños fincas campesinas en donde se cultivan productos como caña de azúcar, maíz, frejol, frutas, café, hortalizas entre otras (Sarabia, 2015). Además Varela (2016) menciona que el 31% de los pobladores se dedican a actividades agropecuarias, el 16% se dedican a la ganadería, un 22% se dedica a actividades de comercio y el 6% y 2% se dedican a actividades culturales y al turismo.

El 97% de las tierras corresponde a propiedades menores a 70 ha y el 3% restante mayores a 70 ha, existe una subocupación del territorio productivo, una limitada mano de obra enfocadas a la actividad agropecuaria, de igual manera una baja productividad agropecuaria en relación a la producción total de la parroquia (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

4.1.2.7 Exportación agrícola

El producto agrícola que es exportado corresponde a la Asociación de Caficultores Río Intag (AACRI) es el café orgánico, en la parroquia existen 79 socios con una extensión total de 38,2 has de café, las cuales producen aproximadamente 6,12 Ton, de modo que el 50% fue destinado a exportación con un valor de US\$ 23.598,0 (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

4.1.2.8 Actividad turística

La zona de Intag presenta una zona de transición el que origina diversos microclimas produciendo una alta diversidad de flora, fauna, bosques primarios, reservas ecológicas, ríos y cascadas, dando ventajas para ejercer la actividad turística (Albornoz, 2016).

En la parroquia esta actividad todavía se encuentra en desarrollo, a lo largo de la cuenca del río Intag en conjunto con la Comuna Nangulví Bajo se han generado emprendimientos turísticos, en base a las aguas termales el que ha generado nuevos medios de trabajo (Sarabia, 2015).

Además existe 16 atractivos turísticos, siendo más visitados las aguas termales de Nangulvi, seguido por los vestigios arqueológicos de Gualimán y el canopi de Gualimán y las fincas agroecológica del Paraíso, lo que es necesario potencializar otros sitios turísticos existentes (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

Varela (2016) menciona que el principal atractivo cultural material es el complejo arqueológico Gualiman, el que se encuentra construido por varias pirámides y tolas también existe un museo donde se muestra piezas arqueológicas como vasijas, cráneos pertenecientes a la cultura Cara.

4.1.2.9 Comercio

La zona de Intag concentra principalmente sus actividades en la agricultura aunque la mayoría de su producción es dedicada al autoconsumo y existe una poca incorporación de los agricultores al mercado local dado a que existen limitantes referidos a la dispersión de sus asentamientos poblacionales y deficientes comunicaciones viales el que dificulta la comercialización directa (Albornoz, 2016).

Para la parroquia esta actividad se encuentra limitada, debido a que existen pocas opciones de comercio y son los intermediarios quienes adquieren un mayor beneficio que los mismos productores, para el caso del café se lo realiza a través de la asociación Rio Intag AACRI, el frejol de igual manera se lo comercializa mediante intermediarios, una parte se lo comercializa con la organización CRPARIS Y Talleres de Gran Valle, y para el ganado se lo realiza igualmente con intermediarios, ellos son los que fijan los precios en función del mercado nacional (PDOT GAD parroquial de Peñaherrera, 2015).

4.1.2.10 Áreas boscosas manejadas

Se realizó la revisión y búsqueda de programas de corte aprobados por el MAE y programas de plantaciones aprobados por el MAG, existen dos programas aprobados, el primero ubicado en la parroquia Peñaherrera sector El cristal con una superficie aprobada de 0,06 hectáreas, de la especie aliso (*Alnus nepalensis*). Para el siguiente programa aprobado ubicado la parroquia Peñaherrera sector El cristal con una superficie de 0,23 hectáreas, de igual manera de la especie aliso (*Alnus nepalensis*). También existe un programa de corta de árboles en plantaciones comerciales forestales, que se encuentra ubicado en la comunidad El Cristal con un área a ser aprovechada de 0,98 has de la especie aliso (*Alnus nepalensis*).

En la parroquia existen tres áreas individuales de socio bosque con fines de conservación, la primera área más grande cuenta con 51,05 has y las dos siguientes pertenecientes al mismo propietario con un área de 0,88 has y la otra con 15,56 has, además en esta zona existen dos bosques protectores llamado Pajas de Oro que cuenta con un área de 280,42 has.

FAO (2016) señala que durante los últimos años los países tropicales con ingresos de medios y bajos registraron un descenso de la cobertura forestal y un incremento de la superficie agrícola, por lo que existe una relación entre ambas actividades. Además Minaya (2011) menciona que el 80% de los pobladores de Intag se dedican a la agricultura, también una parte de los habitantes están vinculados a actividades comerciales y de turismo, además en su mayoría buscan el fomento de prácticas sostenibles debido a los problemas que ha causado la minería especialmente en la disponibilidad del agua. Mientras que en la presente investigación las principales actividades y fuentes de ingresos están dados por la agricultura y ganadería, además se evidencia que debido a la baja productividad de los cultivos se ven forzados a expandir el área a cultivar para poder obtener un mayor ingreso, todo esto ha ocasionado una reducción de la superficie forestal y problemas adyacentes a estos.

4.1.3 Realización del análisis multitemporal en el periodo 2013-2017

4.1.3.1 Análisis multitemporal

En base a las imágenes descargadas se realizó el análisis multitemporal con el programa CLASlite v3.3.

4.1.3.2 Generación de información

En base a los subproductos obtenidos del software CLASlite coberturas fraccional, se procedió a procesar las capas temáticas a través del software ArcGIS (Ver figura 3 y 4).

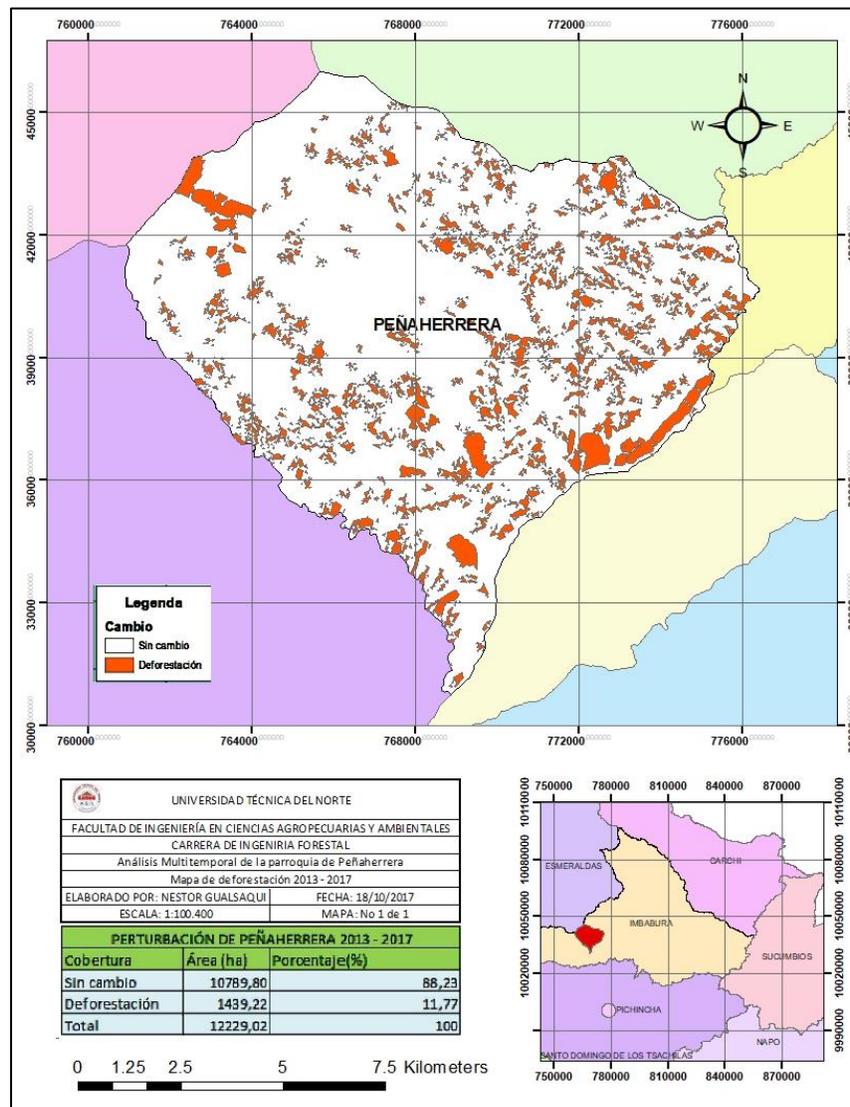


Figura 3. Mapa del análisis multitemporal de deforestación del período 2013 al 2017

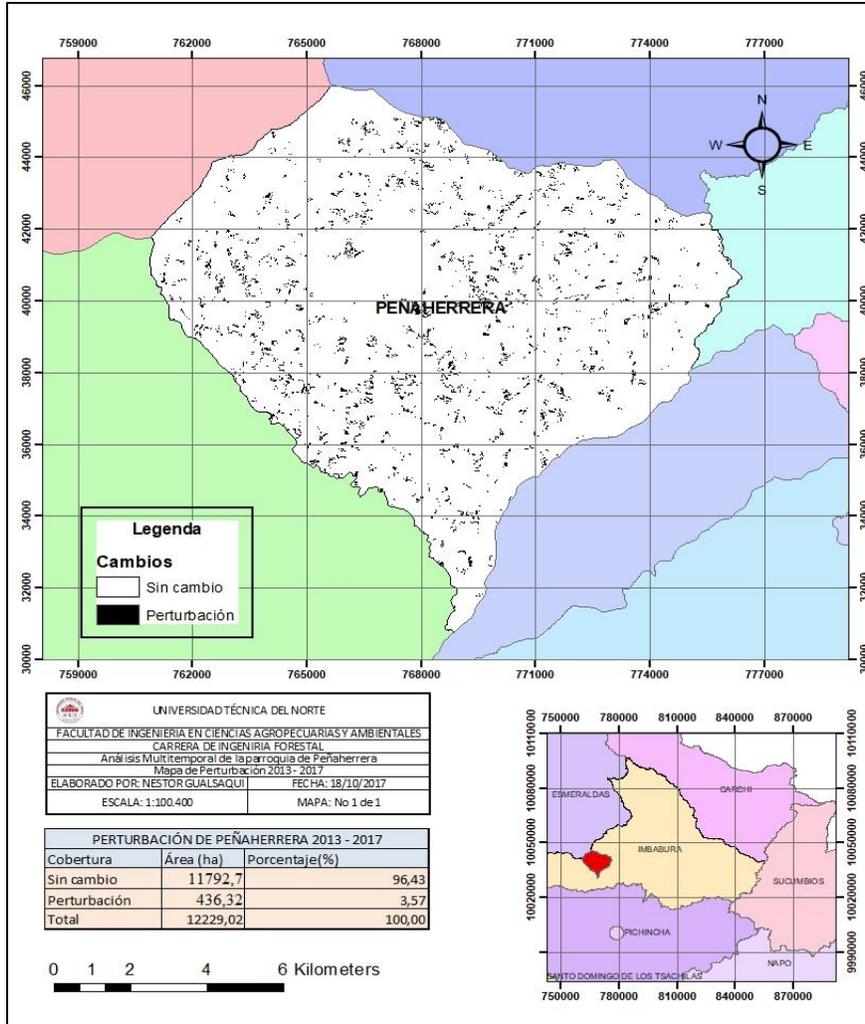


Figura 4. Mapa del análisis multitemporal de perturbación del período 2013 al 2017

La parroquia Peñaherrera contiene una superficie total de 12.229,0 has, de este total el 84% no presenta ningún cambio aparentemente, mientras que la perturbación representa un 4% aproximadamente y la deforestación representa el 12% del área total durante el periodo 2013 – 2017 (Ver figura 5).

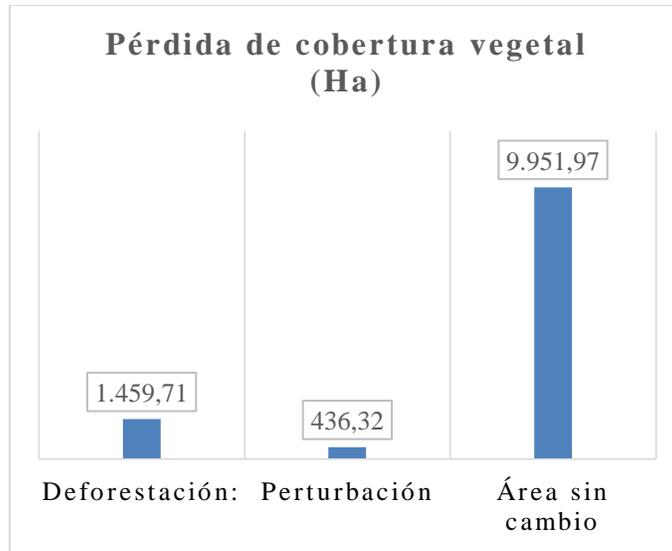


Figura 5. Pérdida de cobertura vegetal y tasa de deforestación

4.1.3.2.1 Promedio anual de deforestación y perturbación

En base al análisis de la cobertura de bosque correspondiente a los años 2013 y 2017, también se calculó un promedio anual de deforestación equivalente a 364,93 has/año, que representa una pérdida de 3% de cobertura de bosque anual, asimismo un promedio anual de perturbación equivalente a 109,08 has/año representando un 1% (Ver figura 6).



Figura 6. Promedio anual de deforestación y perturbación

Sierra, (2013) menciona que en el Ecuador continental en el periodo 2000 y 2008 el 99,40% del área deforestada fue destinada mayoritariamente a áreas agropecuarias y el 0,23% principalmente a zonas urbanas y asentamientos rurales y 0,37 a otros. Además MAE (2012) señala que para las provincias de Imbabura y Esmeraldas presentaron una tasa de deforestación de 0,86% y 2,16%. Por otro lado Guzmán (2014) determinó para el periodo 2010-2013 en la zona de Intag una tasa de deforestación anual de 1,42% y un 0,35% para perturbación, mientras que para el caso específico de la parroquia de Peñaherrera PDOT GAD parroquial de Peñaherrera (2015), señala que en el periodo 2001 y 2006 presentó una tasa de deforestación anual aproximadamente de 1,92%.

En la presente investigación tomando como referencia estos datos, se obtuvo una tasa de deforestación del 3%, en comparación con los resultados obtenidos la parroquia de Peñaherrera posee una tasa de deforestación que va en incremento, esto se debe principalmente a que los agricultores necesitan incrementar la extensión de las tierras agropecuarias para obtener una mayor producción, y de este modo poder mejorar sus ingresos económicos, ya que por el manejo de sus cultivos se trata de una agricultura extensiva y no intensiva.

4.1.3.5 Validación de los resultados

4.1.3.5.1 Validación a partir de una fotografía aérea (satélite y dron)

Para la validación con la ortofoto de toda la parroquia se generaron los siguientes resultados, para la clase de bosque, se obtuvo una fiabilidad del productor de 83,64%, lo que representa que la mayor parte de los puntos concordaron entre la capa generada y la ortofoto, además se obtuvo una fiabilidad del usuario del 88,46% , también se obtuvo un coeficiente de capa de 0,85 lo que muestra una concordancia casi perfecta y que el usuario del mapa puede confiar en los datos producidos (*Ver tabla 1 y 2*).

Tabla 2*Matiz de Confusión para la verificación de cobertura forestal del año 2017*

Referencia resultados (Mapa de uso de suelo)					
Clase	Bosque	No Bosque	Total	Exactitud Usuario	Error Comisión
Bosque	138	18	156	0,89	0,12
No Bosque	27	115	142	0,81	0,19
Total	165	133	298		
Exactitud Productor	0,82	0,87			
Error Omisión	0,16	0,12			

Tabla 3*Medidas de precisión en función de bosque y no bosque*

Medidas de precisión.	
Fiabilidad global	90,00%
Fiabilidad del usuario para clase bosque	88,46%
Fiabilidad del productor para clase bosque	83,64%
Errores por comisión clase bosque	11,54%
Errores por omisión clase bosque	16,36%
Fiabilidad del usuario para clase no bosque	80,99%
Fiabilidad del productor para clase no bosque	86,47%
Errores por comisión clase no bosque	19,01%
Errores por omisión clase no bosque	13,53%

$$k = \frac{[298 \times (138 + 115) - (0,88 \times 0,80) + (0,83 \times 0,86)]}{298^2 - [(0,88 \times 0,80) + (0,83 \times 0,86)]} = 0,85$$

Para la clase de deforestación se obtuvo una fiabilidad del productor de 92,63%, lo que significa que la mayor parte de los puntos concordaron entre la capa generada y la ortofoto, además se obtuvo una fiabilidad del usuario del 95,33%, de igual modo para la clase perturbación se obtuvo una fiabilidad de productor de 86,36% y una fiabilidad de usuario de 90,48% además se obtuvo una fiabilidad del usuario del 88,46% %, también se obtuvo un coeficiente de capa de 0,90 lo que muestra una concordancia casi perfecta y que el usuario del mapa puede confiar en los datos producidos (*Ver tabla 3 y 4*).

Tabla 4*Matiz de Confusión para la verificación de la Deforestación y Perturbación del año 2017.*

Referencia resultados (ortofomosaico y dron)					
Clase	Deforestación	Perturbación	Total	Exactitud Usuario	Error Comisión
Deforestación	102	5	107	0,95	0,05
Perturbación	6	57	63	0,91	0,09
Otros	2	4	6		
Total	110	66	176		
Exactitud Productor	0,93	0,86			
Error Omisión	0,07	0,14			

Tabla 5*Medidas de precisión en función de deforestación y perturbación*

Medidas de precisión	
Fiabilidad global	90,00%
Fiabilidad del usuario para clase deforestación	95,33%
Fiabilidad del productor para clase deforestación	92,73%
Errores por comisión clase deforestación	4,67%
Errores por omisión clase deforestación	7,27%
Fiabilidad del usuario para clase perturbación	90,48%
Fiabilidad del productor para clase perturbación	86,36%
Errores por comisión clase perturbación	9,52%
Errores por omisión clase perturbación	13,64%

$$k = \frac{[176 \times (102 + 57) - (0,95 \times 0,90) + (0,92 \times 0,86)]}{176^2 - [(0,95 \times 0,90) + (0,92 \times 0,86)]} = 0,90$$

Guzmán (2014) empleó un muestreo aleatorio simple con la finalidad de realizar una comparación de un mismo punto, tanto en el mapa de línea base forestal, capa de uso de suelo y otra comparación entre la capa de deforestación y perturbación con una imagen de alta resolución. Si bien la metodología de validación es similar, en el presente estudio el muestreo realizado difiere en el número de muestras a utilizadas el área de estudio y en la utilización de una foto aérea tomada por un dron, a 150 m de altura, el cual permite obtener una mayor precisión al manejar los datos y al realizar una toma de decisiones.

4.1.4 Adaptación de principios, criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible

En base a la revisión de varios documentos referente a criterios para el manejo sostenible, se optó por la adaptación y se elaboró un listado de los criterios e indicadores que cumplían con las necesidades de la investigación, el cual busca promover el uso adecuado y sostenible de las tierras forestales en relación a sus potencialidades y limitaciones para toda intervención (*Ver anexo 18*).

4.1.4.1 Cálculo de la muestra y ejecución de las encuestas

El estudio se estructura por la población de la parroquia de Peñaherrera, con un total de 1.644 habitantes, para determinar el tamaño de muestra se empleó las ecuaciones de tamaño de muestra (n) y tamaño de muestra ajustado (n_2)

Se calculó la varianza (S^2) con la información del número de familias por sector identificados en el Diagnóstico del Sector Agropecuario realizado por la Unidad Zonal de Información de Imbabura, (UZI-I 2011); se empleó el valor de “ α ” de Student al 0,10% de probabilidad estadística y como error se consideró el valor error estándar de la media ($S\bar{x}$); con un tamaño de muestra de 62 encuestas; que constituyen el 3,77% de la población económicamente activa del sector agropecuario, además cabe recalcar que se realizó 77 encuestas equivalente al 124% de la población muestreada. (*Ver tabla 5*)

Tabla 6
Calculo de la muestra

Parroquia	n	Fracción muestral (*nc) %	Fracción muestral (*nr) %
Peñaherrera	24	38.70	31,20
Nalgulvi bajo	16	25.80	20,80
Las Palmas	10	16.10	13,00
Desconocido	27	43.50	35,10
Total	77	124.2	100

*nc: Tamaño de muestra calculado 62

**nr: Tamaño de muestra real o realizado 77

En la figura número siete las personas considera que los bosques de la Parroquia principalmente cumple funciones de protección de suelo, calidad de agua, belleza paisajística, de igual modo en la población menciona que existen varias fuentes de agua como: ojos de agua ríos y quebradas que abastecen de agua a toda la población, pero que ha ido disminuyendo el abastecimiento en las épocas secas, así también generando enfermedades por la presencia de insectos en los ríos.

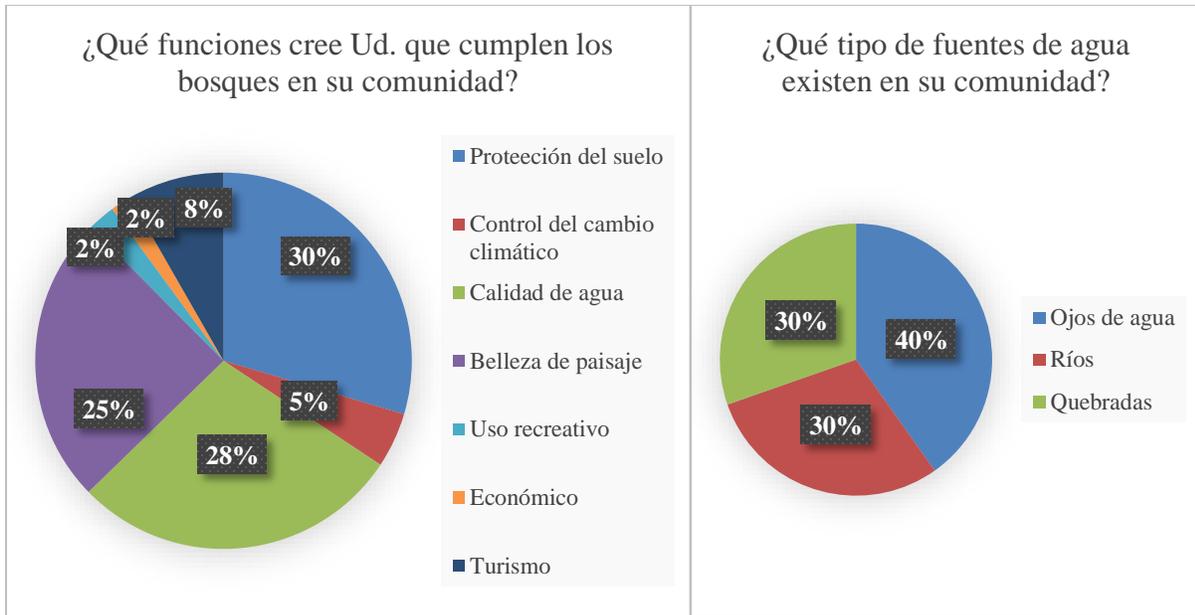


Figura. 7. Función de los bosques y fuentes de agua existentes en Peñaherrera.

En la figura número ocho según los encuestados mencionan que la agricultura y pastos con el 43,60% son los problemas más relevantes, por el cual se pierden los bosques en la parroquia, mientras que los incendios provocan un 20% de deforestación, además que la información se corrobora con el uso actual del suelo que la mayor parte del suelo está enfocado principalmente en la agricultura con un 40%, mientras que la ganadería en un 32%.

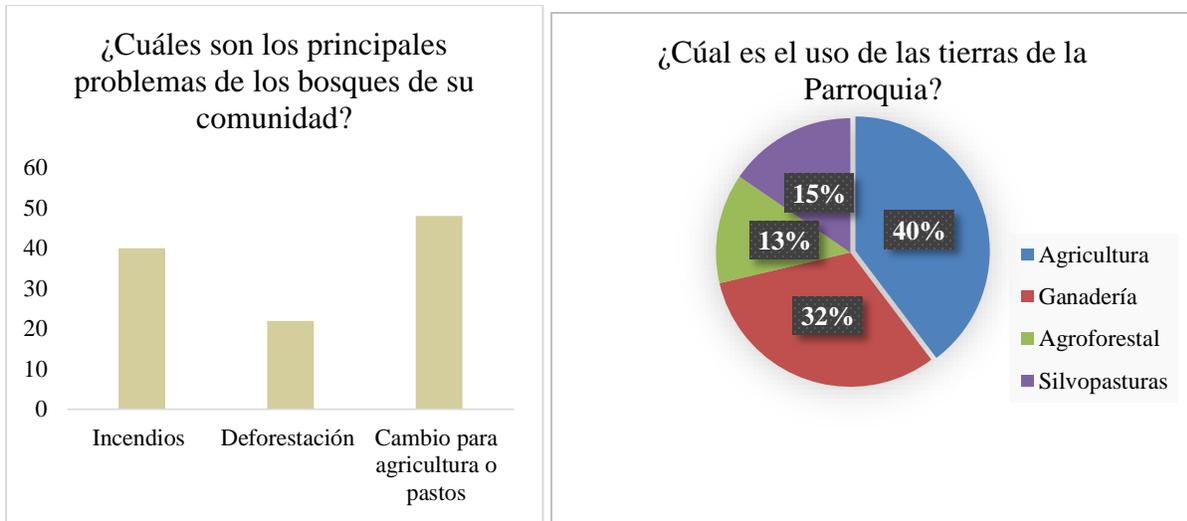


Figura 8. Principales problemas de los bosques, Uso de las tierras de Peñaherrera.

En la figura nueve la mayoría de las personas coinciden que si están de acuerdo en implementar técnicas de agroforestería, sistemas silvopastoriles y técnicas relacionadas, de igual modo que consideran que si es importante plantas árboles.

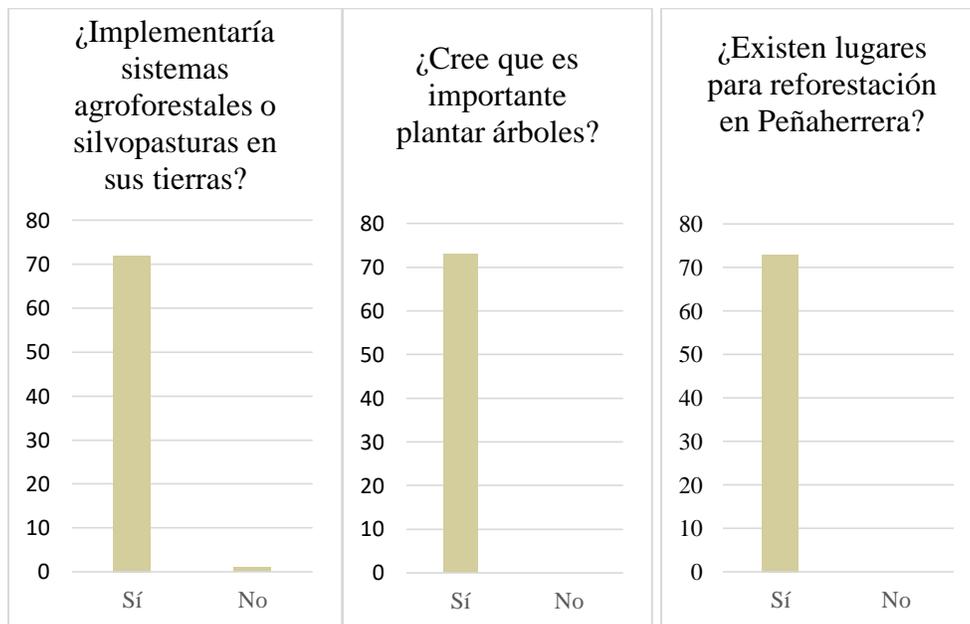


Figura 9. Implementación de sistemas agroforestales, Importancia de plantar árboles y Existencia de lugares para reforestar en Peñaherrera.

CESTA (2011) señala que la agroforestería es una estrategia en la agricultura sustentable para restaurar el paisaje agrícola, debido a que la diversificación permite una regularización de plagas mediante el control natural, fijación y almacenamiento de carbono así también permite una mejor adaptabilidad de las fincas a fenómenos climáticos ya sea por sequía o excesos de humedad, además Losada *et al.* (s.f) menciona que el uso múltiple del territorio disminuye la vulnerabilidad de los sistemas de producción agrícola como resultado de los cambios de mercado. Para la presente investigación se evidencio que los agricultores están conscientes de los beneficios que ofrecen los árboles, pero en parte desconocen el comportamiento de los árboles al incorporar a los cultivos tradicionales.

4.1.4.2 Determinación de las áreas prioritarias para el manejo forestal sostenible

Se obtuvieron cuatro categorías de prioridad (Bajo, Medio, Alto y Muy Alto), cabe mencionar que la categoría muy baja no se generó durante el procesamiento, debido a que las características biofísicas del área son las que no permiten tener una categoría muy baja. La mayor parte de las áreas a priorizar se encuentra en la parte noreste de la parroquia, tomando en cuenta que son suelos en etapa de empobrecimiento. La suma de las dos categorías con mayor prioridad alto - muy alto presentan un 29,60%, el que representa 3.592,86 has cabe indicar que esta cifra simboliza un tercio de la parroquia a priorizar. (*Ver figura 10 y tabla 6*)

La precisión de estos resultados va a depender de la calidad de información espacial que se disponga, la mayor parte de la información se obtuvo de las bases de datos del MAE y MAG a escala 1:50.000, el resultado obtenido contribuirá a los procesos de toma de decisiones para la planificación de programas o proyectos de plantaciones forestales en la parroquia.

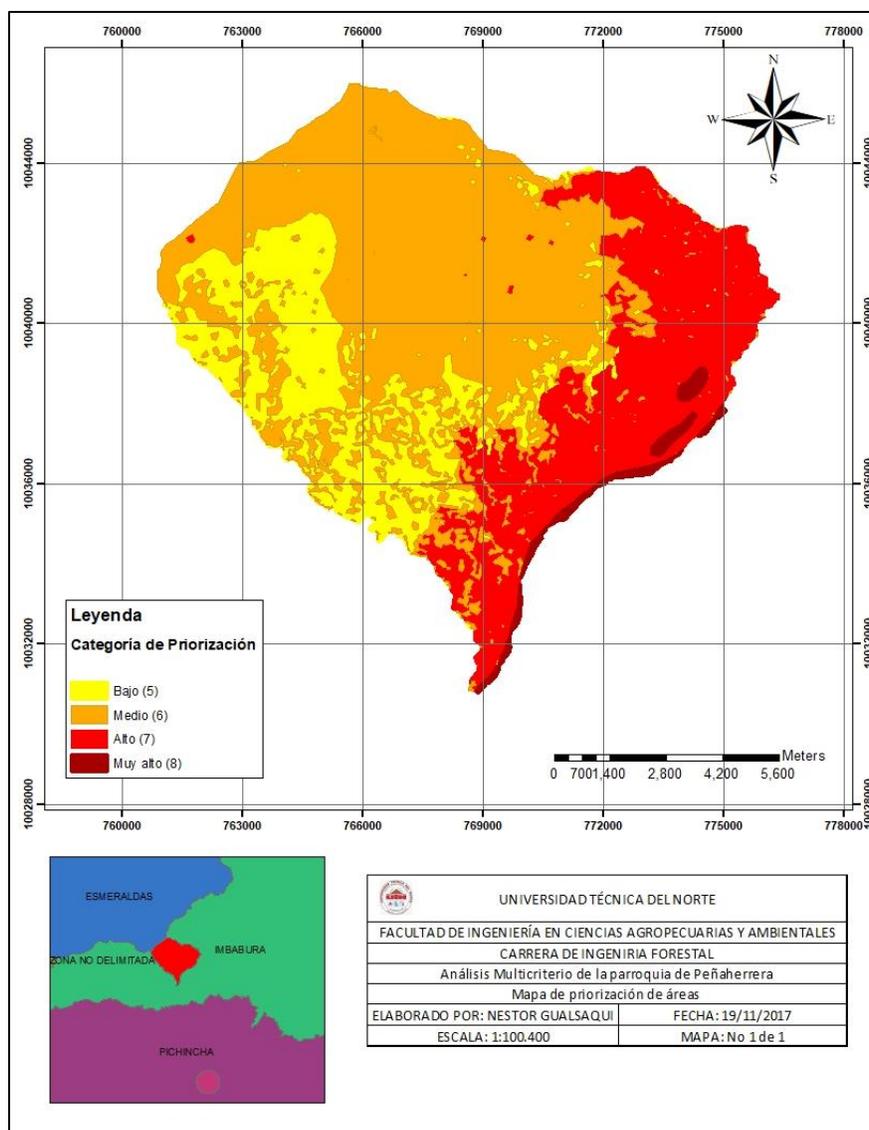


Figura 10. Mapa de priorización de áreas para el manejo forestal sostenible 2017

Tabla 7
Cálculo de áreas a priorizar

Categoría de priorización	Has	Porcentaje
Bajo (5)	2.545,61	20,97
Medio (6)	5.999,01	49,43
Alto (7)	3.443,68	28,37
Muy alto (8)	149,18	1,23

Salcedo (2017), señala que en función del componente geomorfológico, geológico, cobertura de tierra y suelos, categorizan zonas entre sectores de alta y baja pendiente, debido a que en épocas de alta pluviosidad puede ocasionar deslizamientos de masas, de igual manera muestra áreas de susceptibilidad muy alta a la erosión en suelos donde se encuentra reducida vegetación y suelos que han sido aprovechados o alterados para su aprovechamiento productivo. Si bien los resultados son similares difiere de la investigación debido a que el presente estudio se utilizó un número mayor de indicadores para mejorar la precisión de la información e interpretación de los resultados, por otra parte estos tuvieron distinta ponderación, esto se debe a la variabilidad de los aspectos biofísicos presentes en el estudio, ya que para la variable pendientes la zona de estudio presenta una alta irregular entre otras, generando así áreas con distinta categoría.

Franco, (2011) menciona la importancia de emplear criterios e indicadores, debido a que mejoran la calidad de la información de los bosques y los resultados en los sistemas de ordenación forestal, mediante esta información es posible formular mejores políticas, planes de manejo a nivel local, nacional, regional e internacional. Para el presente estudio la propuesta de alternativas de manejo se tomó con una visión intermedia entre lo ambiental, social y económico con el propósito de favorecer al mantenimiento de los bosques, debido a la alta biodiversidad de la flora y fauna existente, al igual que la influencia de los bosques en la calidad de agua en la zona son de vital importancia.

4.1.5 Alternativas de manejo para las áreas determinadas en base al análisis multicriterio obtenido

Con la finalidad de llevar a la práctica las alternativas planteadas de la presente investigación y una vez identificados los actores involucrados en el área de estudio, es necesario concertar el apoyo de las organizaciones sociales existentes en la parroquia, quienes pongan en práctica en sus predios las alternativas propuestas, mientras que las instituciones públicas debería fomentar el apoyo y búsqueda financiera para lograr implementar de manera eficiente las actividades planteadas.

A continuación de se detallan varias alternativas de manejo y los actores involucrados (*Ver tabla 7,8 y 9*).

4.1.5.1 Alternativas de manejo para la categoría Baja – Media

Tabla 8

Alternativas de manejo para la categoría Baja – Media

Alternativas de manejo	
Categoría Baja – Media	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de los bosques nativos • Conservación de fuentes de agua • Incentivos de pago por captura de carbono • Investigación de la biodiversidad existente • Protección de reservas comunitarias • Turismo comunitario • Pesca controlada • Incentivos para fomentar la protección y conservación de recurso forestal • Reforestación con especies nativas: (Sangre de drago, caucho, yaloman, cedro, guandera, roble, anon, pilche, laurel de cera, tura, guadua, palos bobos, eliconias, magnolia, platanillos)

4.1.5.2 Alternativas de manejo para la categoría Alto- Muy Alto

Tabla 9

Alternativas de manejo para la categoría Alto- Muy Alto

Alternativas de manejo	
Categoría Alto – Muy Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Investigaciones enfocadas a mejorar la producción • Incentivos para la producción • Inversión en proyectos locales • Creación de ordenanzas para no poblar zonas altas • Fomento para plantaciones forestales: (<i>Alnus nepalensis</i>) • Regularización del uso de agroquímicos • Uso de abonos orgánicos • Quemadas controladas • Apicultura • Agroforestería: <ul style="list-style-type: none"> - Café en asocio de Aliso, Leucaena, Guaba, Aguacate - Cercas, linderos en asocio con poroton, leucaena, aliso, guaba • Silvopasturas <ul style="list-style-type: none"> - Pastos en asocio de <i>Alnus nepalensis</i>, tura

4.1.5.3 Identificación de actores

A continuación se detallan los actores identificados en el proceso (Ver tabla 9).

Tabla 10

Identificación de actores

Ejecutores Regionales		
ONGs, Instituciones privadas	Organizaciones	Instituciones públicas
<ul style="list-style-type: none">• CODESA• ECOPAR	<ul style="list-style-type: none">• Cabildos de la parroquia Peñaherrera• AACAI• ACAI Plantas Forestales• Seguro campesino• ASOPENAG Ganaderos• Emprendimiento Comunitario Termas Nangulví• Junta de Agua Potable Peñaherrera• Juntas de agua de las comunas de la parroquia• Grupo de Mujeres Peñaherrera ASOISIPENÑA Viveristas• Grupo de Mujeres El Cristal ASOPAJORO Viveristas	<ul style="list-style-type: none">• Ministerio de Ambiente• Ministerio de Agricultura y Ganadería• SENAGUA• GAD municipal de Cotacachi• GAD parroquial de Peñaherrera

FAO (s.f) señala que para garantizar el suministro de los servicios ambientales, seguridad alimentaria, adaptarse al cambio climático, fortalecer la agricultura familiar, es indispensable revertir los procesos de degradación del suelo y adoptar buenas prácticas de gestión de la tierra. Por otro lado CEPAL (2010) menciona que es oportuno elaborar procedimientos de planificación, dialogo referente a proyectos territoriales y políticas sectoriales, con el propósito de incorporar una adecuada composición de las políticas, con el objetivo de regular o apoyar el esfuerzo de los productores y microempresarios rurales.

Degadillo y Torres, (s.f) señalan que el desarrollo de una región depende de la habilidad para impulsar iniciativas locales, con el propósito de generar nuevas actividades y dirigir hacia una

dinámica de innovación territorial, además debe ser abarcada desde un enfoque multidimensional que considere aspectos ambientales, sociales y culturales.

Garrido (2014) afirma que la iniciativa comunitaria es la conexión para aplicar el concepto de desarrollo territorial e implementar estrategias de transformación territorial, además es necesario buscar la mejor estrategia para utilizar los recursos y capacidades locales debido a la variedad de áreas rurales, todo esto radica en procesos de construcción social relacionados a diferentes formas de acción colectiva.

En el presente estudio concordando con la opinión de los autores mencionados mediante la cooperación de ECOPAR y reuniones realizadas en la zona de Intag, se desarrolló las alternativas de manejo planteadas, donde se definen dos zonas de manejo; categoría baja-media y la categoría alto-muy alto, permitiendo un adecuado manejo de los recursos forestales y contribuyendo en el aspecto social, ambiental y económico.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

- La parroquia de Peñaherrera posee suelos de origen volcánico, con pendientes altamente pronunciadas, alta pluviosidad con susceptibles a erosión, las principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería, que va en constante expansión lo que ha provocado la reducción de los bosques, por otro lado la mayor parte de comercialización de los productos agropecuarios se lo realiza por medio de intermediarios.

- La parroquia de Peñaherrera presenta una tasa de deforestación anual de un 3% lo que representa 364,93 has, y 1% de perturbación lo que corresponde 109,8 has, en comparación a las tasas nacionales se evidencia que existe tendencia de incremento de la tasa de deforestación, además en investigaciones anteriores a nivel de Intag muestra tasas elevadas de deforestación con 1,42% debido a la conversión de uso de suelo para agricultura y ganadería.

- Se consideró el principio de determinar áreas prioritarias para el manejo forestal sostenible, con los criterios de geología, geomorfología, suelos y cobertura vegetal.

- Se obtuvieron cuatro categorías de priorización: Alto-Muy Alto con un 30% del área total conformado por las comunidades de San Juan de las Palmas, Mirador las Palmas, Peñaherrera, Los Corales Nangulvi Bajo, Chinipamba y La delicia, esta corresponde a la zona noreste de la parroquia, zonas con agricultura, pastos y vegetación arbustiva, para la siguiente categoría Media con un área de 49,43% de área, está conformada por bosque nativo correspondiente a la zona centro norte y para la parte Baja con un 20,97% de área, está conformada por vegetación arbustiva, herbácea y áreas de bosque nativo.

- Se determinaron dos zonas de manejo una para la categoría Alto - Muy alto, la cual está ubicada en la parte noreste de la parroquia, la que puede ser utilizada para practicas agroforestales, apicultura y agroecología, para la segunda categoría Baja – Media la cual está ubicada en la parte intermedia norte de la parroquia donde se encuentra territorio aptas para plantaciones con fines comerciales, protección y/o conservación.

CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES

- En base a la caracterización biofísica de la parroquia se recomienda establecer ordenanzas a nivel cantonal con la participación de las comunidades, con el propósito de delimitar la frontera agrícola y por consiguiente disminuir los impactos ambientales hacia los ecosistemas forestales.

- Se recomienda monitorear periódicamente los ecosistemas forestales de la parroquia Peñaherrera, para poder evidenciar cambios antropogénicos que puedan ocurrir ya sea por actividades agrícolas y ganaderas.

- Se recomienda considerar los aspectos sociales además de los ambientales en el análisis multicriterio, con el propósito de proporcionar un enfoque íntegro con el objetivo de proponer un mejor ordenamiento territorial, además de vincular procesos de participación comunitaria dentro de los programas o proyectos zonales.

- Se recomienda al GAD parroquial de Peñaherrera incorporar y fomentar el uso de las alternativas de manejo mencionadas en la investigación en proyectos que se realicen en la zona, como la agroforestería y prácticas sostenibles, con el objetivo contribuir al desarrollo económico y bienestar de la población.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMAFORS. (2007). *Planeación estratégica 2007-2012*. Quito, Ecuador.

Paneque J., McCall M., Napoletano B., Wich S. & Koh L. (2014). *Small Drones for Community-Based Forest Monitoring: An Assessment of Their Feasibility and Potential in Tropical Areas*, *Molecular Diversity Preservation International* (MDPI), Switzerland.

FAO. (2012). *El estado de los bosques del mundo*, Roma, Italia: FAO.

FAO. (2015). *El estado de los bosques del mundo*, Roma, Italia: FAO.

FMAM. (2012). *Actividades sobre uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)*. USA: Professional Graphics Printing Co.

MAE. (2014). *Plan nacional de restauración forestal 2012-2017*. Quito, Ecuador.

SIIA. (2014). *Sistemas de información geográfica aplicadas a la actividad agropecuaria*. Buenos Aires, Argentina.

Ramírez, E., Cruz, A., Lagunas, A. & Carreño, O. (2015, marzo). *Uso de vehículos aéreos no tripulados para la caracterización del paisaje sumergido; Bahía Estacahuite*. *Ciencia y Mar*. Recuperado de <http://www.umar.mx/revistas/51/510104.pdf>.

Benito, J. (2015). *Integración de un UAV (vehículo aéreo no tripulado) en la plataforma robótica ARGOS (Tesis de pregrado)*. Universidad autónoma de Madrid. Madrid, España.

López, J. (2015). *El uso de los drones en conservación de plantas*. Barcelona, España.

Sánchez, P. (2012). *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales (Tesis de pregrado)*. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Rodríguez, M. y Mance, H. (2009). *Cambio climático lo que está en juego*. Bogotá, Colombia: Foro Nacional.

- IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Ginebra, Suiza: OMM.
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Ginebra, Suiza: OMM.
- SEMARNAT. (2009). Cambio climático serie ¿y el medio ambiente? ciencia, evidencia y acciones. Tlalpan, México.
- GREENFACTS. (2007). Cambio climático: Resumen del Informe de Evaluación 2007 del IPCC.
- FAO. (2010). La gestión de los bosques ante el cambio climático. Roma, Italia: FAO.
- Tena, G. (2010). Determinación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en la zona costera E Islas de Bahía Magdalena, B. C. S., México (Tesis de grado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C.). La Paz, México.
- FAO. (2012). El estado de los bosques del mundo. Roma, Italia: FAO.
- FAO. (2004). Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005: términos y definiciones. Roma, Italia: FAO.
- PNUMA. (2011). Bosques la naturaleza a su servicio. Nuestro Planeta, págs. 36.
- Climate-Data. (s.f.). DATI CLIMATICI SULLE CITTÀ DEL MONDO. Recuperado el Sábado de Enero de 2017, de <https://it.climate-data.org/>
- Ley N° 2004-17. (2004). Codificación a la ley forestal y de conservación de áreas naturales y de vida silvestre. Ecuador.
- Periódico Intag. (2010). Se analizan los bosques inteños en el foro internacional. Recuperado de: <https://www.intagnewspaper.org/articles/analizan-los-bosques-de-intag>.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], Unión Europea [UE] y Centro internacional de agricultura tropical [CIAT]. (2007). Mejora de los sistemas de cartografía del territorio Colombiano. Recuperado de:

ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/Teledeteccion/Teledeteccion_Modulo.pdf

Varela, S. (s.f). Manejo forestal sustentable de los recursos forestales. SEMARNAT, México.

Biodiversa Colombia. (2016). El uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV) en la conservación: Teoría y práctica en la adquisición y el análisis de imágenes. Bogotá, Colombia: Fundación biodiversa Colombia

Inifap, (2007). *Criterios e indicadores para evaluar el uso y manejo sustentable de bosques templados en Coahuila*. México, Imprenta Sánchez.

FAO, (2015). *Taller Regional Latinoamericano sobre criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible*. Tarapoto, Perú.

FAO, (Enero, 2013). 300 años de actividades forestales sostenibles, *Unasylva. Volumen (64)*, p. 12.

FAO, (2010). *Casos ejemplares de manejo forestal sostenible en América Latina y el Caribe*. Roma, Italia.

FAO, (s.f). *La FAO, Los bosques y el cambio climático, trabajando con los países para hacer frente al cambio climático por medio de la gestión forestal sostenible*.

FAO, (2003). La deforestación sostenible y el enfoque por ecosistemas: una perspectiva australiana, *Unasylva. Volumen (54)*, p. 7.

FAO, (Febrero, 2011). Medir la degradación del bosque, *Unasylva. Volumen (62)*, p. 4.

FAO, (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 términos y definiciones*. Roma, Italia.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], (2010). Sistema Integrado de Consultas (REDATAM). . Recuperado el Viernes de Diciembre de 2017. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/sistema-integrado-de-consultas-redatam/>

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca [MAGAP, 2014]. La agroecología está presente, Mapeo de productores agroecológicos de la agroecología en la sierra y costa ecuatoriana. Quito, Ecuador. Manthra Comunicación integral. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca [MAGAP, 2017]. Buenas prácticas agrarias para enfrentar al cambio climático en Ecuador, Quito, Ecuador.
- United States Agency International Development [USAID, sf] Manual de buenas prácticas para el manejo de cuencas hidrográficas.
- Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de la teledetección espacial. España
- Sarabia, P. (2015). Centro de visitantes y senderos como facilidades turísticas de apoyo al desarrollo de la interpretación ambiental, comunidad de Nangulví, parroquia de Peñaherrera, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. Universidad central del Ecuador facultad de ciencias agrícolas.
- Tena, G. (2010). Determinación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en la zona costera E Islas de Bahía Magdalena, B. C. S., México (Tesis de grado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C.). La Paz, México.
- Salcedo, C. (2017). Metodología Sig Para Obtener La Zonificación De Susceptibilidad De Amenazas Naturales En Medina Cundinamarca, Bogotá D.C., Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Mateus P, (2014). Zonificación de servicios ecosistémicos usando técnicas de análisis espacial multicriterio: Caso Municipio de Paipa. Colombia, Quito Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Franco C, (2011). Desarrollo De Un Modelo Basado En Análisis Espacial Multicriterio Para La Determinación De Unidades De Ordenación Forestal. Caso Departamento Del Casanare. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia
- Guzmán J, (2014). Análisis multitemporal de las zonas forestales en la zona de Intag – Ecuador, Período 2010 Al 2013. Quito, Ecuador: Universidad Salzburgo

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Parroquial Peñaherrera (2015)

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 1999). Agroforestería básica, Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental N°3. México D.F. México

Sierra, R. 2013. Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años. Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends. Quito, Ecuador.

Ministerio del Ambiente, (MAE, 2014). Plan Nacional de Restauración Forestal 2014-2017. Quito, Ecuador.

Ministerio del Ambiente (MAE, 2013). Sistema nacional de control forestal. Quito, Ecuador

Franco, C. (2011). Desarrollo De Un Modelo Basado En Análisis Espacial Multicriterio Para La Determinación de Unidades de Ordenación Forestal. Caso Departamento del Casanare. Bogotá D.C. Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Benavides, A. (2013). Evaluación de los sistemas agroforestales para la elaboración de un plan de manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos en el ceypsa, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador. Universidad Técnica de Cotopaxi.

FAO. (s.f). Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe. Recuperado de <http://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>

ESRI, (2016). Conceptos del conjunto de herramientas de superposición. Recuperado de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-weighted-overlay-works.htm>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2010). Estrategias de gestión territorial rural en las políticas públicas en Iberoamérica. Naciones Unidad. Santiago de Chile. Chile.

- Castillo, N. (2012). Análisis del comportamiento del aliso *Alnus nepalensis* D. Don, asociado con *Brachiaria brachiaria decumbens* staff y pasto miel *setaria sphacelata* (schumach) staff & c. e. hubb y pasturas en monocultivo. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte.
- López T., González A., Heartsill T. & Hermansen L. (s.f). Evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica para la planificación y la toma de decisiones acerca del uso de terrenos.
- Pageo M., Santos D & Villarán F. (s.f). Aplicación de la decisión multicriterio en la ordenación de masas adehesadas. España. Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Politécnica Superior La Rábida, Universidad de Huelva.
- Ovando G., Luisa M., Escalante P., Ofelia F. & Martinez T. (2016). Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-Zacatlán. Madera y Bosques. Mexico
- León N. (2016). Propuesta para la creación de un centro de acopio de granadilla, ubicado en la Provincia de Imbabura, Cantón Cotacachi, Parroquia de Peñaherrera. Quito, Ecuador. Universidad Internacional de Ecuador.
- Albornoz N. (2016). Valoración de servicios ecosistémicos hídricos en el ecoturismo en la zona de Intag, cantón Cotacachi. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte.
- Varela M. (2016). Patrimonio cultural de la parroquia Peñaherrera, para el diseño de un centro cultural. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte.
- Garrido R. (2014). Estrategias de desarrollo rural territorial basadas en las especificidades rurales. El caso de la marca Calidad Rural® en España. Universidades Públicas de Andalucía España
- Delgadillo J & Torres t. (s.f). La gestión territorial como instrumento para el desarrollo rural. Procuraduría Agraria.
- Tena G. (2010). Determinación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en la zona costera e islas de Bahía Magdalena, B.C.S., México.

CAPITULO VIII

ANEXOS

Anexo 1

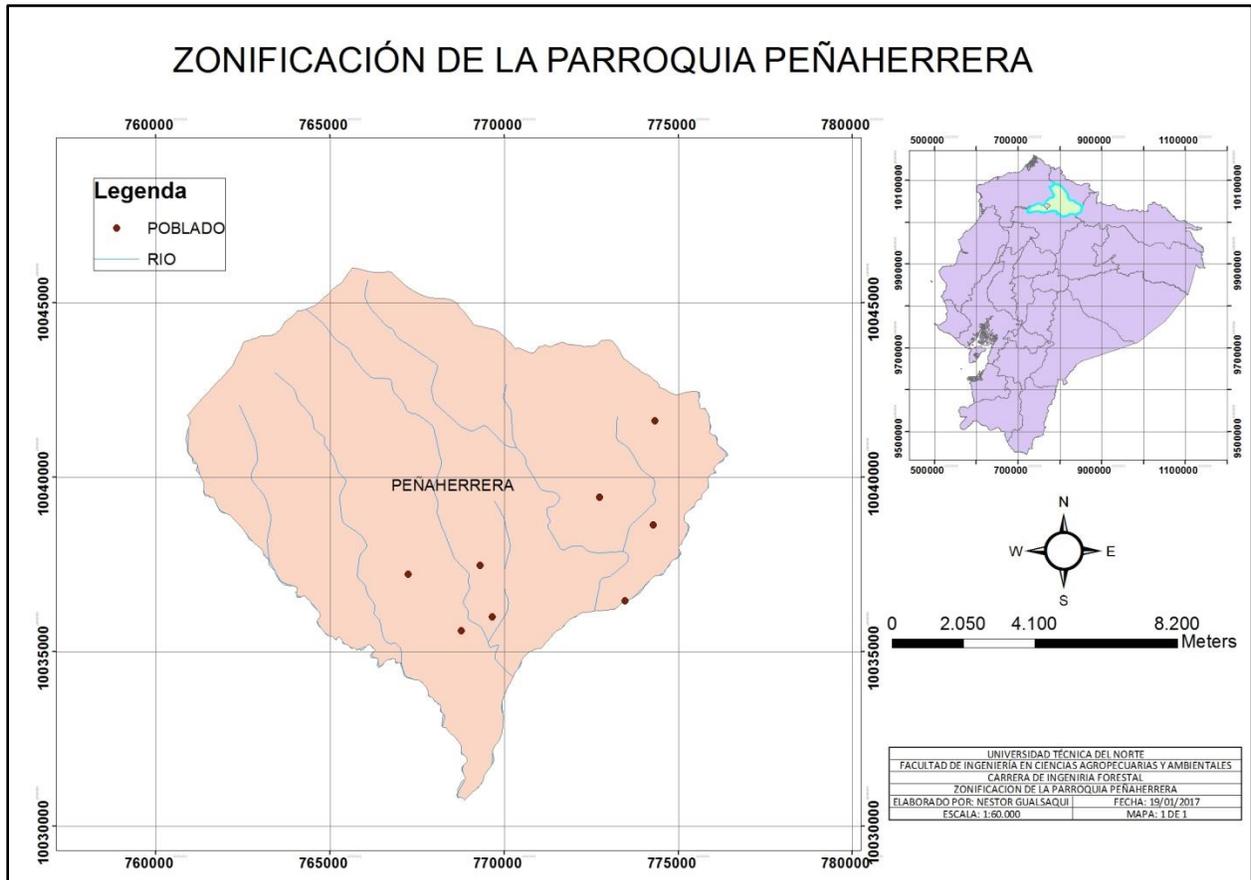


Figura 1. Mapa de ubicación política de la parroquia Peñaherrera.

Anexo 2

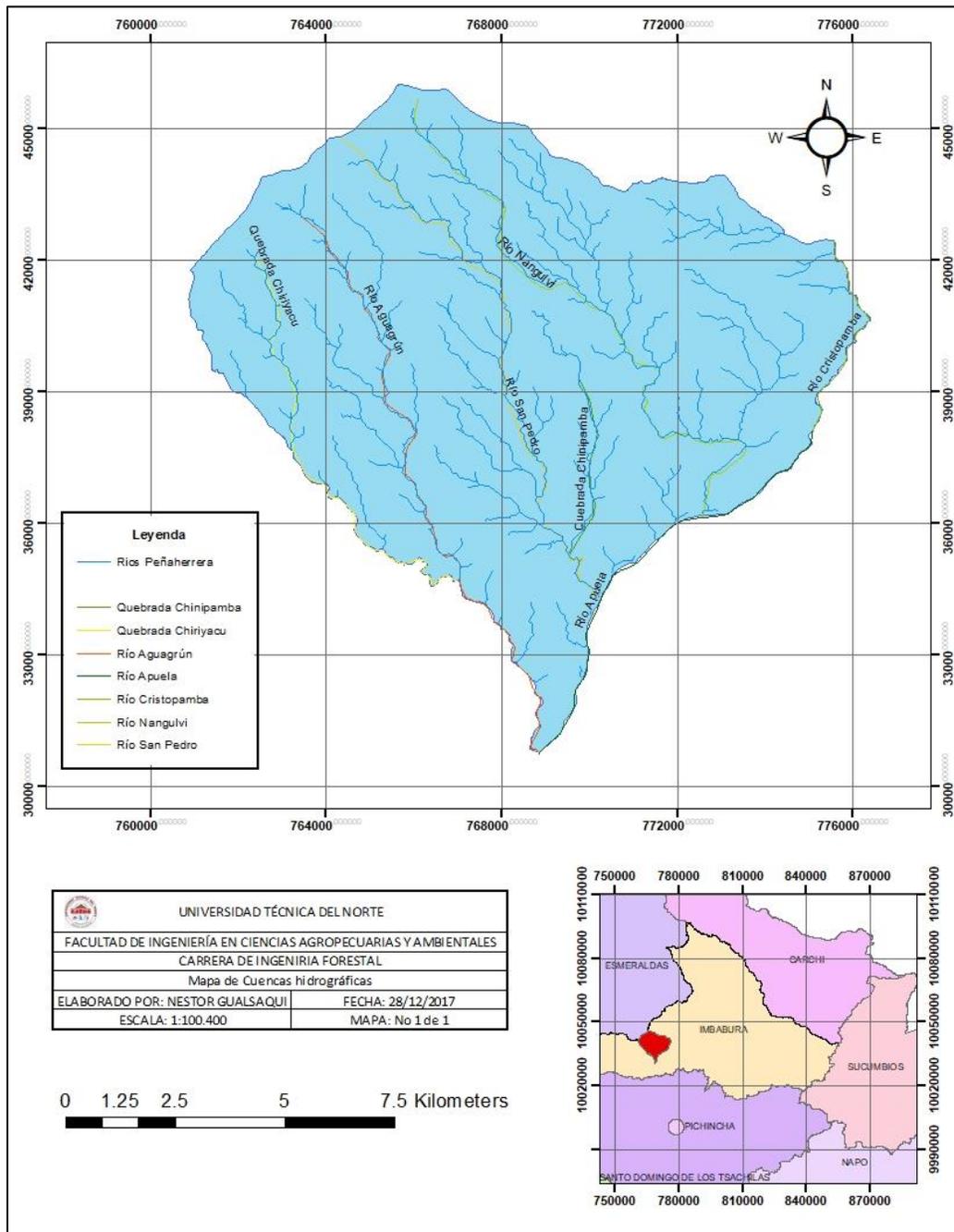


Figura 2. Cuencas hidrográficas

Anexo 3

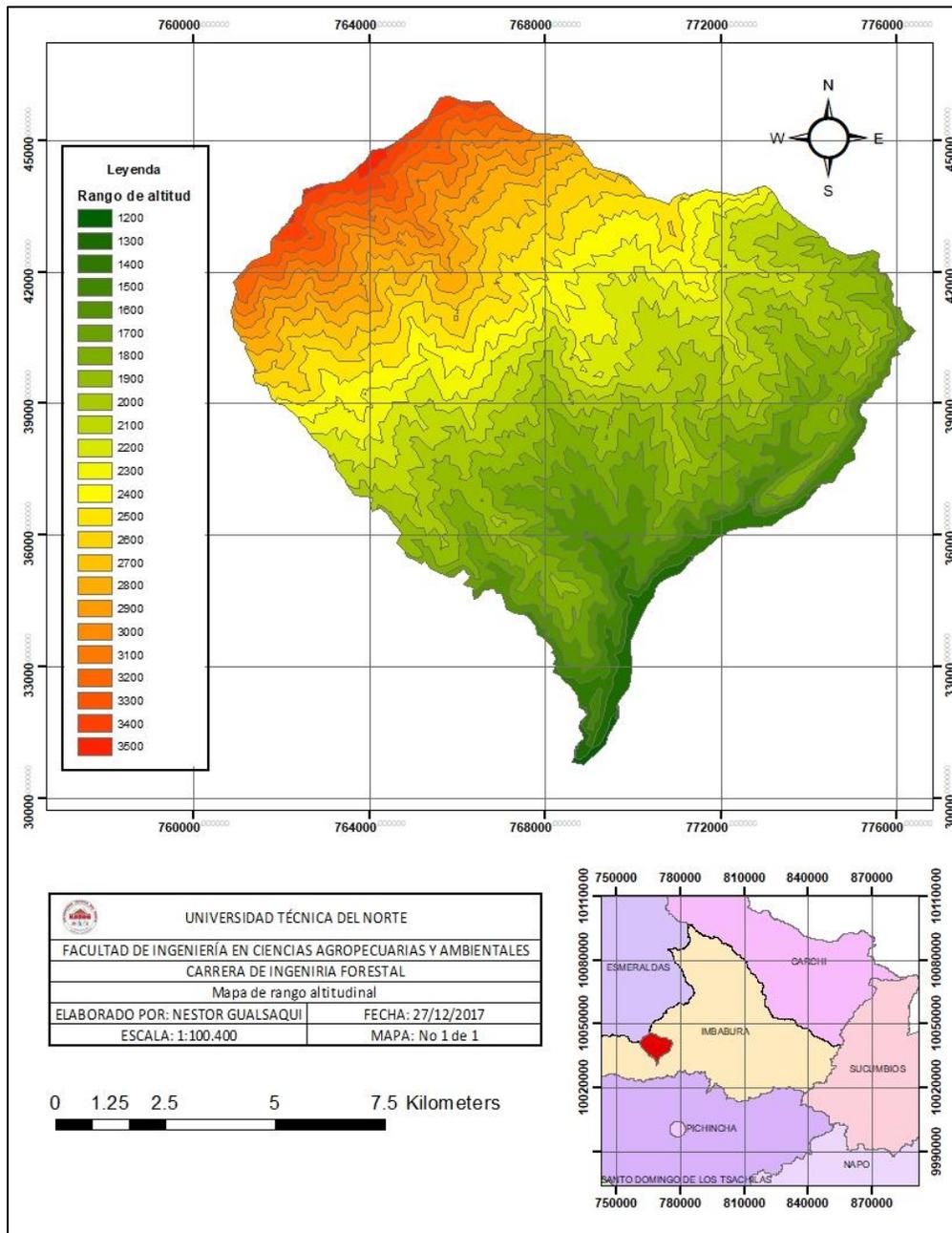


Figura 3. Mapa altitudinal

Anexo 4

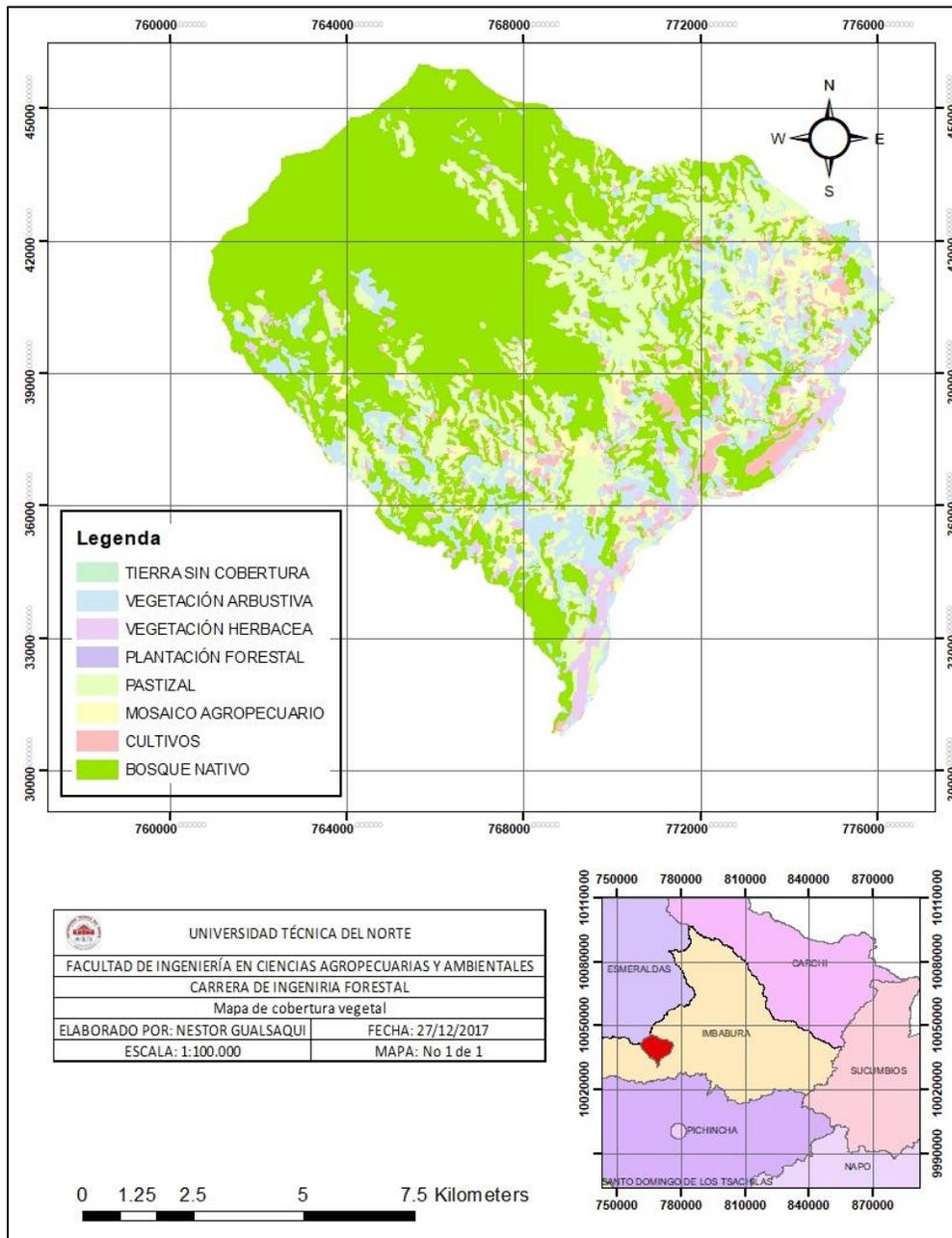


Figura 4. Mapa de cobertura vegetal

Anexo 5

Cálculo de áreas de la cobertura vegetal

Cobertura	Ha	Porcentaje
Tierra sin cobertura	3,39	0,03
Plantación forestal	2,82	0,02
Bosque nativo	6.643,56	54,57
Vegetación herbácea	406,81	3,34
Vegetación arbustivo	1.518,61	12,47
Cultivo de maíz	459,86	3,78
Mosaico agropecuario	493,33	4,05
Pastizal	2.645,14	21,73
Total	12.173,53	100

Anexo 6

Análisis demográfico

Comunidad	Familias	Comunidad	Familias
Cabecera parroquial	136	Paraiso	30
El Cristal	110	Barcelona	80
Nangulvi Bajo	60	Villaflora	90
Nangulvi Alto	24	Chinipamba	40
Mirador de las palmas	26	Cuarabí	7
El Triunfo	20		

Anexo 7

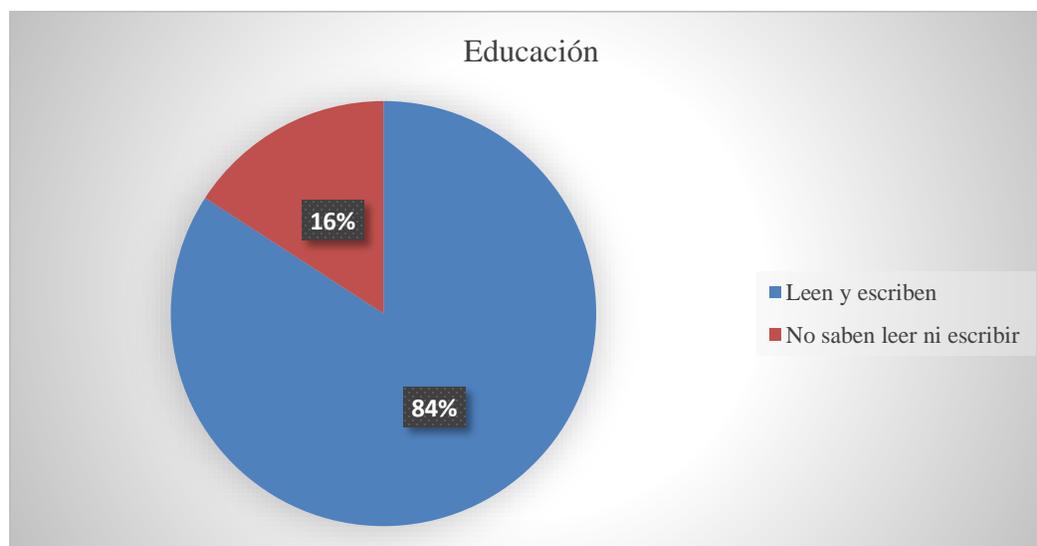


Figura 5. Porcentaje de analfabetismo en la parroquia de Peñaherrera

Anexo 8

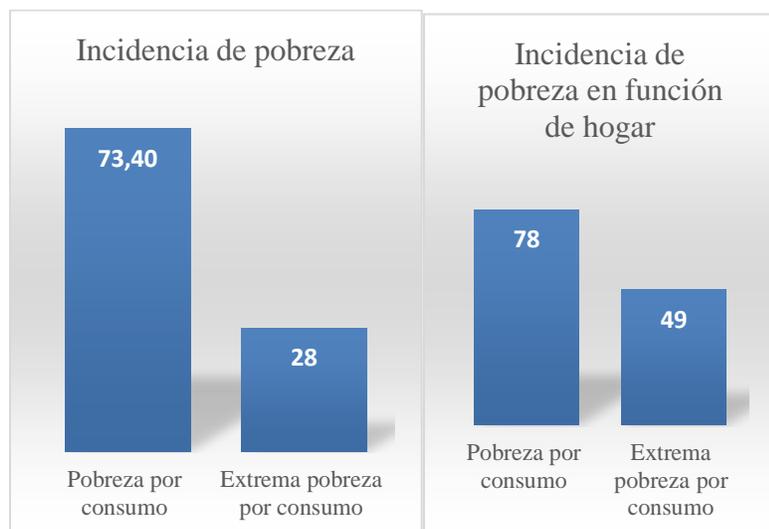


Figura 6. Índice de pobreza en Peñaherrera e índice en función de hogar

Anexo 9

Migración de la parroquia Peñaherrera

Migración externa		Migración interna	
Destino	Motivo	Destino	Motivo
España	Trabajo	Quito	Trabajo – Estudio
Alemania	Trabajo - Estudio	Otavalo	Trabajo – Estudio
Venezuela	Estudio	Ibarra	Trabajo – Estudio
Cuba	Estudio	Tabacundo	Trabajo
Bélgica	Estudio	Cayambe	Trabajo
Italia	Trabajo	Oriente	Trabajo

Anexo 10

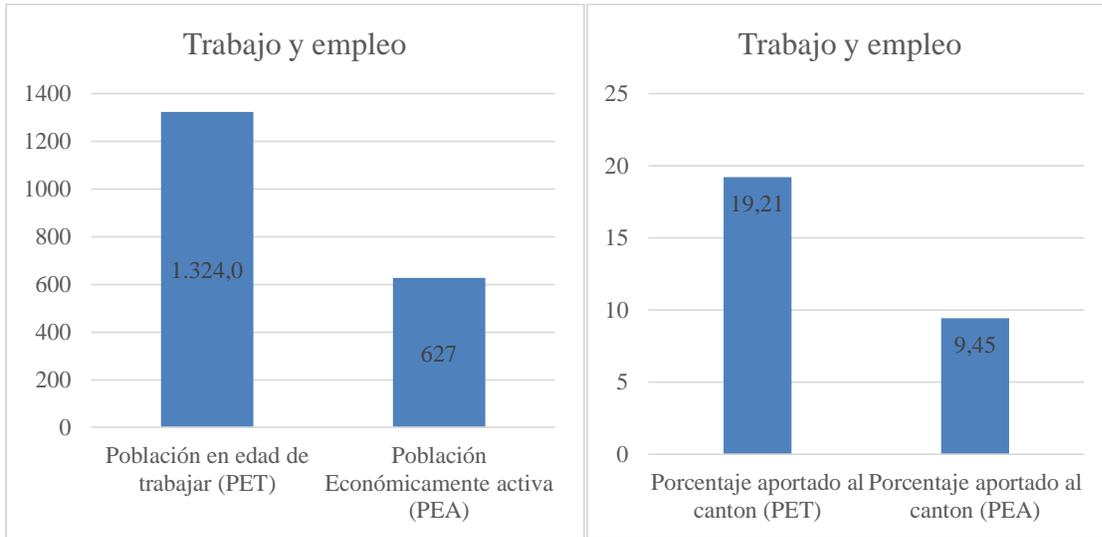


Figura 7. Población en edad de trabajar y porcentaje aportado al cantón

Anexo 11

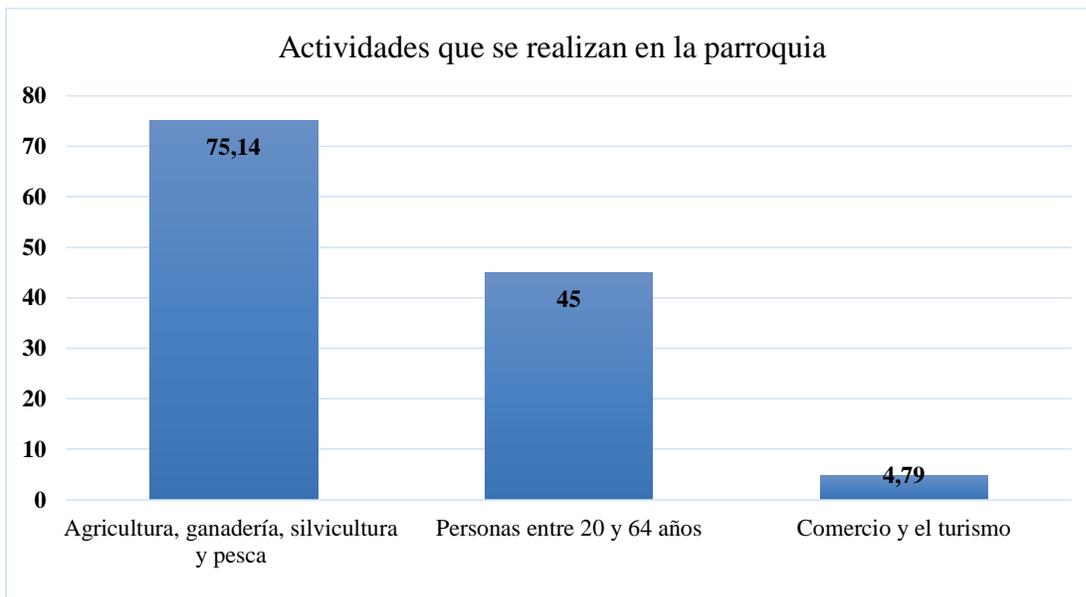


Figura 8. Actividades que se realizan en la parroquia

Anexo 12

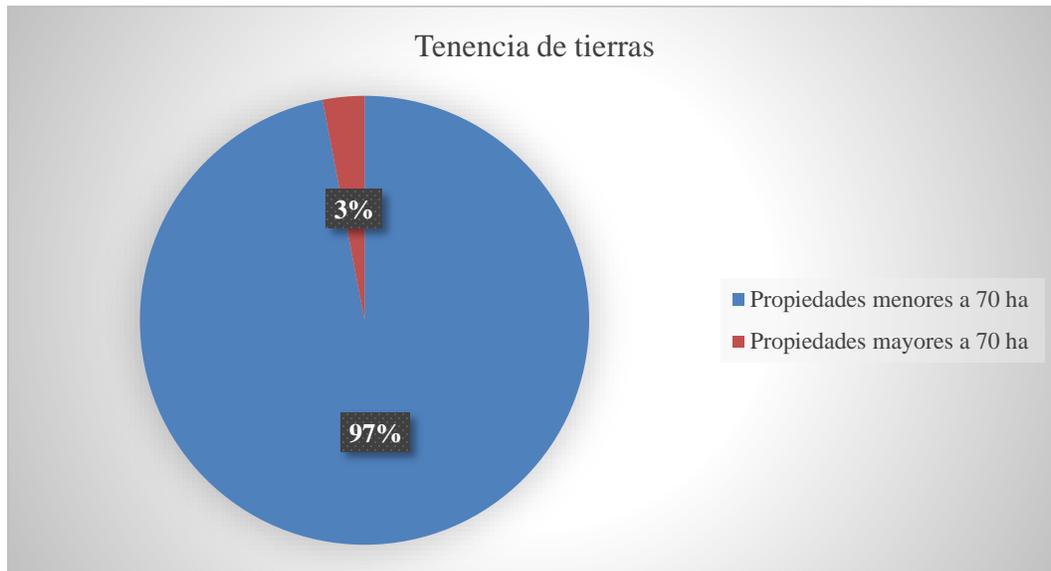


Figura 9. Porcentaje de tenencia de tierras en la parroquia de Peñaherrera

Anexo 13



Figura 10. Captura de pantalla para visualizar la deforestación de la zona a inspección seleccionada por los puntos aleatorios.

Anexo 14



Figura 11. Captura de pantalla para visualizar la perturbación de la zona a inspección seleccionada por los puntos aleatorios

Anexo 15



Figura 12. Captura de pantalla para visualizar la perturbación de la zona a inspección seleccionada por los puntos aleatorios.

Anexo 16



Figura 13. Captura de pantalla para visualizar la perturbación de la zona a inspección seleccionada por los puntos aleatorios en base a fotografía del dron.

Anexo 17



Figura 14. Captura de pantalla para visualizar la zona de inspección seleccionada de deforestación y perturbación 2017

Anexo 18

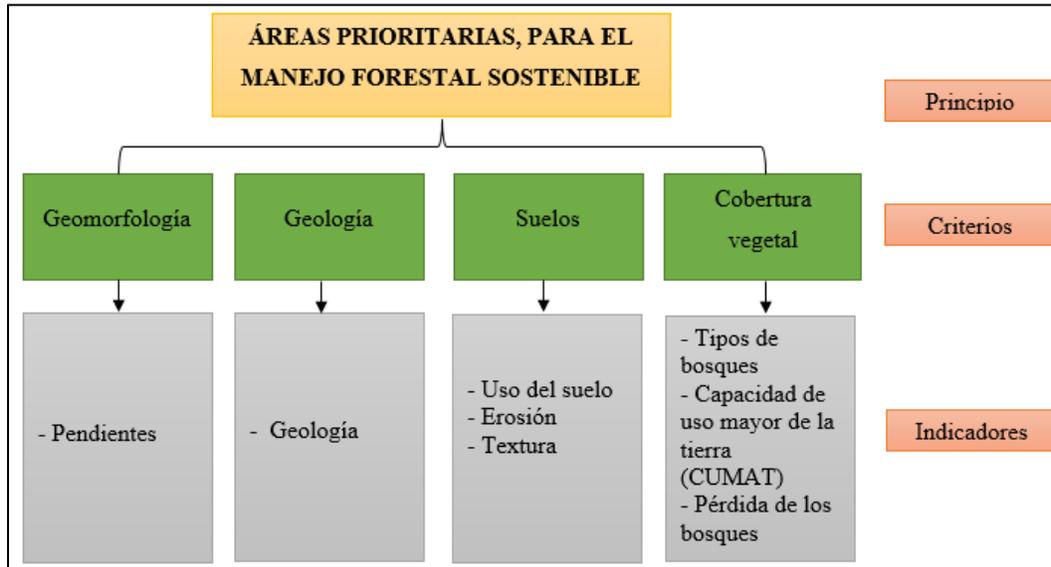


Figura 15. Mapa de principios, criterios e indicadores

Anexo 19

Ilustraciones



Ilustración 1. Encuesta a los habitantes de la parroquia.



Ilustración 2. Encuesta a los habitantes de la parroquia.



Ilustración 3. Preparación del equipo para el vuelo del dron



Ilustración 4. Preparación del equipo para el vuelo del drone



Ilustración 5. Preparación del equipo para el vuelo del drone



Ilustración 6. Preparación del equipo para el vuelo del dron



Ilustración 7. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR



Ilustración 8. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR



Ilustración 9. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR



Ilustración 10. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR

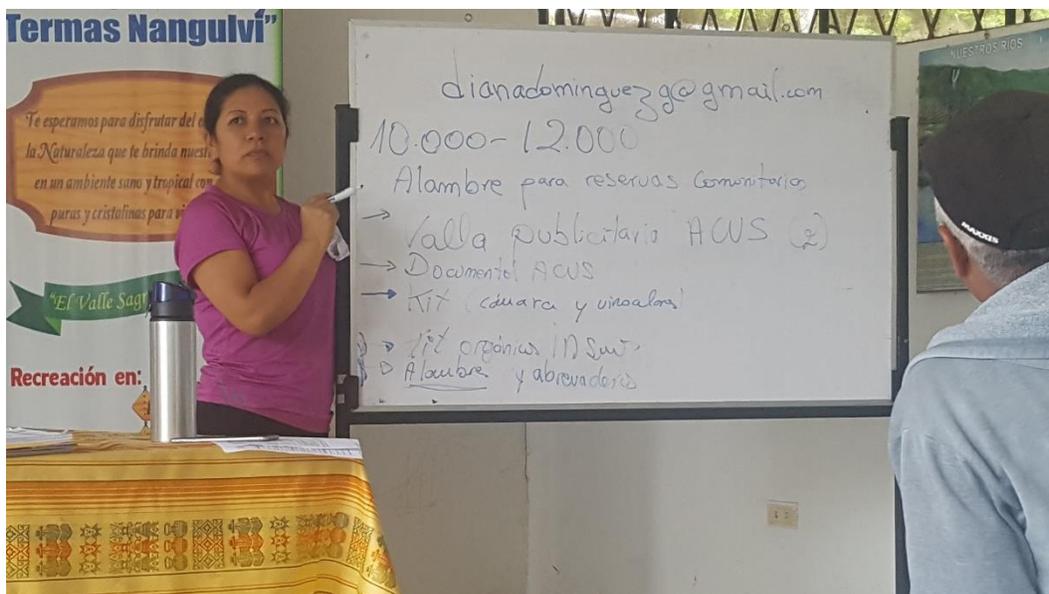


Ilustración 11. Talleres en las comunidades de Intag con ECOPAR