

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO
(*Eucalyptus globulus* L.), CON EL USO DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y
S.I.G. EN EL CANTON DE INQUISIVI, LA PAZ**

Presentado por:

SUSANA GUTIERREZ VILLALOBOS

La Paz – Bolivia

2016

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO
(*Eucalyptus globulus L.*), CON EL USO DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y
S.I.G. EN EL CANTON DE INQUISIVI, LA PAZ

Tesis de Grado presentado como
Requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo

SUSANA GUTIERREZ VILLALOBOS

Asesores:

Ing. M. Sc. Paulino Ruiz Huanca

Ing. M. Sc. Juan Pablo Tarqui Delgado

Revisores:

Ing. Ph. D. Aquiles Laura Arce

Ing. Bernardo Ticona Contreras

Ing. Carlos Mena Herrera

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador

Dedicatoria

Con mucho amor y cariño a mis padres, Plotilde y Lucio que con su apoyo incondicional, permitieron que este escribiendo estas líneas.

A mis herman@s por su constante apoyo moral y económico, Gerardo, Corina, Fanny, Willy y Flavio (+) que partió antes...pero vive en mi corazón!!!

A mis sobrin@s Perco, Amelia, Norka, Jorge, Miguel y Gabriela.

Todos ellos fuente de mi Inspiración e Iluminación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi Dios todo poderoso, quien primeramente me dio el aliento de la vida, también la fe, fortaleza, salud y la esperanza para terminar este trabajo y por darme la bendición de tener unos padres maravillosos Clotilde Villalobos Alvarado y Lucio Gutierrez Choquehuanca quienes me apoyan y me acompañan en cada momento de mi vida.

A la gran casa de estudios Universidad Mayor de San Andrés, por haberme dado la oportunidad de pertenecer a esta gran familia, agradecer a la Facultad de Agronomía de la Carrera de Ingeniería Agronómica, por fortalecerme con conocimientos

Agradecer inmensamente a mis asesores: Ing. M. Sc. Paulino Ruiz Huanca y al Ing.MSc. Juan Pablo Tarqui Delgado, por su confianza y sugerencias constantes durante desarrollo de la presente tesis, incluso fuera de horarios de trabajo.

De igual manera al comité revisor compuesto por el Ing. Ph. D. Aquiles Arce Laura, Ing. Bernardo Ticona Contreras e Ing. Carlos Mena Herrera, muchas gracias por las revisiones y sugerencias en la elaboración del presente trabajo.

También agradecer a mi gran amigo el Ing. M. Sc. Marcelo Tarqui Delgado por su apoyo y al Ing. Alvaro Tarqui Delgado agradecer a ambos por sus concejos que fueron de gran ayuda para la culminación de esta Tesis y a toda la familia Tarqui Delgado por su apoyo.

Un agradecimiento a mis querid@s amig@s Leydi Lucias, Dayan Torrez, Jhosseline Pairo, Gabriela Torrez, Pamela Flores, Luis Paucara, Miguel Céspedes, Fredy Medrano, Wilfredo Silvestre, Edgar Luna, también a mis amigos de trabajo Evert, Fernando, Rene, Isabel y Arantxa, por brindarme su apoyo y sincera amistad.

CONTENIDO GENERAL

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE MAPAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
SUMMARY	ix

ÍNDICE GENERAL

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	2
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo General	4
2.2 Objetivos específicos	4
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Plantaciones Forestales	5
3.2 Bosques introducidos a la Región Andina	5
3.3 Introducción del Eucalipto	6
3.4 Dendrología del Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> L.)	6
3.4.1 Caracteres botánicos y fisionomía del eucalipto	6
3.4.2 Distribución geográfica del Eucalipto	8
3.4.2.1 Condiciones medio ambientales	8
3.4.3 Aspectos silviculturales en plantaciones de <i>Eucalyptus globulus</i>	9
3.4.4 Incremento Volumétrico	10
3.4.5 Cálculo de volúmenes de árboles	11
3.4.6 Regeneración Natural	12
3.4.7 Valoración de Bosques	13
3.4.7.1 Aspectos forestales generales sobre Beneficio – Costo	14

3.4.7.2	<i>Método de la razón Beneficio – Costo</i>	16
3.4.7.3	<i>Método de la tasa interna de retorno</i>	16
3.4.7.4	<i>Método del Valor Actual</i>	17
3.4.8	<i>Rentabilidad Forestal</i>	17
3.4.8.1	<i>Forestaría campesina y comunitaria – fuente de productos e ingresos</i>	18
3.4	<i>Evaluación multitemporal</i>	19
3.5	<i>Sistemas de Información Geográfica y Teledetección</i>	21
3.5.1	<i>Sistemas de información geográfica (S.I.G.)</i>	21
3.5.1.1	<i>Tipos de datos geográficos</i>	21
3.5.1.1.1	<i>Ráster</i>	22
3.5.1.1.2	<i>Vectorial</i>	23
3.5.1.2	<i>Creación de datos</i>	24
3.5.1.3	<i>Representación de datos</i>	24
3.5.2	<i>Teledetección o percepción remota</i>	24
3.5.2.1	<i>Elementos de un proceso de teledetección</i>	25
3.5.2.2	<i>Plataformas de Teledetección</i>	25
3.5.2.3	<i>Espectro electromagnético</i>	27
3.6	<i>Sensores remotos</i>	28
3.7	<i>Imágenes satelitales</i>	28
3.8	<i>Satélites de teledetección de Recursos Naturales</i>	29
3.8.1	<i>Imágenes Landsat</i>	29
3.9	<i>Clasificación de imágenes</i>	32
4.	LOCALIZACIÓN	34
4.1	<i>Ubicación geográfica</i>	34
4.2	<i>Descripción Fisiográfica</i>	35
4.3	<i>Climatología</i>	36
4.3.1	<i>Temperatura</i>	36
4.3.2	<i>Precipitación</i>	37
4.4	<i>Suelos</i>	37
4.5	<i>Vegetación</i>	38
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	40
5.1	<i>Materiales</i>	40

5.1.1	<i>Datos digitales</i>	40
5.1.2	<i>Software</i>	42
5.1.3	<i>Equipo y material de campo</i>	43
5.2	<i>Metodología</i>	44
5.2.1	<i>Trabajo de Gabinete I (Primera Etapa)</i>	45
5.2.1.2	<i>Procesamiento Digital</i>	47
5.2.2	<i>Trabajo de Campo (Segunda Etapa)</i>	48
5.2.2.1	<i>Registro de puntos de control (Georeferenciación y delimitación del área en estudio)</i>	49
5.2.2.2	<i>Diseño de la encuesta empleadas en la investigación</i>	49
5.2.2.3	<i>Calculo del volumen de las plantaciones de eucalipto</i>	50
5.2.2.4	<i>Analisis actual del valor económico forestal y su proyección</i>	51
5.2.3	<i>Tratamiento y clasificación digital (Tercera Etapa)</i>	52
5.2.3.1	<i>Interpretación visual preliminar</i>	52
5.2.3.2	<i>Clasificación Supervisada</i>	53
5.2.3.3	<i>Obtención y edición del mapa final de diferencias</i>	54
5.2.3.4	<i>Detección de cambios de las Plantaciones de Eucalipto</i>	54
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
6.1	<i>Determinación de la tasa de cambio de las plantaciones de eucalipto e identificación de los factores causantes del cambio de Uso de Suelo.</i>	55
6.2	<i>Identificación de categorías</i>	55
6.2.1	<i>Bosque Implantado (Eucalipto)</i>	59
6.2.1.1	<i>Regeneración Natural del Bosque Implantado de Eucalipto</i>	61
6.2.1.2	<i>Aprovechamiento Forestal del eucalipto</i>	62
6.2.1.3	<i>Ecoturismo</i>	63
6.2.1.4	<i>Uso del eucalipto en el sistema de manejo y conservación de recursos naturales</i>	63
6.2.2	<i>Áreas de cultivo</i>	65
6.2.3	<i>Arbustos y/o Pastizales</i>	67
6.2.4	<i>Suelos desnudos</i>	69
6.2.5	<i>Suelos con poca cobertura vegetal</i>	70
6.2.6	<i>Cuerpos de Agua</i>	71

6.2.7	<i>Bancos de Arena</i>	72
6.3	<i>Identificación de los impactos socioeconómicos del cambio de la producción de Eucalipto</i>	74
6.3.1	<i>Volumen maderable del Eucalipto</i>	75
6.4	<i>Análisis económico del aprovechamiento global de la especie forestal en estudio en la comunidad de Tupuyo</i>	77
6.4.1	<i>Beneficios indirectos</i>	78
6.4.2	<i>Beneficios directos monetarios</i>	78
6.4.2.1	<i>Factores de producción forestal en plantaciones</i>	79
6.4.2.2	<i>Comercialización de la madera de eucalipto</i>	80
6.4.2.3	<i>Precios de los principales productos maderables de eucalipto</i>	82
6.4.3	<i>Análisis de la estructura de ingreso (beneficios directos) familiar</i>	82
6.4.3.1	<i>Ingreso familiar neto por producción de Eucalipto</i>	83
6.4.3.2	<i>Análisis de la producción artesanal familiar</i>	83
6.4.4	<i>Análisis del flujo de caja de la producción forestal del Eucalipto en costos ingresos/ha en la comunidad Tupuyo.</i>	83
6.4.5	<i>Determinación de la rentabilidad de las especies en estudio</i>	84
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
7.1	<i>Conclusiones</i>	86
7.2	<i>Recomendaciones</i>	88
8.	BIBLIOGRAFÍA	89

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N°1	Mapa de Ubicación
Mapa N°2	Unidades Fisiográficas
Mapa N°3	Pendientes
Mapa N°4	Temperatura Media
Mapa N°5	Precipitación Media
Mapa N°6	Índice LandSat
Mapa N°7	Clasificación no Supervisada de 1996
Mapa N°8	Clasificación no Supervisada de 2005
Mapa N°9	Clasificación Supervisada de 2014

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Taxonomía del Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.)	6
Cuadro 2. Productos provenientes de las plantaciones de Eucalipto.	19
Cuadro 3. Características de las Plataformas Landsat.	30
Cuadro 4. Comparación de bandas Landsat 7 y Landsat 8	31
Cuadro 5. Localización geográfica del cantón de Inquisivi	34
Cuadro 6. Unidades Fisiográficas del cantón de Inquisivi.	35
Cuadro 7. Temperatura media (°C) de Inquisivi.	36
Cuadro 8. Precipitación media mensual y anual (mm).	37
Cuadro 9. Datos de las imágenes Landsat usadas para el trabajo de investigación.	40
Cuadro 10. Áreas de categorías identificadas del Análisis Multitemporal.	56
Cuadro 11. Productos forestales maderables de eucalipto.	62
Cuadro 12. Productos forestales maderables y no maderables de eucalipto.	64
Cuadro 13. Volumen maderable de eucalipto	76
Cuadro 14. Volumen maderable de eucalipto en plantaciones nuevas – bosque de eucalipto.	76
Cuadro 15. Volumen maderable de eucalipto en plantaciones con cortas intermedias – bosque de eucalipto.	76
Cuadro 16. Calendario de actividades forestales.	77
Cuadro 17. Factores principales que intervienen en los costos de producción y comercialización en una hectárea de plantación de eucalipto.	79

<i>Cuadro 18. Características y precios de los principales productos con mayor demanda de Eucalipto.</i>	82
<i>Cuadro 19. Estructura de producción tradicional artesanal forestal de Eucalipto.</i>	83
<i>Cuadro 20. Indicadores de evaluación de rentabilidad.</i>	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1. Comportamiento de las categorías en los años 1996, 2005 y 2014.</i>	57
<i>Gráfico 2. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Bosque implantado (Eucalipto) expresadas en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014.</i>	60
<i>Gráfico 3. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Áreas cultivadas expresadas en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014</i>	65
<i>Gráfico 4. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Arbusto y/o Pastizales en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014</i>	67
<i>Gráfico 5. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Suelos desnudos expresadas en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014</i>	69
<i>Gráfico 6. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Suelos con poca cobertura vegetal, expresadas en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014.</i>	70
<i>Gráfico 7. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Cuerpos de Agua en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014</i>	71
<i>Gráfico 8. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Bancos de Arena en Has, durante los años 1996, 2005 y 2014</i>	72
<i>Gráfico 9. Cambio de las áreas de las categorías de la evaluación multitemporal en Has, en los periodos estudiados.</i>	73
<i>Gráfico 10. Demografía de la Comunidad de Tupuyo.</i>	74
<i>Gráfico 11. Habitantes de la Comunidad de Tupuyo por edades.</i>	75

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Medición DAP (Daimetro Altura del Pecho).</i>	11
<i>Figura 2. Imágenes del cambio de la Cobertura y Uso del Suelo, en la Zona Norte de la Ciudad de La Paz, Imagen (A – 2009) Antes e Imagen (B - 2015) Después.</i>	20
<i>Figura 3. Conformación del mundo real a través de datos vectoriales y ráster.</i>	22
<i>Figura 4. Elementos de un proceso de Teledetección.</i>	25
<i>Figura 5. Imágenes del cambio de la Cobertura y Uso del Suelo, en la Zona Norte de la Ciudad de La Paz, Imagen (A – 2009) Antes e Imagen (B - 2015) Después.</i>	26
<i>Figura 6. Diagrama del espectro electromagnético.</i>	27
<i>Figura 7. Sensores Pasivos – A; Sensores Activos - B</i>	28
<i>Figura 8. Bandas del Sensor landsat 7ETM+ sin contar la banda pancromática.</i>	32
<i>Figura 9. Ubicación del Área de estudio.</i>	34
<i>Figura 10. Sistema de Referencia Mundial (Worldwide Reference System - WRS) Path/Row de Bolivia.</i>	41
<i>Figura 11. Metodología general para el desarrollo de la investigación.</i>	44
<i>Figura 12. Escenas de estudio en falso color; Escena A – 4,3,2; Escena B – 4,3,2 y Escena C – 5,4,3</i>	46
<i>Figura 13. Fotografías e imágenes satelitales de las categorías encontradas en la Evaluación Multitemporal.</i>	59
<i>Figura 14. Flujo de caja de costos e ingresos/ha de eucalipto.</i>	84

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Reuniones generales de la Comunidad de Tupuyo.</i>	i
<i>Anexo 2. Toma de puntos de muestra de las plantaciones homogéneas de Eucalipto con GPS.</i>	i
<i>Anexo 3. Encuesta semi - estructurada a los pobladores.</i>	ii
<i>Anexo 4. Crecimiento de Altura, diámetro y volumen del Eucalipto.</i>	ii
<i>Anexo 5. Planillas de campo.</i>	iii
<i>Anexo 6. Categorías estudiada, A; Bosque Implantado (eucalipto), B; Abustos y/o Pastizales, C; Suelos con poca cobertura vegetal, D; Áreas cultivadas, E; Suelos desnudos, F; Cuerpos de Agua, G; Bancos de arena.</i>	iv
<i>Anexo 7. Costos para el establecimiento de una plantación de Eucalipto.</i>	v
<i>Anexo 8. Cálculo de índices de rentabilidad del eucalipto.</i>	vi

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el cantón de Inquisivi, en la Comunidad de Tupuyo, con el fin de conocer la dinámica en el cambio de la cobertura de suelo y principalmente de plantaciones de eucalipto que es una especie introducida y constituye una importante riqueza forestal, la producción de *Eucalyptus globulus* Labill., ha permitido al agricultor captar ingresos económicos, además de beneficiarse con leña, carbón, madera de construcción, materia prima para artesanía, farmacoterapia.

La importancia de estudiar la dinámica de estos cambios de cobertura de suelo radica en la implementación del uso de programas informáticos como Sistemas de Información Geográfica y Teledetección que facilitó el trabajo de campo y disminución de los costos de investigación, además de cuantificar los bosques que se encuentran en el país y el departamento ya que no se tiene datos actuales del mismo.

Los resultados demuestran que el método de clasificación digital, mostró una buena precisión en la identificación de las categorías. La metodología de evaluación multitemporal a partir de imágenes Landsat de los años 1996, 2005 y 2014. Se confrontó la detección de cambios de las fechas de interés, a partir de clasificaciones supervisadas, no supervisadas, validaciones en campo y encuestas a los pobladores lo que posibilitó una mayor precisión en la categorización final obteniendo como resultados las tasas de cambio de las plantaciones de Eucalipto en el periodo 1996 a 2005 tuvo un significativo incremento de 652,86 Has lo que es igual a 2,73 % al igual que en el periodo 2005 a 2014 el área de plantaciones de eucalipto incremento de 603,81 Has (2,52 %), es así que en el periodo de 18 años las plantaciones incrementaron 1.256,67 has lo que es equivalente a 5,25 %,

Los indicadores económicos determinaron que 1 ha de eucalipto genera 1,99 unidades de beneficio por cada unidad de costo, revalidando está determinación con el valor actual neto se obtiene 2.649,9 \$us a los 12 años, estos valores permiten concluir que las inversiones establecidas en plantaciones de eucalipto son económicamente rentables.

SUMMARY

The present investigation was carried out in the canton of Inquisivi, in the Community of Tupuyo, with the purpose of knowing the dynamics in the change of the floor covering and mainly of plantations of eucalyptus that is an introduced species and it constitutes a forest important wealth, the production of *Eucalyptus globulus Labill.*, it has allowed the farmer to capture economic revenues, besides benefitting with firewood, coal, construction wood, matter prevails for craft.

The importance of studying the dynamics of these changes of floor covering resides in the implementation of the use of computer programs as Systems of Geographical Information and Teledetection that it facilitated the fieldwork and decrease of the investigation costs, besides quantifying the forests that are since in the country and the department one doesn't have current data of the same one.

The results demonstrate that the method of digital classification, showed a good precision in the identification of the categories. The methodology of evaluation multitemporal starting from images Landsat of the years 1996, 2005 and 2014. The detection of changes of the dates of interest was confronted, starting from supervised classifications, not supervised, validations in field and surveys to the residents what facilitated a bigger precision in the final categorization obtaining as results the rates of change of the plantations of Eucalyptus in the period 1996 at 2005 had a significant increment of 652,86 there is what is similar to 2,73% the same as in the period 2005 at 2014 the area of plantations of eucalyptus increment of 603,81 Has (2,52%), it is so in the 18 year-old period the plantations they increased 1.256,67 have what is equivalent at 5,25 %,

The economic indicators determined that 1 have of eucalyptus it generates 1,99 units of benefit for each cost unit, confirming is determination with the current net value it is obtained 2.649,9 \$ us to the 12 years, these values allow to conclude that the investments settled down in eucalyptus plantations are economically profitable.

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de la Teledetección Espacial y los Sistemas de Información Geográfica, juegan un rol importante en el conocimiento del Medio Ambiente. Todo esto con el fin de una adecuada toma de decisión para el manejo de los Recursos Naturales, es por esta razón que se necesitan de herramientas que permitan conocer los continuos cambios de nuestro ambiente en el que vivimos y que mejor que se lo haga a través del tiempo.

Es así que el correcto manejo de la Teledetección, se ha convertido en una herramienta eficaz de apoyo para la toma de decisión, en este sentido una Imagen Satelital se convierte en una alternativa de entrega de información que debe ser evaluada en términos de su aplicabilidad considerando la necesidad de contar con antecedentes técnicos. La importancia para el uso de esta herramienta deberá ser eficaz y eficiente, ya que implicara la evaluación de la aplicación de la tecnología satelital para el monitoreo de cobertura arbórea a través del análisis multitemporal con imágenes satelitales Landsat.

Para abordar un estudio relacionado con la caracterización del monitoreo multitemporal, primeramente hay que considerar, que el número y la posibilidad de desagregación de tales categorías, está condicionado por la escala a la que éstas se pretenden cartografiar. Así por ejemplo, una cartografía a escala 1:100000 no puede incluir el mismo número de clases que otra a escala menor, por cuanto la necesaria generalización de líneas en mapas de pequeñas escalas, exige una generalización de las categorías cartografiadas (Chuvieco, 2006).

Las asociaciones vivientes, desempeñan una alta gama de funciones biológicas, ecológicas, y sociales. Conforman la base de la subsistencia e integridad cultural de los que viven inmediatos a ellos y posibilitan la oportunidad hacia una mejor economía.

Existen 417,858 km² de bosque nativo según Programa Regional de Bosques Nativos Andinos en Bolivia y Ecuador (2009), bosques fuertemente degradados a consecuencia de diferentes actividades antrópicas, como son el establecimiento de

áreas agrícolas tradicionales y zonas de colonización, llegando a constituir un problema de naturaleza económica.

En gran parte del Cantón Inquisivi, las familias campesinas se encuentran estrechamente relacionadas con la producción forestal. Gracias a la expansión de la actividad minera de los años setenta; con la demanda de callapos y carbón de eucalipto, nació la necesidad de realizar plantaciones de esta especie en áreas extensas actividad que posteriormente les permitió ingresar a un proceso socioeconómico particular, creando nuevas fuentes de empleos y divisas. Ahora, la producción de troncas de eucalipto es empleada como madera de construcción en su mayor parte, al mismo tiempo se continúa aprovisionando con materia prima de la minería.

Con la habilitación de terrenos para plantaciones de eucalipto, se redujeron grandes superficies de bosques nativos, por lo que es importante cuantificar la superficie del hábitat de cada especie forestal introducida o nativa, y de esta manera poder evaluar los efectos positivos y negativos que se presenten.

1.1 Justificación

Es necesario realizar este estudio de monitoreo de cobertura arbórea; ya que nos ayuda cuantificar la superficie habitada por esta especie y los efectos que causa en su entorno.

El manejo eficiente de los Recursos Naturales, aumentará la calidad de vida de la población, así como de la flora y fauna que habita en la zona de estudio.

Para que así podamos obtener unos datos íntegros de la distribución porcentual de la cobertura arbórea, resultados que nos beneficiaran de muchas maneras, especialmente en el control de aperturas de áreas de bosques y con mayor razón a nuestro medio ambiente; haciendo prevalecer así el enorme concepto de “Desarrollo Sostenible”.

Por tal motivo es necesario disponer una clasificación específicamente de cobertura arbórea, que sirva para contar con una visión clara sobre la que sucede en el área de

estudio y proponer alternativas de manejo que mejor se adapten a las características de la zona de estudio; mediante un diagnóstico y la utilización de la Teledetección Espacial y los Sistemas de Información Geográfica, resultados que serán reflejados en mapas temáticos, mismos que ayuden con planes de contingencias para la utilización de las tierras de una manera racional.

La comunidad Tupuyo refleja lo anteriormente descrito, es prioridad cuantificar los beneficios que proporciona los bosques en la globalidad de sus recursos. Se hace cada vez más necesario realizar estudios que coadyuven a que las comunidades puedan manejar y comercializar sosteniblemente sus recursos. El manejo del bosque en pequeña escala representa una oportunidad para los pequeños agricultores que ocupan un periodo de inactividad estacional dentro sus rutinas de trabajo permitiéndoles de esta manera utilizar las reservas forestales de forma económica y sostenida evitando presiones hacia una agricultura migratoria.

Por las justificaciones mencionadas, el presente estudio ha propuesto los siguientes objetivos:

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar los cambios de plantaciones de Eucalipto (*Eucalyptus globulus L.*) en el Cantón de Inquisivi y la influencia del mismo en su población humana.

2.2 Objetivos específicos

- ✦ Determinar la tasa de cambio en plantaciones de Eucalipto entre los años 1996, 2005 y 2014 con imágenes satelitales Landsat, utilizando técnicas de Sistemas Información Geográfica y Teledetección.
- ✦ Identificar los factores que determinan el cambio del uso del suelo del Cantón de Inquisivi.
- ✦ Identificar los impactos socioeconómicos del cambio de la producción de Eucalipto.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Plantaciones Forestales

Una plantación forestal se define, según FAO (2007), como un bosque establecido mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación. Está integrada por especies introducidas o en algunos casos autóctonas.

La superficie de los bosques plantados sigue aumentando, y su aportación a la producción mundial de madera está acercándose al 50% del total. La nueva información recogida en 2005 sobre las tendencias en cuanto a los bosques plantados, indica que las superficies de bosques plantados para fines de producción y protección están ambos creciendo constantemente en todas las regiones excepto en África. La superficie forestal mundial plantada se estima en aproximadamente 270 millones de hectáreas. Alrededor del 76% de esta superficie se la ordena con propósitos productivos, principalmente para abastecer de madera y fibra a la industria de elaboración, y aproximadamente el 24% con propósitos de protección, en especial la conservación del suelo y el agua. Aproximadamente la mitad de los bosques plantados son de propiedad del Estado, mientras que pequeños propietarios cuentan con el 32% y grandes compañías privadas el resto. Asia, el Pacífico y Europa poseen la vasta mayoría de la superficie forestal plantada en el mundo. *Pinus*, *Cunninghamia*, ***Eucalyptus*** y *Acacia* son los géneros predominantes plantados con fines de producción, mientras que *Pinus*, *Clyptomeria*, *Populus* y *Chamaecyparis* son los géneros predominantes plantados con fines de conservación (FAO, 2007).

3.2 Bosques introducidos a la Región Andina

En los valles y en otras zonas del altiplano existen bosques introducidos (especies exóticas¹: *Pinus*, ***Eucalyptus***, *Cupresus*, etc.), algunas de estas plantaciones tienen aprovechamiento forestal tal es el caso de la provincia Inquisivi, cuyas plantaciones están basadas en la extracción fundamental del Eucalipto tanto por las comunidades y/o propietarios privados.

¹ Especie exótica es aquella especie introducida por el hombre, a un medio y que se reproduce y se regenera (Programa Regional de Bosques Nativos Andinos de Comunidad de Camillaya, 2011).

3.3 Introducción del Eucalipto

Esta especie fue introducida primeramente en el año 1940 con el auge de la minería la especie más utilizada fue la *globulus* posteriormente fue utilizado como barreras rompe vientos es entonces que se empezó con la explotación maderable del eucalipto convirtiéndolo una de las principales fuentes de ingreso para la región de Inquisivi, así mismo se utilizó como planta medicinal para resfríos ya que se empezó a extraer jarabes, pastillas ungüentos, etc.

3.4 Dendrología del Eucalipto (*Eucalyptus globulus* L.)

El eucalipto o ***Eucalyptus*** es un género de árboles de la familia de las mirtáceas, existe alrededor de 700 especies, la mayoría oriundas de Australia. En la actualidad se encuentran distribuidos por gran parte del mundo y debido a su adaptabilidad y rápido crecimiento frecuentemente se emplean en plantaciones forestales para la industria papelera, maderera o para la obtención de productos químicos, además de su valor ornamental.

Cuadro 1. Taxonomía del Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.)

Taxonomía	
División	Angiospermae
Clase	Dicotyledonea
Familia	Myrtaceae
Género	Eucalyptus
Especie	<i>E. globulus</i> Labill.
Nombre Científico	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.

Fuente: Killen et al, 1993.

3.4.1 Caracteres botánicos y fisionomía del eucalipto

Raíz: En condiciones normales los eucaliptos desarrollan un sistema radicular profundo y en regiones secas suprimen a la vegetación continua por competencia radicular y por efecto alelopáticos aspectos que los definen como no aptos para el control de la erosión. Crespo (1989), Vargas (1998), citados por (Torrico G. et al, 2004). Posee una raíz agresiva, con lignotuberculos, en condiciones secas compiten con la vegetación inferior.

Hojas: Alternas simples, glaucas (verde - azul) lanceoladas, falcadas, asimétricas, con borde entero y liso. Desprenden un olor alcanfor al estrujarlas por contar con abundantes glándulas oleíferas, contienen aceite y no son palatables para los animales superiores (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007).

Flores: Abundantes, blancas, individuales, con pedicelos muy corto, axilares, abundantes estambres y altamente melíferas. Hermafroditas 2 cm de diámetro, ovario notablemente ínfero, el cáliz lobulado, con una tapa o capuchón caduco, que resulta de la unión de pétalos y sépalos (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007).

Fruto y semillas: Son capsulas cónico – globosas, sésiles, dehiscentes en el ápice, arrugadas y leñosas, con una apertura apical para liberar las numerosas semillas menudas; a diferencia de los óvulos abortados, livianos y rojizos, las semillas fértiles son negras y grandes. En 1 gr hay más de 70 semillas viables, con una tasa de germinación de 60 – 70 % año de recolectadas (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007).

Porte: Árbol de buen porte puede llegar a 30 metros de altura. Posee un **fuste:** grueso, alcanza hasta 2 metros de DAP. Generalmente recto, cilíndrico, con corteza de hasta 3 cm., de grosor que se desprende en tiras al madurar dejando una corteza lisa que le da al árbol un aspecto característico. En ocasiones expulsa resina. La **copa** es irregular, alargada en rodales no muy abiertos, formada por masas de follaje siempre verde; la sección transversal de los rebrotes es al principio cuadrangular, con la madurez se torna de forma circular (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007).

Fenología: El eucalipto florece de octubre a enero, se encuentra con frutas de diciembre a abril, ocasionalmente, en sitios protegidos puede florecer nuevamente en junio (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007).

Fructificación: Los frutos están fisiológicamente maduros a los 8 meses de la floración. Se reproduce mediante semilla. Rebrotar rápidamente de tocón emitiendo numerosas varillas. (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007).

3.4.2 Distribución geográfica del Eucalipto

El eucalipto es una especie exótica introducida a América Latina, a principios del siglo XIX, encontrando actualmente muchas especies en múltiples arboretums del mundo. El entusiasmo despertó por la aclimatación de esta especie exótica que indujo a muchos a cultivar la misma en grandes extensiones de Europa, África y América (FAO, 2007).

Es una especie introducida, originaria de Australia. En nuestro medio se puede encontrar en alturas desde 2000 a 4000 m.s.n.m., generalmente en una diversidad de suelo, secos a subhúmedos, pero preferentemente profundos. El crecimiento de esta especie es rápido pero a costa de un gran consumo de agua. Lamprecht (1990), indica en Perú y Bolivia que el eucalipto crece hasta en 4000 m.s.n.m.

3.4.2.1 Condiciones medio ambientales

Clima: Es exigente en luz; crece bien a temperaturas medias anuales 10.8 a 16.8 grados centígrados. Es propia del piso Templado o Montano Bajo. Precipitación (mm): 800 a 1500. Su rendimiento decae en zonas de periodo seco prolongado, con neblina en zonas húmedas con heladas en zonas secas y vientos frecuentes superiores a 8 m/seg. La especie puede prosperar a mayores altitudes, en lugares protegidos de las bajas temperaturas (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007).

Suelos: A condición de que permitan un buen anclaje, prospera en todos los suelos de su piso altitudinal; desde luego que prefieren suelos bien drenados, no compactos, como los franco – arenosos, francos e inclusive areno – arcillosos, con pH de 5 a 7. La salinidad es un factor limitante para el eucalipto. Los eucaliptos tienen un comportamiento medio en cuanto al control de la erosión, dada su morfología especialmente radicular y su funcionamiento como planta exótica (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007).

Condiciones Bióticas: Existen muchos cuestionamientos de los eucaliptos empobrecen el suelo, estimulan la erosión, desecan los acuíferos (las cuencas y los

niveles freáticos), brindan un hábitat pobre para la vida silvestre e introducen una nota discordante en el paisaje, en términos muy generales se pueden decir que no tienen suficiente fundamento técnico y que actúa como cualquier especie exótica. Al respecto Poore, M. Fries C. Citados por (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 1997). Concluyen que: “no hay ni podrá existir una respuesta definitiva a favor o en contra de las plantaciones de eucalipto... no deben plantarse sin hacer un esfuerzo para equilibrar las ventajas y desventajas”, y recomiendan evitar extrapolaciones y generaciones basadas en prejuicios.

Es innegable de que al tratarse de una especie rústica, crece en suelos muy pobres y secos, donde prospera en mejores condiciones que inclusive las propias especies nativas y en donde la forestación es la única alternativa de uso (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007).

3.4.3 Aspectos silviculturales en plantaciones de *Eucalyptus globulus*

Según (PAF-BOL, 2011), ciertas especies del género *Eucalyptus*, han cobrado en las últimas décadas una singular trascendencia en la implantación de bosques de eucaliptos ocupando un lugar preferencial en la silvicultura de los países.

Espaciamiento: La mayoría de los trabajos experimentales en países vecinos, demuestran que a medida que aumenta el espaciamiento entre plantas, hay una respuesta en el mismo sentido para el diámetro, demostrando que ello está más influenciado que la altura.

Entonces se concluye que mientras en diámetro se incrementa, la altura decrece y por tanto, el volumen de la madera disminuye en función del número de plantas por hectárea.

Tratamientos culturales: Comprenden un conjunto de operaciones que son realizadas en las plantaciones con el objeto de mantener el terreno, exento de vegetación competitiva, proporcionando mejores condiciones de crecimiento de la especie plantada. Deshierbes, podas, edad de corte.

Manutenciones anuales: Adquisiciones anuales (Compra de insumos). Costo de la tierra el plan de corte es de tala total de la plantación que está en función de la disponibilidad de mano de obra, accesibilidad topográfica, época del año; el sistema de aprovechamiento está en función de la demanda del centro de consumo. En relación al personal, se debe tomar en cuenta la época de mayor oferta en mano de obra (destreza en el manejo de herramientas, hachas, machetes) (Plan de Acción Forestal para Bolivia, 2011).

3.4.4 Incremento Volumétrico

Es la relación de la altura con el diámetro a la altura del pecho del mismo árbol, esa relación se usa también para la construcción de tablas de volumen. El ritmo de incremento volumétrico, depende de las condiciones de luz, del lugar; árboles sin cobertura crecen, con otro ritmo que aquellos bajo la presión de árboles adultos o grandes. Para determinar el incremento del volumen se requieren parámetros de diámetro, altura, forma (Bolivia Forestal, 2007).

Medición del diámetro de los árboles: El diámetro es un factor importante a considerar en el incremento del volumen de los árboles. Existen varios instrumentos para su medición, el instrumento más adecuado es la cinta diamétrica, es una cinta flexible cuya graduación está dividida entre 3.1416, lo que permite una lectura directa el diámetro. (Hosius, 1998). Según la posición vertical o de altura en el cual se realizara la medición se considera:

Diámetro Altura Pecho (DAP): También conocido como diámetro normal. Es el diámetro correspondiente a la altura del pecho, o sea 1.30 m (4.5 pies) del suelo.



Figura 1. Medición DAP (Diámetro Altura del Pecho).
Fuente: Elaboración en base al estudio.

Medición de alturas de los árboles: Hosius (1998), indica que la medición de la altura de árboles se efectúa según el principio geométrico y trigonométrico, existen formas auxiliares para la medida de árboles en pie (proporción de sombra, proyección de caída, etc.). En la medición de alturas se considera las siguientes:

- 🌲 **Altura total (H):** Comprendida entre la base del árbol (pie) y el ápice de la copa.
- 🌲 **Altura comercial (Hc):** Se refiere con exclusividad a la longitud del fuste que puede ser aprovechado en madera aserrada y está comprendida entre el pie del árbol y la primera ramificación.

3.4.5 Cálculo de volúmenes de árboles

(Malleux, 1982), indica que el volumen es en definitiva, el resultante más importante del inventario forestal, como indicador del potencial de producción del bosque, su cálculo se establece en base a área resultante del DAP, multiplicado por la altura comercial.

El volumen puede ser expresado como volumen total o volumen aprovechable (comercial); en el primer caso se refiere al total de madera que se encuentra en el bosque por unidad de superficie o para el área total, y en el segundo casi se refiere únicamente a la madera que puede ser aprovechada, descontándose defectos o volúmenes inservibles (Malleux, 1982).

Los volúmenes totales o comerciales, varían sustancialmente con relación al tipo de bosque y/o calidad de sitio, siendo un indicador bastante sensible cuando el bosque se encuentra en un estado clímax, existiendo normalmente una alta variación entre los valores de diferentes mezclas lo cual debe ser reducido mediante un proceso de homogeneización del bosque en base a un mapeo o fointerpretación detallada, estratificando el área a inventariarse, lo cual contribuye a una reducción del tamaño de la muestra (Malleux, 1982).

3.4.6 Regeneración Natural

Como regeneración natural, se consideran los individuos descendientes de los árboles del bosque, el proceso de desarrollo de la regeneración natural en los bosques; sean los bosques vírgenes o de bosques alterados, es bastante complejo. Esta complejidad ésta determinada principalmente por la mezcla de muchas especies. En el manejo de bosques hay una necesidad de tomar decisiones de carácter ecológico, silvicultural y económico que permita visualizar técnicas de manejo forestal que posibiliten la conservación de bosques, para esto se necesita información sobre la regeneración, como indicador del potencial (Bolivia Forestal, 2007).

La regeneración natural forestal según (PAF-BOL, 2000) indica que la renovación de una masa natural por medio de semillas, retoños por la raíz o por acodadura, sin la intervención del hombre. Conjunto de individuos generalmente de especies deseables, cuyo tamaño es inferior al tamaño mínimo comercial (DAP inferior al DMC).

Brinzal: Es la planta que procede de semilla, se acostumbra a considerar como brinzales a los arbolitos que alcanzan una altura igual a 1,30 metros y un diámetro a la altura del pecho, menor a 5 cm (Plan de Acción Forestal para Bolivia, 1999).

Latizal: Etapa de la masa inicial forestal, en la que las plantas alcanzan entre 5 a 10 cm., de diámetro a la altura del pecho (Plan de Acción Forestal para Bolivia, 1999).

Fustal: Etapa en el cual las plantas han alcanzado el diámetro a la altura del pecho entre 10 a 20 cm (Plan de Acción Forestal para Bolivia, 1999).

Los bosques implantados tendrán su regeneración por brotación, después de los cortes rasos; será indispensable la actividad de control de brotación, la misma que consistirá en controlar el número de brotes por tocones después de cada aprovechamiento (Plan de Acción Forestal para Bolivia, 1999).

Flinta (1968), menciona que la parte de la masa que constituye la regeneración de los bosques, con o sin apoyo de plantaciones artificiales, se registra como “reserva pasiva”, hasta llegar a su madurez y representa la renovación física del rodal.

La regeneración del bosque está representada por un gran número de plantas jóvenes, cuya cantidad se reduce rápidamente al llegar a la madurez, con relaciones desde 6:1 hasta 20:1, interpretando que solo una planta joven llega a la madurez de las 6 a 20 originarias, simultáneamente el volumen aumenta así como el diámetro, la altura y el área basimétrica individual de la masa. No puede medirse un bosque solo por el número de plantas por que no se quiere que todas continúen hasta la madurez.

Para la economía forestal es necesario comprender bien estos significados de la “regeneración” del bosque y llegar a convenir sobre la forma de expresarla en unidades de medida contable, puesto que afecta el método de evaluación y explica el significado de las rentas forestales. En resumen la valoración hasta llegar a un valor comercial, sea conviniendo sobre un valor potencial de transición.

3.4.7 Valoración de Bosques

El valor forestal no resulta solo del uso actual, pues varía en función del tiempo y la dinámica de desarrollo, para dar una interpretación al valor de uso, se diferencia el valor “normal”, el valor “actual” y el valor “potencial” (Flinta, 1968)

Valor normal, es valor que un bien puede tener por uso técnico y correcto. Valor actual, es puramente circunstancial del día. Valor potencial, es el que surge de proyectar el tipo de beneficios actuales en función a la dinámica conversión de uso

esperado, o del incremento factible. (El valor potencial puede ser igual al normal) (Flinta, 1968).

Del valor bruto en pie por hectárea, depende el potencial futuro del volumen producido en madera comercial por hectárea, tipo de especie y el valor por 3 m (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 1997).

Entre los métodos de valoración económica según (Claude. 1994) citado por Sánchez (2008), se encuentran los métodos directos – básicamente encuestas y métodos indirectos basados en la observación del comportamiento de los consumidores en los mercados.

3.4.7.1 Aspectos forestales generales sobre Beneficio – Costo

Sánchez (2008), indica que en todo estudio de valoración de bosques es importante definir el actor social desde cuyo punto de vista se realiza la estimación y medición de los beneficios y costos, relacionada con la utilidad pasada y actual tal como lo percibe dicho autor. Los usos económicos también son indirectos – como los servicios ecológicos, por lo tanto los bosques tiene un valor de existencia que representa el beneficio percibido por algunas personas por el simple hecho de que existe.

Los beneficios y costos futuros son valorados menos que los actuales, cada vez menos a medida que son más distantes en el tiempo, se descuenta. En consecuencia cuando se destruye el bosque o cuando se cambia su estructura y/o composición, no solo se acaba con los productos forestales, maderables, y secundarios de actual valor comercial. Sino también con los de valor potencial, muchos de los cuales podrían alcanzar en el futuro valores muy superiores a los productos actualmente aprovechados. (Sánchez, 2008).

A los problemas que representan los recursos naturales para la ciencia económica moderna, habría que añadirle la valoración económica, y poder mejorar el cálculo del valor de los beneficios netos obtenidos, si se disponen de datos y registros de

cantidades y precios de extracción de productos, considerando los principales indicadores económicos. (Sánchez, 1998).

Según (Paredes, 2009), señala que para fines de evaluación existen indicadores como el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), beneficio/costo (B/C); los mismos que permiten medir la rentabilidad del proyecto considerando el valor cronológico del dinero, es decir, el cambio en el tiempo del valor del dinero.

Goitia (1997), indica que el costo tiene dos acepciones básicas, puede significar la suma de esfuerzos y recursos que se han invertido para producir algo por una parte; también se refiere a lo que se sacrifica o desplaza en lugar de un producto elegido, en este caso el costo del producto equivale a la renuncia o sacrificio con el objeto de obtener tal producto. El costo de inversión de un bien, está retrasando en tiempo y recursos capitales, constituyendo el conjunto de esfuerzos y recursos invertidos. Los factores pueden ser físicos o de otra naturaleza, su denominador común es monetario como unidad de medida.

En general los costos son valores de los recursos reales o financieros utilizados para la producción, en un período dado. Los ingresos son incrementos patrimoniales correspondientes a un período establecido, por ventas realizadas, los mismos que pueden constituirse en beneficios logrados, por los costos utilizados en la producción.

Existen diferentes medidas para juzgar la rentabilidad esperada de un proyecto de inversión, una de las cuales es el método se analiza si los beneficios de una inversión superan a lo largo de su vida útil sus costos, y si la inversión es rentable.

3.4.7.2 Método de la razón Beneficio – Costo

Consiste en la determinación de la relación entre Valor Actual de los Beneficios y el Valor Actual de los Costos, se utiliza la siguiente relación matemática:

$$R_{(i)} = \frac{VB_{(i)}}{VC_{(i)}} \quad (1)$$

Dónde:

- $R_{(i)}$ = Razón Beneficio/Costo del proyecto de la tasa i .
- $VB_{(i)}$ = Valor actual a la tasa i de secuencia de beneficios.
- $VC_{(i)}$ = Valor actual a la tasa i de la sucesión de costos.

Según la norma, el proyecto debe presentar una razón beneficio costo mayor a la unidad para que este sea viable. Cuando mayor sea la selección, más atrayente será el proyecto de inversión (Plan de Acción Forestal para Bolivia, 2011).

$$\frac{B}{C} = \frac{\frac{YB_{(1)}}{(1+i)^1} + \frac{YB_{(2)}}{(1+i)^2} + \dots + \frac{YB_{(n)}}{(1+i)^n}}{I_{(0)} + \frac{C_{(1)}}{(1+i)^1} + \frac{C_{(2)}}{(1+i)^2} + \dots + \frac{C_{(n)}}{(1+i)^n}} \quad (2)$$

Dónde:

- Y = Ingreso bruto en el período 1 y así sucesivamente.
- $I_{(0)}$ = Inversión momento 0.
- C = Costo en el período 1 y así sucesivamente.
- $(1 + i)$ = Factor de actualización.
- n = Períodos (años).

3.4.7.3 Método de la tasa interna de retorno

El método de la Tasa Interna de Retorno (TIR), es en cierta manera un cálculo inverso al método del Valor Presente, pues determina la tasa a la cual el flujo actualizado de ingresos y egresos es igual a cero. Este método permite comparar la tasa obtenida, correspondiente al costo de oportunidad del capital y si es superior, el proyecto (o la inversión) es rentable. En caso de tener que escoger entre dos

alternativas de inversión, obviamente el que muestre una tasa mayor, será el más rentable (Plan de Acción Forestal para Bolivia, 2011).

3.4.7.4 Método del Valor Actual

La característica esencial del Valor Actual, es la actualización de los flujos de caja esperados, como resultado de una decisión de inversión. Vale decir, comparar las alternativas de inversión en un punto común en el tiempo, que normalmente es la fecha de inicio del proyecto, actualizando también con una misma tasa de interés (Plan de Acción Forestal para Bolivia, 2011).

Si el valor presente de un proyecto es positivo, significa que para la tasa de interés considerada, el valor actual de los ingresos futuros será superior al valor actual de la inversión. Por tanto, un valor actual positivo indica que el proyecto es económicamente viable, con relación a la tasa estipulada (Plan de Acción Forestal para Bolivia, 2011).

$$VAN = - 1 + \frac{FNC_1}{(1+i)_1} + \frac{FNC_2}{(1+i)_2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+i)_n} \quad (3)$$

Dónde:

FNC = Flujo Neto de Caja o saldo neto de liquidez.

N = Vida útil del proyecto (años).

i = Tasa de actualización o descuento.

l = Inversión inicial.

3.4.8 Rentabilidad Forestal

Ibañez (2009), indica que el cálculo de la rentabilidad financiera de inversiones en la actividad forestal interesa directamente a los propietarios de los rodales, porque son ellos quienes utilizan esa información para poder medir el rendimiento económico de sus inversiones. Para determinar la rentabilidad financiera de las plantaciones forestales, es necesario tomar en consideración todos los ingresos y gastos que se producen durante el transcurso de la vida de una población desde el momento de la plantación hasta el momento de la corte final. Esta información también permitirá fijar

el momento óptimo del corte o aprovechamiento, en base al cálculo de la tasa interna de retorno máxima.

Ibañez (2009), establece que uno de los aspectos fundamentales para determinar la rentabilidad de las plantaciones forestales, es establecer el flujo de ingresos y gastos, a precios de mercado y en moneda constante a lo largo de todo el ciclo productivo. El flujo de ingresos y gastos está en función al modelo silvicultural que se ha seleccionado, porque a través de él se determina aspectos relativos a la plantación, manejo y explotación.

Los modelos silviculturales para bosques reforestados con nuevas especies se establecen en base a dos aspectos importantes: la especie, que en el caso del presente estudio es el eucalipto; y la vocación de los bosques que pueden ser comerciales, domésticos y de protección.

3.4.8.1 Forestaría campesina y comunitaria – fuente de productos e ingresos

PROBONA (1999), indica que en la forestaría campesina y comunitaria, el árbol ya no es considerado como un elemento puramente estático, objetivo de cosecha, sino que se ha convertido, por la intervención del hombre en el proceso natural, en una fuente de ingresos, en un producto. Pero este cambio frente a la imagen tradicional del árbol provoca necesariamente diversos problemas económicos y sociales: comercialización de la madera y de los productos de cosecha, empleos, utilización del espacio disponible.

Los productos provenientes de la forestaría comunitaria deben responder a las múltiples necesidades de los campesinos, ya sea suministrado productos de autoconsumo, o productos destinados a la venta o al intercambio.

Cuadro 2. Productos provenientes de las plantaciones de Eucalipto.

Consumo directo	Productos de intercambio
<ul style="list-style-type: none"> ▲ Elementos complementarios que favorecen la producción apícola y pastoril (forraje, paja, abonos) ▲ Leña, carbón ▲ Madera de construcción ▲ Material para artesanía ▲ Alimentos ▲ Farmacopea, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Madera de construcción ▲ Productos de artesanía ▲ Productos para la farmacopea ▲ Productos semi – acabados y acabados ▲ Otros. (Semillas)

Fuente: Elaboración en base al estudio.

Según (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007), señala que una vez que se conoce la verdadera potencial forestal de los suelos cubiertos por bosque natural, la necesidad de recuperación de las tierras degradadas por sobre – explotación y la alta rentabilidad de una necesariamente atractiva y justificada su implantación aún en tierras agrícolas, se toma necesariamente atractiva y oportuna la repoblación arbórea bajo el llamado “régimen forestal sostenido” como fundamento del tipo de desarrollo de este sector económico.

3.4 Evaluación multitemporal

El análisis multitemporal se refiere a estudios realizados en diferentes tiempos, en este tipo de estudio se evalúan los diferentes cambios que sufren las coberturas del suelo entre ellos las coberturas vegetales y en el presente estudio ganancia o pérdida de área de cobertura del suelo como consecuencia de un fenómeno natural o de origen antrópico. La mayor parte de los casos, la detección de cambios se realiza comparando, pixel a pixel, los Niveles Digitales de las distintas imágenes. Lo que involucra que ambas imágenes deben llenar requisitos de ajustes tales como (georreferenciación, orto-rectificación, etc.), lo que permiten realizar el estudio y facilita una comparación objetiva.

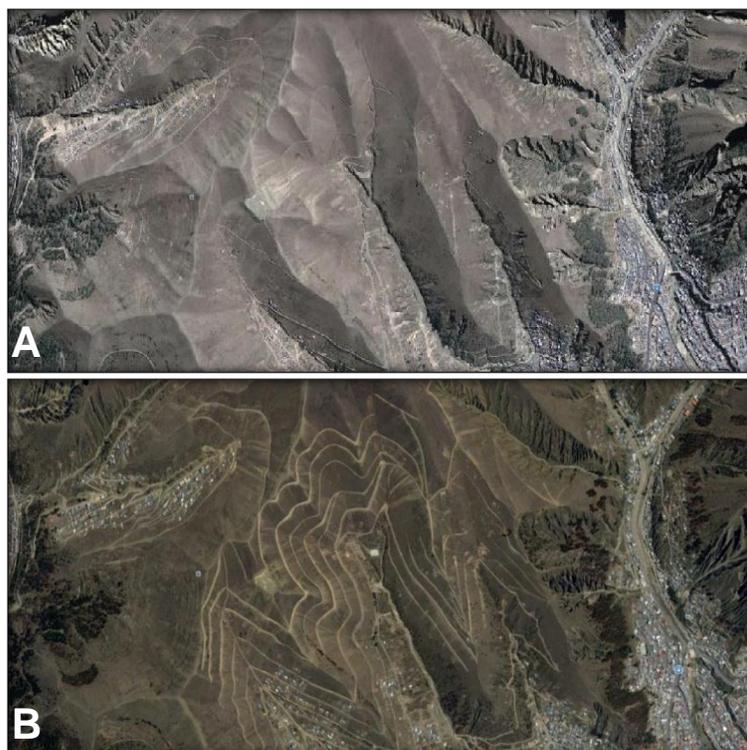


Figura 2. Imágenes del cambio de la Cobertura y Uso del Suelo, en la Zona Norte de la Ciudad de La Paz, Imagen (A – 2009) Antes e Imagen (B - 2015) Después.

Fuente: Elaboración en base al estudio.

Según Fonseca & Gómez (2001), este tipo de análisis en los cambios de usos del suelo, aportan información importante para la planificación, gestión territorial entre otros y la evaluación del impacto ambiental en determinadas zonas.

Existen varios trabajos a nivel mundial desde hace años pasados que investigadores ambientales, ecologistas, agrónomos y otros, han usado la técnica de estudios comparativos en el tiempo con resultados excelentes. Pudiendo de esta manera mejorar las fluctuaciones de cambio de coberturas vegetales en el suelo.

Al respecto, en Bolivia se ha realizado estudios multitemporales referidos al cambio de uso de suelos de todo el país llegando a obtener resultados interesantes que llevaron a tomar decisiones importantes para el cuidado de la flora y fauna en todo nuestro país.

Ante tal realidad, y en el deseo de proporcionar alguna explicación, a través de nuestra visión y de su comportamiento, para obtener estos resultados es necesario

hacer uso de técnicas de teledetección y herramientas de Sistemas de Información Geográfica. Haciendo clasificaciones de las diferentes coberturas que tiene la superficie terrestre.

Los resultados obtenidos una clasificación supervisada permiten generar el análisis correspondiente a las variaciones en el tiempo de las coberturas o clases definidas. Es decir, a partir de las clasificaciones generadas para cada periodo se calcula la diferencia píxel a píxel, para evaluar los cambios significativos en el tiempo (Mendoza & Paola, 2011).

3.5 Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

3.5.1 Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.)

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés (Geographic Information System) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión (Langlé, 2010).

La base de un Sistema de Información Geográfica es una serie de mapas digitales representando diversas variables, o bien mapas que representan diversos objetos a los que corresponden varias entradas en una base de datos. Esta estructura permite combinar, en un mismo sistema, información con orígenes y formatos muy diversos lo que permite incrementar el grado de conocimiento (Hilari, 2010).

3.5.1.1 Tipos de datos geográficos

Maygua (2012), señala que la mayoría de los elementos que existen en la naturaleza pueden ser representados mediante formas geométricas (puntos, líneas o polígonos, esto es, vectores) o mediante celdillas con información (Raster). Son formas de ilustrar el espacio: intuitivas y versátiles, que ayudan a comprender mejor los elementos objeto de estudio según su naturaleza.

En función de la forma de representar el espacio de la que hacen uso podemos clasificar los SIG's en dos grandes modelos o formatos que se muestran a continuación en la *Figura 3*.

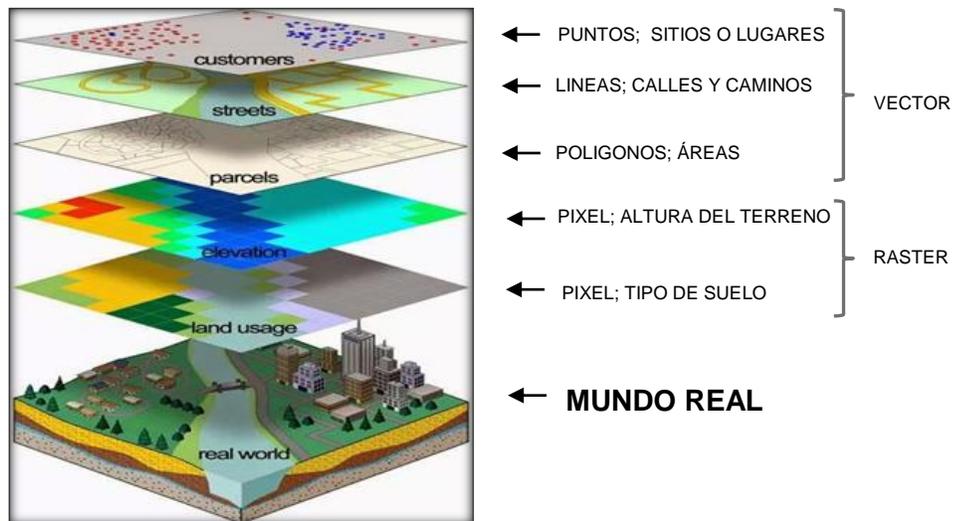


Figura 3. Conformación del mundo real a través de datos vectoriales y ráster.
Fuente: Blog sobre Sistemas de Información Geográfica, Maygua. 2012.

3.5.1.1.1 Ráster

Un tipo de datos ráster es, en esencia, cualquier tipo de imagen digital representada en mallas. El modelo de SIG ráster o de retícula se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor. Se trata de un modelo de datos muy adecuado para la representación de variables continuas en el espacio. Los datos ráster se compone de filas y columnas de celdas, cada celda almacena un valor único. Los datos ráster pueden ser imágenes (imágenes ráster), con un valor de color en cada celda o píxel (*Figura 3*). Otros valores registrados para cada celda puede ser un valor discreto, como el uso del suelo, valores continuos, como temperaturas, o un valor nulo si no se dispone de datos. Si bien una trama de celdas almacena un valor único, estas pueden ampliarse mediante el uso de las bandas del ráster para representar los colores RGB (rojo, verde, azul), o una tabla extendida de atributos con una fila para cada valor único de células. La resolución del conjunto de datos ráster es el ancho de la celda en unidades sobre el terreno.

3.5.1.1.2 Vectorial

En un Sistema de Información Geográfica, las características geográficas se expresan con frecuencia como vectores, manteniendo las características geométricas de las figuras (*Figura 3*).

En los datos vectoriales, el interés de las representaciones se centra en la precisión de localización de los elementos geográficos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos. Cada una de estas geometrías está vinculada a una fila en una base de datos que describe sus atributos.

Para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres elementos geométricos: el punto, la línea y el polígono.

Puntos: Los puntos se utilizan para las entidades geográficas que mejor pueden ser expresadas por un único punto de referencia. En otras palabras: la simple ubicación. Por ejemplo, las localizaciones de los pozos, picos de elevaciones o puntos de interés. Los puntos transmiten la menor cantidad de información de estos tipos de archivo y no son posibles las mediciones. También se pueden utilizar para representar zonas a una escala pequeña. Por ejemplo, las ciudades en un mapa del mundo estarán representadas por puntos en lugar de polígonos.

Líneas o polilíneas: Las líneas unidimensionales o polilíneas son usadas para rasgos lineales como ríos, caminos, ferrocarriles, rastros, líneas topográficas o curvas de nivel. De igual forma que en las entidades puntuales, en pequeñas escalas pueden ser utilizados para representar polígonos. En los elementos lineales puede medirse la distancia.

Polígonos: Los polígonos bidimensionales se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra. Estas entidades pueden representar lagos, límites de parques naturales, edificios, provincias, o los usos del suelo, por ejemplo. Los polígonos transmiten la mayor

cantidad de información en archivos con datos vectoriales y en ellos se pueden medir el perímetro y el área.

3.5.1.2 Creación de datos

Las modernas tecnologías SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de Diseño Asistido por Ordenador (DAO o CAD) con capacidades de georreferenciación.

Dada la amplia disponibilidad de imágenes orto-rectificadas (tanto de satélite y como aéreas), la digitalización por esta vía se está convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos. Esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre un tablero de digitalización.

3.5.1.3 Representación de datos

Los datos Sistemas de Información Geográfica representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una casa) y continuos (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un Sistemas de Información Geográfica: ráster y vectorial, como se mencionaron anteriormente.

Los SIG que se centran en el manejo de datos en formato vectorial son más populares en el mercado. No obstante, los SIG ráster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias para realizar estudios como una evaluación multitemporal de cobertura vegetal.

3.5.2 Teledetección o percepción remota

Es la adquisición de información sobre un objeto a distancia, esto es, sin que exista contacto material entre el objeto o sistema observado y el observador (Sobrino, 2000). Por su parte, Arbelo Holds (1999), en su manual recalca que la teledetección

es la ciencia y arte de obtener información acerca de la superficie de la Tierra sin entrar en contacto con ella, e incluye diciendo que esto se realiza detectando y grabando la energía emitida o reflejada y procesando, analizando y aplicando esa información.

3.5.2.1 Elementos de un proceso de teledetección

El proceso de teledetección involucra una interacción entre radiación incidente y los objetos de interés. Un ejemplo de este proceso, con el uso de sistemas de captura de imágenes puede verse en la *Figura 4*. Nótese, sin embargo, que la teledetección también involucra la percepción de energía emitida y el uso de sensores que no producen imágenes.

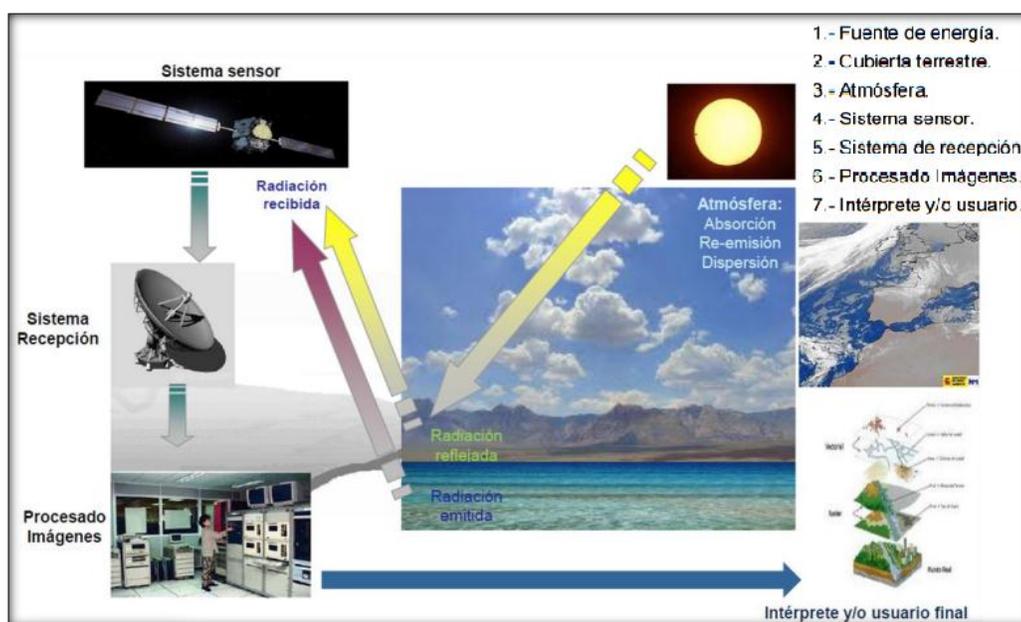


Figura 4. Elementos de un proceso de Teledetección.

Fuente: Tutorial de Teledetección Espacial 2013.

<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2015/material121/unidad3/satelite1.htm>

3.5.2.2 Plataformas de Teledetección

Se entiende por plataforma de teledetección, los satélites (LANDSAT, METEOSAT, NOAA, SPOT) o aviones que transportan los aparatos necesarios para captar, almacenar y transmitir imágenes a distancia como se muestra en la *Figura 5*.

En función de su distancia al suelo podemos distinguir diferentes tipos de plataformas:

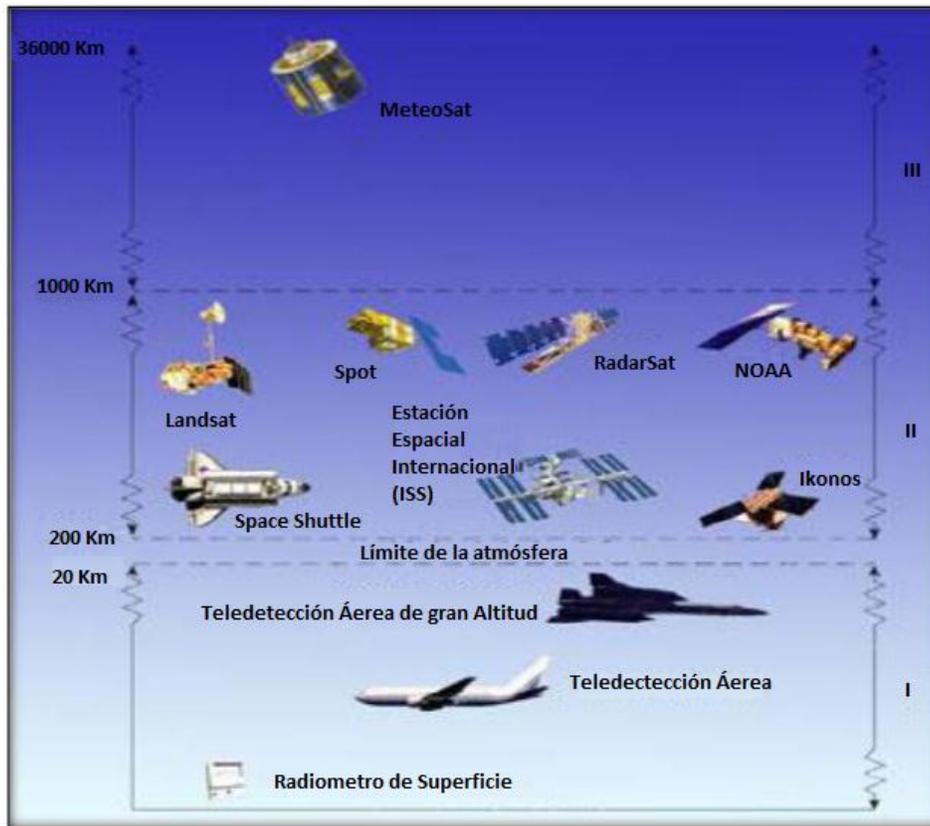


Figura 5. Imágenes del cambio de la Cobertura y Uso del Suelo, en la Zona Norte de la Ciudad de La Paz, Imagen (A – 2009) Antes e Imagen (B - 2015) Después.

Fuente: Tutorial de Teledetección Espacial 2013.

<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2015/material121/unidad3/satelite1.htm>

- ✦ Nivel del suelo o a pocos metros de altura: grúas, vehículos que transportan radiómetros o aparatos fotográficos;
- ✦ Entre unos diez metros y unos diez kilómetros de altitud: aviones, helicópteros y globos aerostáticos
- ✦ Entre diez y cien kilómetros de altitud: globos estratosféricos.
- ✦ Entre los 200 Km. y los 40.000 Km. tenemos los satélites: habitados (como la Estación Espacial Internacional) y los satélites automáticos de Teledetección.

El uso de aviones como plataformas de teledetección presenta ventajas e inconvenientes. Entre las ventajas destaca la posibilidad de embarcar en el avión dispositivos de mayor peso que en un satélite, también el control más preciso de los captadores en vuelo y la obtención de datos de mejor resolución espacial. Las

limitaciones más importantes son: las dimensiones de la zona explorada son reducidas y el coste de obtención de los datos es más elevado que con los satélites.

Un captador o sensor es el sistema tecnológico preparado para captar imágenes a distancia y que es transportado en una plataforma. Puede captar información para diferentes regiones del espectro y cada una de estas regiones se denomina canal o banda.

Por ejemplo, LANDSAT es una plataforma que contiene dos Sensores "*Thematic Mapper*" (TM) y *Multispectral Scanner* (MSS). El TM puede captar radiación en 7 bandas (azul, verde, rojo, 3 en el infrarrojo cercano y 1 en el infrarrojo térmico. MSS dispone de 4 bandas (verde, rojo y 2 en el infrarrojo cercano).

3.5.2.3 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético se divide en regiones que se basan en longitudes de onda, que pueden ir desde los Rayos Gamma con longitudes de onda corta 10-12 μm , hasta las ondas de radio con longitudes de hasta kilómetros. Esas regiones antes nombradas se les denomina bandas, las cuales tienen sus propias frecuencias medidas en Hertz y longitudes de ondas que van desde los micrómetros hasta los kilómetros.

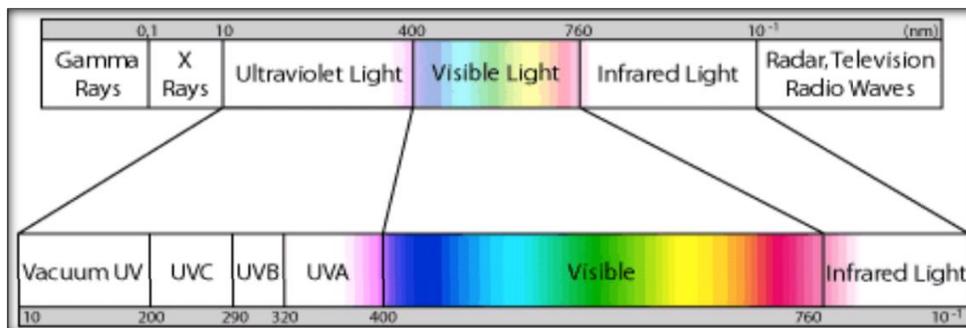


Figura 6. Diagrama del espectro electromagnético.

Fuente: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/ImgSatelite/Elementos.asp>

3.6 Sensores remotos

Puerta, Rengifo, y Bravo en (2013), indican que un sensor remoto es el instrumento que se encuentra en la plataforma satelital capaz de captar la energía procedente de la cubierta terrestre. Existen dos tipos de sensores, como se muestra en la *Figura 7*:

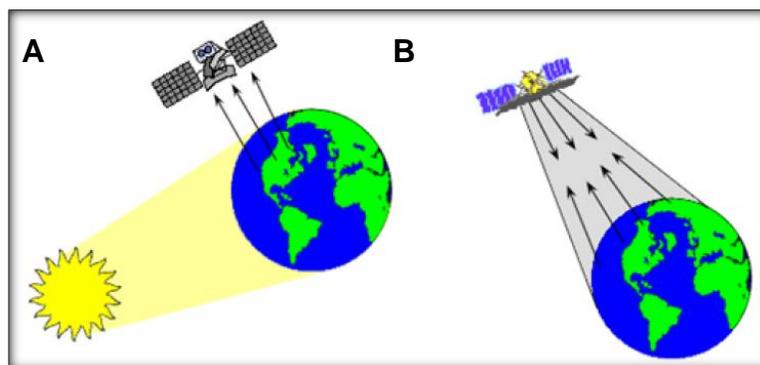


Figura 7. Sensores Pasivos – A; Sensores Activos - B

Fuente: Tutorial de Teledetección Espacial

2013. Fuente: <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2015/material121/unidad3/satelite1.htm>

Sensores Pasivos: están limitados a recopilar y almacenar la energía electromagnética emitida por las cubiertas terrestres, que son reflejadas por los rayos solares o provenientes de su propia temperatura. Estos sensores se clasifican en: sensores fotográficos (cámaras fotográficas), sensores óptico-electrónicos (exploradores de barrido y empuje, y las cámaras de vidicón), y los sensores de antena (radiómetros de micro-ondas).

Sensores Activos: que tienen la capacidad de emitir su propio haz de energía, el que luego de la reflexión sobre la superficie terrestre es recibido por el satélite. El sensor más conocido es el Radar (radiómetro activo de micro-ondas), el que puede trabajar en cualquier condición atmosférica.

3.7 Imágenes satelitales

Las imágenes satelitales están confeccionadas por matrices, en las que cada celda representa un píxel, las dimensiones de este píxel dependerá de la Resolución espacial del sensor. Los sensores registran la radiación electromagnética que proviene de las distintas coberturas y las almacena en cada píxel, de acuerdo a los

intervalos de longitudes de onda, en las que este programado el sensor para captar (Puerta, Rengifo, & Bravo, 2013).

Las imágenes satelitales son del modelo ráster que divide el área de estudio en una agrupación de celdas cuadradas ordenadas en una secuencia específica. Cada una de estas celdas recibe un único valor que se considera representativo para toda la superficie abarcada por la celda, por tanto se considera que el modelo ráster cubre la totalidad del espacio, como se mencionó en un punto anterior en el presente documento.

3.8 Satélites de teledetección de Recursos Naturales

Son satélites de órbita polar diseñados para la observación del medio ambiente de la Tierra y la evaluación de sus recursos naturales. El primero y más conocido de ellos es el programa Landsat, otros muchos han venido después, como: Spot, Envisat, IRS (Indian Remote Sensing Satellite), Terra.

3.8.1 Imágenes Landsat

La constelación de satélites LANDSAT (LAND=tierra y SAT=satélite), que inicialmente se llamaron ERTS (Earth Resources Technology Satellites), fue la primera misión de los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. Ya forman 8 satélites de los cuales sólo se encuentran activos el 5 y el 8. Su mantenimiento y operación está a cargo de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) en tanto que la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Los satélites LANDSAT llevan a bordo diferentes instrumentos. Su evolución buscó siempre captar más información de la superficie terrestre, con mayor precisión y detalle, de ahí las mejoras radiométricas, geométricas y espaciales que se incorporaron a los sensores pasivos; el primero, conocido como Multispectral Scanner Sensor (MSS), seguido de Thematic Mapper (TM) que tiene mayor sensibilidad radiométrica que su antecesor, le sigue el Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) que entre sus mejoras técnicas destaca una banda espectral (pancromática) con resolución de 15 metros y por último un satélite que cuenta con

dos sensores: el primero de ellos denominado Operational Land Imager (OLI) y el sensor térmico infrarrojo Thermal Infrared Sensor (TIRS). OLI y TIRS que recogen los datos de forma conjunta para proporcionar imágenes coincidentes de la superficie terrestre, incluyendo las regiones costeras, hielo polar, las islas y las zonas continentales (INEGI, 2013).

El programa Landsat se inició en 1972 con el lanzamiento del Landsat-1. En 1999 se lanzó el Landsat-7. Landsat-5 fue lanzado en 1984, y es el satélite de teledetección que más tiempo lleva en órbita operativo.

Los satélites Landsat disponen de dos Sensores, **MSS** (*Multispectral Scanner*) y **TM** (*Thematic Mapper*). El Sensor TM tiene mayor resolución radiométrica (8 bits) que el MSS (6 bits).

El satélite Landsat-7 incorpora el Sensor **ETM** (*Enhanced Thematic Mapper*) que añade a las bandas ya disponibles en el TM, un canal pancromático con resolución espacial de 15 metros. Su órbita se sitúa a 705 Km. de altitud, y sobrevuela la misma zona cada 16 días.

A continuación se presentan las principales características de las plataformas satelitales Landsat.

Cuadro 3. Características de las Plataformas Landsat.

Plataforma	Lanzamiento	Sensor	Estado de Operación
Landsat – 1	23/07/1972	MSS	Finalizada: 06/01/78
Landsat – 2	22/01/1975	MSS	Finalizada: 05/02/82
Landsat – 3	05/03/1978	MSS	Finalizada: 31/03/83
Landsat – 4	16/07/1982	MSS, TM	En espera desde: 07/1987
Landsat – 5	01/03/1985	MSS, TM	Dejo de Funcionar el 2012
Landsat – 6	oct-93	MSS, TM	Perdido
Landsat – 7	29/04/1999	ETMP	Operativo

Fuente: BELSPO, 2015

El satélite Landsat TM, con una órbita de 705 Km. de altitud, percibe siete bandas espectrales en forma simultánea, posee una resolución temporal de 16 días, y proporciona información terrestre entre los 82 grados latitud norte y los 82 grados latitud sur. (Chuvieco, 2006)

Las imágenes LANDSAT están compuestas por 7, 8 u 11 bandas espectrales, que al combinarse producen una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones. Dependiendo del satélite y el sensor se incluye un canal pancromático y/o uno térmico; asimismo las resoluciones espaciales varían de 15, 30, 60 y 120m.

Cada escena cubre 180*175 Km². Las principales aplicaciones de estas imágenes se centran en la identificación y clasificación de las distintas cubiertas que existen en la superficie terrestre, determinación de humedad del suelo, clasificación de la vegetación, mapas hidrotermales y estudios multitemporales. Existen imágenes de archivo desde 1982.

En el siguiente cuadro, veremos la comparación entre las bandas que proporciona el Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI y TIRS.

Cuadro 4. Comparación de bandas Landsat 7 y Landsat 8

Landsat 7			Landsat 8		
Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)	Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)
			Band 1 Coastal	0,43 – 0,45	30
Band1 Blue	0,45 – 0,52	30	Band 2 Blue	0,45 – 0,51	30
Band2 Green	0,52 – 0,60	30	Band 3 Green	0,53 – 0,59	30
Band3 Red	0,63 – 0,69	30	Band 4 Red	0,64 – 0,67	30
Band4 NIR	0,77 – 0,90	30	Band 5 NIR	0,85 – 0,88	30
Band5SWIR1	1,55 – 1,75	30	Band 6 SWIR1	1,57 – 1,65	30
Band7SWIR2	2,09 – 2,35	30	Band 7 SWIR2	2,11 – 2,29	30
Band 8 Pan	0,52 – 0,90	15	Band 8 Pan	0,50 – 0,68	15
			Band 9 Cirrus	1,36 – 1,38	30
Band 6 TIR	10,40 – 12,50	30/60	Band 10 TIRS1	10,6 – 11,19	100
			Band 11 TIRS2	11,5 – 12,51	100

Fuente: Combinación de Imágenes para Landsat 8 de Franz Pucha (2013)

Como se observa, en su mayor parte, las bandas se alinean con algunos ajustes menores de los rangos espectrales. A continuación en la *Figura 8*, mostraremos como se acomodan las bandas del sensor Landsat 7 ETM+ con el espectro electromagnético.

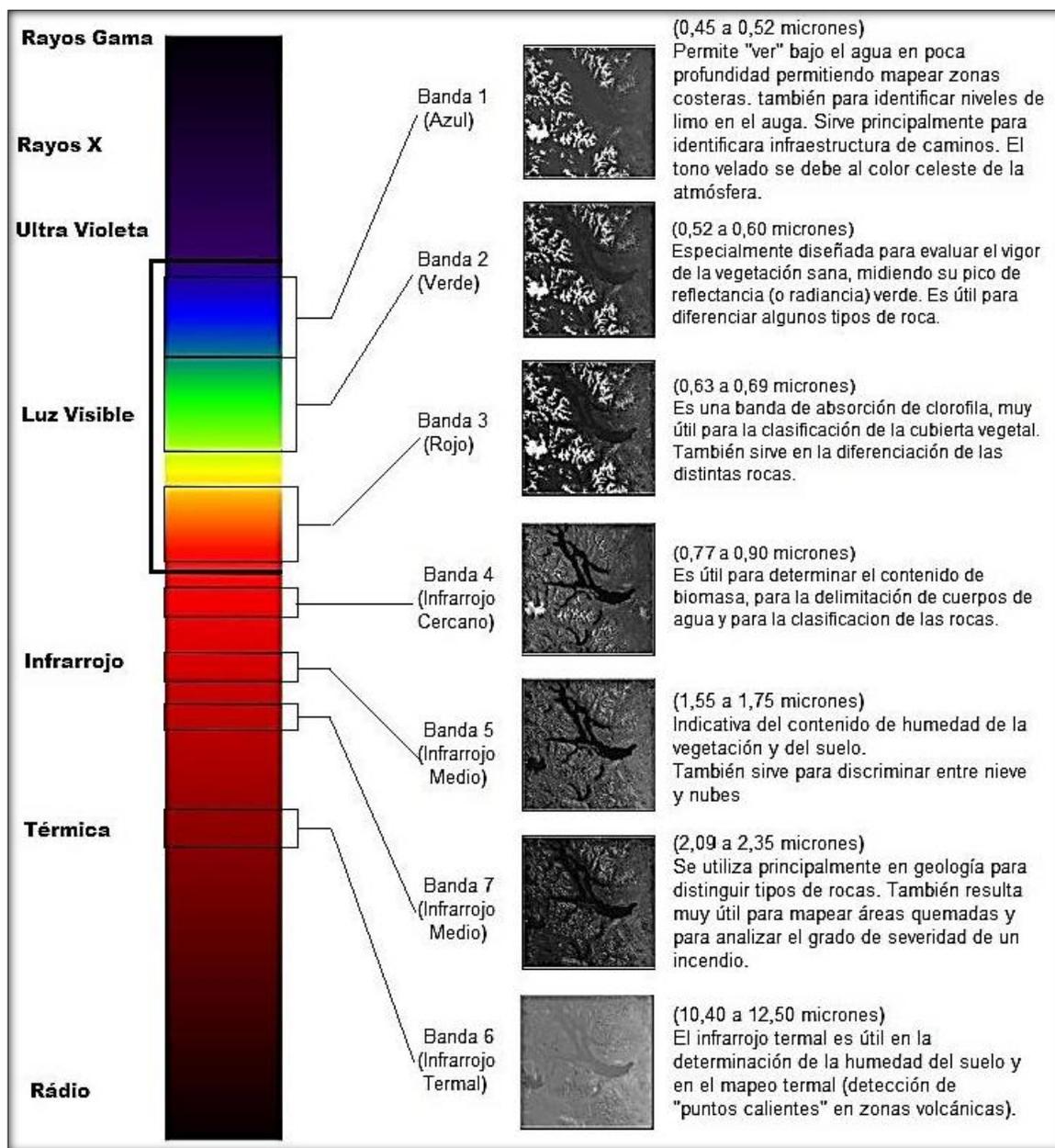


Figura 8. Bandas del Sensor landsat 7ETM+ sin contar la banda pancromática.
 Fuente: Hilari, 2010.

3.9 Clasificación de imágenes

Rial y Gonzales (2001) sobre la clasificación mencionan que es el proceso de agrupar píxeles en un número finito de clases individuales o de categorías de datos con base en los Niveles Digitales de los datos. Si un píxel satisface cierto criterio, entonces el píxel es asignado a la clase que corresponda a este criterio.

Como fruto de la clasificación digital se obtiene una cartografía e inventario de las categorías objeto de estudio. La imagen multibanda se convierte en otra imagen, del mismo tamaño y características de las originales, con la importante diferencia de que el ND que define cada píxel no tiene relación con la radiancia detectada por el sensor, sino que se trata de una etiqueta que identifica la categoría asignada a ese píxel. A partir de una imagen como ésta puede fácilmente generarse cartografía temática, así como un inventario estadístico del número de píxeles —y por tanto de la superficie— asignados a cada categoría (Chuvienco, 2006).

4. LOCALIZACIÓN

4.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo se realizó en el Cantón de Inquisivi en la Comunidad Tupuyo, situado a 262 km al sur de la ciudad de La Paz. El cantón cuenta con una extensión aproximada de 23.916,04 Has. Al este limita con el departamento de Cochabamba, Al Oeste con los Cantones Figueroa y Quime, al Sur con el Cantón de Capiñata. El Cantón de Inquisivi se encuentra entre las siguientes coordenadas.

Cuadro 5. Localización geográfica del cantón de Inquisivi

Cantón	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Datum: WGS 84		Datum: WGS 84, Zona 19 Sur	
	Longitud Oeste	Latitud Sur	X	Y
INQUISIVI	-67° 12' 49''	-17° 05' 54''	696282,792	8129607,766

Fuente: Elaboración en base al estudio.

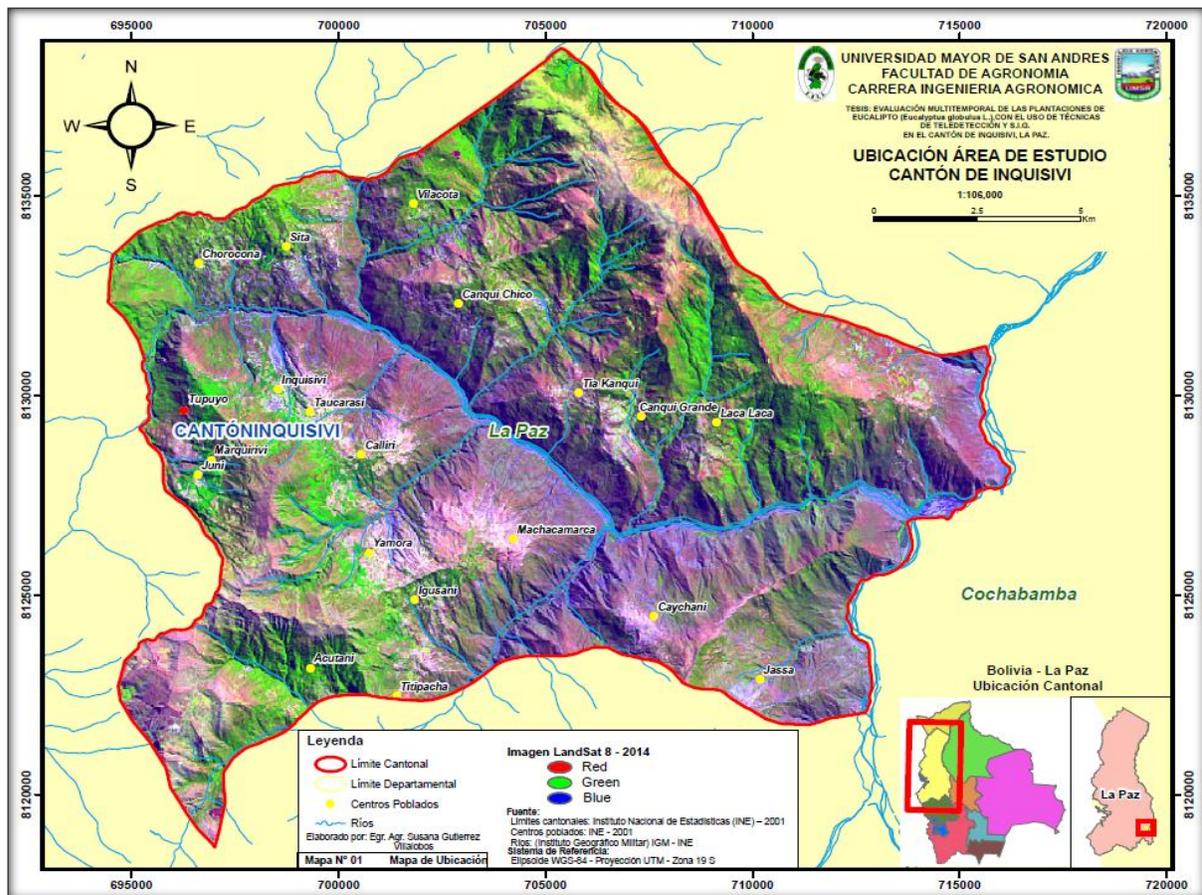


Figura 9. Ubicación del Área de estudio.

Fuente: Elaboración en base al estudio.

4.2 Descripción Fisiográfica

Según Tarqui (2013), el *Cuadro 6* se puede evidenciar que la fisiografía del Cantón Inquisivi, está compuesta en su mayor porcentaje por serranías de diferente altitud y pendientes, cubriendo un 98.06 % del área total de estudio, mientras que las llanuras de inundación cubren solo un 1.94 %. (*Mapa N° 2 Mapa - Unidades Fisiográficas*).

El cantón de Inquisivi presenta pendientes de 0 a 20% planas a poco inclinadas, de 20 a 40% medianamente inclinados donde se realiza las plantaciones de eucalipto, de 50 a 70% fuertemente inclinados ver (*Mapa N° 3 – Pendiente*), también se puede mencionar que la topografía es muy accidentada, sus elevaciones influyen en gran manera en el comportamiento climatológico del sector, aspectos que se hacen notables al presentarse una variabilidad en los ecosistemas y la diversidad natural.

Cuadro 6. Unidades Fisiográficas del cantón de Inquisivi.

Prov. Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje	Sub paisaje	Símbolo	Extensión (ha)	Porcentaje (%)
CORDILLERA ORIENTAL	Semi Árido	Serrania	Cuisiri Batiani Elena	Serranía con Cimas Agudas Moderadas	Se-CBE	4.232,20	14,76
			Tiakanqui	Serranía con cimas moderadamente onduladas	Se-Ti	2.826,13	9,85
			Canqui Chico	Pendiente Superior. moderadamente escarpado	Se-CC	5.458,40	19,03
			Caballo Tunca	Serranía empinada. Severamente Disectada	Se-CT	3.051,48	10,64
			Curva	Serranía con Cimas Onduladas Poco Disectadas	Se-Cu	1.795,09	6,26
			Pochilla Canquichico	Serranía con Cimas Altamente Onduladas	Se-PC	2.359,54	8,23
			Takharani	Macizo Rocoso	Se-Ta	748,84	2,61
			Sara	Serranía Moderadamente Ondulada	Se-Sa	1.085,57	3,79
			Tarujuma Cusiri Loco	Serranía media ondulada poco disectada	Se-TC	1.661,81	5,79
			Tanitani Choquepata Loma	Serranía media ondulada poco disectada	Se-TCL	4.374,55	15,25
			San Pedro	Serranía Ondulada con Cimas Agudas	Se-SP	528,99	1,84
	Sub Húmedo	Llanuras	Khatu	Llanura Aluvial de Depósitos	LI-Kh	556,90	1,94
					TOTAL	23.916,04	100,00

Fuente: Tarqui M. (2013), *Determinación de la aptitud de suelos en el Municipio de Inquisivi.*

4.3 Climatología

Según Tarqui (2013), el estudio realizado en base a la temperatura y precipitación de las estaciones meteorológicas de Chorocona, mencionamos que la región de Cabecera de Valle del área de estudio, por lo general presenta un clima frío a micro termal, muy marcadas en el año: una época seca que van desde los meses de abril y parte de octubre, una época húmeda que se inicia en el mes de noviembre hasta el mes de marzo, como se muestra en el *Cuadro 7*.

La variación térmica en la zona de estudio es de 12°C a 20°C ver (*Mapa N° 4*), situación que permite diversificar la producción agrícola y pecuaria, entre los pisos ecológicos.

En general el clima es templado en los meses de febrero, y parte de abril y bajas temperaturas durante los meses de mayo, y parte de agosto. Este clima permite la diversificación de las actividades productivas, aunque con algunas restricciones para la agricultura debido a la baja fertilidad de sus suelos y los problemas de degradación que presentan.

4.3.1 Temperatura

De acuerdo a la información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, (estación de Chorocona), el comportamiento térmico de la zona de estudio es característico de una zona semiárida y subhúmeda, descrita por Montes de Oca (1995) como templada y seca, donde se presenta una temperatura anual de 18.5°C (promedio), que varía entre 15.7°C en el mes de Julio (Temperatura mínima) y 19.7°C en el mes de Noviembre, (Temperatura máxima) como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Temperatura media (°C) de Inquisivi.

Temperatura Media (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1996	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
2005	20.2	19	20	18	17.4	16.6	15.5	17.9	17.4	18.3	20.1	20	18.4
2014	18.1	17.9	18.2	18.1	16.9	16	15.9	16.8	17.7	18.2	19.3	19.2	17.7

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

*** Datos no registrados.

4.3.2 Precipitación

De acuerdo a los registros del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), de la estación climatológica de Chorocona que se encuentra a una altura de 2240 msnm con latitud 16° 52' 58" y longitud 67° 08' 59" que son las precipitaciones acaecidas durante los años 1996, 2005 y 2014 son las siguientes.

En la estación meteorológica de Chorocona, la precipitación pluvial anual promedio a para este periodo alcanza los 909,3 mm. La mayor precipitación se presentó en el mes de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo con 126,45 mm, 160.2 mm, 140,15 mm y 98,85 mm respectivamente la menor precipitación encontrada en el mes de Junio con 0 mm, las precipitaciones para todos los meses se muestran en el cuadro 8. (*Mapa N°. 05 – Precipitación Media Anual*).

Cuadro 8. Precipitación media mensual y anual (mm).

Precipitación total (mm)													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1996	129.8	99.3	106.9	54.4	14.4	47.5	16.9	***	***	***	***	***	***
2005	134.5	176.2	73.3	70	2.3	0	62.6	6.9	130.9	87.4	76.7	157.5	978.3
2014	185.9	104.1	124.4	60.4	27	0	14.3	45.8	45.6	48.6	88.8	95.4	840.3

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

*** Datos no registrados.

4.4 Suelos

Los suelos en la parte alta exhiben un perfil con horizontes ABC, moderadamente profundos de color negro todo el perfil, textura franca limosa, estructura uniforme, granular débil con pH de 6,9. La mayor parte de los suelos se desarrollan en pendientes superiores al 20%, son moderadamente profundos (100 cm de profundidad); la textura general es media, mezclada con grava, gravilla o piedras, la pedregosidad y afloramientos rocosos es más común en las cimas y pendientes superiores donde también se puede observar muy poco desarrollo edáfico, el contenido de materia orgánica en los bosques de origen nativo es mayor que en los suelos agrícolas o reforestados (Programa Regional de Bosques Nativos Andinos en Bolivia y Ecuador, 1999).

4.5 Vegetación

Debido a la topografía muy accidentada, diferencias en la intensidad de luz y sombra en los valles estrechos, diferentes suelos, humedad, intensidad de evaporación y otros factores ambientales anteriormente citados posibilitan la formación de múltiples comunidades vegetales, como: pajonales de ladera, matorrales abiertos con vegetación andina (la cobertura vegetal del suelo en los rodales, está puesto por *Eryngium rauhianum* como especie dominante y gramíneas de los géneros *Festuca* y *Stipa* también se observa bromeliáceas), bosques abiertos densos, compuestos por árboles bajos, arbustos de hojas pequeñas y porte reducido (Programa Regional de Bosques Nativos Andinos de Bolivia y Ecuador, 1999).

En la base a la caracterización de la vegetación, se identificaron las siguientes unidades: Pajonal, Bosque secundario (degradado), Bosques implantado, cobertura vegetal del suelo. La vegetación dominante en los pastizales: gramíneas (kikuyo) y los arbustos del género: *Baccharis*, *Cortaderia*, *Buddleja*, *Eupatorium*, *Viguiera* y la familia *Ericaceae* así como ejemplares aislados de *Bocconia*, *Puya* y *Agave* y otras especies como *Calceolonia*, *Cestrum* sp, *Cassia tormentosa* (Programa Regional de Bosques Nativos Andinos de Bolivia y Ecuador,, 1999).

El bosque nativo representa a un bosque húmedo de transición a seco relictual, fuertemente intervenido. Dentro del bosque nativo se encuentra:

- Rodales de eucalipto.
- Propiedad comunal, con algunas parcelas de propiedad familiar
- Pastoreo libre de ganado vacuno, ovino.

Manejo silvicultural especialmente de los géneros *Alnus*, *Escallonia* y habilitación de las superficies para reforestar con *Eucalyptus*, otros cultivos y/o pastoreo. Se cuenta con el bosque introducido de Eucalipto con las siguientes características:

- Plantación de eucalipto que en gran medida reemplaza al bosque nativo.
- Árboles distribuidos en forma ordenada, rodales nuevos y antiguos con fines comerciales.

El aprovechamiento de esta especie ocasiona una constante erosión del suelo ya que el traslado de troncas hacia el camino se realiza por arrastre y en pendientes.

Según observaciones de campo no existe asociación entre los árboles de eucalipto y aliso considerando que el eucalipto es una especie alelopática, se ha podido observar dentro del bosque de eucalipto la presencia del ***Erygium rauhianum*** en gran cantidad, kikuyo (*Pennisitum glandistinum*) y otras.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Datos digitales

▲ *Imágenes ráster (Landsat 5 y 7 TM y Landsat 8 ETM+)*

Las imágenes de los satélites Landsat 5, 7 Y 8, se obtuvieron de la página del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Cuadro 9. Datos de las imágenes Landsat usadas para el trabajo de investigación.

IMÁGENES		FECHA	SENSOR	BANDAS	PROYECCIÓN
Path	Row				
233	071	04/09/1996	TM	1,2,3,4,5,7	UTM, Zona 19 WGS 84
233	071	28/08/2005	TM	1,2,3,4,5,7	UTM, Zona 19 WGS 84
233	071	19/08/2014	ETM+	1,2,3,4,5,6,7,8	UTM, Zona 19 WGS 84

Fuente: Elaboración en base al estudio.

Las imágenes satelitales Landsat vienen por Mosaicos clasificados por Path y Row (fila y Columna) y el mosaico donde se encuentra el área de interés tiene el Path 233 y Row 071 que contempla los departamentos de La Paz y parte de Cochabamba.

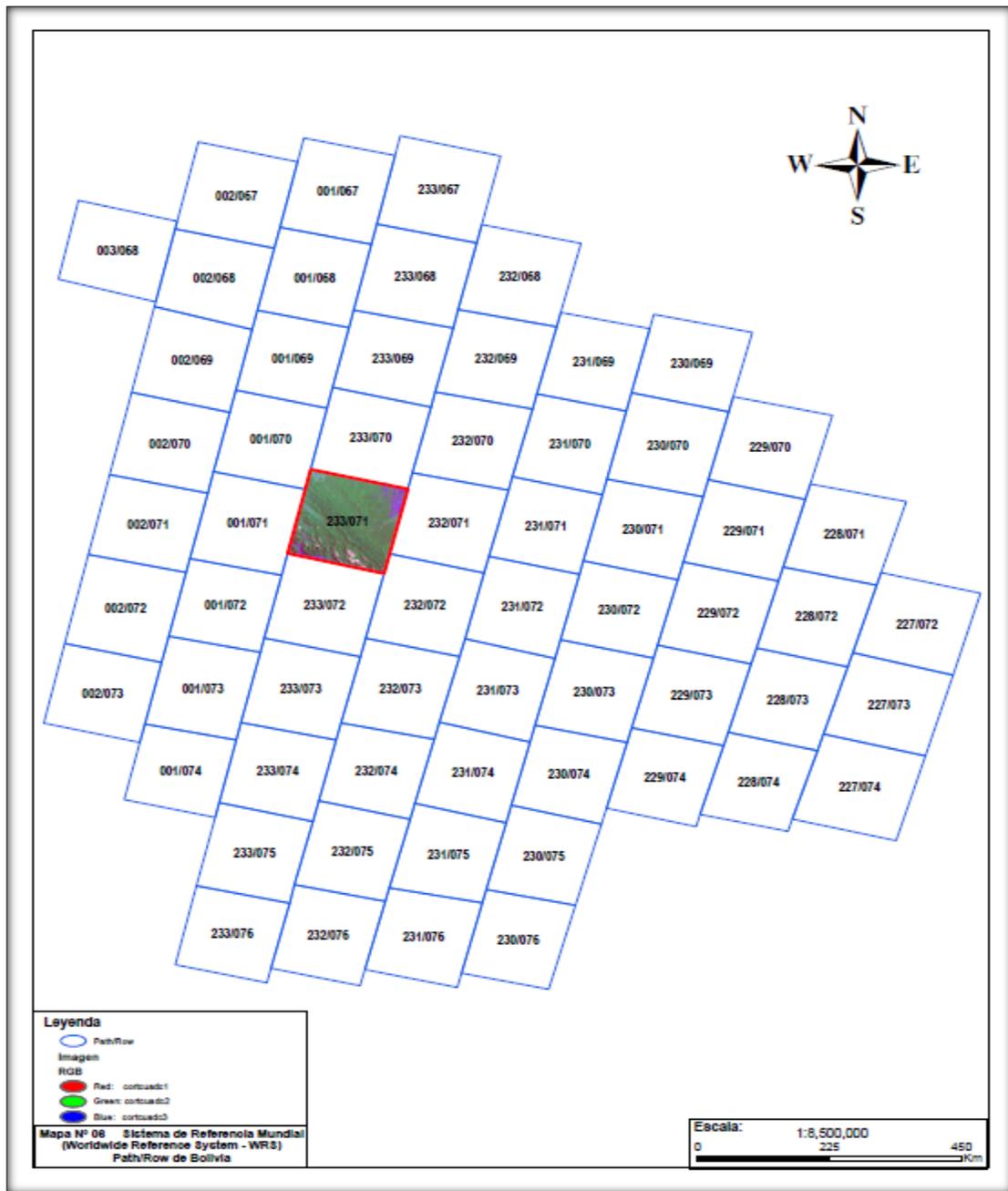


Figura 10. Sistema de Referencia Mundial (Worldwide Reference System - WRS) Path/Row de Bolivia.

Fuente: Elaboración en Base al Estudio.

🌲 Path y Row

El Sistema de Referencia Mundial (Worldwide Reference System - WRS) (Figura 10) es un sistema global de numeración para las imágenes satelitales. Este sistema de numeración permite al usuario obtener la ubicación de una imagen satelital obtenida

por los satélites LANDSAT de cualquier parte del planeta simplemente especificando el par ordenado de la escena (imagen) que está definido por el PATH (órbita aproximada del satélite) y ROW (centro nominal de la escena o imagen). El WRS (Sistema de Referencia Mundial) ha demostrado ser muy útil para catalogar, referenciar y permitir el uso continuo de las imágenes transmitidas por los sensores LANDSAT.

El path/row está compuesto por dos números (fila y columna) que sirve para conocer la ubicación de una imagen satelital.

🌲 **Imágenes vectoriales**

Se utilizó imágenes vectoriales con base de datos del Cantón de Inquisivi, y del municipio de Inquisivi. Entre estos se encontraban: El área del Cantón de Inquisivi, los ríos, caminos y puntos con datos geográficos.

5.1.2 Software

🌲 ***ArcGis v. 10.0***

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario.

🌲 ***ERDAS Imagen 2014***

Imagine ERDAS es una aplicación de percepción remota con habilidades principalmente de barrido geoespacial y permite que los usuarios visualicen y aumenten imágenes digitales para el uso de correspondencia. El software de diseño asistido por computadora, es una caja de herramientas que permite que el usuario lleve a cabo operaciones sobre una imagen y genere una respuesta para preguntas

geográficas específicas pudiendo visualizar sus resultados en 2D, 3D, películas, y en el mapa compositions.ERDAS calidad cartográfica IMAGINE realiza avanzado análisis de teledetección y modelización espacial para crear nueva información. (https://en.wikipedia.org/wiki/Erdas_Imagine, 02:01 pm 26/08/2015)

5.1.3 Equipo y material de campo

- Cámara fotográfica
- GPS (Global Positioning System) – GARMIN *Etrex VENTURE HC*
- Carta Topográfica 6143 – I (Esc.: 1:50.000)
- Encuestas
- Cuaderno de apuntes
- Cinta métrica
- Cinta diamétrica
- Altímetro
- Hipsómetro

5.2 Metodología

La metodología que siguió este trabajo de investigación constó de tres etapas:

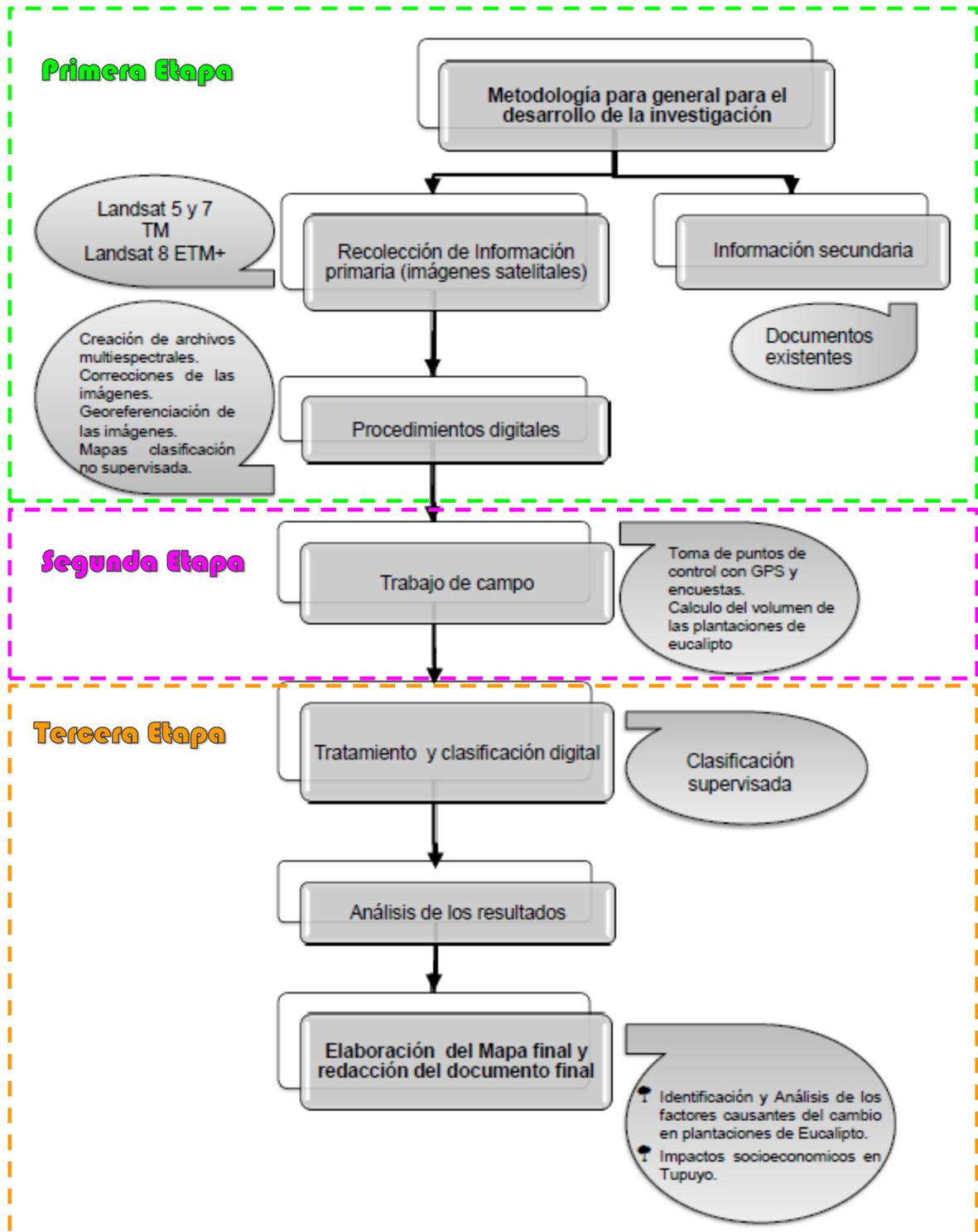


Figura 11. Metodología general para el desarrollo de la investigación.

Fuente: Elaboración en base al estudio.

5.2.1 Trabajo de Gabinete I (Primera Etapa)

Como primera medida, se tomó la adquisición de la información secundaria correspondientes a las imágenes satelitales e información complementaria para el estudio realizado. Se generaron mejoramientos, es decir correcciones geométricas, atmosféricas, radiométricas a las imágenes seleccionadas, fueron procesadas en el software ERDAS 2014, así también se combinaron las bandas preliminares, para mejorar la interpretación visual.

Una vez obtenida la calidad de la información de las imágenes, se realizó la clasificación no supervisada en el software ArcGis v.10 de las imágenes de satélite permitiendo mapear y delimitar áreas y coberturas para hacer una interpretación.

5.2.1.1 Recolección de Información primaria

Se realizaron las siguientes actividades para la recolección de información primaria:

Obtención de escenas involucradas para el estudio, Imágenes Satelitales

Se utilizó imágenes satelitales Landsat 5, 7 TM y Landsat 8 ETM+, la última mencionada se constituye en la información más avanzada de esta generación de satélites, debido a sus características tecnológicas mejoradas.

Las imágenes satelitales Landsat fueron obtenidas de la página Web del INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>), para los años 1996, 2005 y 2014 para Inquisivi. La época de captura de las imágenes ha sido mayormente entre los meses agosto y septiembre.

Creaciones de archivo multiespectrales (multibandas)

Una vez que se obtuvo los archivos separados (bandas) se procedió con el armado de una imagen satelital, en formato IMG para el respectivo procesamiento de la escena. Para lo cual se trabajó con el software ERDAS 2014, agregando una a una las bandas para su posterior conversión en una imagen única en la cual se pudiera trabajar con las diferentes bandas de vegetación en falso color.

La combinación en color verdadero son 3/2/1 color real (true color) Banda 3 = Rojo; Banda 2 = Verde; Banda 1 = Azul.

Las combinaciones falso color que se utilizaron en las escenas de estudio fueron 4/3/2; Banda 4 = Roja; Banda 3 = Verde; Banda 2 = Azul que resalta la vegetación en tonos de Rojo, mientras más fuerte el tono más densa la vegetación, las zonas erosionadas y/o suelos sin vegetación se ven en tonos de gris/beige/café claro. La mencionada combinación fue utilizada para las imágenes Landsat 5 y 7.

La combinación 5/4/3 – 5/4/2 Banda 5 = Rojo; Banda 4 = Verde; Banda 3 = Azul denominado falso color real compuesto, infrarrojo de onda corta (Short Wavelength Infrared SWIR), resalta la vegetación en tonos verde, las zonas (nevados) se ven de color celeste, las zonas erosionadas y/o sin vegetación se ven en tonos café claro, dicha combinación se utilizó para la imagen Landsat 8 ETM+ (Hilari, 2010).

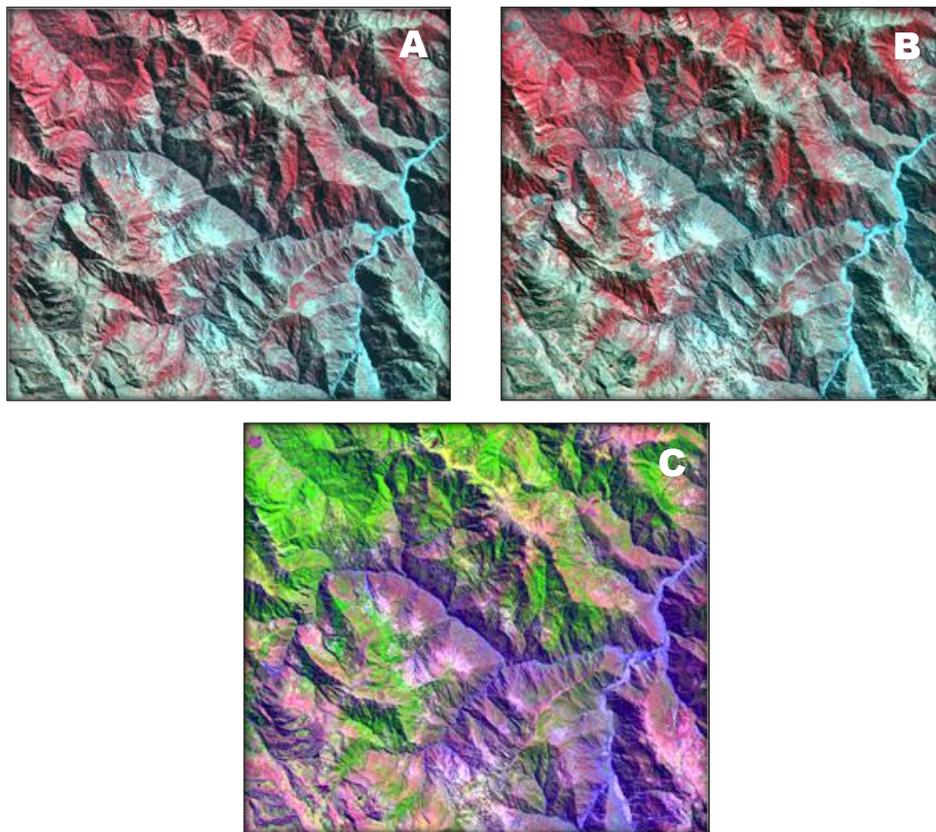


Figura 12. Escenas de estudio en falso color; Escena A – 4,3,2; Escena B – 4,3,2 y Escena C – 5,4,3

Fuente: Elaborado en base al estudio.

5.2.1.2 Procesamiento Digital

Se realizaron las siguientes actividades para el procesamiento digital:

Correcciones de tipo radiométrico, geométrico y atmosférico

Inicialmente, se realizó una ventana de trabajo a partir de las imágenes Landsat 5 y 7 TM y Landsat 8 ETM+ respectivamente a los años 1996, 2005 y 2014, en ERDAS 2014, donde se realizaron correcciones (de tipo radiométrica, geométrica y atmosférica). Con la finalidad de restaurar la información digital afectada por la atmósfera y el propio sistema de captura.

Las correcciones radiométricas se las realizan por que afectan a la radiometría de la imagen, corrigen el ND erróneo registrado en las fases de captura y transmisión. Estos errores se deben a perturbaciones atmosféricas (corrección mediante modelos matemáticos) deficiencias en la construcción del sensor (calibración radiométrica del sensor).

Correcciones geométricas tienen por objeto, modificar la geometría de la imagen ajustándola a un sistema geométrico dado. Son necesarias debido a variaciones espaciales derivadas del movimiento del sensor; Ajuste de la información a un sistema de referencia dado la corrección geométrica utilizada corresponde al sistema de proyección Universal Transversal de Mercator (Fernández, 2011).

Georeferenciación de imágenes

El producto satelital adquirido no estaba georeferenciado, ni corregido geográficamente fue necesario adicionar algunos puntos geográficos de control, este consiste en introducir las coordenadas de puntos fácilmente reconocibles en la imagen: como son cruces de carreteras, desembocaduras de ríos, construcciones o rasgos fisiográficos que no sean demasiado dinámicos. Es fundamental para cualquier tipo de corrección geométrica identificar sobre la imagen estos puntos de control.

Para georeferenciar la imagen de formato IMG, se contó con cartografía digital de la zona en cuestión. A partir de esta capa georeferenciada, hicimos coincidir con la

ubicación y con la imagen, estos se establecen como unos puntos de control para conseguir la correcta georeferenciación de la imagen.

Mapas preliminares de área de producción de eucalipto y uso de la tierra (Clasificación No Supervisada)

En la clasificación no supervisada, se fijó el número inicial de clases, luego el software asignó a los píxeles automáticamente a las distintas clases en base a las operaciones estadísticas, utilizando el método también asistido por el ordenador donde los datos numéricos transmitidos por los satélites de observación de la Tierra son clasificados por este método. Todo el proceso de clasificación no supervisada se realizó con el programa ArcGis v. 10 y su herramienta “*Unsupervised Classification*”.

Luego se procedió a asignar colores a cada clase mediante el comando: View – Raster- Attributes. Y de esta manera se obtuvo los mapas de clasificación de cobertura y uso de la tierra.

5.2.2 Trabajo de Campo (Segunda etapa)

Posteriormente a la realización del trabajo de gabinete, se procedió a la planificación para el ingreso al lugar de estudio, se aprovechó una de las reuniones generales de la comunidad (*Anexo 1*) para poder realizar las encuestas a los pobladores. Se preparó todo el material necesario y de forma organizada se realizó el trabajo.

Además se realizó la toma de puntos con GPS de las categorías en estudio también para su posterior tratamiento en la clasificación supervisada paralelamente se realizó una observación en campo y corroboró las categorías temáticas de cobertura de uso de tierra tanto desde el punto de vista de la denominación del espacio ocupado, evitando así errores de omisión y/o comisión. Para esto se llevó a campo cartografía de la clasificación no supervisada con el fin de realizar las respectivas comparaciones de las categorías estudiadas en específico de las plantaciones de Eucalipto.

5.2.2.1 Registro de puntos de control (Georeferenciación y delimitación del área en estudio)

Para la toma puntos se utilizó el GPS - GARMIN *Etrex VENTURE HC* que tiene una precisión de 5 m de error mínimo, el GPS es el instrumento de navegación y orientación por excelencia. Determina con exactitud nuestra posición, nos permite memorizar puntos de referencia (waypoints) y rutas, (Hilari, 2010).

Se trabajó en la Comunidad de Tupuyo del cantón de Inquisivi, con los puntos georeferenciados en campo asignando un punto fijo en el terreno (*Anexo 2*). Se corroboró y evidenció los resultados con el software *Google Earth on line* mediante internet, para la identificación, georeferenciación del área de producción de eucalipto en la imagen satelital. Para así obtener un grado mayor de precisión y alcance, en tanto que se calculó la superficie de acuerdo al perímetro recorrido.

5.2.2.2 Diseño de la encuesta empleadas en la investigación

Se elaboró una encuesta con preguntas sencillas que fueron cerradas y abiertas. Las preguntas cerradas tienen categorías o alternativas que han sido delimitadas, es decir, se presentan a los sujetos las posibilidades de respuesta. Mientras que las preguntas abiertas no delimita de antemano las alternativas de respuestas, por lo cual el número de categorías de respuestas es muy elevado.

La encuesta se dividió en dos partes: Una exclusivamente para la obtención de datos sociales de los pobladores y la otra con preguntas que nos ayudaron a obtener datos económicos. Todos estos datos haciendo referencia a la comparación de tiempo desde la gestión 1996 hasta la gestión 2014.

Encuestas formales e informales a pobladores

Para la obtención de datos se estructuraron entrevistas, las mismas fueron aplicadas a los pobladores de la Comunidad de Tupuyo Para realizar las entrevistas se coordinó con autoridades de la comunidad en este caso se realizó una carta a las autoridades correspondientes de la comunidad solicitando permiso para realizar las entrevistas a productores, otra forma de realizar las entrevistas fue visitando lote por

lote a productores de la comunidad, quienes apoyaron con su tiempo e información al acceder a las entrevistas. La realización de encuestas según consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir (*Anexo 3*).

5.2.2.3 Cálculo del volumen de las plantaciones de eucalipto

Para el estudio económico la metodología recomendada por Plan de Acción Forestal para Bolivia 2011, Paredes (2009) y Organización Internacional de Maderas Tropicales (2007). Se consideraron los siguientes aspectos:

- Determinación del estudio maderable, a través de la medición de variables forestales.
- Utilización actual y potencial de los productos forestales de los bosques de la región de Tupuyo.
- Análisis económico forestal, evaluación de las inversiones forestales según la demanda de los productos (forestales) en el mercado.
- Finalizando con la sistematización de datos y resultados.

Para la medición de bosque de eucalipto se utilizaron unidades de muestreo al azar, con plantaciones homogéneas, con una superficie de 100 m² cada unidad. (*Anexo 4*).

En cuanto al número de unidades de muestreo se calculó con la siguiente relación matemática:

$$N = \frac{A * I}{100 * a} = X \text{ unidades de muestreo}$$

Dónde:

N	=	Número de unidades de muestreo
A	=	Área boscosa de interés
I	=	Intensidad de muestreo
a	=	Tamaño de la unidad de muestreo
100	=	% K (constante)
X	=	Unidades de muestreo

La recolección de la información se realizó en base a planillas de campo, según líneas de inventario, fajas bloques de muestreo, partiendo desde la primera línea,

localizada en la parte inferior y avanzado en forma de espiral, de esta manera se va enumerando. Con este sistema se cuantifico la masa forestal existente de la izquierda a la derecha, cubriendo totalmente el área en estudio. Se utilizó planillas de recolección de recolección de las variables forestales; variables genéricas (topografía, pendiente), variables específicas (Diámetro Altura Pecho Altura total, altura comercial, *Anexo 5*). Posteriormente se realizó la sistematización de los datos con Excel.

Para evaluar el establecimiento de la regeneración natural de los bosques en estudio, se establecieron subparcelas dentro de fajas previamente instauradas.

- Cuadrícula de 10 x 10 m para fustales, desde 10 cm de DAP en adelante.
- Cuadrícula de 5 x 5 m para latizales por encima de 1,3 m de altura a 5 cm de DAP.
- Cuadrículas de 2 x 2 m para brizales, menores a 5 cm de DAP.

5.2.2.4 Análisis actual del valor económico forestal y su proyección

Para el análisis económico se utilizó el método práctico recomendado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (Organización Internacional De Las Maderas Tropicales, 2013), y Paredes (2000), el cual consiste en medir y calcular los costos y beneficios reales ocurridos cada año por la actividad del manejo forestal y corta de madera en el transcurso de años hasta la corta final. Paralelamente se pueden simular costos y beneficios futuros, con el objetivo de obtener un resultado pronosticado más rápido sobre el efecto económico de cada metodología de los puntos anteriores comparando la suma de costos y beneficios a valor de la moneda en el año 1 y con base en esta comparación, se define el valor neto de la madera en pie, después se calcula la rentabilidad.

Como sustento a este estudio económico se realizaron entrevistas semiestructuradas (*Anexo 3*), en las diferentes ferias y épocas de comercialización, posteriormente se dispuso de una base de datos económicos en Excel, que permitió calcular los costos e ingresos del sistema de producción forestal en la comunidad de Tupuyo, considerando los costos ocurridos hasta la obtención de los productos forestales o

dicho de otra forma los costos de inversión; también se estudió los ingresos obtenidos por tal producción, utilizando indicadores de evaluación de inversión como: el método de la razón Beneficio – Costo principalmente, Valor Actual Neto (*Anexo 3*). En el presente estudio no están cuantificados los costos y beneficios ecológicos.

5.2.3 Tratamiento y clasificación digital (Tercera Etapa)

5.2.3.1 Interpretación visual preliminar

Para conocer la variación general de la cobertura de la tierra en el área de estudio, se procedió a interpretar los macro patrones de cobertura. Esta interpretación visual se fundamentó en los estándares de interpretación como son la textura, el tono, el color, así como la variabilidad de realce. Esto nos ayudó en la comprensión de nuestra área de estudio, pero principalmente en la generación de nuestra leyenda preliminar a nivel jerárquico.

Una de las ventajas de la interpretación visual sobre digital, es su capacidad para incorporar a la interpretación criterios complejos, mientras el tratamiento digital se basa, casi exclusivamente, sobre la intensidad radiométrica de cada pixel (en las distintas bandas). El análisis visual puede utilizar elementos como textura, estructura, emplazamiento o disposición, muy difíciles de definir en términos digitales. Son criterios visuales (Chuvieco, 2006):

- ✦ Tono. "Hace referencia a la intensidad de energía recibida por el sensor para una determinada banda del espectro".
- ✦ Color. El color que aprecian nuestros sentidos es fruto de la reflectividad selectiva de los objetos a distintas longitudes de onda. El ojo humano percibe longitudes de onda comprendidas entre 0,4 y 0,7 μm .
- ✦ Textura. "Se refiere a la aparente rugosidad a suavidad de una región de la imagen; en definitiva al contraste espacial entre los elementos que la componen".

- ✦ Situación Espacial. Indica la localización espacial de la cobertura terrestre de interés (vegetación natural, cultivos), así como su relación con elementos vecinos de la imagen.
- ✦ Período de Adquisición. Una de las principales ventajas de la percepción remota es la observación sistemática de la superficie terrestre: las imágenes pueden ser adquiridas periódicamente facilitando así cualquier estudio que requiera una dimensión multitemporal.

Otros criterios:

- ✦ Sombras: Permite realzar la interpretación de los rasgos geomorfológicos.
- ✦ Patrón espacial: Indica una organización peculiar de individuos dentro de la imagen.
- ✦ Contorno: Facilita diferenciar rasgos particulares. (Una carretera de una vía de ferrocarril).
- ✦ Formas: Permite reconocer elementos individuales en la imagen (aeropuertos, complejos industriales)
- ✦ Visión Estereoscópica: Resulta fundamental para el reconocimiento geomorfológico y de cubiertas del suelo, pues aporta una visión tridimensional del espacio observado.

“Todos estos aspectos relacionados de manera integral, dieron lugar a la elaboración de una clave de interpretación, la cual facilitó la familiarización visual con los distintos patrones de las cubiertas presentes en las imágenes satelitales. No obstante la complejidad de cubiertas y usos llevó a adquirir más elementos de juicio para separar distintas coberturas además de las claves establecidas a priori. Estos elementos de juicio se basaron principalmente en charlas con conocedores del área y especialistas y expertos en los Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos entre otros”.

5.2.3.2 Clasificación Supervisada

La clasificación supervisada se basa en la disponibilidad de áreas de entrenamiento. Estas deben ser áreas lo más homogéneas posibles y en las que sepamos lo que

había el día que se tomó la imagen, para esto usamos los datos de validación de campo y también las imágenes resultantes de la clasificación no supervisada. Este ajuste se lo realizó con el programa ArcGis v.10, llegando a resultados similares y posterior elaboración de mapas finales.

5.2.3.3 Obtención y edición del mapa final de diferencias

Después de obtener los mapas de cobertura de las tres imágenes se realizó la elaboración de un mapa final de comparación de cobertura vegetal, con este dato se procedió a responder el primer objetivo del trabajo de investigación detectando visualmente los cambios que surgieron desde la gestión 1996 hasta la gestión 2014, (Ver Mapas 7, 8 y 9).

5.2.3.4 Detección de cambios de las Plantaciones de Eucalipto

La interpretación de imágenes permite distinguir el tipo de cobertura presente en el suelo y/o la ocupación existente sobre él. Sin embargo, la delineación de áreas con especies específicas así como el eucalipto u otros, la similitud entre las especies complica la medida del área de las plantaciones. Las técnicas de teledetección son cada vez más usadas para la valoración de plantaciones específicas, desde 1980, los datos obtenidos por sensores remotos de satélite han sido considerados como la mejor herramienta para la identificación y monitoreo de especies específicas como el eucalipto.

Con la elaboración de mapas concluida se realizó el análisis visual y la detección de los cambios existentes entre una y otra gestión, se extrajo cantidades de las superficies que cubrían uno y otro tipo de cobertura vegetal para mostrarlos estadísticamente.

Por último se realizó un análisis e interpretación de resultados, mismos que se encuentran a continuación:

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Determinación de la tasa de cambio de las plantaciones de eucalipto e identificación de los factores causantes del cambio de Uso de Suelo.

Mediante la obtención de los puntos GPS en el área de estudio, se determinó la superficie de la comunidad de Tupuyo con 324,61 Has, además del perímetro que es de 9,89 km, con la obtención de los límites cantonales, se obtuvo el área del Cantón de Inquisivi 23.916,04 Has, perteneciente al Municipio de Inquisivi, que se puede apreciar en el (*Mapa N°1 Mapa de Ubicación*).

Se utilizaron las técnicas de teledetección, *clasificación no supervisada* donde se fijó el número inicial de clases, luego el software asignó a los píxeles automáticamente a las distintas clases en base a las operaciones estadísticas utilizando el método también asistido por el ordenador donde los datos numéricos transmitidos por los satélites de observación de la Tierra, y *clasificación supervisada* que se basa en la disponibilidad de áreas de entrenamiento que deben ser lo más homogéneas posibles y en las que sepamos lo que había el día que se tomó la imagen, para esto usamos los datos de validación de campo, para la obtención de las diferentes categorías, se pueden observar las distintas coberturas seleccionadas, ya que la reflectancia o también conocido como la respuesta espectral, hizo diferenciar las distintas coberturas en la imagen satelital, es así que se puede evidenciar a simple vista; la presencia de vegetación y en contraste hasta la ausencia de vegetación o superficies no vegetadas, sufrieron un cambio en el paisaje muy relevante, que constituye un sistema aplicable a todo estudio de cobertura y en especial sobre monitoreo en cobertura arbórea.

6.2 Identificación de categorías

Normalmente, la clasificación se realiza con un conjunto de clases predefinidas en mente. Tal conjunto es llamado esquema de clasificación (o sistema de clasificación). El propósito de este esquema es proporcionar una estructura para organizar y

categorizar la información que puede extraerse de los datos (Rial & González, 2006) citando a (Jensen 1983).

El esquema de clasificación utilizado para la elaboración de los mapas de cobertura vegetal se basó únicamente en su fisonomía, es decir su estructura. Posteriormente con la ayuda de los softwares ArcGis v.10 y ERDAS 2014 se obtuvo las siguientes coberturas que se describen en el siguiente cuadro.

Cuadro 10. Áreas de categorías identificadas del Análisis Multitemporal

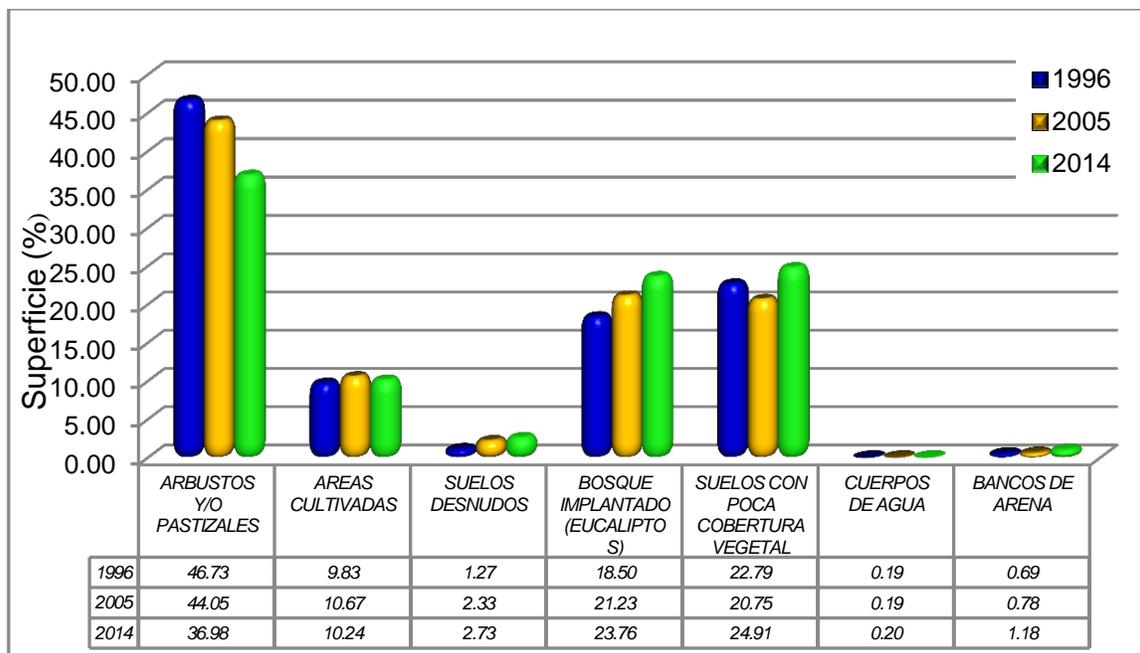
CATEGORIAS	1996		2005		2014		Diferencia 1996 - 2005		Diferencia 2005 - 2014		Diferencia 1996 - 2014	
	(Has)	%	(Has)	%	(Has)	%	(Has)	%	(Has)	%	(Has)	%
Bosque implantado (eucaliptos)	4.424,62	18,50	5.077,48	21,23	5.681,29	23,76	652,86	2,73	603,81	2,52	1.256,67	5,25
Arbustos y/o Pastizales	11.175,05	46,73	10.535,62	44,05	8.843,73	36,98	-639,43	-2,67	-1691,89	-7,07	-2.331,32	-9,75
Suelos con poca cobertura vegetal	5.450,67	22,79	4.963,51	20,75	5.957,55	24,91	-487,16	-2,04	994,04	4,16	506,88	2,12
Áreas cultivadas	2.352,14	9,83	2.552,22	10,67	2.448,17	10,24	200,08	0,84	104,05	0,44	96,03	0,40
Suelos desnudos	303,99	1,27	557,19	2,33	653,44	2,73	253,20	1,06	-96,25	0,40	349,45	1,46
Cuerpos de agua	44,91	0,19	44,39	0,19	48,82	0,20	-0,52	0,002	4,43	-0,02	3,91	0,02
Bancos de arena	164,66	0,69	185,63	0,78	283,04	1,18	20,97	0,09	97,41	0,41	118,38	0,49

Fuente: Elaboración en base al estudio.

Como resultado, las tasas son estimaciones que nos permiten comparar de manera anual cómo se modifican las superficies y en qué dirección lo hacen (ganancia o pérdida) (Velásquez, Durán, Larrasábal, López, & Medina, 2010). Haciendo mención al periodo total de estudio 18 años (1996 a 2014) podemos realizar el siguiente análisis del porcentaje de áreas de las categorías identificadas en el análisis multitemporal que se encuentran en el *cuadro 10*, existió un incremento 5,25 % (1.256,67 Has) en las áreas de Bosque Implantado con Eucalipto, en cuanto a las áreas de arbustos y/o pastizales mencionamos que existió un decremento de 9,75% (2.331,32 Has), los suelos con poca cobertura vegetal incrementaron en 2,12 % (506,88 has), mencionamos también a las áreas que se encuentran en cultivo incrementaron 0,40% (96,04 Has) y finalmente tenemos a áreas de cuerpo de agua y

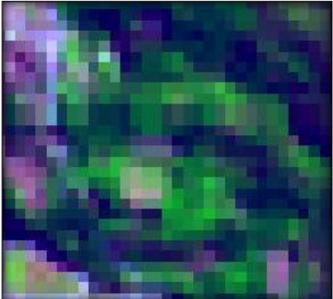
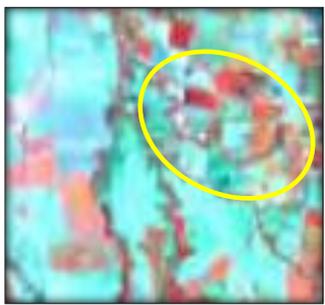
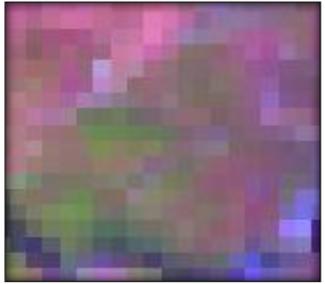
bancos de arena que realizando una sumatoria al porcentaje de incremento que es de 0,51% haciendo un área de 122,29 Has en el Cantón de Inquisivi.

Gráfico 1. Comportamiento de las categorías en los años 1996, 2005 y 2014.



Fuente: Elaboración en base al estudio.

Al comparar las fechas se aprecia un incremento y disminución de una y otra área ocupada. Delgado (2012) en el estudio “Monitoreo de cobertura arbórea a través del análisis multitemporal con imágenes de satélite en la región del bosque de uso múltiple del departamento de Cochabamba”, menciona que la cobertura vegetal no es constante en el tiempo, ya que depende de la época cuando se realice el estudio; la interpretación de ésta depende de si el análisis es efectuado en temporada seca o lluviosa, en la fase del ciclo productivo que se encuentre, la presencia de fenómenos climáticos y el grado de intervención humana a la fecha del estudio. Sin embargo este dato puede darse más en regiones de altiplano y valles donde la vegetación es afectada por el clima, pero en el mencionado trabajo también se indica que la intervención humana influye en los cambios de la cobertura vegetal en diferentes sectores donde pueda habitar el hombre. Es de esta manera que se muestran los diferentes cambios de área en el *gráfico 1*, más adelante se van describiendo los factores causantes del cambio mencionado anteriormente.

	 <p>LandSat 8, RGB – 5,4,3</p>
<p>Área de Bosque Implantado (Eucalipto)</p>	
	 <p>LandSat 8, RGB – 5,4,3</p>
<p>Área de Arbustos y/o Pastizales</p>	
	 <p>LandSat 8, RGB – 4,3,2</p>
<p>Áreas de Cultivo</p>	
	 <p>LandSat 8, RGB – 5,4,3</p>
<p>Suelos con poca cobertura vegetal</p>	

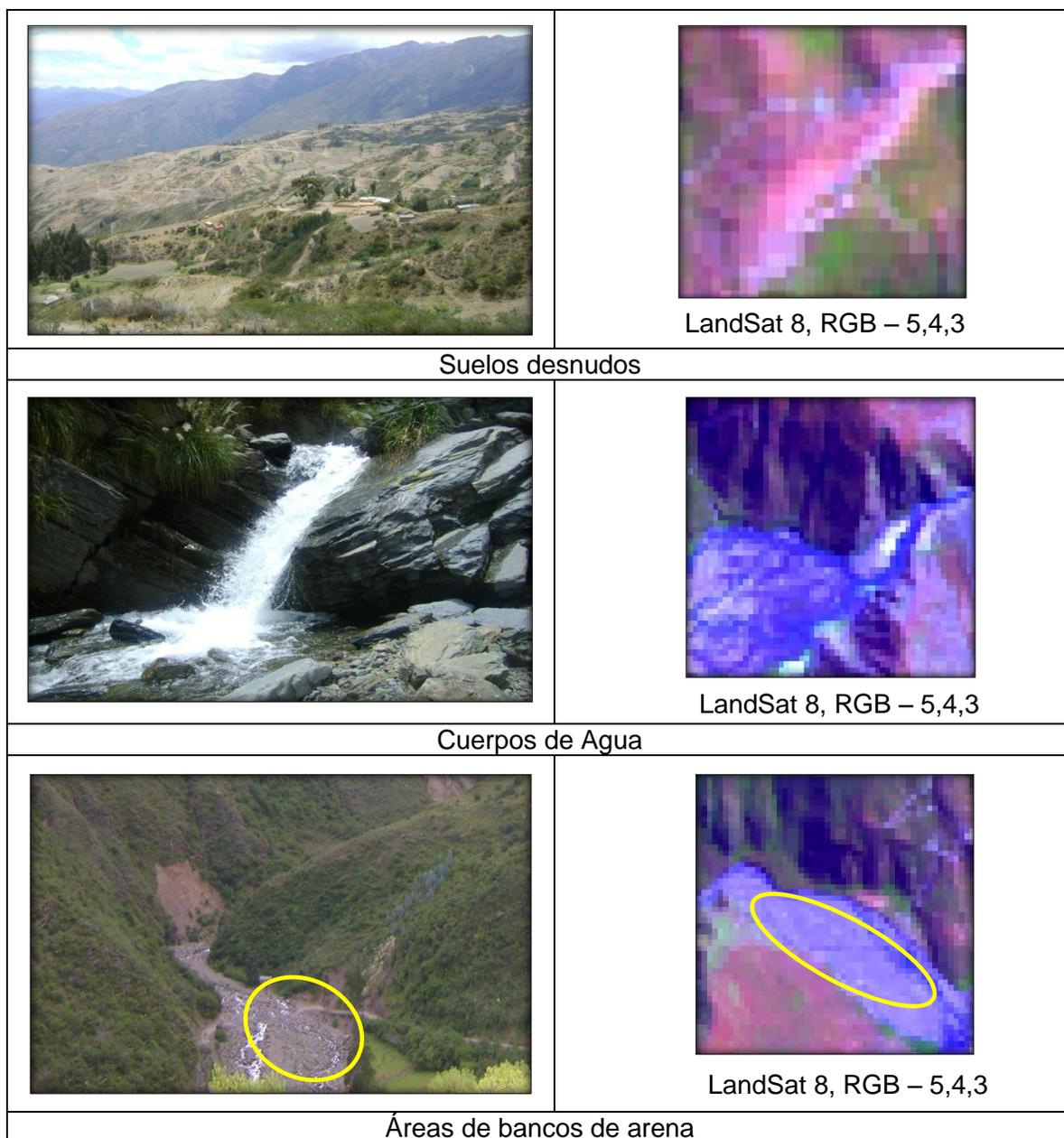


Figura 13. Fotografías e imágenes satelitales de las categorías encontradas en la Evaluación Multitemporal.

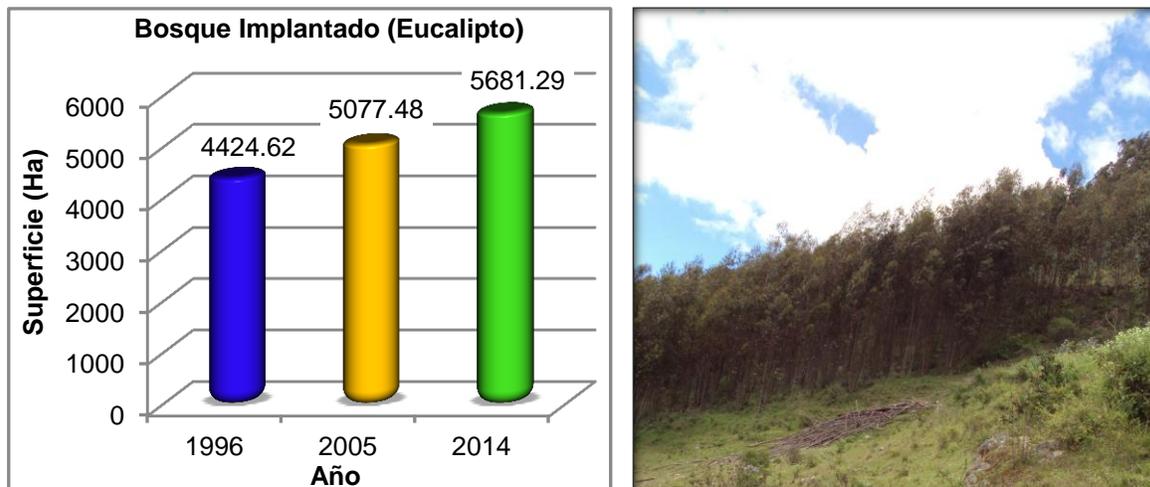
Fuente: Elaboración en base al estudio.

6.2.1 Bosque Implantado (Eucalipto)

Bosque implantado o cultivado, es el obtenido mediante la siembra o plantación de especies maderables nativas y/o exóticas adaptadas ecológicamente al sitio, con fines principalmente comerciales o industriales, en tierras que por sus condiciones

naturales, ubicación y aptitud sean susceptibles de forestación o reforestación, ver figura 13 (Plan de Acción Forestal para Bolivia, 2011).

Gráfico 2. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Bosque implantado (Eucalipto) expresadas en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014.



Fuente: Elaboración en base al estudio.

Las plantaciones de Eucalipto incrementaron como se puede ver en el gráfico 2 en los años 1996 a 2005 con un incremento de 652,86 Has y 603,81 Has en los años 2005 a 2014, es decir las plantaciones de Eucalipto incrementaron en un total de 1.256,67 Has en un periodo de los 18 años (1996 - 2014).

Tras el análisis realizado sobre el incremento de las plantaciones de eucalipto y las respuestas de la encuesta a los lugareños señalamos que los factores involucrados en el incremento de las plantaciones de eucalipto son:

Las plantaciones de eucalipto no requieren manejo agrícola forestal permanente ya que este bosque implantado tendrá una regeneración por brotación después de los cortes rasos; es indispensable controlar el número de brotes por tocones después de cada aprovechamiento, es decir de es una especie de fácil propagación. Además de crecer en pendientes mayores, es decir, en pendientes no aptas para el uso agrícola, ayudan a controlar la erosión en surcos y cárcavas.

La demanda de troncos de eucalipto (Callapos²) es otro de los factores por el incremento de plantaciones de eucalipto el sector, ya que es considerado minero dichos troncos son utilizados como durmientes y como puntales de los socavones.

En la comunidad de Tupuyo aprovechan las hojas del eucalipto para extraer su aceite llamado “eucaliptol”, el cual es utilizado como medicamento natural para los resfríos. Como se conoce el eucalipto es una especie culturizada en la medicina tradicional, hirviendo las hojas se crea ambientes húmedos, llegando a purificar el mismo ambiente en el que uno se encuentra. Lo utilizan para contrarrestar resfríos y tos.

6.2.1.1 Regeneración Natural del Bosque Implantado de Eucalipto

En el bosque de eucalipto se consideró la generación por rebrotes por el manejo silvicultural comercial en el sector, tomando muestras de árboles con rebrotes.

Según las encuestas realizadas en el bosque de la comunidad de Tupuyo no es muy común la regeneración natural por semilla, para la repoblación en las plantaciones de Eucalipto. En el sistema de reforestación se utilizan plantines que proceden de viveros familiares ó de algún proveedor, ya que en el piso altitudinal los eucaliptos tienen una buena regeneración natural, sea por la semilla o rebrote de brinzales

La cantidad de rebrotes después de la corta es de aproximadamente 30 – 40 brotes por árbol, con un manejo silvicultural (poda) se llega a reducir hasta 10 brotes, de los cuales 2 a 3 ramas (fustes) llegan a sobrevivir y/o adquirir el diámetro a la altura del pecho, que el mercado requiere de 7 a 15 cm (Acarapi, 2001).

Según Plan de Acción Forestal para Bolivia, (2011) en el caso específico del Eucalipto, es posible obtener su regeneración por brotación después de cortes rasos; normalmente la segunda brotación en eucaliptos produce mayores rendimientos maderables.

² Son troncos de madera (eucalipto), usado para apuntalar dentro las minas. Antes se utilizaba piedra y se llamaba poteo (http://www.oocities.org/espanol/mi_llallagua.)

6.2.1.2 Aprovechamiento Forestal del eucalipto

Con observaciones y características de la madera en estudio, dentro del bosque implantado Lamprecht, (1990) indica que el eucalipto se caracteriza por ser pesada, dura y a menudo presentar un crecimiento en espiral. La albura³ es delgada, de color gris-amarillento y fácilmente distinguible del duramen color rojizo – marrón. La madera es de resistencia mecánica mediana, elástica, tolera el fuego y es de muy alta durabilidad natural. Es resistente ante la intemperie, al ataque de insectos y se puede trabajar con facilidad. La densidad es muy variable y su valor medio es de 0,77 gr/cm³.

Por las características mencionadas, en la región andina e interandina de Inquisivi la madera del eucalipto tiene muy buena aceptación, es utilizada en la construcción de viviendas, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 11. Productos forestales maderables de eucalipto.

Productos	Características	
	Atura (m)	Diámetro (cm)
Poste	7 - 8	15 - 20
Vigas (sin corteza)	4 - 6	10 - 18
Listones (con corteza)	4 - 6	7 - 10
Callapos (con corteza)	2,5	11 - 18
Puntuales (con corteza)	2,5 – 3,5	7 -11
Huarjatas (sin corteza)	2,5 - 3	1 - 5
Chajellas (con corteza)	4 - 5	5 - 6
Chocos	0,40 – 0.50	0.40 – 0,50

Fuente: Elaboración en base al estudio.

El eucalipto se puede utilizar para todas las aplicaciones, en las cuales se requieren maderas duras, en el agua se pone lisa; es empleada en astilleros, para la construcción de barcos y de vagones; en la fabricación de tablonés para la cubierta de pisos y postes, en construcciones a prueba de fuego y hasta para la producción de fibra (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 2007).

³ Es la capa blanda de la madera de los árboles, situada entre la corteza y el duramen, (www.wordreferene.com)

Se promovió la artesanía en madera, con las ramas y troncos del eucalipto que sirven de materia prima para la fabricación de sillones de jardín, sillas mesas, umbrales para ventanas y puertas. Tradicionalmente se fabrica mangos de herramientas, timones de arado, telares y en la actualidad se viene trabajando con la pequeña artesanía en general.

6.2.1.3 Ecoturismo

El bosque de eucalipto ha sido un paisaje atractivo y de especial panorama dada la gran cantidad de plantaciones existentes, creando un ambiente saludable, húmedo, recomendado en caso de enfermedades respiratorias.

En resumen el aprovechamiento de los bosques en Tupuyo, muestra un manejo actual interesante de sus recursos forestales, como también se observa un gran potencial turístico existente. Los beneficios indirectos son intangibles para los pobladores de la comunidad por lo que no le atribuyen el valor correspondiente.

En cambio los beneficios directos o remunerables, están muy bien identificados por los mismos, otorgando al bosque de eucalipto mayor prioridad e interés en su manejo. Como se expone en el siguiente cuadro.

6.2.1.4 Uso del eucalipto en el sistema de manejo y conservación de recursos naturales

El eucalipto muchas veces es clasificado como una especie que propicia la erosión del suelo. En el área de estudio y en gran parte de la provincia Inquisivi está especie ha demostrado buena adaptación, la zona presenta características ambientales típicas del lugar de origen del eucalipto, por ello se atribuye el buen crecimiento y desarrollo de la especie. Además el bosque de eucalipto es útil como cortina rompevientos, protege al suelo en pendientes muy pronunciadas, dadas las características topográficas de la región valles interandinos y también actúa como defensivo a riberas del río (ver *cuadro 12*).

Cuadro 12. Productos forestales maderables y no maderables de eucalipto.

USOS – PRODUCTOS	PARTE UTILIZADA	FUNCIONES - BENEFICIOS
A. Uso maderable forestal		
1. Construcción en general	1. Tronco (madera) y ramas primarias	1. Material de construcción para viviendas, remos, escaleras. Minería
a. Vigas	a. Tronco	2. Agricultura
b. Listones	b. Ramas primarias	3. Productos para el bienestar humano
c. Callapos	c. Tronco	4. Productos para el bienestar humano
d. Puntales	d. Ramas secundarias	5. Productos para el bienestar humano
e. Huarjatas	e. Ramas terciarias	
f. Chajellas		
2. Postes	2. Tronco	
3. Pequeña artesanía - juguetería	3. Tronco (madera), ramas primarias	
4. Muebles (artesanales)	4. Tronco (madera)	
5. Mangos para herramientas	5. Ramas primarias y secundarias, hojas	
6. Leña	6. Ramas secundarias y terciarias	
7. Pulpa y papel	7. Celulosa, lignina y otros	
B. Usos de productos no maderables:		
1. Extractivos - Aceite esencial (eucalipto)	1. Hojas	1. Materia prima - medicina
2. Farmacopea	2. Hojas, ramas secundarias	Analgésico, expectorante
C. Sistemas de manejo y conservación de recursos naturales:		
1. Conservación de suelos	1. Árboles en pie	2. Protegen al suelo de erosiones (éolica e hídrica) como cercos vivos.
D. Ecoturismo		
1. Paisaje, panorama	1. Bosque de eucalipto	Terapia para vía respiratoria.

Fuente: Elaboración en base al estudio.

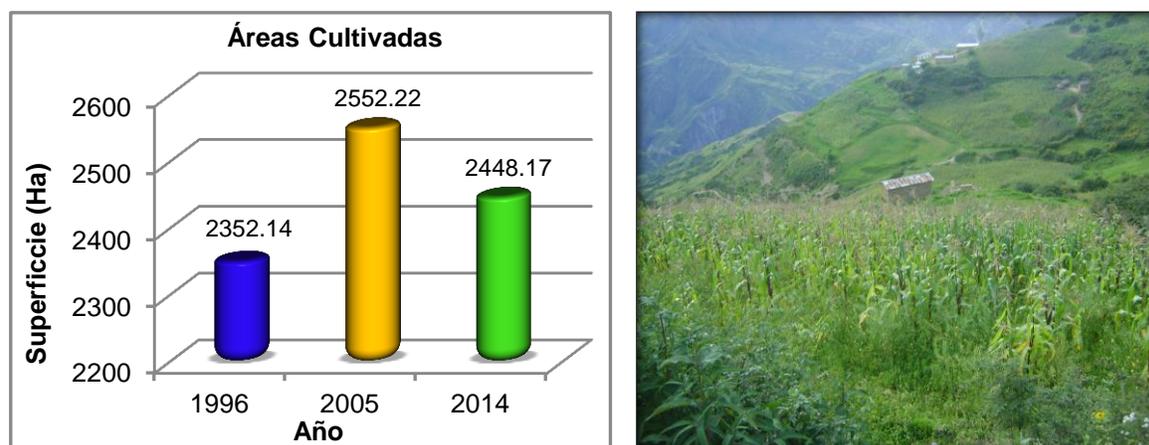
La utilización actual del suelo, Tarqui (2013), indica que las plantaciones de Eucalipto se encuentran en las serranías (cimas, laderas superiores, intermedias e inferiores), las comunidades del cantón de Inquisivi presentan, una tendencia plantaciones de eucalipto, en la totalidad de las comunidades, aumentando el área forestal de plantaciones de Eucalipto en la cimas de las serranías. En cuanto a las plantaciones de eucaliptos, su uso mayor es como callapos para construcción y uso minero. También se usan para la extracción de aceites. El de uso capital es bajo, regular, la

fuerza predial se caracteriza por ser de forma manual y motorizada y las técnicas de manejo y explotación es la tala.

6.2.2 Áreas de cultivo

Son aquellas áreas cuya vegetación natural ha sido removida y remplazada o modificada por otros tipos de vegetación requiere de diversas acciones humanas para mantenerse en el tiempo sea con previa preparación del medio o después de iniciado el cultivo. Estas superficies tienen una cobertura temporal, toda la vegetación plantada o cultivada con el propósito de obtener cosecha está incluida en esta categoría (campos de cultivo, huertos, plantaciones o a los cultivos alternativos como: maíz, cebada, avena, hortalizas y otras muchas, ver *figura 13* (Delgado, 2012).

Gráfico 3. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Áreas cultivadas expresadas en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014



Fuente: Elaboración en base al estudio.

Las áreas clasificadas como áreas cultivadas, incrementaron de 200.08 Has en el periodo 1996 – 2005 como se muestra en el *gráfico 3*, las área cultivables sufrieron un decremento de 104,05 Has y en el periodo 2005 – 2014, finalmente indicamos que las áreas cultivadas tuvieron un incremento de 96,03 Has en el periodo de 18 años.

Realizando el análisis del incremento de las áreas de cultivo debido al consumo local además de la extracción al mercado de las ciudades de La Paz, Cochabamba y Oruro. La disminución de áreas de cultivo se debe a diferentes factores como ser:

mayor producción de las plantaciones de Eucalipto a mayor rentabilidad de la misma (como se muestra en el punto 6.2), de tal manera que ya no existe producción intensiva de cultivos agrícolas, además de la emigración de las personas jóvenes a las ciudades capitales de La Paz, Cochabamba, Oruro principalmente con el fin de estudiar en las casas de Educación Superior, y ciudades extranjeras como Argentina y Brasil donde se dedican a la costura para percibir “mejores ingresos”.

Tarqui (2013), clasifico las áreas de cultivo en agricultura anual extensiva que se realiza en alturas menores a 3000 m.s.n.m. donde se realizan en laderas inferiores, intermedias y terrazas aluviales.

Estos tipos de utilización se caracterizan ya que, no se emplean capital e insumos de modo significativo en la planificación de la explotación del suelo, ya que ello se da por las cualidades de las zonas, así también explicando que presenta una fuerza predial para la realización de las diferentes prácticas agrícolas, que son del tipo animal y manual, evitándose la fuerza motorizada debido a su topografía, usan capital e insumos en pequeña proporción debido a que su economía es baja.

Podemos nombrar que se realizan la explotación agrícola mediante los cultivos en el cantón de Inquisivi, Zapallo (*Curcubita máxima*), Lacayote (*Curcubita sp.*), Maíz (*Zea mayz*), Papa (*Solanum tuberosum*), Pimentón (*Capsicum annum*), Racacha (*Arracacia xanthorrhiza*); Caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), Chirimoya (*Annona cherimola*), Coca (*Erythroxylum coca*), Locoto (*Capsicum sp.*), Trigo (*Triticum aestivum*), Papaliza (*Ullucus Tuberosum*), Tomate (*Lycopersicum sculentum*), Frijol (*Phaseolus vulgaris*), Camote (*Ipomea batata*); Cebada (*Hordeum vulgare*), Avena (*Avena sativa*), Haba (*Vicia faba*), Amaranto (*Amaranthus caudatus*), Arveja (*Pisum sativum*), Oca (*Oxalis tuberosa*), Cebolla (*Allium cepa*), zanahoria (*Daucus carota*), Ajo (*Allium sativum*).

En la agricultura perenne extensiva no se emplean capital e insumos de modo significativo en la planificación de la explotación del suelo, ya que ello se da por las cualidades de las zonas, así también explicando que presenta una fuerza predial para la realización de las diferentes prácticas agrícolas, que son del tipo animal y manual, evitándose la fuerza motorizada debido a su topografía, donde se usa capital

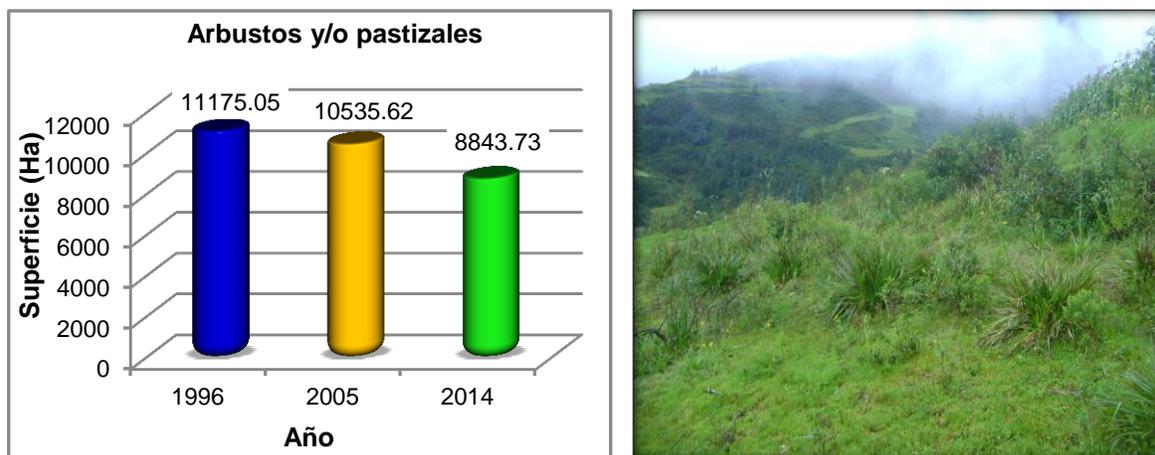
e insumos en pequeña proporción debido a que su economía es baja. Se caracteriza por presentar los cultivos: Chirimoya (*Annona cherimola*), Lima (*Citrus aurantifolia*), Limón (*Citrus limón*), Mandarina (*Citrus delicius*), Durazno (*Prunus pérsica*), Ciruelo (*Prunus domestica*), Damasco (*Prunus americana*), Pera (*Pyrus communis*).

6.2.3 Arbustos y/o Pastizales

Arbustos es aquella planta que ostenta una larga vida y se caracteriza morfológicamente por su altura media, su tallo leñoso y corto y la presentación de ramas desde su misma base.

Se llama pastizal a aquella extensión de terreno que se caracteriza por la presencia de un pasto abundante. Estos ecosistemas en los que abundan las hierbas que crecen de manera silvestre pueden ser naturales o ser el resultado de la creación humana para criar ganado, darles de comer a vacas, ovejas, entre otros, o tener una motivación recreacional o deportiva ver *figura 13* (www.definicionabc.com/medio-ambiente/pastizal.php). La importancia de la vegetación en sus formas arbóreas, arbustivas y herbáceas radica en la protección del suelo, intercepción del agua de lluvia y mantenimiento del caudal de los ríos.

Gráfico 4. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Arbusto y/o Pastizales en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014



Fuente: Elaboración en base al estudio.

Las áreas con arbusto y/o pastizales disminuyeron 639,43 Has, entre los años 1996 a 2005 como se muestra en el *gráfico 4* así mismo hubo un decremento de 1.691,89

Has en el periodo de 2005 a 2014, finalizando mencionamos que las áreas de arbustos y pastizales disminuyeron en un total de 2.331,32 Has en el periodo de 18 años.

Analizando los resultados obtenidos de los mapas (7, 8 y 9) y las encuestas realizadas se llega a la conclusión de que las plantaciones de eucalipto al ser especies con fácil propagación y adaptación a la zona reemplazaron áreas arbustivas y pastizales, ya que el eucalipto es una especie alelopática⁴, es decir no permite que otras especies broten a su alrededor otro de los factores es la habilitación de superficies para los cultivos anuales como se mencionó en los *punto anterior*.

Tarqui (2013), indica que las tierras de uso pecuario (ganadería extensiva con bovinos, equinos y ovinos en campos naturales) corresponde a las serranías (cima, ladera superior e intermedia), generalmente no se invierte capital en la explotación o mejoramiento del suelo. Se practica el pastoreo disperso en campos naturales y en campos agrícolas en descanso. El uso de insumos es bajo, solo se da como suplemento a los animales sal cada tres meses.

El Tipo de Utilización de Tierras Ganaderos, presenta las siguientes características, en una totalidad de las comunidades presenta una cantidad de ganado muy bajo ya que solo se observó el manejo de ganado del tipo ovino y bovino aprovechando de los campos o praderas natural que existen en el área de estudio, donde no llegan a sembrar forraje para el consumo animal a diferencia de algunas pequeñas áreas que presento algunas comunidades de Inquisivi, Machacamarca y Titipacha, de tal manera que no son datos significativos para el estudio.

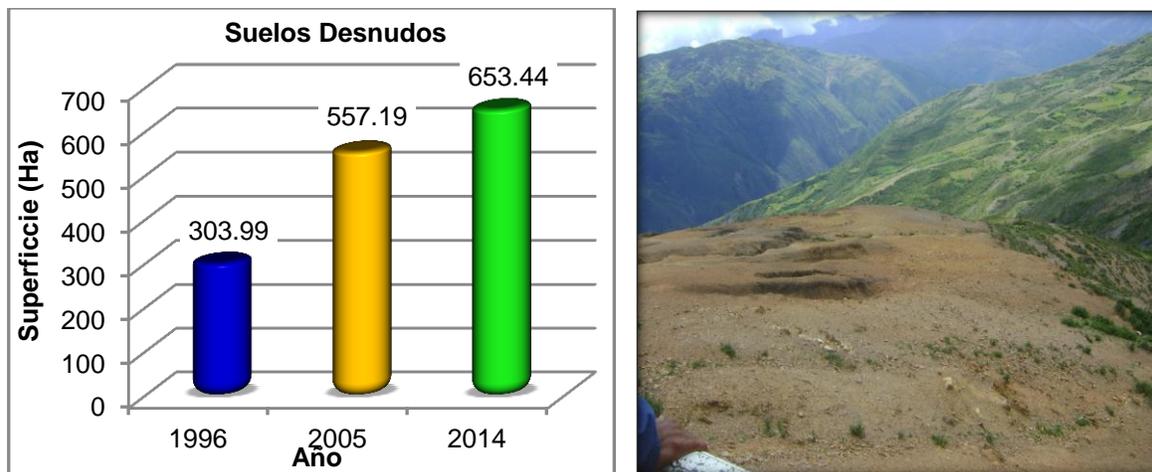
Ya que no son comunidades de explotación intensiva ganadera, presenta una fuerza predial manual, y un nivel de inversión de capital bajo o nulo en cuanto a los insumos.

⁴ Implica la liberación al entorno por una planta de un compuesto químico que causa un efecto sobre otra. Siguiendo esta definición en todo fenómeno alelopático existe una planta (donor) que libera al medio ambiente por una determinada vía (ej. Lixiviación, descomposición de residuos, etc.) compuestos químicos los cuales al ser incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre germinación, crecimiento o desarrollo de esta última, www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm.

6.2.4 Suelos desnudos

Se refiere a áreas donde se incluyen a aquellas coberturas que poseen una cobertura vegetal menor al 5%, que comprende afloramientos, ver *figura 13* (Delgado, 2012).

Gráfico 5. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Suelos desnudos expresadas en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014



Fuente: Elaboración en base al estudio.

Los suelos desnudos se incrementan en periodo 1996 a 2005, en 253,2 Has como muestra el *gráfico 5* y 96,25 Has en el transcurso de los años 2005 a 2014. Mediante el estudio que se realizó se muestra que los suelos desnudos incrementaron 349,45 Has en el periodo de 18 años (1996 - 2014).

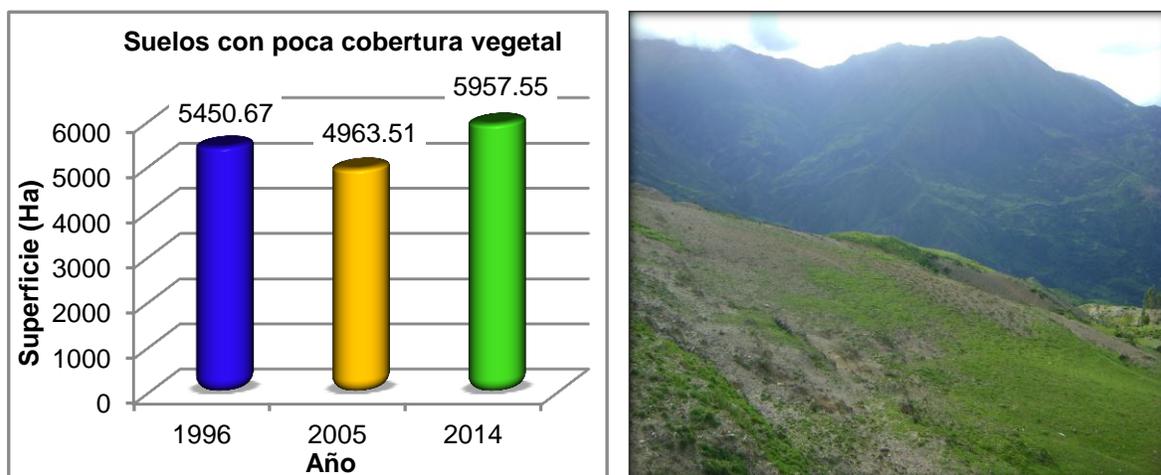
Realizando el respectivo análisis de los resultados obtenidos y la encuesta realizada, los factores que conllevan al incremento de las áreas de los suelos desnudos se deben a la erosión eólica, hídrica y gravedad. Ya que en los meses de lluvia (Diciembre a Marzo) se va produciendo la erosión hídrica por el arrastre de partículas de suelo y causando erosión laminar y con el tiempo se va convirtiendo en erosión en surcos, con la pérdida de nutrientes, materia orgánica y otros componentes desde su lugar de origen hacia otros sitios. La erosión eólica producida en los meses secos (Julio a Noviembre) que es el arrastre de las partículas sueltas de suelo por la fuerza de los vientos, generalmente este tipo de erosión se da en las partes altas del cantón de Inquisivi.

Tarqui (2013), indica que los suelos eriales y desnudos que tienen una extensión equivalente a 584.81 Has asociado a afloramientos rocosos.

6.2.5 Suelos con poca cobertura vegetal

Sin embargo no solo presentan áreas cultivadas, también son sectores que fueron habilitados para la siembra y que por alguna razón, dejaron de cultivarla y comenzaron a emerger hierbas de diferentes especies cubriendo el suelo pero a una altura no mayor a 1 metro, ver *figura 13* (Delgado, 2012).

Gráfico 6. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Suelos con poca cobertura vegetal, expresadas en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014.



Fuente: Elaboración en base al estudio.

Los suelos con poca cobertura vegetal tienen un decremento en el periodo de 1996 a 2005 en 487,16 Has y un incremento de 994,04 Has de 2005 a 2014 finalizando la comparación se tiene que en un periodo de 18 años (1996 a 2014) hubo un incremento de 506,88 Has.

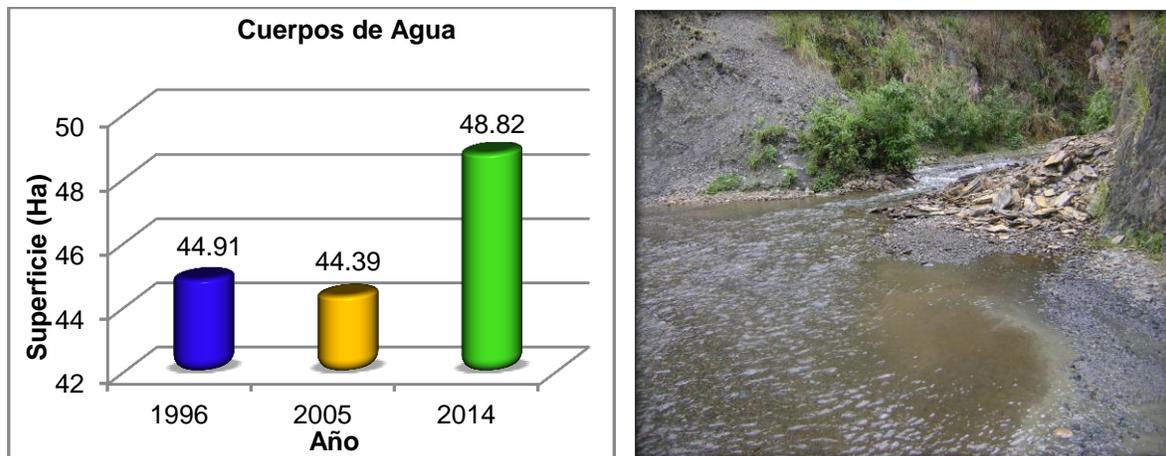
Realizando el respectivo análisis de los resultados del *gráfico 6* y las encuestas se observó un decremento en el periodo 1996 – 2005 el cual se debe a los siguientes factores, existió la habilitación de nuevas áreas para las plantaciones de Eucalipto como se menciona en el *punto 6.2.1*, de la misma manera se tiene la habilitación de nuevas áreas de cultivo como se mencionó en el *punto 6.2.2*, son los dos factores principales para el decremento del área de los suelos con poca cobertura vegetal.

En cuanto al incremento de área de los suelos de poca cobertura vegetal se debe a que los comunarios dejaron de sembrar en ciertas áreas de cultivo anual por lo que brotaron diferentes especies del lugar.

6.2.6 Cuerpos de Agua

Se refiere a superficies naturalmente cubiertas por agua o nieve tales como lagos, lagunas, ríos, campos de nieve permanente o temporal, ver *figura 13* (Delgado, 2012).

Gráfico 7. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Cuerpos de Agua en Ha, durante los años 1996, 2005 y 2014



Fuente: Elaboración en base al estudio.

Los resultados obtenidos del *grafico 7* y los *mapas 6,7 y 8*, indica que hubo ligeras variaciones de decremento de 0,52 Has en el periodo 1996 a 2005, en el periodo 2005 a 2014 existió un incremento de las superficie de los cuerpos de agua en 4.43 Has, finalizando mencionamos que existió un incremento de 3,91 Has en el periodo total de 1996 a 2014 en un periodo de 18 años.

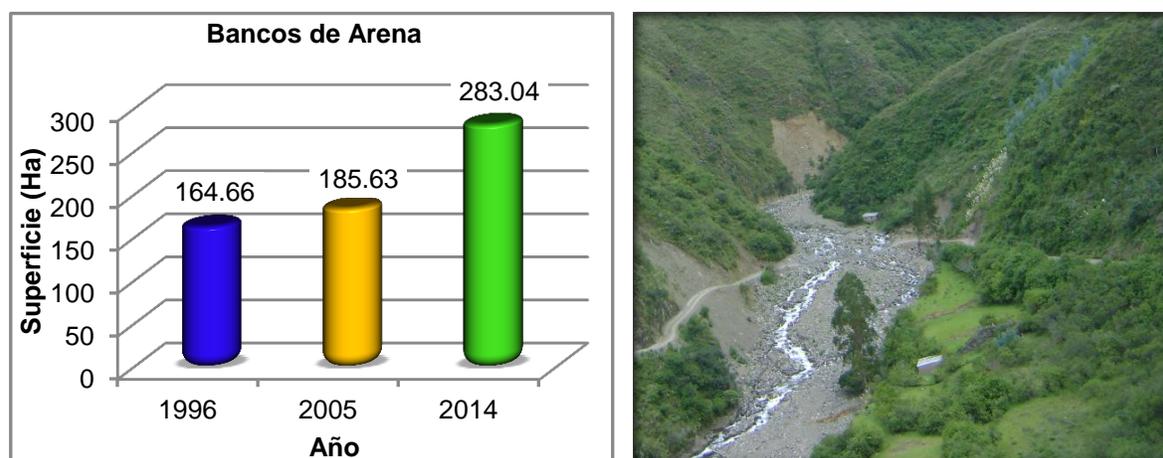
Realizando el análisis de los resultados se tiene un incremento mínimo del área de los cuerpos de agua, el factor principal que influye en este cambio es el deshiele de los nevados causados por el cambio climático (fenómeno del niño y la niña) causando incremento de la temperatura lo que provoca el derretimiento de los nevados y por ende el incremento de áreas de cuerpos de agua.

Tarqui (2013), indica que las fuentes de agua provienen de las precipitaciones pluviales, deshielo de la cordillera y vertientes. En su generalidad los ríos y las vertientes mantienen un caudal regular durante todo el año presentando disminuciones en la época seca del año.

6.2.7 Bancos de Arena

Se refiere a áreas de depósitos de arena o también llamados bancos de arena, ver figura 13 (Delgado 2012).

Gráfico 8. Análisis multitemporal de la cobertura clasificada como Bancos de Arena en Has, durante los años 1996, 2005 y 2014



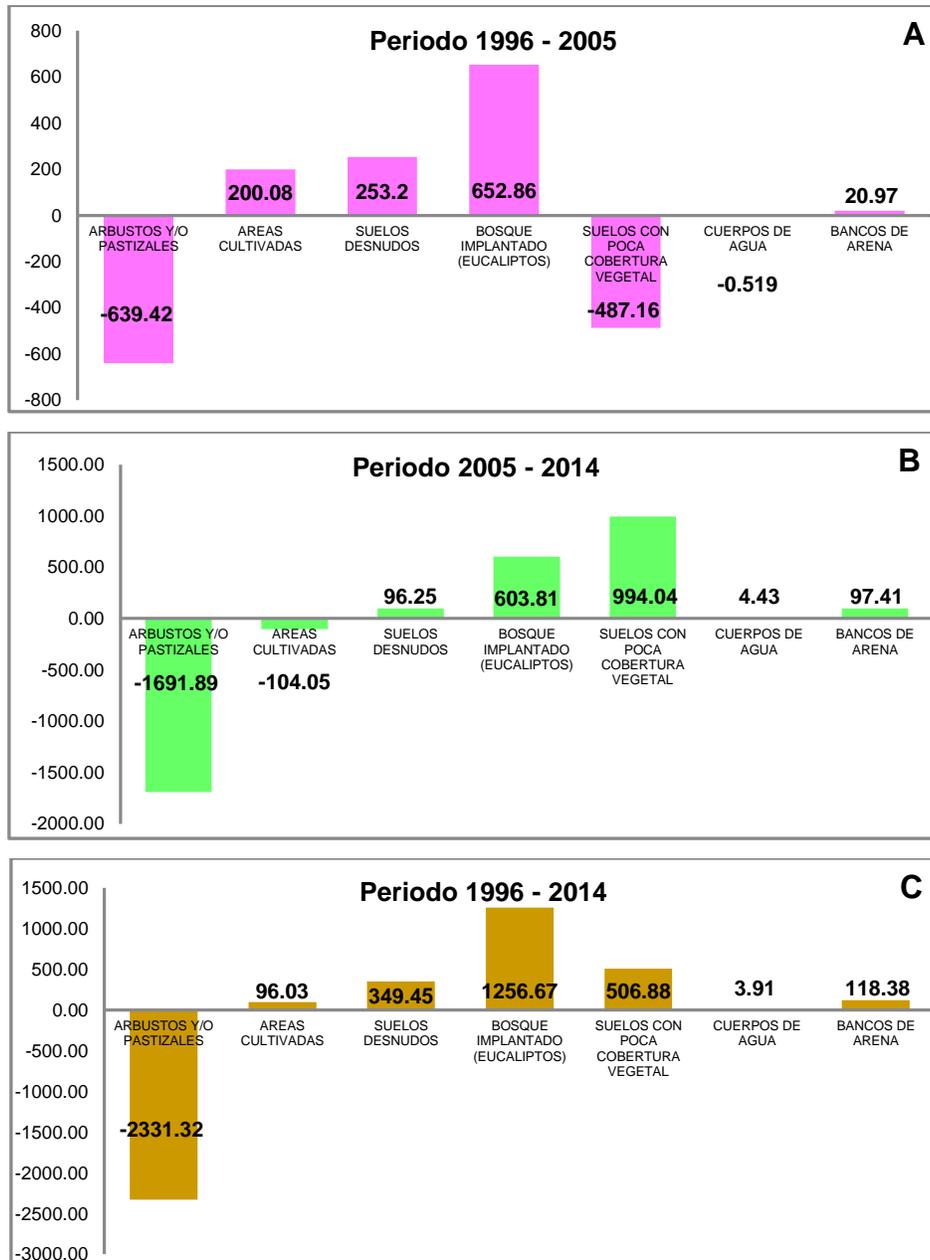
Fuente: Elaboración en base al estudio.

Las áreas con bancos de arena incremento 20,97 Has, entre los años 1996 a 2005 como se muestra en el gráfico 8 así mismo hubo un incremento de 97,47 Has en el periodo de 2005 a 2014, para finalizar observamos que en todo el periodo de 18 años existió un incremento de la superficie de bancos de arena en un total de 118,38 Has.

Analizando los resultados obtenidos y las encuestas realizadas mencionamos que el incremento de los bancos de arena se debe a que en época de lluvia existe incremento del caudal del río por lo que va socavando y causando derrumbes y de esta manera las partículas de suelos se van lavando y en época seca quedando como bancos de arena.

Realizando una síntesis de los cambios presentados en el uso de Suelo del Cantón de Inquisivi en los últimos 18 años, presentamos el siguiente gráfico donde se puede observar el comportamiento de cada categoría encontrada, en los tres años de estudio con imágenes satelitales.

Gráfico 9. Cambio de las áreas de las categorías de la evaluación multitemporal en Has, en los periodos estudiados.



Fuente: Elaboración en base al estudio.

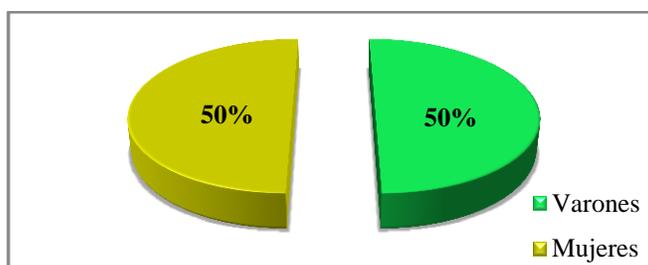
Como se puede observar en el *gráfico 9*, período 1996 a 2014 se puede destacar que la tendencia es de disminución del área arbustos y/o pastizales lo que es debido a la habilitación áreas para plantaciones de eucalipto y áreas de cultivo. Se tiende al incremento de las áreas de suelo desnudo y bancos de arena, tal como se muestra en el *gráfico 8* y en los mapas 7, 8 y 9 de clasificación supervisada y no supervisada. También se muestran en matrices de transición que describen las superficies ocupadas por los seis grupos de coberturas (*cuadro 10*).

6.3 Identificación de los impactos socioeconómicos del cambio de la producción de Eucalipto

Para poder identificar los impactos socioeconómicos que se han producido en el transcurso de los últimos 18 años en la Comunidad de Tupuyo, se hizo el uso de encuestas realizadas a sus familias.

Es necesario mencionar que la población asentada es Aymara y Quechua, teniendo también como lengua nativa, los descendientes de los primeros pobladores desde su tercera generación han ido perdiendo lo que es la identidad y su lenguaje, adoptando el castellano como lengua principal.

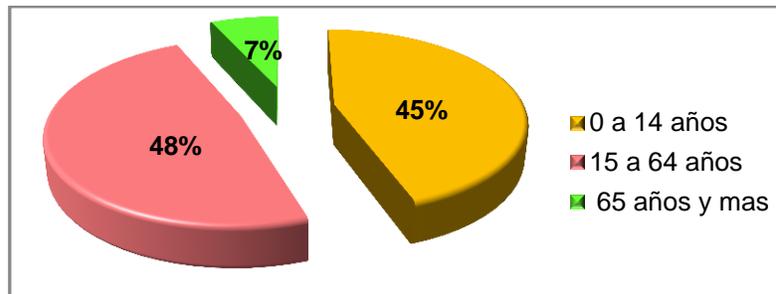
Gráfico 10. Demografía de la Comunidad de Tupuyo.



Fuente: Elaboración en base al estudio.

Se observó un marcado predominio de habitantes del sexo masculino con relación al femenino, las encuestas muestran datos de 50% de varones y 50% de mujeres de todas las edades, como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 11. Habitantes de la Comunidad de Tupuyo por edades.



Fuente: Elaboración en base al estudio.

De acuerdo al estudio realizado en la Comunidad de Tupuyo, se tiene un promedio ponderado de 6 miembros por familia, existiendo algunas familias compuestas por 4 miembros. Del total de la población se deduce que la población de 15 a 64 años es la población en mayor cantidad.

Por las características de la economía basada en una agricultura de subsistencia, en épocas de estiaje la población de Inquisivi es afectada por migración constante hacia los centros urbanos como ser La Paz, Cochabamba, Oruro y El Alto a realizar trabajos temporales y por motivos de estudio en universidades. En el contexto de que no existen mejores condiciones de vida, ni incentivos para mejorar el nivel de vida, esto motiva a la migración sobre todo en la población joven de 18 años.

Los varones que migran se ocupan principalmente en trabajos de albañilería, y en otras actividades como el comercio, transporte y confección en algunos casos. En el caso de las mujeres, se observa que la mayoría de las emigrantes se dedican al empleo doméstico, algunas a la artesanía y la confesión.

6.3.1 Volumen maderable del Eucalipto

El bosque de Eucalipto en Tupuyo, tiene una vocación comercial y de uso doméstico, el uso de la leña de eucalipto de buena calidad mitigó la utilización y/o explotación del bosque nativo.

Con el muestreo realizado en plantaciones homogéneas de Eucalipto es aproximadamente 62 Has, con pendiente mayores a 45% se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 13. Volumen maderable de eucalipto

	Densidad de árboles/Ha	Área basal m ² /Ha	Volumen m ³ /Ha	
			Total	Comercial
Mínimo	1.700	9,44	51,44	27,99
Máximo	7.800	12,34	69,44	33,95
Promedio del Total de las muestras	4.112,5	13,87	97,12	51,73

Fuente: Elaboración en base al estudio.

Se determinó la cantidad de 4.112 árboles de eucalipto por hectárea, equivalente a 97 m³ de volumen maderable total y 52 m³ de volumen maderable comercial; estas cifras consideran plantaciones nuevas y aquellas con aprovechamiento de rebrotes, cada 4 a 5 años después de la primera cosecha.

Las plantaciones de eucalipto tienen un manejo silvicultural comercial muy particular, por lo que es necesario especificar plantaciones nuevas, de las plantaciones con turnos de corta ó manejo de rebrotes, como se demuestra en los siguientes cuadros.

Cuadro 14. Volumen maderable de eucalipto en plantaciones nuevas – bosque de eucalipto.

	Densidad de árboles/Ha	Área basal m ² /Ha	Volumen m ³ /Ha	
			Total	Comercial
Mínimo	1.700	9,44	51,44	27,99
Máximo	2.000	32,12	297,52	161,81
Promedio	1.850	20,78	174,48	94,90

Fuente: Elaboración en base al estudio.

Cuadro 15. Volumen maderable de eucalipto en plantaciones con cortas intermedias – bosque de eucalipto.

	Densidad de árboles/Ha	Área basal m ² /Ha	Volumen m ³ /Ha	
			Total	Comercial
Mínimo	3.000	6,32	30,04	15,49
Máximo	7.800	12,35	69,44	33,95
Promedio	5.400	9,34	49,74	24,72

Fuente: Elaboración en base al estudio.

6.4 Análisis económico del aprovechamiento global de la especie forestal en estudio en la comunidad de Tupuyo

Para la realización del análisis económico, fue necesario disponer a obtener información secuencial de las actividades forestales anuales *Cuadro 16*, además de los correspondientes costos y beneficios como consecuencia del manejo actual de producción forestal en el sector.

Cuadro 16. Calendario de actividades forestales.

MES	ACTIVIDADES FORESTALES	FERIAS PARA LA COMERCIALIZACIÓN	
Enero	Transplante de plantines de eucalipto		
Febrero	Corta de Eucalipto	Patacamaya Candelaria –	
Marzo	Corta de Eucalipto	Patacamaya Candelaria –	
Abril	Corta de Eucalipto	Semana Santa Ramos –	
Mayo	Almacigo de eucalipto	Feria del Norte (Oruro)	
Junio	Poda - raleo de: eucalipto		
	Almacigo, cosecha de semilla de eucalipto		
	Poda		
	Corta de palizada		
Julio	Corta de palizada y fabricación de aperos de labranza con aliso		
Agosto	Corta de palizada		
	Corta de palizada, pelado de palos, fabricación de aperos y otros.		
Septiembre	Corta de palizada		Feria de Caracollo
Octubre	Corta de palizada		
Noviembre	Plantación de eucaliptos		
Diciembre	Transplante de eucaliptos	Feria de Topoco Patacamaya –	

Fuente: Elaboración en base al estudio.

Los beneficios económicos existen por el aprovechamiento forestal, de los bosques (eucalipto), permitieron establecer el análisis económico sobre el manejo y uso actual de la producción forestal en el sector, como base de la economía familiar.

En la comunidad de Tupuyo se reconocieron beneficios socioeconómicos (en el punto 6.1.2.2.2) directos e indirectos. En el análisis económico se enfatizó en

aquellos beneficios cuantificables, no dejando de mencionar los beneficios indirectos que coadyuvan a los anteriores.

6.4.1 Beneficios indirectos

Los beneficios intangibles son difíciles de valorar y cuantificar, por ejemplo los beneficios sociales y ecológicos. En la comunidad de estudio se identificaron los siguientes beneficios indirectos.

- El beneficio social dentro la comunidad Tupuyo corresponde la concientización adquirida por parte de los comunarios en los diferentes aspectos de manejo de bosque, en la misma que se mostraron alternativas del uso integrado (artesánías, apicultura, medicina tradicional y otros).
- La utilización de leña de eucalipto, redujo la presión antrópica hacia el bosque nativo, particularmente de aliso.
- La extracción de productos y subproductos forestales no maderables del bosque son valorados por el uso doméstico que los habitantes de Tupuyo les otorgan.

6.4.2 Beneficios directos monetarios

El beneficio cuantificable y de mayor importancia económica para los pobladores de Tupuyo, es el ingreso monetario obtenido anualmente por los productos forestales maderables, los mayores ingresos provienen concretamente de las plantaciones de eucalipto, el manejo silvicultural comercial del mismo, constituye la actividad forestal primaria Tupuyo, la efectiva demanda de los productos forestales maderables de eucalipto en el mercado local nacional, crea el intercambio y determina los precios o valores monetarios. Los precios de estos productos asumen los costos de inversión más la ganancia reconocida. Por tanto el análisis económico está orientado hacia el aprovechamiento del eucalipto.

El análisis económico se realizó en función de la inversión propia del poblador de Tupuyo, Inversiones que ingresan de forma específica en dos rubros:

- Manejo de plantaciones de eucalipto propios del sector en estudio.

- Transformación de la manera en productos con valor agregado.

6.4.2.1 Factores de producción forestal en plantaciones

Dentro del primer rubro indicado en el *punto* 6.3.2, intervienen los factores de producción forestal en plantaciones de eucalipto y los costos que ello significa.

El siguiente cuadro muestra factores principales de producción y comercialización en plantaciones de eucalipto, con la asignación porcentual del costo total de inversión a la vez, se describe brevemente cada actividad desarrollada para el crecimiento de plantaciones de eucalipto en Tupuyo.

Cuadro 17. Factores principales que intervienen en los costos de producción y comercialización en una hectárea de plantación de eucalipto.

FACTORES	ACTIVIDADES	COSTOS \$us	%	
Preparación del terreno	Desmante de la vegetación, marcación, cavado de hoyos.	48,96	1	
Plantación	Transporte de plantines, abonos y distribución de los mismos, plantío.	31,64	0,7	
Adquisiciones	Plantines, herramientas e insumos.	415,92	9,2	
Mantenimiento	Labores culturales	1° Año	312,24	6,9
		2° Año a 8° Año	166,39	3,7
		9° Año a 12° Años)	95,08	2
Aprovechamiento	Cortes o cosechas en los años de producción. (2 Cosechas). El tiempo de crecimiento y madurez que Tupuyo espera para la primera cosecha o corta es de 7 a 11 años promedio obteniendo un diámetro de aproximadamente 14 cm y una altura de 15 a 17 m, posteriormente se cosecha cada 3 a 5 años dependiendo del producto demandado (vigas, callapos, puntales). Después de la primera corta se comercializa con los rebrotes, realizando podas raleos, cada individuo llega a constituir tan solo 3 a 4 ramas generalmente.	1.275,4	28,3	
Transporte	Se liga estrechamente al aprovechamiento del bosque y parte de su costo es directo e ineludible.	1.948	43,2	

Mercado - Comercialización	Intervienen el mayor número de productores y consumidores, llevando al mismo lugar más productos, más cantidades y calidades, estableciendo una selección por parte de los consumidores, existiendo acopiamiento de una misma mercadería útil, para que el consumidor pueda, a su vez, programar más oportunamente su utilización.	213,2	5
Total	Costo de producción para 12 años de proyección.	4.506,83	100

Fuente: Elaboración en base al estudio.

El cuadro anterior muestra los factores de mayor demanda de inversión como: el aprovechamiento forestal (28%) y la comercialización propiamente dicha (43%).

El análisis económico está calculado a 12 años de horizonte, periodo que fluctúa dependiendo del aprovechamiento del bosque por la oferta y demanda del mercado.

Básicamente el uso de la mano de obra (familiar, contratada) en horas de trabajo en Tupuyo, es igual a 0,51 \$us/hr, monto que se designa como constante en las diferentes actividades u operaciones ejecutadas.

La cantidad de insumos como: herramientas, maquinarias, plantines y otros, son estimados por el horizonte de silvicultura y evaluación comercial del eucalipto.

6.4.2.2 Comercialización de la madera de eucalipto

Para que la madera llegue en buenas condiciones al centro de consumo, se harán necesarias las siguientes actividades:

Limpieza (roza): Se realiza (roza) días antes de la actividad del corte de las trozas; la misma permite dejar los rodales, sin vegetación arbustiva construyendo a la propia actividad del aprovechamiento maderero.

En el corte de los árboles se debe tener técnicas (corte) sistemáticamente coordinadas; esta operación toma en cuenta la altura del corte, que fluctúa entre 20 a 40 cm, sobre el suelo, para facilitar el desarrollo óptimo de los rebrotes. (Se recomienda un corte en bisel).

Limpieza de la troza y marcación: Esta actividad se refiere a la eliminación de todas las ramas principales de la troza, una vez que el árbol este apeado, de tal forma de dejar totalmente limpio el tronco principal, y con la correcta marcación en el tronco, posteriormente se procede al seccionamiento.

También se aprovecha aquellas ramas secundarias que cuentan con 3.5 cm de diámetro y una longitud de 2 m aproximadamente u otras similares, ya que existe demanda de las últimas, que son destinadas a la techada de viviendas campesinas del altiplano.

Descortezado: La extracción de la corteza es determinante para la calidad del producto a comercializarse, está actividad del descortezado se realiza manualmente.

Transporte primario: El transporte al camino principal se realiza por arrastre por corredores secundarios (sendas), donde se deja deslizar la tronca, dada la pendiente del lugar (40 – 60%).

Manejo de rebrotes: El manejo de rebrotes consiste en seleccionar los brotes más rectos y que hayan alcanzado, mayor altura y diámetro, dejando sistemáticamente distribuidos en un número de cinco por árbol, dejando en lo posible dos brotes por cepa para la selección posterior.

Ibañez, R. (2009), señala que el manejo de bosques comerciales de eucalipto se realiza con intervenciones a los 10, 15, 20 y 25 años; solo para el primer aprovechamiento; es decir que no se toman en cuenta los productos provenientes de los rebrotes, por la complejidad en la estimación de la rentabilidad, la misma con el objeto de mejorar el anticipadamente árboles más gruesos y de mejor calidad y recolectar productos intermedios antes del corte final.

Lamprecht, H. (1990), indica que existen especies arbóreas capaces de producir rendimientos relativamente altos, incluso bajo condiciones de temperatura desfavorable, como el *Eucalyptus globulus*, ha demostrado su buena capacidad productiva bajo esas condiciones. Para la producción de árboles gruesos para madera comercial, se extrae hasta el 70% de los individuos mediante raleo, a la edad

de 2 y de 19 años. Debido a la buena capacidad de rebrotar del tocón, después de realizar la primera cosecha, aún se puede obtener dos turnos de regeneración vegetativa; posteriormente los rendimientos se reducen de forma notoria.

6.4.2.3 Precios de los principales productos maderables de eucalipto

Los precios promedios de los productos forestales de las plantaciones de eucalipto, se dan a conocer en el *Cuadro 18*, los cuales son ofertados en el mercado de las ciudades de Oruro, El Alto y La Paz; a menudo surgen oportunidades de venta directamente en Tupuyo de parte de intermediarios, dependiendo de la demanda en cualquier tiempo del año.

Cuadro 18. Características y precios de los principales productos con mayor demanda de Eucalipto.

PRODUCTOS	TUPUYO Bs	FERIAS Bs	CIUDADES Bs	PROMEDIO \$us
Poste	25	30	40	3,6 - 5,7
Vigas	100	115	120	14,4 – 17.24
Listones	5	8	10	0,71 – 1,44
Callapos	12	15	18	1,72 – 2,59
Puntales	3	5	7	0,43 – 1,005
Huarjatas*	5	10	12	0,71 – 1,72
Chajellas*	8	12	15	1,15 – 2,16

*Se comercializa por conjunto (amarro) de 10 a 15 unidades.

Fuente: Elaboración en base al estudio.

En Bolivia se iniciaron grandes plantaciones de eucaliptos por la necesidad que contrajo las extracciones de minerales en las alturas, creando un fuerte mercado para la madera; está adquirió un valor propio para la leña, para vigas y travesaños posteriormente (Goitia, 1997).

6.4.3 Análisis de la estructura de ingreso (beneficios directos) familiar

El 50% de familias en Tupuyo se dedican exclusivamente a la producción y comercialización del bosque de eucalipto (compra y venta); el 20% de las familias solo a la venta del bosque (eucalipto) en pie (cada árbol a 1 \$us). Con la producción forestal de eucalipto se crean empleos (mano de obra) en el periodo de inactividad agrícola de los meses de julio, agosto y septiembre; dirigidos a el 25% de las familias que no poseen bosque (eucalipto), paralelamente estás ingresan a la producción

maderable artesanal. El 5% de familias cuentan con actividades específicamente agropecuarias u otras.

6.4.3.1 Ingreso familiar neto por producción de Eucalipto

En la primera cosecha, después de 8 años, a partir de la plantación, se obtiene un ingreso neto de 326,6 \$us/familia. Con el manejo de rebrotes dirigidos a una segunda cosecha y luego de cuatro años, se determinó un ingreso neto igual a 2.043 \$us/flia. Los ingresos familiares se encuentran en base a la extracción aproximada de 13 m³/año, correspondiente a ¼ de hectárea.

6.4.3.2 Análisis de la producción artesanal familiar

En los siguientes cuadros se indica la estructura de producción artesanal forestal en Tupuyo.

Cuadro 19. Estructura de producción tradicional artesanal forestal de Eucalipto.

Artesanía	Cantidad/año (2014) por familia	Precio por unidad Bs	Precio Total Bs	Precio Total \$us
Escalera (3m de alto)	6	150	198	32
Telares	10	20	200	33
Arado	10	20	200	33
Remos	5	12	60	9
Mangos de herramienta	20	4	80	13
Juguetería	10	10	100	16
Total en Bs. y \$us			934	136

Fuente: Elaboración en base al estudio.

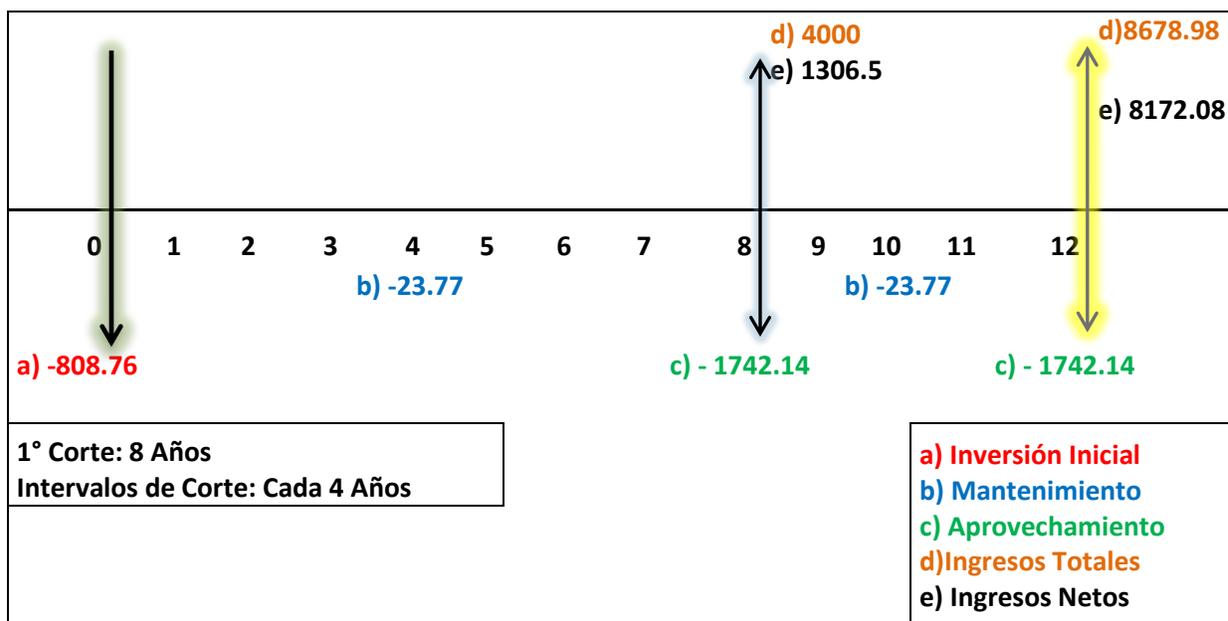
De lo anteriormente indicado, deriva el 25% de familias que adoptaron la producción maderable artesanal (con eucalipto), el promedio de ingresos por este concepto aproximadamente 50 \$us/año.

6.4.4 Análisis del flujo de caja de la producción forestal del Eucalipto en costos ingresos/Ha en la comunidad Tupuyo.

En Tupuyo se determinó, el siguiente flujo de caja, con el manejo de plantaciones de eucalipto; manejo característico del sector. El presente estudio se proyectó a 12 años de silvicultura.

Los costos de inversión y mantenimiento ofrecen un cierto margen de control con el trabajo familiar, a través del cual intentan su minimización, ampliar su ganancia o ingreso neto.

Figura 14. Flujo de caja de costos e ingresos/ha de eucalipto.



Fuente: Elaboración en base al estudio.

La figura 15 presenta el flujo de caja de los ingresos líquidos para el periodo de una vida útil de 12 años (según la información recolectada estos años en realidad son 40) de inversión (propia) en 1 ha plantación de eucalipto.

Las variaciones de signo positivo se refieren a los ingresos obtenidos por dos cortes rasos; el primero a los 8 años y el siguiente a los 4 años después del primer corte. Corresponde resaltar que el análisis económico no consideró otros ingresos posibles por los productos secundarios actuales como ser: chajellas, huarjatas y otros, por la oferta incierta ó eventual de las mismas.

6.4.5 Determinación de la rentabilidad de las especies en estudio

En resumen el análisis económico muestra ingresos y costos de inversión para la producción forestal maderable e indicadores de evaluación para determinar la rentabilidad de dicha inversión. (B/C, VAN).

Cuadro 20. Indicadores de evaluación de rentabilidad.

ESPECIE FORESTAL	Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)
HORIZONTE DE EVALUACIÓN	12,00
BENEFICIO COSTO	1,99
VALOR ACTUAL NETO	2.649,9
OBSERVACIONES	Inversión económicamente rentable

Fuente: Elaboración en base al estudio.

Con la inversión establecida en Tupuyo, hacia las plantaciones de eucalipto y con un horizonte de evaluación de 12 años, se genera 1,99 unidades de beneficio por cada unidad de costo, considerando el criterio de la razón beneficio/costo es una inversión económicamente rentable.

La propuesta de inversión a un manejo silvicultura comercial de una plantación de eucalipto, considerando un horizonte de 12 años, podría significar 1.9 unidades de beneficio por cada unidad de costo, al igual que la anterior es también una inversión económicamente rentable.

Según el criterio del valor actual neto (VAN), la inversión es económicamente viable por presentar un valor positivo 2.649,9.

Los valores obtenidos significan que para la tasa de interés considerada 10.7 %, el valor actual de los ingresos futuros serán superiores al valor actual de la inversión.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Las tasas de cambio de las plantaciones de Eucalipto en el periodo 1996 a 2005 tuvo un significativo incremento de 652,86 Has lo que es igual a 2,73 % al igual que en el periodo 2005 a 2014 el área de plantaciones de eucalipto incremento de 603,81 Has (2,52 %), es así que en el periodo de 18 años las plantaciones incrementaron 1.256,67 has lo que es equivalente a 5,25 %.

Los factores ambientales que determinaron el incremento de las plantaciones de eucalipto de acuerdo a la investigación fueron dados por que el *Eucalyptus globulus* L. es la especie ideal para forestar los terrenos con pendientes de más del 40%, estas plantaciones no requieren mayores cuidados en todo su ciclo de crecimiento y desarrollo, se utiliza el espaciamiento promedio de 3 x 2 m, lo que significa una densidad inicial de 1700 a 1831 árboles/ha, a la vez es una especie con gran capacidad de rebrote dispone 2 a 3 fustes para su posterior comercialización, con rotaciones y turnos de corta o aprovechamiento se llega a obtener 7.800 árboles/ha. Paralelamente alcanza un volumen total 97m³/ha, y un volumen comercial igual a 52 m³/ha, de eucalipto respectivamente.

Es importante señalar que el factor social que incidió en el cambio de uso de suelo, sin embargo, como en la mayoría de las áreas intercedidas por el hombre y que actualmente la actividad agrícola y las plantaciones de eucalipto son actividades que realizan personas con un promedio de edad de 40 años. Las personas jóvenes al no encontrar futuro en la actividad agrícola prefieren dedicarse a otras actividades (choferes, comerciantes, etc.), o en última instancia migrar a ciudades capitales en busca de mejores oportunidades. Los factores más importantes por el cual se está dejando de trabajar en el campo son los bajos rendimientos de los cultivos y el bajo interés de realizar operaciones que requieran un alto esfuerzo físico.

Otro de los factores importantes para para el cambio de uso de suelo son las plantaciones de eucalipto ya que es la principal fuente de ingresos para la región es por tal razón que incrementó el área de plantaciones de eucalipto. Los indicadores económicos determinaron que 1 ha de eucalipto genera 1,99 unidades de beneficio

por cada unidad de costo, revalidando está determinación con el valor actual neto se obtiene 2.649,9 \$us a los 12 años, estos valores permiten concluir que las inversiones establecidas en plantaciones de eucalipto son económicamente rentables.

De manera general concluimos que en el periodo de 18 años (1996 – 2014) se produjo un cambio en la superficie de las categorías evaluadas, que mencionamos de la siguiente manera: existió incremento de superficie en las categorías de Bosques implantados (eucalipto), Suelos con poca cobertura vegetal, Suelos desnudos, Bancos de arena, Áreas cultivadas y Cuerpos de agua con superficies de 1.256,67 (5,25%), 994,04 (2,12%), 349,45 (1,46%), 118,38 (0,49%), 96,03 (0,40%) y 3,91 (0,02%) Has, respectivamente y existiendo un decremento en la categoría de arbustos y/o pastizales en 2.331,32 Has (9,75%) las áreas de cultivadas al ser fuente de consumo de alimentos de los pobladores fueron también causantes del decremento de las áreas de arbustos y/o pastizales otro de los factores que inciden en el incremento de las áreas de suelos desnudos es la erosión hídrica, que afecta en la época de lluvia provocando arrastre de las particular de suelo y formándose erosión laminar, en surcos y hasta cárcavas, la erosión eólica que afecta en la época seca produciendo arrastre de partículas de suelos por la fuerza del viento en las partes altas del cantón de Inquisivi que presentan pendientes pronunciadas de 40 %, otro factor es debido a que con anterioridad las áreas cultivadas ya no estuvieron en uso por lo que emergió vegetación silvestre de la zona.

7.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar la aplicación de la metodología del estudio “Evaluación multitemporal de las plantaciones de Eucalipto con el uso de técnicas de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica” en estudios de Planificación territorial, Zonificación Ambiental, Estudios de Impacto Ambiental, Planificación de áreas protegidas y Manejo Integrado de Cuencas ya que la cuenca es un sistema que está conformada por las interrelaciones dinámicas en el tiempo y en el espacio de diferentes subsistemas: social, económico, político, institucional, cultural, legal, tecnológico, productivo, físico y biológico de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema y otros con el fin de valorar los cambios producidos en un determinado periodo y sus consecuencias de las mismas.

En base a los resultados, el proyecto expuesto servirá como base para diferentes estudios más puntuales y específicos así como el estudio hidrológico, balance hídrico, toma de datos de los caudales, estudio meteorológico, etc., con el fin de comprobar la hipótesis de decremento del volumen hídrico por causa de las plantaciones de eucalipto. Desarrollar estudios específicos relacionados con el impacto ecológico, causado por la introducción de plantaciones de eucalipto en la provincia de Inquisivi.

En vista a los resultados obtenidos, se recomienda socializar, involucrar y concientizar a partir del presente estudio a las instituciones político administrativas dentro de los municipios productores de eucalipto a la regulación del crecimiento del mismo estableciendo normas sociales para evitar la ampliación exagerada, demostrando mediante trabajos de investigación las consecuencias que pueden ocurrir en caso de darse esta situación.

Por el particular manejo de la silvicultura comercial, adquirido en la región sobre plantaciones de eucalipto; se hace necesario y oportuno proponer planes de manejo forestal, acordes a la sociedad socioeconómica y cultural del sector en estudio.

8. BIBLIOGRAFÍA

Arbelo, M. (1999). Tutoriall de teledetacción. En M. Arbelo, Tutorial de teledetección. Islas Canarias: Department of Physics of University of La Laguna.

BELSPO, (2015). Belgian Science Policy Office, Multidisciplinary programs BEL. Consultado 2 Mar. 2015. Disponible en:
http://www.belspo.be/belspo/index_en.stm

BOLFOR, (2007). Bolivia Forestal. Normas Técnicas para la Elaboración de Instrumentos de manejo forestal en bosques Andinos y Chaqueños. MDSMA La Paz – Bolivia.

Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de teledetección Espacial. Madrid: RIALP, S.A.

Chuvieco, E. (2006). Fundamentos de Teledetección Espacial. En E. Chuvieco, Fundamentos de Teledetección Espacial (págs. 305-308). Madrid: España.

Delgado, J. L. (2012). Monitoreo de cobertura arbórea a traves del análisis multitemporal con imágenes de satélite en la region del bosque de uso múltiple del Departamento de Cochabamba. Tesis de Maestria, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Geologicas, La Paz, Bolivia.

Diccionario de la Lengua española, (2016). Diccionario de la Lengua española (en línea). Consultado 25 ene. 2016. Disponible en:
<http://www.wordreference.com/definicion/albura>

Diccionario minero, (2015). Mi Llallagua (en linea). Potosí BO. Consultado 16 jun. 2015. Disponible en: http://www.oocities.org/espanol/mi_llallagua.

Diaz, G. J., García, G., O., C., & March, I. (2001). Suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakamul,. Campeche, Mexico: Investigaciones Geográficas.

- Earth Resources Observation and Science Center, (3 de Marzo de 1879). *USGS Global Visualization Viewer*. Consultado 10 Jun. 2014, Disponible en <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation>
- FAO (2007). *El eucalipto en la Repoblación Forestal*. Roma, Italia.
- Fernández, A., (2011). *Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite Landsat*. Universidad de Valladolid.
- Flinta, C., (1968). *Introducción a Problemas de Economía Forestal en America Latina*. FAO, Roma, Italia.
- Fonseca, J., & Gómez, S. (2001). *Análisis multitemporal mediante imágenes Landsat*. Tesis de Maestría, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia.
- García, R., Schmook, B., & Espejel, C. (2005). *Dinámica en el uso del suelo en tres tejidos cercanos a la ciudad de Chetumal, Qunitana Roo*. México: Investigaciones Geográficas.
- Goitia L. (1997). *Análisis de Beneficio/Costo para Bosques comerciales de eucalipto y cipres en diferentes tipos de suelo y diferentes alturas sobre el nivel del mar*. La Paz – Bolivia.
- Hilari, V. (2010). *Identificación y análisis multitempora de cuatro bofedales en el altiplano norte del departamento de La Paz (Ulla Ulla, Ancoraimes, Peñas y Tuni Condoriri)*. Tesis de Licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia.
- Hosius, A. (1998). *Beneficios y Rentabilidad de las Plantaciones Forestales*. Memorias taller de Intercambio de Proyectos de Forestería Andina. PROBONA La Paz – Bolivia.
- Ibañez, R. (2009). *Beneficios y rentabilidad de las Plantaciones Forestales*. Memorias Taller de Intercambio de proyecto de forestería Andina. La Paz – Bolivia.

- INEGI. (2013). Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. Recuperado el 4 de Agosto de 2013, de Imágenes del Territorio: Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/landsat.aspx>
- Killen, T. J, E. Garcia S. G. BECK (1993). Guía de árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden. Bolivia.
- Langlé, R. (20 de Agosto de 2010). Sistemas de Información Geográfica (en línea). Consultado 30 Ago. 2014. Disponible en: <http://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>
- Lambin, E. F. (1997). Modelling and Monitoring land-cover process in tropical Regions. Progress in Physical Geography Vol 213, 375-393.
- Lamprecht H. (1990). Silvicultura en los Trópicos. GTZ. República Federal de Alemania.
- Levi, S. (1971). Acomodación del Territorio en Atlixco, Puebla. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Mexico, México, D.F.
- López, W. (2012). Monitoreo de cobertura arbórea a través del análisis multitemporal con imágenes de satélite en la región del bosque de uso múltiple del departamento de Cochabamba. Tesis de Maestría. Universidad Mayor de San Andres. La Paz - Bolivia.
- Luna, V. (2011). Análisis Multitemporal de la Dinámica en el Cambio de uso del suelo rural - urbano en la región de Atlixco, Puebla. Tesis Presentada como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Puebla.
- Mahar, D., & Schneider, R. (1994). "Incentives for tropical deforestation: some examples from Latin America". University College London, London, England.
- Malleux, J. (1982). Inventarios Forestales en bosques Tropicales. Manual del Técnico Forestal. Lima – Perú.

- Márquez, I., Jong, D., & Ochoa, G. (2005). Estrategias productivas campesinas. En Un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco (págs. 56-72). Tabasco: Universidad y Ciencia.
- Maygua. (4 de Noviembre de 2012). Blogger de maygua SIG. Recuperado el 3 de Julio de 2014, de Sistemas de Información Geográfica: Disponible en: <http://sigmaygualida.blogspot.com/2012/11/sistemas-de-informacion-geografica.html>
- Mendoza, G., & Paola, K. (2011). Análisis multitemporal de Uso y cobertura de Suelo en el Municipio de Manaure - Guajira - Colombia, Implementando Imágenes Landsat. Tesis de Doctorado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Monedero, C. (2014). Una visión geoecológica del Avila y de su "comportamiento" (en línea). Consultado 4 Feb. 2014. Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/cenamb/feb00_unavision.htm
- Montes de Oca, I. (1995). Geografía y Recursos Naturales de Bolivia. La Paz – Bolivia.
- Moran, E., Brondizio, E., & VanWey, I. (2005). Population and Environment in Amazonia. (L. U. Population, Ed.) National Research Council.
- Ochoa, G., & González, E. (2000). Land use and deforestation in the highlands of Chiapas. Chiapas: Applied Geography.
- OIMT, (2007), Organización Internacional de las Maderas Tropicales Manual para la producción de "Eucalipto" CORMADERA. Quito – Ecuador.
- (1997). Economía Forestal. Centro de Desarrollo Forestal Regional Norte CDF. Bolivia.

PAF/BOL, (2011) - Plan de Acción Forestal para Bolivia,. Curso / Taller “Formulación y Evaluación de Proyectos Forestales” Memoria Descriptiva. MACA. CDF. Proyecto FAO TCP/BOL/0051 A.

----- (2000). Terminología Forestal Práctica (con énfasis para Bolivia) Serie Técnica IV. Ministerio de Desarrollo Sostenible y de Planificación. FAO/GCP/028/NET La Paz – Bolivia.

----- (1999) Especies Forestales Potenciales para plantaciones en Bolivia. Serie Técnica II FAO. Bolivia.

Paredes, R. (2009). Elementos de Elaboración y Evaluación de proyectos Edición 3°. La Paz – Bolivia.

Pedrerros, D., Aguilar, G. L., & Senay, G., 2004. Reporte decadal sobre balanceo hídrico para el maíz, segunda decada, Septiembre 2004. Guatemala, Guatemala. Obtenido de Sistema Mesoamericano de Alerta Temprana para Seguridad Alimentaria.

PROBONA, (2011) - Programa Regional de Bosques Nativos Andinos de Bolivia y Ecuador. Estudios de los Bosques Nativos Andinos en la Comunidad de Camillaya La Paz – Bolivia.

----- (1999). Diagnóstico y Plan de Actividades de las Mujeres de la Comunidad de Camillaya. Cochabamba – Bolivia.

Pineda, J. G., & Plata, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. Investigaciones geográficas.

Pucha, F. (28 de Julio de 2013). El Blog de Franz. Recuperado el 3 de Agosto de 2013, de Combinación de Bandas para Landsat 8: <http://acolita.com/combinacion-de-bandas-para-landsat-8/>

- Puerta, R., Rengifo, J., & Bravo, N. (2013). Manual de ArcGis 10 Intermedio. Tingo María: Departamento de de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables.
- Reyes, H., Aguilar, M., Aguirre, J. R., & Trejo, I. (2006). Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto PUjal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000. UNAM(59).
- Rial, P., & González, L. (2001). ERDAS IMAGINE® 8.4 Tour Guide. En Capitulo 4, Clasificación. United States of America.
- Sanchez, F. (2008). Evaluación Económica de los Recursos Forestales No Maderables en la Reserva de Biosfera – Territorio Indígena Pilon Lajas. UMSA. La Paz – Bolivia.
- SENAMHI. (2015). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (en línea)*. Disponible 11 Sep. 2015, Disponible en: <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/>
- Sobrino, J. A.-G. (2000). Teledetección. En J. A. Sobrino. Valencia, España: Servicio de Publicaciones Universidad de Valencia.
- Tarqui, M. (2013). Determinación de la Aptitud de Suelo en el Municipio de Inquisivi. La Paz – Bolivia.
- Torrico, G. BECK, E. GARCIA, E. (2004). Plantas útiles de Potosí. Potosí – Bolivia.
- Velásquez, A., Durán, E., Larrasábal, A., López, F., & Medina, C. (2010). La Cobertura Vegetal y los Cambios e Uso de Suelo. Publicación México.
- Weier, & ARENQUE, D. (30 de Agosto de 2000). Earth Observatory. Recuperado el 12 de Agosto de 2013.

MAPAS

TEMATICOS



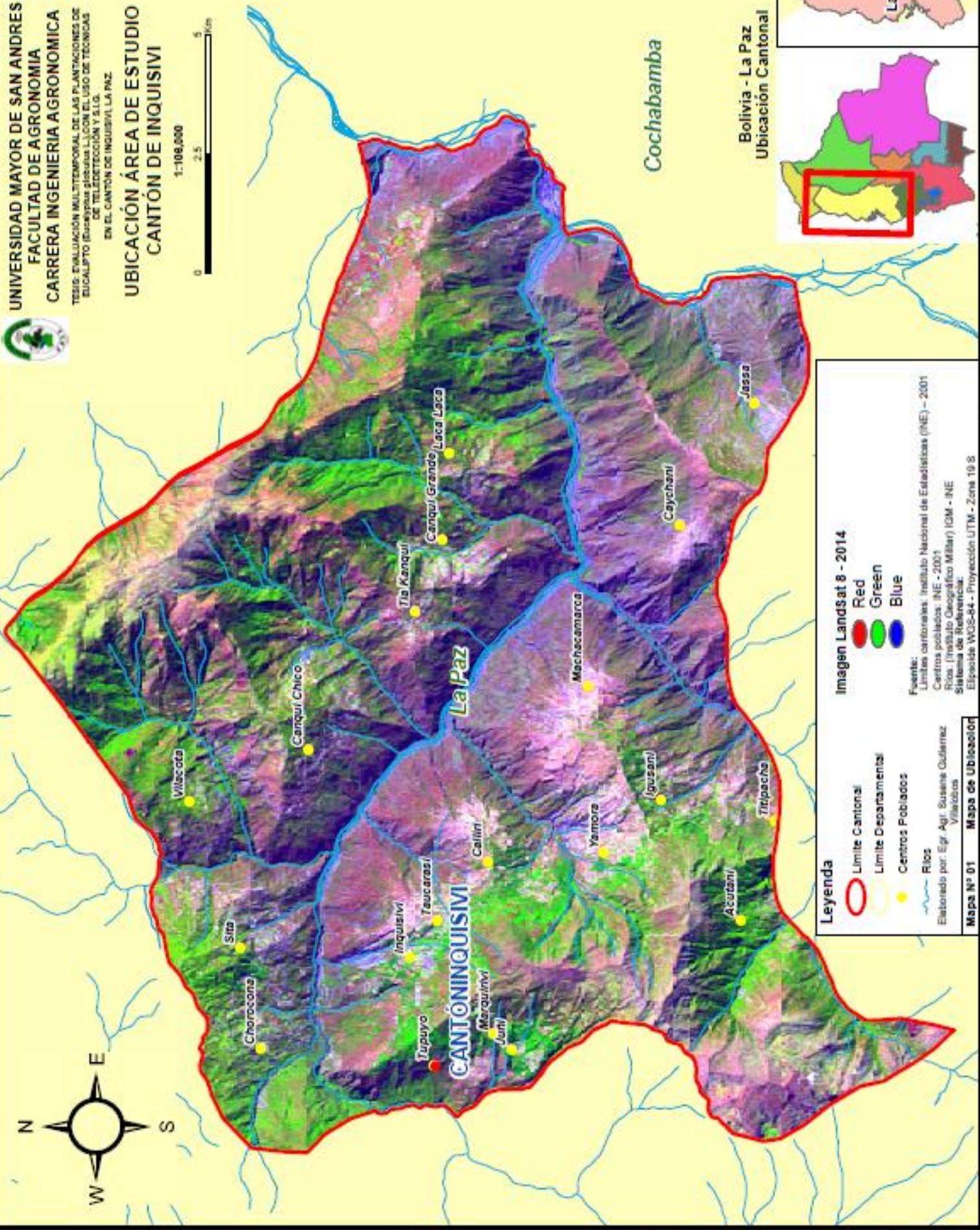
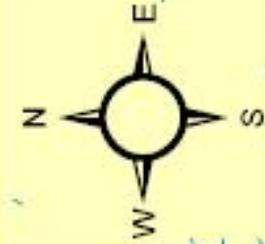
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS: EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS PLANTACIONES DE
 EDUCALFITO (*Eucalyptus globulus*) CON EL USO DE TÉCNICAS
 DE TELEDETECCIÓN Y SIG.

EN EL CANTÓN DE INQUISIVI, LA PAZ.

UBICACIÓN ÁREA DE ESTUDIO
 CANTÓN DE INQUISIVI

1:108,000



Leyenda

- Limite Cantonal
- Limite Departamental
- Centros Poblados
- Ríos

Elaborado por: Egr. Susana Cordero
 Villacoba

Mapa N° 01 Mapa de Ubicación

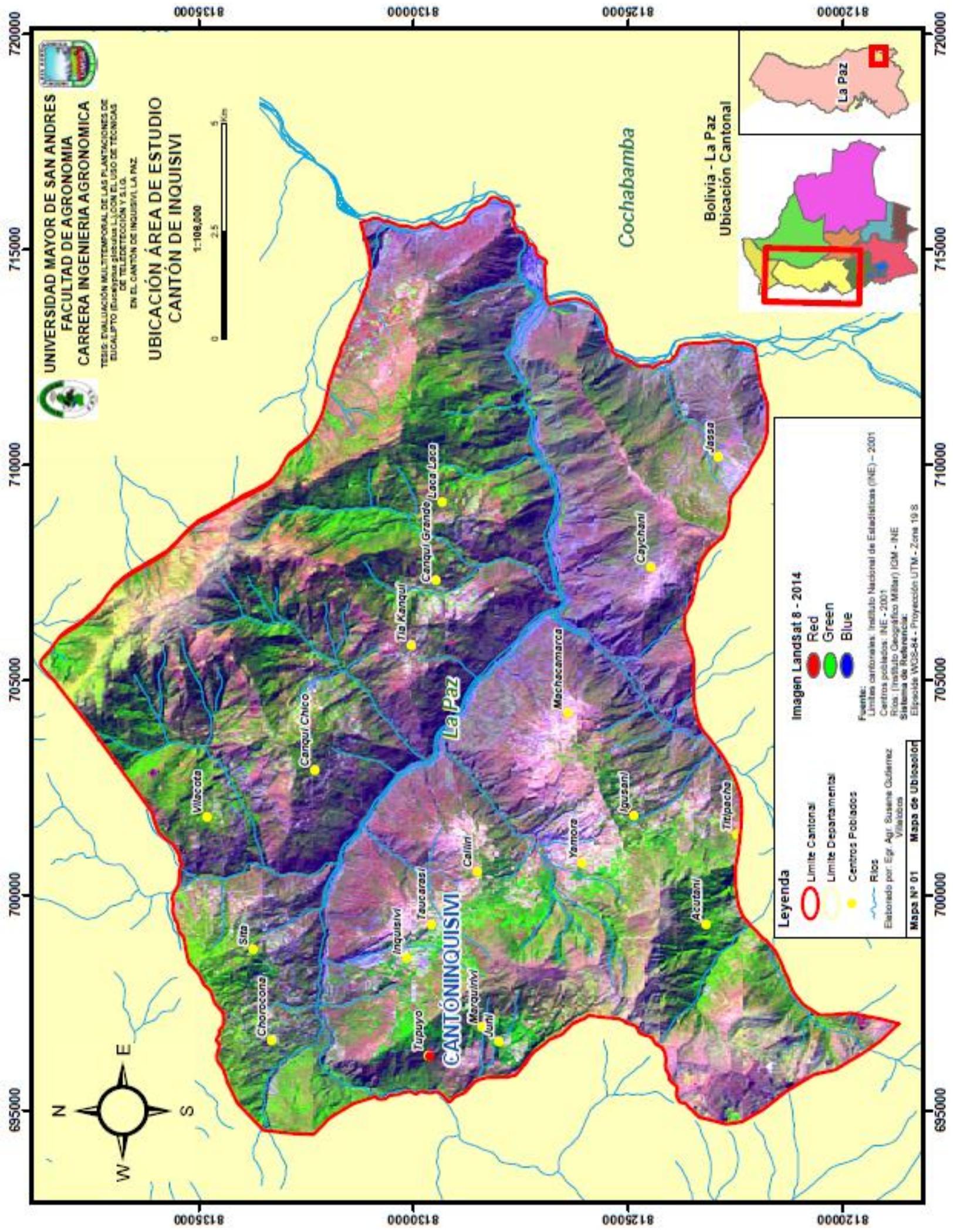
Imagen Landsat 8 - 2014

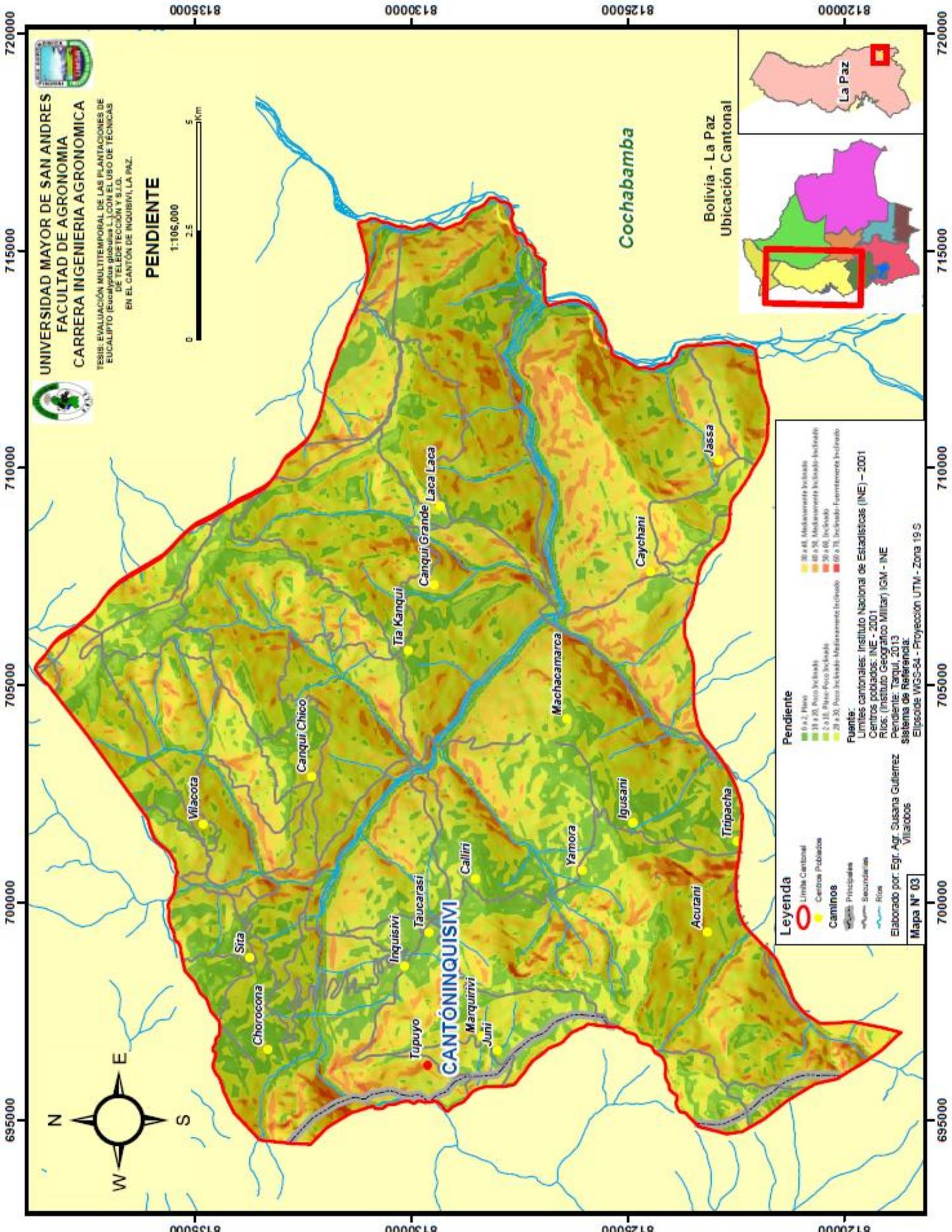
- Red
- Green
- Blue

Fuente:
 Límites cantonales: Instituto Nacional de Estadísticas (INE) - 2001
 Límites departamentales: INE - 2001
 Centros poblados: INE - 2001
 Ríos: (Instituto Geográfico Militar) IGM - INE
 Sistema de Referencia: WGS-84 - Proyección UTM - Zona 19 S

Cochabamba

Bolivia - La Paz
 Ubicación Cantonal





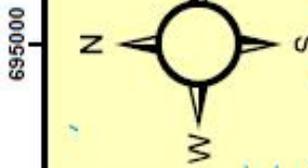
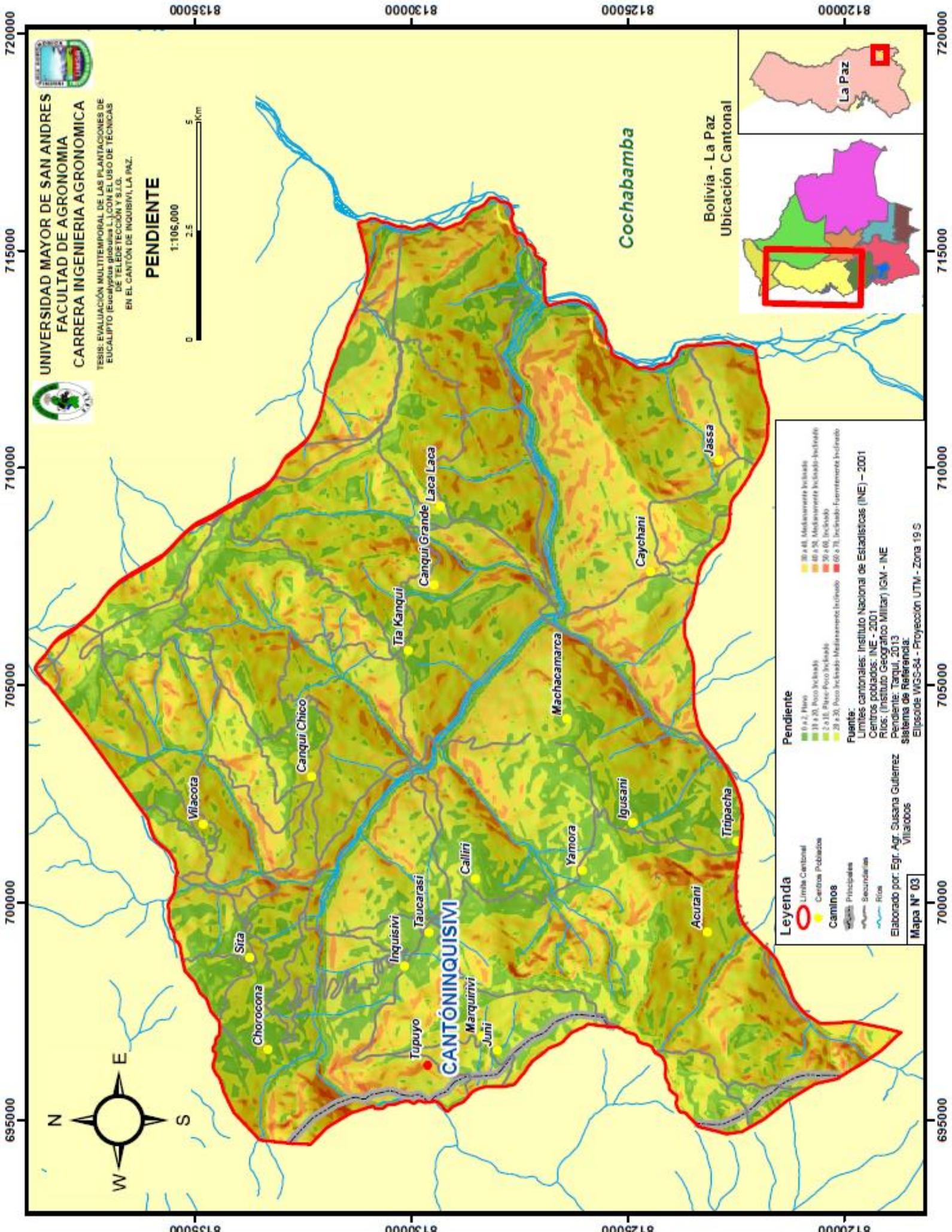
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA

TESIS: EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus* L.) CON EL USO DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y S.I.G. EN EL CANTÓN DE INQUISIVI, LA PAZ.



PENDIENTE

1:106,000



Leyenda

- Límite Cantonal
- Centros Poblados
- Camminos
 - Principales
 - Secundarias
 - Ríos

Pendiente

- 0 a 2, Piso
- 3 a 20, Poco Inclinado
- 21 a 35, Páreo-Poco Inclinado
- 36 a 50, Inclinado
- 51 a 60, Inclinado Fuertemente
- 61 a 75, Inclinado Fuertemente Inclinado

Fuente:
 Límites cantonales: Instituto Nacional de Estadísticas (INE) - 2001
 Centros poblados: INE - 2001
 Ríos: (Instituto Geográfico Militar) IGM - INE
 Pendiente: Tanqui, 2013
 Sistema de Referencia: Elipsoide WGS-84 - Proyección UTM - Zona 19 S

Elaborado por: Egr. Agr. Susana Gutierrez Vilacoto

Mapa N° 03

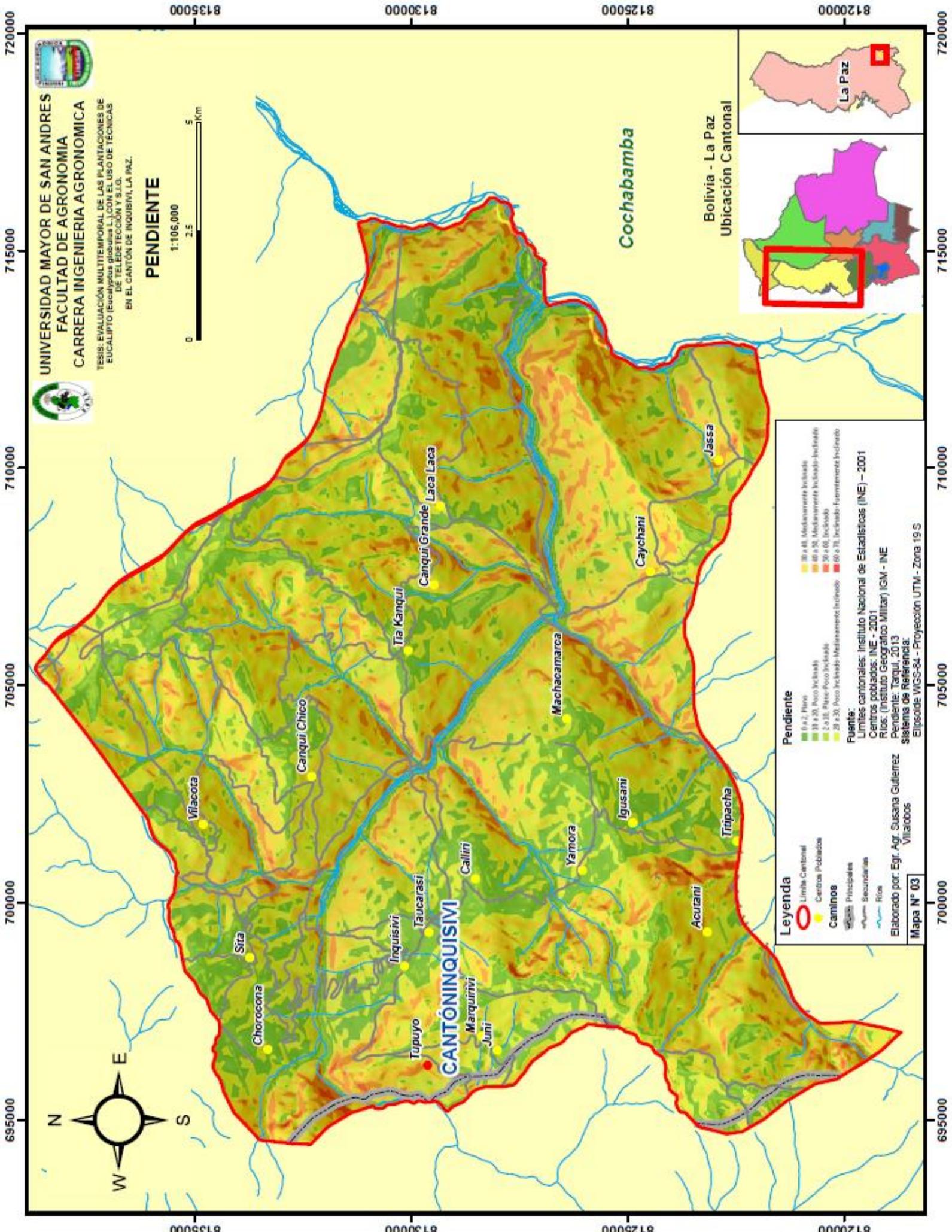


Cochabamba

Bolivia - La Paz
 Ubicación Cantonal

CANTÓN INQUISIVI

Map labels: Tupuyo, Chorocoma, Siza, Inquisivi, Taucarasi, Callini, Marquirivi, Juni, Acurani, Yamora, Machacamarca, Iyusani, Tripacha, Canqui Chico, Tia Kanqui, Canqui Grande, Laca Laca, Caychani, Jassa, Wilacota.





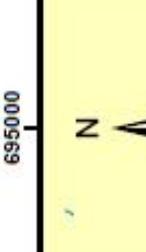
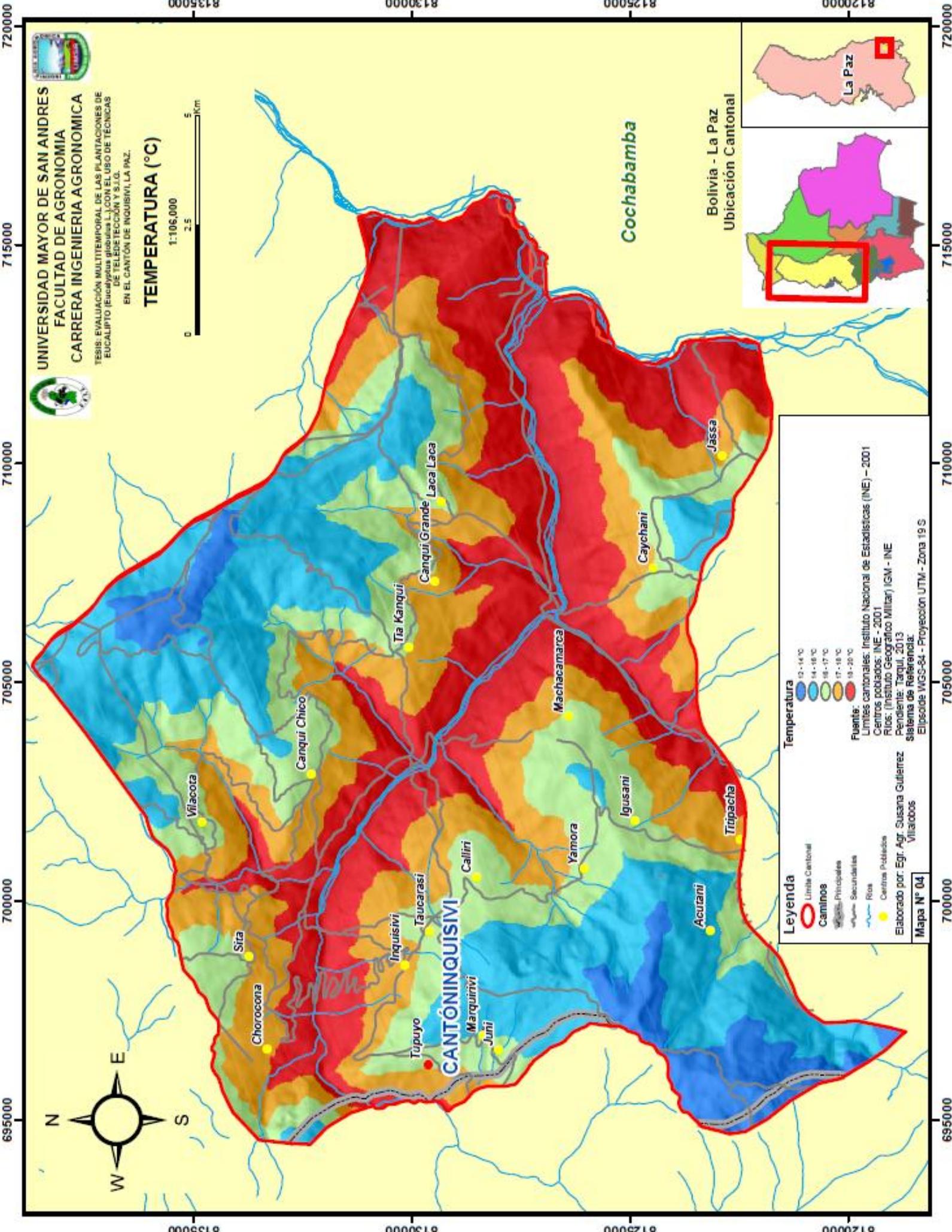
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA

TESIS: EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO (Eucalyptus globulus L.) CON EL USO DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y S.I.G. EN EL CANTÓN DE INQUISIVI, LA PAZ.



TEMPERATURA (°C)

1:106,000



Bolivia - La Paz
 Ubicación Cantonal

Cochabamba

Leyenda

- Límite Cantonal
- Caminos
- Principales
- Secundarias
- Ríos
- Centros Poblados

Temperatura

- 13 - 14 °C
- 14 - 16 °C
- 16 - 17 °C
- 17 - 18 °C
- 19 - 20 °C

Fuente: Límites cantonales: Instituto Nacional de Estadísticas (INE) - 2001
 Centros poblados: INE - 2001
 Ríos: (Instituto Geográfico Militar) IGM - INE
 Pendiente: Tarqui, 2013
 Sistema de Referencia: Sistema de Referencia: Elipsoidal WGS-84 - Proyección UTM - Zona 19 S

Elaborado por: Egr. Susana Guillemez
 Villarobos

Mapa N° 04

695000

700000

705000

710000

715000

720000

8135000

8130000

8125000

8120000

695000

700000

705000

710000

715000

720000

CANTÓN INQUISIVI

Tia Kanqui
 Canqui Grande
 Laca Laca

Canqui Chico
 Milacota

Siza
 Chorocona

Inquisivi
 Tupuyo

Taucarasi

Calliri

Marquirivi
 Juní

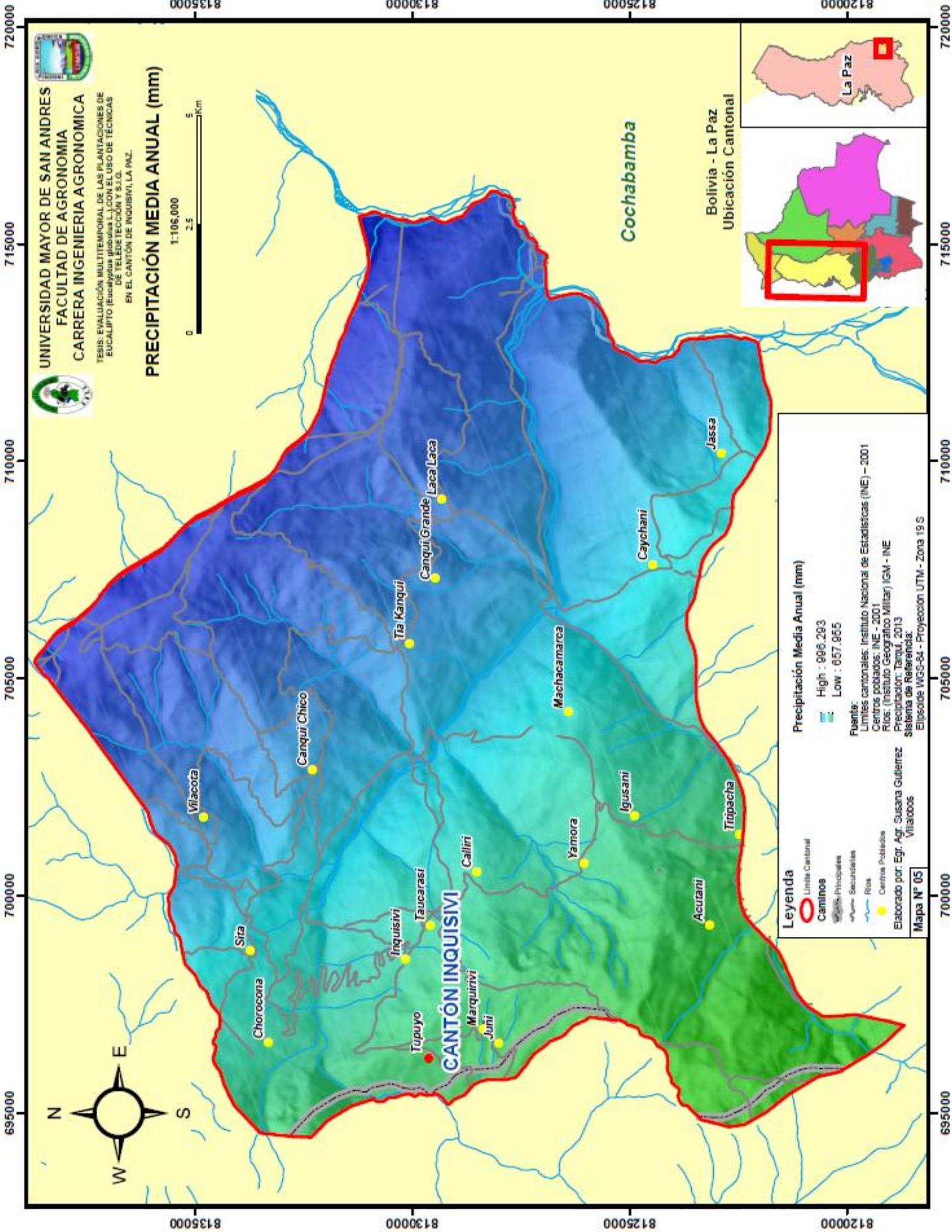
Machacamarca

Yamora

Iguasani

Tripancha

Jassa
 Caychani

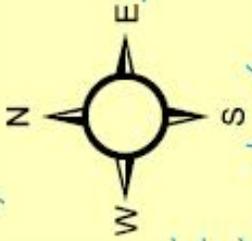


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA

TESIS: EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO (Eucalyptus globulus L.) CON EL USO DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y S.I.G. EN EL CANTÓN DE INQUISIVI, LA PAZ.

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)

1:106,000



Legenda

- Límite Cantonal
- Caminos
- Límite Principales
- Límite Secundarias
- Ríos
- Centros Poblados

Elaborado por: Egr. Agr. Susana Gutierrez Villalobos

Mapa N° 05

Precipitación Media Anual (mm)

- High : 986.283
- Low : 657.955

Fuente:
 Límites cantonales: Instituto Nacional de Estadísticas (INE) - 2001
 Centros poblados: INE - 2001
 Ríos: (Instituto Geográfico Militar) IGM - INE
 Precipitación: Tanqui, 2013
 Sistema de Referencia: Elipsoide WGS-84 - Proyección UTM - Zona 19 S

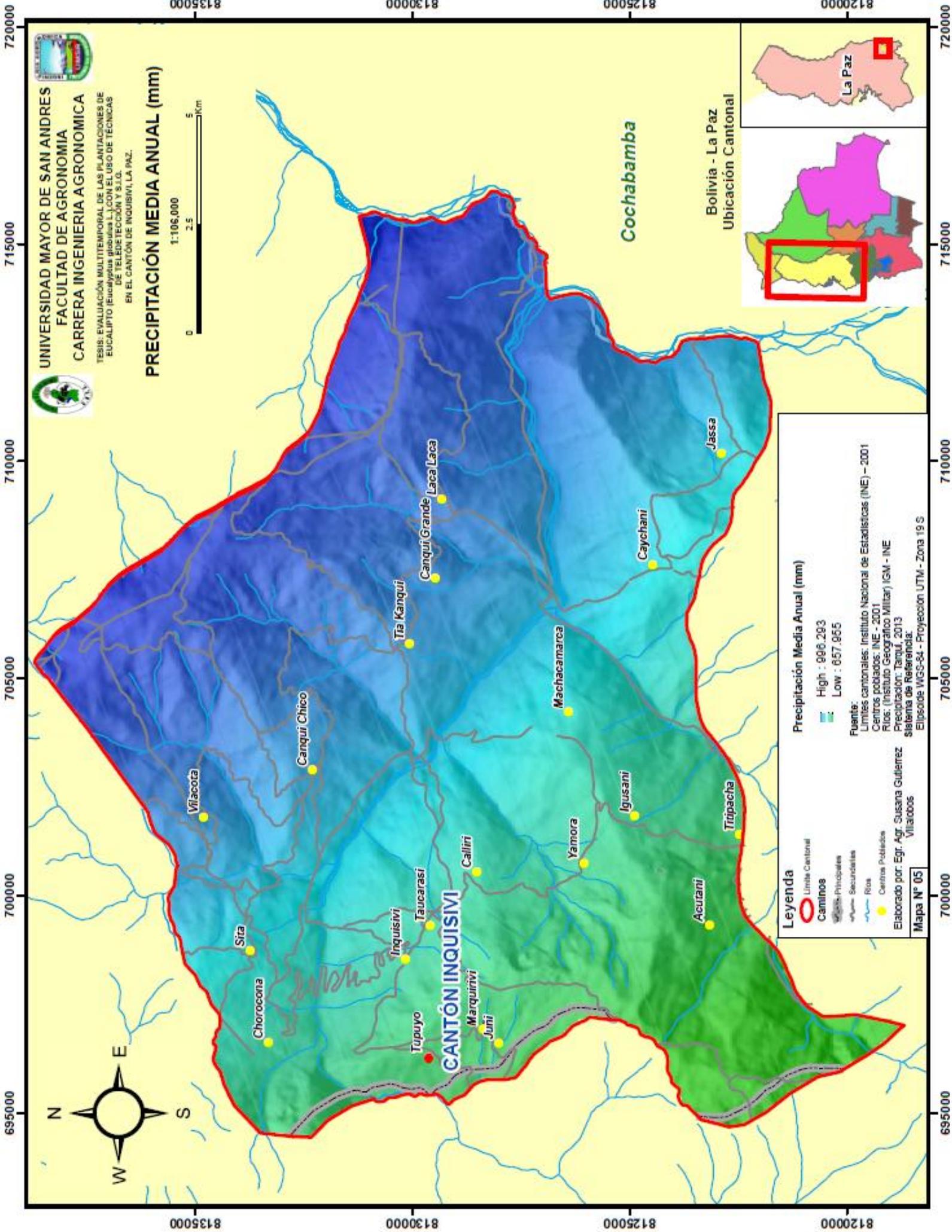


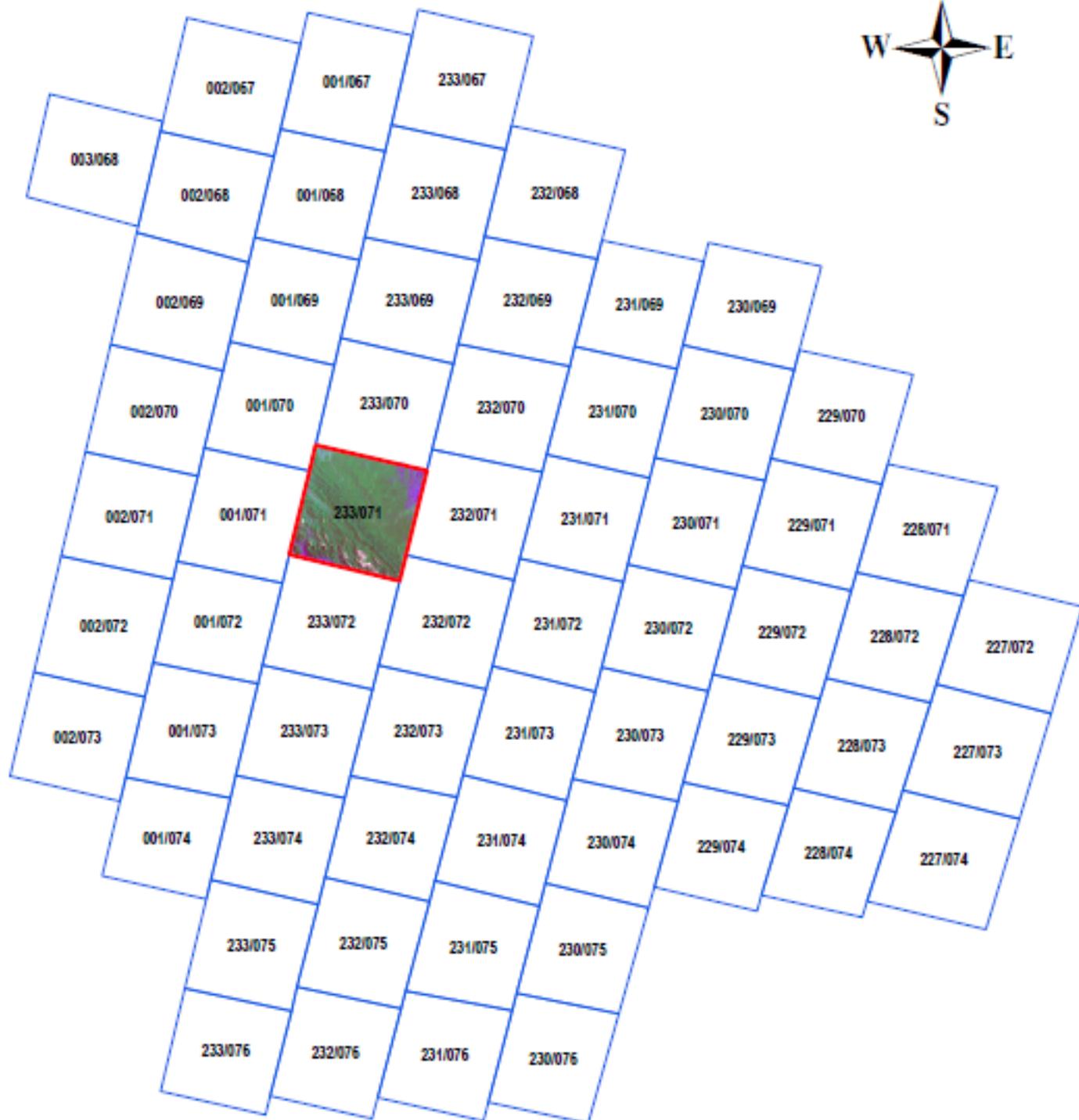
Bolivia - La Paz
 Ubicación Cantonal

Cochabamba

CANTÓN INQUISIVI

Tupuyo, Chorocona, Sita, Viacota, Inquisivi, Taucarasi, Marquirivi, Juní, Calliri, Yamora, Machacamarca, Igusani, Tropacha, Acutani, Jassa, Caychani, Canqui Grande, Laca Laca, Tia Kanqui, Canqui Chico.





Leyenda

○ Path/Row

Imagen

RGB

● Red: cortuado1

● Green: cortuado2

● Blue: cortuado3

Mapa N° 06 Sistema de Referencia Mundial
(Worldwide Reference System - WRS)
Path/Row de Bolivia

Escala:

1:8,500,000

0

225

450

Km

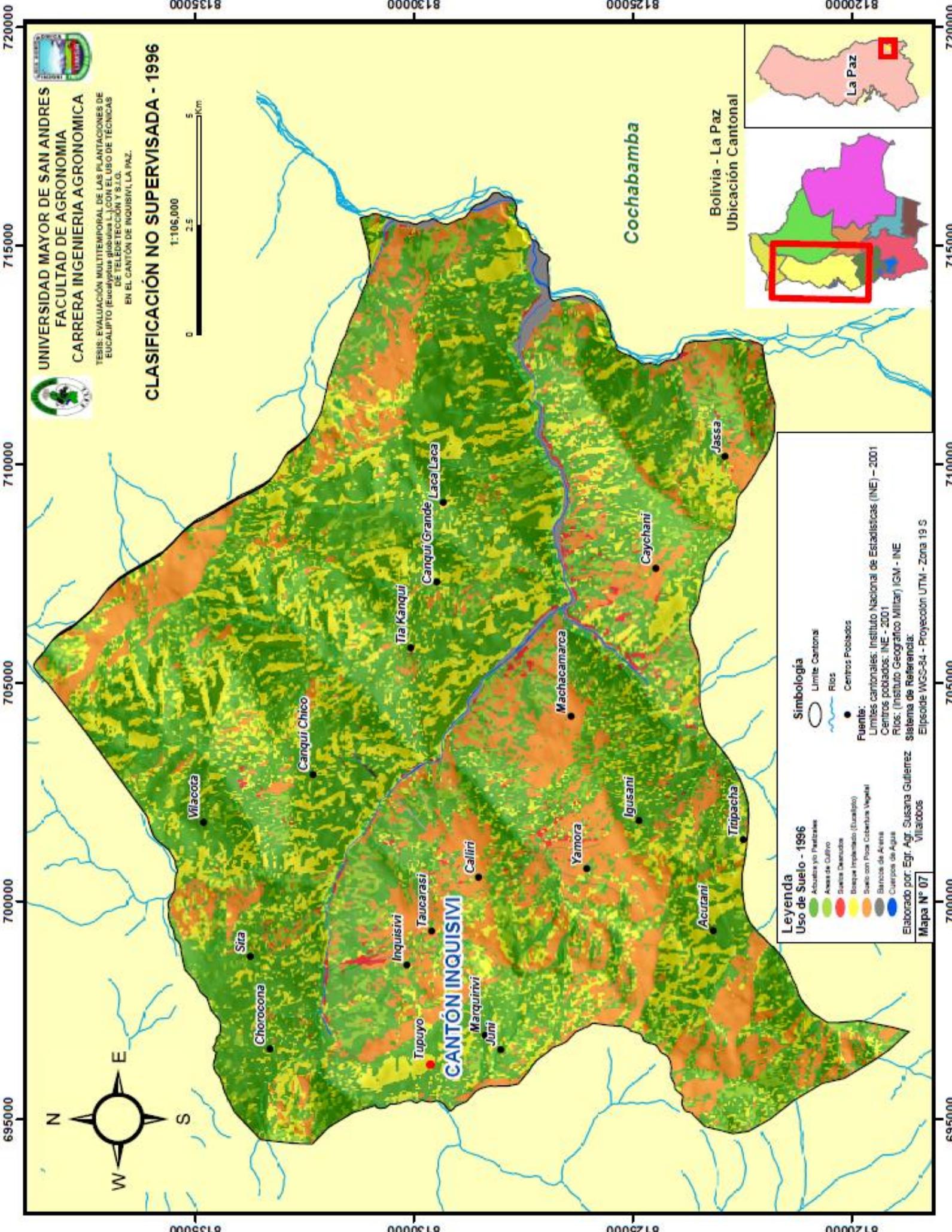


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA

TESIS: EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus* L.) CON EL USO DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y S.I.G. EN EL CANTÓN DE INQUISIVI, LA PAZ.

CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA - 1996

1:106,000
 0 2.5 5 Km



Bolivia - La Paz
 Ubicación Cantonal

Legenda
 Uso de Suelo - 1996

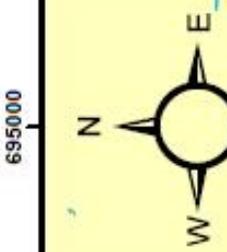
- Areas de Cultivo
- Areas Desnudas
- Bosque Implantado (Eucalipto)
- Suelo con Poca Cobertura Vegetal
- Bancos de Arena
- Cuerpos de Agua

Simbología

- Límite Cantonal
- ~ Ríos
- Centros Poblados

Fuentes:
 Límites cantonales: Instituto Nacional de Estadísticas (INE) - 2001
 Centros poblados: INE - 2001
 Ríos: (Instituto Geográfico Militar) IGM - INE
 Sistema de Referencia: Elipsoidal WGS-84 - Proyección UTM - Zona 19 S

Elaborado por: Egr. Agr. Susana Guillemez Villalobos
 Mapa N° 07



Coordinates: 695000, 700000, 705000, 710000, 715000, 720000 (Easting); 8120000, 8125000, 8130000, 8135000 (Northing)

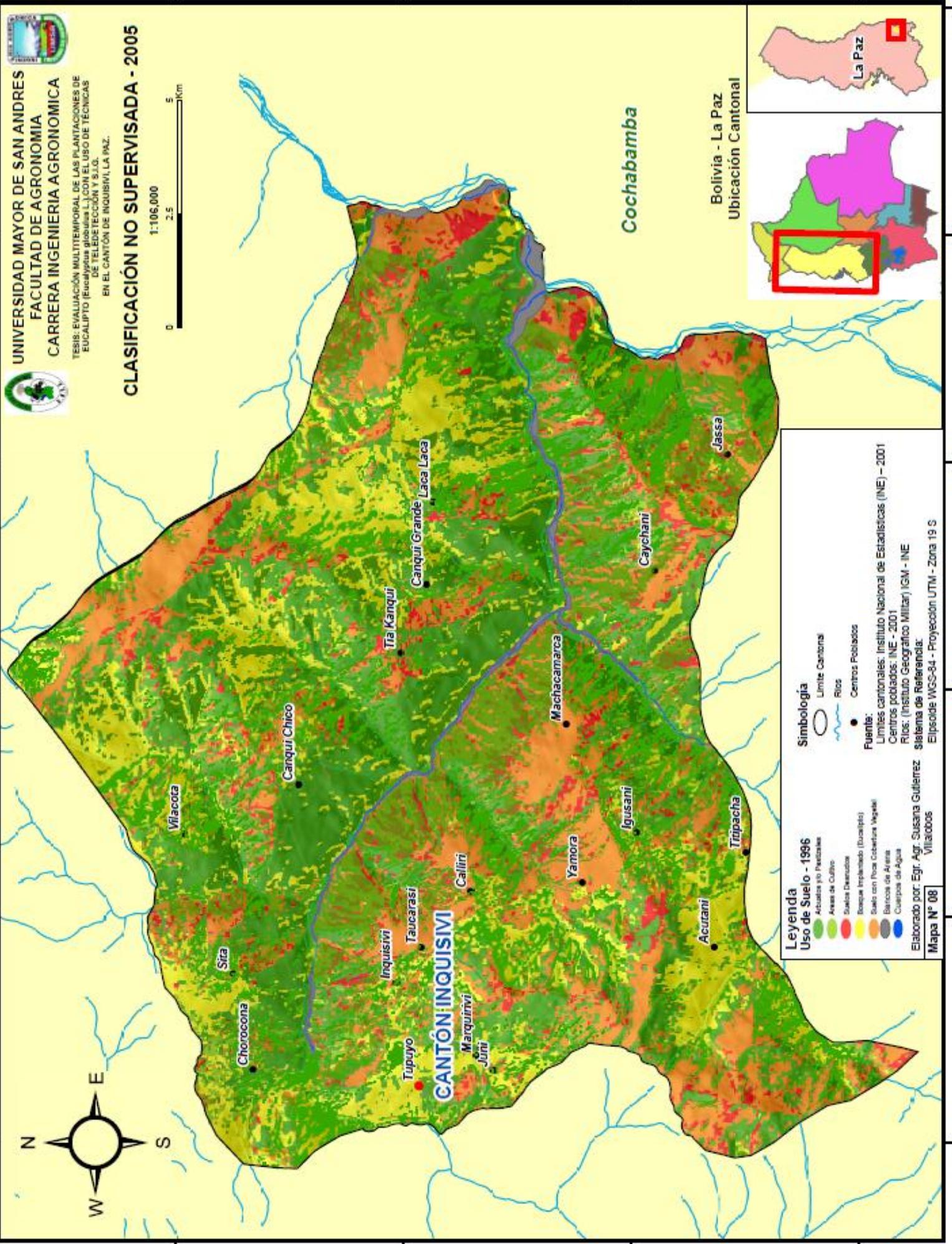
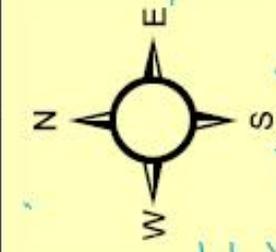


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA

TESIS: EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO (Eucalyptus globulus L.) CON EL USO DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y S.I.G. EN EL CANTÓN DE INQUISIVI, LA PAZ.

CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA - 2005

1:106,000



Bolivia - La Paz
 Ubicación Cantonal

Legenda
 Uso de Suelo - 1996

- Áreas de Cultivo
- Bosques Implantados (Eucalipto)
- Suelos Desnudos
- Suelo con Poca Cobertura Vegetal
- Bancos de Arena
- Campos de Agua

Simbología

- Límite Cantonal
- Ríos
- Centros Poblados

Fuente:
 Límites cantonales: Instituto Nacional de Estadísticas (INE) - 2001
 Centros poblados: INE - 2001
 Ríos: (Instituto Geográfico Militar) IGM - INE

sistema de Referencia:
 Elipsoide WGS-84 - Proyección UTM - Zona 19 S

Elaborado por: Egr. Agr. Susana Guzmán
 Mapa N° 08
 Vilacotos

CANTÓN INQUISIVI

Cochabamba

8120000

8125000

8130000

8135000

695000

700000

705000

710000

715000

720000

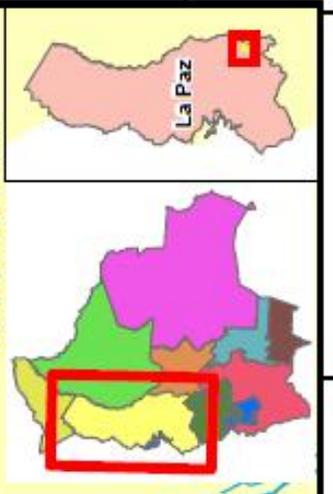
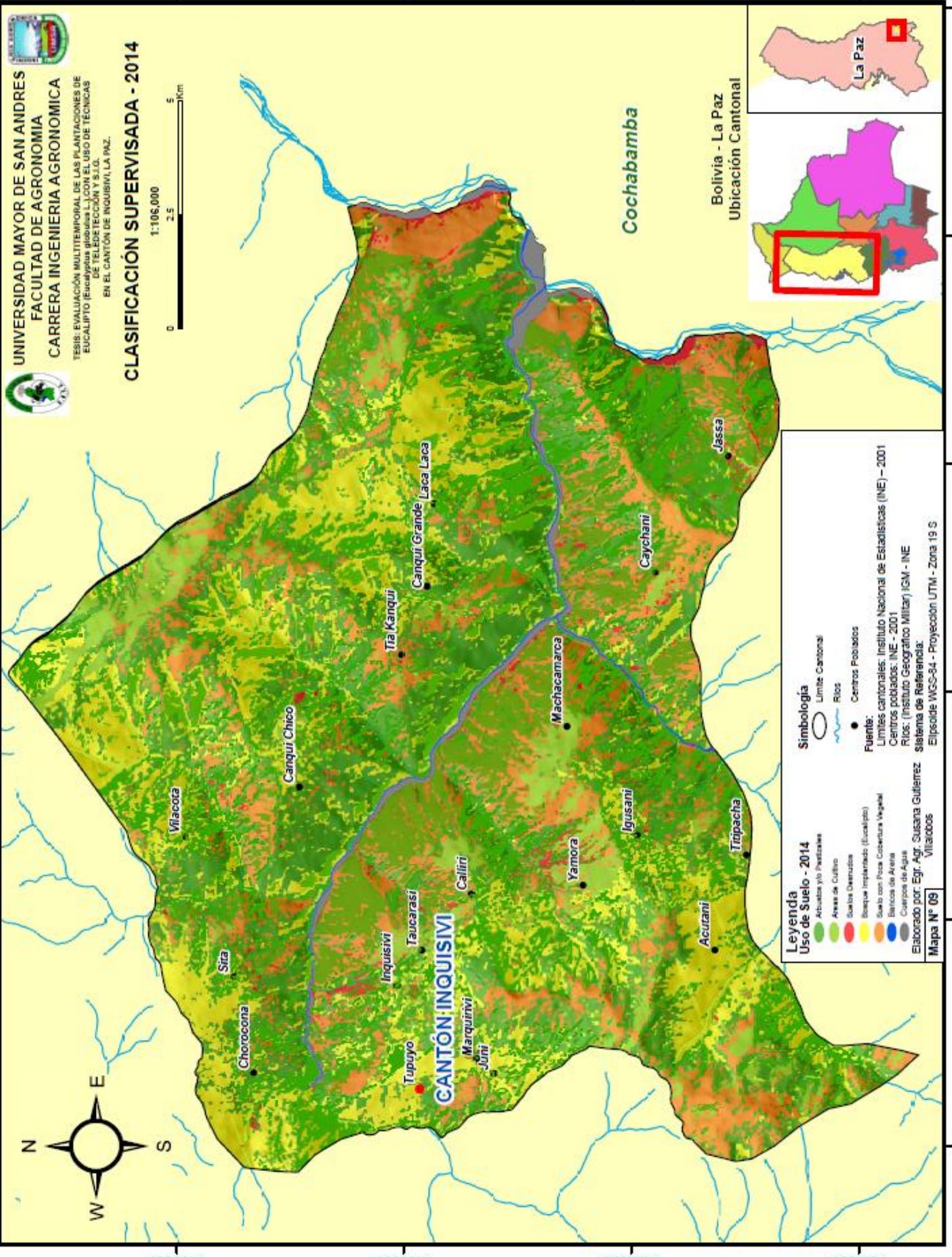
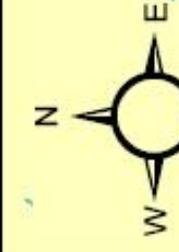


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA

TESIS: EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO (Eucalyptus globulus L.) CON EL USO DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y S.I.G. EN EL CANTÓN DE INQUISIVI, LA PAZ.

CLASIFICACIÓN SUPERVISADA - 2014

1:106,000



Bolivia - La Paz
 Ubicación Cantonal

Legenda
 Uso de Suelo - 2014

- Áreas y/o Pastizales
- Áreas de Cultivo
- Suelos Desnudos
- Bosque Implantado (Eucalipto)
- Suelo con Poca Cobertura Vegetal
- Bancos de Arena
- Cuerpos de Agua

Simbología

- Límite Cantonal
- Ríos
- Centros Poblados

Fuentes:
 Límites cantonales: Instituto Nacional de Estadísticas (INE) - 2001
 Centros poblados: INE - 2001
 Ríos: (Instituto Geográfico Militar) IGM - INE
 Sistema de Referencia: Elipsoide WGS-84 - Proyección UTM - Zona 19 S

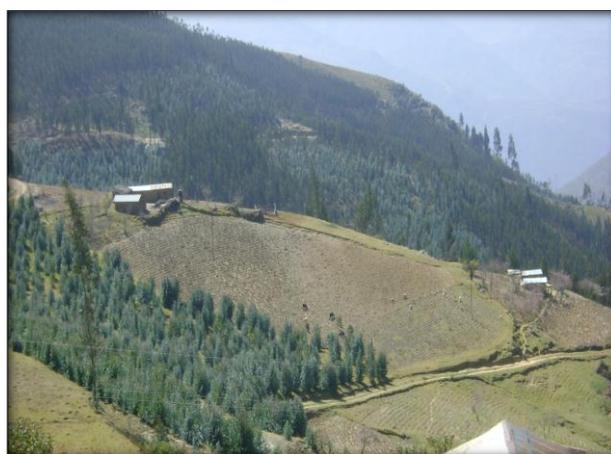
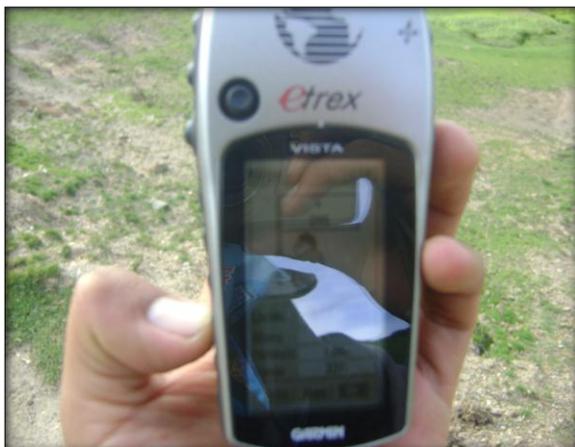
Elaborado por: Egr. Agr. Susana Guzmán
 Mapa N° 09
 Vilacotos

ANEXOS

Anexo 1. Reuniones generales de la Comunidad de Tupuyo.



Anexo 2. Toma de puntos de muestra de las plantaciones homogéneas de Eucalipto con GPS.



Anexo 3. Encuesta semi - estructurada a los pobladores.



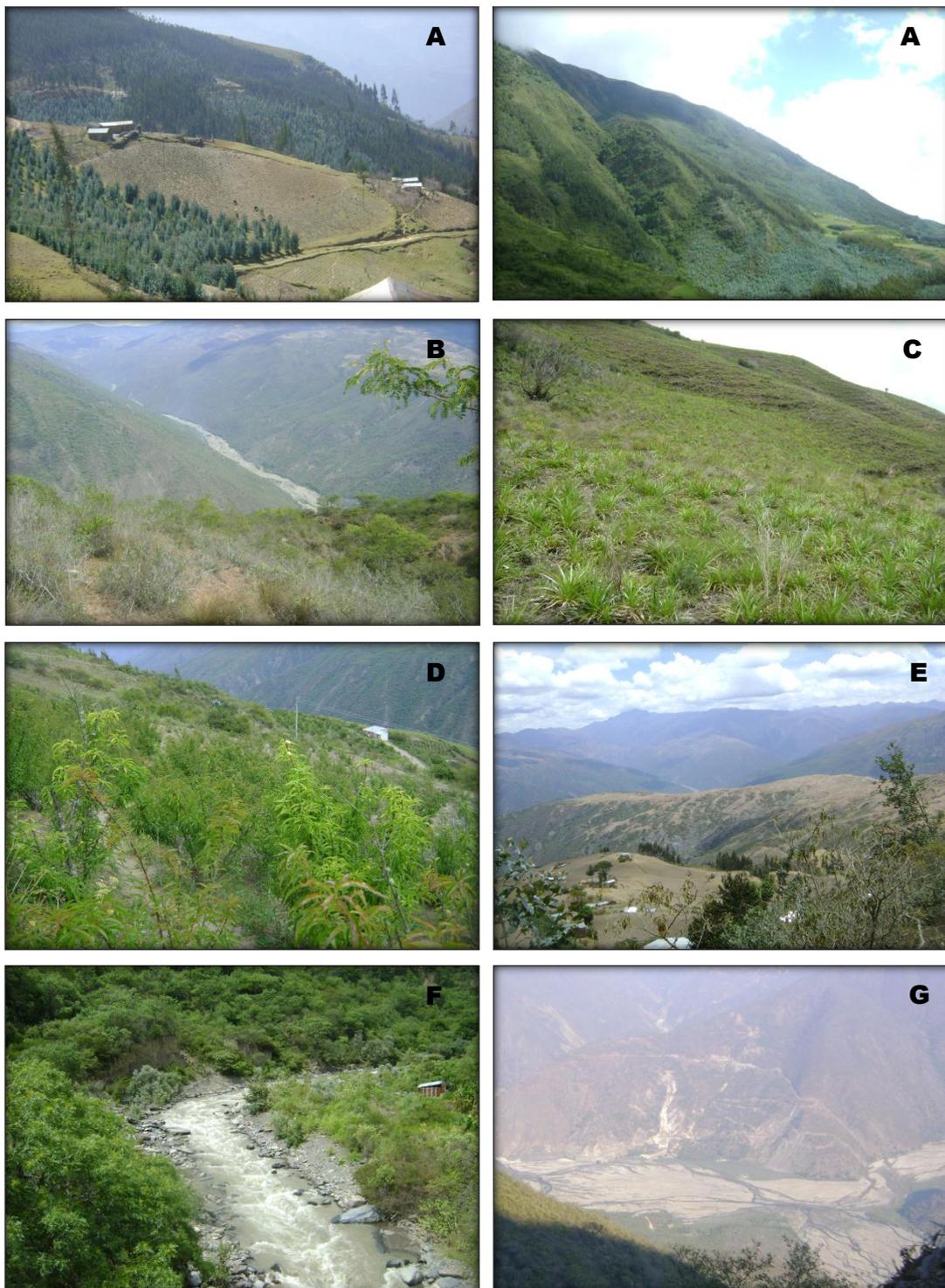
Anexo 4. Crecimiento de Altura, diámetro y volumen del Eucalipto.

Número de Muestra	Área (100 m ²)	Cantidad de Árboles	Número de Árboles/Ha	HT m	HC m	DAP cm	AB m ²	VT m ³ /Ha	VC m ³ /Ha
1	100	72	7200	11.7	6.26	6.64	24.93	189.93	101.45
2	100	17	1700	8.38	4.56	8.41	9.44	51.44	27.99
3	100	20	2000	14.3	7.75	14.3	32.12	297.52	161.81
4	100	20	2000	7.45	3.63	6.24	6.12	29.62	14.43
5	100	61	6100	6.87	3.25	4.29	8.82	39.37	18.63
6	100	30	3000	7.31	3.77	5.18	6.32	30.04	15.49
7	100	31	3100	9.87	3.77	6.67	10.83	69.49	40.63
8	100	78	7800	8.65	4.16	4.49	12.35	69.44	33.39
Total	800	329							
Media/Ha			4112.5	9.31	4.64	7.02	13.86	97.10	51.72

$$AB = \left(\frac{DAP}{100}\right)^2 * 0.7854 \quad VT = AB * HT * 0.65 \quad VC = AB * HC * 0.65$$

- HT = Altura Total
- HC = Altura Comercial
- DAP = Diámetro A La Altura Del Pecho
- AB = Área Basal
- VT = Volumen Total
- VC = Volumen Comercial
- $\pi /4$ = Constante 0.7854
- F = factor de forma 0.65

Anexo 6. Categorías estudiada, A; Bosque Implantado (eucalipto), B; Abustos y/o Pastizales, C; Suelos con poca cobertura vegetal, D; Áreas cultivadas, E; Suelos desnudos, F; Cuerpos de Agua, G; Bancos de arena.



Anexo 7. Costos para el establecimiento de una plantación de Eucalipto.

A. Costos de producción para 1 Hectárea de eucalipto

Actividad	Unidad	Cantidad	Costo (\$us/Unid.)	Costo (\$us/Ha)
Preparación del terreno				48.96
Desmonte de la vegetación	Jornal	5	4.08	20.4
Marcación	Jornal	3	4.08	12.24
Cavado de Hoyos	Jornal	4	4.08	16.32
Plantación				31.64
Transporte (Plantines y abonos)	Jornal	1	4.08	4.08
Distribución de plantines	Jornal	1	4.08	4.08
Plantío	Jornal	6	4.08	24.48
Adquisiciones				415.92
Plantines	Planta	1837	0.08	146.96
Replántio	Planta	367	0.08	29.36
Herramientas				
Machetes	Pieza	5	2.92	14.6
Cierra Corvina	Pieza	5	16	80
Picota	Pieza	5	2.44	12.2
Pala	Pieza	5	2.44	12.2
Otros (Hacha)	Pieza	5	8.12	40.6
Motosierra	Pieza	2	10	20
Sub - Total				496.52

B. Costo de mantenciones anuales

Operaciones	Unidad	Cantidad	Costo (\$us/Unid.)	Costo (\$us/Unid.)
Primer Año				312.24
Costo de Tierra	ha	1	300	300
Replántio 20%	Jornal	1	4.08	4.08
Lab. Culturales	Jornal	2	4.08	8.16
Segundo Año				23.77
Lab. Culturales	Jornal	2	4.08	8.16
Imprevistos 5%				15.61
3° Año	Jornal	2	4.08+15.61	23.77
4° Año	Jornal	2	4.08+15.62	23.77
5° año	Jornal	2	4.08+15.63	23.77
6° Año	Jornal	2	4.08+15.64	23.77
7° Año	Jornal	2	4.08+15.65	23.77
8° Año	Jornal	2	4.08+15.66	23.77
9°..... 12° Año	Jornal		78.76	95.08
Sub - Total				573.71

C. Costos de aprovechamiento / ha (8 - 12 años de corte intermedio)

Operaciones	Unidad	Cantidad	Costo (\$us/Unid.)	Costo \$us/ha
Apeo	Jornal	25	4.08	102
Desgajado	Jornal	28	4.08	114.24
Marcación y trazado	Jornal	40	4.08	163.2
Descortezado	Jornal	40	4.08	163.2
Imprevistos 5%				13.57
Transporte 1°	Jornal	20	4.08	81.6
Sub - Total				637.81

D. Costos de comercialización

Actividad	Unidad	Cantidad	Costo (\$us/Unid.)	Costo \$us/ha
Transporte	camión	4	243.5	974
Carga y Descarga	horas	160	0.51	81.6
Estadia	días	5	5	25
Sub - Total				1080.6

** 1 Camión equivale aprox. 19m3

Anexo 8. Cálculo de índices de rentabilidad del eucalipto.

ANALISIS BENEFICIO / COSTO E INGRESOS NETOS EN 1 ha de Eucalipto

FLUJO DE FONDOS

DETALLE	1° Año	2 Año	3 Año	4 Año	5 Año	6 Año	7 Año	8 Año	9 Año	10 Año	11 Año	12 Año
INGRESOS	0	0	0	0	0	0	0	4000	0	0	0	8678.93
EGRESOS	808.76	23.77	23.77	23.77	23.77	23.77	23.77	1742.12	23.77	23.77	23.77	17.42.14
FLUJO DE FONDOS	-808.76	-23.77	-23.77	-23.77	-23.77	-23.77	-23.77	2257.86	-23.77	-23.77	-23.77	6936.84
D/S - H	-808.76	-832.53	-856.3	-880.07	-903.84	-927.61	-951.38	1306.48	1282.71	1258.94	1235.94	8172.08

Indicadores Económicos

Beneficio/Costo; Valor Actual Neto (VAN)

N° de Año	Costo Inversión	Factor de Actualización	Costo Bruto Actualizado	Beneficios Totales		Flujo de Fondos Beneficios Netos	VAN Beneficios Netos Actualizados
		i=10.70 %	a i = 10.70 %	Bruto o Efectivo U.M.	Actualizados a un i = 10.7 %		
		1	2	3 = 1*2	4		
0	496.52	1	496.52	0	0	-496.52	-496.52
1	312.24	0.903	282.06	0	0	-312.24	-281.95
2	23.77	0.816	19.397	0	0	-23.77	-19.40
3	23.77	0.737	17.522	0	0	-23.77	-17.52
4	23.77	0.666	15.828	0	0	-23.77	-15.83
5	23.77	0.602	14.299	0	0	-23.77	-14.31
6	23.77	0.543	12.916	0	0	-23.77	-12.91
7	23.77	0.491	11.668	0	0	-23.77	-11.67
8	1742.14	0.443	772.506	4000	1773.7	2257.86	1000.23
9	23.77	0.401	9.521	0	0	-23.77	-9.53
10	23.77	0.362	8.601	0	0	-23.77	-8.60
11	23.77	0.327	7.77	0	0	-23.77	-7.77
12	1742.14	0.295	514.413	8678.98	2562.7	6936.84	2046.37
TOTAL			2183.021		4336.4		2649.89

B/C = 1.9864

VAN = 2649.89