UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA SAN PABLO

Unidad Académica Cochabamba
Ingeniería Ambiental

Identificación de la distribución de la palmera Cusi y los procesos de deforestación originados por actividades antrópicas, en los municipios de San Ignacio de Velasco, Concepción y San Javier, del departamento de Santa Cruz

Proyecto de Grado Licenciatura en Ingeniería Ambiental

Goran Antonio Krstinic Galindo

Cochabamba – Bolivia
Abril 2006

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por todo lo que me ha dado en la vida.
- A mis queridos padres y hermano por su amor y apoyo brindado en todo este tiempo, por estar a mi lado tanto en los buenos como los malos momentos.
- A mis tíos Fred y Lila, por la ayuda y oportunidad que me dieron de vivir en Santa Cruz.
- A mi tutora Lic. Fabiola Padilla y a mi relator Ing. Jose Luís Delgado por colaborarme con sus conocimientos, su paciencia y sugerencias prestadas en el desarrollo del presente estudio.
- A la "Fundación para la Conservación del Bosque Seco Chiquitano" (FCBC) por la posibilidad de haberme permitido desarrollar esta investigación, esperando sea un aporte importante en la evaluación de la ecorregión Chiquitana.
- Un agradecimiento especial al Sr. Javier Coimbra por los consejos y conocimientos compartidos todo este tiempo. Así como al resto de las personas que forman parte de la Fundación quienes me colaboraron y con quienes hice buenas amistades.
- A mi amigo y colega Marco Antonio Torrico por sus consejos y guía en todo el desarrollo del presente estudio.

Dedicado a:

Esta tesis está dedicada a la memoria de mi querida Nonita quien siempre confió en mí, me guió y me dio todo su amor. Te quiero mucho

A mis padres por todo su amor, apoyo y sacrificio realizado durante todos estos años; gracias a ellos ahora soy quien soy y por inculcarme y guiarme por el camino de la rectitud, honestidad y valoración.

Y a mí querido hermano por darme su apoyo siempre que lo necesité.

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en los municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco del departamento de Santa Cruz debido a la importancia que representa la ecorregión para la FCBC. Las amenazas que rodean a la región y la fragilidad que tienen los ecosistemas frente al desarrollo de las actividades humanas, fueron, entre otros los aspectos principales para evaluar el estado de conservación y poder establecer mecanismos que permitan la conservación del Bosque Seco Chiquitano.

La presente investigación aplicó una metodología de trabajo que consistió en estimar, a través de un análisis espectral y multitemporal de imágenes satelitales LANDSAT y CBERS, la presencia y distribución de la palmera Cusi (*Atallea speciosa*), así como identificar los procesos de deforestación ocurridos en un periodo de 19 años. Esta información permitirá evaluar y desarrollar estrategias de conservación en aquellas zonas prioritarias por el grado de fragmentación en el que se encuentren.

Los resultados con respecto a la distribución y superficie del Cusi revelan que dicha especie se halla en mayor concentración en la zona central del municipio de San Ignacio de Velasco, a lo largo de toda la ruta desde San Juan de Pailitas, hasta la comunidad de San José de Campamento, y por el camino principal hasta la zona de las Colonias donde se encuentra la comunidad de Guadalupe. Con referencia a los procesos de deforestación, el análisis de detección de cambios mostró que se han perdido alrededor de 96.343,32 has entre los años 1986 y 2005 por factores sociales como también por el desarrollo de actividades productivas muy poco compatibles con el medio ambiente.

Palabras clave: Fragmentación de hábitats, percepción remota, análisis de cambios, deforestación.

ABSTRACT

La presente investigación fue realizada en los municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco del departamento de Santa Cruz debido a la importancia que representa la ecorregión para la FCBC. Las amenazas que rodean a la región y la fragilidad que tienen los ecosistemas frente al desarrollo de las actividades humanas, fueron, entre otros los aspectos principales para evaluar el estado de conservación y poder establecer mecanismos que permitan la conservación del Bosque Seco Chiquitano.

La presente investigación aplicó una metodología de trabajo que consistió en estimar, a través de un análisis espectral y multitemporal de imágenes satelitales LANDSAT y CBERS, la presencia y distribución de la palmera Cusi (*Atallea speciosa*), así como identificar los procesos de deforestación ocurridos en un periodo de 19 años. Esta información permitirá evaluar y desarrollar estrategias de conservación en aquellas zonas prioritarias por el grado de fragmentación en el que se encuentren.

Los resultados con respecto a la distribución y superficie del Cusi revelan que dicha especie se halla en mayor concentración en la zona central del municipio de San Ignacio de Velasco, a lo largo de toda la ruta desde San Juan de Pailitas, hasta la comunidad de San José de Campamento, y por el camino principal hasta la zona de las Colonias donde se encuentra la comunidad de Guadalupe. Con referencia a los procesos de deforestación, el análisis de detección de cambios mostró que se han perdido alrededor de 96.343,32 has entre los años 1986 y 2005 por factores sociales como también por el desarrollo de actividades productivas muy poco compatibles con el medio ambiente.

Palabras clave: Fragmentación de hábitats, percepción remota, análisis de cambios, deforestación.

ÍNDICE

Página

INTRODUCCIÓN…… 1

1. MARCO REFERENCIAL…… 10

1.1. Ubicación…… 10

1.2. Clima…… 11

1.3. Suelos…… 11

1.4. Vegetación…… 12

2. MARCO TEÓRICO…… 13

2.1. Deforestación…… 13

2.1.1. Situación del proceso de deforestación en Bolivia…… 13

2.1.2. Causas e impactos de la deforestación…… 16

2.1.3. Características generales de la Palmera Cusi…… 17

2.1.3.1. Descripción y hábitat del Cusi…… 18

2.1.3.2. Usos…… 21

2.2. La teledetección o percepción remota…… 24

2.2.1. Aspectos físicos y definición…… 24

2.2.2. Los censores remotos…… 27

2.2.2.1. LANDSAT TM…… 28

2.2.2.2. CBERS…… 28

2.2.3. Aplicaciones de la teledetección…… 29

2.3. Tratamiento de imágenes…… 30

2.3.1. Correcciones radiométricas…… 30

2.3.2. Correcciones geométricas…… 30

2.3.3. Índice normalizado de diferencia en la vegetación (NDVI)…… 31

2.3.4. Clasificación digital……..……..…….…..…… 32
2.3.4.1. Clasificación supervisada ……..……..……. 34
2.3.4.2. Clasificación no supervisada …… 36
2.4. Los sistemas de información geográfica (SIG)……..……..…… 37

3. METODOLOGÍA……..…….……..……..... 40

3.1. Materiales y equipos………..……..…… 40
3.1.1. Para el trabajo de campo ……..…… 40
3.1.2. Para el trabajo de gabinete ……..…… 40
3.2. Metodología……..……..……..……. 41
3.2.1. Trabajo de campo……..……..…….. 42
3.2.2. Trabajo de gabinete…..……..…. 42
3.2.2.1. Metodología para la identificación de áreas con Cusi….. 43
3.2.2.1.1. Tratamiento digital de imágenes.…..…….. 43
3.2.2.1.2. Clasificación digital de imágenes…….…. 44
3.2.2.2. *Metodología para la identificación de áreas deforestadas*…….……. 44
3.2.2.2.1. Tratamiento digital de imágenes…….…….. 44
3.2.2.2.2. Análisis de detección de cambios…….. 45

4. RESULTADOS …….……..... 49

4.1 Trabajo de campo…..……..... 49
4.2. Trabajo de gabinete……..…… 52
4.2.1. Identificación de las áreas con predominancia del Cusí…..……. 52
4.2.1.1. Tratamiento digital de imágenes…..……... 52
4.2.1.2. Clasificación digital de imágenes.……….……..... 53
4.2.1.2.1. Clasificación no supervisada……..…..……. 53
4.2.1.2.2. Clasificación supervisada…….....…….…….. 54
4.2.1.3. Distribución y superficies de la palmera.…..……..... 58

4.2.2. Identificación de áreas deforestadas por actividades antrópicas…..……..... 62
4.2.2.1. Tratamiento digital de imágenes.…….…..... 62
4.2.2.2. Detección de cambios……..…….…….. 63
4.2.2.3. Causas del proceso de deforestación…….. 70
4.2.2.3.1. Aspectos sociales……..… 70
4.2.2.3.2. Actividades productivas……..…. 76
4.2.2.4. Relación y procedencia de los desmonte……..…..…….. 77

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..……..…… 80

5.1. Conclusiones…….…… 80
5.2. Recomendaciones…….……..... 82

BIBLIOGRAFÍA……..... 84

ANEXOS

Anexo 1. Código de las imágenes LANDSAT para Bolivia…..……... 1
Anexo 2. Códigos de las imágenes del satélite CBERS-1…..…….. 2

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Deforestación en la ecorregión del Bosque Seco Chiquitano en base a la comparación de imágenes satelitales de 1992 y 2002…… 6

Figura 2. Mapa base de conectividad, tomando en cuenta bloques de bosques, bosques ribereños, efectos de buffer de infraestructura, demografía, fuegos y deforestación…..…….……...……..... 7

Figura 3. Área de trabajo de la investigación…… 10

Figura 4. Superficie deforestada en los periodos: 1970-1980, 1975-1993 y 1993-2000……..……..... 16

Figura 5. Palmera Cusi, a: adulta, b: en desarrollo y c: en crecimiento…… 20

Figura 6. Racimo de cocos del Cusi……..…… 21

Figura 7. Partes del fruto del Cusi ……... 23

Figura 8. Esquema del proceso de teledetección…..……. 25

Figura 9. Espectro electromagnético…..……... 26

Figura 10. Clasificador por mínima distancia……..…….…… 34

Figura 11. Clasificador por paralelepípedos……...……... 35

Figura 12. Componentes de un SIG……..……..... 38

Figura 13. Parte de la escena 230/70 año 1986, que presenta problemas de ruido – RGB 4,3,2…….. 43

Figura 14. Escena 278/112 del satélite CBERS, con errores de ruido y desplazamiento en una de las bandas……..……..…….. 47

Figura 15. Muestra del proceso de digitalización de los polígonos en áreas desmontadas -Municipio de San Javier…….……. 48

Figura 16. Mapa de puntos de muestreo……..……. 51

Figura 17. Imagen tratada con filtro para la corrección de ruido falso color RGB 5,4,3…….. 53

Figura 18. Escena 230/70 del ano 2000 que fue clasificada a través del método no supervisado……..…….. 54
Figura 19. Mapa de clases de cobertura……..... 56
Figura 20. Fotografías de las clases de cobertura identificadas……..…….. 57
Figura 21. Mapa de distribución y predominancia del Cusi……. 59
Figura 22. Desarrollo de poblaciones de Cusi después de quemas y/o desmontes…….……. 61
Figura 23. Ejemplo del tratamiento con NDVI. Corte de la imagen 230-71. municipio de Concepción……..…….. 62
Figura 24. Mapa de deforestación para el año 1986…..…… 64
Figura 25. Mapa de deforestación para el año 2000…..…… 65
Figura 26. Mapa de deforestación para el año 2005……..…… 66
Figura 27. Mapa comparativo del incremento en los procesos de deforestación entre los años 1986,2000 y 2005…..……..... 68
Figura 28. Mapa de la superficie total deforestada entre los años 1986 al 2005……..……..... 69
Figura 29. Datos poblacionales del municipio de San Javier…..…….. 70
Figura 30. Datos poblacionales del municipio de Concepción……..…… 71
Figura 31. Datos poblacionales del municipio de San Ignacio de Velasco...…… 72
Figura 32. Asentamientos y formación de nuevos centros de colonización..... 73
Figura 33. Mapa de deforestación a causa de la expansión y formación de nuevas colonias.……..……..…… 75
Figura 34. Áreas destinadas a la actividad ganadera extensiva. a) Fotografías correspondientes al norte de San Javier, tierras de origen privado, b) Estancias ganaderas en el municipio de San Ignacio de Velasco…….. 76
Figura 35. Mapa de relación de las áreas deforestadas con las Áreas de Aprovechamiento Anual (AAA).……..…….. 79

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Descripción taxonómica del Cusi……..... 18
Tabla 2. Características de las bandas espectrales…….……..... 27
Tabla 3. Características de las imágenes satelitales…….……. 40
Tabla 4. Características de los sensores…….……... 41
Tabla 5. Superficies estimadas de Cusi para el año 2000….…… 58
Tabla 6. Superficies estimadas de Cusi para el año 2005……..……... 60
Tabla 7. Superficies desmontadas entre los años 1986, 2000 y 2005……... 63

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La Chiquitania está ubicada al este del departamento de Santa Cruz, abarca una superficie aproximada de 20.778.193,82 has, y está situada en una zona de transición entre los bosques húmedos del límite sur de la cuenca amazónica y la vegetación xerofítica del Gran Chaco. Tiene un clima tropical subhúmedo cálido, con un régimen pluviométrico variable según la zona y la época, pudiendo presentar periodos secos en los meses de abril a octubre con una precipitación media mensual de 50 mm, y años muy lluviosos en los meses de noviembre a marzo con 197,2 mm mes (Ibisch, 2003).

Para la Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano (FCBC), la ecorregión chiquitana comprende los municipios de San Julián, San Javier, San Ramón, Concepción, San Antonio de Lomerío, Urubichá, El Puente, Ascensión de Guarayos, Pailón, Roboré, San José de Chiquitos, Charagua, Cabezas, Puerto Suárez, Puerto Quijarro, San Matías, La Guardia, Cotoca, San Miguel, San Rafael y San Ignacio de Velasco.

La actividad económica de la región sienta sus bases en diferentes actividades, por ejemplo: la ganadería que abarca grandes extensiones de tierras, en su mayoría estancias privadas; la silvicultura donde el aprovechamiento está dado bajo concesiones forestales pertenecientes a empresas privadas, madereros locales que conforman las Agrupaciones Sociales del Lugar (ASLs) y las de origen privado y/o comunal; la agricultura como forma de sustento de muchas familias dedicadas exclusivamente al autoconsumo y otras actividades como turismo, comercio, horneado, tallado, etc.

El acceso a la zona consta de dos redes camineras y una vía férrea. La primera va de Santa Cruz de la Sierra a Puerto Suárez, en su mayoría, camino de tierra y el tramo Santa Cruz de la Sierra - San Ignacio de Velasco – San Matías, con tramos pavimentados y con

caminos de tierra. La segunda, la línea férrea, paralela al camino, cubre el tramo Santa Cruz de la Sierra - Puerto Suárez.

Para la FCBC la Chiquitania comprende una basta región muy rica en biodiversidad, en ella se encuentran presentes cuatro de las doce ecorregiones más importantes de Bolivia: el Cerrado, las Sabanas Inundables, el Gran Chaco y el Bosque Seco Chiquitano (Ibisch *et al.,* 2002)

a) El ***Cerrado Chiquitano*** que es un tipo de sabana arbolada en planicies, con áreas colinares onduladas y montañosas, con suelos escasos en nutrientes, poco profundos y pedregosos. La vegetación de esta ecorregión presenta un clima subhúmedo, con susceptibilidad a la incidencia de incendios de origen antropogénico (chaqueos), generalmente producidos en época seca. La mayor parte de la vegetación presenta adaptaciones al fuego (Ibisch, 2003).

b) Las ***Sabanas Inundables del Pantanal*** con características de llanura anegada por efecto de aguas de lluvia y/o por cauces de algunos ríos. El paisaje está formado por ríos de tendencia meandriforme, con abundantes tramos de carácter lenítico debido al escaso gradiente de pendiente topográfica, por lagunas, esteros, sabanas, vegetación acuática y manchas de bosques. Un claro ejemplo es el Pantanal Boliviano, que es parte del gran Pantanal que se extiende en los países del Brasil y Paraguay, y es considerado como el mayor humedal del planeta, con un alto valor en fauna acuática y terrestre, así como una amplia variedad de aves (Ibisch, 2003).

c) El ***Bosque Seco Chiquitano*** ocupa una zona en su mayor parte endémica, constituye una de las reservas más grandes de bosque seco y con mejor grado de conservación en la actualidad (Ibisch *et al.,* 2002). Esta caracterizado por su ubicación transicional entre el clima húmedo de la Amazonía y el clima árido del Chaco. Geológicamente esta marcado por la presencia del escudo pre-cámbrico o Escudo Cristalino Brasileño. La vegetación zonal está formada por especies como el Soto (*Schinopsis*

brasiliensis), Cuchi (*Astronium urundeuva*), palmares como el Cusi (*Attalea speciosa)* y otras. Consta de bosques semidecíduos hasta decíduos, formando un mosaico complejo con otras ecorregiones como el cerrado y las sabanas inundables. Biogeográficamente esta ecorregión se destaca por no tener afinidades fuertes con los bosques secos de las dos ecorregiones adyacentes, Chaco y Cerrado; más bien tiene afinidades con la ecorregión de la Caatinga en el Noroeste de Brasil (Ibisch, 2003).

d) El ***Gran Chaco*** que abarca la parte norte de Argentina, el noroeste de Paraguay y el sur de Bolivia, caracterizada por ser una depresión tectónica con sedimentos terciarios y/o cuaternarios. Presenta e un clima semiárido hasta árido muy caluroso (Ibisch, 2003).

La FCBC, fue creada en 1999 con el fin de promover la conservación de la diversidad biológica de la ecorregión del Bosque Chiquitano y los ecosistemas circundantes. Esta conformada por organizaciones con una visión conservacionista y ambientalista como: la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), Fundación Amigos del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (FAMHNNKM), Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre (WCS), Jardín Botánico de Missouri (MBG), y dos compañías petroleras: Prisma y Shell.

El área de trabajo de la FCBC cubre alrededor de 18,4 millones de has, está conformado por trece municipios, entre ellos se encuentran: San José de Chiquitos, Roboré, San Miguel de Velasco, San Rafael de Velasco, San Matías, Puerto Suárez, Puerto Quijarro, Concepción, San Javier, San Ramón, San Antonio de Lomerío y San Ignacio de Velasco del departamento de Santa Cruz.

Objetivos

Son objetivos del presente trabajo:

Objetivo general

- Estimar, mediante análisis de imágenes satelitales LANDSAT, las superficies con presencia de la palmera Cusi (*Atallea speciosa*), e identificar la expansión de áreas deforestadas, a través de un análisis espectral y multitemporal para un periodo de 19 años, en los municipios de San Ignacio de Velasco, Concepción y San Javier del departamento de Santa Cruz.

Objetivos específicos

- Elaborar una metodología que permita identificar, a través de imágenes satelitales, áreas con presencia de Cusi.
- Determinar el cambio de áreas con predominancia de Cusi según análisis comparativo de imágenes de diferentes años.
- Identificar la localización – ubicación geográfica de dispersión probable de la especie.
- Estimar o calcular el incremento de la deforestación según análisis comparativo de imágenes de diferentes años.

Límites y alcance

El proyecto se concentra en brindar información relevante y útil en dos aspectos: primero acerca de la situación actual en la distribución, ubicación y superficie de la palmera Cusi y, por otro lado, la identificación y cuantificación de áreas deforestadas por actividad humana en un periodo de 19 años.

Planteamiento del problema

Las amenazas que rodean a la región y la fragilidad que tienen los ecosistemas frente al desarrollo de las actividades humanas fueron, entre otros, los aspectos principales para evaluar el estado de conservación y poder establecer mecanismos que permitan la conservación del Bosque Seco Chiquitano. A partir de ello y apoyados en la perspectiva del Enfoque Ecosistémico, se elaboró el estudio: *"Planificación Ecorregional del Bosque Seco Chiquitano"*, proyecto ejecutado el año 2005 conjuntamente con *The Nature Conservancy*.

Uno de los puntos considerados en éste estudio, y que forma parte del proceso de evaluación integral, fue el de verificar el estado de conservación y conectividad biológica de la ecorregión. Esta se refiere a las condiciones en que la biodiversidad, dentro de una determinada región, se vean afectadas por la presencia o desarrollo de una o varias actividades humanas, que ocasionen un proceso de degradación parcial o total del ecosistema (FCBC y TNC, 2005).

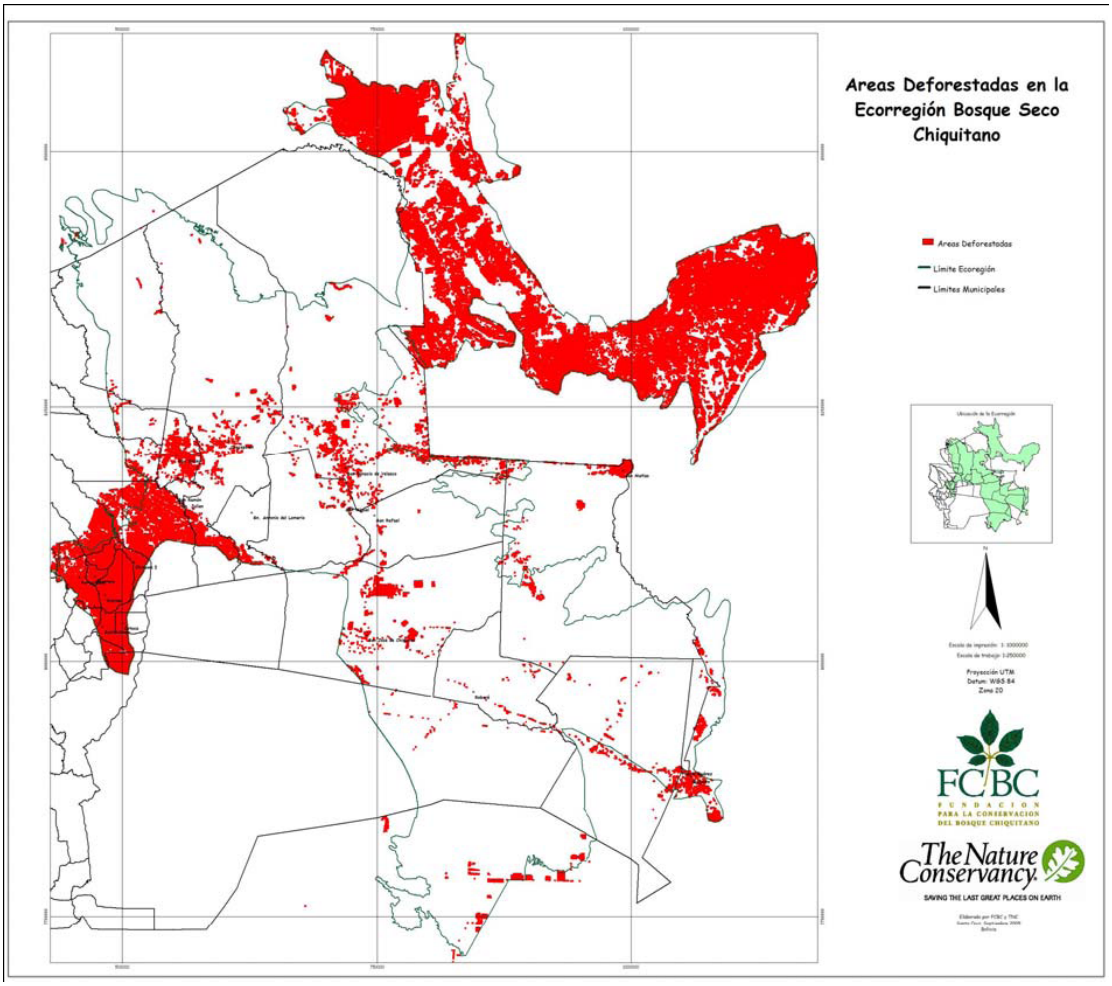
Este análisis se desarrolló tomando en cuenta cinco variables que permitan determinar el estado de conservación de la región:

1. Deforestación, fragmentación y conectividad
2. Demografía
3. Vías y obras civiles
4. Áreas de aprovechamiento forestal permanente
5. Ocurrencia de incendios

De todas éstas, la que más interesa resaltar es la referida a la deforestación, fragmentación y conectividad. La cual señala, por un lado, que la pérdida de cobertura boscosa está localizada de forma muy alarmante en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, pero que fuera de esta, existen otras seis áreas de mucha preocupación por el grado de

crecimiento y las posibles tendencias que podrían presentase, tal es el caso de los municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco que se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Deforestación en la ecorregión del Bosque Seco Chiquitano en base a la comparación de imágenes satelitales de los años 1992 y 2002

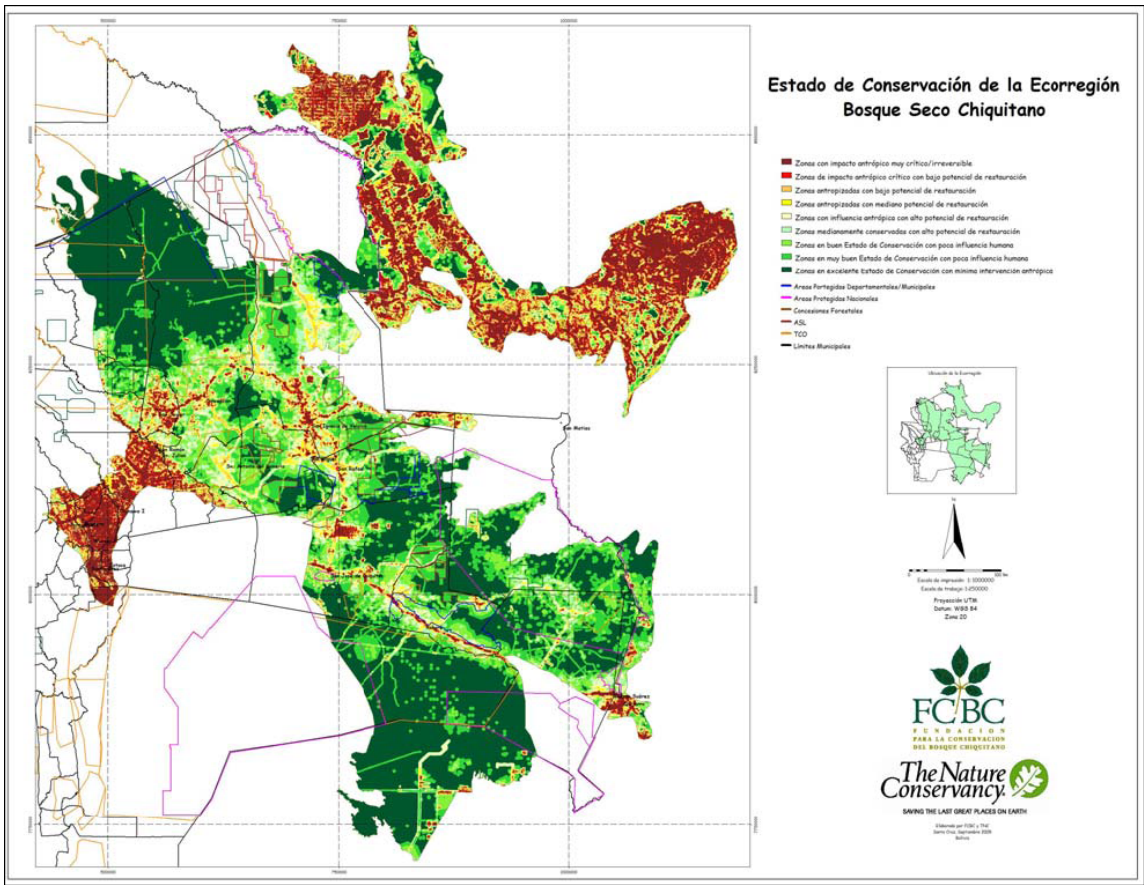


Fuente: FCBC y TNC 2005, por publicar

Estos procesos de deforestación generan una ruptura o fragmentación de hábitats los que a su ves, desencadenan una pérdida de conectividad entre especies silvestres. La Figura 2, ilustra de forma mas clara esta situación, los tonos verdes corresponden los lazos de

conectividad existentes, en cambio los tonos rojos a café, representan zonas sin funcionalidad para la conectividad.

Figura 2. Mapa base de conectividad, tomando en cuenta bloques de bosques, bosques ribereños, efectos de buffer de infraestructura, demografía, fuegos y deforestación



Fuente: FCBC y TNC 2005, por publicar

Los municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco, son de mucho interés para la FCBC, en el sentido de poder evaluar la situación forestal en la que se encuentran. La problemática ambiental esta fuertemente ligada al proceso de transformación de los ecosistemas, debido al efecto migratorio, con el establecimiento de nuevos asentamientos, a la actividad ganadera extensiva y a la actividad forestal.

Una de las especies amenazadas por la actividad ganadera, y que forma parte esencial del presente estudio, debido a su importancia en la recuperación y preservación de la zona, es la palmera Cusi (*Atallea speciosa),* palmar muy ampliamente desarrollado en la zona de San Ignacio de Velasco. Esta especie tiene un alto grado de proliferación, aspecto por el cual está tratando de ser eliminada con el fin de habilitar tierras para cultivo de pasturas.

El Cusi o Babaçu, como se conoce en el Brasil, es una de las principales fuentes de ingresos para comunidades del estado de Maranhão, ya que del coco pueden producirse una variedad de materias primas como por ejemplo: el aceite de las almendras, producto muy cotizado en la industria de aceites y jabones.

La palmera Cusi es una especie muy abundante en extensas zonas del norte del municipio de San Ignacio de Velasco, en la zona de transición entre el Bosque Seco Chiquitano y las llanuras amazónicas del Bajo Paraguá. A diferencia de la provincia Guarayos, en Velasco el Cusi es muy poco aprovechado, y es más bien considerado como una especie perjudicial por los ganaderos de la región, por la elevada proliferación y dispersión que caracteriza a la especie, lo que provoca una progresiva eliminación de los bosques de Cusi para habilitar tierras de pastoreo.

Justificación

Como se mencionó anteriormente, la zona de estudio ha sufrido y está sufriendo cambios en la vegetación en los últimos años por efecto del proceso descontrolado de deforestación debido a factores como la expansión de la frontera agrícola, la ganadería extensiva, tala ilegal, agricultura de roza y quema, lo que ha determinado cambios en el uso de la tierra y provocado efectos dentro del ecosistema y el medio ambiente en general.

Debido a la problemática existente, la FCBC ha establecido, por un lado, desarrollar una

investigación dirigida a identificar la distribución y ubicación de dicha palmera para que, a partir de ello, se puedan desarrollar estudios que permitan establecer futuros proyectos de aprovechamiento sostenible e industrialización del aceite de Cusi, palmito, carbón y otros, con el objeto de preservar dichos ecosistemas, mantener el corredor de conectividad y brindar una alternativa socioeconómica a las comunidades distribuidas en la región.

Por otra parte, se ha establecido también la necesidad de identificar las áreas deforestadas por actividades antrópicas, permitiendo de esta manera poder establecer las posibles tendencias y evaluar cómo este deterioro podría afectar a la ecorregión Chiquitana en general.

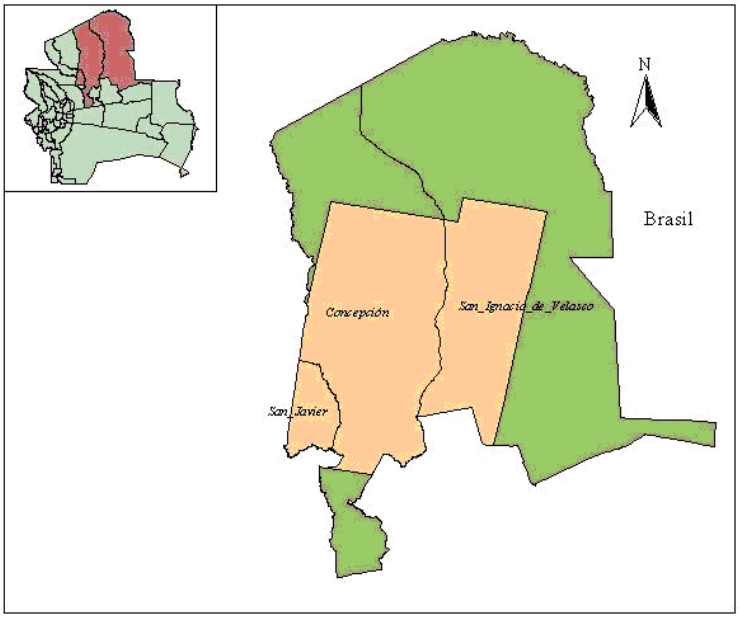
Los resultados de esta investigación permitirán desarrollar estrategias y establecer medidas que permitan lograr la recuperación de aquellas zonas consideradas como frágiles y preservar aquellas que aún se encuentran en mejor estado de conservación.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Ubicación

El área de estudio comprende algunas secciones de los municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco, del departamento de Santa Cruz-Bolivia, concretamente entre las coordenadas 62º02’26.28” y 61º22’16.12” de longitud oeste y 16º29’13.15” y 14º46’06.35” latitud sur. Abarca una superficie de 32.593,71 km^2. Limita al norte con el departamento del Beni, la república del Brasil y el municipio de Baures, al sur, con los municipios de San Antonio de Lomerío, San Ramón, San Miguel, San Rafael, al este con la república del Brasil y el municipio de San Matías y al oeste con los municipios de San Julián, Urubicha, Ascensión de Guarayos y El Puente (Figura 3).

Figura 3. Área de trabajo de la investigación



1.2. Clima

Con características muy complejas, presenta un clima subhúmedo seco con tendencias megatermal y mesotermal. Los vientos predominantes son del norte y noroeste, con intensidad suave a mediana, con una velocidad promedio que oscila entre los 10 a 40 km h^{-1}. según la época del año (Rosas, 2001). Existen vientos procedentes del sur en la época de invierno, con una velocidad promedio de 20 km h^{-1} (C.E.A.S.E., 2001).

La temperatura media anual es de 23.2 ºC, presenta temperaturas medias mínimas de 18.2 ºC, y máximas medias, que se dan en los meses de octubre y noviembre, que llegan a los 29.7 ºC hasta los 32.1 ºC respectivamente. En los meses de mayo a agosto se dan inicio a los ventarrones y lloviznas provenientes del sur, registrándose la temperatura mas baja, llegando a los 12.2 ºC. (Ibisch, *et al.,* 2002).

El régimen pluviométrico (1986 - 2000) según las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona, indican que la precipitación media anual varía entre los 1.073 y 1.385,2 mm, teniendo una máxima de 2.041,7 mm y una mínima de 658 mm (Ibisch *et al.,* 2002).

1.3. Suelos

Geológicamente corresponden a la zona septentrional del Escudo Cristalino Chiquitano, de la era Precámbrica, formada por rocas cuarcitas, esquistos de mica y filitas, además de fajas de rocas ferruginosas, metamorfizadas y calo-silicatos ricas en grafito.

Los suelos son poco profundos a muy profundos, con buen drenaje del orden inceptisoles, alfisoles y ultisoles. De textura areno- limosa a arcillosa, con coloración rojo a pardo en áreas anegadas. Su pH varía entre 5.0 y 6.5. La productividad agrícola es limitada, debido a las condiciones de escasa humedad en épocas secas y por la susceptibilidad a la erosión hídrica (FCBC *et al.,* 2001).

1.4. Vegetación

En la zona de San Ignacio de Velasco, pueden distinguirse diferentes ecosistemas vegetativos. En la zona norte existen bosques densos perennifolios pudiendo ser estos inundables o no, dentro de esta área se encuentran la sabana arbórea. Al extremo sur están presentes los bosques densos mesolíticos más conocidos como Bosque Seco Chiquitano y las sabanas arboladas o el cerrado (FCBC *et al.*, 2001).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Deforestación

La deforestación se entiende como la pérdida temporal o permanente de la cobertura boscosa, debido a causas naturales o por actividades antrópicas, con el propósito de desarrollar una actividad sea esta ganadera, agrícola o de otra índole (San Martín y Hansen, 1994, citados por Pacheco 1998). Esta situación se ha incrementado a medida que pasan los siglos, desde la llegada de los españoles a América hasta la revolución industrial, pero el punto crítico se origina a partir de la segunda mitad del siglo XX, periodo en el cual el proceso de deforestación sufre un crecimiento alarmante.

A finales del siglo XX, se calcula que la cobertura boscosa en el planeta era alrededor de 3.500 millones de has, lo que representa un 26.6% de la superficie terrestre, de ésta superficie el 57% corresponden a países subdesarrollados y, el 43% a países desarrollados (Roper *et al.,* 1999).

Según cálculos realizados por la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (*Food and Agriculture Organitation of the United Nations*), a través de métodos de percepción remota y análisis estadísticos, la deforestación de bosques tropicales entre los años de 1980 a 1990 produjo una pérdida de 15,5 millones de has anuales; y entre los años de 1990 a 1995 a razón de 13,7 millones de has anuales, lo que significa más de 220 millones de has deforestadas en un lapso de 15 años (Roper *et al.,* 1999). Esta superficie es igual a dos veces la superficie de nuestro país.

2.1.1. Situación del proceso de deforestación en Bolivia

Existen estudios de diferentes fuentes, que hacen referencia al proceso de deforestación en Bolivia, si bien no se cuenta con datos actuales, estos valen la pena ser mencionados

porque sirven de referencia para comprender mejor la situación forestal de nuestro país.

Un estudio realizado por Pacheco (2003), con el apoyo del Center for International Forestry Research (CIFOR) y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), establece que de la superficie territorial con la que cuenta Bolivia, 1.098.581 km^2, 534.000 km^2 corresponden a áreas boscosas, o lo que es igual al 48.6% del territorio. De esta superficie el 80% se encuentra distribuida en lo que se conoce como las Tierras Bajas, que comprende aquellos departamentos que se encuentran en una región menor a los 500 m.s.n.m., entre ellos se encuentran: Santa Cruz, Beni, Pando, norte de La Paz y ciertas áreas tropicales de Cochabamba (Pacheco, 2003).

En nuestro país la deforestación para el año 1980 llega, alrededor de las 87.000 has/año, equivalente a una tasa anual de 0.2%, cifra considerada baja, ya que representaba menos de la mitad de la tasa promedio (0,53%) comparada con países amazónicos; y menos de la tercera parte del promedio calculado para los países latinoamericanos en su conjunto (0.6%) (Pacheco, 1998). Existen otras fuentes (citadas en Pacheco, 1998), que mencionan que los valores de las superficies deforestadas en nuestro país, entre los periodos de 1970 y principios de 1980, fueron de 46.000 has/año (Stols, 1980), 85.000 has/año (Lanly, 1980) y 89.000 has/año (FAO, 1983).

Por otro lado, el mapa forestal elaborado, a partir de un análisis de 60 imágenes satelitales LANDSAT 5 TM, realizado por el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (MDSMA) el año 1995, con un periodo de referencia de 18 años (1975 – 1993), señala que la deforestación llegó a un poco más de 3 millones de has, es decir, 168.000 has por año. La tasa promedio de desmonte es del 0.3% anual (Pacheco, 1998).

La Superintendecia Forestal y el Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR), a través de un convenio, realizaron un estudio sobre la tasa de deforestación en Bolivia para el periodo 1993 al 2000, empleando para ello los datos de deforestación del año 1993, resultados del Mapa Forestal publicado el año 1995 por el Ministerio de

Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente y 39 imágenes LANDAST 7 TM del año 1999 y 2000. Dentro de este estudio se consideraron siete de los nueve departamentos debido a que estos presentan mayor superficie boscosa, entre ellos se encuentran: Santa Cruz, Beni, Cochabamba, Norte de La Paz, Pando, Chuquisaca y Tarija.

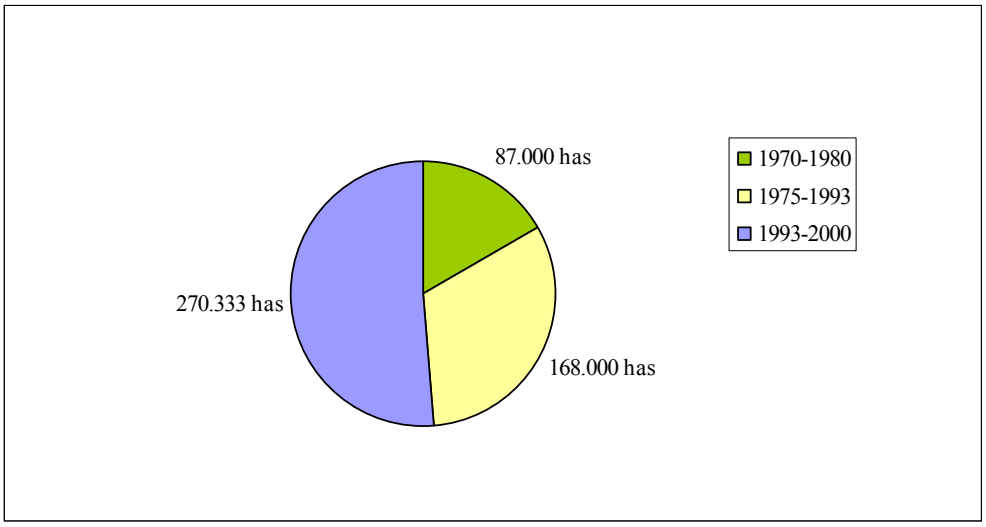
Vale la pena señalar que, a partir de este estudio se ponen en duda los resultados emitidos por el MDSMA el año 1993, ya que estos presentaban ciertos errores de clasificación, debido a que algunas áreas fueron consideradas sin vegetación y analizadas posteriormente con imágenes LANDSAT del año 1989 y 2000 mostraban lo contrario.

Si bien estos datos fueron considerados al momento de realizar la comparación con los datos obtenidos por la Superintendencia Forestal y BOLFOR, no llegan a ser valores representativos, por lo cual la interpretación será subjetiva y existirá un vacío que no permitirá relacionar en forma acertada el incremento presentado entre ambos periodos.

Los resultados señalaron lo siguiente: el año 1993 las superficies deforestadas alcanzaban a los 2.125.344 has (valor puesto en duda), las cuales se han incrementado para el año 2000 a 4.017.676 has; es decir que existe un aumento de 1.892.331 has deforestadas, con un promedio anual de 270.333 has equivalente a un 89% en relación a la deforestación del año 1993 (Rojas *et al.,* 2003).

La Figura 4, en base a los datos mencionados anteriormente, ilustra la situación del proceso de deforestación ocurrido en diferentes periodos. Es así que la mayor superficie desmontada anualmente se encuentra en el años de 1993 a 2000, con una deforestación de 270.333 has/año lo que representa tres veces lo deforestado anualmente en el periodo 1970 a 1980 y 1.5 veces lo de 1975 a1993.

Figura 4. Superficie deforestada en los periodos: 1970-1980, 1975-1993 y 1993-2000



Para el caso del departamento de Santa Cruz la situación de la pérdida de bosques es alarmante, el año 1993 este departamento tenía alrededor de 1.753.484 has deforestadas, para el año 2000 esta superficie se incrementa en un 81.21 % y se eleva a 3.177.517 has (Camacho *et al.,* 2001). Si comparamos este dato con el valor de deforestación a nivel nacional, observaremos que solo dicho departamento abarca un 75.25% del total de superficies deforestadas en el país.

2.1.2. Causas e impactos de la deforestación

El proceso de deforestación puede atribuirse en muchos casos a una combinación de dos factores: los agentes y las causas. Las causas comprenden aspectos como el crecimiento demográfico, los subsidios para la expansión agrícola por parte del estado, la demanda de productos provenientes del bosque y la situación económica entre otros.

Los agentes son todas aquellas personas, comunidades, empresas madereras y/o actividades que deterioran el bosque con un fin particular, entre ellos se pueden mencionar: la agricultura de roza y quema, la ganadería extensiva, agricultura comercial, la tala ilegal, apertura de caminos, actividades mineras o petroleras, etc. (Roper *et-al.,* 1999).

Son varios los impactos que se generan a partir de la pérdida de los bosques, esta situación desencadena una serie de problemas que van afectando a nuestro entorno, en diferente forma y tiempo. Entre algunas de estas amenazas podemos citar las siguientes:

- Contaminación ambiental
- Pérdida de biodiversidad animal
- Degradación y erosión de suelos
- Destrucción y fragmentación de hábitats
- Desplazamiento de la fauna silvestre
- Cambios en el ciclo hidrológico
- Cambios en el microclima
- Pérdida de paisajes y
- Pérdida de la fijación del CO_2

Una de las especies amenazadas por la actividad ganadera en la Chiquitania y que forma parte esencial del presente estudio, por la importancia que ésta puede llegar a tener en el proceso de conservación, es la palmera del Cusi (*Atallea speciosa),* palmar muy ampliamente desarrollado en la zona de San Ignacio de Velasco.

Al no existir un aprovechamiento de esta especie, ésta es considerada como una plaga que por el grado de proliferación, ocupa tierras que podrían estar destinadas al pastoreo; en tal sentido estas áreas son deforestadas en forma irracional y destinadas al cultivo de pasturas.

2.1.3. Características generales de la palmera Cusi

El Cusi tiene una gran importancia desde el punto de vista biológico y económico. La importancia biológica de los cusisales radica en la diversidad de animales que interactúan dentro del ecosistema, especies como: el jochi pintado (*Agouti paca*), jochi calucha (*Dasyprocta variegata*), comadreja (*Didelphys marsupiales*), masi o ardilla

(*Sciurus* spp.), taitetú (*Tayassu tajacu*) y ratones (*Ctenomys* spp.), quienes mantienen su dieta alimenticia en base al fruto del Cusi. La ausencia de esta fuente de subsistencia podría acarrear graves consecuencias en la población animal.

El aprovechamiento del Cusi como producto no maderable puede ser una alternativa que permita mejorar la situación económica de muchas familias

2.1.3.1. Descripción y hábitat del Cusi

Tabla 1. Descripción taxonómica del Cusi

TAXONOMÍA
Nombre científico: *Attalea speciosa* Mart. Ex Spreng. **Sinónimos:** *Orbigya phalerata* Mart.; *Orbignya martiana* Barb.Rodr.; *Orbignya speciosa* (Mart.) Barb. Rodr.
Género: Attalea **Familia:** *Arecaceae* (alt. *Palmae*), **Subfamilia**: *Arecoideae*, **Tribu**: *Cocoeae* subtribe: *Attaleinae* **Nombre común:** Cusi, babaçu, aguassú, Shapaja,, babasç, coco de macaco, babasu palm (inglés). **Lugar de 6rigen:** Bolivia, Brasil.

(Jardim *et al.,* 2003), (Mostacedo *et al.,* 2001), (SIAMAZONIA, 2003)

EL Cusi es una especie que se encuentra distribuida en algunas zonas tropicales de Bolivia, Brasil, Las Guayanas y el Paraguay (Jardim *et-al.,* 2003). Hasta el momento una de las áreas con cusisales más importantes en nuestro país, es la zona de Guarayos de la provincia Ñuflo de Chávez del departamento de Santa Cruz; sin embargo, se estima la presencia de esta especie en otras zonas que no han sido estudiadas hasta el momento, como ser la provincia de Velasco del mismo departamento, lugar donde se realizó esta investigación.

Se desarrolla en zonas de transición a Sabanas y el Cerrado, en suelos bien drenados y

poco húmedos; es una especie tolerante a periodos de sequía y muy adaptable a suelos pedregosos. Su crecimiento puede verse afectado por efecto de competencia con otras especies y por la sombra, al ser una especie demandante de luz (SIAMAZONIA, 2003).

El proceso de dispersión de las semillas se realiza por factores antropogénicos y por algunos animales que se alimentan del fruto, especies tales como: el jochi pintado (*Agouti paca*) y el masi (*Sciurus* spp.) (Entrevista al Dr. Luis Rene Moreno, estudioso especialista en Palmeras, junio 2005).

El Cusi es una palmera que puede llegar a medir entre 15 y 20 metros, tiene un tronco recto con diámetros que varían entre los 25 a 50 cm. Las hojas son pinnadas, con los folíolos dispuestos en el mismo plano, dispuestas en una corona en el ápice del tallo (Figura 5). Sus flores pueden ser masculinas y femeninas, fruto de inflorescencias interfoliares, unisexuales y actinoformas (Jardim *et al.*, 2003).

Figura 5. Palmera Cusi, *a*: adulta, *b*: en desarrollo y *c*: en crecimiento

a)





b)

c)



El período de floración comprende los meses de noviembre a enero; después de esto la palmera puede ser aprovechada por períodos que oscilan entre 25 a 30 años. Cabe señalar que la palmera es considerada adulta a partir de los 10 años. La producción del fruto (coco) es todo el año (Jardim *et al.,* 2003).

Los cocos son semiredondos, con el epicarpio de color oscuro en el periodo de maduración. Sus dimensiones promedio son de 7,93 cm de largo, 5,46 cm de ancho y pesan alrededor de 117 g, pudiendo contener de 1 a 9 almendras siendo el número más frecuente el de seis (Figura 6) (Jardim *et al.,* 2003).

Figura 6. Racimo de cocos del .Cusi



2.1.3.2. Usos

De la palmera puede extraerse una gama de productos, por ejemplo:

- De las hojas pueden elaborarse tejidos como canastas, cestas, sopladores para avivar el fuego y también material para la construcción de chozas (techos, paredes) (Toledo *et al.,* 2001).

- Del tallo en un estado tierno, puede extraerse el palmito que puede ser industrializado y comercializado en mercados nacionales e internacionales.
- El fruto esta compuesto por cuatro partes importantes, cada una de ellas con uno o más usos (Figura 7) por ejemplo:

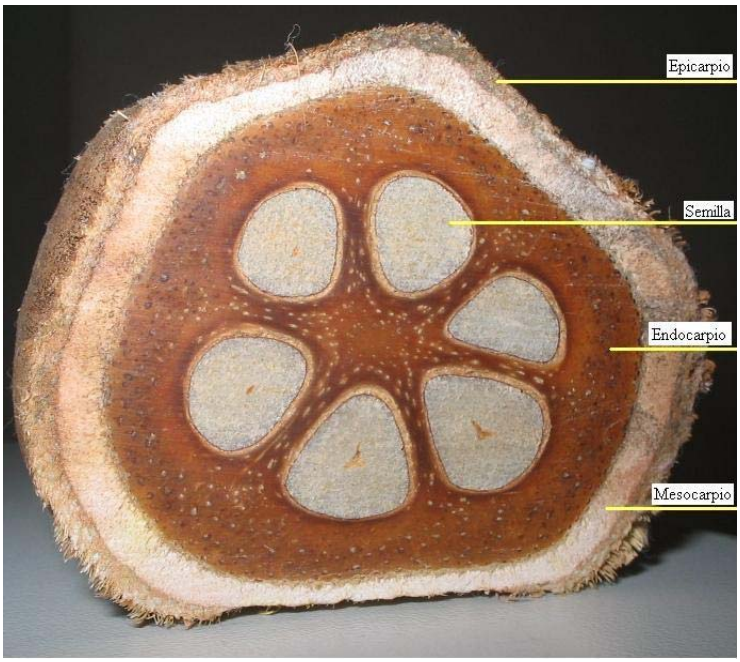
    - Del *Epicarpio* se aprovecha la fibra para la fabricación de papel y escobas. Representa el 2.7 % del peso del coco.

    - El *Mesocarpio* es la base para obtener la harina de amilácea muy útil para elaborar productos alimenticios para niños, así como tamben para el ganado vacuno. Otra posibilidad es la de producir chocolate. Constituye el 14% del peso.

    - Del *Endocarpio* se obtiene carbón activado, empleado en la elaboración de mascaras antigases por su acción adsorbente; así como material para el tratamiento de aguas. En el Brasil es muy empleado como combustible en la industria siderúrgica. Corresponde al 71% del peso.

    - La *Semilla* o almendra, es el producto principal el aceite de Cusi, rico en ácido láurico con composición similar al aceite de coco, del cual se pueden elaborar productos cosmetológicos como cremas corporales, shampoo y enjuagues. El proceso de extracción de aceite produce un subproducto que se conoce como torta, muy rica en nutrientes y utilizada para la elaboración de alimentos balanceados para animales. Cabe mencionar que algunas comunidades cercanas a Guarayos dan al aceite un uso medicinal (en casos de fiebre, dolores de cabeza, tos y espasmos) (Callau *et al.,* 1974).

Figura 7. Partes del fruto del Cusi



El aprovechamiento de esta especie como producto no maderable contribuye enormemente en el sustento económico de muchas familias. Un ejemplo claro es lo que sucede en los Estados de Maranhão y Piaui en el Brasil, donde el aprovechamiento del Cusi o Babaçu como se conoce allá, es una fuente de subsistencia muy importante para muchas comunidades. Estimaciones del Estado de Maranhão señalan que el aprovechamiento de esta especie generó en el año l986 un valor económico de 85 millones de dólares (SIAMAZONIA, 2003).

Para señalar un ejemplo geográfico mas cercano, la provincia Guarayos del departamento de Santa Cruz, cuenta con alrededor de 60.000 has de Cusi, las que aprovechadas en un proyecto de industrialización podrían generar ingresos económicos de un valor de 800 mil dólares anuales (Desarrollo económico local, 2005).

2.2. La teledetección o percepción remota

El uso de la percepción remota para la evaluación del estado y conservación de los recursos naturales se da a partir de la puesta en órbita del satélite LANDSAT MSS (Land Satellite - Multi Spectral Scanner, puesto en órbita el año 1972, el que anteriormente fue llamado ERTS (Earth Resources Technology). Años más tarde (1999) se lanza el último prototipo, el LANDSAT 7 TM (Thematic Mapper).

El empleo de la teledetección está siendo cada día más abordado en diferentes áreas como ser: cartografía, meteorología, medio ambiente, planificación urbana, geología, forestal y otras (Chuvieco, 1995).

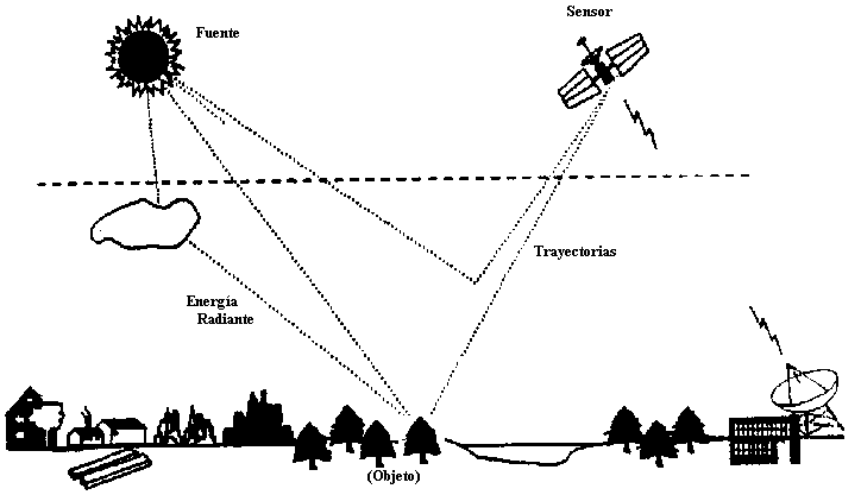
El uso de esta herramienta en el área forestal es de gran ayuda para la elaboración de inventarios forestales, detección de zonas deterioradas por efecto de actividades humanas o naturales, cambios en la cobertura vegetal, determinación del vigor de la vegetación, ubicación de áreas boscosas y otras.

2.2.1. Aspectos físicos y definición

El término sensor remoto proviene de la traducción del término en ingles *Remote Sensing,* o también conocido como teledetección.

Esta técnica puede definirse como aquella que emplea sensores para obtener información de las características de la superficie terrestre, sin entrar en contacto directo con ella (Sabins, 1978). Estos sensores están instalados en plataformas espaciales o aéreas (satélites o aviones), los que captan la energía emitida o reflejada por cada objeto (Figura 8). Esta energía puede provenir de una fuente fija como el sol, a la que se conoce como *fuente pasiva,* o puede proceder del mismo sensor, el cual emite la energía y retorna al mismo; a ésta se denomina *fuente activa* (Lillesand *et al.,* 1994).

Figura 8. Esquema del proceso de teledetección



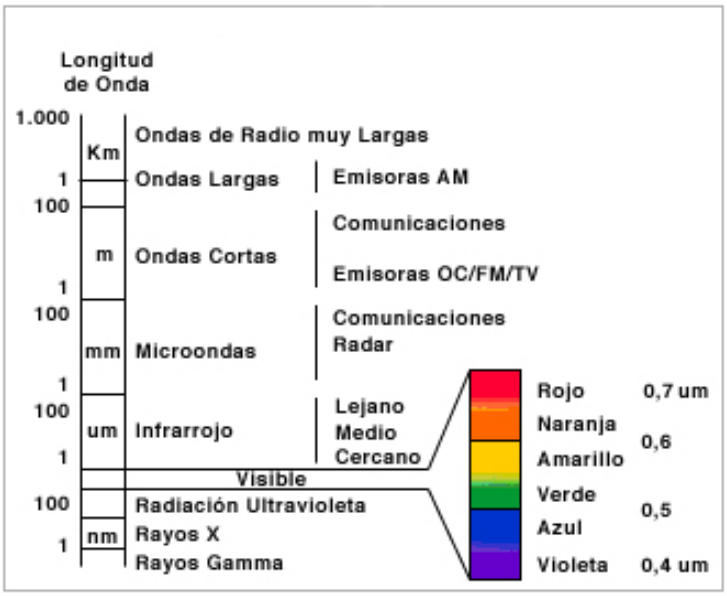
Esta interacción energética entre el objeto y el sensor es conocida como radiación o energía electromagnética (Chuvieco, 1995). Todos los cuerpos según su comportamiento emiten, absorben o reflejan energía; por ejemplo: los cuerpos negros absorben y emiten casi toda la energía, los cuerpos blancos reflejan casi toda la energía y los cuerpos grises absorben y emiten la energía en forma constante. Cada cuerpo emite una energía diferente, esta particularidad se conoce como "*firma espectral*".

Como mencionamos anteriormente, la teledetección hace uso de la energía electromagnética, que es la energía reflejada o emitida por los objetos, la cual viaja por el espacio como ondas electromagnéticas, las que organizadas en un conjunto según su longitud forman el espectro electromagnético.

El espectro electromagnético

Como puede observarse en la Figura 9, dentro del espectro electromagnético se encuentran distintos tipos de energía electromagnética, que son categorizadas por su longitud de onda, a estas regiones se denominan bandas (Lillesand *et al.,* 1994).

Figura 9. Espectro electromagnético



Fuente: UC s.a.

Solo algunas de estas bandas son usadas en la percepción remota, entre ellas se encuentran: la banda visible, el infrarrojo próximo, infrarrojo medio, infrarrojo lejano o térmico y microondas. El espectro visible tiene la particularidad de ser, como dice su nombre, visible para el ser humano. Dentro de este se distinguen tres bandas: azul, verde y rojo (Lillesand *et al.,* 1994).

Los sensores como el satélite LANDSAT TM tienen la capacidad de recibir información de diferentes rangos del espectro electromagnético, dicho de otra forma, capta información de siete bandas, tres de la visible, cuatro del infrarrojo y una banda adicional, la pancromática.

Cada una de las bandas se describe en la Tabla 2, identificando el rango en el que se encuentra, así como su aplicación.

Tabla 2. Características de las bandas espectrales

	Número de banda		Rango espectral (micrómetros)	Características
Espectro visible	*Azul*	Banda 1	0.45 – 0.52 µm	Identifica cuerpos de agua, ayuda a diferenciar suelo de vegetación. Diferencia especies confieras de deciduas.
	Verde	Banda 2	0.52 – 0.60 µm	Identifica el vigor de la vegetación sana y buena penetración para cuerpos de agua.
	Rojo	Banda 3	0.63 – 0.69 µm	Capta la absorción de la clorofila, útil para clasificación de la vegetación de diferentes tipos.
Infrarrojo cercano	Banda 4		0.75-0.90 µm	Determina tipos de vegetación, vigor y biomasa, delimita cuerpos de agua y realza la humedad. permite identificar áreas ocupadas por vegetación que fue destruida por el fuego y aquellas áreas agrícolas.
Infrarrojo medio	Banda 5		1.55-1.75 µm	Resalta la humedad del suelo y la vegetación. Discrimina nieve de nubes.
Termal	Banda 6		10.40-12.50 µm	Realiza mapeos termales, intensidad de calor, ayuda a localizar polución termal así como actividad volcánica.
Infrarrojo medio	Banda 7		2.08-2.35 µm	Su característica: la discriminación de rocas y minerales. Permite obtener información sobre geomorfología y geología.

(Richards, 1986)

Estos programas espaciales están dirigidos en su mayoría al estudio y evaluación de los recursos naturales y planificación del desarrollo humano. Si bien existen varios satélites con el mismo fin, como ser imágenes SPOT, NOOA y otras, nuestra investigación maneja imágenes de los satélites LANDSAT y CBERS.

2.2.2. Los sensores remotos

Si bien existen diferentes tipos de sensores empleados para el análisis de los recursos naturales, esta investigación hizo uso de imágenes provenientes de los satélites LANDASAT y CBERS.

2.2.2.1. LANDSAT TM

En 1972 se inició la primera misión del satélite LANDSAT, anteriormente conocido como ERTS (Earth Resource Technology Satellite), bajo administración de la NASA (Nacional Space and Space Administration) (Garcia, 2001).

El área de cobertura de imágenes va de los 81º de latitud norte hasta los 81º de latitud sur, en todas las longitudes terrestres. El LANDSAT puede dar la vuelta a la tierra en 99 minutos, logrando de esta manera dar 14 vueltas al día, cubriendo todo el planeta en 16 días. Posee una resolución espacial de 30 m, pero gracias a una octava banda o canal pancromático, que es la gran diferencia con el LANDSAT 5, puede conseguirse una imagen con resolución de 15m. El LANDSAT es un satélite heliosincrónico (Satélites de monitoramento, 2004).

El uso de imágenes satelitales resulta ser una herramienta muy útil en trabajos relacionados con el manejo de los recursos naturales, como ser: inventarios forestales, manejo y evaluación de incendios, avistamiento de enfermedades, manejo de bosques entre otros.

2.2.2.2. CBERS

A través de un convenio entre los países de Chica y Brasil, en julio de 1998 se da inicio al proyecto CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite / Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), donde se pone en marcha la construcción de dos satélites de percepción remota, con el fin de atender las demandas de ambos países. El primer satélite fue lanzado el 14 de octubre de 1999 y el segundo el 21 de octubre del 2003.

Sus principales características: se encuentra a los 778 km de altura, tiene un área de cobertura que va de los 98 º de latitud norte hasta los 98º de latitud sur. Su tiempo de órbita heliosíncrona es de 100,26 minutos, cubriendo todo el planeta en 26 días (Satelites de monitoramento, 2004).

2.2.3. Aplicaciones de la teledetección

El uso de la teledetección en el monitoreo de los recursos naturales esta siendo empleado muy ampliamente en diferentes estudios, sean estos dirigidos a un área especifica como la rama forestal u otras áreas.

Un claro ejemplo es el desarrollado por un grupo de profesionales, entre ellos Emilio Chuvieco, que emplearon la teledetección en el análisis de la deforestación tropical, dentro de la reserva de Ticoporo en Venezuela. El estudio se baso en un análisis multitemporal del proceso de deforestación que se presenta dentro esta reserva; para ello trabajaron con fotografías aéreas del año 1962 y cuatro imágenes satelitales de los años 1972, 1989, 1993 y 1997, cada una de estas correspondientes a un sensor diferente (LANDSAT MSS y TM y SPOT-HRV). La metodología consistió primeramente en una fotointerpretación y a partir de ello elaborar un mapa de formaciones de vegetación y en segundo lugar las imágenes se clasificaron mediante el establecimiento de umbrales de los índices de vegetación. Los resultados mostraron que la técnica resulta muy útil para la identificación de los procesos de deforestación, lo que permite a partir de ello, generar medios para reducir los efectos que ocasionan al medio ambiente (Chuvieco *et al*., 2002)

Vicente y Rickfelder (2003), a través del uso de la teledetección, identificaron especies forestales y establecieron una metodología que consistía en una clasificación digital a través de dos métodos: la clasificación supervisada y la no supervisada. El objetivo del estudio era identificar especies forestales de otros usos de suelo además de diferenciar el género *Pinus* de *Eucalyptus*. Los resultados con referencia a la metodología revelaron

que la clasificación supervisada es la que mejor resultados presentaba, al identificar de forma más correcta ambas especies. Concluye también que el uso de la teledetección y las operaciones que pueden realizarse con las imágenes como la clasificación digital, resulta de mucha importancia para la investigación como herramienta muy útil para análisis de cambios e identificación de especies en particular, lo que permite la toma de decisiones para el futuro (Vicente *et al*., 2003).

2.3. Tratamiento de imágenes

Existen diferentes pasos que pueden emplearse para el tratamiento de imágenes, estos pueden variar según el criterio del usuario, dependiendo del tipo de objeto del estudio, área y características del satélite, aquí mencionaremos algunos de ellos que fueron utilizados en la siguiente investigación.

2.3.1. Correcciones radiométricas

Estas correcciones están dirigidas a eliminar aquellos errores radiométricos, distorsiones o ruidos ocasionados por el mal funcionamiento del sensor o de la antena receptora. Estos errores se manifiestan en la imagen en forma de líneas o píxeles aislados con modificación o pérdida de información de los ND (Lillesand *et al.,* 1994).

2.3.2. Correcciones geométricas

A la distorsión geométrica pueden atribuírsele varios factores: curvatura de la tierra, el movimiento no uniforme del sensor y errores asociados al lente. Estas correcciones están dirigidas a modificar la geometría de una imagen, para ajustarla a un sistema de referencia dado (Schowengerdt, 1983). La rectificación es uno de los procedimientos que forma parte de la corrección geométrica, que transforma los datos de una imagen de un sistema de coordenadas a otro.

A diferencia de la corrección radiométrica, ésta solo modifica la posición de los píxeles y no así los valores de los ND de los píxeles (Lillesand *et al.,* 1994).

2.3.3. Índice normalizado de diferencia en la vegetación (NDVI)

El índice normalizado de diferencia en la vegetación, conocido mayormente como índice de vegetación, puede definirse como:

> El parámetro calculado a partir de los valores de la reflectividad a distintas longitudes de onda y que pretende extraer de los mismos la información relacionada con la vegetación minimizando la influencia de perturbaciones como las debidas al suelo y a las condiciones atmosféricas (Gilabert, 1997).

A partir de esta definición, entendemos que este índice permite identificar el vigor y estado de la vegetación de una zona en particular, por medio de la diferencia entre las bandas del infrarrojo cercano y el visible. Esta diferencia podría expresarse como el grado de actividad fotosintética.

Los valores obtenidos se encuentran en un intervalo de -1 a +1, donde los valores negativos corresponden a áreas sin vegetación pero también pueden referirse a la presencia de nubes, nieve, agua, suelo desnudo, afloramientos rocosos o vegetación seca; y los valores positivos son descritos como áreas con presencia de vegetación (Gilabert, 1997).

Esto es fácil de comprender si observamos el comportamiento espectral que presenta la vegetación en la banda visible, que permite identificar la cantidad de energía absorbida por las plantas y que está fuertemente relacionada con el contenido de clorofila; y, por otro lado, el comportamiento del infrarrojo cercano que permite resaltar la vegetación sana.

La ecuación es la siguiente:

$$NDVI = \frac{\rho_{ir} - \rho_r}{\rho_{ir} + \rho_r}$$

Donde ρ_{ir} es la reflectividad en el infrarrojo cercano (banda 4 de LANDSAT TM) y ρ_r es la reflectividad en el rojo (banda 3 de LANDSAT TM).

La combinación de otras bandas puede generar otro tipo de índices, los que ya no son reconocidos como NDVI, como por ejemplo:

- *Banda 5 - Banda 7*, para detectar rocas alteradas con alto contenido en arcilla, mica y roca sulfatada
- *Banda 5 - Banda 4*, para aislar cubiertas vegetales de la roca desnuda
- *Banda 3 - Banda 1*, para detectar materiales con alto contenido en limonita (Gilabert, 1997).

2.3.4. Clasificación digital

Considerada como la etapa final en el procesamiento de imágenes, la clasificación es la identificación de clases espectrales dentro la imagen digital.

Cuando el sensor capta la reflectancia de un objeto, ésta es almacenada en forma de matriz, la que está compuesta por elementos llamados píxeles. Cada píxel tiene un valor de reflectancia, que expresado en forma numérica tiene un valor real o entero, al que se denomina *número digital* (ND) (Chuvieco, 1998). Entonces la clasificación es la categorización de los valores de reflectancia o ND que se representa por las *clases espectrales.* Es así que los valores de los píxeles tienen un valor distinto de reflectancia en cada una de las bandas. El producto final de la clasificación digital son los mapas temáticos (Chuvieco, 1998). Según Bosque et al., (1994) la clasificación es definida como:

> Un proceso que convierte los ND contenidos en una imagen multiespectral tomada por un satélite, en una imagen con un número de categorías de cobertura del suelo. Así, esta imagen permite crear cartografía de una zona en cuestión y generar información con las superficies ocupadas por cada tipo de ocupación de suelo (Bosque *et al.*, 1994)

Existen dos tipos de clasificación según el conocimiento o no de la zona a clasificar que son: la clasificación supervisada y no supervisada.

2.3.4.1. Clasificación supervisada

Esta clasificación se basa en el criterio de que debe existir un conocimiento previo de la zona, sea por alguna experiencia anterior o por medio de reconocimiento de campo, todo esto con el fin de que la persona encargada pueda identificar y obtener criterios para poder asignar las clases deseadas. Estas clases o áreas se conocen como *training fields* o campos de muestreo, que sirven para que el programa pueda identificar los píxeles de cada una de las clases seleccionadas, en función de sus ND en todas las bandas presentes (Richards, 1986).

Cabe señalar que la selección de campos de muestreo puede producir problemas si no se toman en cuenta algunos criterios como ser: superficies homogéneas, heterogéneas y variables.

Existen algunos criterios estadísticos empleados para el desarrollo de dicha clasificación, entre ellos se encuentran: el de mínimos cuadrados, paralelepípedos y máxima probabilidad. Estos criterios también son conocidos como fases de asignación (Chuvieco, 2000).

Fases de asignación

Este procedimiento es de uso exclusivo de la clasificación supervisada, el cual permite a

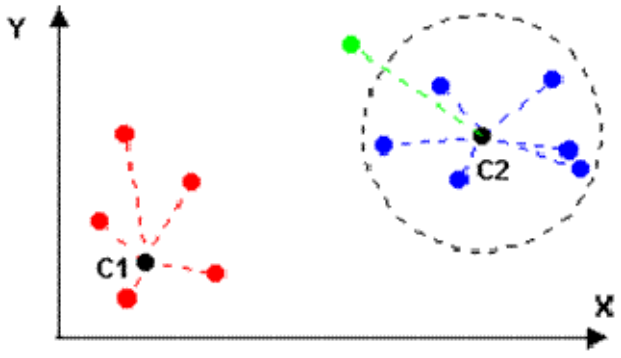
través de cálculos estadísticos como la desviación estándar, media, varianza y covarianza, asignar cada uno de los píxeles dentro de un área o clase seleccionada. Entre los métodos de asignación empleados se encuentran los siguientes:

a) Mínima distancia

Este procedimiento consiste en asignar un píxel a la categoría más próxima, aquella que tenga la mínima distancia entre ese píxel y el centroide de la clase. La forma mas usual para el cálculo de distancia entre píxel y clase es la distancia Euclidiana, que es un algoritmo fácil y rápido de ejecutar, muy útil cuando no existe solape entre categorías, ya que podrían producirse errores de omisión si es que alguna categoría existente no es tomada en cuenta en la leyenda, puesto que este método no deja que existan píxeles libres sin clasificar, ya que siempre están asignados a una clase en particular.

Algunos autores señalan que este procedimiento puede llegar a ser un problema, ya que es mejor dejar áreas sin clasificar que clasificar sin garantías (Figura 10) (Schowengerdt, 1983).

Figura 10. Clasificador por mínima distancia



b) Paralelepípedos

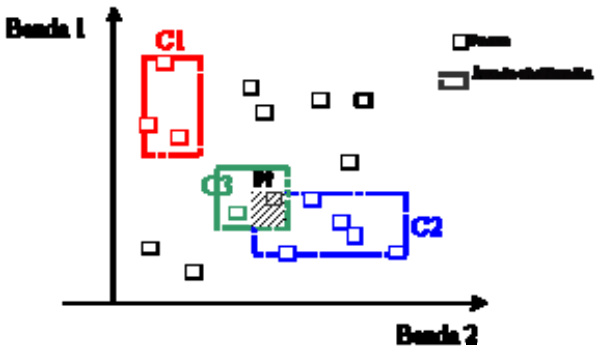
El clasificador por paralelepípedos es un método rápido y fácil de ejecutar, consiste en

asignar un área con forma geométrica de un paralelepípedo, para cada clase según su valor máximo y mínimo; donde el píxel que esté dentro de esa área pertenecerá a la clase definida (Schowengerdt, 1983).

Hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Cuanto más grande el umbral, mayor el número de píxeles incluidos en una categoría, pero también mayor confusión con otras categorías que contemplen un mismo píxel. Si se diera el caso, el programa incluirá el píxel al primer umbral asignado, lo que puede generar un cambio importante en la clasificación general (Figura 11).
- Si el umbral es pequeño, asegura más asignaciones pero deja muchos píxeles sin clasificar. La solución está dirigida a extender poco a poco el rango de dispersión, con un equilibrio entre píxeles no clasificados y las sobreposiciones o solapamientos entre clases próximas (Chuvieco, 1995).

Figura 11. Clasificador por paralelepípedos



c) Máxima probabilidad

La característica principal de este método radica en el uso de las probabilidades, a partir de su vector de medias y matriz de varianza y covarianza, el cual calcula la probabilidad de que un píxel pertenezca a una categoría, clasificando aquel píxel que tenga mayor

probabilidad de pertenecer a la misma.

A pesar de ser una técnica que conlleva mayor tiempo de cálculo, esta operación es la más compleja, si las zonas de muestreo están bien definidas y la más empleada, por su rigurosidad al momento de la disposición de datos (Chuvieco, 1995).

2.3.4.2. Clasificación no supervisada

A diferencia de la clasificación supervisada, ésta no requiere de un conocimiento del área de trabajo, pero sí tener la habilidad de interpretar las imágenes satelitales y así poder asignar con mejor criterio las clases o categorías correspondientes.

Este método de clasificación se basa en un proceso de agrupamiento de ND que tenga un valor espectral homogéneo, pudiendo así establecer clases temáticas de interés (Chuvieco, 1995). El criterio de agrupamiento o "*clustering"* más usado es el algoritmo ISODATA (Interative Self-Organizing Data Analisys Technique), éste es un proceso al que se asignan un número arbitrario de clases, pudiendo tener N pasos lo que equivale a N número de clases a clasificar. Cada paso identifica las dos áreas homogéneas más próximas y las agrupa para formar una clase, a la que se asigna un nuevo centroide. Es así que en cada análisis se reduce una clase menos, debido a que ésta es asignada a la nueva clase (Schowengerdt, 1983).

En tal sentido, la clasificación no supervisada, está enfocada más a definir las clases o categorías, que a la misma clasificación de la imagen como producto final.

En resumen, los aspectos principales a tomar en cuenta en una clasificación no supervisada son:

- No requiere conocimiento previo del área de estudio
- El usuario es el encargado de asignar a cada elemento una clase o conjunto de clases

- Adecuado cuando se trata de áreas de vegetación y/o recursos naturales (Lillesand, 1994).

2.4. Los sistemas de información geográfica (SIG)

Existen diferentes definiciones de un SIG. Algunos autores, como Cebrain y Mark (1986), señalan que un SIG es una "Base de datos computarizada que tiene información espacial"

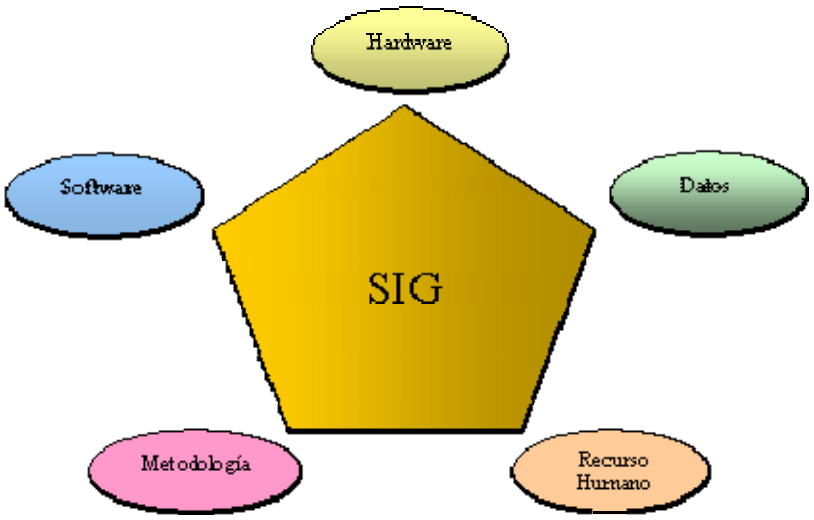
Por otro lado, Burrough (1988) define un SIG como un "Conjunto de herramientas para reunir, introducir (en la computadora), almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetos"

También consideraremos la definición de la National Center of Geographic Information and Análisis (NCGIA) de los Estados Unidos:

> Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (Bosque, 1994)

A partir de estas definiciones podríamos decir, a manera de síntesis, que un SIG es una herramienta computacional que permite la manipulación de información, análisis e interpretación espacial y geográfica. Un SIG está compuesto de cinco elementos importantes: hardware, software, datos, recurso humano y metodología (Figura 12).

Figura 12. Componentes de un SIG



El *hardware* está compuesto por una computadora conectada a periféricos de entrada (digitalizadotas, scanners) o salida (impresoras, plotters). El *software* tiene como función principal la ejecución y manipulación de datos, en programas específicos como ser: Erdas, Ilwis, ArcView, y otros.

Los datos son la parte más importante ya que sin ellos no podría realizarse ningún análisis quedando el resto de los elementos sin utilidad. El manejo de la información está a cargo de personal especializado quien maneja la información según el trabajo o análisis a realizar.

El término de usuario especializado es referido a aquel que maneja estos sistemas en alguna de sus fases (introducción de datos, corrección, análisis, elaboración de cartografía, etc.) y, por último, *la metodología*, o pasos concretos que se emplean para obtener un resultado específico, es la ruta o camino que permite llegar a cumplir los objetivos (UCA, s.a.).

Los SIG ofrecen numerosas ventajas respecto a la cartografía convencional, puesto que de forma automática permiten manejar datos espaciales internamente referenciados, producir mapas temáticos y realizar procesos de información de tipo digital (Los sistemas de información geográfica, s.a.)

3. METODOLOGÍA

3.1. Materiales y equipos

3.1.1. Para el trabajo de campo

- Movilidad 4x4 de la Alcaldía de San Ignacio de Velasco
- GPS Garmin E-trex Vista
- Cámara fotográfica digital

3.1.2. Para el trabajo de gabinete

- Imágenes satelitales:

Tabla 3. Características de las imágenes satelitales

Fecha de la imagen	18/07/1986	01/08/2000	(11/04/2005), (05/06/2005), (24/07/2005), (27/07/2005)
Satélite	LANDSAT TM	LANDSAT TM	CBERS
Proyección	UTM	UTM	UTM
Zona	20	20	20
Elipsoide	WGS84	WGS84	SAD69
Escenas	230/70, 230/71	230/70, 230/71	172/117, 171/117, 172/118, 171/118

Tabla 4. Características de los sensores

Satélite	Sensor	Bandas espectrales	Resolución espectral (μm)	Resolución espacial	Resolución temporal
CBERS	CCD	Banda -1 = azul Banda -2 = verde Banda -3 = rojo Banda -4 = rojo proximo Banda -5 = pancromática	0,45 - 0,52 0,52 - 0,59 0,63 - 0,69 0,77 - 0,89 0,51 - 0,73	20	26 días
Landsat	TM	Banda -1 = azul Banda -2 = verde Banda -3 = rojo Banda -4 = infrarrojo cercano Banda -5 = infrarrojo medio Banda -6 = termal Banda -7 = infrarrojo medio Banda -8 = pancromática	0,45 - 0,52 0,52 - 0,60 0,63 - 0,69 0,76 - 0,90 1.55 – 1.75 10.40 –12.50 2.08 – 2.35 0,52 – 0,.90	30	19 días

Anexo 1. Código de las imágenes LANDSAT para Bolivia

Anexo 2. Códigos de las imágenes del satélite CBERS-1.

- Las imágenes del año 1986, fueron proporcionadas por el del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (MHNNKM), las del año 2000 por la FCBC y las correspondientes al año 2005 por The Nature Conservancy (TNC).

- Paquetes computacionales como ser: ERDAS 8.6 para el procesamiento digital de imágenes, ArcView 3.2 para el manejo de datos vectoriales y análisis de la información, EXEL para el manejo de base de datos y el ArcMap software empleado para GPS.

3.2. Metodología

La metodología empleada en esta investigación esta dividida en dos etapas: trabajo de campo y trabajo de gabinete.

3.2.1. Trabajo de campo

El trabajo de campo fue dividido en dos etapas. En la primera etapa se realizó un viaje a la zona en el mes de marzo. Se empleó una metodología de trabajo basada en tres aspectos: *la verificación y validación* de áreas homogéneas identificadas a través de un proceso de clasificación no supervisado realizado previamente al viaje, *la observación y verificación* de las características físicas del lugar y de la vegetación predominante identificadas en la clasificación y, por último, *la toma de puntos de georeferenciación aleatorios* de las clases establecidas como ser: zonas con o sin Cusi, afloramientos rocosos, áreas de bosque, curichis, pasturas naturales y cultivadas, áreas deforestadas y otras, lo que permitirá poder clasificar de forma más precisa la imagen.

Posteriormente, en el mes de agosto, se realizó una segunda visita de campo, dirigida a la validación del trabajo efectuado en gabinete, referente al proceso de clasificación supervisado de las áreas con presencia de Cusi.

Para ello se tomaron nuevos puntos de georeferenciación que actúan como datos de validación que, sobrepuestos sobre la imagen clasificada, permitan verificar el grado o porcentaje de precisión.

3.2.2. Trabajo de gabinete

El trabajo de gabinete fue dividido en dos partes: la primera una metodología dirigida a la identificación de la palmera Cusi y la segunda, a la identificación de áreas deforestadas. Esto debido a que el análisis requiere de procedimientos y tratamientos diferentes.

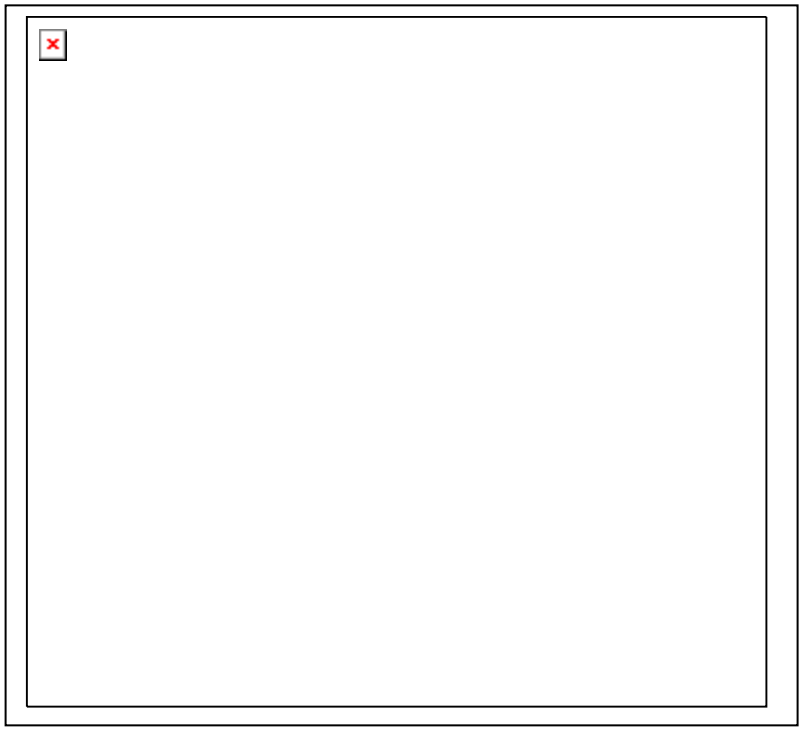
3.2.2.1. Metodología para la identificación de áreas con Cusi

3.2.2.1.1. Tratamiento digital de imágenes

a) Correcciones radiométricas

Este tratamiento fue realizado a las imágenes del año 1986, por presentar problemas de ruido en las bandas 2 y 3 que consistió en intentar recuperar aquellos datos perdidos a través de la estimación de los valores de los ND (línea/píxel) en relación a los ND vecinales o precedentes, para ello se empleó el programa ERDAS 8.6 el cual maneja filtros específicos para corregir estos errores (Figura 13).

Figura 13. Parte de la escena 230/70 del año 1986 que presenta problemas de ruido – RGB 4,3,2



Las imágenes corregidas pueden ser observadas en la *Figura 17*, del capitulo de resultados.

3.2.2.1.2. Clasificación digital de imágenes

Para el proceso de clasificación de las imágenes, se emplearon dos tipos: la clasificación no supervisada y la supervisada.

a) Clasificación no supervisada

Esta técnica se efectúo previamente a la salida de campo, se clasificaron las escenas 230/70 y 230/71 del año 2000, como procedimiento exploratorio que permita distinguir las probables clases espectrales homogéneas presentes en las imágenes. Al no conocer la zona de estudio se asignaron de forma a priori las posibles clases de cobertura existentes, estableciendo un número de 20 clases.

La clasificación fue realizada independientemente para cada escena, ya que si se hace una clasificación de la unión de ambas, los valores espectrales suelen modificarse lo que generaría una distorsión de lo que realmente existe en esas áreas.

b) Clasificación supervisada

Para esta clasificación empleamos las imágenes del año 2000 en las que se establecen cluster o áreas de agrupamiento de las zonas representativas según el tipo de cobertura identificada en campo, para que, a partir de ellas, el programa pueda extrapolar e identificar los valores de reflectividad establecidos en el resto de la imagen, así como en cada banda.

3.2.2.2. Metodología para la identificación de zonas deforestadas

3.2.2.2.1. Tratamiento digital de imágenes

a) Correcciones geométricas

Las imágenes CBERS (2005) tienen como datum y esferoide el South American 1969

(SAD 69), proyecciones diferentes al resto de las imágenes empleadas (WGS 84), por tal motivo se procedió a realizar una corrección geométrica tomando nueve puntos de control, utilizando como mapa base un mosaico de imágenes LANDSAT del año 2000 con proyección UTM y datum WGS 84.

b) Índice normalizado de diferencia en la vegetación (NDVI)

Previamente y con el fin de identificar las áreas con intervención antrópica y lograr mejores resultados en el proceso, se procedió a calcular el índice de vegetación de las imágenes CBERS del año 2005, empleando para ello el programa ERDAS 8.6, el cual maneja la ecuación siguiente:

$$NDVI = (banda\ 4 - banda\ 3) / (banda\ 4 + banda\ 3)$$

Si bien el uso de esta fórmula así como las bandas correspondientes, son de uso exclusivo para imágenes satelitales LANDSAT. Para el caso de otras imágenes satelitales, como ser las CBERS, se deben tomar en cuenta la ubicación de las bandas según la longitud de onda electromagnética del sensor.

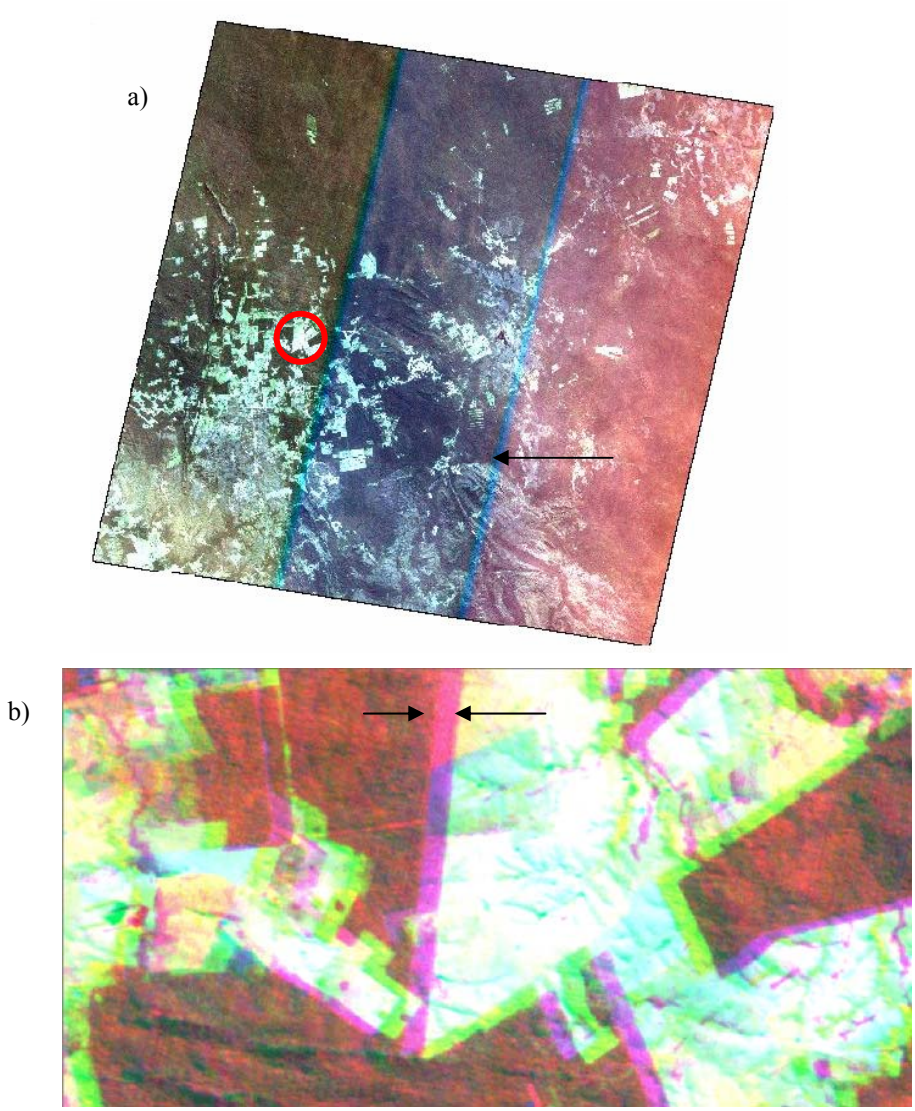
3.2.2.2.2. Análisis de detección de cambios

El procedimiento en este punto, consistió en identificar las áreas deforestadas por actividades antrópicas a través de una clasificación no supervisada a las imágenes del año 1986 y una clasificación supervisada para las imágenes del año 2000.

El procedimiento de clasificación fue aplicable a las imágenes de los años 1986 y 2000, pero no para las imágenes CBERS (2005), debido a que éstas presentan errores de desplazamiento y de ruido en algunas de las bandas. Esto hizo imposible el trabajar con una composición a color, en tal sentido se optó por emplear aquellas bandas que no presentaban problemas, como son la banda 4 y la 3, que servirían para poder calcular el

NDVI, debido a que si se tiene un resalte del vigor y estado de la vegetación, podremos identificar mejor aquellas áreas sin cobertura forestal (Figura 14).

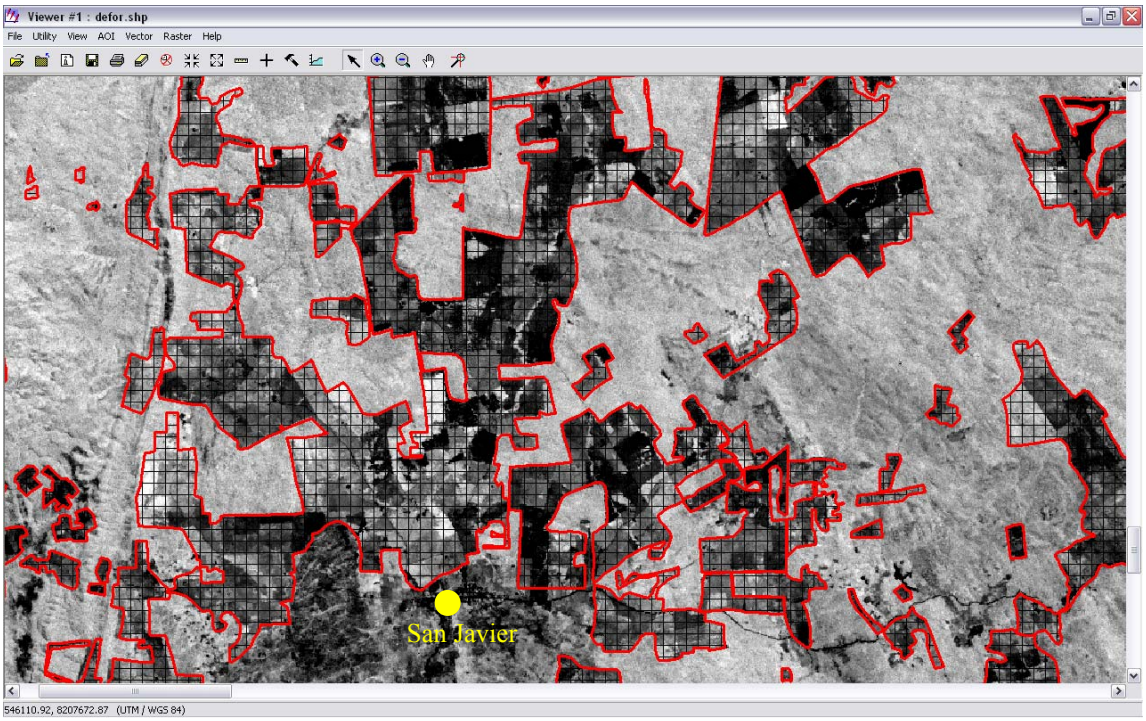
Figura 14. Escena 278/112 del satélite CBERS. a) La flecha señala la distorsión provocada por el sensor, b) muestra el desplazamiento que existe en una de las bandas. Este corte corresponde al área encerrada en un circulo rojo en la imagen superior



Debido a esta situación, y como se desea identificar zonas sin cobertura vegetal de aquellas con cobertura forestal, el cálculo de NDVI fue el tratamiento más adecuado por las características de discriminación y determinación de tipos de vegetación. A partir de ello se vio por conveniente emplear la digitalización como alternativa de apoyo a la clasificación de áreas intervenidas. Trabajando a una escala 1:50.000 se poligonizaron todas las áreas desmontadas visibles y nuevas generadas entre los años 2000 al 2005,

teniendo como parámetro las imágenes LANDSAT de años pasados que fueron tratadas con una clasificación supervisada (Figura 15). Estas áreas desmontadas, con un fin agrícola o ganadero, están caracterizadas por tener cortes regulares lo que les permite ser diferenciadas de aquellas que tienen cobertura forestal.

Figura 15. Muestra del proceso de digitalización de los polígonos en áreas desmontadas -Municipio de San Javier



Resumiendo, la detección de cambios consistió en cuantificar las superficies identificadas como deforestadas tanto de los resultados de la clasificación no supervisada, supervisada como también la poligonización y a partir de ellas, establecer si estas sufrieron un aumento o se mantuvieron constantes.

4. RESULTADOS

4.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo se llevó a cabo la primera quincena del mes de marzo, durante un periodo de tres días, recorriendo una distancia aproximada de 400 km, en el trayecto: Santa Rosa de la Roca, San José de Campamento, Estancia la Unión, Las Colonias, Carmen de Ruíz, áreas de interés debido a la presencia de la palmera; así como en algunas zonas de los municipios de Concepción y San Javier con el fin de verificar los procesos de deforestación.

Al momento de realizar el recorrido para la toma de áreas de control, se verificaron y validaron algunas zonas identificadas en el proceso de clasificación no supervisada, realizado previamente a la visita de campo, lo que reveló que esta técnica es útil cuando se desea tener una idea previa y general de una determinada zona. Para este caso los resultados de la validación muestran que no todas las áreas corresponden a lo establecido en la clasificación no supervisada, existen áreas muy generales donde no se discriminan grupos de cobertura. Esto es atribuido básicamente a que la época de adquisición de datos de campo (época de lluvias, año 2005) no es la misma que la de la adquisición de la información satelital (época seca, año 2000), presentándose cambios fenológicos, modificación en la cobertura y uso del suelo.

La toma de puntos de muestreo se realizó empleando un sistema de posicionamiento global (GPS), con un total de 97 puntos en diferentes lugares del trayecto, a distancias variables de 100 a 150 metros del camino, donde se identificaron áreas con presencia de Cusi casi predominante, bosque y Cusi, pastos y Cusi, lagunas, curichis, cerrados, bosque seco, áreas susceptibles de inundación, afloramientos rocosos, pasturas naturales y pastos cultivados (Figura 16). La segunda entrada al campo fue realizada entre el 13 y 16 de agosto, cuando se tomaron nuevos puntos de georefrenciación con el fin de validar

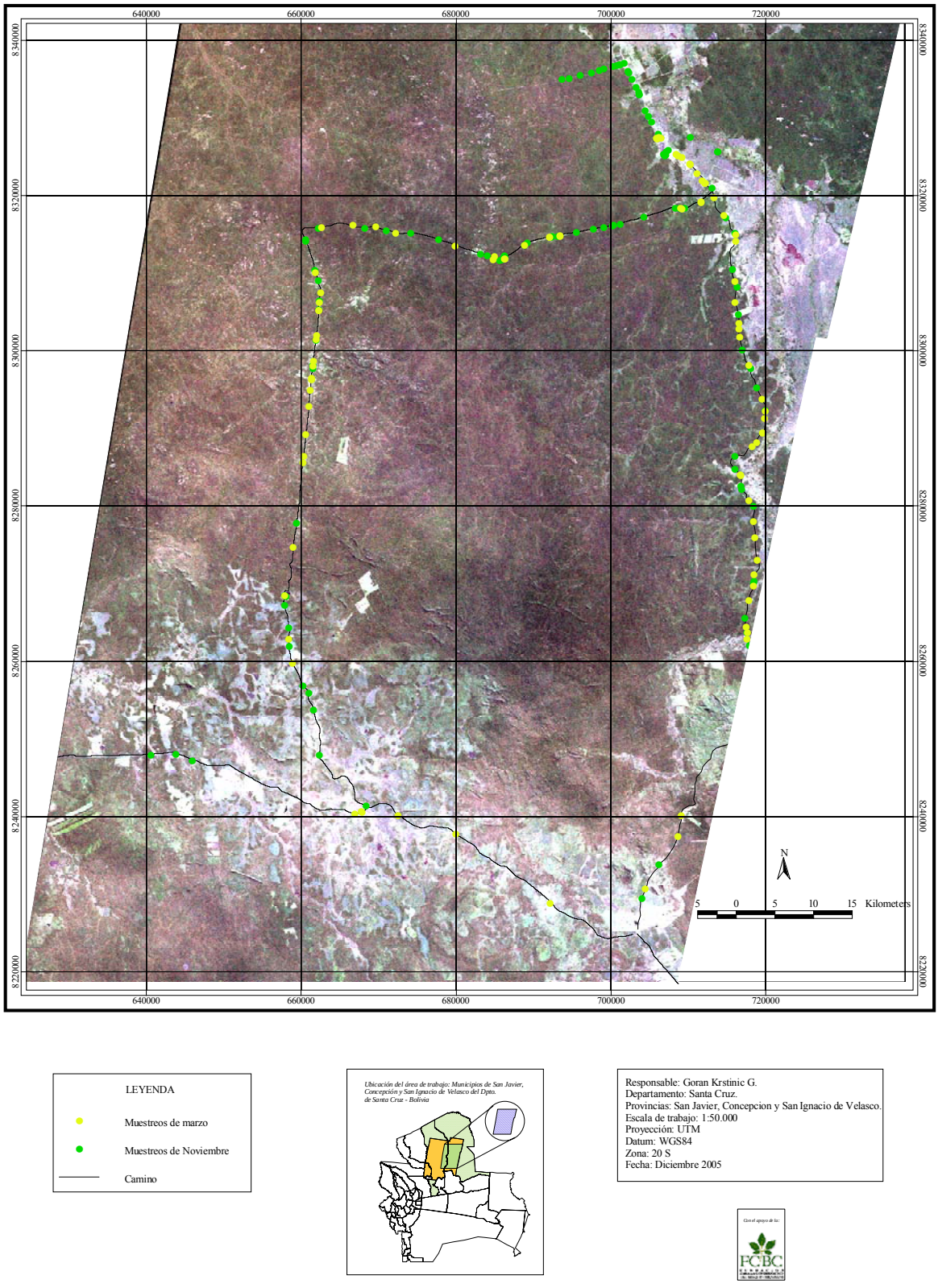
la clasificación realizada, lo que demostró que muchos de los puntos de verificación coinciden con el tipo de cobertura caracterizados en la clasificación supervisada (Figura 16), dando lugar a una mayor confiabilidad de la información.

Por otro lado, se realizaron algunas consultas a personas que se encontraban en el trayecto de San José de Campamento y Las Colonias, comunidades pertenecientes al municipio de San Ignacio de Velasco, que forman parte de una de las TCO del lugar, quienes corroboraron la presencia de la palmera en zonas más profundas según la referencia que se logro obtener de la imagen clasificada.

En cuanto a la identificación de áreas deforestadas, éstas se resumieron a una identificación visual de algunas zonas que presentan esta problemática, evidenciando que gran parte de la superficie deforestada esta siendo empleada en alguna actividad como ser agricultura o ganadería extensiva.

Debido a la extensa superficie cubierta en este estudio y la falta de recursos financieros, no se cubrió la totalidad del área con visita de campo, de esta manera es que en las zonas que se visitaron se tomó el debido cuidado en el levantamiento de datos para que estos sean extrapolados en toda el área de estudio.

Figura 16. Mapa de puntos de muestreo



Los resultados del trabajo de gabinete están en función de las dos metodologías empleada.

4.2.1. Identificación de las áreas con predominancia de la palmera Cusi

4.2.1.1. Tratamiento digital de imágenes

Correcciones radiométricas

La distorsión que presentaban las escenas 230/70 y 230/71 del año 1986 no fue corregida en su totalidad, la mejora que pudo obtenerse al emplear los filtros fue muy pequeña o casi imperceptible, pero suficiente para que exista una modificación de los valores de ND. Si bien se pretendía usar las imágenes del año 1986 como parámetro para determinar las áreas de cambio con relación a las imágenes del año 2000, éste no pudo llevarse a cabo puesto que generaban mucho error al momento de realizar la clasificación. Si bien este resultado servía de parámetro para conocer la superficie estimada de Cusi el año 1986 y a partir de éste compararlo con los resultados del año 2000, la ausencia de esta información, no afecta al desarrollo del estudio (Figura 17).

Figura 17. Imagen tratada con filtro para corrección de ruido. Falso color RGB 5,4,3



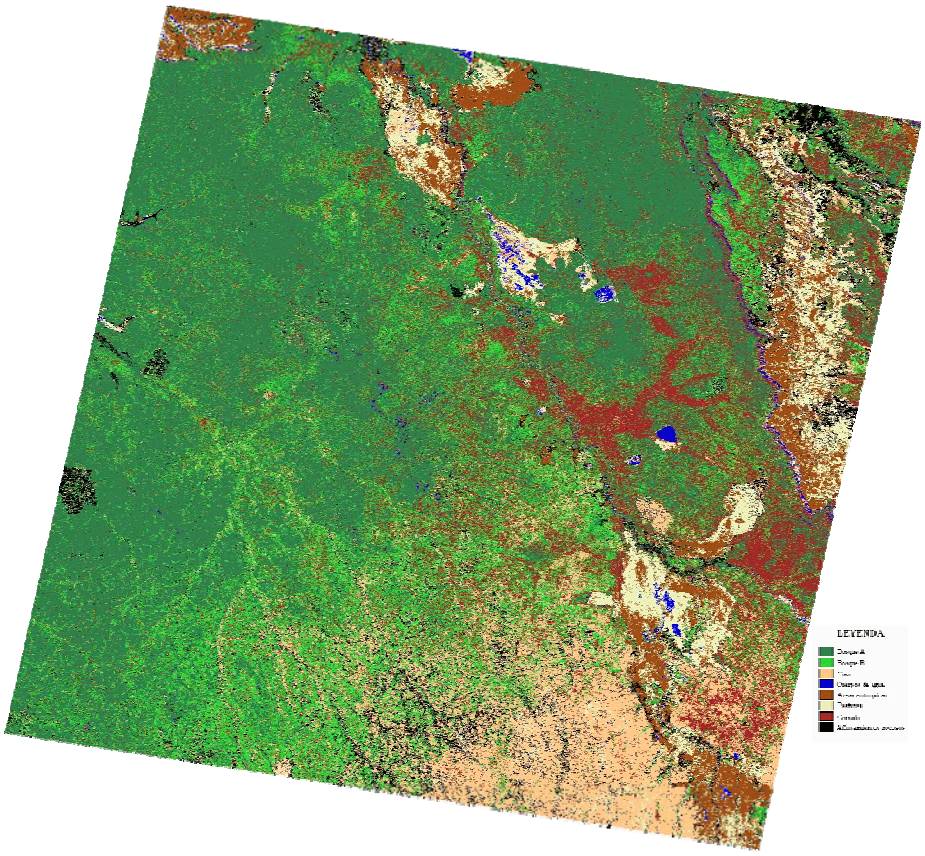
4.2.1.2. Clasificación digital de imágenes

4.2.1.2.1. Clasificación no supervisada

El proceso final de la clasificación como muestra la Figura 18, terminó con la recodificación de las clases espectrales que presentaban el mismo tipo de cobertura. Así de las veinte clases inicialmente asignadas, se agruparon en ocho clases finales:

1. Bosque A
2. Bosque B
3. Cusi
4. Cuerpos de agua
5. Áreas antrópicas
6. Cerrado
7. Pasturas
8. Afloramientos rocosos

Figura 18. Escena 230/70 del ano 2000 que fue clasificada a través del método no supervisado



4.2.1.2.2. Clasificación supervisada

El proceso de clasificación fue realizado a través de un análisis visual, apoyados por las visitas georeferenciadas en campo, el conocimiento de las características de la zona y con una composición de falso color RGB 4,5,3 y RGB 5,2,1 de las imágenes 230/70 y 230/71 del año 2000, se formaron áreas de agrupamiento o clusters que sirvieron como muestra para identificar otras áreas homogéneas.

Hay que considerar que la presencia de la palmera no esta caracterizada como un mono cultivo, es así que los valores de reflectancia no representan exclusivamente esta especie, por lo que esta investigación no llega a definir una firma espectral para dicha especie.

El método de agrupación que mejor se adecuó fue el de máxima probabilidad, ya que proyectó una clasificación más acorde o real, según lo observado en campo, con respecto a los otros dos métodos como son el de mínimo cuadrados o el de paralelepípedos.

Si bien se identificaron en campo las clases: Cusi casi exclusivo, Cusi más bosque, bosque deciduo, bosque semideciduo, pastos naturales, pastos cultivados, pastos con Cusi, cerrados, afloramientos rocosos y lagunas, algunos de estos debieron ser reagrupados, primero para tener mayor amplitud temática y segundo por las características de similitud de reflectancia entre clases.

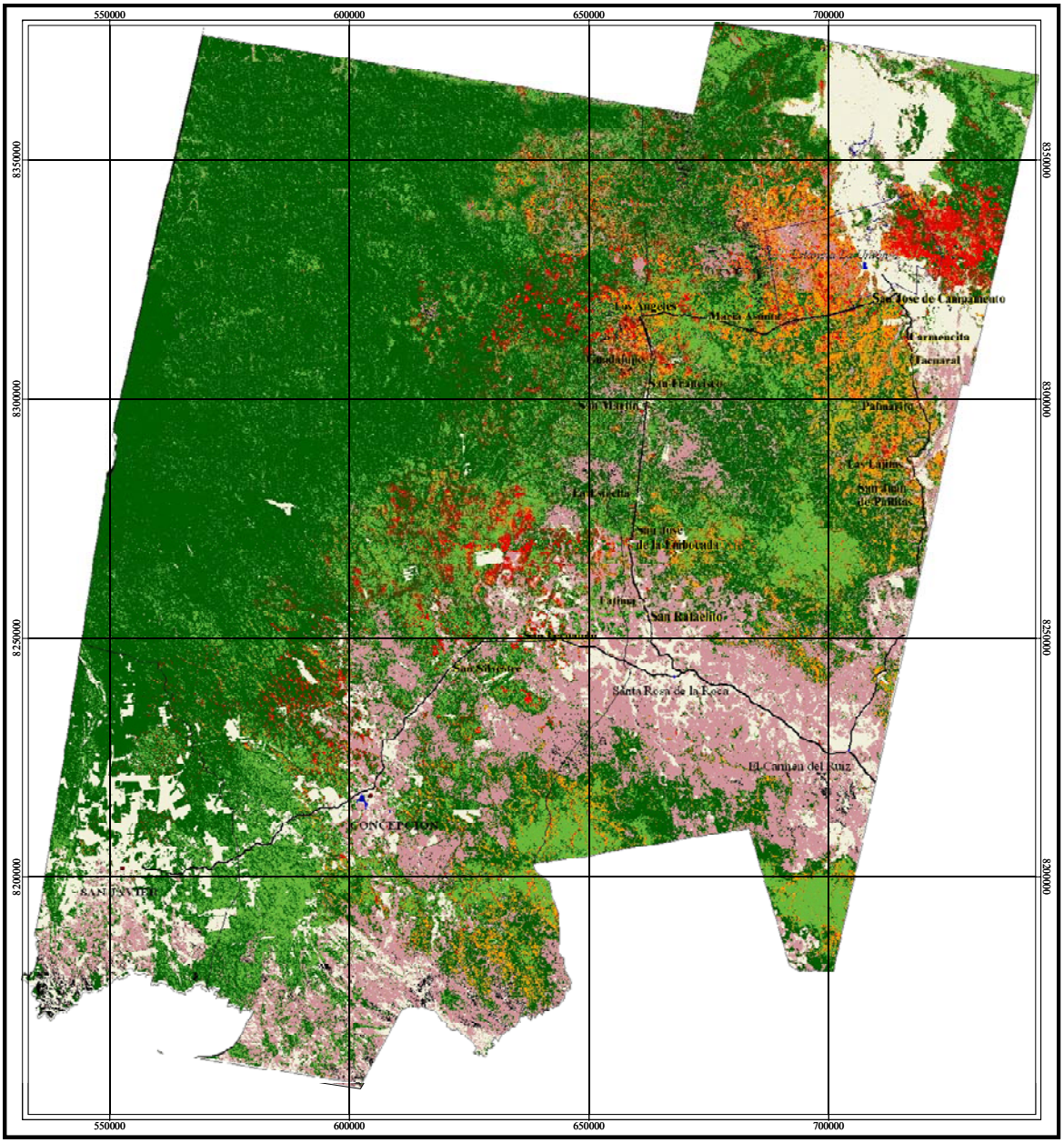
Por ejemplo, el valor de reflectancia entre pastos naturales y pastos cultivados es el mismo. Lo mismo ocurre para aquellas zonas que presentan pastos con Cusi, al existir un predominio de las pasturas éstas son quienes resaltan más, en tal sentido en la clasificación realizada no se ve diferencia entre estos tres tipos, es así que se agruparon en un solo tema denominado “pasturas”.

Como se observa en la Figura 19, el proceso de clasificación y agrupación terminó identificando ocho tipos de clases de cobertura, entre las que se encuentran:

- Cusi casi exclusivo
- Cusi más bosque
- Bosque deciduo
- Bosque semideciduo
- Cerrado
- Pasturas
- Afloramientos rocosos
- Lagunas

Las fotografías de la Figura 20, ilustran cada una de las clases identificadas.

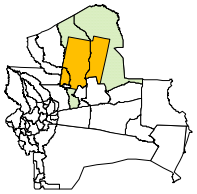
Figura 19. Mapa de clases de cobertura



LEYENDA

- Pasturas
- Bosque deciduo
- Bosque semideciduo
- Cerrado
- Cusi casi exclusivo
- Cusi mas bosque
- Lagunas
- Afloramientos rocosos
- Predio
- Trayecto
- Municipios
- Poblaciones
- Comunidades

Ubicación del área de trabajo en los Municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco del Dpto. de Santa Cruz - Bolivia



Responsable: Goran Krstinic G.
Departamento: Santa Cruz.
Provincias: San Javier, Concepcion y San Ignacio de Velasco.
Escala de trabajo: 1:50.000
Proyección: UTM
Datum: WGS84
Zona: 20 S
Fecha: Diciembre 2005

Con el apoyo de la:

FCBC

Figura 20. Fotografías de las clases de cobertura identificadas



a) Cusi casi exclusivo



b) Cusi más bosque



c) Bosque deciduo



d) Bosque semideciduo



e) Cerrado



f) Pasturas



g) Afloramiento rocoso



h) Lagunas

4.2.1.3. Distribución y superficie de la palmera

Las áreas con predominancia y distribución del Cusi pueden ser observadas en la Figura 21. Existen grupos aislados que indican la presencia de cusisales en diferentes zonas del área de estudio, pero la mayor concentración se encuentra en los municipios de San Ignacio de Velasco y Concepción, en la región comprendida entre las poblaciones de Las Lajitas, Palmarito, Tacuaral, Carmencita, San Jose de Campamento hasta las Colonias donde se encuentra la comunidad de Guadalupe. Uno de los centros importantes con presencia de Cusi es el que se encuentra dentro de la propiedad de la Estancia La Unión.

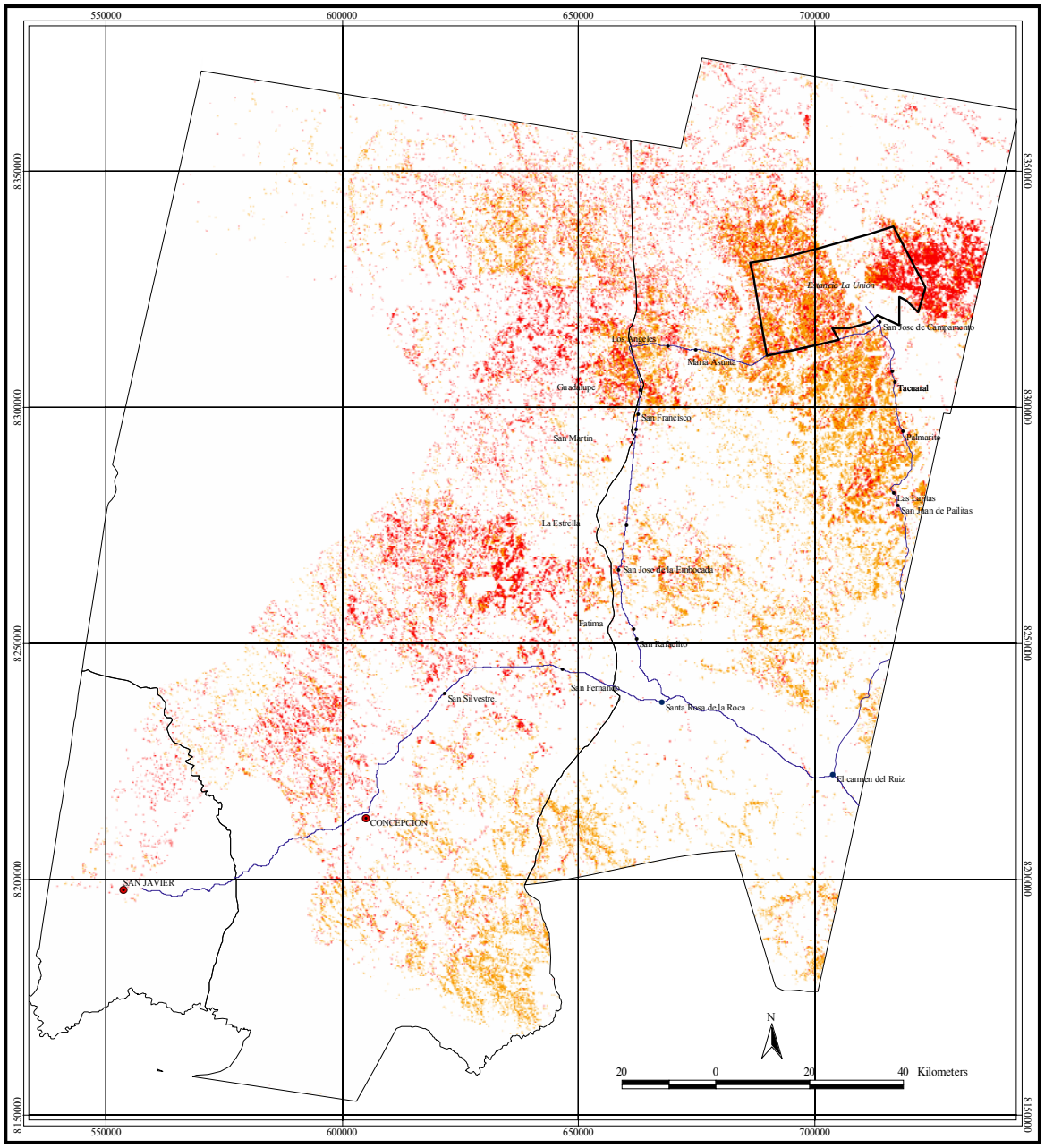
Como puede observarse en la Tabla 6, el año 2000 la superficie total estimada con Cusi abarcaba un total de 294.208 has, de las cuales el 57,4% corresponden a zonas con Cusi casi exclusivo y el 42,6% a zonas con Cusi más bosque.

Tabla 5. Superficies estimadas de Cusi para el año 2000

Descripción	**%**	**Superficie – has**
Cusi casi exclusivo	57,4%	169.015
Cusi más bosque	42,6%	125.193
TOTAL		***294.208***

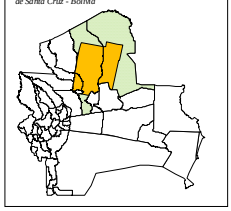
No se utilizó esta metodología para las imágenes del año 2005, debido a la mala calidad en la que se encontraban algunas de sus bandas, lo que impedían realizar un tratamiento.

Figura 21. Mapa de distribución y predominancia del Cusi



LEYENDA

- Cusi casi exclusivo
- Cusi mas bosque
- Predio
- Trayecto
- Municipios
- Poblaciones
- Comunidades



Responsable: Goran Krstinic G.
Departamento: Santa Cruz.
Provincias: San Javier, Concepcion y San Ignacio de Velasco.
Escala de trabajo: 1:50.000
Proyección: UTM
Datum: WGS84
Zona: 20 S
Fecha: Diciembre 2005

Con el apoyo de la:
FCBC

A raíz de ello y para cumplir los objetivos establecidos, se optó por una alternativa que permita obtener resultados estimados de la superficie existente hasta el año 2005. El procedimiento consistió en sobreponer aquellas zonas que se han identificado como áreas de expansión, crecimiento o actividad antrópica, según los resultados logrados en el análisis de deforestación para el periodo 2005, procedimiento que se detalla más adelante, con el mapa del año 2000 de distribución y superficies de la palmera Cusi.

Según este análisis, la cantidad de superficie desmontada estimada es alrededor de 3.456,44 has de las cuales 1.978,15 has corresponden a zonas con Cusi casi exclusivo y 1.478,29 has de Cusi más bosque (Tabla 7).

Tabla 6. Superficies estimadas de Cusi para el año 2005

Descripción	**Superficie en has Año 2000**	**Superficie en has Año 2005**
Cusi casi exclusivo	169.015	167.036,85
Cusi más bosque	125.193	123.714,71
TOTAL	***294.208***	***290.751,56***

Se ha podido establecer que esta especie presenta un elevado nivel de proliferación en aquellas áreas que han sido desmontadas o han sufrido incendios. Esto se debe primero a que se cree que el fuego activa el proceso de germinación de la semilla y segundo a que no existe competencia con otras especies, lo que permite que el Cusi crezca de forma casi dominante (Figura 22).

Figura 22. Desarrollo de poblaciones de Cusi después de quemas y/o desmontes



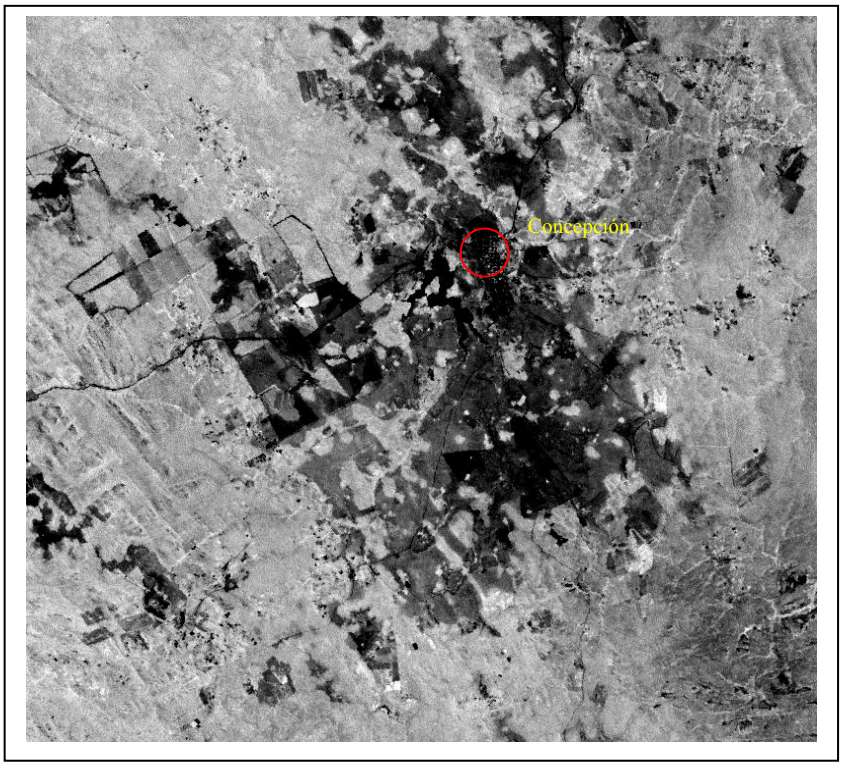
4.2.2. Identificación de áreas deforestadas por actividades antrópicas

4.2.2.1. Tratamiento digital de imágenes

Índice normalizado de diferencia en la vegetación (NDVI)

Como puede observarse en la Figura 23, existe un contraste entre las zonas forestales, áreas agrícolas y aquellas sin vegetación. Los tonos claros identifican áreas forestales; tonalidades de gris a negro corresponden a zonas con escasa o nula vegetación, pudiendo ser estas pasturas, suelos desnudos, áreas antrópicas, lagunas, afloramientos rocosos u otro tipo de cobertura.

Figura 23. Ejemplo del tratamiento con NDVI. Corte de la imagen 230/71. Municipio de Concepción



Este índice fue empleado para la digitalización de áreas intervenidas cuando se mostraban claramente aquellas áreas modificadas con cambio de uso, principalmente agrícolas y/o ganaderas.

4.2.2.2. Detección de cambios

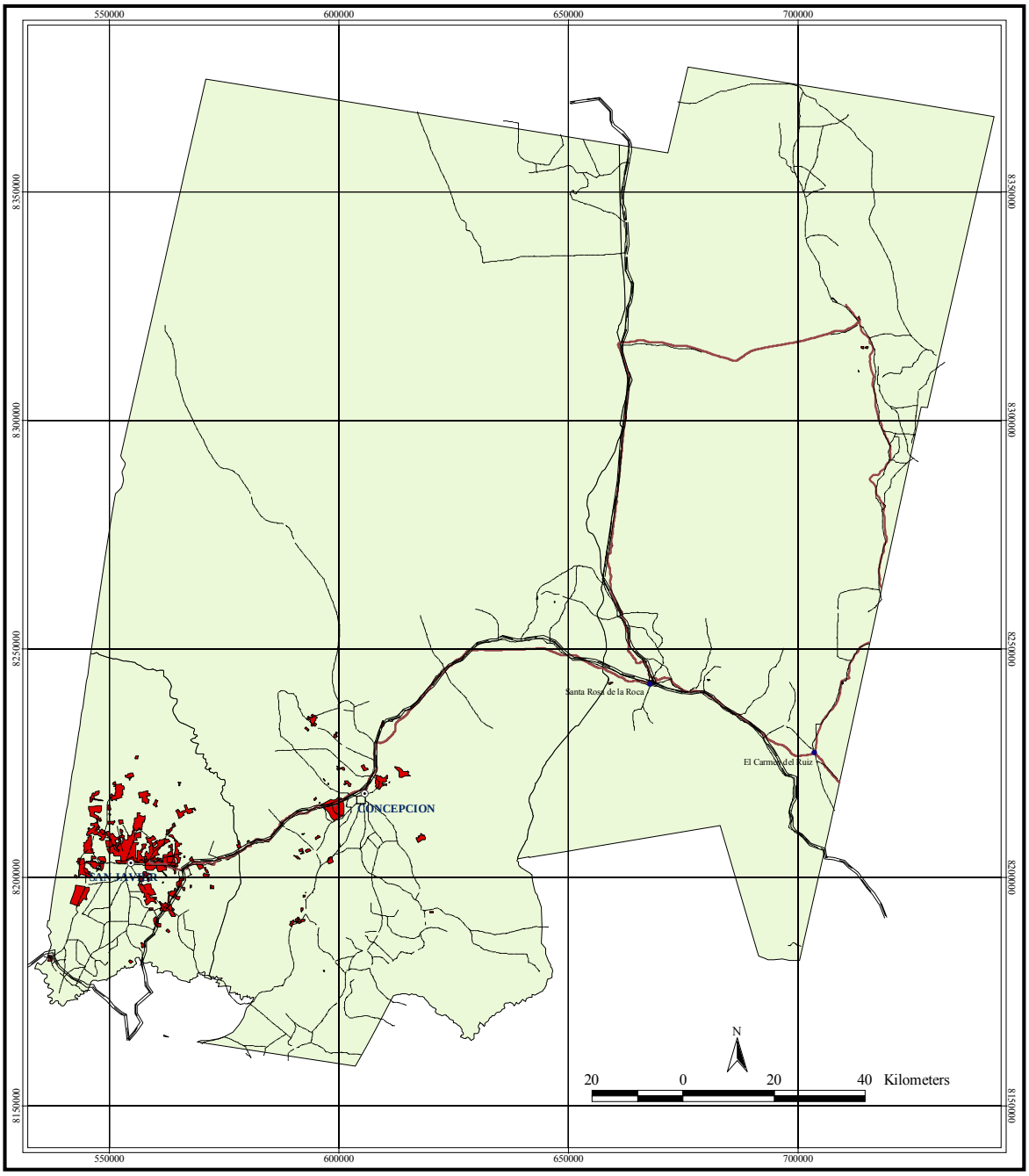
Si bien las superficies identificadas en la clasificación supervisada como la no supervisada, en su mayoría corresponden a actividades humanas que tienen como cobertura principal pasturas, existen algunos valores de reflectividad que se confunden con otras áreas que presentan el mismo tipo de cobertura, esto debido a que las imágenes corresponden a la época seca, donde las zonas con susceptibilidad a inundación periódica están formadas por pastos. Por lo cual se procedió a recodificar las áreas antrópicas y se vio por conveniente emplear la digitalización como alternativa de apoyo a la clasificación, poligonizando todas las áreas desmontadas que sean visibles.

Los resultados obtenidos en esta investigación pueden ser observados en la Tabla 8. El proceso de deforestación determinado según comparación de imágenes de los diferentes periodos, revela que en 14 años, comprendido entre los años de 1986 al 2000, se han desmontado aproximadamente 73.279,68 has, con un promedio anual 5.234,26 has (Figuras 24 y 25). Para el año 2005 el proceso siguió extendiéndose, a partir del año 2000 existió un incremento de 23.063,64 has, con una tasa de deforestación promedio de 4.612,73 has/año (Figura 26).

Tabla 7. Superficies desmontadas entre los años 1986, 2000 y 2005

Período	**Año 1986**	**Año 2000**	**Año 2005**
Superficie desmontada (has)	22.443,04	95.722,72	118.786,36

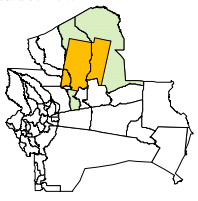
Figura 24. Mapa de deforestación del año 1986



LEYENDA

- Superficies deforestadas
- Trayecto
- Municipios
- Poblados
- Camino principal
- Camino secundario

Ubicación del área de trabajo: Municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco del Dpto. de Santa Cruz - Bolivia

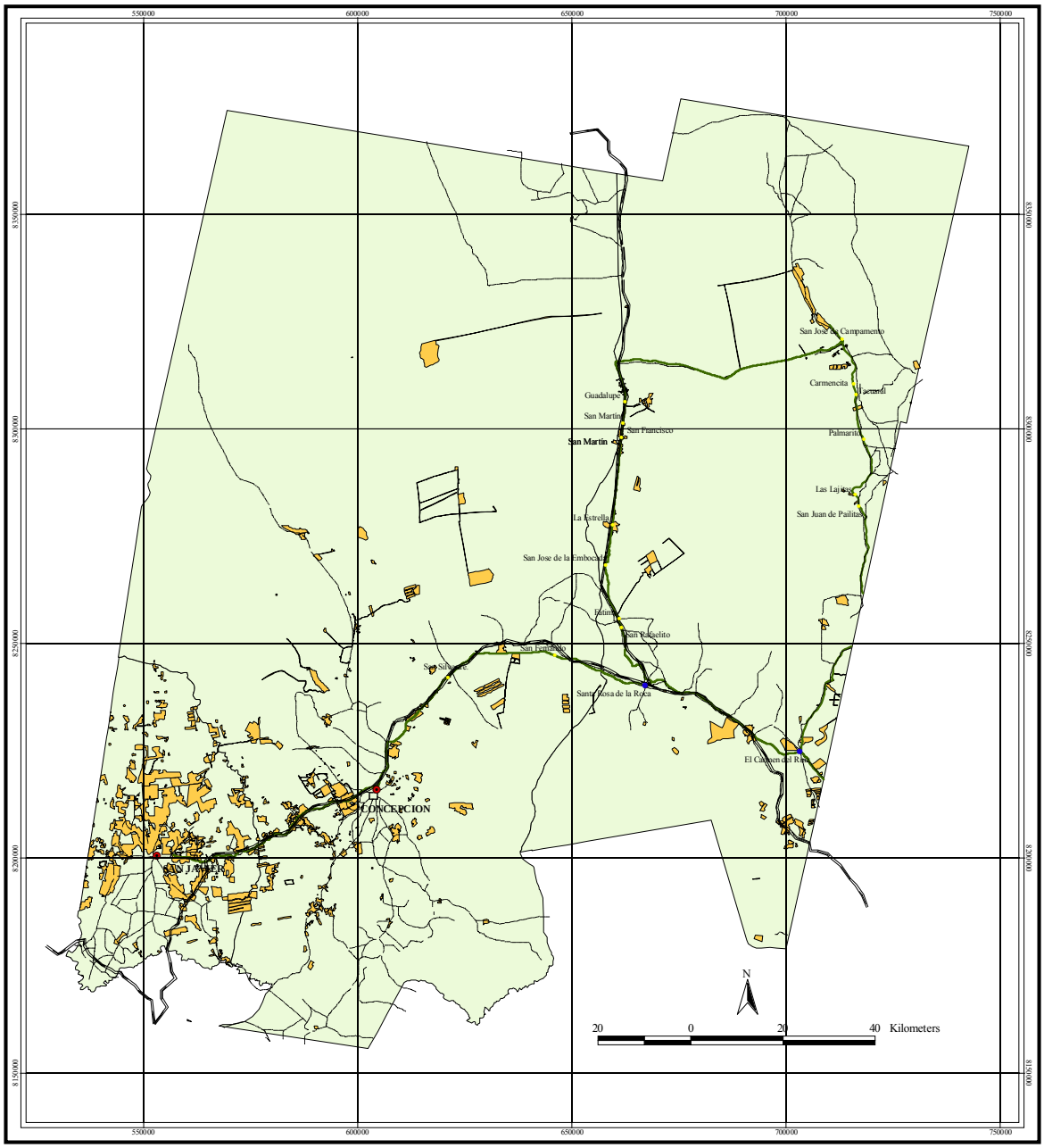


Responsable: Goran Krstinic G.
Departamento: Santa Cruz.
Provincias: San Javier, Concepcion y San Ignacio de Velasco.
Escala de trabajo: 1:50.000
Proyección: UTM
Datum: WGS84
Zona: 20 S
Fecha: Diciembre 2005

Con el apoyo de la:

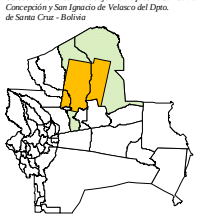
FCBC

Figura 25. Mapa de deforestación para el año 2000



LEYENDA

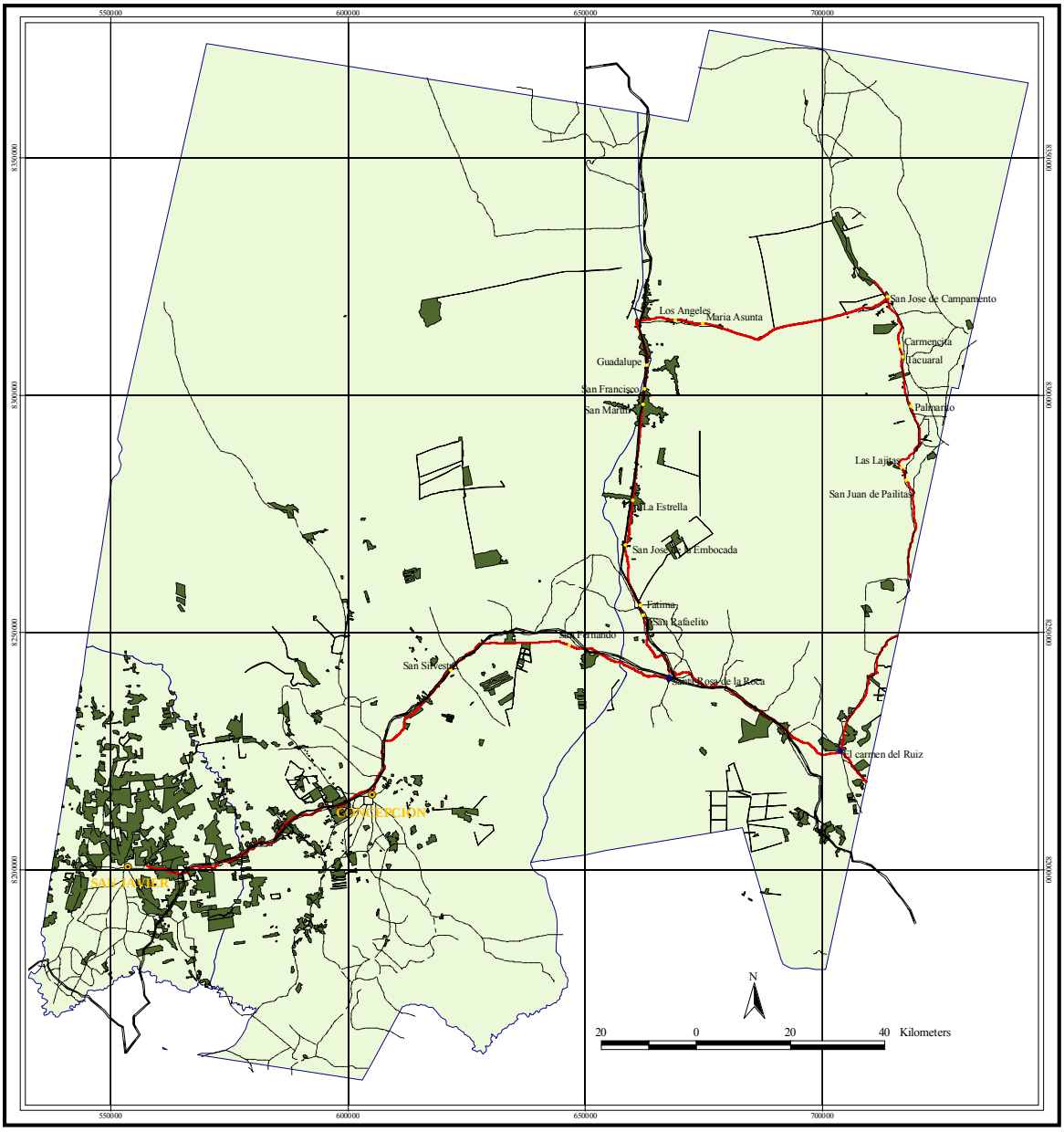
- Superficies deforestadas
- Trayecto
- Municipios
- Poblados
- Comunidades
- Camino principal
- Camino secundario



Responsable: Goran Krstinic G.
Departamento: Santa Cruz.
Provincias: San Javier, Concepcion y San Ignacio de Velasco.
Escala de trabajo: 1:50.000
Proyección: UTM
Datum: WGS84
Zona: 20 S
Fecha: Diciembre 2005

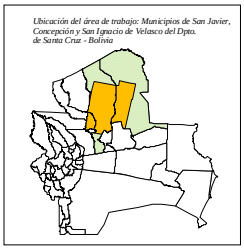
Con el apoyo de la:
FCBC

Figura 26. Mapa de deforestación para el año 2005



LEYENDA

- Superficies deforestadas
- Trayecto
- Municipios
- Poblados
- Comunidades
- Camino principal
- Camino secundario



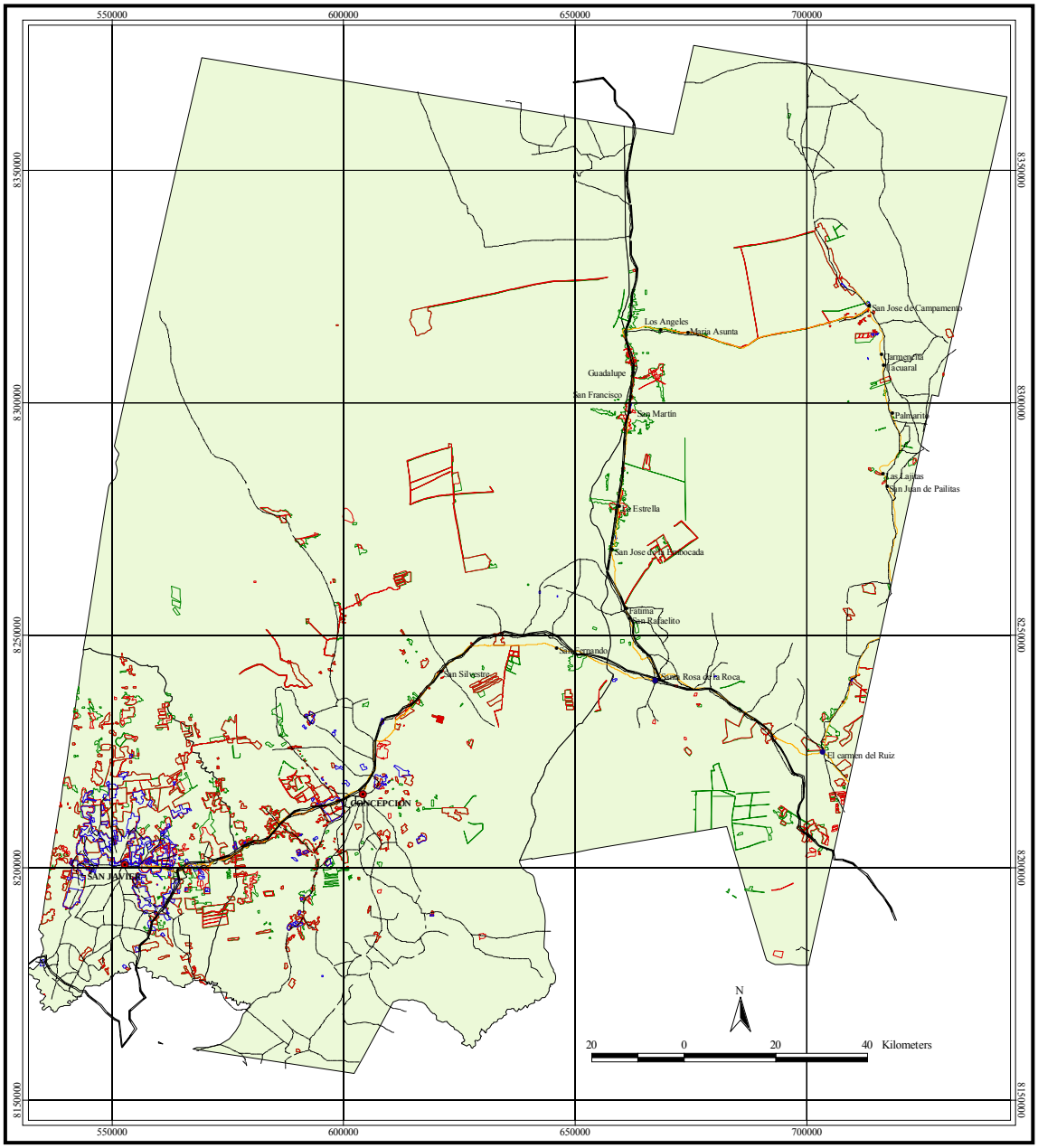
Responsable: Goran Krstinic G.
Departamento: Santa Cruz.
Provincias: San Javier, Concepcion y San Ignacio de Velasco.
Escala de trabajo: 1:50.000
Proyección: UTM
Datum: WGS84
Zona: 20 S
Fecha: Diciembre 2005

Con el apoyo de la:
FCBC

En resumen la superficie deforestada entre los años 1986 al 2000 sufrió un incremento en un 326,51 %, y un 24,09 % para el año 2005, con respecto a la superficie desmontada el año 2000.

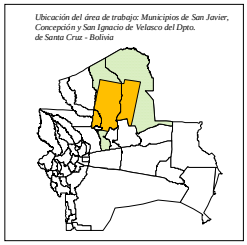
La sobreposición de los polígonos en la Figura 27, permite observar el crecimiento ocurrido en la región en los últimos 19 años, originados por el desarrollo de actividades ganaderas, como sucede en los municipios de San Javier y Concepción y una expansión de los centros poblados, nuevos asentamientos y apertura de caminos de acceso en los municipios de Concepción y San Ignacio de Velasco. En total desde el año 1986 al 2005, se perdieron en la zona alrededor de 96.343,32 has (Figura 28).

Figura 27. Mapa comparativo del incremento en los procesos de deforestación entre los años 1986, 2000 y 2005



LEYENDA

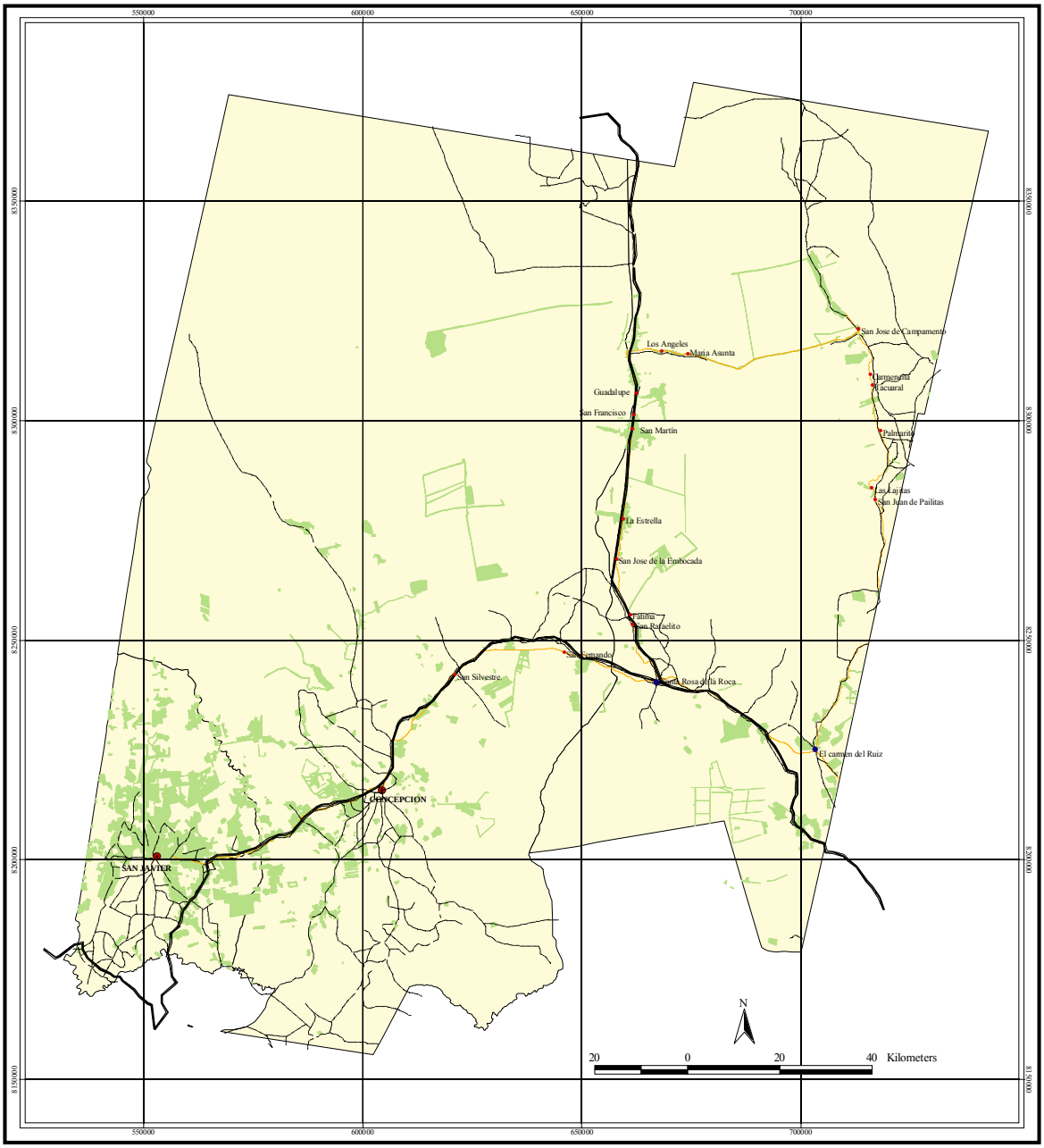
- Superficies deforestadas el año 1986
- Superficies deforestadas el año 2000
- Superficies deforestadas el año 2005
- Trayecto
- Municipios
- Poblaciones
- Comunidades
- Camino principal
- Camino secundario



Responsable: Goran Krstinic G.
Departamento: Santa Cruz.
Provincias: San Javier, Concepcion y San Ignacio de Velasco.
Escala de trabajo: 1:50.000
Proyección: UTM
Datum: WGS84
Zona: 20 S
Fecha: Diciembre 2005

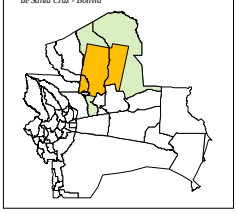
Con el apoyo de la:

Figura 28. Mapa de la superficie deforestada entre los años 1986 y 2005



LEYENDA

- Superficies deforestadas
- Trayecto
- Municipios
- Poblaciones
- Comunidades
- Camino principal
- Camino secundario



Ubicación del área de trabajo: Municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco del Dpto. de Santa Cruz - Bolivia

Responsable: Goran Krstinic G.
Departamento: Santa Cruz.
Provincias: San Javier, Concepcion y San Ignacio de Velasco.
Escala de trabajo: 1:50.000
Proyección: UTM
Datum: WGS84
Zona: 20 S
Fecha: Diciembre 2005

Con el apoyo de la:

FCBC

4.2.2.3. Causas del proceso de deforestación

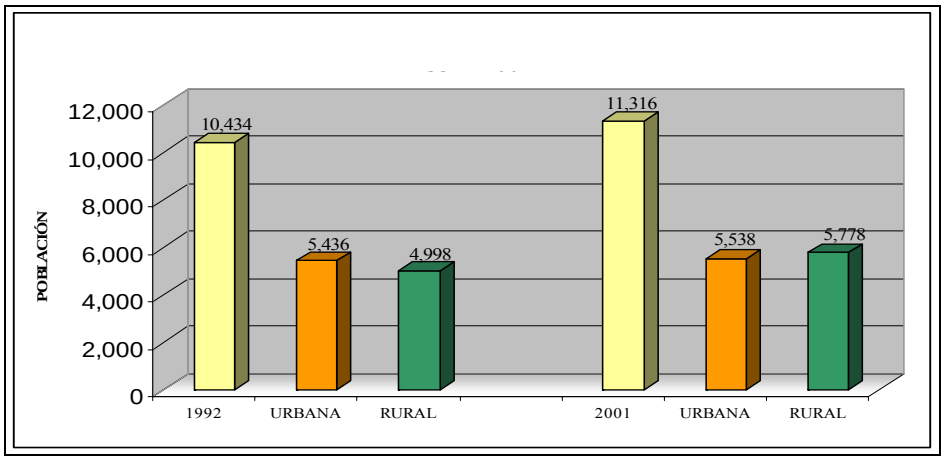
Estos procesos pueden estar ligados a dos factores principales: los sociales, a consecuencia de crecimientos poblacionales y efectos migratorios, y por otro lado las actividades productivas como la agricultura y/o ganadería, por efecto del tipo de práctica que emplean.

4.2.2.3.1. Aspectos sociales

Comencemos analizando el primero de ellos, comparando los resultados de los censos de los años 1992 y 2001, realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), con relación a cada municipio. Si bien el área de trabajo no abarca el área total de los municipios, los valores de crecimiento poblacional en áreas rurales pueden servir de parámetro para poder atribuir los efectos que están ocurriendo en la zona.

El municipio de San Javier tiene una población de 11.316 habitantes, de los cuales 5.778 (51%) viven en áreas rurales y 5.538 habitantes es decir el 49% están establecidos en zonas urbanas (Figura 29) (INE, 2001).

Figura 29. Datos poblacionales del municipio de San Javier

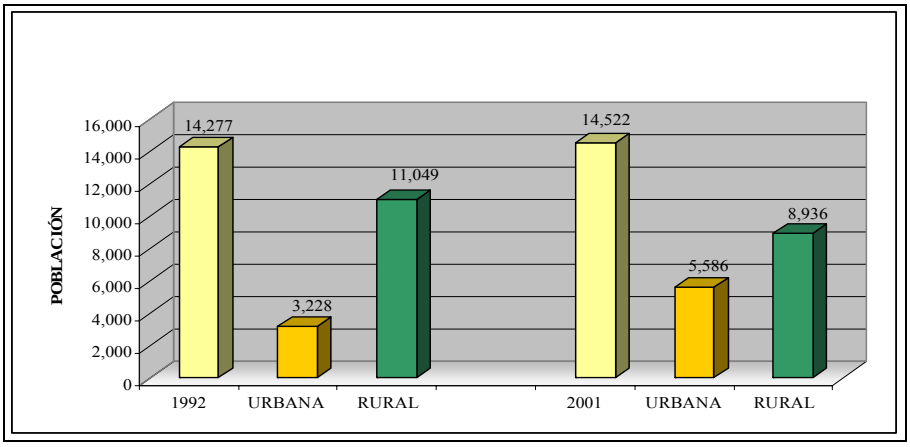


Fuente: INE 1992; INE 2001

Haciendo una comparación con los datos del censo del año 1992, observamos que la población ha sufrido un incremento de 882 habitantes o lo que es igual al 7.8 %, en un periodo de 9 años. El flujo migratorio se asienta más en el área rural que en la zona urbana con un 13.4%, esto por efecto de procesos migratorios internos de áreas rurales a urbanas y viceversa o procedentes de otras áreas del país.

La población del municipio de Concepción es de 14.522 habitantes según el Censo del año 2001, como puede observarse en la Figura 30, más de la mitad de la población vive en las áreas rurales que en las urbanas (INE, 2001).

Figura 30. Datos poblacionales del municipio de Concepción



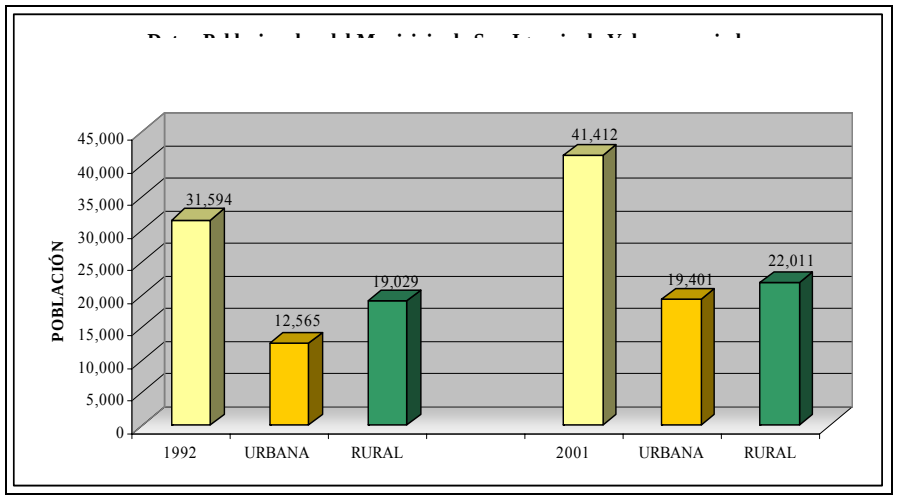
Fuente: INE 1992; INE 2001

El proceso migratorio analizado a partir del censo realizado el año 1992 por el INE, muestra que existe un aumento del 1.71%, incremento no muy significativo considerando el tiempo de nueve años. Al contrario, un efecto interesante ocurre al interior del municipio, donde se aprecia que el movimiento migratorio ocurre de áreas rurales a urbanas, este flujo migratorio al área urbana es significativo al tener un incremento del 73%.

Por último el municipio de San Ignacio de Velasco contaba con 31.594 habitantes para el año 2001, este valor sufre un incremento del 31%, siendo la población a ese año de

41.412 habitantes. Este incremento poblacional se distribuye en mayor porcentaje en la zona urbana con 54.4% en cambio el área rural solo un 15.7%, aun así el incremento es de 2.982 habitantes (Figura 31) (INE, 2001).

Figura 31. Datos poblacionales del municipio de San Ignacio de Velasco



Fuente: INE 1992; INE 2001

En conclusión, los municipios con incremento poblacional son los municipios de San Ignacio de Velasco y San Javier. A partir de este análisis es posible establecer que dichos incrementos poblacionales y/o movimientos migratorios, sean una de las causas para que los procesos de deforestación se hayan incrementado de forma más acentuada en la región de San Ignacio de Velasco y San Javier.

Estos procesos migratorios están muy ligados a la pérdida de los bosques; las causas que motivan estas migraciones pueden ser atribuidas al aumento poblacional y la falta de oportunidades en sus zonas de origen, pobreza, tenencia de tierras y a la búsqueda de mejores alternativas para elevar su calidad de vida, a través del uso directo o indirecto de los recursos naturales como factor básico para la generación de oportunidades de desarrollo.

Estos asentamientos por lo general ocurren a los bordes de los caminos, áreas donde el colono se instala y practica la agricultura de roza y quema, destinando el suelo al cultivo exclusivamente de subsistencia (Figura 32). Este proceso desde cualquier punto de vista considerado nada sostenible, se desarrolla por un periodo de 1 a 2 años, hasta que el suelo pierda los pocos nutrientes que tenía y se procede a desmontar otra superficie con el mismo fin y con las mismas prácticas. Las tierras forestales no son consideradas aptas para la agricultura debido a la pobreza del suelo, así que un aprovechamiento intensivo como es la plantación de cultivos genera una degradación importante del suelo.

Figura 32. Asentamientos y formación de nuevos centros de colonización.



Según Roper y Roberts (1999), en su publicación *Deforestación: Bosques Tropicales en Disminución*, señala que otro aspecto a considerar es la actitud que tienen los gobiernos frente al proceso de deforestación generado a través de la dotación de tierras fiscales, que en su gran mayoría son de aptitud forestal, a grupos sociales, como lo que ocurre en nuestro país con los llamados “sin tierra”. Esto surge como alternativa para apaliar los

posibles conflictos que podrían producirse, a consecuencia de la falta de políticas que mejoren los aspectos referidos a temas como son la reforma agraria y distribución equitativa de tierras. Sin embargo, a costa de esta debilidad política la pérdida de áreas exclusivamente forestales se va incrementando sin considerar el impacto que éstas pueden generar a futuro (Roper *et al.,* 1999).

Para ilustrar mejor, la Figura 33 muestra los procesos de asentamientos y crecimiento urbano en la zona de Las Colonias, llamada así por la presencia de colonos procedentes de diferentes lugares del país, como ser de Cochabamba, Tarija, Oruro y Potosí.

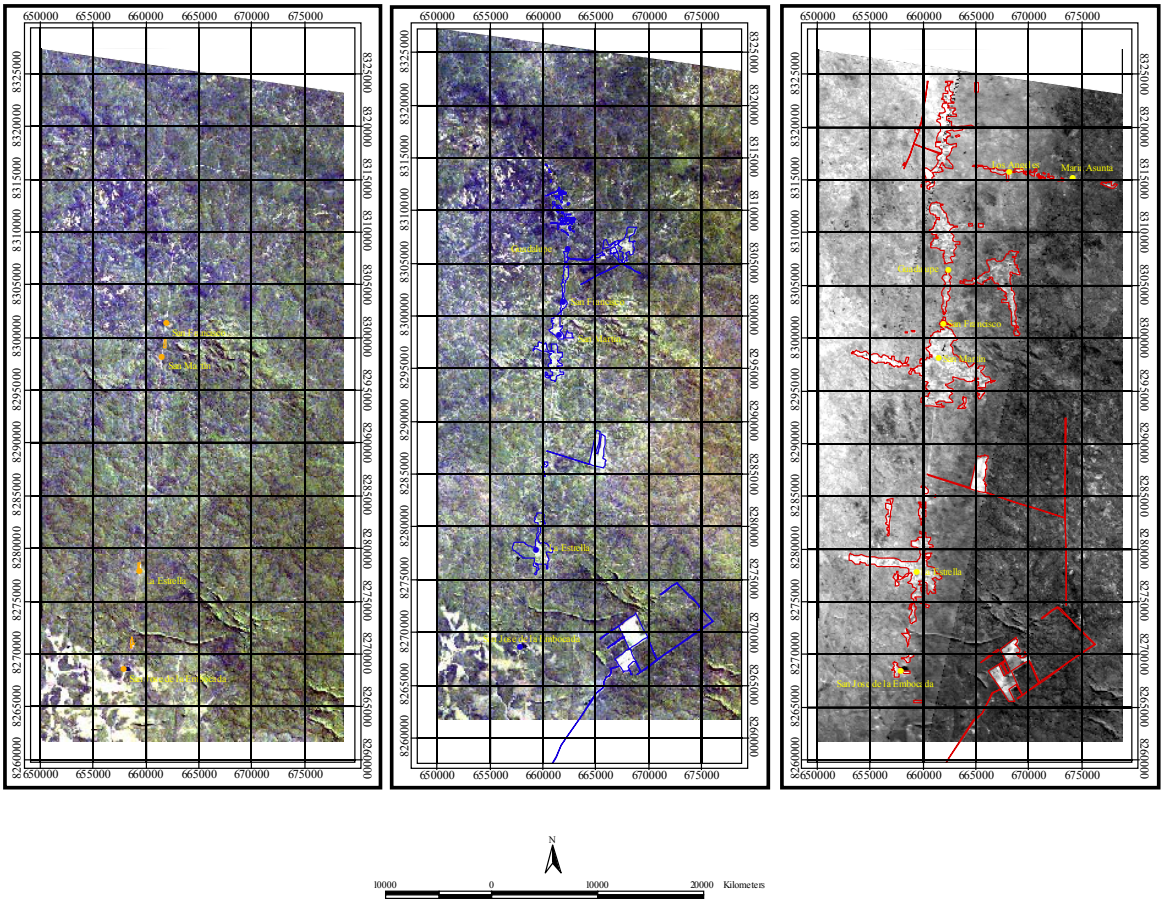
El año 1986 la mayor parte de la región se encontraba cubierta por vegetación boscosa, ya que el grado de intervención era mínimo, existiendo pequeños grupos de familias apenas observables como son las comunidades de San Francisco y San Martín.

Para el año 2000, es posible evidenciar algunos centros de colonización dispersos unos de otros (Guadalupe, San Francisco, San Martín, La Estrella y San Juan de la Embocada), establecidos a los costados del camino, los cuales generaron un notable incremento en el proceso de deforestación, con relación a lo observado el año 1986. La actividad principal de estas colonias radica en la agricultura y ganadería exclusivamente para la subsistencia.

El año 2005 se observa una expansión y formación de nuevas colonias. El incremento más notable ocurre en los poblados de Guadalupe, San Francisco, San Martín, La Estrella. Al mismo tiempo se observa que existen nuevas formaciones de colonos como son el caso de Los Ángeles y Maria Asunta, así como otras que se encuentran en la parte norte del poblado de Guadalupe, camino al Parque Noel Kempff Mercado.

Hay que mencionar que estos nuevos asentamientos se van dando día a día. Haciendo una relación entre la primera vista de campo y la segunda, se evidenció el acelerado crecimiento y expansión que esta sufriendo la zona.

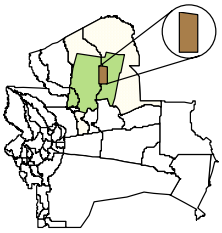
Figura 33. Mapa de deforestación a causa de la expansión y formación de nuevas colonias



LEYENDA

- Superficies desmontadas para el año 1986
- Superficies desmontadas para el año 2000
- Superficies desmontadas para el año 2005
- Comunidades existentes el año 1986
- Comunidades existentes el año 2000
- Comunidades existentes el año 2005

Ubicación del área de trabajo: Municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco del Dpto. de Santa Cruz - Bolivia



Responsable: Goran Krstinic G.
Departamento: Santa Cruz.
Provincias: San Javier, Concepcion y San Ignacio de Velasco.
Escala de trabajo: 1:50.000
Proyección: UTM
Datum: WGS84
Zona: 20 S
Fecha: Diciembre 2005

4.2.2.3.2. Actividades productivas

La ganadería, agricultura y el aprovechamiento forestal son parte de las actividades más importantes dentro de los municipios considerados en la presente investigación. La ganadería se encuentra entre las actividades más ampliamente desarrolladas en los municipios de San Javier y Concepción, sin dejar de lado al municipio de San Ignacio de Velasco. Estos municipios hacen uso de grandes superficies de tierras con aptitudes forestales que son destinadas al cultivo de pasturas, a pesar de que estas tierras no son aptas para este tipo de prácticas por su elevado grado de degradación (Figura 34).

Figura 34. Áreas destinadas a la actividad ganadera extensiva. a) Fotografías correspondientes a la zona norte de San Javier, tierras de origen privado, b) Estancias ganaderas en San Ignacio de Velasco



Tal es el caso, que la presencia de grandes extensiones ganaderas en la región de San Javier la convierte en uno de los centros importantes de dicha actividad. Tiene un

potencial ganadero dirigido a la producción de leche y sus derivados, así como también a la producción de carne, productos que son comercializados fuera del municipio.

La información sobre propiedades ganaderas que maneja la Federación de Ganaderos Santa Cruz (FEGASACRUZ), ha sido reservada debido a los procesos de saneamiento y a la actual situación referida a la ocupación de tierras, debido a ello los datos manejados en el Plan de Desarrollo Municipal del municipio de San Javier (PDM 2001 – 2005), establecen que existen 10 estancias grandes, unas 30 medianas y alrededor de 200 pequeñas. Esto es un indicador de que la actividad ganadera se encuentra ampliamente desarrollada en la zona (Rosas, 2001). La actividad agrícola se desarrolla de forma aislada, por parte de algunas comunidades indígenas y por las estancias ganaderas, dirigidas en su mayoría al auto consumo.

De todo esto podemos inferir que los aspectos más importantes para que los procesos de cambio de uso de suelo y por ende pérdida de especies forestales, se estén incrementando en la forma que ocurre en la zona de estudio, son en una gran parte por la ganadería extensiva y por otra, aunque con menos influencia la agricultura.

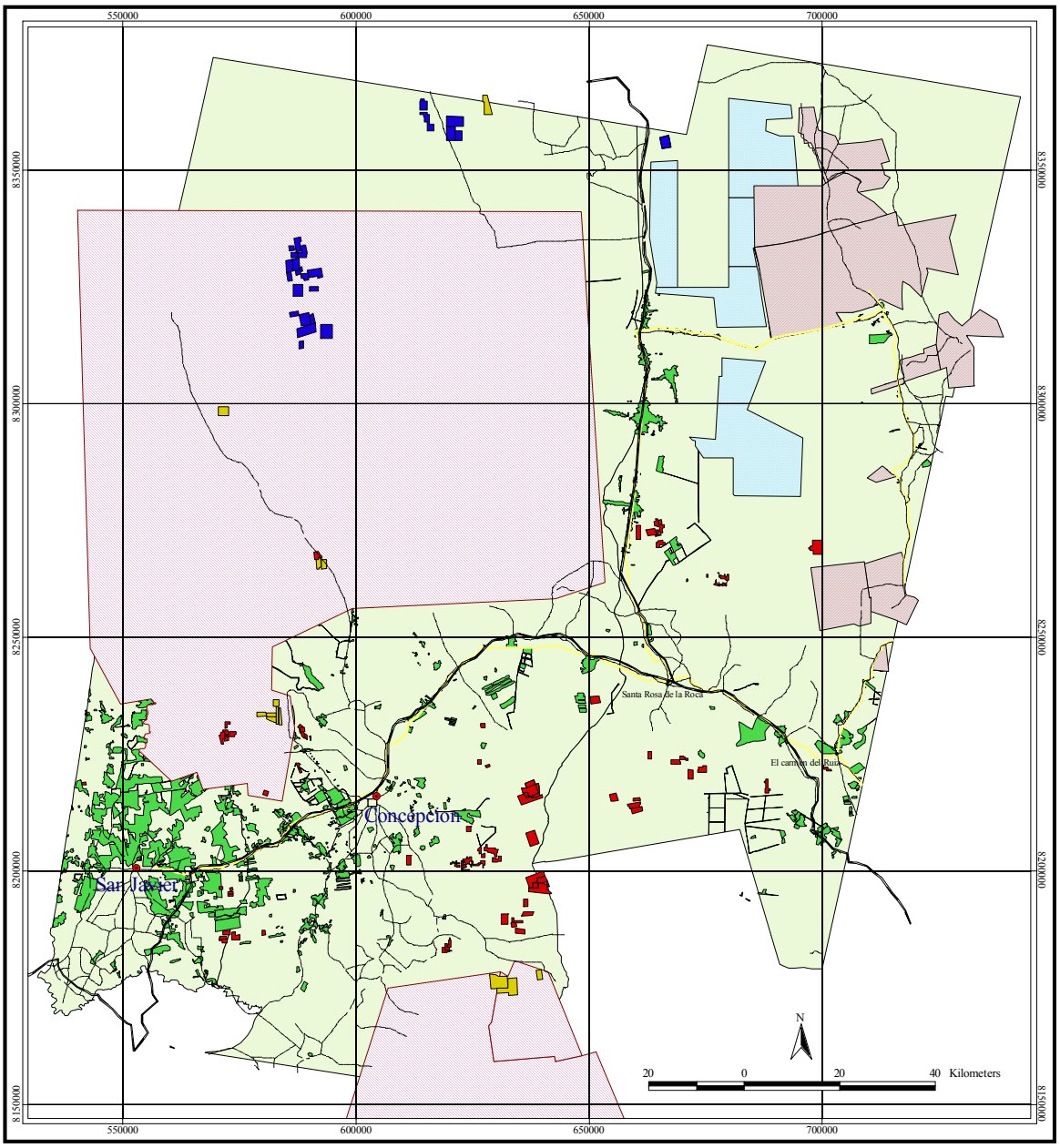
4.2.2.4. Relación y procedencia de los desmontes

En base a la información obtenida de la Superintendencia Forestal, acerca de las áreas de aprovechamiento anual (AAA), de los periodos 1998 al 2004, sean estas de origen fiscal, privado, Tierras Comunitarias de Origen (TCO) o Agrupaciones Sociales del Lugar (ASL), se observa que los procesos ocurridos en el área de estudio son realizados en forma ilegal o sin regulación, ya que al sobreponer los predios que cuentan con la AAA y las zonas deforestadas, estas no se encuentran dentro de las áreas con permiso de desmonte.

Otro dato que se tomó en cuenta fue el de los Planes de Ordenamiento Predial (POPs) que establecen el uso y cambio que se pretende dar al predio, si bien no se cuentan con

todos, aquellos analizados no se encuentran en aquellas áreas con modificación antrópica de desmonte (Figura 35).

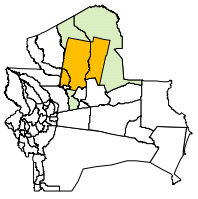
Figura 35. Mapa de relación de las áreas deforestadas con las Áreas de Aprovechamiento Anual (AAA)



LEYENDA

- Superficie deforestada
- Área de Aprovechamiento Anual (AAA) en TCO (1998-2004)
- Área de Aprovechamiento Anual (AAA) en Tierras de propiedad privada (1998-2004)
- Área de Aprovechamiento Anual (AAA) en Consecciones en tierras fiscales (1998-2004)
- Planes de Ordenamiento Predial (POP)
- Agrupaciones Sociales del Lugar (ASL)
- Tierras Comunitarias de Origen (TCO)
- Trayecto
- Municipios
- Poblaciones
- Caminos principales
- Caminos secundarios

Ubicación del área de trabajo: Municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco del Dpto. de Santa Cruz - Bolivia



Responsable: Goran Krstinic G.
Departamento: Santa Cruz.
Provincias: San Javier, Concepcion y San Ignacio de Velasco.
Escala de trabajo: 1:50.000
Proyección: UTM
Datum: WGS84
Zona: 20 S
Fecha: Diciembre 2005

Con el apoyo de la:

FCBC

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El procedimiento de clasificación supervisado, realizado a través de un análisis visual y apoyado con los datos geográficos tomados en campo, permitió establecer que la población más importante de la palmera Cusi se encuentra en los municipios de San Ignacio de Velasco y Concepción, en la región comprendida entre las poblaciones de Las Lajitas, Palmarito, Tacuaral, Carmencita, San Jose de Campamento hasta las Colonias, donde existen alrededor de 78.973,9 has de Cusi casi exclusivo y 57.088,8 has de Cusi más bosque. Esta elevada potencialidad identificada en la zona con respecto a la distribución y cantidad de superficie con Cusi debe ser de interés para fomentar el desarrollo de actividades sostenibles de aprovechamiento e industrialización de los productos y subproductos de esta palmera, que permitirán, por un lado, la conservación de la ecorregión Chiquitana y, por otro, convertirse en una alternativa para los pobladores de esas regiones para mejorar su calidad de vida, que son los objetivos que persigue la FCBC.

La situación ambiental por la que pasan los municipios de San Javier, Concepción y San Ignacio de Velasco es muy similar. La problemática ambiental está fuertemente ligada al proceso de transformación de los ecosistemas, debido al efecto migratorio y establecimiento de nuevos asentamientos y al desarrollo de actividades productivas como la actividad ganadera extensiva. Si no se establecen políticas de control y conservación en estas zonas que son prioritarias, los procesos de deforestación pueden generar graves problemas a los ecosistemas, como por ejemplo: la ruptura del ya frágil corredor de conectividad biológica, cambios bruscos en los regímenes pluviométricos y térmicos entre otros.

El análisis de estimación de áreas deforestadas por actividad antrópica evidencia que, en el periodo comprendido entre 1986 y 2005, se han perdido 90.260,02 has de bosques, originadas principalmente por efecto de una fuerte presión social y crecimiento poblacional de los pueblos y por el desarrollo descontrolado de algunas actividades económicas como la ganadería.

La palmera Cusi puede ser empleada como un indicador para identificar zonas que han sufrido procesos de transformación por efecto de deforestación o quemas, ya que se desarrolla de forma predominante bajo estas condiciones. La palmera puede convertirse en una plaga después del intento de eliminarla. La palmera puede desarrollarse en forma óptima en sistemas silvopastoriles, donde el propietario pueda aprovechar el Cusi, el animal alimentarse de pastos y también brindar sombra a los animales. El aprovechamiento de esta especie y la difusión sobre sistemas silvopastoriles pueden ser alternativas para evitar la ruptura del corredor de conectividad biológico de la región.

La metodología empleada permitió estimar la distribución y áreas de expansión de la palmera Cusi, así como cuantificar aquellas áreas que han sufrido una modificación o pérdida de cobertura boscosa. Si bien podrían desarrollarse diferentes metodologías para elaborar una investigación como ésta, la empleada en este estudio permitió lograr los objetivos planteados. La metodología utilizada brinda buenos resultados al momento de la identificación y distribución territorial de la palmera.

Si bien existe confiabilidad sobre el uso de sensores remotos en la evaluación de los RRNN, existen algunos aspectos que podrían haber mejorado la calidad y confiabilidad de los resultados, estos son por ejemplo: imágenes de mejor calidad (Ikonos), imágenes tomadas en tiempo real, como también la posibilidad de acceder a toda el área de estudio de manera de no tener que extrapolar los datos.

5.2. Recomendaciones

Desarrollar investigaciones futuras en temas de aprovechamiento de los productos y subproductos de la palmera Cusi con fines de industrialización y la búsqueda de mercados para su comercialización, el análisis de promover la producción de la palmera y la realización de catastros de esta especie vegetal en sentido de conocer la población y el estado real de la producción.

Realizar estudios en coordinación con las instancias directamente relacionadas y las autoridades competentes dentro del tema de supervisión de los procesos de deforestación en áreas de Conservación como es el caso del Bosque Chiquitano.

A continuación se plantean algunas sugerencias para el desarrollo de un plan de conservación y manejo del Cusi:

- Elaborar un plan de manejo forestal con las consideraciones necesarias que señalen el aprovechamiento con una visión sostenible, debiendo tomar en cuenta los siguientes temas: información cartográfica, marco legal, descripción general, aspectos biofísicos, aspectos socioeconómicos y demográficos, comunidades indígenas y asentamientos campesinos, cantidad y características de la mano de obra disponible, objetivos del manejo de bosques, sistema de manejo y método de regulación (Internacional land coalition, s.a.).

- Establecer dentro del plan, criterios de manejo y aprovechamiento según el estado de conservación de la zona, por ejemplo: *zonas de uso extensivo*, áreas de aprovechamiento intensivo de bajo impacto y que impliquen mínimas modificaciones de las características naturales del área. El objetivo principal es el de mantener un ambiente natural con el mínimo impacto; *zonas de uso especial*, aquellas áreas donde se deben considerar medidas más controladas que involucren bajo impacto al ecosistema por efecto de la fragilidad del hábitat y las *zonas de amortiguación*, que son referidas a zonas de

aprovechamiento futuro, donde como prioridad se deben establecer criterios de conservación por el estado en que se encuentran (Martin, 1994).

- Integrar los grupos sociales asentados en la zona, como parte importante en el proceso de aprovechamiento de la palmera, así como el de incentivar y capacitar sobre aspectos de manejo y aprovechamiento de la especie.

BIBLIOGRAFÍA

BOSQUE, J.

1994. *Sistemas de Información Geográfica con PC ARC/info e Idrisi.* Addison-Wesley Iberoamericana y Ra-ma, Madrid

BURROUGH, P.

1988. *Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment*. Oxford University Press, Oxford. P 80

CALLAU, Oscar *et al.*

1974. *Industrialización del Coco de Cusi.* s.e., Santa Cruz de la Sierra.

CAMACHO, Olvis; CORDERO, William; MARTÍNEZ, Ignácio; ROJAS, Donato

2001. *Tasa de Deforestación del Departamento de Santa Cruz, Bolivia 1993-2000.* El País, Santa Cruz

CEBRAIN, J.A.; MARK, D.

1986. *Sistemas de Información Geográfica. Funciones y Estructuras de Datos,* "Estudios Geográfico?. s.e. Madrid

CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA ACCIÓN SOCIO ECONÓMICA (C.E.A.S.E.)

2001. *Plan de Desarrollo Municipal (PDM) de San Ignacio de Velasco. Quinquenio 2001-2005.* s.e., Santa Cruz

CHUVIECO, Emilio

1995. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. RIALP S.A., Madrid

CHUVIECO, Emilio

1996. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. RIALP. S.A., Madrid

CHUVIECO; Emilio; SALAS, Javier; MEZA, Enrique
2001. “Empleo de la Teledetección en el Análisis de la Deforestación Tropical: el caso de la Reserva Forestal de Ticoporo (Venezuela)” < www.geogra.uah.es/inicio/revista/okpdf10/ok04franklin_chuvieco_salas_meza55a76.pdf> (15/11/2005)

Desarrollo Económico Local
2005.<http://www.desarrollolocal.org.bo/regnal7/ascencion%20de%20guarayos,%20formulario%20mesa%20municipal,%20datos%20originales.xls> (22/05/2005)

FUNDACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DEL BOSQUE CHIQUITANO; HUMUS S.R.L.
2001. D*iagnostico Biofísico, Socioeconómico y Cultural. Municipio de San Ignacio de Velasco. s.e.* Santa Cruz de la Sierra

FCBC; HUMUS S.R.L.
2001. *Análisis de Ocupación y Uso del Medio Ambiente. Municipio. s.e.,* Santa Cruz de la Sierra

GARCIA, Alvaro
2001. “LANDSAT” < ttp://com.uvigo.es/asignaturas/scvs/trabajos/curso0001/biblio/LANDSAT/LANDSAT.pdf.> (20/07/2005)

GILABERT, J; GONZALES, Piqueras; GARCIA, Haro
1997. “Acerca de los índices de Vegetación. Revista de Teledetección Departamento de Termodinámica, Facultad de Física, Universidad de Valencia.”, < http://telenet.uva.es/promotores/revista/revista_08/AET8_4.pdf> (11/11/2005)

IBISH, Pierre; COLUMBA, Karin; REICHLE, Steffen
2002. *Plan de Conservación y Desarrollo Sostenible para el Bosque Seco Chiquitano, Cerrado y Pantanal Boliviano.* F.A.N., Santa Cruz de la Sierra

IBISCH, Pierre; MERIDA, Gonzalo
2003. *Biodiversidad: La riqueza de Bolivia.* F.A.N., Santa Cruz de la Sierra

INTERNATIONAL LAND COALITION
s.a. "Apoyo al acceso al manejo de recursos naturales por Asociaciones Sociales del Lugar - Municipio Yapacaní" < http://www.landcoalition.org/index.htm > (06/03/2006)

JARDIM, Anthony; KILLEEN, Timothy; FUENTES, Alfredo.
2003. *Guía de los Árboles y Arbustos del Bosque Seco Chiquitano, Bolivia.* F.A.N., Santa Cruz de la Sierra

LILLEDAND, Thomas; KIEFER, Ralph
1994. *Remote Sensing and Image Interpretation.* WILEY, Canada

MARTÍN, Carlos
1994. *Guía para la elaboración de Planes de Manejo. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente – Proyecto de Conservación de la Biodiversidad (PCBB).* s.e., La Paz

MOSTACEDO, Bonifacio; *et al.*
2001. *Guía Dendrológica de Especies Forestales de Bolivia.* EL PAÍS, Santa Cruz de la Sierra

PACHECO, Pablo
2003. “La gestión forestal municipal en América Latina. Municipalidades y Participación Local en la Gestión Forestal en Bolivia.” <cebem.org/biblioteca/desaforestal/gestiofor.pdf> (15/05/2005)

PACHECO, Pablo
1998. *Estilos de Desarrollo, Deforestación y Degradación de los Bosques en las Tierras Bajas de Bolivia.* CID, La Paz

Pontificia Universidad Católica de Chile (UC)
s.a. “Glosario” < www.uc.cl/sw_educ/geo_mar/ medios/cap5/5f31.jpg> (12/06/2005)

RICHARDS, John
1993. *Remote Sensing Digital Image Análysis.* Springer, Australia

ROJAS, Donato; MARTÍNEZ, Ignacio; CORDERO, William; CONTRERAS, Freddy
2003. *Tasa de Deforestación de Bolivia 1993-2000.* El País, Santa Cruz

ROPER, John; ROBERTS, Ralph
1999. “DEFORESTACIÓN: Bosques Tropicales en Disminución.” <http://www.rcfa-cfan.org/spanish/s.issues.12.html> (28/05/2005)

ROSAS. Erle *et al.*
2001. *Plan de Desarrollo Municipal (PDM) de San Javier. Quinquenio 2001-2005.* Santa Cruz

SABINS, Floyd
1978. *Remote Sensing Principles and Interpretation.* W.H. Freeman and Company San Francisco

SATÉLITES DE MONITORAMENTO
2004. “CBERS” <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/cbers.html> (05/11/2005)

SATÉLITES DE MONITORAMENTO
2004. “LANDSAT” <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/landsat.html> (05/11/2005)

SCHOWENGERDT, Robert
1983. *Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing. s.e.* New York.

SIAMAZONIA
2003. “Sistema de Información de la Diversidad Biológica y Ambiental de la Amazonia Peruana”
<http://www.siamazonia.org.pe/Publicaciones/2003/Junio/AmazonÃ-a_biod_com_des/libros/44/textoa.htm> (12/05/2005)

TOLEDO, Marisol; BALCAZAR, Julio; RUIZ DE CENTURIÓN, Teresa
2001. “*La Palmera Cusi (Attalea speciosa* Mart. *Ex Spreng) en Ascensión de Guarayos, Santa Cruz – Bolivia”* Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica, F.A.N., 2002, Nº 2, Santa Cruz de la Sierra

UNIVERSIDAD DE CADIZ (UCA)
s.a. “Los sistemas de información geográfica (GIS)” <www.uca.es/dept/filosofia/TEMA%201.pdf> (20/03/2005)

VICENTE, Ramiro; RICKFELDER, Rosana
2003. “Clasificación Digital de Imagines LANDSAT y su Aplicación en la Identificación de Especies Forestales.”
<www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/biblos/pdf/2004/2004-00.pdf>

(22/06/2005)