



Universidad Mayor
de San Simón



International Institute for
Geo-Information Sciences
and Earth Observation



Responsable: Lic. Eslid Ana Guerra Cerezo

“Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz”

Maestría Profesional en “INFORMACION DE SUELOS PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES”

**Asesores: Ing. Ronald Vargas M.Sc.
Lic. Benjamín Gossweiler M.Sp.
Lic. Fabiola Torrico M. M.Sp.**

Tesis de Grado

Marzo del 2006

RESUMEN

En el presente trabajo se utilizan diferentes técnicas de procesamiento visual y digital de imágenes de satélite (LANDSAT – ETM) y (ASTER), Sistemas de información Geográfica para la determinación de cambios en la cobertura y uso de la tierra, el área de estudio es la Cuenca baja del Río Grande, que comprende 3 secciones Municipales de la Provincia Obispo Santiestevan (Minero, Fernández Alonso, San Pedro) Municipio El Puente, parte del Municipio San Julián y Okinawa, para el periodo 1986 – 2005.

Se aplico el Sistema de Clasificación LCCS establecida por la FAO/UNEP 2004 para generar una leyenda jerárquica y estándar que definiera la cobertura y uso de la tierra, que enlazado a programas como ser GEOVIS, genera un mapa de cobertura de la tierra. El sistema de Información geográfico se utilizo para hacer el cruce de tablas de las imágenes clasificadas y producir estadísticas de cambio. El procesamiento digital de las imágenes se realizo para determinar el cambio de uso de la tierra de los años 1990- 2001 hasta el 2005. Áreas antrópicas como ser de cultivo fueron intersectadas con el PLUS de Santa Cruz para ver si estas caen dentro de lo que es establecido como áreas de uso restringido o de conservación. Los resultados obtenidos, fueron: un aumento de las áreas dedicadas a cultivos, una disminución de áreas con bosque y una intervención en áreas que deberían conservarse.

Se concluye, las técnicas anteriormente nombradas son herramientas efectivas para la recolección, procesamiento y despliegue de información de carácter ambiental, y específicamente para el monitoreo de los recursos naturales a través del tiempo.

Dedicado a:

*Mí querida Familia:
Por su cariño, comprensión y constante apoyo para
salir adelante.*

***Todo lo puedo en Cristo que me fortalece
(Filipenses 4:13)***

Agradecimientos

A Dios por ser mi guía y por darme el valor para seguir adelante y cumplir con mis metas deseadas en la vida.

Al Centro de Levantamientos Aeroespaciales y Aplicaciones SIG para el Desarrollo de los Recursos Naturales por su labor en mi formación profesional

Al Ing. Ronald Vargas, por su apoyo, por las correcciones realizadas, su paciencia y sugerencias prestadas para concluir el presente estudio.

Al Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado que como institución académica, realiza un gran y valioso aporte a la orientación y profesionalización de muchos estudiantes.

Al Dr. Timothy J. Killeen por sus sugerencias y apoyo técnico para la elaboración de este trabajo

A la Fundación Natura al Dr. Nigel Asquith y Lic. Maria Teresa por su colaboración en el presente estudio.

A Juan Carlos Chive por su ayuda incondicional, palabras de aliento y paciencia en todo momento.

A la Lic. Fabiola Torrico Maldonado por aclarar siempre mis dudas y cooperación desinteresada.

A mis amigos/as y compañeros/as por los buenos y malos momentos y que serán un recuerdo inolvidable en mi vida.

A todos Gracias

INDICE DE CONTENIDO

I INTRODUCCIÓN	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	5
II OBJETIVOS	7
2.1 Objetivo General	7
2.2 Objetivos Específicos	7
III MARCO CONCEPTUAL	8
3.1 La tierra y los recursos de la tierra	8
3.2 Cobertura de la tierra	9
3.3 Uso de la Tierra	9
3.4 Herramientas para el estudio de la cobertura de la tierra	10
3.4.1 Teledetección y Sensores Remotos	10
3.4.2 Sistemas de Información Geográfica	12
3.5 Sistemas de Clasificación de la cobertura de la tierra	12
3.6 Land Cover Classifications Systems (LCCS)	13
3.7 Interpretación de los datos	15
3.7.1 Interpretación visual de las imágenes	15
3.7.2 Interpretación digital de las imágenes	16
3.8 Normas Legales establecidas a favor de la conservación	17
IV MARCO METODOLOGICO	20
4.1 Materiales	20
4.2 Descripción del Área de estudio	21
4.3 Metodología	25
4.3.1 Manejo y preparación de la geo-información	25
4.3.2 Creación de la Leyenda	26
4.3.3 Interpretación visual de la cobertura de la tierra	27
4.3.4 Trabajo de campo	30
4.3.5 Identificación del cambio de cobertura	32
4.3.6 Identificación del uso actual y el uso para años anteriores	32
4.3.7 Comparación del Uso Actual con el PLUS	33
V RESULTADOS Y DISCUSION	35
5.1 Leyenda (LCCS)	35
5.2 Identificación de la cobertura	39
5.3 Identificación del cambio de cobertura 1986 - 2005	42
5.4 Identificación del uso de la tierra 1986	43
5.5 Identificación del Uso Actual de la tierra	45
5.6 Comparación del Uso Actual con el PLUS	50
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
VII LISTA DE REFERENCIAS	53
VIII ANEXOS	56

INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1: Registro Histórico de las Inundaciones Río Grande _____	3
CUADRO N° 2: Tasa de Deforestación_____	5
CUADRO N° 3: Ubicación Geográfica de los Municipios _____	22
CUADRO N° 4: Datos en Hectáreas y Porcentajes de las Unidades de Cobertura de la Tierra 1986_____	39
CUADRO N° 5: Datos en Hectáreas y Porcentajes de las Unidades de Cobertura de la Tierra 2005_____	42
CUADRO N° 6: Dinámica de Cambio de Cobertura de la Tierra 1986 - 2005_____	42
CUADRO N° 7: Uso de la Tierra 1986_____	45
CUADRO N° 8: Uso Actual de la Tierra 2005 _____	41
CUADRO N° 9: Cambio de Uso de la Tierra 1990 -2001_____	48
CUADRO N° 10: Comparación del Uso Actual con el PLUS _____	50

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Matriz para la Clasificación de Cobertura y Uso de la Tierra _____	15
FIGURA N° 2: Ubicación del Área de Estudio _____	21
FIGURA N° 3: Discriminación Espectral (Magic Wand) _____	28
FIGURA N° 4: Poligonización y enlace al LCCS_____	29
FIGURA N° 5: Mapa de la Ruta del Sobrevuelo sobre el Área de Estudio _____	31
FIGURA N° 6: Diagrama de flujo de la metodología empleada _____	34

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Norma Legal _____	18
TABLA N° 2: Clases de Cobertura de la tierra Según LCCS _____	35

INDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO N° 1: Cambios en el Bosque 1990 - 2001 _____	48
GRAFICO N° 2: Areas Antrópicas 1990 - 2001 _____	49

INDICE DE FOTOS

FOTO N° 1: Cobertura: Río perenne (Río Pirai) _____	38
FOTO N° 2: Cobertura: Vegetacion terrestre cultivada _____	38
FOTO N° 3: Antiguo cauce del Río Grande _____	43
FOTO N° 4: Areas extensas con cultivos de soya _____	47
FOTO N° 5: Pérdidas de cultivo por inundación _____	49
FOTO N° 6: Cultivos junto a las orillas del río _____	51

LISTA DE MAPAS

MAPA N° 1: Mapa de Cobertura de la Tierra 1986 _____	40
MAPA N° 2: Mapa de Cobertura de la Tierra 2005 _____	41
MAPA N° 3: Mapa de Uso de la Tierra 1986 _____	44
MAPA N° 4: Mapa de Uso Actual de la Tierra 2005 _____	46

LISTA DE ANEXOS

ANEXO N° 1: Mapa del PLUS	
ANEXO N° 2: Comparación Uso Actual con el PLUS	
ANEXO N° 2: Mapas de Validación de Resultados	
ANEXO N° 3: Planillas de campo	

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son esenciales tanto para la sobrevivencia y la prosperidad de la humanidad como para el mantenimiento de todo el ecosistema terrestre.

Bolivia es un país con una riqueza natural extraordinaria, su biodiversidad es una de las más importantes en el mundo, la variedad y la complejidad de sus ecosistemas naturales, hacen que este patrimonio deba ser adecuadamente preservado o en su caso racionalmente utilizado y que su uso contribuya a mejorar el nivel y calidad de vida de los bolivianos, a la vez que no se destruya esta riqueza que es patrimonio de las generaciones futuras.

Para poder realizar una óptima regulación del uso de los recursos tierra y garantizar su disponibilidad para las futuras generaciones, es necesario contar con la información del estado del uso y cobertura de la tierra, que permita determinar el estado general del mismo y las zonas donde se está realizando una intervención empobrecedora y degradante.

Áreas frágiles que deberían conservarse y protegerse sufren cambios debidos al crecimiento de la frontera agrícola que a pesar de contar con instrumentos técnico-políticos como el PLUS (Plan de Uso del Suelo), son intervenidas sin considerar su vocación de uso, lo cual promueve un cambio de la cobertura de la tierra. Es fundamental realizar estudios multitemporales de la cobertura y uso de la tierra para identificar los cambios principales y analizar los efectos positivos y/o negativos que hayan generado. Esta información será un insumo fundamental para analizar las tendencias territoriales y de ahí encontrar posibles líneas de acción a tomar.

Para el estudio de la cobertura de la tierra existen diversos métodos, sin embargo el más utilizado corresponde al sistema de clasificación de la FAO-UNESCO de 1978. Este método ha sido criticado por tener una serie de limitaciones; en virtud a ello, FAO-UNEP realizaron un esfuerzo conjunto para desarrollar un nuevo sistema de clasificación internacional estándar que pueda ser aplicado en cualquier ambiente geográfico.

En este estudio, se utilizaron técnicas de percepción remota mediante el empleo de imágenes satelitales LANDSAT y ASTER, para realizar un análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra en diferentes periodos de tiempo (1986 - 2005), utilizando un sistema de clasificación estándar y multipropósito como lo es el LCCS (Land Cover Classifications Systems) desarrollado por la FAO/UNEP y que funciona junto a otros programas Geográficos como el GEOVIS, GEOMAP, etc.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Datos históricos de la cuenca baja del río Grande – La subcuenca como depósito de sedimentos

La subcuenca se caracteriza por ser un depósito de sedimentos que, desde hace miles de años, vienen de la Subcuenca Alta del río Grande; es posible que debido a la deforestación y mal uso de los suelos en los últimos 20 años, la producción de sedimentos se haya incrementado.

De acuerdo a Colque y Asociados (Agosto del 2000), la cantidad de sedimentos que recibía la subcuenca es 162 mill./tn/año, medidos en la estación de Apapó (periodo 1971-1979).

Estos sedimentos, se han depositado en el lecho del río a través de miles de años, desde Apapó hasta el río Mamorecillo (540 Km. de largo), en diferentes proporciones, facilitando la identificación de cinco (5) tramos. Otros factores que contribuyeron a esta diferenciación fueron: a) pendiente, b) altura de la barranca, y d) vulnerabilidad frente a las crecidas del río.

De los 540 Km. que tiene el río, solo el 24 % (130 Km.) no está afectado por las inundaciones; los siguientes tramos (II y III), donde está Pailón y Okinawa, sufren inundaciones esporádicas desde hace 15 años; el IV está sufriendo inundaciones casi anuales, desde el 2001, y el V que está totalmente colmatado con sedimentos.

Se resalta que los tramos IV y V suman 55,5 %, del largo total de la subcuenca. Esto significa que las aguas se escurren “libremente”, solo en los primeros 44,5 % de su longitud.

1.2.2 Efecto de los depósitos de sedimentos: Las inundaciones

Las inundaciones tienen estrecha relación con la morfología del lecho; a mayor depósito de sedimentos, mayor es la amenaza de inundación.

El cuadro 1 es un “registro histórico de las inundaciones” provocadas por el río Grande, en los últimos 18 años, en los municipios de Pailón, Cuatro Cañadas, Okinawa y San Julián.

Cuadro N° 1 Registro Histórico de las inundaciones Río Grande

Fecha del desborde	Situación del río	Efecto sobre las comunidades
Julio de 1988	<ul style="list-style-type: none"> – El río Grande se desborda y empieza a inundar las comunidades ribereñas de Colonia Berlín 	
Febrero de 1992	<ul style="list-style-type: none"> – Nueva crecida en la misma zona con “gran caudal”. – El río se desborda nuevamente pero ahora abandona su cauce, y abre uno nuevo con rumbo norte. – El nuevo cauce sigue el camino principal Copacabana-El Carmen-Santo Domingo, a lo largo de 33 km. En Rancho Bolívar se bifurca en 2 brazos. – En el sector de Okinawa I y II, la altura de las aguas fue de 0.8 a 1.0 m. siendo su duración de 3 a 6,5 días 	<ul style="list-style-type: none"> – La inundación destruye la comunidad Copacabana, y afecta a San Isidro. El Carmen, Manantial, Bolívar y la Isla. – También afecta terrenos en barbecho, cultivos y destruye parcialmente los caminos principal y secundario.
Febrero de 1994	<ul style="list-style-type: none"> – Crecida superior a las de 1992, el río ensancha el nuevo curso (casi 1,5 km.) y abandona definitivamente el anterior – En Bolívar, el río abrió nuevos cauces 	<ul style="list-style-type: none"> – El agua llegó hasta la comunidad Santo Domingo (extremo norte), y afectó a 32 comunidades a lo largo del camino. – Las aguas inundaron una franja de 3 a 4 Km. de ancho (aprox. 22.700 ha) – Los daños económicos fueron incalculables porque las actividades se paralizaron por varios días. – La población decide evacuar el lugar y mantenerlo para cultivar en invierno.
1996 al 2000	<ul style="list-style-type: none"> – El río empieza a desbordarse por 3 meandros en el sector de Cuatro Cañadas. – El río Grande deposita muchos sedimentos. – El río sigue inundando y 	<ul style="list-style-type: none"> – Se inundan las comunidades de San Miguel de los Ángeles, Puerto Céspedes, Providencia, San Roque, Villa Primavera y Villa Alto Perú.

	sedimentado las comunidades de Berlín.	
Febrero del 2001	<ul style="list-style-type: none"> - Esta crecida afecto principalmente al municipio de Pailón, con más de 8.000 habitantes. Fue la mayor en 33 años. La anterior se había registrado en 1968. - El río se desbordo por un meandro ubicado al sur de Pailón y por 3 meandros en el sector de Pailón y por 3 meandros en el sector de cuatro cañadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Además de Pailón, las aguas afectaron las comunidades de Cuatro Cañadas, de Berlín, y las comunidades de El Fortín, Villa Paraíso y San Martín.
	<ul style="list-style-type: none"> - El río amplio los meandros de Palmitas y Puerto Pacay. - Se desbordo y rompió el camino ripiado Los Troncos – Puerto Pacay, cerca de la comunidad El Fortín. 	<ul style="list-style-type: none"> - Destruyo parte de las comunidades de Palmitas y Puerto Pacay
	<ul style="list-style-type: none"> - La corriente que pasó cerca de El Fortín se bifurcaron en 2 corrientes. - El Río Grande siguió inundado lo que era Colonia Berlín, sus aguas llegaron hasta el río Pailas y sedimento la zona de Santo Domingo con mas de 1 metro de sedimento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las aguas desbordadas inundaron algunas comunidades de Villa Paraíso y San Martín, para unirse al Río Grande en la zona de “1 de Julio” - Otra corriente se fue al oeste, atravesando las comunidades Illimani, “2 de Agosto” y “24 de septiembre” (Distrito Berlín), hasta desembocar en el Río Grande en la zona de comunidad El Carmen.
Enero del 2002	<ul style="list-style-type: none"> - La crecida afecto, principalmente el dique de los “productores japoneses”, en el sector de Meandro Moscú. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inundo la comunidad de Nueva Aurora, próxima al Meandro Moscú (Municipio de Okinawa).
Febrero del 2004	<ul style="list-style-type: none"> - Nuevamente destruyo para del dique de los “productores japonés” - También amplio el meandro de Pacay y “ataco” el meandro de Cosorio (5 Km. al norte de Pacay). 	<ul style="list-style-type: none"> - Destruyo gran parte de la comunidad de Puerto Pacay.
Febrero del 2005	<ul style="list-style-type: none"> - Gran desborde del río, por el sector de Cosorio. - Socavación de la barranca de la propiedad del Sr. Pablo Fukujara, y de la comunidad Palmitas (sector de Cuatro Cañadas) 	<ul style="list-style-type: none"> - Inundación de las comunidades de Colonia Berlín y de Brecha Casarabe, con grandes pérdidas económicas
Enero del 2006	<ul style="list-style-type: none"> - Gran desborde del río, por el sector del meandro las mangas 	<ul style="list-style-type: none"> - Inundación de las comunidades Okinawa, San Julián

Fuente: Raúl Roca

1.2.3 La deforestación y pérdidas por inundación

Neihold sostiene que la ampliación de la frontera agrícola en el Departamento de Santa Cruz, aumento en forma exponencial, y no siempre usando los suelos apropiados para ese fin. En 11 años (1990 a 2001), aumento de 1,2 millones de hectáreas a 2,2 millones (CAO, 2003).

La expansión ha causado una fuerte deforestación en los municipios colindantes con el río Grande, y la tasa de deforestación (en % respecto a su territorio), se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 2 Tasa de deforestación

Municipio	Tasa de deforestación %
Charagua	3
Cabezas	2
Cotoca	25
Pailón	33
San Julián	44
El Puente	6
Mineros	34

1.3. JUSTIFICACION

El manejo de los recursos naturales, requiere de políticas y herramientas de planificación correctas. Para poder realizar una optima regulación del uso de los recursos tierra con el objetivo de garantizar su disponibilidad para las futuras generaciones, es necesario contar con la información del estado del uso de la tierra lo cual se manifiesta directamente en la cobertura de la tierra.

Por lo tanto una eficiente evaluación de la cobertura de la tierra y la habilidad de monitorear sus cambios, son actividades fundamentales para el manejo sostenible de los recursos naturales, protección medioambiental, seguridad alimentaria y programas humanitarios exitosos. Ese tipo de información es también muy importante para que la

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) cumpla su mandato de elevar los niveles de nutrición, mejorar la productividad agrícola, mejorar las vidas de poblaciones rurales y contribuir a un crecimiento sostenible de la economía mundial.

Ante la ausencia de un sistema aplicable o ampliamente aceptado, FAO y UNEP han desarrollado el Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra (LCCS), el cual facilita la comparación de clases de cobertura de la tierra sin importar la escala de mapeo, el tipo de cobertura, el método de recolección de datos o la ubicación geográfica. Actualmente, LCCS es el único sistema de clasificación universalmente aplicable que se encuentra en uso. La flexibilidad inherente del sistema LCCS, su aplicabilidad en todas las zonas climáticas y condiciones medioambientales, y su compatibilidad con otros sistemas de clasificación han dado al sistema LCCS la potencialidad de ser aceptado como el estándar internacional. Por estas razones, LCCS se encuentra actualmente en proceso de aceptación para convertirse en estándar de la Organización Internacional de Estandarización (ISO por sus siglas en inglés).

Un factor crítico en la implementación de este tipo de actividades globales es la disponibilidad de un sistema de clasificación de la cobertura de la tierra que sea común o estándar, y armonizado, que provea una base confiable para la interacción entre las actividades cada vez más crecientes de mapeo y monitoreo de la cobertura de la tierra tanto a nivel nacional, regional y global.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Realizar un análisis multitemporal de la cobertura de la tierra en el periodo 1986 - 2005 utilizando el sistema LCCS en la cuenca del Río Grande Zona Norte (área de expansión agrícola).

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar la cobertura de la tierra utilizando el Sistema LCCS, para los años 1986 y 2005 a través de las imágenes ASTER y LANDSAT, por medio de interpretación visual y clasificación semiautomática en el programa Geovis y trabajo de campo.
- Identificar el cambio de la cobertura de la tierra para el periodo 1986-2005 a través análisis espacial, estadística básica y trabajo de campo.
- Identificar el uso de la tierra para los años 1986 y 2005 a través de interpretación visual de las imágenes satélite, los mapas de cobertura de la tierra generados y trabajo de campo.
- Comparar el uso de la tierra actual con la norma del PLUS para esta área y relacionar a los problemas actuales relacionados al cambio de cobertura de la tierra.

MARCO CONCEPTUAL

3.1 La tierra y los recursos de la tierra

Según FAO/UNEP, 1997 , se refieren a un área definible de la superficie terrestre de la tierra, abarcando todos los atributos de la biosfera inmediatamente por arriba y por debajo de esa superficie, incluyendo aquellos atributos climáticos cercanos a la superficie, el suelo y las formas del terreno, la superficie hidrológica -incluyendo lagos poco profundos, ríos, humedales y pantanos-, las capas sedimentarias cercanas a la superficie y el agua subterránea asociada y las reservas geo-hidrológicas, las poblaciones animales y vegetales, los modelos de asentamientos humanos y los resultados físicos de la actividad humana pasada y presente -terrazas, estructuras para drenaje o almacenamiento de agua, caminos, edificios y otros.

Los recursos tierra son lentamente renovables; sin embargo, su tasa de degradación excede su tasa natural de regeneración. En términos prácticos, esto significa que la tierra que se pierde por degradación no es naturalmente reemplazada dentro del lapso de una vida humana, dando lugar así a una pérdida de oportunidades para las siguientes generaciones (FAO/UNEP,2000)

3.1.1 El manejo de los recursos tierra

El mejoramiento del manejo de la tierra que asegura un mejor uso de los recursos y promueve la sostenibilidad a largo plazo es fundamental para el futuro de la producción de alimentos y para el bienestar económico de las comunidades rurales. A causa de los aspectos dinámicos del manejo de la tierra, es esencial tener un enfoque flexible y adaptable a este "proceso" para supervisar la calidad y la cantidad de los recursos de la tierra del mundo -tales como suelo, agua, nutrimentos de las plantas- y para determinar como las actividades humanas afectan esos recursos. Sin embargo, la evaluación sistemática de la sostenibilidad de los planes de uso de la tierra, actuales o futuros, pueden ser entorpecidos por demasiados datos detallados difíciles de interpretar, por falta de información básica con la cual comparar el cambio o por datos que son inconsistentes en el tiempo o en el área geográfica (USDA, 1994).

3.2 Cobertura de la tierra

La cobertura biofísica tal cual se observa directamente o a través de sensores remotos y que incluye la vegetación natural o cultivada, construcciones hechas por el hombre y otros como agua, hielo, afloramientos rocosos, depósitos de arena, evaporitas, etc. (Superintendencia agraria, 2001).

Según Di Grogorio, 2005 *La cobertura de la tierra, es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la tierra.*

3.3 Uso de la Tierra

La tierra no debe ser considerada simplemente como el suelo y la superficie topográfica sino que abarca muchos otros elementos como los depósitos superficiales, los recursos de agua y clima y también las comunidades animales y vegetales que se han desarrollado como resultado de la interacción de esas condiciones físicas. Los resultados de las actividades humanas, reflejadas en cambios en la cobertura vegetativa o en las estructuras, también son vistas como características de la tierra. Cambiando uno de los factores tal como el uso de la tierra, tendrá un impacto sobre otros factores como la flora y la fauna, los suelos, la distribución superficial del agua y el clima. Los cambios en esos factores se pueden fácilmente explicar en razón de la ecodinámica del sistema y la importancia de sus relaciones en la planificación y el manejo de los recursos de la tierra es evidente (FAO/UNEP, 2000)

El uso de tierra está caracterizado por los *arreglos, actividades e insumos que el hombre emprende en un cierto tipo de cobertura de la tierra para producir, cambiarla o mantenerla.* Esta definición de establece un enlace directo entre la cobertura de la tierra y las acciones del hombre en su medio ambiente.

Los siguientes ejemplos son una ilustración adicional de las definiciones anteriores:

- ❖ "pastizal" es un término de cobertura, mientras que "área de pastoreo" o "cancha de tenis" se refieren al uso que se da a esta cobertura;

- ❖ "área de recreación" es un término de uso de tierra que puede ser aplicable a diferentes tipos de cobertura: por ejemplo, superficies arenosas, como una playa; un área construida como parque de recreación; bosques; etc. (Di Gregorio, 2005).

3.3.1 Uso actual de la tierra

Se refiere a la actividad humana presente al momento de hacer la observación y/o a la descripción de sus características en una época determinada sin tomar en consideración su potencial o uso futuro. (Superintendencia agraria, 2001)

3.4 Herramientas para el estudio de la cobertura de la tierra

3.4.1 Teledetección y Sensores Remotos

La teledetección es aquella técnica que nos permite obtener información a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación remota sea posible es preciso que entre los objetos y el sensor exista algún tipo de interacción (Chuvieco, 2002) y el resultado usualmente, pero no necesariamente, es almacenado como una imagen (fuente de datos). Para esto se requiere al menos, tres componentes: foco energético, superficie terrestre y sensor (Bakker; Jansen, 2001)

Una de las formas de clasificarlos es el procedimiento de recibir la energía procedente de las distintas cubiertas y ellos son: (1) Pasivos, cuando se limitan a recibir la energía proveniente de un foco exterior a ellos, y (2) Activos, cuando son capaces de emitir su propio haz de energía (Chuvieco, 2002)

3.4.2 Escáneres Multiespectrales

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

3.4.2.1 Sistemas de media resolución

El programa Landsat

El programa Landsat es el programa civil de observación de la tierra más antiguo. Comenzó el año 1972 con el Satélite Landsat-1. Hasta ahora al último Landsat (el 7) se ha incorporado un nuevo sensor, el ETM+, que mejora las características del TM, añadiéndole una banda pancromática de 15 m de resolución, y aumentando la resolución de la banda térmica a 60 m. (Chuvienco, 2002).

Existen muchas aplicaciones de los datos Landsat TM, ETM en el mapeo de la cobertura de la tierra, uso de la tierra, mapeo del suelo, mapeo geológico, etc.

Problemas con el programa Landsat

Los ingenieros de la empresa Space Imaging, propietarios del satélite Landsat 7, detectaron problemas a comienzos del mes de Junio. Los mismos comenzaron el 31 de Mayo de 2003 aproximadamente a las GMT 21:45, cuando elementos extraños empezaron a aparecer en las imágenes tomadas por el ETM+, instrumento a bordo de la nave espacial.

Los elementos extraños fueron atribuidos a un problema con el instrumento estabilizador de la nave (SLC), que es un dispositivo electromecánico que compensa el movimiento delantero de la nave espacial. El análisis adicional ha confirmado que existe un problema con el SLC sin que esto haya afectado a la nave espacial.

Space Imaging cree que todos los datos obtenidos por el ETM + desde el fallo inicial poseen defectos. Los datos afectados se han archivado y no han sido puestos al acceso del público. <http://landsat7.usgs.gov/index.php>

El programa Aster

Las imágenes Aster (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer), es un espectrómetro de alta resolución de imagen, diseñado con tres bandas en el espectro visible y una cercana infrarroja en el rango espectral, con 15 m de resolución, 6 bandas en

el infrarrojo de onda corta, con 30 m de resolución, y 5 bandas en el infrarrojo termal, con 90 m de resolución, y ancho de barrido de 60 Km. Sus objetivos principales son medir las propiedades de las nubes estudios de vegetación y suelos, temperatura terrestre y topografía. Una de sus principales aplicaciones es la verificación de resultados obtenidos con sensores menos precisos espacialmente (Chuvieco, 2002).

3.4.2 Sistemas de Información Geográfica

Tradicionalmente la utilización de Sensores Remotos en el área ambiental ha sido para la generación de mapas temáticos. Los cuales por lo general representan la fase final de un proyecto, ya que la cartografía obtenida a partir de Sensores Remotos representan variables que se incorporan a un SIG.

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

3.5 Sistemas de Clasificación de la cobertura de la tierra

Una proporción de las clasificaciones existentes son ya sea clasificaciones de vegetación (ej. Danserau, 1961; Fosberg, 1961; Eiten, 1968; UNESCO 1973; Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Anderson et al., 1976; Kuechler y Zonneveld, 1988), clasificaciones generales de la cobertura de la tierra o sistemas relacionados a la descripción de elementos específicos (como áreas agrícolas). De esa forma, ellas están limitadas en su capacidad de definir el rango completo de posibles clases de la cobertura de la tierra.

Un ejemplo es la Clasificación de la UNESCO (diseñada para servir en primer lugar para mapas de cobertura vegetal a escala 1:1000 000), el cual considera solamente vegetación natural, mientras que otras áreas vegetadas, como áreas cultivadas y áreas urbanas con vegetación, son ignoradas. Otras clasificaciones de cobertura vegetal, incluso si consideran áreas agrícolas, no describen estas clases con el mismo nivel de detalle como aquel utilizado para áreas con vegetación natural. Al contrario, los sistemas usados para describir

áreas agrícolas brindan muy pocos detalles en su descripción respecto a vegetación natural (Di Gregorio, 2005)

3.5.1 Problemas con sistemas de clasificación actuales

En la mayoría de clasificaciones actuales, los criterios utilizados para derivar clases no están aplicados sistemáticamente. Muchas veces, el uso de rangos diferentes depende de la importancia dada por el usuario a un elemento particular (ej. en muchos sistemas los rangos de cobertura para distinguir áreas dominadas por árboles, son muchas, mientras que un solo rango de cobertura es utilizado para definir áreas dominadas por arbustos o pasturas) (Di Gregorio, 2005)

En algunas clasificaciones, la definición de clase es imprecisa, ambigua o ausente. Esto significa que estos sistemas fallan en proveer consistencia interna.

También muchos sistemas de clasificación actuales, no son generalmente aptos para propósitos de mapeo y procesos subsecuentes de monitoreo. El enfoque integral requiere una clara distinción de los límites entre clases. Además, el uso de criterios diagnósticos y su arreglo jerárquico para formar una clase, debe ser una función de la *mapeabilidad*, es decir la habilidad para definir un límite claro entre dos clases. De ahí, que los criterios diagnósticos deben ser arreglados jerárquicamente de manera tal que se asegure que a los niveles más altos de clasificación se tenga un alto grado de exactitud geográfica (Di Gregorio, 2005).

3.6 Land Cover Classifications System (LCCS)

El Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra (LCCS) ha sido desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP) con el objetivo de satisfacer las necesidades de un acceso mejorado a información confiable y estandarizada de la cobertura de la tierra y cambios que en ella ocurren.

LCCS es un sistema de clasificación comprensivo, estandarizado a priori, diseñado para satisfacer requerimientos específicos de los usuarios, y creado para ejercicios de mapeo independientemente de la escala o medidas utilizadas para el mapeo. Facilita la

comparación entre clases de cobertura sin importar la fuente de datos, la disciplina temática o el país. El sistema LCCS realiza el proceso de estandarización y minimiza el problema de lidiar con una gran cantidad de clases pre-definidas (Di Gregorio, 2005)

El sistema de Clasificación LCCS tiene dos fases principales (Figura N° 1)

La fase inicial Dicotómica, tiene ocho tipos principales de cobertura de la tierra:

- Áreas terrestres cultivadas y Manejadas
- Vegetación terrestre natural y seminatural
- Áreas acuáticas cultivadas o regularmente inundadas
- Vegetación acuática o regularmente inundada natural y seminatural.
- Superficies artificiales y áreas asociadas
- Áreas Descubiertas
- Cuerpos de agua artificial, nieve y hielo, y
- Cuerpos de agua Naturales, nieve y hielo

Segunda *Fase Modular Jerárquica*, en la cual las clases de cobertura de la tierra son creadas por la combinación de conjuntos de clasificadores predefinidos. Estos clasificadores están dirigidos a cada uno de los ocho tipos de cobertura de la tierra principales.

Las clases de la cobertura esta definida por:

- una *fórmula Booleana* que muestra cada clasificador utilizado (todos los clasificadores están codificados);
 - un *número único* para el uso en un Sistema de Información Geográfica(SIG)
 - un *nombre*, que puede ser el nombre estándar dado o uno definido por el usuario.
- (Di Gregorio, 2004)

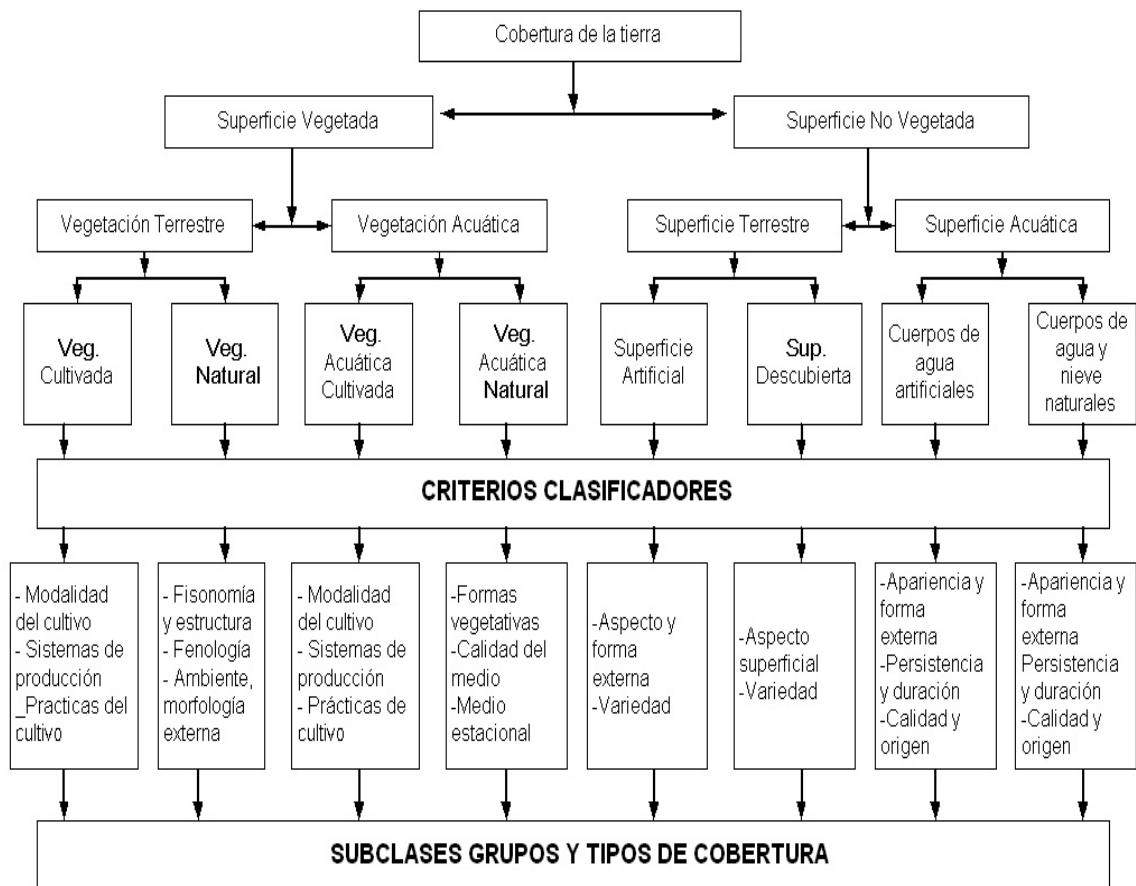


Figura N° 1: Matriz para la clasificación de cobertura y uso de la tierra

Fuente: Elaborado a partir de las ventanas del Programa LCCS

3.7 Interpretación de los datos

3.7.1 Interpretación Visual de Imágenes

La interpretación visual de las imágenes, se basa en la habilidad humana de relacionar colores y patrones en una imagen de características del mundo real. Muy a menudo el resultado de la interpretación es hecho explícito a través de la digitalización de la geometría y los datos temáticos objetos relevantes (“mapeo). Esta es utilizada para producir información espacial como ser: Mapas de suelos, mapas catastrales, mapas de uso de la tierra, etc. (Bakker; Jansen, 2001)

Uno de los Software utilizado para realizar interpretación visual de imágenes es el Geovis.

Geo Vis

Geovis es un sistema vector específico, basado expresamente en la edición y diseñado para la interpretación temática. De ahí, esto facilita y acelera todas las actividades para trazar un mapa basado en datos de sensores remotos. Este es un sistema fácil de usar que integra los instrumentos principales de trazado de vectores y su edición, incluyendo funciones topológicas, con las capacidades avanzadas de manejo raster y conectado por medio de un link con LCCS (FAO, 2004)

Según Hagen las características principales de GeoVIS son:

- Ambiente económico para la interpretación visual:
- Completamente topológico pero fácil utilizar
- Funcionalidades de la base de datos.

El programa cuenta con una serie de opciones como por ejemplo la llamada “Magic Wand” (figura N° 3) que de acuerdo a variables establecidas, referidas a la topología, la elección del número de píxel, el umbral óptimo y detalles del vector son parámetros que pueden ser usados para modificar el procedimiento de una clasificación automática para definir una clase.

3.7.2 Interpretación digital de las imágenes

Clasificación digital

En el proceso de clasificación digital de imágenes el operador instruye a la computadora que realice una interpretación de acuerdo a ciertas condiciones predefinidas. Esta técnica forma parte de la interpretación digital de imágenes (Bakker; Jansen, 2001)

Tradicionalmente se han dividido los métodos de clasificación en dos grupos: supervisado y no supervisado, de acuerdo a la forma en que son obtenidas las estadísticas de entrenamiento. El método supervisado parte de un conocimiento previo del terreno, a partir del cual se seleccionan las muestras para cada una de las categorías. Por su parte, el

método no supervisado procede a una búsqueda automática de grupos de valores homogéneos dentro de la imagen (Chuvieco, 2002).

Clasificación Supervisada

Esta es realizada por un operador que define las características espectrales de las clases, mediante la identificación de áreas de muestreo (áreas de entrenamiento). Se requiere también que el operador este familiarizado con el área de interés (Chuvieco, 2002)

Clasificación No Supervisada

Este método se dirige a definir las clases espectrales presentes en la imagen. Esto implica que los ND (Números Digitales) de la imagen forman una serie de agrupaciones o conglomerados o “clusters” de píxeles con similares características. Basado en esto, la computadora localiza arbitrariamente vectores principales y los puntos medios de los grupos. Luego cada píxel es asignado a un grupo por la regla de decisión de mínima distancia al centroide del grupo (Bakker; Jansen, 2001).

3.8 Normas Legales establecidas a favor de la conservación

El marco legal sobre los temas de: a) reducción de riesgos y atención de desastres, b) protección del medio ambiente, y c) conservación de los recursos naturales, se indican en el siguiente cuadro.

Título de la norma	Numero y fecha
Ley de Organización del Poder Ejecutivo (LOPE)	Ley No. 2446 19 de marzo del 2003
Ley de Descentralización Administrativa	Ley No. 1654, del 28 de julio de 1995
Ley de participación popular	Ley No. 1551, del 20 de abril de 1994
Ley de municipalidades	Ley No. 2028, del 28 de octubre de 1999
Ley de medio ambiente	Ley No. 1333, del 27 de abril de 1992
Plan de Uso del Suelo de Santa Cruz (PLUS)	D.S. 24124, del 21 de septiembre de 1995 Ley 2553, del 04 de noviembre del 2003
Ley Forestal	Ley No. 1700, del 12 de julio de 1996
Reducción de Riesgos y atención de desastres	Ley No. 2140, del 25 de octubre del 2000. Ley 2335, de 05 de marzo del 2002

Tabla N° 1 Norma Legal Fuente: Raúl Roca

Plan de Uso del Suelo (PLUS)

El Plan de Uso de Suelo para el Departamento de Santa Cruz (PLUS-SC) aprobado por Decreto Supremo No. 24124 (1992), constituye un instrumento a considerar, como elemento técnico normativo del ordenamiento territorial que establece reglas de intervención y de uso sobre el suelo de acuerdo a la aptitud y potencialidad de los recursos naturales y ecosistemas. Estas reglas se establecen para cada una de las 6 categorías de uso, las 20 subcategorías y las 53 unidades de tierras identificadas en el Departamento de Santa Cruz (PLUS, 1996).

De acuerdo a este marco legal, establece zona de protección o uso restringido para las orillas del Río Grande y recomienda tener bosque de hasta 1 Km. por lado.

Deforestación en Servidumbres Ecológicas

La Ley Forestal (Ley 1700) incorpora regulaciones para garantizar el resguardo de las Servidumbres Ecológicas especialmente en el ámbito de la protección de las cuencas, estableciendo 100 metros por lado en las riberas de los ríos en zonas inundables; 100 metros a la redonda en lagunas y lagos y 10 metros para proteger la inversión pública en la infraestructura vial.

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Materiales

Para la realización de este trabajo se utilizó:

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	
<i>Material de Gabinete</i>	Material de escritorio (CDs, Flash drive (1GB), Hojas, etc. Equipos de computación: <ul style="list-style-type: none"> - Monitor a color de alta resolución. - Impresora, Plotter. Software <ul style="list-style-type: none"> - ILWIS 3.3 Academic - LCCS 2.4.5 - GeoVis 2.3 - ArcView 3.3 - ArcGIS 8.3 - Erdas 8.7 Word, Excel, etc.	
<i>Material Cartográfico</i>	Mapas topográficos <ul style="list-style-type: none"> - Mapa del Plan de Uso del Suelo (PLUS) de Santa Cruz 	FUENTE ORTECU (Ordenamiento Territorial y Cuencas)
	Imagen Satelital Imagen LANDSAT path 231- row 71 y path 231- row 72 fechas de enero y agosto	Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado. Área de Geografía e Informática
	Imagen Satélite Imagen ASTER-Level AST_L1B_003_07132002143 552 1A, VNIR y 3B	ITC Holanda

SISTEMA GEODÉSICO	PARÁMETROS
Proyección	Universal Transversal Mercator (UTM)
Datum	WGS 1984
Elipsoide	WGS 1984
Zona	20 South

4.2 Descripción de la Zona de Estudio

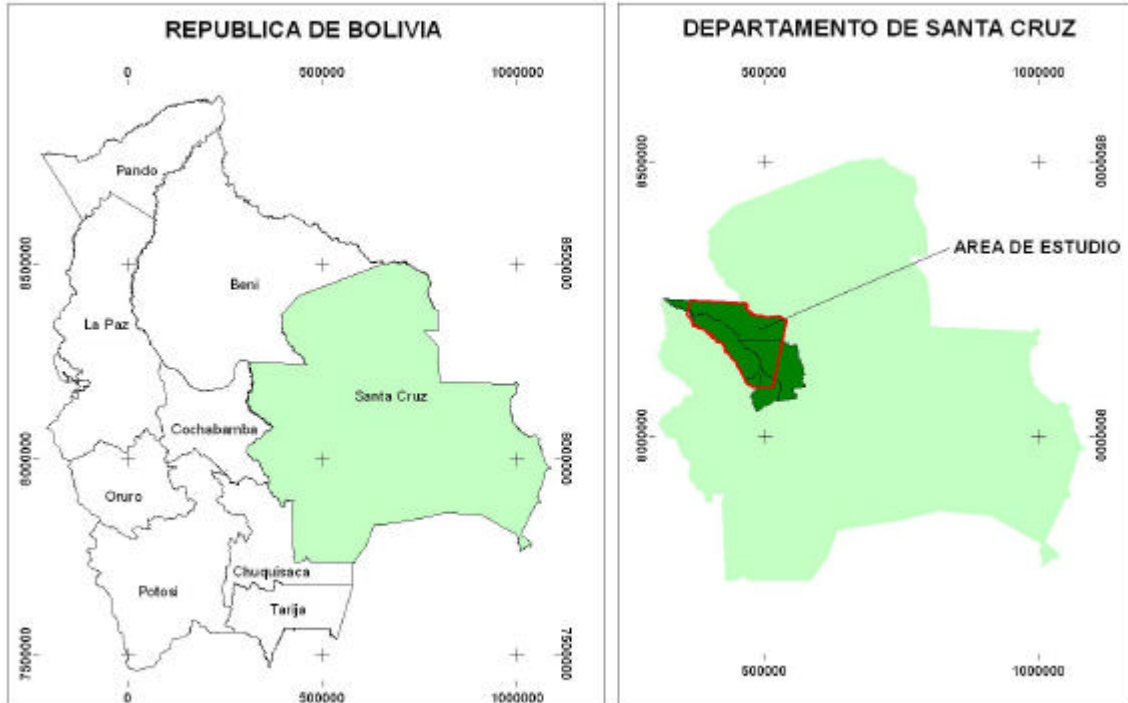


Figura N° 2: Ubicación del Área de estudio

La zona de estudio comprende tres secciones municipales de la Provincia Obispo Santiestevan: El Municipio Minero (Tercera Sección), Fernández Alonso (Cuarta Sección), San Pedro (Quinta Sección); Municipio El Puente de la Provincia Guarayos; parte del Municipio San Julián (Quinta Sección) de la Provincia Ñuflo de Chávez; parte del Municipio Okinawa (Segunda Sección) de la Provincia Warnes.

Cuadro N° 3: Ubicación Geográfica de los Municipios

Municipio	Ubicación Geográfica
Municipio Minero	S 8116190 – W 496306 y S 823335 – W 338127
Municipio Fernández Alonso	16°41’ 86’’ y 17° 03’02’’ de Latitud Sur y 63°21’43.4’’ de Longitud Oeste
Municipio San Pedro	16°03’ y 17°12’ de Latitud Sur y 63°02’ y 64°12’ de Longitud Oeste
Municipio El Puente	
Municipio San Julián	
Municipio Okinawa	

4.2.1 Población

Se distinguen dos tipos de asentamientos humanos. Las comunidades Rurales que son núcleos poblados mayormente con campesinos indígenas de Origen Aymará, quechuas y en pequeña mayorías de origen Chiquitano.

4.2.2 Actividades Socioeconómicas

El uso del espacio esta relacionado con la actividades económicas que se realizan en el municipio, en las que en su gran mayoría figuran de tipo agropecuario, forestal, ganadería extensiva e intensiva y artesanal, a las que se dedican tanto propietarios de estancias como comunitarios a menor escala, siendo estas de subsistencia para el autoconsumo. En los últimos años la agropecuaria y la ganadería han llegado a ser la principal actividad económica de la zona.

4.2.3 Características Fisiográfica y Geomorfológicas de la Subcuenca Baja Río Grande

Esta cuenca cuenta con muchas quebradas que en épocas de lluvia mantienen lagunas y curichales o humedales a lo largo de la cuenca, especialmente en la zona norte donde se aprecia la mayor concentración de quebradas o corrientes efímeras y provenientes del mismo río Grande.

La cuenca del río Grande, se compone en su mayoría de suelos arcillosos y franco limosos, al igual que la cuenca del Río Piraí, es casi plana, con sectores ligeramente ondulado.

La vegetación es muy diversa, teniéndose cultivos como caña, pastizales, grandes plantaciones de soya, frutales y otros, en la zona norte de la cuenca existen especies maderables con pocas posibilidades de explotación debido a las características de la zona casi impenetrable. (PMOT, Municipio Minero, 2005).

4.2.4 Clima en la subcuenca baja

De acuerdo a Geólogos Asociados S.A., el clima de la llanura de la Subcuenca Baja del Río Grande varia de moderado a calido, con una temperatura media anual de 26^a C, que varia entre 9^a y 35^a, con una precipitación media de 1100 en la zona de Pailón, a 1400 mm/año, en la zona de Colonia Berlín (Raúl Roca, 2005).

4.2.5 Ubicación y Extensión

Esta Subcuenca pertenece a la Unidad Fisiográfica Llanura Chaco-Beniana (Llanura de inundación), y políticamente esta en el Departamento de Santa Cruz. Empieza al norte de la comunidad de Apapó y termina en la confluencia con el Mamorecillo, en el extremo noreste del Departamento, en el punto tripartito con Beni y Cochabamba.

La Subcuenca es de forma alargada y tiene una extensión de 19.545 Km² (24,8 % de la cuenca). El río tiene una longitud de 540 Km., desde Apapó hasta el Mamorecillo.

Políticamente, las riberas del río en esta subcuenca pertenecen a 10 municipios, que nombrados de sur a norte, siguiendo la corriente del río, son:

Margen izquierda del Río	Margen derecha del Río
1. Cabezas	1. Charagua
2. Santa Cruz	2. Pailón
3. Cotoca	3. Cuatro Cañadas
4. Okinawa	4. San Julián
5. Mineros	5. El Puente

4.2.6 Altura y Pendiente

La altura de Apapó es de 430 msnm, y va disminuyendo suavemente hacia el norte; en Puerto Pailas es 280 msnm. y en Colonia Berlín 228 msnm (Km. 275 del río). La figura 1 muestra la pendiente topográfica. De acuerdo a Neihold se puede agrupar en tres tramos.

Tramo	Pendiente
Km. 0 al 160 Abapo a Puesto San Marcos	0.90 por mil (90 cm. cada 1.000 m)
Km. 161 al 275 Puesto San Marcos a Berlín	0.40 por mil
Km. 276 al 550 Berlín a desembocadura	0.25 por mil

En el último tramo, la pendiente es tan suave que cualquier obstáculo, por pequeño que sea, es suficiente para desviar el río. Y es lo que está sucediendo donde se desarrolla el “cono aluvial”.

4.3 Metodología

La metodología que se describe a continuación esta basada en el flujograma de la Figura 6.

4.3.1 Manejo y preparación de la geo-información:

4.3.1.1 Corrección Geométrica de Imágenes Satelitales

Este proceso que involucra incluir parámetros geográficos a la imagen (Latitud, Longitud), se ha realizado a partir de la técnica de identificación de puntos referenciales coincidentes entre imágenes satelitales Orthorectificadas, ubicando, para cada escena, entre 16 a 20 puntos distribuidos en una red matricial que abarque, en lo posible, la totalidad de la escena, esto con el propósito de reducir los errores al mínimo. Para esto, se utilizó el programa Erdas Imagine 8.7, el método de corrección geométrica, el modelo polinomial de primer orden, alcanzándose un error cuadrático medio (RMS) no mayor a 1, luego se procedió al reescalado de los píxeles a un valor de 30 m.

Con el mismo propósito, la corrección geométrica a las imágenes ASTER se realizó con una imagen LANDSAT corregida.

4.3.1.2. Composición a color y realce de imágenes

Para realizar interpretación visual con fines de mapeo de cobertura de la tierra, la clave fundamental es utilizar diversas composiciones a color y realces zonificados. Las composiciones a color se generaron en base a una revisión bibliográfica y en base a experiencia en este campo. Es así que las principales composiciones para las Imágenes LANDSAT fueron: una de color verdadero (3,2,1), una en falso color (4,3,2), pero principalmente la composición (4,5,2) como la más recomendada para el mapeo de cobertura de la tierra y también la combinación (7,4,2) por su capacidad en discriminar diferentes elementos de la superficie de la tierra. Estas dos últimas combinaciones son muy utilizadas por el hecho de que se utiliza la banda 4 como la máxima representación de la biomasa, la humedad del suelo, en contraste de la banda 2 que discrimina de mejor manera la reflectancia de la clorofila, además ambas tienen un coeficiente de correlación muy bajo. La banda 7 es muy interesante porque puede discriminar de forma adecuada las variaciones litológicas, cuerpos de agua y el contenido de humedad en las formaciones vegetales.

Para enfatizar diferencias locales en valores de gris, por ejemplo, relacionados a rasgos lineales tales como caminos, fallas geológicas, etc. Esto se logra empleando un filtro de “Realce de borde” (Edge Enhancing), la cual calcula la diferencia entre el píxel central y sus vecinos (Bakker; Jansen, 2001)

Se realizó la técnica de realce zonal, es decir que el realce no se realizó para toda la imagen, más bien se realizó un realce para resaltar tipos de cobertura específico y que se puedan diferenciar claramente de otros objetos.

4.3.1.3 Interpretación visual preliminar

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

4.3.2 Creación de la Leyenda

La creación de la leyenda se la realizó utilizando el Programa LCCS (Sistema de Clasificación de la cobertura de la Tierra) versión 2.4.5, en el cual se adoptó una clave matriz dicotómica (gráfica N° 1) para la clasificación de la cobertura terrestre en clases mayores como nivel inicial a partir del cual se han identificado criterios descriptores o clasificadores para cada una de ellas, que aplicados nos presentan las subclases, los grupos y los tipos de cobertura.

Estos criterios descriptores o clasificadores están agrupados en criterios fisonómicos, tratándose de cobertura vegetal natural. Para la vegetación cultivada se han usado criterios basados en los sistemas de producción y modalidades de cultivo, en tanto que para la cobertura no vegetada los criterios utilizados son aspecto y forma externa.

Las clases fueron creadas considerando simplemente la interpretación visual, la característica fundamental de este programa y sistema de clasificación es que el usuario

puede crear clases y ajustarlas cuando requiera, es decir es dinámico. Inicialmente creamos siete clases que después del trabajo de campo se convirtieron en ocho clases.

4.3.3 Interpretación visual de la cobertura de la tierra

Este paso se realiza con el Programa Geovis en el cual se importa la imagen satelital, la interpretación se la realizo en diferentes periodos comenzando con la imagen de 1986 y posteriormente la del 2005. Este programa fue diseñado para la interpretación visual a partir de imágenes satelitales, el cual proporciona herramientas para la interpretación de la cobertura (Di Gregorio, 2005).

La técnica de interpretación utilizada es primordialmente la visual, sin embargo se combino con algunas opciones del Programa GeoVis para una clasificación o discretización automática de valores espectrales. Para la interpretación se utilizaron imágenes de diferentes épocas, diversas composiciones a color y sobretodo diversos realces para la auto correlación de ciertos patrones de cobertura.

Para la digitalización primeramente se definió la escala del trabajo y la mínima unidad de mapeo, el programa al ser completamente topológico contiene una opción llamada “Magic Wand” en la cual se realiza una discriminación espectral, en esta ventana (Figura N° 3) se realizo una selección de variables referidas al umbral, el tamaño del píxel y la topología, las clases fueron definidas por una relación de clasificadores en base a la discretización de los valores espectrales con respuestas comunes y los poligoniza automáticamente de acuerdo a criterios que el usuario puede definir. También se puede realizar una poligonización manual, seleccionando el área de cobertura a definir, con la opción Add polygon.

Los polígonos de cobertura generados, fueron categorizados de acuerdo a la leyenda de LCCS generada anteriormente y que mediante un enlace activo se hace disponible dentro el programa GeoVis, facilitando de gran manera la creación de polígonos, y su categorización en tiempo vivo.

Este procedimiento se realizó también para las Imágenes ASTER en el cual se trata de hacer una comparación con las imágenes LANDSAT y ver su utilidad en cuanto a cobertura de la tierra se refiere.

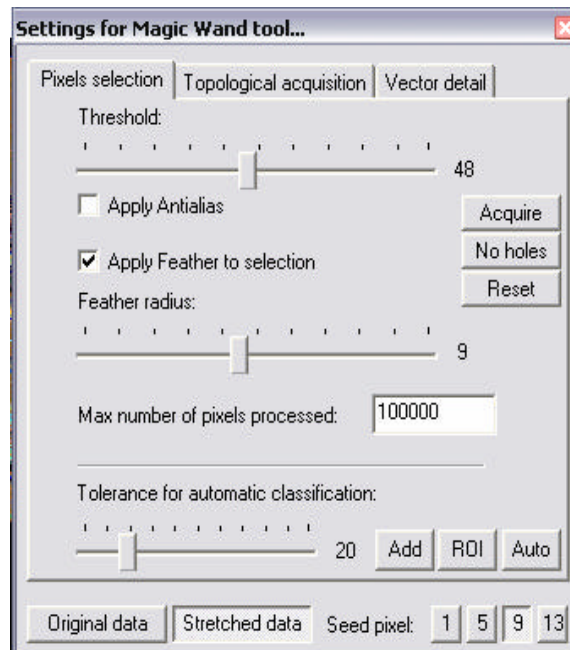


Figura N° 3 “Magic Wand” herramienta para la discriminación espectral

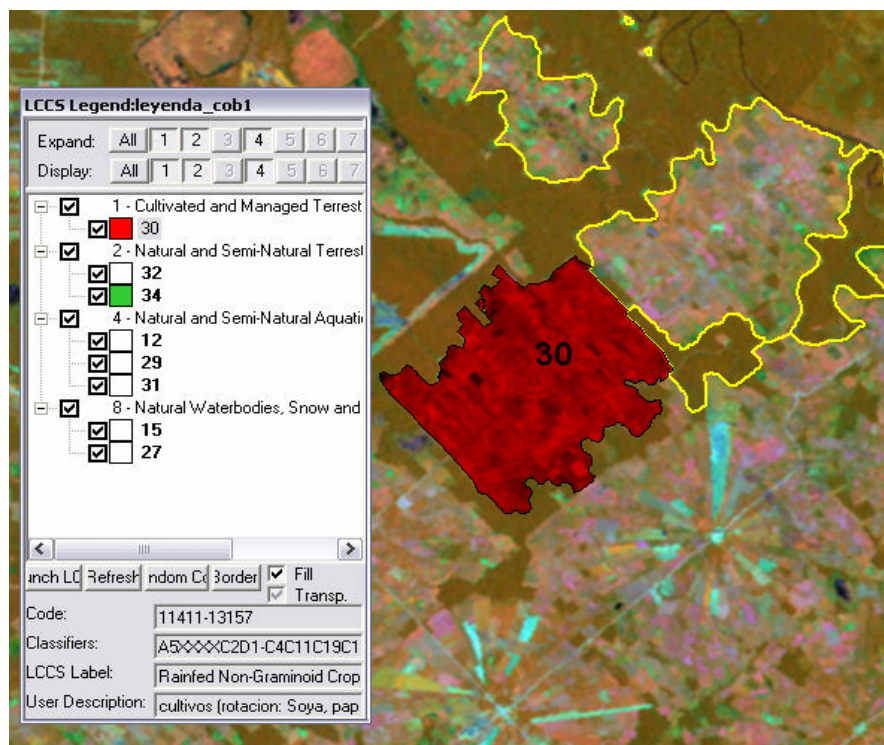
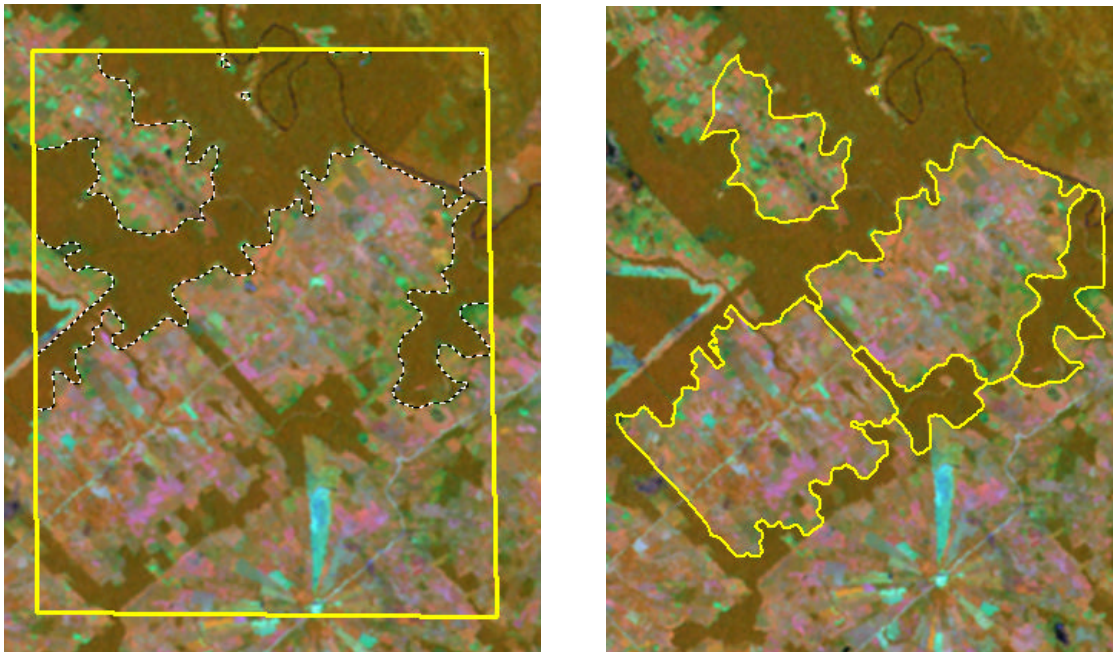


Figura N° 4: **Poligonización y enlace al LCCS**. La figura a la izquierda muestra el área a discretizar, a la derecha el polígono digitalizado automáticamente por el Geovis abajo enlace activo al LCCS para su clasificación.

4.3.4 Trabajo de campo

El trabajo de campo fue realizado en dos fases:

Fase 1 Videografía

Un producto especialmente importante para evaluar y visualizar los impactos relacionados con el cambio de uso en la tierra es la videografía aérea georeferenciada. La videografía aérea es el proceso de capturar imágenes en movimiento a una altura promedio constante desde una avioneta, mientras se graba la posición geográfica exacta. La videografía fue producida mediante una cámara digital ligada a un GPS habiéndose realizado un sobrevuelo y filmado el curso del Río Grande. Estas fotografías han sido utilizadas para analizar el estado actual de la cobertura de la tierra en el área.

Se seleccionó de la videografía un conjunto de imágenes; cada una de estas imágenes es un “*frame*” individual del video. Un *frame* es una fotografía digital y el video está compuesto de una serie de *frames* tomados en secuencia, al ritmo de 60 *frames* por segundo aproximadamente. Se ha copiado una fotografía por cada 10 segundos de vuelo, las cuales tienen un tamaño de 780 * 480 metros en terreno. (Ver Anexos Mapas de Validación con sobrevuelo)

Este producto aunque muy útil para visualizar la cobertura y el uso actual, no permitía la sobreposición de las diferentes coberturas del SIG encima de las fotografías en la misma ventana de ArcGis. La razón técnica de eso es que las fotografías cuentan con una georeferenciación pero no con una georectificación. La ruta del sobrevuelo se muestra en la Figura N° 5

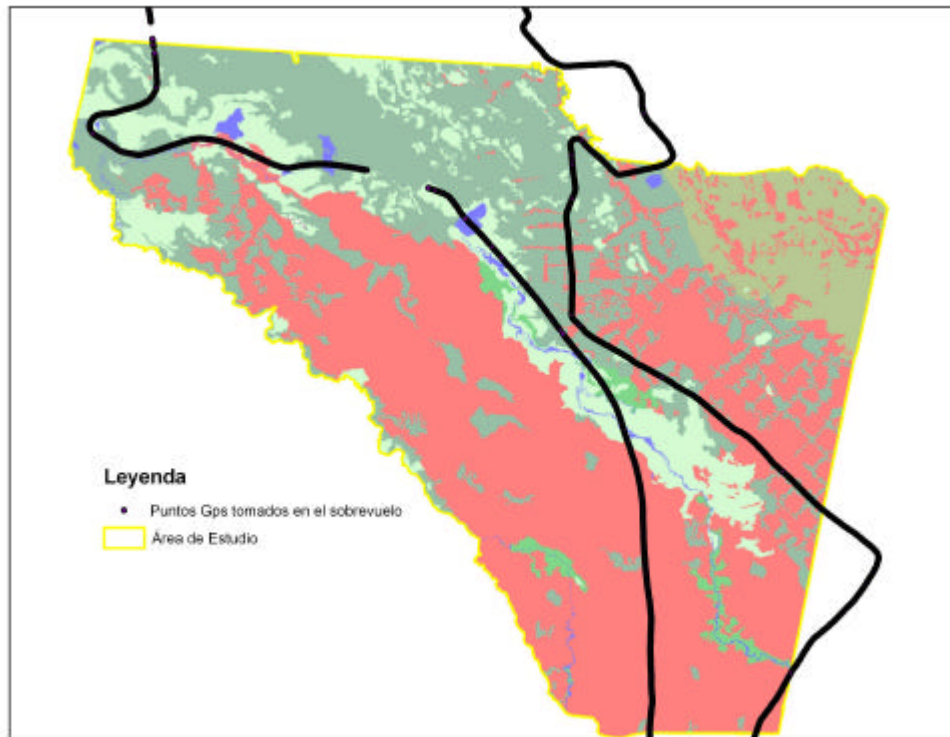


Figura N° 5 Mapa de la ruta del sobrevuelo sobre el área de estudio

Fuente: Elaboración propia.

Fase 2 Esta fase consiste en la toma de puntos GPS en terreno en áreas donde no se había alcanzado con el sobrevuelo, se realizó una descripción en campo de los tipos de cobertura y uso de la tierra más representativos y que puedan ser los criterios descriptores de las clases identificadas a través de la interpretación visual y creadas en la leyenda. Para ello se llevó a campo los mapas preliminares de cobertura de la tierra generados para comparar su detalle cartográfico y categórico, es decir se vio si las unidades cartográficas correspondían a la realidad y si la descripción que se hizo a través de la leyenda correspondía a la realidad. Para realizar este trabajo, se generó una planilla de campo que se encuentra en el (Anexo N°3)

Una vez en gabinete, se procedió a utilizar todos los datos de las dos fases de campo para trabajar en los mapas de cobertura de la tierra final, principalmente en lo que respecta a la

re-interpretación de algunas unidades y el ajuste de las clases de cobertura creadas en LCCS (Ver Anexos Mapas de Validación)

4.3.5 Identificación del cambio de cobertura de la tierra

Se realizó a partir de la comparación de los mapas de cobertura de la tierra de los años 1986 y 2005 esto a través de la denominada tabulación cruzada, en el cual se origina un nuevo archivo con diversas combinaciones que indican el tipo de cambio ocurrido. No se generó un mapa debido a aspectos cartográficos producto de la función análisis espacial que cruza ambos mapas y que se determinó que la identificación sea de forma tabular y no cartográfica.

4.3.6 Identificación del uso actual de la tierra y el uso para años anteriores

A partir de los Mapas de cobertura de la tierra generados, se procedió a transformar las clases de cobertura de la tierra generados en LCCS a clases de uso de la tierra. LCCS es un sistema específico para la clasificación de cobertura de la tierra, sin embargo, muchos de los clasificadores utilizados son un insumo directo junto a otros como la interpretación visual para identificar las clases de uso que se dan en nuestra área de estudio. Es así, que a partir de esa base cartográfica, el ajuste de la leyenda LCCS y los puntos del trabajo de campo, se generó el mapa de uso de la tierra.

4.3.6.1 Identificación del cambio de uso de la Tierra (periodo intermedio)

Para cumplir con este objetivo, se utilizó la misma técnica que se aplicó para la identificación del cambio de la cobertura de la tierra, es decir esta fue cualitativa y no así cartográfica, debido principalmente a los patrones geográficos del área de estudio. Se realizó una tabulación cruzada al mapa resultante del análisis espacial realizado.

Para esto se utilizó la interpretación digital a partir del cruce de imágenes sin clasificar, se utilizó la clasificación del tipo no supervisada en el cual la computadora localiza arbitrariamente vectores principales y los puntos medios de los grupos. Luego, cada píxel es asignado a un grupo por la regla de decisión de mínima distancia al centroide del grupo.

Las imágenes del año 1990 y 2001 fueron unidas, usando el Software Erdas Imagine la función Stack Layers en el cual se unen 6 bandas de la primera fecha y las otras 6 de la segunda fecha y se obtiene una imagen con 12 bandas, esta imagen se clasifica con la función Clasificación No Supervisada con 150 clases, 10 interacciones, y combinación de bandas 10, 11, 9. Las áreas que representan un cambio las marca en rojo, luego se procede a interpretar cada una de las clases haciendo estudio de las firmas espectrales, una vez definidas las clases se recodifica y aplica filtros como ser el Majority 4 x 4 para sacar lo moteado, este método permite no solo determinar los tipos de cambio espacial, sino también los tipos de cambio que han ocurrido en un determinado periodo temporal.

4.3.7 Comparación del uso actual con el PLUS

Como una forma de aplicar los mapas generados y como mencionamos anteriormente, la cobertura de la tierra más la intervención humana, es decir el uso de la tierra, son una variable que puede mostrar el estado de los recursos de un área determinada. En nuestro caso, realizamos un análisis de comparación entre el Uso Actual de la Tierra 2005 y el Uso Potencial de la Tierra expresado por el mapa PLUS de 1996. Este análisis se llama en términos generales, Conflictos de Uso de la Tierra, ya que podemos apreciar áreas que potencialmente son aptas para un uso pero que en la actualidad se usa de forma contraria. Para su realización, se procedió al análisis espacial en ILWIS 3.3 para identificar las áreas que se encuentran dentro de lo que se establece como Uso Restringido.

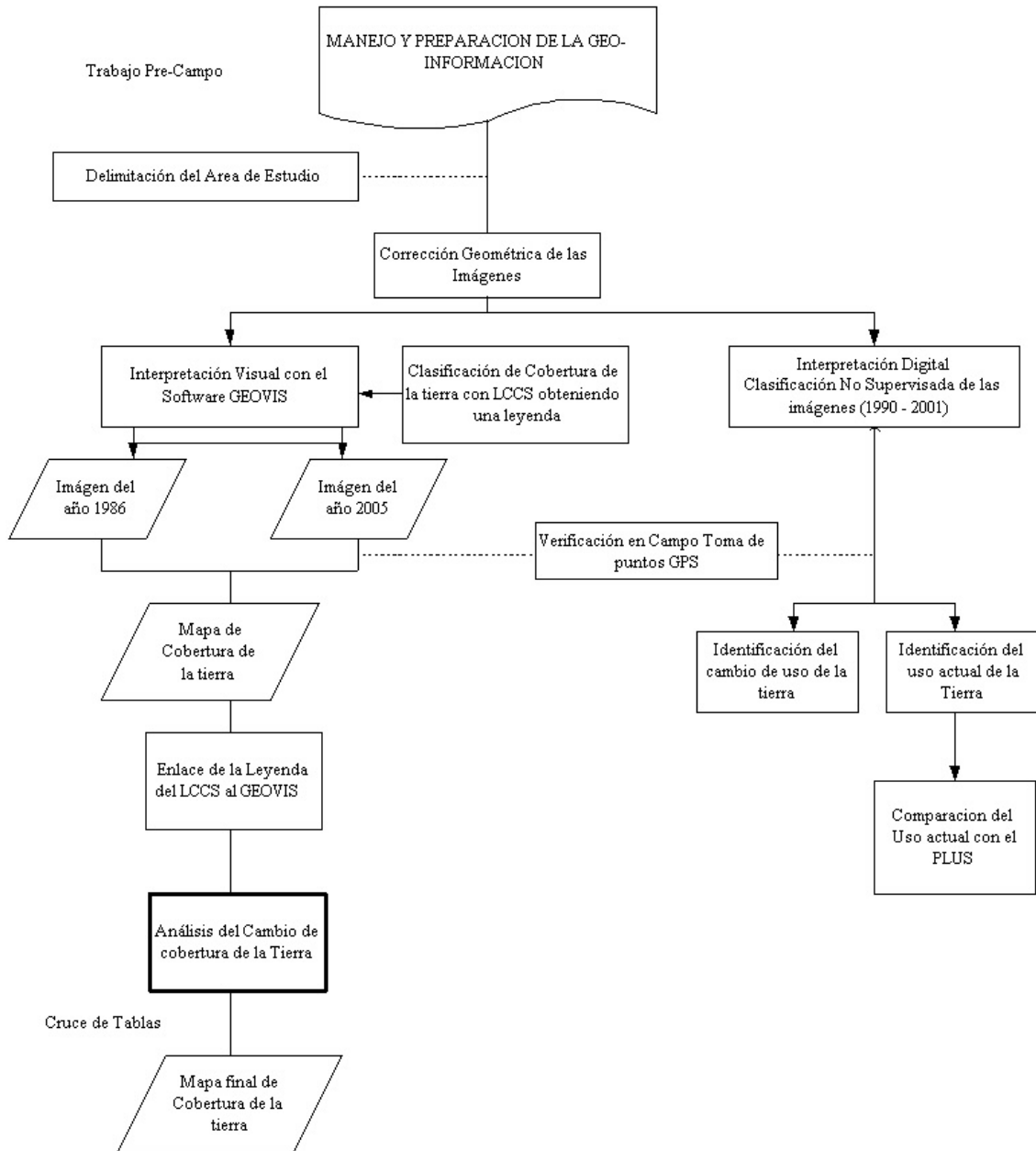


Figura N° 6: Diagrama de flujo de la metodología empleada

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Leyenda LCCS (Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra)

Mediante la verificación y obtención de puntos de GPS en el área de estudio, se pudieron determinar 4 tipos de cobertura en la fase dicotómica, en la fase modular jerárquica las clases de cobertura de la tierra son creadas por la combinación de conjuntos de clasificadores predefinidos, que proveen unidades con nombres y definiciones claras. A continuación se muestra la leyenda descriptiva del Mapa de cobertura de la tierra.

Tabla N° 2: Clases de Cobertura de la tierra según LCCS

Dominio Estructural				
Código LCC	Clasificador	Nombre de clase de la cobertura de la tierra	Código del Mapa	Descripción del Usuario
Vegetación terrestre natural y seminatural				
20089-13152	A3A10B2XXD1E1-B5	Broadleaved Evergreen High Trees Bosque siempreverde de hojas anchas	32	Bosque alto siempre verde
22688	A3A11B2XXD1E1F2F6F7G3F2F4F7G4	Broadleaved Evergreen Woodland With Shrubs And Herbaceous Layer Matorral siempreverde con estrato de arbustos y herbáceas	35	Bosque de ladera
Vegetación natural y seminatural acuática o regularmente inundada				
40082-4741	A2A16B4C1-B13	Sparse Short Herbaceous Vegetation On Permanently Flooded Land Vegetación herbácea corta dispersa en tierras permanentemente inundadas.	12	Curichales
40120	A3A12B2C2D1E1	Broadleaved Evergreen Trees On Temporarily Flooded Land. Bosque siempre verde de hoja ancha en tierras permanentemente inundadas	29	Bosque temporalmente inundado

40083-44611	A2A16B4C2-B15	Sparse Medium To Tall Herbaceous Vegetation On Temporarily Flooded Land. Vegetación herbácea media a alta dispersa en tierras permanentemente inundadas.	31	Humedales
Área Terrestre cultivada y manejada				
11411-13157	A5XXXXC2D1-C4C11C19C15C19	Rainfed Non-Grainoid Crop(s) (Two Additional Crops) (Two Herbaceous Terrestrial Crops Both With Sequential Period). Cultivos terrestres a secano no gramíneos	30	Vegetación terrestre cultivada
Cuerpos de Agua Natural, nieve y hielo				
8012-1	A1B1C1-A5	Deep To Medium Deep Perennial Natural Waterbodies (Standing) Lagunas o cuerpos de agua naturales	27	Lagunas
7017-5	A1B1C1D1-A4	Clear Deep To Medium Deep Perennial Natural Waterbodies (Flowing) Río permanente	15	Ríos Perennes

Los diferentes tipos de cobertura según la descripción se caracterizan por presentar los siguientes rasgos:

Vegetación terrestre natural y seminatural

Áreas con cobertura vegetal original en balance con los factores de su ambiente y aquella vegetación resultante de las acciones del hombre que alteran su composición produciendo cambios.

– Bosque denso alto siempre verde

El dosel superior nunca esta sin follaje no obstante algunos árboles pueden perder sus hojas individualmente.

Vegetación terrestre cultivada

Corresponde a aquella que crece en áreas cuya vegetación original ha sido removida y reemplazada o modificada por otros tipos de cobertura de origen antrópico y que requieren diversas acciones humanas para mantenerse en el tiempo.

Vegetación Natural o Semi-Natural acuática o regularmente inundada.

Esta clase describe áreas que son de transición entre sistemas terrestres puros y acuáticos, y donde la napa freática se encuentra usualmente cerca de la superficie o esta se encuentra cubierta por agua superficial. La vegetación predominante, al menos periódicamente comprende, hidrófilas. Las ciénagas, pantanos, curiches o planicies donde se dan fluctuaciones drásticas de la napa freática.

Cuerpos de Agua Natural

Esta clase se refiere a áreas que están cubiertas naturalmente por agua, como lagos, ríos.

Ríos Perennes

Corrientes de agua que siguen un curso determinado

Lagos y Lagunas

Acumulaciones de agua sobre la superficie deprimida de la tierra.

La Leyenda del LCCS no mostró ningún problema al clasificar las diferentes clases de coberturas ya que a diferencia de otros sistemas este es independiente de la escala. En el presente estudio la escala para definir las clases fueron agrandadas hasta 1:50000 con la consiguiente reducción del área mínima mapeable a 6.2 hectáreas pero esto no interfiere para la creación de la leyenda. En LCCS no existe una sola área mínima mapeable, esta puede variar de acuerdo a las clases dentro el mapa.



Foto 1: Cobertura de Ríos perennes (Río Piraí)



Foto 2: Cobertura de Vegetación terrestre cultivada

5.2 Identificación de la Cobertura de la tierra 1986

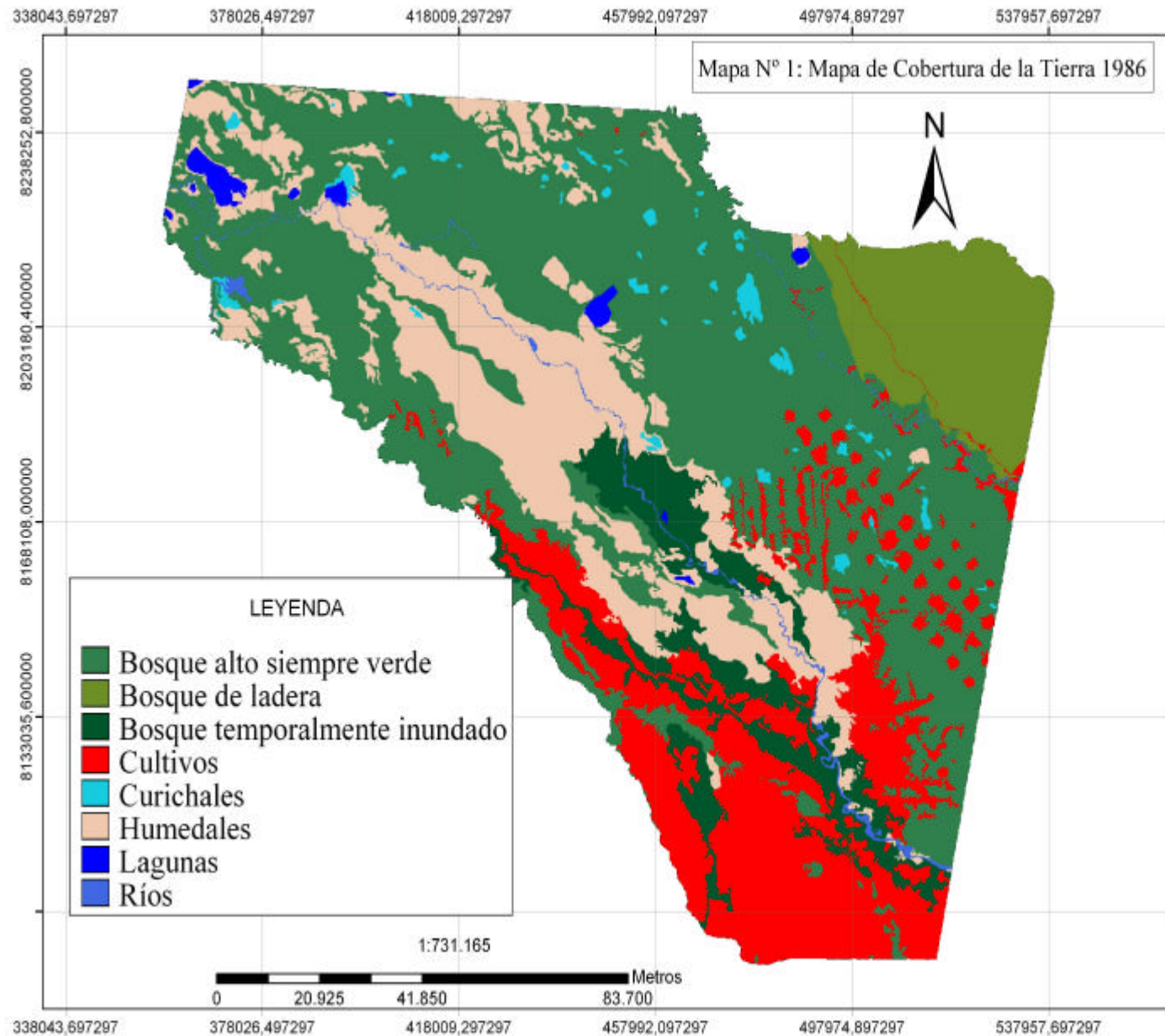
El Mapa N° 1 muestra el mapa de cobertura de la tierra según la leyenda LCCS del año 1986 obtenido por interpretación visual. En este se observa una dominancia de Bosques siempre verde, que representa el 47% del área, un 18.02 % de áreas con vegetación esparcida y temporalmente inundada comúnmente llamada humedales, las áreas de tierra cultivada para este año representan un 17.22 %.

Cuadro N° 4: Datos en hectárea y porcentajes de las unidades de cobertura de la tierra 1986

Unidades de cobertura	1986	
	Has.	%
Bosque alto siempre verde	764424,00	47,11
Bosque de ladera	130923,45	8,07
Bosque temporalmente inundado	113458,05	6,99
Vegetación terrestre cultivada	277764,84	17,12
Curichales	19398,87	1,20
Humedales	292307,94	18,02
Lagunas	12165,93	0,75
Ríos	12035,07	0,74
TOTAL	1622478,15	100

5.2.1 Identificación de la cobertura 2005

En el Mapa N° 2 también con interpretación visual, se observa un incremento de las áreas de tierras cultivadas de 47.48 %, disminuyendo así una gran cantidad de bosque hasta un 30.41 %, las áreas de naturales como ser humedales han sido reemplazados por cultivos quedando un 10.40 % en comparación con la fecha anterior, esto sucede en mayormente en la parte central baja de la cuenca.



"Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz"



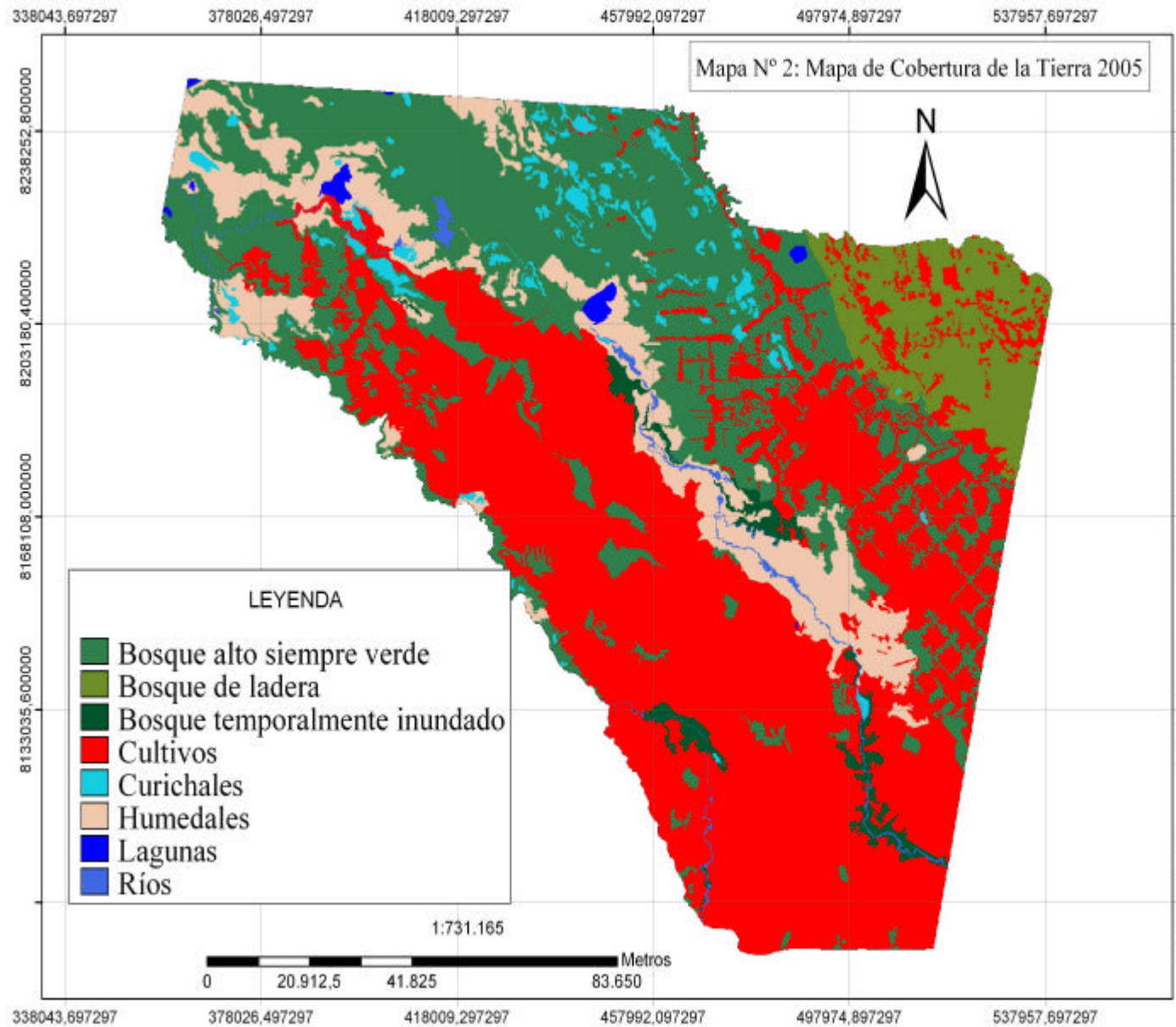
Universidad Mayor de San Simón

Tesis Maestría Profesional en "INFORMACION DE SUELOS PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES"



International Institute for Geo-Information Sciences and Earth Observation

Elaborado por: Lic. Esliid Ana Guerra Cerezo



"Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz"



Tesis Maestría Profesional en "INFORMACION DE SUELOS PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES"



International Institute for Geo-Information Sciences and Earth Observation

Elaborado por: Lic. Eslid Ana Guerra Cerezo

Cuadro N° 5: Datos en hectárea y porcentajes de las unidades de cobertura de la tierra 2005

Unidades de cobertura	2005	
	Has	%
Bosque alto siempre verde	493404,48	30,41
Bosque de ladera	105602,58	6,51
Bosque temporalmente inundado	28583,82	1,76
Vegetación terrestre cultivada	770421,87	47,48
Curichales	36801,27	2,27
Humedales	168735,96	10,40
Lagunas	7107,48	0,44
Ríos	12015,45	0,74
TOTAL	1622672,91	100

5.3 Detección del cambio de cobertura de la tierra en el área de estudio 1986 - 2005

Los mapas de cobertura de la tierra generados nos permitieron analizar la tendencia de cambio que se dio lugar en nuestra área de estudio.

El Cuadro 6 presenta los resultados principales en cuanto a lo que significa el cambio de la cobertura de la tierra del año 1986 al año 2005. Podemos afirmar que hubo una gran dinámica de cambio en la zona de estudio. Las clases de cobertura de la tierra más afectadas fueron: los Bosques y los Humedales, estas tierras principalmente habilitadas para uso agrícola.

Cuadro N° 6: Dinámica de cambio de la cobertura de la tierra periodo 1986 - 2005

Cambios de 1986 al 2005	Sup. Ha.
Bosque alto siempre verde * Bosque alto siempre verde	435297,96
Bosque alto siempre verde * Cultivos	230379,48
Bosque de ladera * Bosque de ladera	103837,77
Bosque de ladera * Cultivos	26415,36
Bosque temporalmente inundado * Bosque temporalmente inundado	5937,84
Bosque temporalmente inundado * Cultivos	90522,63
Cultivos * Bosque alto siempre verde	11481,39
Cultivos * Cultivos	246038,49
Curichales * Curichales	7662,15
Curichales * Cultivos	2308,77
Humedales * Cultivos	167465,70
Humedales * Humedales	73034,37
Lagunas * Cultivos	708,57
Lagunas * Lagunas	5225,76
Ríos * Ríos	1032,57

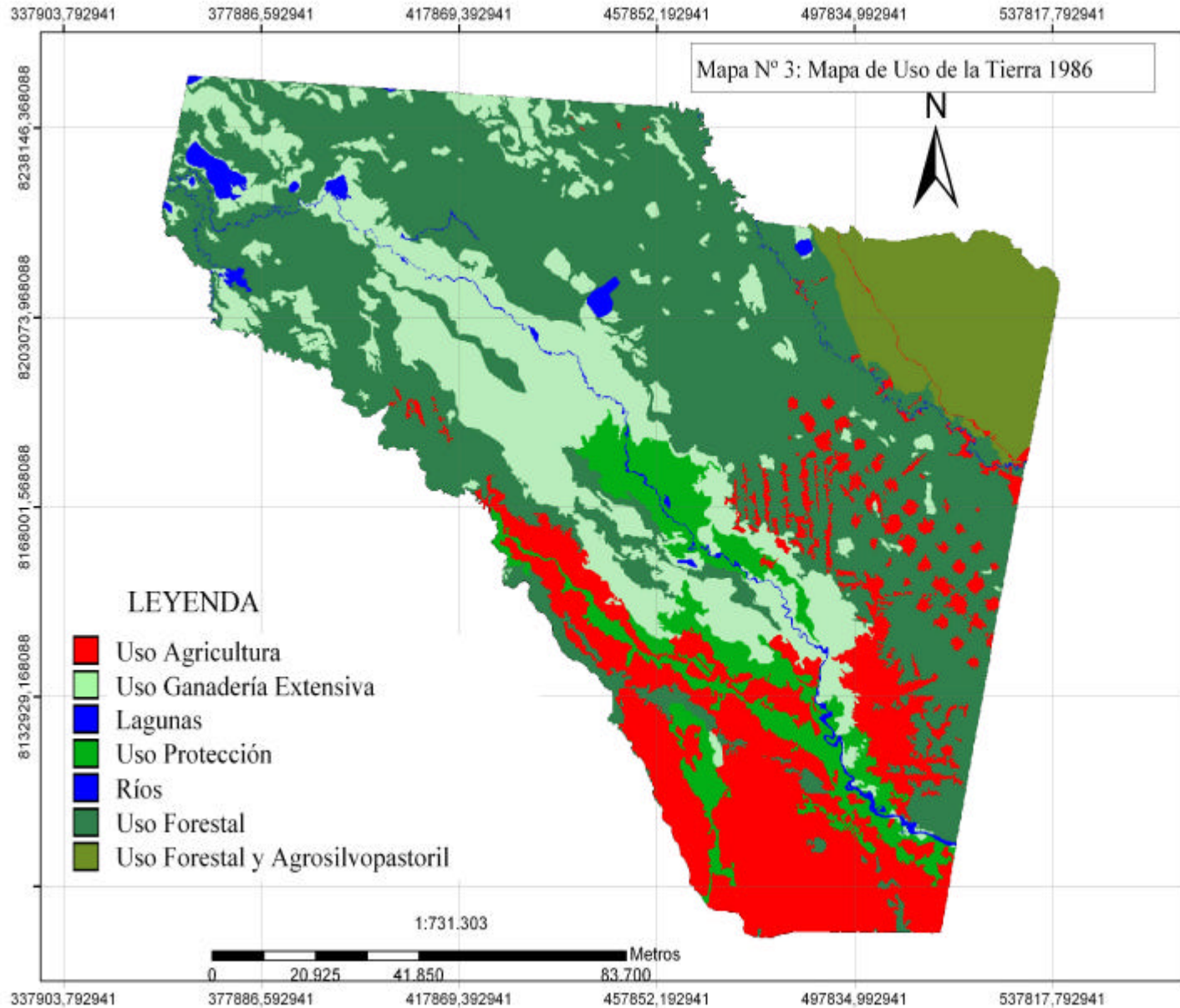


Foto N° 3: Antiguo cauce del Río Grande
(Ejemplo de cambio de cobertura de la tierra)

Un ejemplo de la dinámica de cambio en el área de estudio se muestra en la Foto N°3, la cual muestra un antiguo cauce del Río Grande, áreas que han quedado como remanentes del río el cual es utilizado para recreación, abrevadero para los animales, y para riego de los cultivos.

5.4 Identificación del uso de la tierra 1986

El uso de la tierra para el año 1986 fue determinado a partir del mapa de cobertura clasificado a partir del LCCS el cuadro muestra que un 17.12 % de áreas se dedican a la agricultura ya sea intensiva y extensiva, un 47.11 % para uso forestal, 19.21 % para ganadería extensiva (Mapa N° 3)



"Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz"



Tesis Maestría Profesional en "INFORMACION DE SUELOS PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES"



International Institute for Geo-Information Sciences and Earth Observation

Elaborado por: Lic. Eslid Ana Guerra Cerezo

Cuadro N° 7: Uso de la tierra 1986

Unidades de Uso	1986	
	Sup. Ha.	%
Agricultura	277764,84	17,12
Ganadería Extensiva	311706,63	19,21
Lagunas	12165,93	0,75
Protección	113458,05	6,99
Ríos	12035,07	0,74
Uso forestal	764424,09	47,11
Uso forestal y Agrosilvopastoril	130923,63	8,07
TOTAL	1622478,24	100

5.5 Identificación del Uso Actual de la Tierra año 2005

El Mapa N° 4 generado a partir de la clasificación con el LCCS e interpretación visual muestra las áreas que se dedican a la agricultura con un 47.49% del total de área de estudio, 30.41 % de tierras dedicadas al uso forestal

Cuadro N° 8: Uso Actual de la Tierra 2005

Unidades de Uso	2005	
	Sup. Ha.	%
Agricultura	770421,87	47,49
Ganadería Extensiva	205537,23	12,67
Lagunas	7107,48	0,44
Protección	28253,88	1,74
Ríos	12015,54	0,74
Uso forestal	493404,48	30,41
Uso forestal y Agrosilvopastoril	105602,58	6,51
TOTAL	1622343,06	100

El uso actual de la tierra determinado a partir de la imagen del 2005 muestra que el 47.49 % del total de áreas están dedicadas a la agricultura, el uso forestal representa un 30.41 % aunque son tierras que temporalmente se anegan, esto se hace difícil la extracción de madera por el mal estado de los caminos especialmente en el Municipio El Puente.

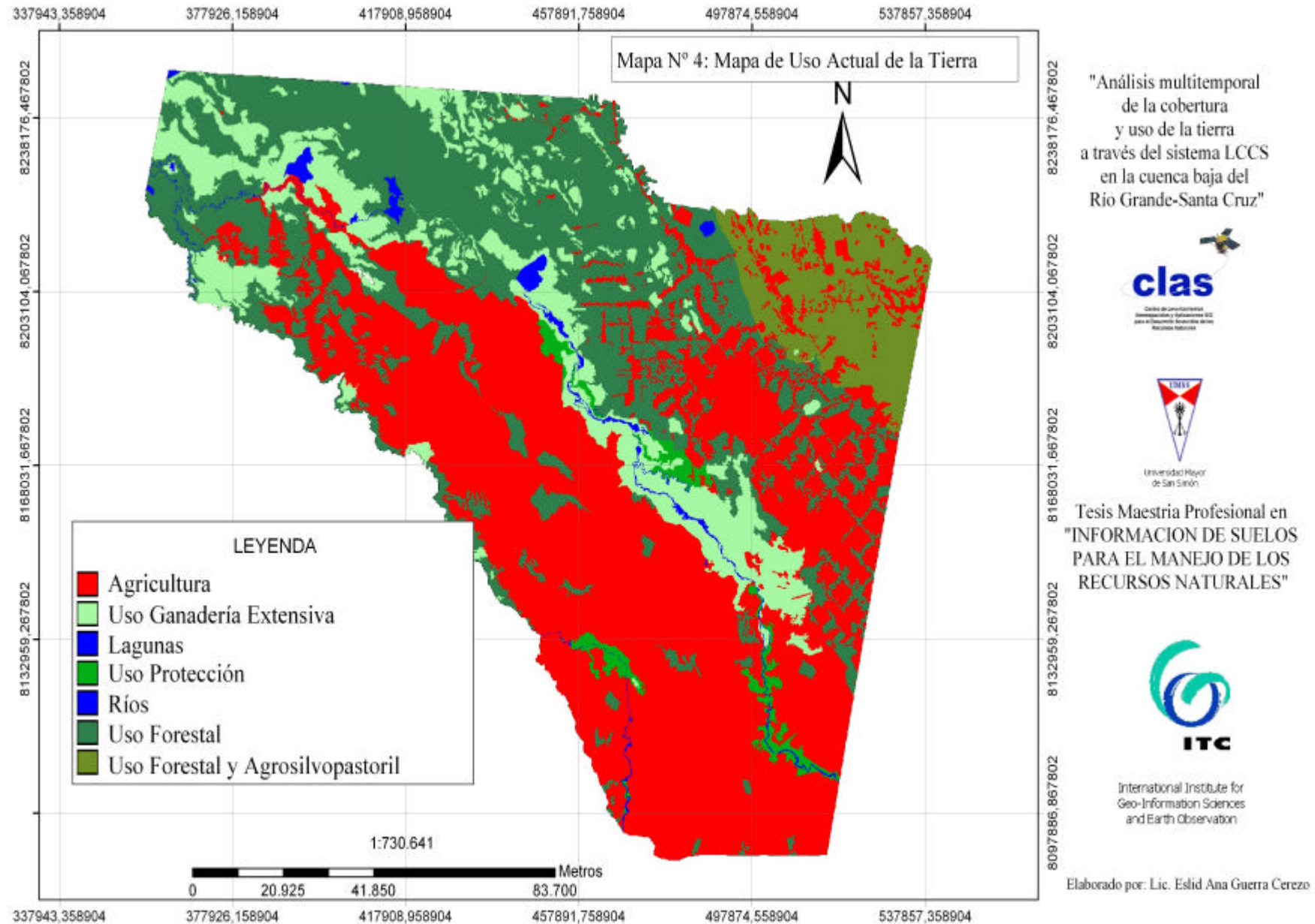




Foto N° 4: Áreas extensas con cultivos de Soya

La foto muestra áreas extensas con cultivos de soya, y que han cultivado hasta la misma orilla del camino, los cultivos se encuentran desprotegidos contra la acción del viento, solo se ve algunas islas de bosque, en toda esta zona hace falta la instalación de cortinas rompevientos.

5.5.1 Detección del cambio de uso de la tierra 1990 - 2001

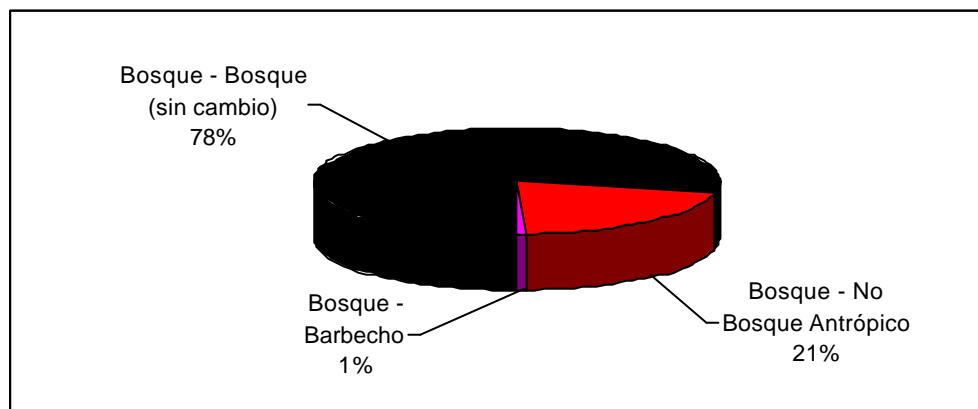
Los mapas de uso de la tierra generados nos permitieron analizar la tendencia de cambio que se dio lugar en nuestra área de estudio.

El Cuadro 9 presenta los resultados principales en cuanto a lo que significa el cambio del uso de la tierra del año 1990 - 2001. Como se mostró anteriormente en el cambio de la cobertura de la tierra, ahora podemos confirmar que hubo una gran dinámica de cambio en la zona de estudio. Las actividades humanas en esta área geográfica fueron muy acentuadas en los últimos 20 años. Como se puede apreciar, las clases de uso de la tierra más afectadas fueron: los Bosques y los Humedales, estas tierras principalmente habilitadas para uso agrícola.

Cuadro N° 9: Cambios de uso 1990 - 2001

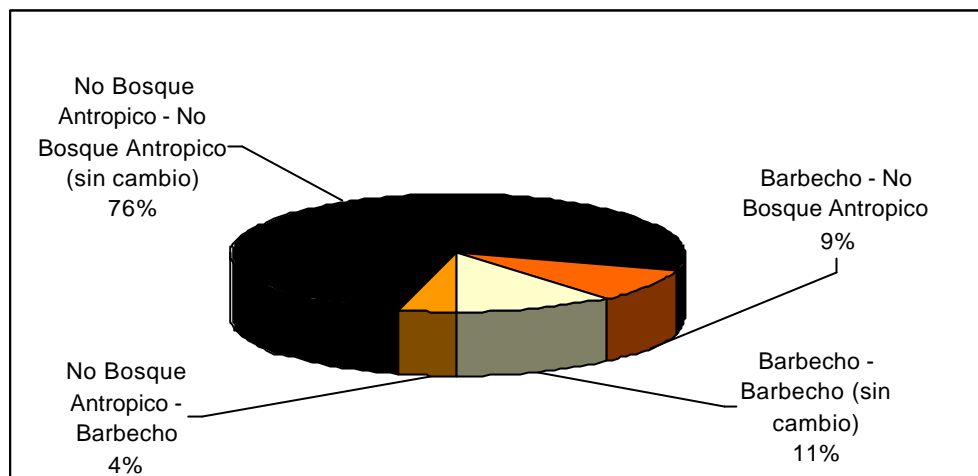
Cambios de 1990 al 2001	Superficie en Ha
Bosque - Bosque (sin cambio)	862450,1099
Bosque - No Bosque Antrópico	232365,0599
Bosque - Barbecho	8128,4401
No Bosque Natural - No bosque Natural (sin cambio)	198294,0303
No Bosque Natural - No bosque Antrópico	8,8200
No Bosque Natural - Agua	6087,1500
No Bosque (sin determinar)	59,2200
No Bosque Antrópico - Barbecho	12156,0300
No Bosque Antrópico - No Bosque Antrópico (sin cambio)	217797,2999
Barbecho - No Bosque Antrópico	27018,1800
Barbecho - Barbecho (sin cambio)	32979,2399
Agua - No Bosque	4947,9300
Agua - Agua (sin cambio)	21658,4100
TOTAL	1623949,9199

Gráfico N° 1: Cambios en el Bosque 1990 - 2001



En el Gráfico N° 1 se muestra el Bosque que se mantiene sin cambios y representa el 78 % del total de Bosque en el área, un 21 % es el cambio de uso de Bosque a No Bosque antrópico, es decir cambia a áreas que son de cultivos, esto representa un cambio negativo.

Gráfico N° 2: Áreas Antrópicas 1990 - 2001



El Gráfico N° 2 muestra las áreas antrópicas o áreas de cultivos que ya existían hasta 1990 y que se mantienen sin cambios esto representa el 76 %, áreas de barbecho o vegetación secundaria que se encontraban en descanso hasta 1990 hasta el año 2001 cambiaron a áreas de uso antrópicas esto es el 9 %, un 11% de barbechos que se mantienen sin cambios.



Foto N° 5: Pérdida de cultivos por inundación

La foto muestra un claro ejemplo del efecto por los cambios de cobertura, en este caso el cultivo se encuentra desprotegido al no haber cobertura vegetal alrededor de los ríos, al haber un desborde este inunda extensas áreas de tierras cultivadas.

5.6 Comparación del Uso Actual de la Tierra con el mapa del PLUS

El mapa del PLUS (Plan de Uso del Suelo) (Anexo 1) muestra según el USO 1 que en el área de estudio hay Tierras de uso restringido es decir tierras que deberían conservarse por su fragilidad natural, especialmente porque ahí se encuentra uno de los ríos mas importantes de Santa Cruz , pero al hacer una comparación con el mapa de uso actual el mapa (Anexo 2) muestra que hay áreas de cultivo, dentro de estas zonas interviniendo de forma negativa, especialmente en Bosques que son de protección para orillas de lagunas y ríos importantes que según Ley establece 1 Km. de bosque.

Según el cuadro N° 10 muestra en el USO 2, los bosque de protección son intervenidos el 7.26 %, las áreas que debería haber ganadería extensiva y con manejo de fauna según el mapa de cobertura muestra que son áreas de agricultura extensiva e intensiva y representa el 68.21 %, la intervención en áreas de uso agropecuario limitado es el 24.53 %.

Cuadro N° 10: Comparación del uso actual con el PLUS

USO 1	USO 2	Superficie en Ha	Superficie en %
Uso Restringido	Bosque de Protección	21782,37	7,26
Uso Restringido	Ganadería Extensiva con manejo de fauna	204635,93	68,21
Uso Restringido	Uso Agropecuario limitado	73598,94	24,53
TOTAL		300017,25	100,00

A esto se debe relacionar las constantes inundaciones que sufren las poblaciones cerca del río Grande ya que al no haber cobertura vegetal este es fácil de desbordarse. El PLUS recomienda 1 Km. de bosque en ambas orillas pero la Ley Forestal establece solo 100 metros en ambas orillas de ríos caudalosos y aun así estos no son respetados.



Foto N° 6: Cultivos junto a las orillas de ríos
Tomada en el sobrevuelo

La foto muestra un claro ejemplo del incumplimiento de la Ley en cuanto al uso de la tierra, el área en café claro representa cultivos, el río pasa por el medio y hay muy poco bosque de protección. Este es el típico ejemplo de la falta planificación del uso de la tierra o aun peor la falta de cumplimiento y conciencia por parte de los usuarios de la tierra que año a año son víctimas de la degradación de tierras y específicamente de fenómenos naturales que muchas veces son generados por el mismo hombre.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A través del Sistema LCCS, las técnicas de geo-información y trabajo en campo, se identificó la cobertura de la tierra para los años 1986 y 2005. Estos mapas presentan clases de cobertura que tratan de representar los atributos principales de la cobertura de la tierra.

Al hacer un análisis multitemporal con la utilización de Imágenes de satélite de diferentes fechas, se determinó el cambio de cobertura de la tierra para el periodo de 1986 – 2005, en este periodo de 20 años se ha visto un fuerte cambio de áreas de bosque a áreas de agricultura, es así que en 1986 se tenía un 61 % de bosque hasta el año 2005 hubo una reducción hasta el 37 %, y mediante las observaciones en campo se pudo determinar que existen muy pocas áreas con bosque especialmente zona central del área de estudio, este ha sido fragmentado debido a la fuerte expansión de la frontera agrícola.

El Uso de la Tierra en el área de estudio analizado a partir de la cobertura nos muestra que la agricultura hasta el año 2005 alcanzan grandes hectáreas (47%) llegando a comprobar esto a través de la fase de campo vemos los cultivos a orillas de ríos, hasta la misma orilla del camino y sin ninguna protección de bosques.

A través de la comparación de los resultados con información existente de años anteriores y que son instrumento técnico-políticos como el PLUS que han sido establecidos como reglamentos para la conservación y para el uso de adecuado de los recursos naturales, estos son intervenidos afectando áreas que son frágiles y que deberían conservarse, de ahí podemos relacionar los problemas frecuentes de inundaciones en el área afectando a la economía del país.

Por lo tanto se recomienda socializar, involucrar y concientizar a partir de estudios a las instituciones político administrativas dentro de los municipios a la regulación del crecimiento agrícola haciendo caso de lo que se establece como Ley 100 metros de bosque en las orillas de ríos caudalosos, además establecer mecanismos de control cuenca arriba para detener procesos de erosión que causan efectos de sedimentación en la cuenca baja haciendo que el río salga de su cauce y afecte a las poblaciones.

LISTA DE REFERENCIAS

BAKKER, Wim H. Lucas L. F. Jansen, et al. 2001. Principles of Remote Sensing. ITC. The Netherlands.

COLQUE & Asociados S.R.L, 2000 Estudio expedito de inundaciones del Río Grande en las zonas de San Julian y Berli. Diseño de Obras de Emergencia y TDR's para estudios futuros. Santa Cruz – Bolivia.

CORDECRUZ-KFW-IP/CES/KWC, 1993. Plan de Uso del Suelo (Norte del Departamento). Proyecto de Protección de los Recursos Naturales en el Departamento de Santa Cruz. (Componente Proyecto tierras Bajas). Santa Cruz – Bolivia. 101p

CHUVIECO, Emilio S. 2002, Teledetección Ambiental La observación de la Tierra desde el espacio. Ariel Ciencia. Barcelona – España.

DI GREGORIO A. 2004 Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra. FAO. Roma – Italia.

DI GREGORIO A. 2005. Land Cover Classification System 2. Traducción y adopción al español. Ronald Vargas. Cochabamba, Bolivia. Documento No-Publicado.

FAO/UNEP. 1997. *Negotiating a Sustainable Future for Land*. Structural and Institutional Guidelines for Land Resources Management in the 21st Century. FAO/UNEP, Roma.

FAO/UNEP – Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 2000. El Futuro de Nuestra Tierra – Enfrentando el desafío, Roma – Italia.

FAO – AFRICOVER. 2004. GeoVis <http://www.africover.org/geovis.htm> acceso 7 de Diciembre del 2005

HAGEN C. V. comp. 2004. USING GEOVIS AND LCCS MANUAL. GLCN Global Land Cover Network Workshop. Quito. Ecuador.

Informe mensual del USGS “LANDSAT MONTHLY UPDATE de fecha Junio de 2003, <http://landsat7.usgs.gov/index.php>)

LEY Y REGLAMENTO FORESTAL, 1996 Nueva Ley Forestal No. 1700 del 12 de Julio de 1996. D.S.Nº 24453 de Diciembre 1996.

NEIDHOLD, C. 2004, Estudio sobre las características biofísicas y socioeconómicas de la Cuenca Baja del Río Grande. (Editor: proyecto “Gestión de Riesgos y Seguridad Alimentaria en la cuenca Alta del Río S. Pedro, Potosí”) (PGR-SAP-GTZ). La Paz – Bolivia.

NUÑEZ, Luís F., 2005, Estudio de la Vegetación y uso actual y potencial Forestal del Municipio San Pedro. Prefectura del Departamento de Santa Cruz. Unidad de Recursos Naturales y Medio Ambiente. FORTEMU.

PERALTA, Bonifacio, 2005 Estudio de la Vegetación y uso actual y potencial Forestal del Municipio de Fernández Alonso. Prefectura del Departamento de Santa Cruz. Unidad de Recursos Naturales y Medio Ambiente. FORTEMU.

Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Minero (2004 – 2014). Prefectura del Departamento de Santa Cruz. FORTEMU. Santa Cruz – Bolivia.

PLUS, 1996 Plan de Uso del Suelo del Departamento de Santa Cruz de la Sierra – Bolivia

ROCA, Raúl S. 2005. Plan de Mitigación contra desbordes del Río Grande (Municipio San Julián). Servicio de Asesoramiento a Comunidades Agropecuarias (SACOA). Santa Cruz – Bolivia. Pp 20 – 30 Documento No publicado



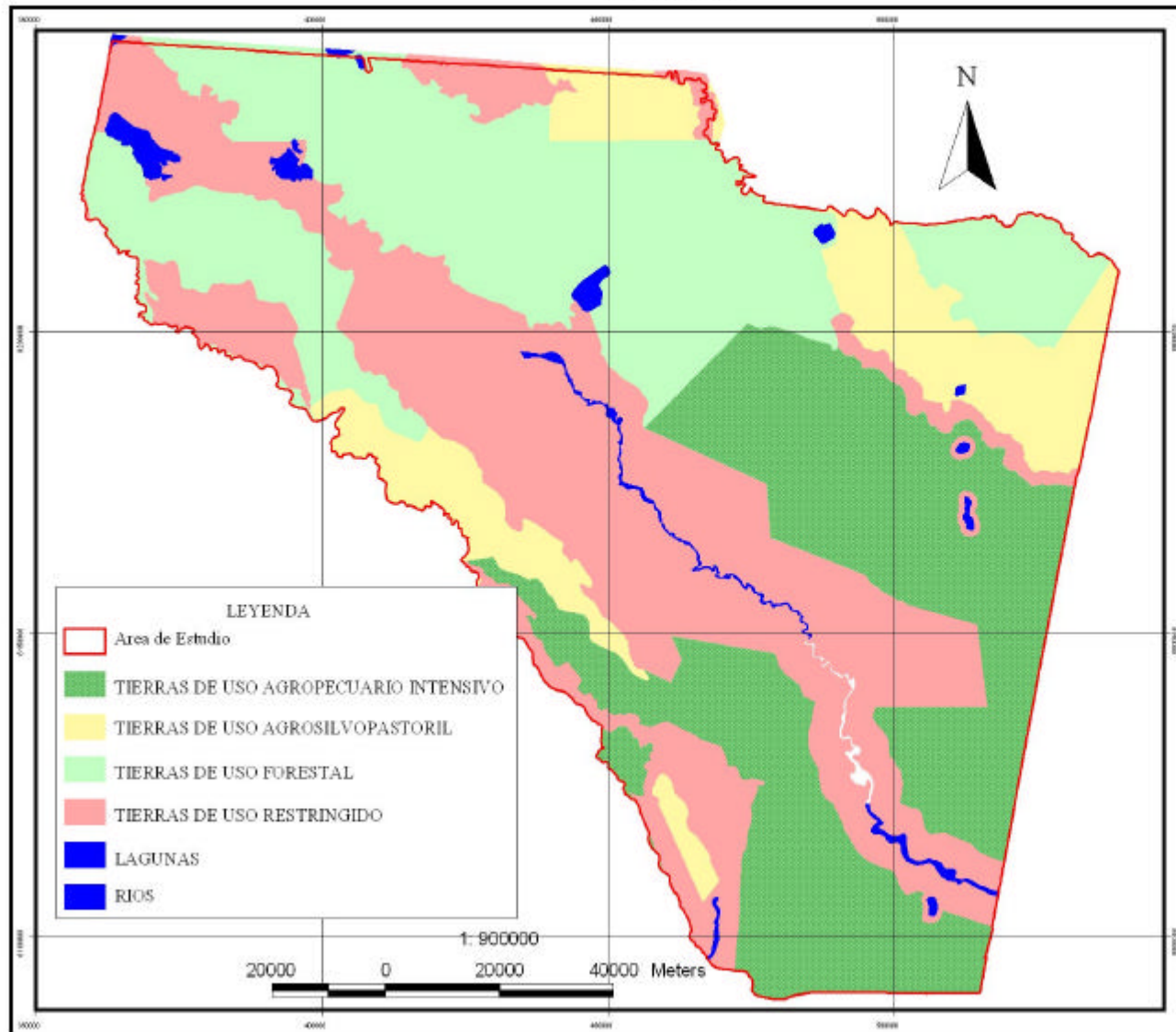
Superintendencia Agraria (SI – A) 2001. Mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra. La Paz – Bolivia 52 p.

TORRICO, Fabiola M. 2005. Identificación de la Cobertura de la Tierra utilizando el Sistema de Clasificación LCCS (Land Cover Classification System) en el Municipio de Robore. Tesis Maestría Profesional CLAS. Cochabamba – Bolivia. Pp 19 -25

USDA. 1994. Agricultural resources and environmental indicators. US Department of Agriculture, Economic Research Service, Natural Resources and Environment Division. Agricultural Handbook No. 705. Washington, D.C.

ANEXOS

Anexo I: Mapa Plan de Uso del Suelo
Santa Cruz



"Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCSS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz"



Fuente Cartográfica
Mapo del Plan de Uso de Suelo
ORTECU 1:250000

Datos Cartográficos
Sistema de Coordenadas UTM
Datum WGS 84 - Esfera de 64

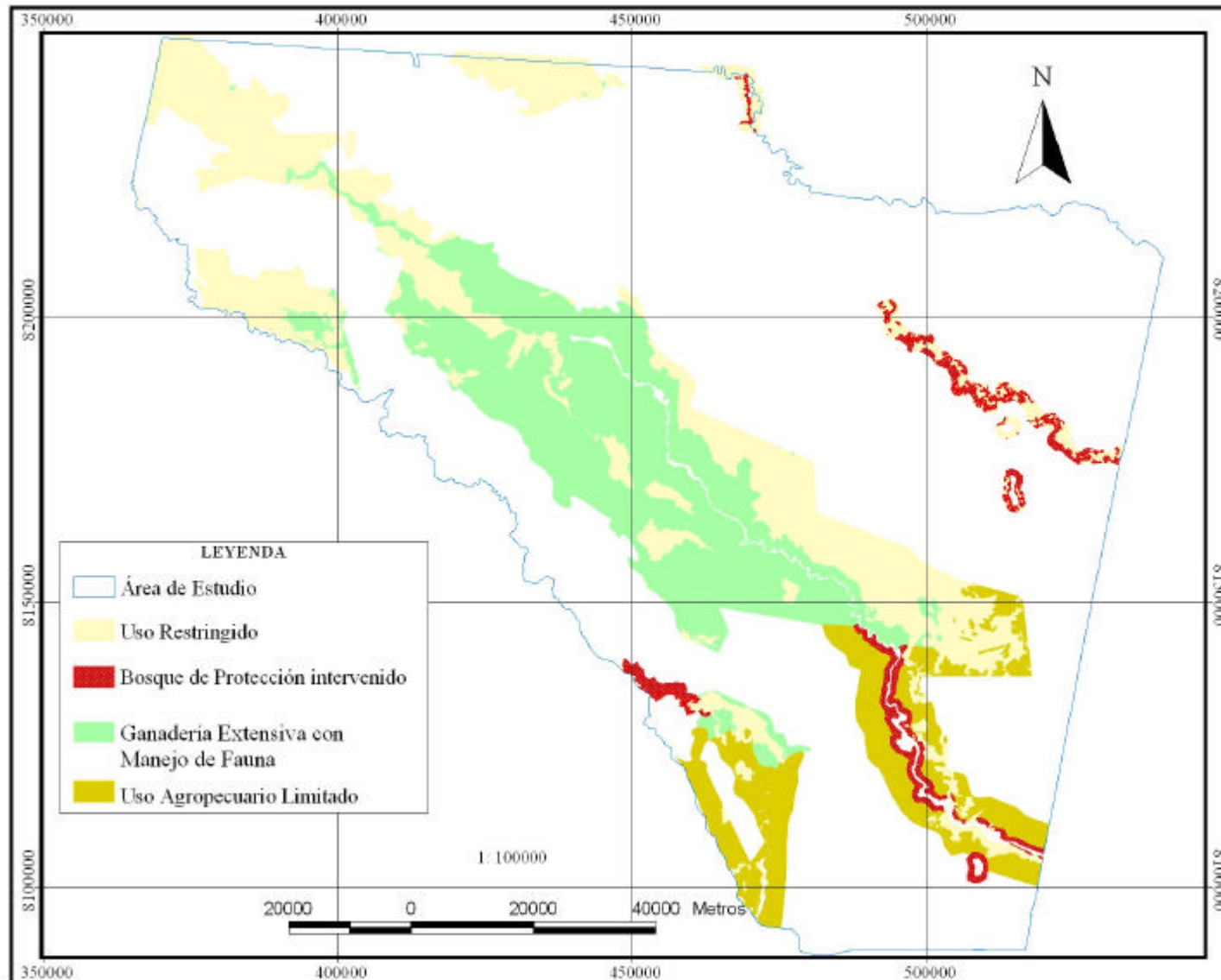
Tesis Maestría Profesional en
"INFORMACION DE SUELOS
PARA EL MANEJO DE LOS
RECURSOS NATURALES"



International Institute for
Geo-Information Science
and Earth Observation

Elaborado por:
Lic. Esfif Ana Gracia Cerezo

Anexo 2: Comparacion del Uso Actual con el PLUS



"Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz"



Fuente Cartográfica
Mapa del Plan de Uso de Suelo
ORTECU 1:250000

Datos Cartográficos
Sistema de Coordenadas UTM
Datum WGS 84 - Esfera de S4

Trabajo de Grado en
"INFORMACIÓN DE SUELOS
PARA EL MANEJO DE LOS
RECURSOS NATURALES"



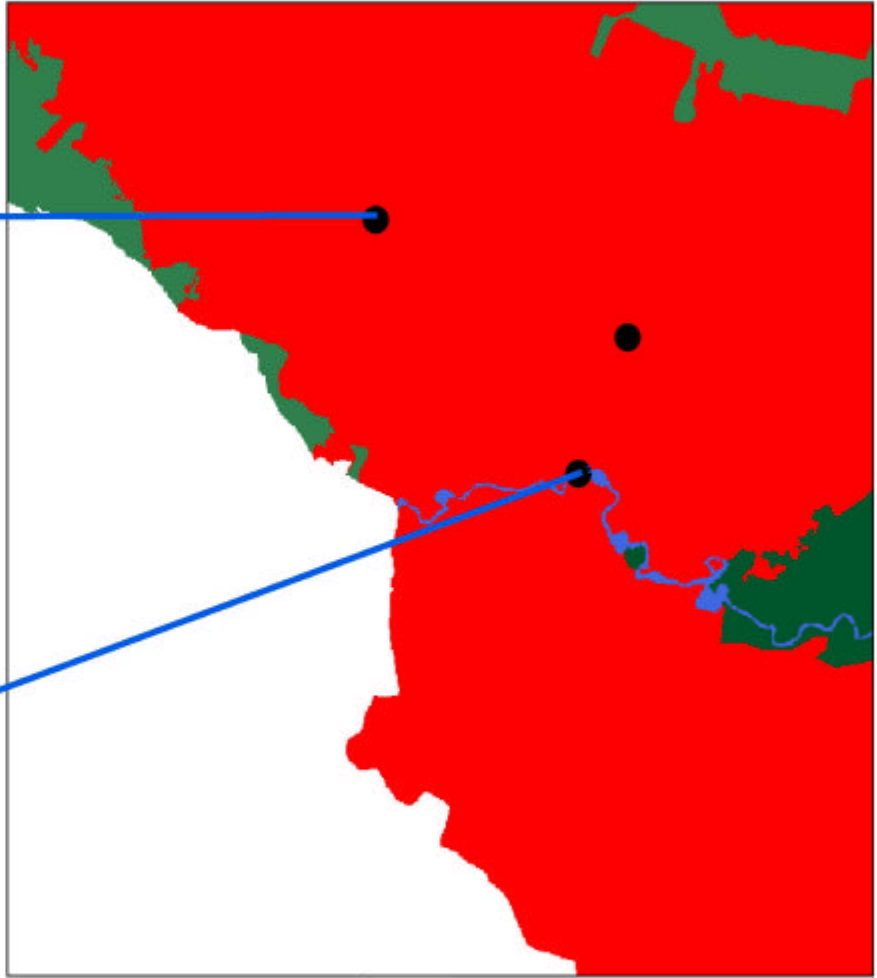
International Institute for
Geo-Information Sciences
and Earth Observation

Elaborado por:
Lic. Edith Ana Ojeda Cerezo

**Anexo: Validación de Resultados
Mapa de Cobertura de la Tierra 2005**



Foto: Cobertura de tierras terrestres cultivadas



-  Bosque alto siempreverde
-  Area terrestre cultivada
-  Bosque temporalmente inundado
-  Rios

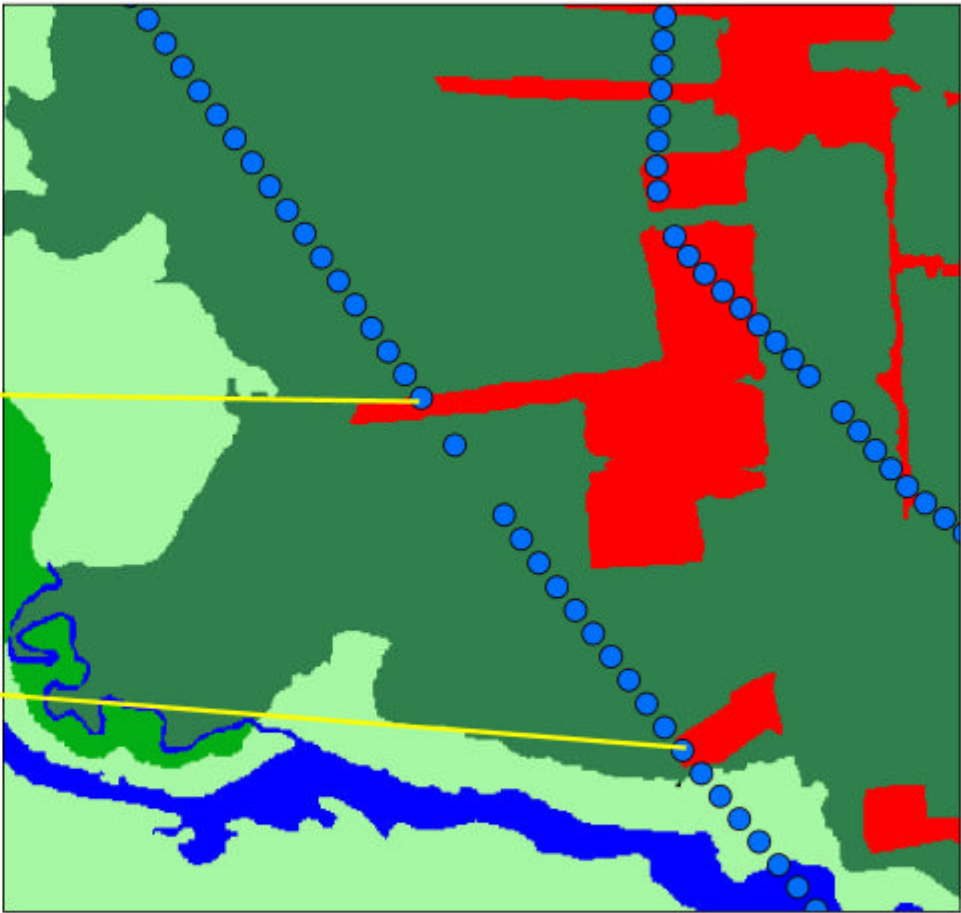
**Anexo: Validación de Resultados
Mapa Uso Actual de la Tierra 2005**



Foto:Cobertura de Bosque y Tierras cultivadas
Fotos tomadas en el sobrevuelo



Foto:Cobertura de Bosque y Tierras cultivadas



- | | |
|---|---|
|  Ganadería Extensiva |  Agricultura |
|  Uso Forestal |  Ríos |
|  Protección |  Puntos GPS |

**Anexo: Validacion de Resultados
Mapa de Cobertura de la Tierra**

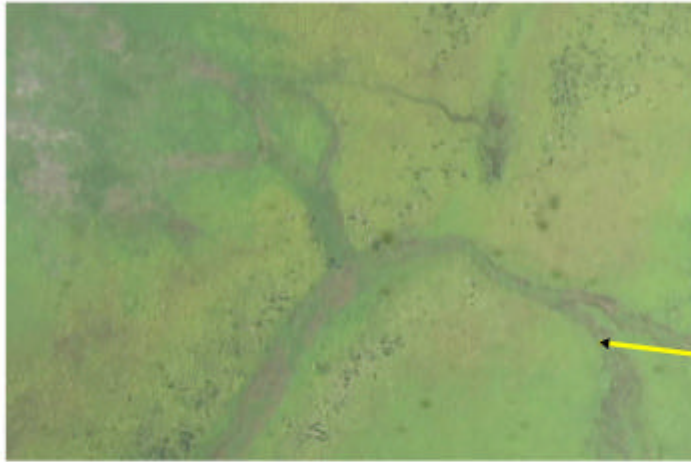


Foto: Cobertura de Humedales
Fotos tomadas en el sobrevuelo

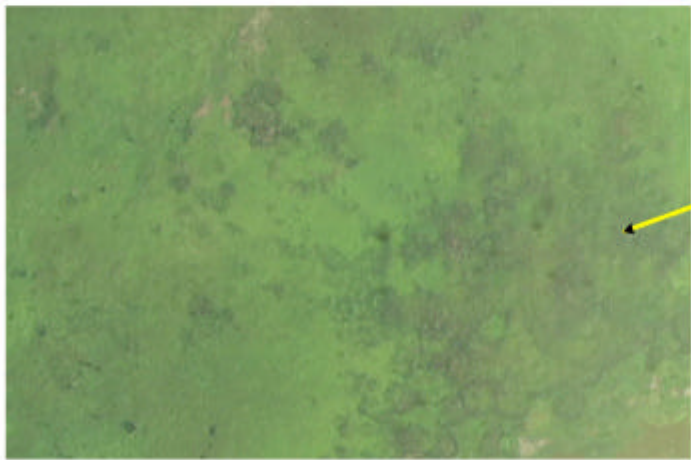
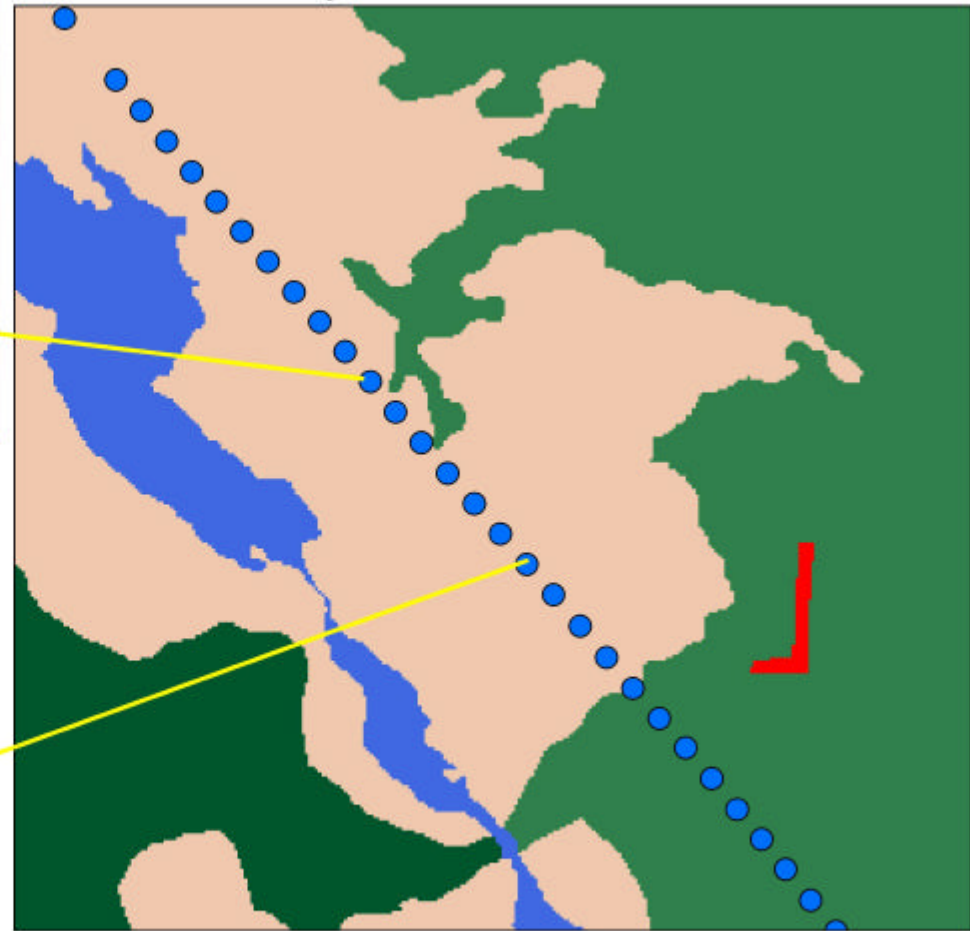


Foto: Cobertura de Humedales



- | | |
|---|--|
|  Humedales |  Rios |
|  Bosque alto siempreverde |  Vegetacion terrestre cultivada |
|  Bosque temporalmente inundado |  Puntos GPS |

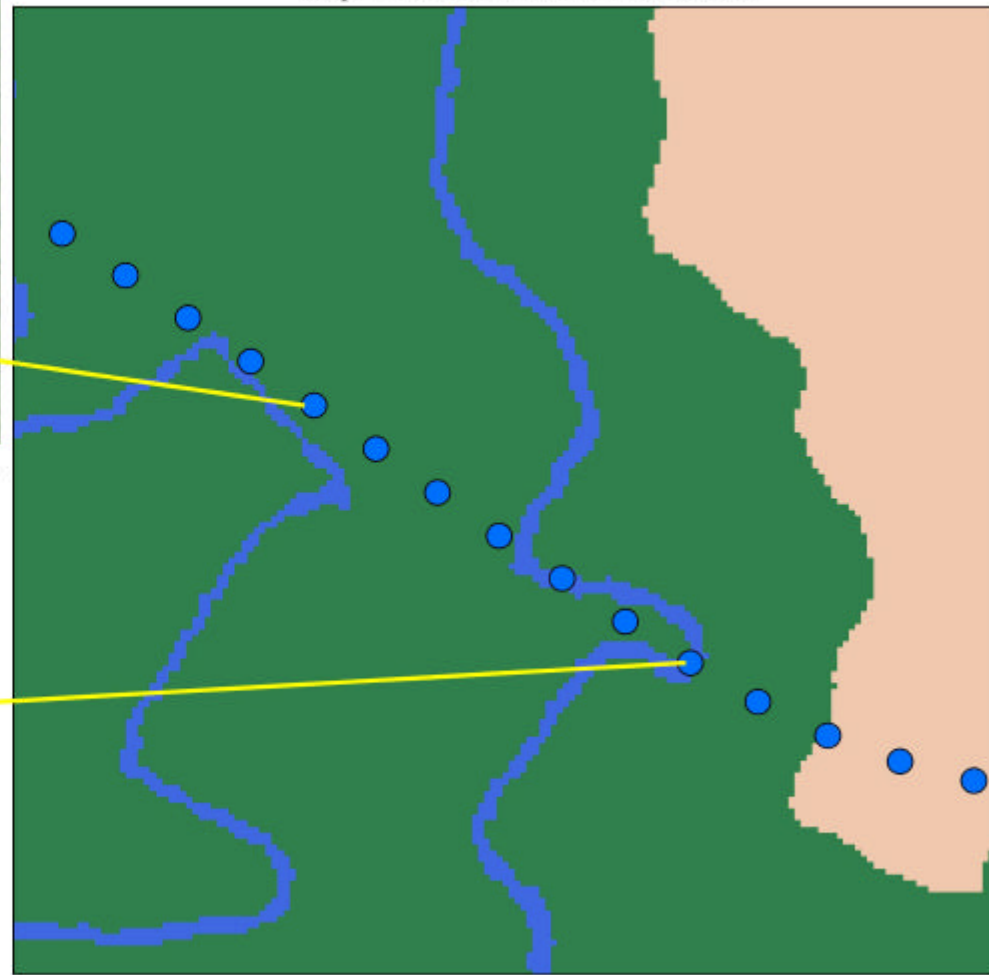
**Anexo: Validación de Resultados
Mapa de Cobertura de la Tierra 2005**



Foto: Cobertura de Ríos Perennes y Bosque alto siempreverde
Fotos tomadas en el sobrevuelo



Foto: Cobertura de Ríos Perennes y Bosque alto siempreverde



- | | |
|--|--|
|  Humedales |  Ríos |
|  Bosque alto siempreverde |  Puntos GPS |

Anexo N° 3

Ubicación		Relieve N°	
<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>		<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>	
Fecha	Grupo de levantamiento	Coordenadas	
<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>	X	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>
		Y	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>
		Aspecto	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>
		Foto área	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>
		Elevación	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>
DESCRIPCION DE LA UNIDAD DE MAPEO			
Código preliminar	Facetas	Código de la unidad de mapeo	
<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; height: 100%;" type="text"/>	
(Descripción de la unidad (geopedológica) cambiado por: Unidad de Cobertura de la Tierra			
Dibujo de la unidad			
Observaciones generales respecto a la unidad (geomorfológica (paisajes, relieve, litología y geoforma)) cambiado por: Cobertura de la Tierra (Agua, Bosque, Áreas de Cultivo)			

VEGETACION

Relieve No.

Total Cobertura (%) <div style="border: 1px solid black; width: 70px; height: 45px;"></div>	Árboles Grandes >3 m	Árboles. Pequeños <3m	Arbustos	Arbustos < 3 m
	Árboles Grandes >3 m	Árboles. Pequeños <3m	Arbustos	Arbustos < 3 m
	Arbustos pequeños < 3m	Cobertura arbórea	Cobertura Arbustiva	Cobertura Herbácea
	Arbustos pequeños < 3m	Cobertura arbórea	Cobertura Arbustiva	Cobertura Herbácea

Lista Florística	No.	Cobertura (%)	Altura	Fenología	Vigor	Bosque Colección	Regeneración	Pastura

Notas

VIGOR	FENOLOGIA	BOSQUE colección	REGENERACION	PASTURA
Excelente	3	Solo frutas	5 Abundante	3 Abundante
Bueno	2	Algunas flores + frutos	4 Frecuente	2 Frecuente
Regular	1	Floramiento completo	3 Ocasional	1 Ocasional
Poco	0	Algunos brotes flores	2 Ausente	0 Ausente
		Sin brotes, flores o frutos	1	
		Sin hojas	0	