



**ESTUDIOS TEMÁTICOS  
PARA ZONIFICACIÓN  
ECOLÓGICA Y ECONÓMICA  
DEL DEPARTAMENTO DE  
SAN MARTÍN**

---

**PROCESAMIENTO DIGITAL  
DE IMÁGENES Y  
MODELAMIENTO SIG**

Lizardo Fachín Malaverri

**Autor:**

Lizardo Fachín Malaverri

© 2007

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP

Programa de Ordenamiento Ambiental

Av. Abelardo Quiñones km. 2.5, Iquitos - Perú

Correo electrónico: [poa@iiap.org.pe](mailto:poa@iiap.org.pe), [preside@iiap.org.pe](mailto:preside@iiap.org.pe)

Teléfonos: +51-(0)65-263451 Fax: +51-(0)65-265527

<http://www.iiap.org.pe/>

**Cita Sugerida:**

Fachín, M. 2007. Procesamiento Digital de Imágenes y Modelamiento SIG del Departamento de San Martín. Proyecto de Zonificación Ecológica y Económica, Convenio entre el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana y Gobierno Regional de San Martín. Iquitos - Perú

## CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	5
RESUMEN .....	6
I. OBJETIVOS.....	7
II. MATERIAL Y METODOS .....	7
2.1. Materiales .....	7
2.2. Metodología:.....	14
III. ESQUEMA METODOLÓGICO DEL MODELAMIENTO SIG-ZEE .....	15
3.1. Aplicaciones en Teledetección: .....	15
3.2. Aplicaciones SIG:.....	27
3.3. Aplicaciones GPS: .....	41
3.4. Metadata espacial.....	48
IV. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	56

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 01: Índice de la Carta Nacional utilizada en el proyecto.....	8
Cuadro 02: Comparación de tipos de resolución espectral entre el sensor TM del Landsat5 y el sensor ETM+ del Landsat 7. Los valores están expresados en micrones y representan los límites de longitudes de onda a los que es sensible cada banda espectral.....	11
Cuadro 03: Lista de imágenes de satélite utilizada en el mosaico del Departamento de San Martín.....	11
Cuadro 04: Lista de imágenes de satélite utilizada en la interpretación temática.....	12
Cuadro 05: Características de la imagen de RADAR utilizada en el proyecto. ....	12
Cuadro 06: Índice del mapa planimétrico utilizado en el proyecto. ....	13
Cuadro 07: Estructura de la carpeta matriz: ZEE_SANMARTIN. ....	14
Cuadro 08: Orden de ubicación de las imágenes para realizar el traslape. ....	18
Cuadro 09: Lista de grupo interdisciplinario de especialistas encargados de la interpretación temática.....	28
Cuadro 10: Esquema de las variables evaluadas para genera coberturas intermedias.....	34
Cuadro 11: Descripción de los campos de codificación para el modelamiento del mapa ZEE. ....	35
Cuadro 12: Campos de la cobertura UEE y variables relevantes necesarios en el modelamiento de la cobertura que genera el mapa de ZEE. ....	36
Cuadro 13: Lista de coberturas arcos (ArcInfo) usadas en los mapas temáticos, intermedios y final de ZEE. ....	39
Cuadro 15: Coordenadas UTM registradas con la unidad GPS en el trabajo de campo. ....	42
Cuadro 16: Esquema de la metodología empleada en el procesamiento digital de imágenes y el modelamiento SIG.....	55

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 01: Índice gráfico de la Carta Nacional utilizada en el proyecto.....	9
Figura 02: Índice de imágenes Landsat TM y ETM+ usadas en la interpretación visual y en la elaboración del mosaico.....	12
Figura 03: Verificación de la georeferenciación utilizando la cartografía base sobre la imagen corregida.....	17
Figura 04: Imagen p008r065_5t19990711, indicando combinación de bandas más adecuada.....	18
Figura 05: Imagen p007r064_5t19880923. Áreas de corte en la escena para emplearla en la construcción del mosaico. ....	19
Figura 06: Corte de imágenes p007r065_5t19890825 (a) y p007r066_5t19990711 (b).....	19
Figura 07: Secuencia para el mejoramiento radiométrico de cada imagen individual respecto a la imagen Nro. 7. ....	20
Figura 08: Esquema gráfico empleado en el mejoramiento radiométrico.....	20
Figura 09: Imágenes individuales mejoradas radiométricamente ensambladas para observar su coincidencia en tonalidad y color. ....	21
Figura 10: Disposición en la ubicación de las imágenes para elaborar el mosaico.....	22
Figura 11: Mosaico de Imágenes de Satélite final.....	22
Figura 12: Mosaico de RADAR Jers-1 SAR zona 116 Sudamérica.....	23
Figura 13: Mosaico de RADAR Jers-1 SAR.....	23
Figura 14: Curvas de nivel en formato digital.....	24
Figura 15: Curvas de nivel en formato digital del Departamento de San Martín.....	24
Figura 16: Coordenadas X,Y,Z en el Módulo 3D Surfacing que genera el MDE.....	25
Figura 17: Modelo Digital de Elevación del Departamento de San Martín.....	25
Figura 18: Modelo Digital de Elevación en el Virtual GIS Viewer, vista 3D.....	26
Figura 19: Mosaico de Imágenes sobre el MDE, vista 3D.....	26
Figura 20: Animación de sobre vuelo en 3D.....	27
Figura 21: Tema vector líneas de Geología digitalizadas teniendo en cuenta la hidrografía como base.....	28
Figura 22: Cobertura de arcos sin editar.....	29
Figura 23: Cobertura de arcos editada.....	29
Figura 24: Tabla de atributos indicando los campos de codificación y descripción de la codificación.....	30
Figura 25: Esquema de la metodología ZEE.....	31
Figura 26: Esquema de coberturas temáticas (físico, biológico y socioeconómico) e intermedias (Unidades Ecológica UE y Unidades Ecológica Económicas UEE).....	32
Figura 27: Esquema de unión de mapas temáticos para obtener las UEE.....	32
Figura 28: Esquema del arreglo de inconsistencias.....	33
Figura 29: Esquema de unión de la cobertura UEE con intermedios para obtener la versión ZEE1.....	35
Figura 30: Disposición de los campos utilizados en la cobertura de ZEE final.....	38
Figura 31: Etiquetas asignadas a las unidades ZEE.....	40
Figura 32: Códigos de las unidades caracterizadas.....	41
Figura 33: Índice de ventanas de imágenes empleadas en el trabajo de campo.....	41
Figura 34: Portal de SIAMAZONIA y la ubicación de la GME a través del link para visualizar mapas.....	49
Figura 35: Interface de usuario del GME.....	49
Figura 36: Interface para búsqueda avanzada de la GME.....	50

## PRESENTACIÓN

Las aplicaciones computacionales vienen adquiriendo cada vez más un espacio en el ámbito de las ciencias y se han convertido, hoy en día en herramientas fundamentales para la gran mayoría de las actividades humanas. En el proceso de Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de San Martín (ZEE-San Martín) existe la necesidad de hacer uso estas aplicaciones tecnológicas. En este contexto, las tecnologías aplicadas a la ZEE que se presentan en este informe tratan sobre los Sistemas de Teledetección (ST), los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), presentando, de manera precisa, la metodología empleada en el procesamiento digital de imágenes de satélite que constituye un insumo necesario para el análisis y modelamiento del territorio, el proceso de producción de mapas, el procedimiento para la toma y verificación de datos de campo, así como el almacenamiento y presentación de la data y la metadata espacial. Se hace referencia de los materiales que se emplearon en el procesamiento de las imágenes de satélite, la interpretación visual, así como en el proceso de elaboración de la cartografía base y temática y las bases de datos incluidas en el proyecto.

La necesidad de disponer datos e información espacial confiable y actualizada de nuestro territorio con miras al ordenamiento sobre la estimación de sus potencialidades y limitaciones, es un tema que tiene, cada vez más, importancia a nivel nacional, regional y local, constituyendo base fundamental e indispensable para planificar el desarrollo sostenible; sin embargo la consecución y generación de datos e información espacial en nuestro país es muy limitada y en muchos casos, escasa. Para ello se hace necesario, entonces, generar nuestros propios datos e información relevante que nos permitan la toma de decisiones más adecuadas a la realidad y que puedan ser usadas como insumo en la planificación y ejecución de proyectos.

La elaboración de este documento técnico se origina debido a las recomendaciones surgidas en los diferentes talleres, trabajos de campo, cursos organizados y ejecutados con los actores del proceso (grupo técnico), con la finalidad de internalizar y socializar la metodología ZEE. Los temas que se tratan en este documento están referidos a los Sistemas de Teledetección (Procesamiento digital de imágenes de satélite), Sistemas de Información Geográfica (Elaboración de mapas base y temáticos) y los Sistemas de Posicionamiento Global (Toma de datos de campo), así como la difusión de la metadata de estos datos.

## RESUMEN

El presente informe presenta la metodología empleada en el proceso de Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de San Martín utilizando los Sistemas de Teledetección, los Sistemas de Información Geográfica y los Sistemas de Posicionamiento Global.

El área SIG que abarca el estudio cubre una superficie aproximada de 5'179, 642 ha. lo que significa un 3,99% del territorio nacional. Se sitúa entre las coordenadas 5° 23' Lat. Sur – 77° 48' Lon. Oeste y 8° 48' Lat. Sur – 75° 26' Lon. Oeste. Políticamente limita por el Norte y el Este con el Departamento de Loreto, por el Sur con el Departamento de Huánuco, y por el Oeste con los Departamentos de Amazonas, Cajamarca y La Libertad. Gran parte del territorio corresponde a espacios de selva alta y una porción menor al bosque tropical amazónico.

La metodología empleada se ha desarrollado incorporando tecnologías de avanzada que hacen uso de imágenes de satélite procesadas y a la par con los Sistemas de Información Geográfica, constituyen una herramienta de trabajo en la investigación sobre recursos naturales y actividades antrópicas.

Se utilizan estas herramientas para desarrollar una aproximación en el entendimiento del territorio desde una visión física, biológica y socioeconómica a partir de la creación de diferentes planos temáticos de información espacial que se consigue a partir de la interpretación del paisaje y las relaciones que en ésta se producen. Como resultado se elabora un mapa que muestra una propuesta de Zonificación en diferentes niveles, así como los usos más recomendados de acuerdo a las potencialidades y limitaciones que en el espacio se presentan.

Se explica a detalle las etapas que se siguió en el procesamiento de las imágenes antes de ser puestas a disposición de los especialistas para la interpretación temática. La estructuración de las tablas de atributos de las coberturas y la creación de una clave temática son aspectos que se abordan con mucho cuidado, pues depende de este proceso para que la creación de los mapas intermedios o mapa UEE y el mapa de la propuesta ZEE sea el correcto.

La metodología se dividió en tres grandes rubros de acuerdo a las tecnologías empleadas. Así tenemos que en los Sistemas de Teledetección usados se aborda los pasos de recopilación, preparación, procesamiento y elaboración de un mosaico de imágenes de satélite a partir de imágenes individuales. Este mosaico y las imágenes individuales fueron utilizados a la par con los SIG EN el acondicionamiento, preparación, interpretación, digitalización, edición, codificación, modelamiento y composición de mapas temáticos, intermedios y el mapa final de ZEE. Como un instrumento auxiliar, pero de importancia, se vio necesario indicar el proceso para la colecta, procesamiento y uso de los datos de campo mediante los GPS.

## I. OBJETIVOS.

Los objetivos del presente estudio están enmarcados en los siguientes aspectos:

- Realizar el procesamiento digital de las imágenes de satélite como paso previo a la interpretación visual de las mismas.
- Elaborar mapas temáticos, mapas para la evaluación de las UEEs (intermedios) y el mapa de la propuesta ZEE del Departamento de San Martín y las respectivas tablas de atributos incluidas en las coberturas digitales, así como la creación de la metadata espacial.

## II. MATERIAL Y METODOS

### 2.1. Materiales

#### 2.1.1 Materiales Cartográficos:

Para realizar la corrección geométrica en las imágenes se utilizó la cartografía nacional oficial o mapas topográficos del territorio, conocido como Carta Nacional. Esta data es generada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100,000 compilada con información satelital que data desde el año 1979 y que viene siendo actualizado constantemente. La disponibilidad de la cartografía base fue en dos tipos de formato:

Formato digital; sumando un total de 22 Cartas y en formato analógico o de papel (31 Cartas) que comprende toda el área de estudio. Las Carta Nacional del Departamento de San Martín presenta dos sistemas de proyección: El Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84) y el Sistema con el Datum Provisional Sudamericano de 1956 (PSAD 1956).

Cuadro 01: Índice de la Carta Nacional utilizada en el proyecto.

NN	Carta Nacional 1:100 000			Formato		Proyección	
	Código Nacional	Código Internacional	Nombre	Análogo	Digital	WGS84	PSAD56
1	11_h	1360	Cachiyacu	x		x	
2	12_h	1359	Jumbilla	x	x	x	
3	12_i	1459	Nueva Cajamarca	x	x	x	
4	12_j	1559	Balsapuerto	x	x	x	
5	12_k	1659	Yurimaguas	x		x	
6	13_h	1358	Chachapoyas	x		x	
7	13_i	1458	Rioja	x	x	x	
8	13_j	1558	Moyabamba	x	x	x	
9	13_k	1658	Tarapoto	x	x	x	
10	13_l	1758	Papaplaya	x	x	x	
11	14_h	1357	Leymebamba	x	x	x	
12	14_i	1457	Río Huayabamba	x	x	x	
13	14_j	1557	Saposoa	x	x	x	
14	14_k	1657	Uycurarca	x	x	x	
15	14_l	1757	Yanayacu	x	x	x	
16	15_h	1356	Bolivar	x	x		x
17	15_i	1456	Río Jaleche	x	x	x	
18	15_j	1556	Juanjuí	x	x	x	
19	15_k	1656	Cuzco	x	x	x	
20	16_h	1355	Pataz	x			x
21	16_i	1455	Juscusbamba	x	x	x	
22	16_j	1555	Pólvora	x	x	x	
23	16_k	1655	Río Biabo	x	x	x	
24	16_l	1755	Héctor	x		x	
25	17_i	1454	Tayabamba	x			x
26	17_j	1554	Tocache Nuevo	x	x	x	
27	17_k	1654	Uchiza	x	x	x	
28	17_l	1754	Nuevo Eden	x	x	x	
29	18_i	1453	Pomapampa	x		x	
30	18_j	1553	San Pedro de Chonta	x		x	
31	18_k	1653	Aucayacu	x		x	

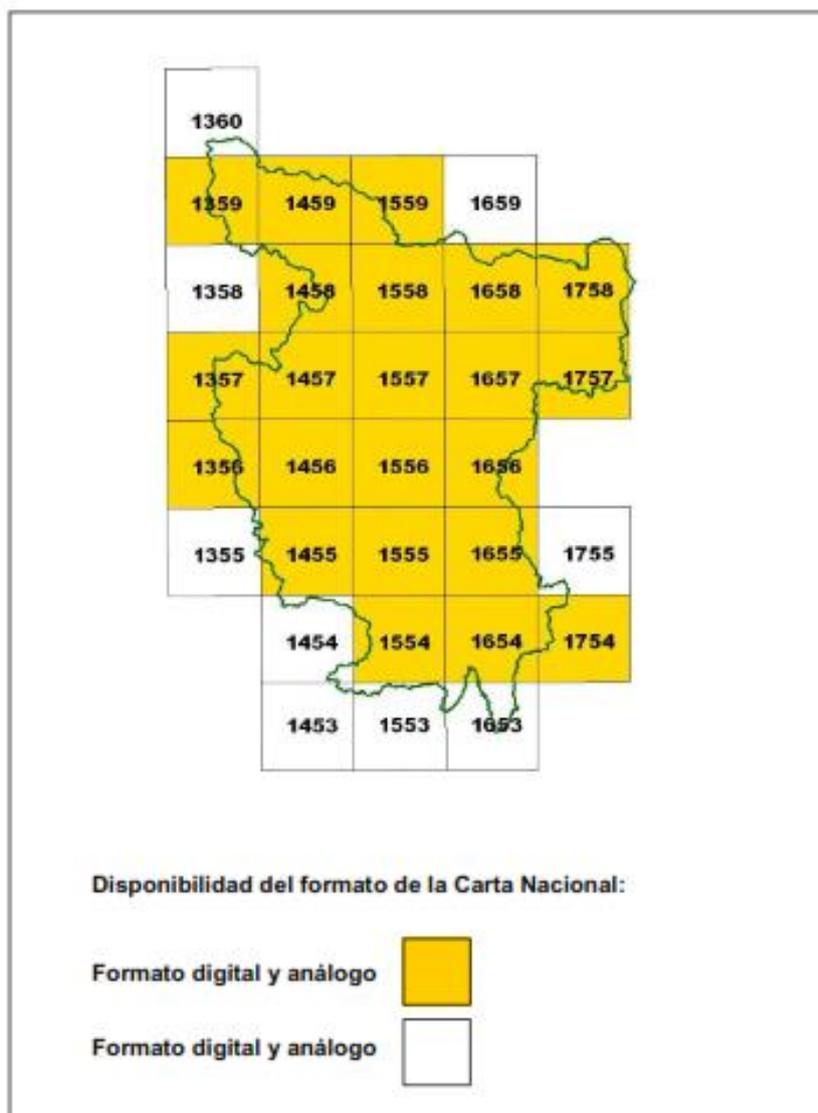


Figura 01: Índice gráfico de la Carta Nacional utilizada en el proyecto.

Es importante mencionar que el Datum WGS84 (World Geodesic System 1984) es diferente al Datum PSAD56 (Provisional South American Datum 1956 o Datum Provisional La Canoa de 1956). Ambos indican los ángulos del esferoide semi-mayor y semi-menor (horizontal) que son cuantificados en unidades métricas.

Para transformar el Datum de la Carta Nacional que se encuentra en PSAD56 a WGS84, que es nuestro Datum usado en toda la cartografía, tenemos que realizar una conversión de coordenadas empleando las sencillas operaciones de suma o resta, ya sea para coordenadas planas o Geográficas).

Así tenemos que:

#### Para convertir del sistema WGS84 a PSAD56

Cuadrícula (metros)	Sumar 223 metros Este (plano x)
	Sumar 376 metros Norte (plano y)
Geográfica (gra,min,seg)	Restar 7,5 min. Longitud (plano y)
	Restar 12,4 min. Latitud (plano x)

#### Para convertir del sistema PSAD56 a WGS84

Cuadrícula (metros)	Restar 223 metros Este (plano x)
	Restar 376 metros Norte (plano y)
Geográfica (gra,min,seg)	Sumar 7,5 min. Longitud (plano y)
	Sumar 12,4 min. Latitud (plano x)

Para hacer uso de la cartografía nacional disponible tanto en formato análogo como en formato digital, se tuvo que hacer los ajustes del caso con la finalidad de igualar toda la data. Solamente tres hojas estaban con este tipo de Datum Horizontal las Cartas: 15\_h (1356), 16\_h (1355) y la 17\_i (1454).

La fuente de esta data, es el fotolito de la Carta Nacional que tiene un error de digitalización de 0,08, información proporcionada por el IGN.

Para la verificación de la proyección se utilizó, además, la extensión auxiliar Projection Utility de ArcView GIS.

En resumen, toda la data cartográfica se igualó al Sistema de Proyección siguiente:

Datum Horizontal	:	WGS84
Datum Vertical	:	Nivel medio del mar
Esferoide	:	WGS84
Proyección	:	UTM
Zona UTM	:	18 Sur

La data en formato digital fue adquirida con la extensión \*.dxf la cual tuvo que ser convertida a formato shape o arc compatible con ArcViewGIS y ArcInfo, respectivamente. Cada hoja incluía coberturas de curvas de nivel, ríos y quebradas (líneas), lagos e islas (polígonos), cotas y señales (puntos). Algunas hojas contienen data de la toponimia, la cual no fue utilizada en este caso.

### 2.1.2 Material Satelital

En principio se adquirió imágenes de satélite Landsat TM5 y ETM+7 que datan desde 1986 hasta 1999, con las cuales se elaboró el mosaico.

Las imágenes Landsat TM contienen cada una 7 bandas dentro del espectro electromagnético; tres a la porción del visible (1,2,3), tres a la del infrarrojo cercano (4,5,7), Éstas bandas tienen 30 metros de resolución espacial. La banda que pertenece al infrarrojo lejano o termal se divide en dos (6L y 6H) y tiene una resolución espacial de 60 metros para el sensor ETM+ y 120 metros para el sensor TM. Para el caso de las imágenes Landsat ETM+ se añade la banda pancromática 8 que tiene una resolución espacial de 15 metros.

**Cuadro 02: Comparación de tipos de resolución espectral entre el sensor TM del Landsat5 y el sensor ETM+ del Landsat 7. Los valores están expresados en micrones y representan los límites de longitudes de onda a los que es sensible cada banda espectral.**

Sensor	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	Banda 8
TM	0,45	0,52	0,63	0,76	1,55	10,4	2,08	
	0,52	0,60	0,69	0,90	1,75	12,5	2,35	
ETM+	0,45	0,53	0,63	0,78	1,55	10,4	2,09	0,52
	0,52	0,61	0,61	0,90	1,75	12,5	2,35	0,90

El siguiente cuadro lista las imágenes utilizadas para la elaboración del mosaico de imágenes indicando la plataforma satelital, el tipo de sensor, la nomenclatura usada para describir las filas y columnas, la fecha de captura de la imagen y la fuente de adquisición:

**Cuadro 03: Lista de imágenes de satélite utilizada en el mosaico del Departamento de San Martín.**

Satélite	Sensor	Imagen (Path_Row)	Fecha captura de la imagen	Fuente
Landsat	TM	009_064	19/08/1999	WWF
Landsat	TM	009_065	19/08/1999	PNUFID
Landsat	TM	008_064	11/07/1999	WWF
Landsat	TM	008_065	11/07/1999	WWF
Landsat	TM	008_066	11/07/1999	WWF
Landsat	TM	007_064	23/09/1988	BIODAMAZ
Landsat	TM	007_065	25/08/1989	BIODAMAZ
Landsat	TM	007_066	13/11/1986	BIODAMAZ

Consecutivamente se adquirieron una serie de imágenes de diferentes fechas y fuentes. Estas imágenes no fueron utilizadas para la construcción del mosaico pero sirvieron para realizar actualizar la interpretación visual y producir los mapas temáticos de deforestación y uso actual de la tierra.

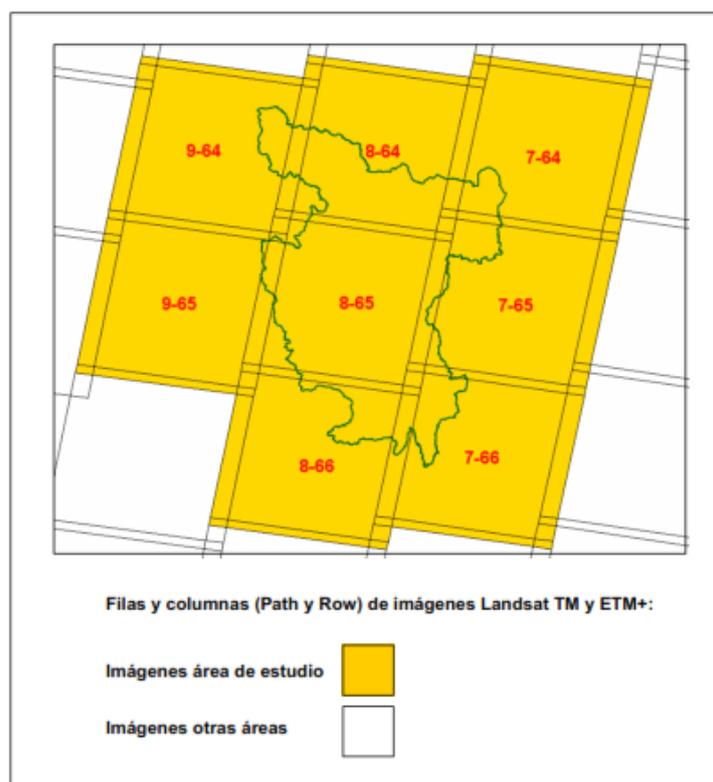
**Cuadro 04: Lista de imágenes de satélite utilizada en la interpretación temática.**

Satélite	Sensor	Imagen (Path_Row)	Fecha captura de la imagen	Fuente
Landsat	TM	009_064	11/09/1987 21/07/2003	BIODAMAZ INPE
Landsat	TM	009_065	21/07/2003	INPE
Landsat	TM	008_064	12/05/1986	BIODAMAZ
Landsat	TM	008_065	15/05/1987	BIODAMAZ
Landsat	ETM+	008_066	30/08/2001	INPE
Landsat	ETM+	007_064	26/08/2001	GLCF
Landsat	ETM+ ETM+	007_065	05/08/1999 26/06/2002	GLCF INPE
Landsat	TM ETM+ ETM+	007_066	08/09/1997 06/07/2000 26/08/2001	TREES PNUFID GLCF

Con el propósito de observar, evaluar y discriminar la topografía (pendiente, relieve) del Área de estudio se hizo uso de imágenes pertenecientes a sensores RADAR, en este caso se usó la imagen Jers - SAR del año 1985. Este tipo de imagen, por sus características espectrales, contiene solamente una banda con 100 metros de resolución espacial. Este tipo de imagen es conocida como imagen pancromática, es decir, de una sola banda espectral.

**Cuadro 05: Características de la imagen de RADAR utilizada en el proyecto.**

Satélite	Sensor	Fecha captura de la imagen	Fuente
Jers-1 SAR	RADAR	09/12/1995	Globar Rain Forest Mapping Project

**Figura 02: Índice de imágenes Landsat TM y ETM+ usadas en la interpretación visual y en la elaboración del mosaico.**

### 2.1.3 Otros materiales temáticos:

Se emplearon además hojas del mapa planimétrico. Escala 1:250 000 Estas hojas sirvieron para verificar algunos rasgos en la Carta Nacional que no contaban con información por incidencia de cobertura de nubes.

**Cuadro 06: Índice del mapa planimétrico utilizado en el proyecto.**

NN	Mapa Planimétrico 1:250 000		Formato		Proyección	
	Código	Nombre	Análogo	Digital	WGS84	PSAD56
1	SB18-05	Jumbilla	x			x
2	SB18-06	Yurimaguas	x			x
3	SB18-09	Chachapoyas	x			x
4	SB18-10	Tarapoto	x			x
5	SB18-13	Juanjuí	x			x
6	SB18-14	Contamana	x			x
7	SC18-01	Pomabamba	x			x
8	SC18-02	Aucayacu	x			x

También se utilizó material análogo y digital correspondiente a mapas temáticos del Perú:

Mapa Político del Perú. Escala 1:1'000,000 (IGN - 1983)

Mapa Ecológico del Perú. Escala 1:1'000,000 (ONERN - 1973, 1994)

Mapa Climático del Perú. Escala 1:1'000,000 (SENAMHI, 1988)

Mapa Forestal del Perú. Escala 1:1'000,000 (ONERN - 1995)

### 2.1.4 Equipos y Software:

Los Sistemas de Teledetección, SIG y GPS avanzan cada día. Este avance va a la par con los adelantos en los sistemas computacionales e informáticos y cómo la ZEE es un proceso en el cual se hace uso de mucha información satelital y cartográfica digital, así como bases de datos, no podía quedar relegado en el uso de estas tecnologías que se traducen en el uso de programas y equipos de cómputo. Así tenemos que para la ejecución del proyecto se hizo uso de software y equipos de última generación:

- Software:
  - ✓ ERDAS IMAGINE v8.5
  - ✓ ArcView GIS v3.3
  - ✓ ArcInfo 3.5.1
  - ✓ Map Source v.6.02
  - ✓ Office 2007
- Equipos informáticos
  - ✓ 01 PC Pentium IV
  - ✓ Tablero digitalizador DrawingBoard III Calcom
  - ✓ Plotter Hewlett Packard - DesignJet 1055CM
  - ✓ GPS Garmin V

### 2.1.5 Organización de la carpeta matriz:

En el proceso de Teledetección y SIG se generan muchas carpetas que almacenan una serie de archivos en diferentes formatos y fuentes. Es por eso que se debió diseñar la estructura o árbol de directorios del proyecto para no tener problemas. La interface que maneja ERDAS IMAGINE y ArcViewGIS para genera las composiciones (mapas) tienen como base unos archivos \*.map y \*.apr respectivamente, estos archivos tiene la particularidad de recuperar los datos (\*.shp, \*.img, \*.jpg, \*.tif) que generan las composiciones buscando la ruta donde éstos están almacenados. Por las características del trabajo la creación de archivos es constante así como su almacenamiento, debido a esto se creó una carpeta madre siguiendo ciertas consideraciones para nombrar sus subcarpetas.

**Cuadro 07: Estructura de la carpeta matriz: ZEE\_SANMARTIN.**

CARPETAS	CONTENIDO DE LAS CARPETAS	FORMATO DE ARCHIVOS
APR	Composiciones de los mapa en ArcViewGIS	*.apr
AVL	Paleta de colores de las leyendas	*.avl
COVER	Coberturas Arcos y Shapes	*.shp, arcos, *.dxf
DBF	Bases de datos	*.dbf, *.xls
IMG	Imágenes de satelite	*.img, *.tiff, *.fst
JPG	Fotografías	*.jpg, *.tiff, *.bmp
LOGOS	Logos institucionales	*.jpg, *.tiff
MAP	Composiciones de las mapas en ERDAS IMAGINE	*.map
TEXT	Textos varios	*.doc
3D	Archivos generados en la composición 3D	*.img, *.vwp

## 2.2. Metodología:

La temática en el desarrollo de la metodología se tuvo que dividir en cuatro grandes grupos según las aplicaciones tecnológicas implicadas:

- Aplicaciones en Teledetección
- Aplicaciones SIG
- Aplicaciones GPS
- Metadata espacial

Asimismo, la metodología empleada en el estudio se presenta por etapas de actividades que constan de actividades de gabinete (Pre-campo), trabajo de campo y finalmente actividades de gabinete (Post-campo), donde se elaboraron los mapas para la publicación y difusión. Estas etapas de la metodología se presentan de forma gráfica (figuras) y textual (descripción secuencial) de forma tal que sea entendible y replicable para otros trabajos similares.

### III. ESQUEMA METODOLÓGICO DEL MODELAMIENTO SIG-ZEE

Si bien es cierto, en este proceso se utilizan tecnologías geométricas, éstas por su naturaleza y función están relacionadas entre sí, permitiendo que los insumos generados a través del uso de unas sirvan para la elaboración de nuevos productos, en otra. Para englobar el término se vio conveniente usar el término "Modelamiento SIG-ZEE".

#### 3.1. Aplicaciones en Teledetección:

**3.1.1 Recopilación y preparación de datos satelitales:** Proceso inicial por el cual se adquieren, acondicionan y evalúan imágenes de satélite de diferentes fuentes, formatos, condiciones y niveles de procesamiento.

- Se adquirieron imágenes de satélite de diferentes proveedores y de diferentes fuentes. Este proceso tuvo su inicio en la adquisición de las imágenes de Satélite, las cuales pertenecen a diferentes plataformas espaciales y diferentes sensores: Landsat 5 y 7 (TM y ETM+ respectivamente). Sensores RADAR (Jers 1 ñ SAR).
- Los formatos de adquisición de las imágenes también son diversos, teniendo que algunas imágenes se adquirieron en formatos TIF, GeoTIFF, BSQ, FST e IMG. Estos formatos tuvieron que ser exportados al formato \*.img que es el formato matriz de ERDAS IMAGINE, software utilizado para ejecutar el procesamiento digital de las mismas.
- En la selección de las imágenes más adecuadas se consideró el bajo porcentaje de nubes que cubren la escena, siendo el 10% el más adecuado, de lo contrario la interpretación visual se hubiera limitado grandemente. Cabe indicar, que en esta zona geográfica de amazonía peruana (selva alta y selva baja) las condiciones meteorológicas no siempre son las más Óptimas y casi siempre las nubes son una constante. A pesar de esto se seleccionó las imágenes más limpias de las obtenidas en un principio. Ver cuadro 03.
- Por sus características espectrales las imágenes contienen una cantidad de bandas o canales las cuales van de siete bandas para los sensores TM y ochos bandas para los ETM+. Las bandas 6L y 6H que pertenecen a los canales términos no fueron utilizados para la exportación en este ejercicio.

**3.1.2 Procesamiento Digital de Imágenes de Satélite:** Este proceso se entiende como aquellas operaciones que permiten mejoras en las imágenes de satélite con la finalidad de realzar su apariencia visual para obtener información útil de las mismas.

- Con la finalidad de facilitar el trabajo en cuanto al tamaño de los datos en bytes, se optó por hacer uso de tres bandas para cada imagen. En este sentido se consideró la banda 3 (0,63 a 0,69 micrones) que puede ser absorbida por la clorofila, muy útil para la clasificación de la cobertura vegetal. Esta banda pertenece al grupo de las visibles. La banda 4 (0,76 a 0,90 micrones), útil para determinar el contenido de biomasa, para la delimitación, principalmente, de cuerpos de agua. Finalmente la banda 5 (1,55 a 1,75 micrones) que puede discriminar el contenido de humedad de la Vegetación y del suelo. Estas dos últimas bandas pertenecen al grupo de las infrarrojas cercanas.
- Con la selección de las bandas más adecuadas se hizo dos combinaciones como prueba para observar las características en cuanto a tonalidad y manifestación de colores. Las bandas se combinaron teniendo en cuenta los cañones o colores que presentan los programas utilizados. Las combinaciones probadas fueron 453 y 543 ñ RGB. En estas combinaciones se puede tener una visión de pseudo color. Esto quiere decir que una imagen con estas combinaciones no refleja los colores naturales de las características del paisaje, pero si son perceptibles y se puede discriminar fácilmente los elementos del paisaje. Esta combinación de bandas es comúnmente usada para estudios de Vegetación.
- La imagen de RADAR, por sus características, tiene una banda espectral, es decir, Ésta es considerada como una imagen pancromática (tonalidades que van del blanco al negro pasando por

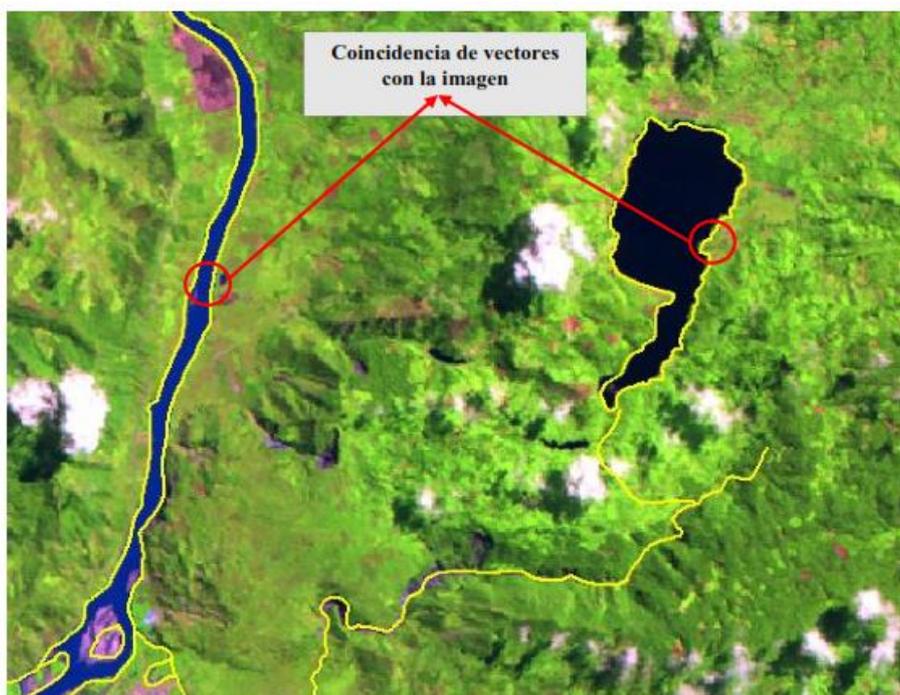
una tonalidad de grises) y pertenece al satélite japonés JERS-1 SAR que es utilizado fundamentalmente para estudios geológicos.

- Todas estas imágenes después de haber sido transformadas al formato adecuado (\*.img) se prepararon para ser corregidas y mejoradas geométricamente (proceso de georeferenciación); es decir, para ser asignadas en un Sistema de Proyección.

Sistema de proyección utilizada en el proyecto:		
Datum Horizontal	:	WGS84
Datum Vertical	:	Nivel medio del mar
Esferoide	:	WGS84
Proyección	:	UTM
Zona UTM	:	18 Sur

Este proceso de georeferenciación es considerado el más importante en el procesamiento de imágenes debido a que éstas deben estar localizadas en un mismo espacio geográfico para que, al momento de hacer el empalme, no exista desplazamiento una respecto a otra y el área de traslape tenga continuidad de imagen a imagen. Esto se aprecia fácilmente en la hidrografía, vías de comunicación (carreteras), cadena de montañas, entre otros, que presenten características lineales.

- Existen tres procesos de georeferenciación; a) imagen a imagen, b) cartografía digital a imagen y c) cartografía análoga a imagen. En el primer caso la corrección se hace con una imagen que cuenta con un sistema de proyección. En el segundo caso se hace uso de la cartografía digital transfiriendo los puntos de control terrestre a la imagen sin proyección (imagen cruda). Finalmente el tercer caso es parecido al segundo pero la diferencia es que se utiliza la cartografía de la Carta Nacional para localizar los puntos de control terrestre. En el proyecto, debido a la disponibilidad de la data cartográfica se utilizó el segundo caso, es decir, se georeferenció las imágenes haciendo uso de la cartografía en formato digital (vectores de la red hidrográfica en formato shape de ArcViewGIS). Se consideró como mínimo la ubicación de 20 a 25 PCT (Puntos de Control Terrestre) Û GCP (Ground Control Points), los cuales fueron distribuidos de tal manera que los primeros cinco estuvieran localizados en los extremos y el centro de la imagen (escena) formando una "X" y seguidamente se ubicaban los restantes, siempre siguiendo una secuencia, situándolos uno en un punto determinado y su par en otro punto opuesto al mismo tratando de que todos los GCPs se distribuyan homogéneamente en toda la imagen. Teniendo en cuenta estos detalles se procedió al proceso de georeferenciación. Siempre se tuvo en cuenta el tamaño de píxel (resolución espacial) de 30x30 metros y un RMS (Root Mean Square) Error Medio Cuadrático de 0.1 píxel. Este error debe ser mínimo de lo contrario el desplazamiento de la imagen es evidente al momento de hacer el empalme con otra imagen adyacente. Para hacer la verificación del proceso se utilizó la cartografía base digital sobreponiéndola con la imagen corregida.

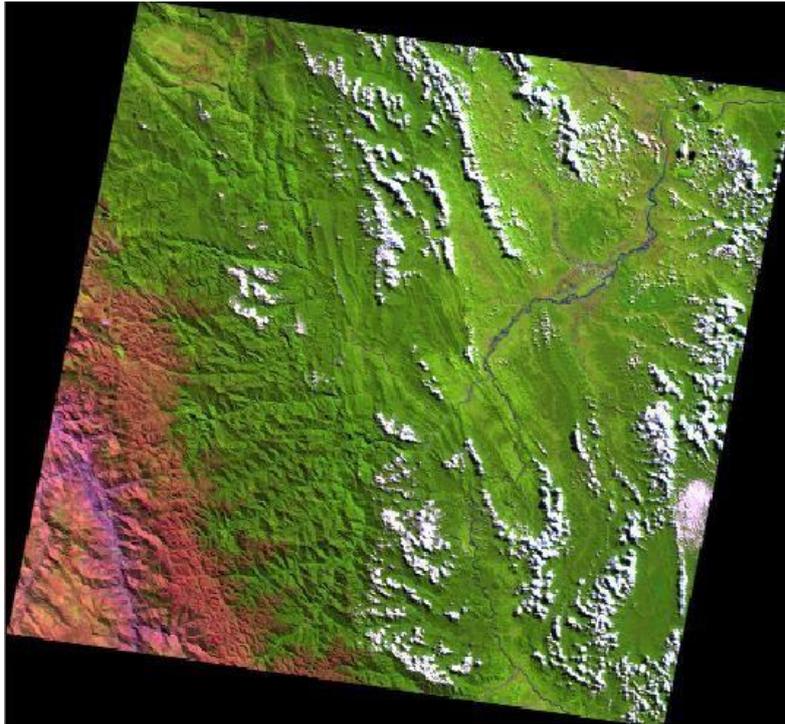


**Figura 03: Verificación de la georeferenciación utilizando la cartografía base sobre la imagen corregida**

En algunos casos no se da la coincidencia de la cartografía con la imagen corregida, en este caso se tiene que hacer nuevamente la corrección hasta que se de esta coincidencia. En esta verificación, cabe mencionar, que en algunos casos no se da esta coincidencia y es debido a que la data cartográfica empleada es producto de la interpretación de imágenes antiguas. Entonces, es criterio del especialista determinar cuándo una imagen está correctamente geo referenciada. Por lo general se observa las características de la dinámica fluvial de la zona para determinar este hecho; por consiguiente se tiene que hacer posteriormente, el acondicionamiento cartográfico sobre los vectores de los ríos y la red de drenaje.

**3.1.3 Elaboración del mosaico de imágenes de satélite:** Se entiende por mosaico de imágenes de satélite al ensamblaje de dos o más escenas con la finalidad de cubrir un área relativamente grande y que con una sola imagen no es posible cubrirla.

- Para elaborar un mosaico de imágenes de satélite se sigue una serie de procesos que tiene su inicio en la recopilación y preparación de las imágenes y donde se considera algunos aspectos de importancia como: Seleccionar las imágenes con poco o nulo porcentaje de cobertura de nubes. La fecha de captura de las imágenes debe ser lo más próxima posible. Deben tener las mismas bandas espectrales y la misma cantidad de ellas. La combinación de bandas espectrales más adecuada que para este caso fue la 543 ñ RGB (Red, Green, Blue ñ Rojo, Verde, Azul).



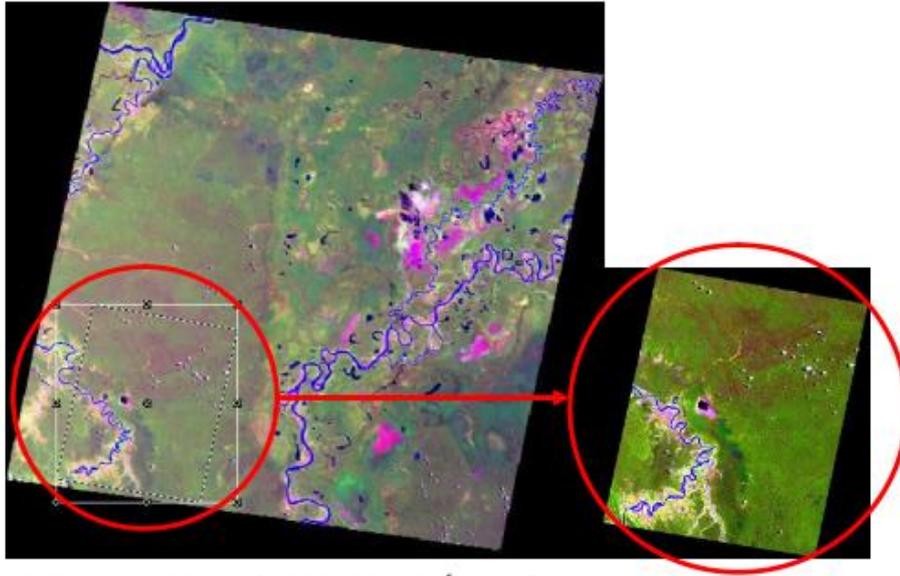
**Figura 04: Imagen p008r065\_5t19990711, indicando combinación de bandas más adecuada**

- Las imágenes individuales fueron seleccionadas teniendo en cuenta la apariencia visual de éstas así como un orden para el empalme. Se tuvo en cuenta, en primer lugar, la fecha de captura para que la información en la zona de traslape sea la más actualizada. Al presentarse cobertura de nubes en la imagen más actual en la zona de traslape se tuvo que situar esta imagen por debajo de la imagen más antigua para evitar el vacío de información.

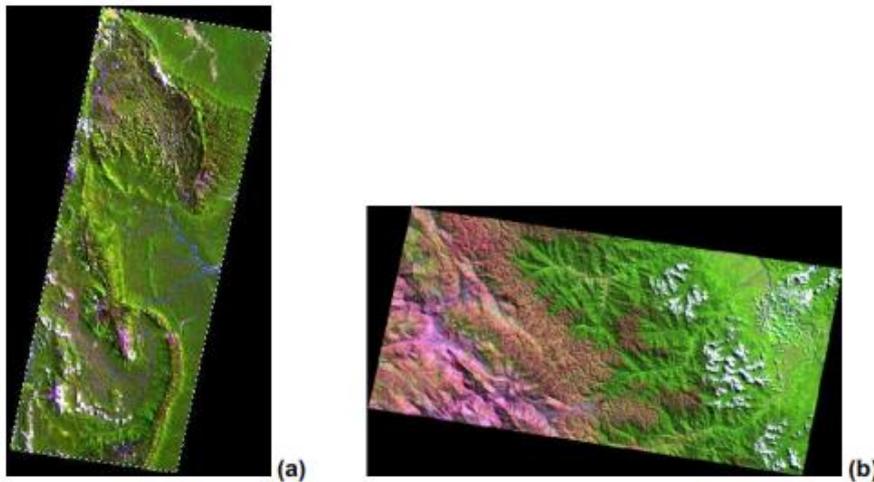
**Cuadro 08: Orden de ubicación de las imágenes para realizar el traslape.**

Orden de Ubicación empalme)	Satélite	Sensor	Imagen (Path_Row)	Fecha captura de la imagen	Fuente
1 <sup>ro</sup>	Landsat	TM	007_064	23/09/1988	BIODAMAZ
2 <sup>do</sup>	Landsat	TM	007_065	25/08/1989	BIODAMAZ
3 <sup>ro</sup>	Landsat	TM	009_064	19/08/1999	WWF
4 <sup>to</sup>	Landsat	TM	009_065	19/08/1999	PNUFID
5 <sup>to</sup>	Landsat	TM	008_064	11/07/1999	WWF
6 <sup>to</sup>	Landsat	TM	008_066	11/07/1999	WWF
7 <sup>mo</sup>	Landsat	TM	008_065	11/07/1999	WWF
8 <sup>vo</sup>	Landsat	TM	007_066	13/11/1986	BIODAMAZ

- Para tener un área en el mosaico, que incluya solamente el área de estudio (Departamento de San Martín), se realizaron los cortes necesarios a las imágenes empleando la herramienta AOI (Área Of Interest) del software. Es importante indicar que, ahora, cuando nos referimos a una imagen, no necesariamente estamos indicando una escena completa sino el corte según el área de interés.



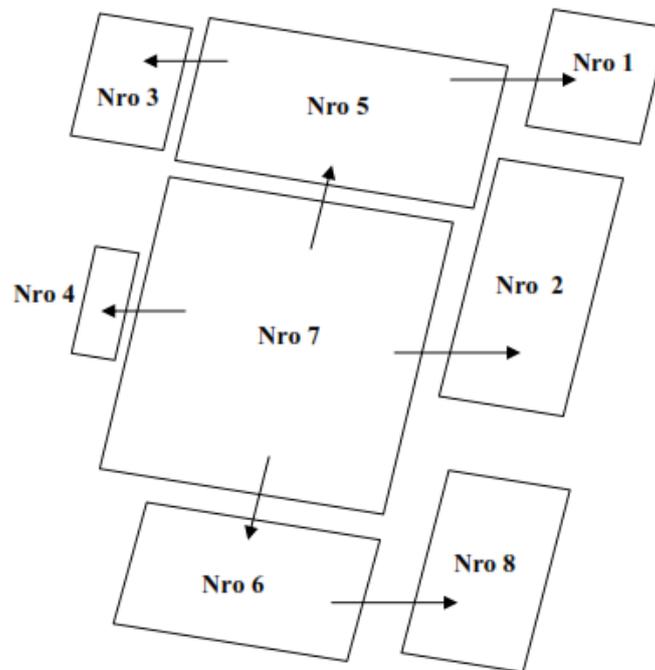
**Figura 05: Imagen p007r064\_5t19880923. Áreas de corte en la escena para emplearla en la construcción del mosaico.**



**Figura 06: Corte de imágenes p007r065\_5t19890825 (a) y p007r066\_5t19990711 (b)**

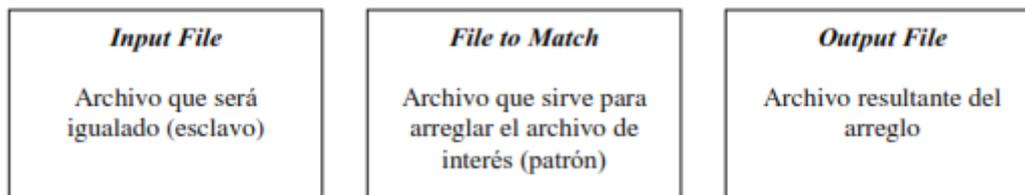
- Antes de proceder a ensamblar las imágenes individuales y generar el mosaico se debió mejorar la apariencia visual de las mismas de tal manera que pueda notarse la continuidad de una a otra en cuanto a tonalidad y color se refiere. Este proceso se conoce como mejoramiento radiométrico y se ejecuta empleando algunos algoritmos sugeridos por el software ERDAS IMAGINE y que consiste en la igualación del histograma (matching histogram). Este mejoramiento o igualación de imágenes se hace teniendo en cuenta una imagen base o también conocida como imagen patrón y que debido a sus características visuales sea la más apropiada. El Algoritmo empleado permite igualar los histogramas de dos imágenes mediante una operación matemática en la lookup table, la cual sirve como una función de igualamiento del histograma respecto a otro de referencia. Este procedimiento tiene una secuencia y es realizado a cada banda espectral de cada imagen individual.

- La imagen patrón, es decir, la imagen que se tomó como referencia para hacer el mejoramiento radiométrico fue la imagen p008r065\_5t19990711 (Nro. 7) debido a que ésta presentaba mejor apariencia y contraste, en consecuencia una mejor visualización en pantalla. Las otras imágenes fueron consideradas como imágenes esclavo. Las imágenes 2,4, 5 y 6 fueron igualadas con la imagen 7. Mientras que las imágenes 1 y 3 fueron igualadas con la imagen 5. la imagen 8 fue igualada con la imagen 6.
- En la figura 06 las flechas indican la secuencia en el mejoramiento radiométrico (igualación del histograma) desde la imagen patrón hacia la imagen destino.



**Figura 07: Secuencia para el mejoramiento radiométrico de cada imagen individual respecto a la imagen Nro. 7.**

- Si apreciamos la figura 07 se puede apreciar el proceso indicado por ERDAS IMAGINE para ejecutar el mejoramiento radiométrico (igualación del histograma) a través de un simple flujograma de operaciones.

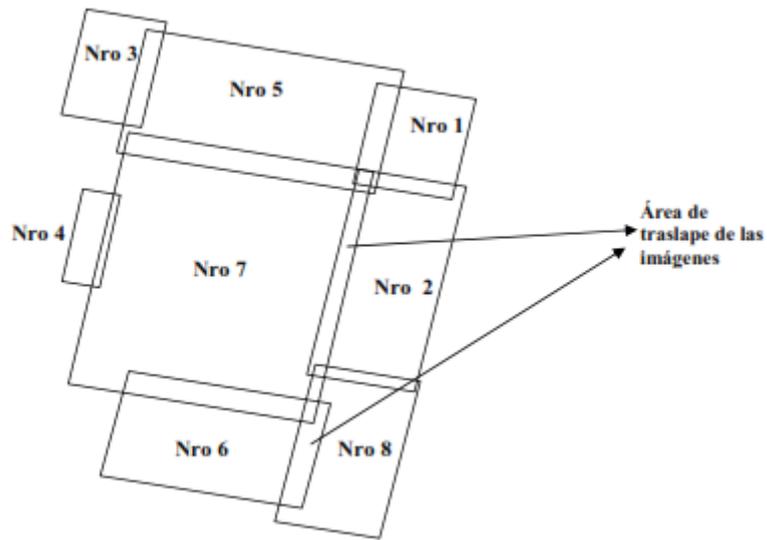


**Figura 08: Esquema gráfico empleado en el mejoramiento radiométrico**



**Figura 09: Imágenes individuales mejoradas radiométricamente ensambladas para observar su coincidencia en tonalidad y color.**

- Concluida la preparación de las imágenes individuales se procedió a la construcción del mosaico haciendo uso de algunas opciones propuestas por ERDAS IMAGINE que a continuación se detallan:
  - ✓ Compute Active Área: Esta opción permite seleccionar el área a ser procesada. Por defecto toma toda la imagen pero puede ser seleccionada con un AOI (Área de Interés), si es el caso.
  - ✓ Después de haber ubicado las imágenes de acuerdo a nuestro interés (por fechas de captura, visualización de los elementos del paisaje, entre otros), se aplica la opción de igualación (Matching Option) la que se utiliza cuando se tiene problemas de diferencias en tono y claridad entre o dentro de una imagen o un área de interés. En resumen, esta opción toma el histograma de cada imagen y las ajusta de tal manera que el resultado es un histograma similar. Para que el contraste de los colores se balancee se selecciona la opción color balancing - set ñ (automatically). En la opción Matching method se selecciona Overlap Áreas, la que considera en el procesamiento las áreas de traslape.
  - ✓ El tipo de histograma a utilizar es band by band
  - ✓ Al establecer las funciones de traslapado se opta por la opción de intersección no cutline exist donde se escoge el promedio (average) como alternativa.
  - ✓ Finalmente se corre el modelo con la opción resample obteniéndose un mosaico casi homogéneo en cuanto a su tonalidad y color.

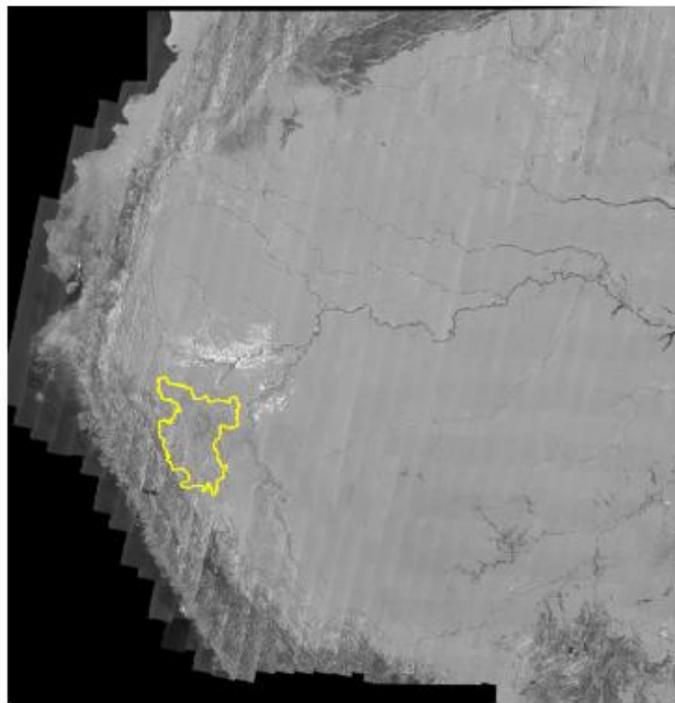


**Figura 10: Disposición en la ubicación de las imágenes para elaborar el mosaico.**

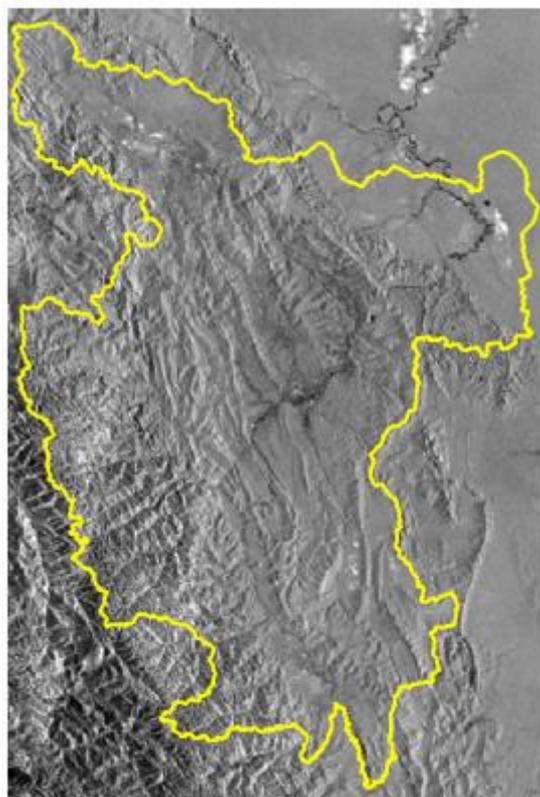


**Figura 11: Mosaico de Imágenes de Satélite final**

- Para el caso de la imagen de RADAR, se tomó el mosaico de Sudamérica correspondiente a la zona 116 y se hizo un corte teniendo en cuenta el límite del Departamento.



**Figura 12: Mosaico de RADAR Jers-1 SAR zona 116 Sudamérica.**



**Figura 13: Mosaico de RADAR Jers-1 SAR**

### 3.1.4 Elaboración del Modelo Digital de Elevación para la generación de una visualización 3D:

Un Modelo Digital de Elevación MDEUDEM (siglas en inglés), es una representación gráfica y digital que contiene elevaciones topográficas formadas sobre una grilla de espacios uniformes. Los MDE son, generalmente utilizados para la generación de gráficos tri-dimensionales (3D) donde se muestra la pendiente del terreno (dirección de la pendiente), así como los perfiles del mismo entre los puntos seleccionados, permitiéndonos visualizar territorios y consultar información multimedia geo referenciada vinculada a dicho territorio.

- Haciendo uso del módulo Topographic Analysis, Surface de ERDAS IMAGINE se construye el DEM a partir de las curvas de nivel en formato digital extraídas de la Carta Nacional.

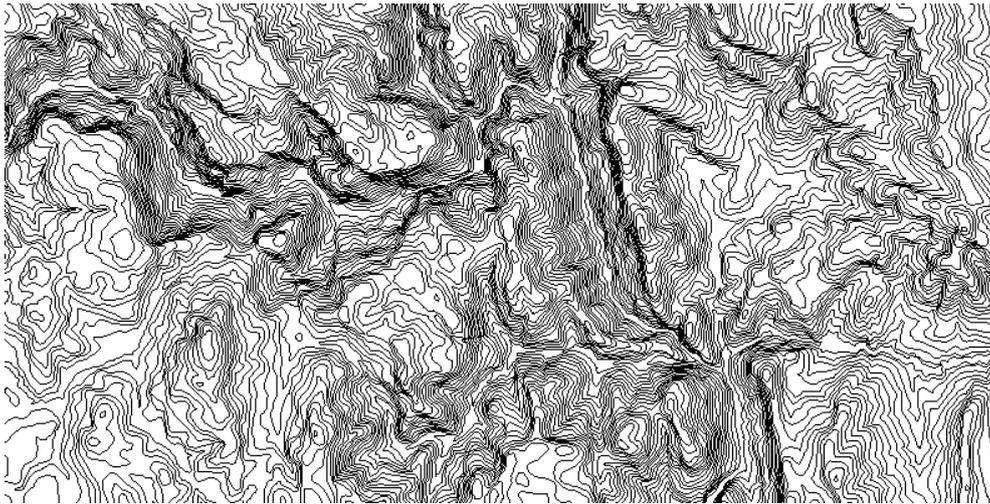


Figura 14: Curvas de nivel en formato digital.

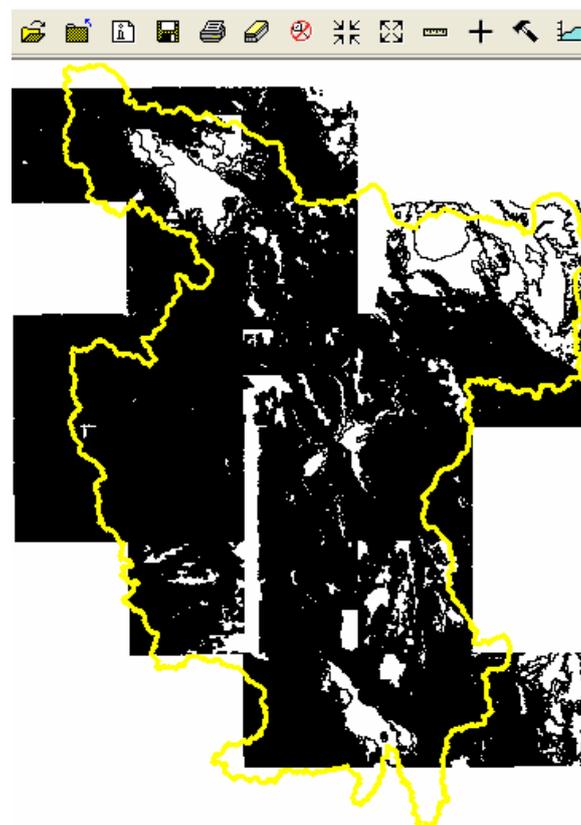


Figura 15: Curvas de nivel en formato digital del Departamento de San Martín.

Row	Use	X	Y	Z
1	X	391867.469	9115573.000	1000.000
2	X	391890.438	9115521.000	1000.000
3	X	391932.469	9115440.000	1000.000
4	X	391946.469	9115396.000	1000.000
5	X	391941.094	9115330.000	1000.000
6	X	391883.063	9115180.000	1000.000
7	X	391863.938	9115148.000	1000.000
8	X	391843.344	9115131.000	1000.000
9	X	391794.875	9115114.000	1000.000
10	X	391747.469	9115118.000	1000.000
11	X	391636.438	9115200.000	1000.000
12	X	391441.750	9115311.000	1000.000
13	X	391269.000	9115332.000	1000.000
14	X	391016.219	9115330.000	1000.000
15	X	390787.875	9115339.000	1000.000
16	X	390690.969	9115328.000	1000.000
17	X	390630.188	9115311.000	1000.000
18	X	390569.375	9115274.000	1000.000

Figura 16: Coordenadas X,Y,Z en el Módulo 3D Surfacing que genera el MDE.

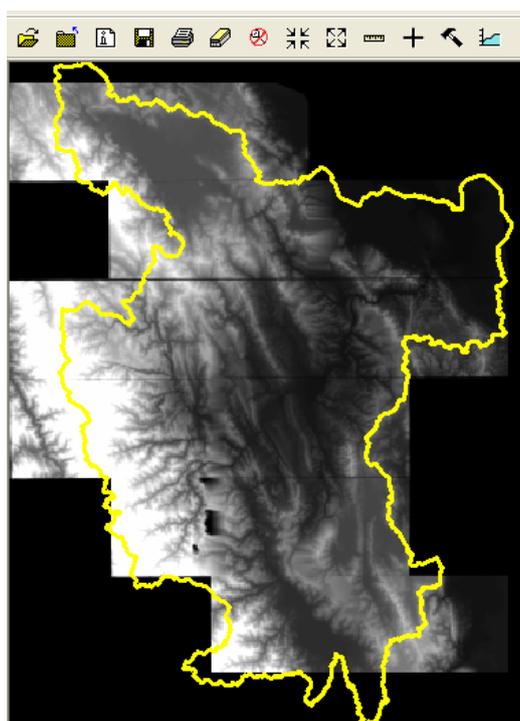
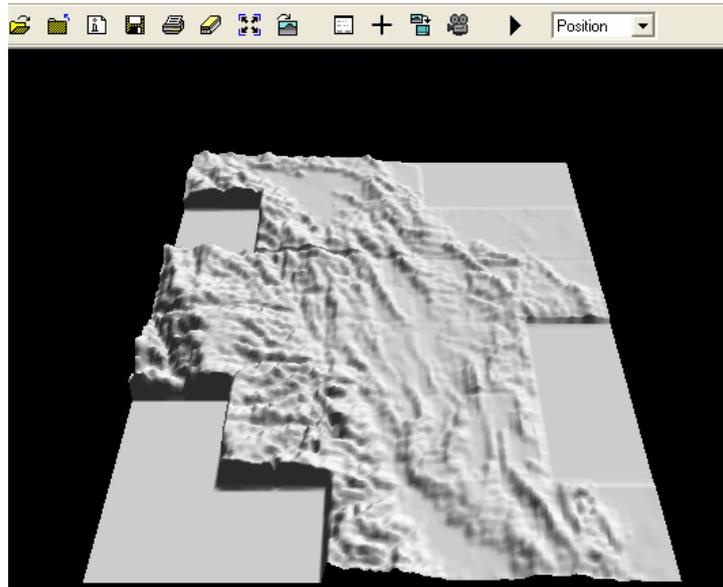


Figura 17: Modelo Digital de Elevación del Departamento de San Martín.

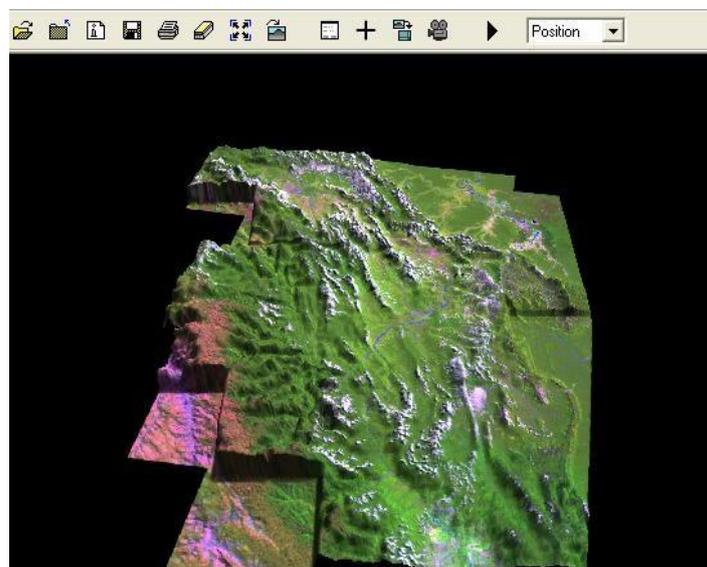
A partir del MDE y haciendo uso del módulo VirtualGIS Viewer de ERDAS IMAGINE se preparó una serie de capas las cuales sirvieron para construir el modelo 3D. La limitación del MDE se da en aquellas áreas que por falta de información o información insuficiente. Estas áreas al momento de generar el MDE presenta grandes huecos (como valles) dentro del modelo y puede significar confusión al momento de hacer la interpretación. También es importante mencionar que este mismo hecho se presentó en algunas áreas de empalme entre las cartas a pesar de haber hecho la reproyección y homogenización de las mismas al mismo sistema de proyección.

En este proceso se tuvo que considerar algunas condiciones para que la presentación 3D sea la más próxima a la realidad. En ese sentido se tuvo que aplicar una exageración a la topografía del terreno con la finalidad observar el relieve.

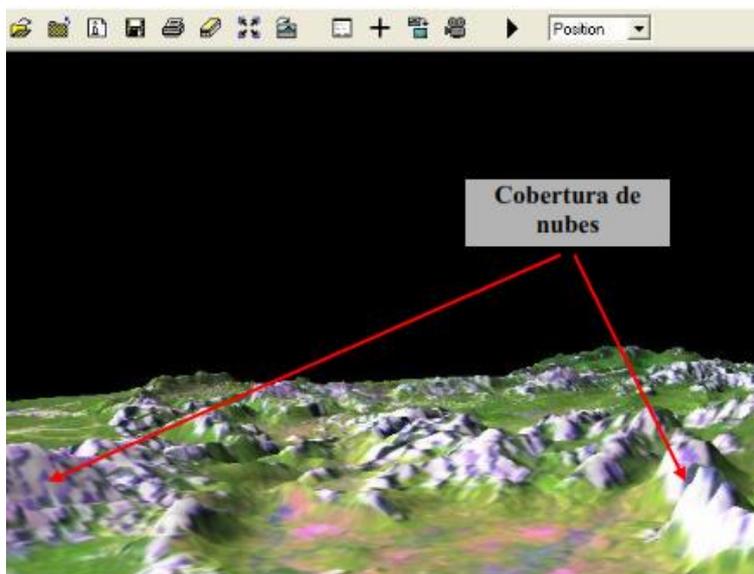


**Figura 18: Modelo Digital de Elevación en el Virtual GIS Viewer, vista 3D.**

- Ciertamente, en su mayoría las herramientas SIG incorporan funciones de visualización 3D, pero éstas son muy básicas, es decir, permiten de alguna forma observar perspectivas del terreno, algún efecto de niebla, la posibilidad de realizar vuelos animados sobre los MDE, entre otras.
- La aplicación del MDE superpuestas sobre el mosaico de imágenes de satélite nos permitió ubicar y visualizar de forma casi real los sitios de patrones de uso de la tierra (deforestación en zonas de fuerte pendiente), red de carreteras, centros poblados, zonas de muestreo, entre otras características presentes en el paisaje y que amerite su interpretación y por consiguiente su caracterización en una cobertura temática.
- Debido a que el mosaico fue construido con imágenes ópticas, la presencia de nubes no permitieron tener una mejor visión del contexto a medida que se realizaba el vuelo sobre una línea construida para tal fin.



**Figura 19: Mosaico de Imágenes sobre el MDE, vista 3D.**



**Figura 20: Animación de sobre vuelo en 3D.**

## **3.2. Aplicaciones SIG:**

### **3.2.1 Acondicionamiento y preparación del material cartográfico base**

Proceso que tiene su inicio en la Evaluación y preparación de información temáticas y tabular antes de proceder a la interpretación de las imágenes individuales o el mosaico de las mismas para generar los mapas temáticos, intermedios y final de ZEE.

- Con las imágenes de satélite y la cartografía oficial de la Carta Nacional en formato digital se hizo el acondicionamiento cartográfico de la red hidrográfica del área de estudio adicionando y eliminando polígonos y líneas según el caso. Este acondicionamiento se hizo sobre los vectores de ríos (polígonos) y la red de drenaje (líneas).
- La escala de acondicionamiento de la hidrografía es la misma que se empleó para la interpretación visual: 1:100,000 teniendo en cuenta que Ésta es la escala de la Carta Nacional.

### **3.2.2 Interpretación y digitalización de la información temática**

Proceso que comprende la observación, análisis y trazado de las características de la superficie terrestre desde el punto de vista del tema en observación, que puede ser físico, biológico o socioeconómico. Ej. Fisiografía, Geología, Suelo, Vegetación, Frente socioeconómicos, entre otros.

- La interpretación temática, en este caso, fue un proceso que se fundamentó en la delimitación y separación de unidades sobre la base de elementos identificables haciendo uso de imágenes de satélite Ópticas (Landsat TM y ETM+) o de RADAR (Jers-1 SAR). Se observaron patrones de relieve, grado de disección, patrones de drenaje, Vegetación, tonalidades de colores, distribución espacial de los elementos del paisaje, entre otras características dependiendo el tema en observación. Este trabajo fue realizado por un grupo interdisciplinario de especialistas en diferentes temas, pertenecientes al Programa de Ordenamiento Ambiental POA del IIAP.

**Cuadro 09: Lista de grupo interdisciplinario de especialistas encargados de la interpretación temática.**

<b>Especialista</b>	<b>Tema</b>
Ing. Roger Escobedo	Fisiografía. Suelos. Capacidad de Uso Mayor de las Tierras. Aptitud Productiva
Ing. Francisco Reátegui	Forestal. Aptitud Productiva
Ing. Walter Castro	Geología. Geomorfología. Vulnerabilidad
Ing. Juan Ramírez	Uso Actual
Blgo. Filomeno Encarnación	Vegetación. Valor Bio-ecológico
Blgo. José Maco	Hidrografía. Clima. Cuencas Hidrográficas
Econ. Luis Limachi	Socioeconomía
Ing. Wagner Guzmán	Potencialidades

- La metodología empleada para la interpretación de las imágenes de satélite se basa en la observación visual y la delimitación de las características espectrales de los elementos del paisaje en pantalla. Un aspecto importante de este trabajo es la escala de interpretación que debe ser constante en todo el trabajo. La escala empleada según el nivel de zonificación (macro) fue de 1:100,000. Según los parámetros cartográficos establecidos la unidad mínima cartografiable debería fluctuar entre 4 y 5 mm. En el presente estudio se usó estos parámetros, teniendo en cuenta 5mm como la unidad mínima considerada lo que en el campo significa 25 ha.
- El proceso de digitalización se hizo con el software ArcViewGIS.
- Se creó un archivo vector de líneas (\*.shp) para cada tema, sin tener en cuenta la hidrografía como parte de este archivo.
- Al momento de interpretar y caracterizar (digitalizar) las unidades, con la misma herramienta de dibujo se asigna un número a éstas para que sirva como referencia al momento de la codificación.

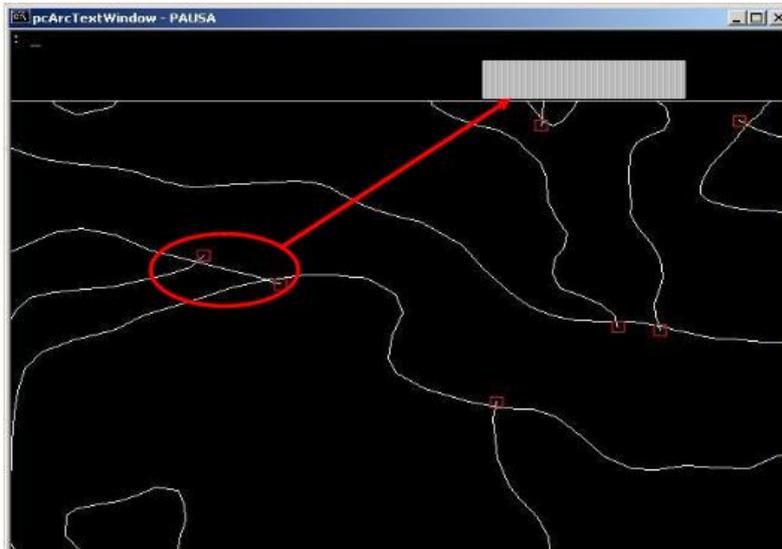
**Figura 21: Tema vector líneas de Geología digitalizadas teniendo en cuenta la hidrografía como base.**

### 3.2.3 Edición y atribución (codificación)

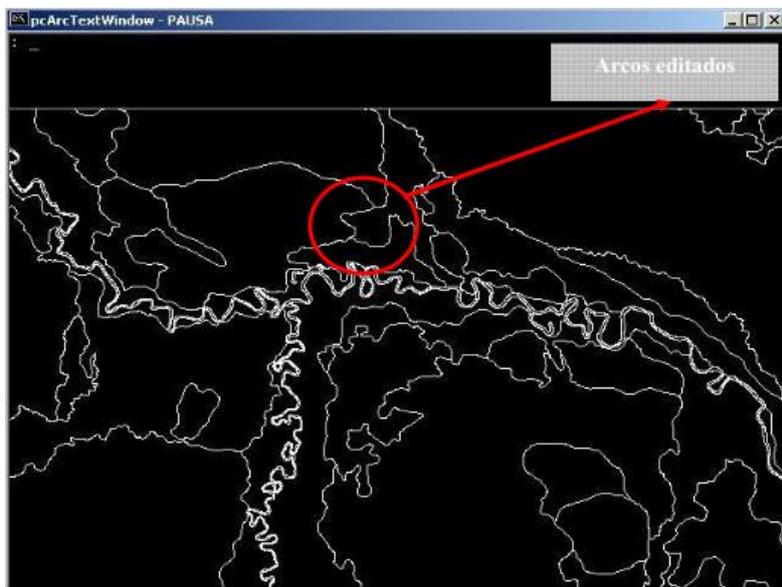
Una base de datos digital consiste de dos tipos de información: Espacial y descriptiva. La espacial consta de entidades representadas por vectores polígonos, líneas y puntos. Después de ejecutado el proceso de digitalización de las entidades polígonos, líneas o puntos, algunas presentan deficiencias en su arreglo espacial, es por ello que se hace necesario la edición de las mismas. La gran potencialidad de los SIG

radica en la capacidad que tienen éstos de poder asignar atributos a las entidades gráficas espaciales y crear una relación entre ambos. Este proceso es conocido como atribución o codificación.

- Los temas fueron trabajados, en principio en ArcViewGIS y luego en ArcInfo, donde fueron convertidos a formato arc para hacer el pegado con la hidrografía base de polígonos, también en formato arc. Es aquí donde, utilizando el editor de ArcInfo, se hacen las correcciones de las líneas, teniendo siempre en cuenta que la tolerancia de cada cobertura no sea mayor de 10 (metros) ya que puede causar variaciones al momento de correr la topología de la misma.



**Figura 22: Cobertura de arcos sin editar**



**Figura 23: Cobertura de arcos editada.**

- Culminado el proceso de edición de arcos la cobertura está lista para ser etiquetada. Se crearon las etiquetas para cada Polígono donde, seguidamente, se asignaron los atributos de los mismos. El creador de las etiquetas para cada Polígono se hace en ArcInfo pero la codificación se hace en la tabla de atributos de cada tema empleando ArcViewGIS.

- La codificación de cada una de las unidades pertenecientes a las coberturas se hicieron sobre las celdas que, a su vez, pertenecen a un campo de datos generados ya sea numérico o alfanumérico. El campo de codificación (código) es numérico y el campo de información (descripción del código) es alfanumérico, es decir, texto. Los códigos son determinados teniendo en cuenta el orden que llevar en la leyenda al momento de hacer la composición del mapa.

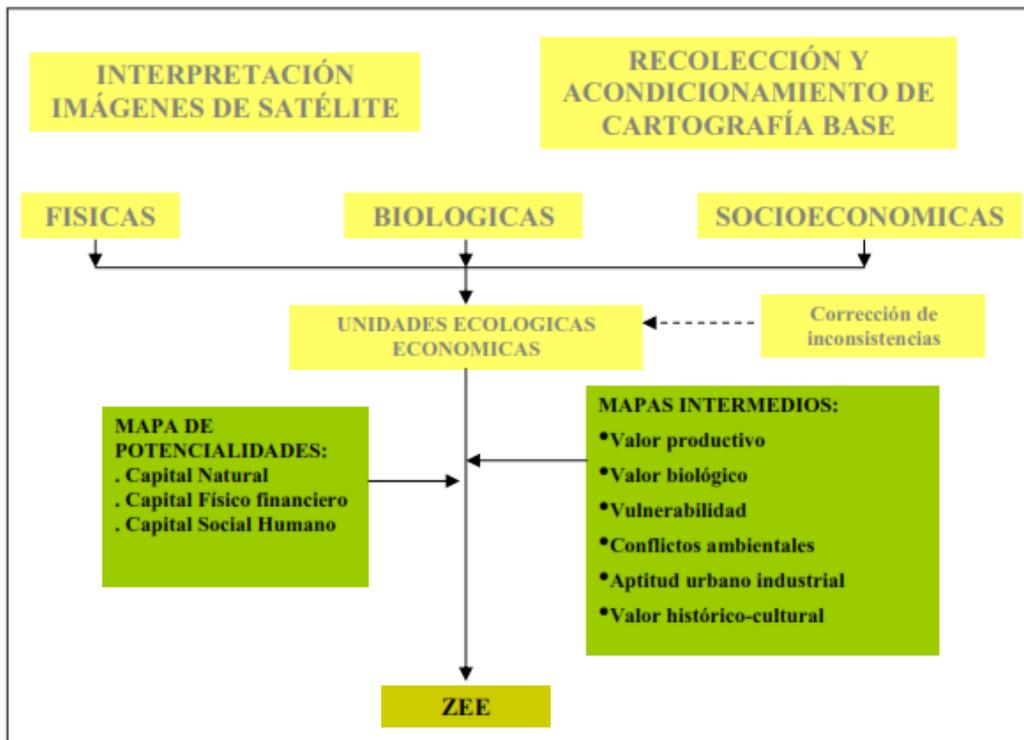
Shape	Area	Perimeter	Fisis	Fisis_id	Fisiscode	Des_fis
Polygon	581064500.000	283874.000000	2	1	7	T. Cal a Templ. Rel. Mont. y C./C. Sub. Montañas altas de laderas empinadas
Polygon	180273900.000	59764.510000	3	2	8	T. Cal a Templ. Rel. Mont. y C./C. Sub. Montañas altas de laderas muy empinadas
Polygon	295180500.000	145469.300000	4	3	9	T. Cal a Templ. Rel. Mont. y C./C. Sub. Montañas altas de laderas muy empinadas
Polygon	119740700.000	54715.560000	5	4	11	T. Cal a Templ. Rel. Mont. y C./C. Sub. Montañas bajas de laderas empinadas
Polygon	674428700.000	289542.000000	6	5	7	T. Cal a Templ. Rel. Mont. y C./C. Sub. Montañas altas de laderas empinadas
Polygon	12284830.0000	15715.460000	7	6	10	T. Cal a Templ. Rel. Mont. y C./C. Sub. Montañas bajas de laderas Mod. empinadas
Polygon	19216570.0000	22931.560000	8	7	12	T. Cal a Templ. Rel. Mont. y C./C. Sub. Montañas bajas de laderas muy empinadas
Polygon	19853400.0000	25788.810000	9	8	11	T. Cal a Templ. Rel. Mont. y C./C. Sub. Montañas bajas de laderas empinadas

Figura 24: Tabla de atributos indicando los campos de codificación y descripción de la codificación.

### 3.2.3 Modelamiento SIG para la ZEE

Este proceso ha venido siendo mejorado en los diferentes procesos de ZEE que viene ejecutando el IIAP en el Programa de Ordenamiento Ambiental y la Unidad de Información Geográfica y Teledetección. En esta etapa se hace uso interactivo de las diferentes coberturas temáticas, utilizando la información gráfica y tabular. El análisis gráfico y tabular no sería posible de no desarrollar modelos que, mediante superposición de coberturas, nos permitan corroborar las hipótesis planteadas y validar el modelo final de ZEE.

- Teniendo presente la metodología empleada en la ZEE, se siguieron algunos pasos en la elaboración del modelo SIG-ZEE. Se emplearon las coberturas temáticas de las variables físicas, biológicas y socioeconómicas, con la finalidad de generar las coberturas intermedias o UEE, la que posteriormente es insumo para generar la cobertura final de ZEE.

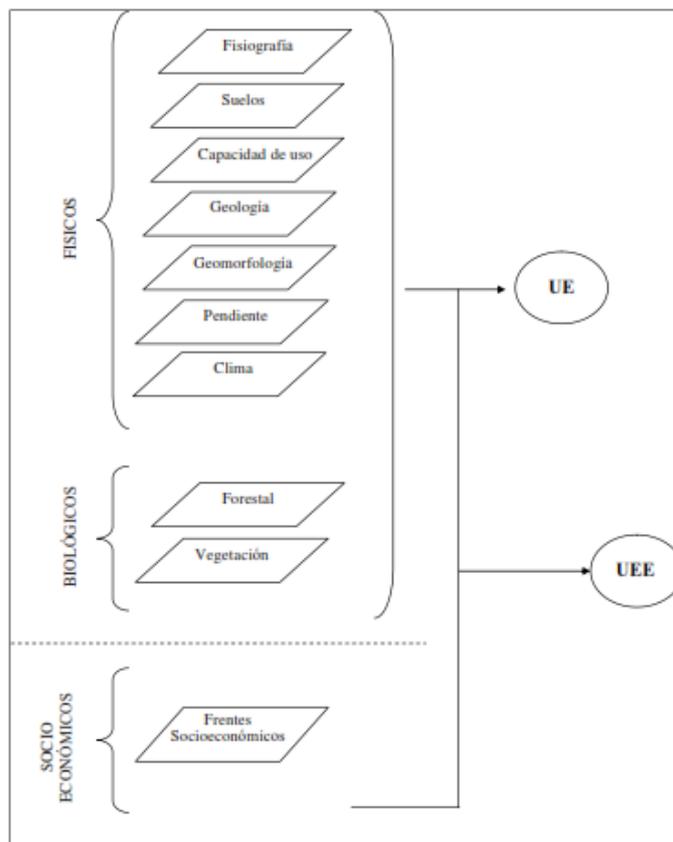


**Figura 25: Esquema de la metodología ZEE.**

- Se utilizó las coberturas temáticas organizándolas por variables: Variables físicas en primer lugar las que comprenden los temas de: Fisiografía, Suelos, Capacidad de uso, Geología, Geomorfología, Pendiente y Clima.

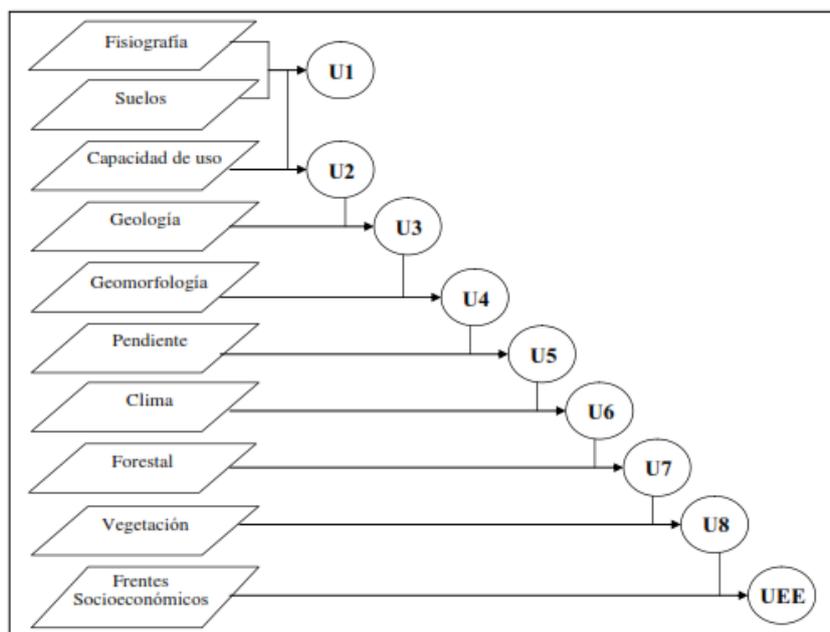
Variables biológicas : Forestal y Vegetación.  
Socioeconomía : Frentes socioeconómicos.

- En algunos casos se utilizó coberturas auxiliares que fueron creadas en su momento, dependiendo de la demanda del trabajo. Ej. La cobertura de deforestación utilizada para analizar conflictos de uso fue creada a partir de la cobertura forestal.



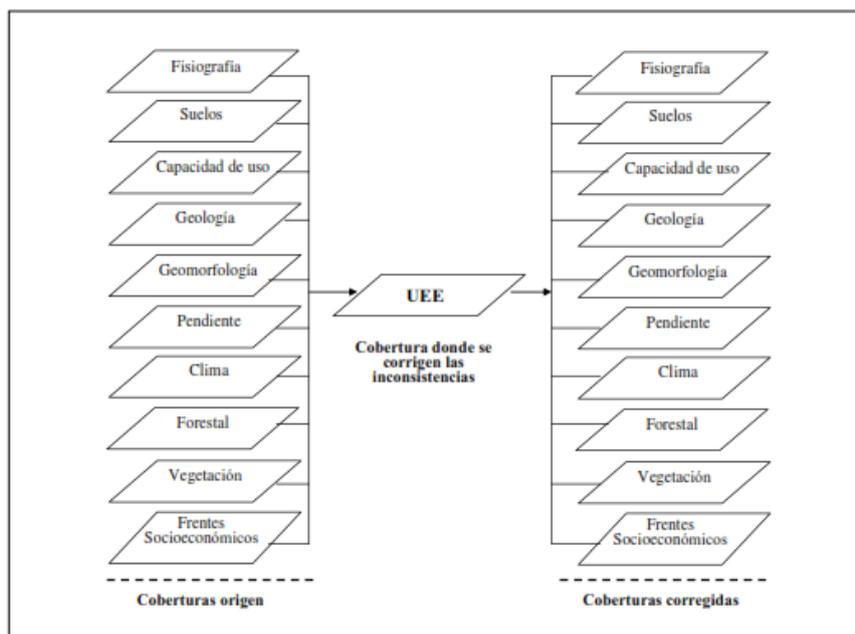
**Figura 26: Esquema de coberturas temáticas (físico, biológico y socioeconómico) e intermedias (Unidades Ecológica UE y Unidades Ecológica Económicas UEE).**

- Se hizo la unión de los temas mediante el proceso de overlay. Los gráficos y sus respectivas tablas se unen para formar una nueva cobertura que se titula UEE (Unidades Ecológicas Económica).



**Figura 27: Esquema de unión de mapas temáticos para obtener las UEE**

- En la tabla de atributos de la cobertura UEE se tienen los gráficos y campos correspondientes a todos los temas facilitando el arreglo de inconsistencias. Para corregir las inconsistencias se tomó como base la cobertura de fisiografía y sobre las líneas de ésta se arreglan las demás coberturas. Estas inconsistencias consisten en polígonos que no tienen relación respecto la cobertura base, por lo general son de superficie muy reducida (polígonos muy pequeños) y no representan unidades cartográficas importantes para el análisis. Las inconsistencias no solamente se manifiestan en los gráficos, también las tablas de atributos son susceptibles a errores y éstas tienen que ser observadas y corregidas oportunamente.
- Con las UEE corregidas se volvió a generar las coberturas temáticas. Este proceso permite, entonces, que al momento de extraer y cuantificar las áreas exista una coincidencia en el total, específicamente las áreas del límite de estudio, la hidrografía y los centros poblados.



**Figura 28: Esquema del arreglo de inconsistencias.**

- Seguidamente se generaron las coberturas de Evaluación o coberturas intermedias. Este proceso se realizó en la tabla de atributos de la cobertura UEE con las coberturas corregidas.
- En la tabla de atributos de esta nueva cobertura los polígonos fueron ordenados de forma ascendente respecto a la superficie (áreas) de los mismos (de menor a mayor). Luego se creó un nuevo campo numérico el cual se codifica en forma ascendente, inclusive. Este campo fue considerado como el campo relacional, es decir, el que sirva como enlace entre la tabla de atributos de la cobertura y las tablas externas trabajadas individualmente en el proceso de Evaluación.
- Esta tabla de atributos se exportó y se generó un archivo de base de datos (\*.dbf), limpia los campos que no son necesarios en la Evaluación. Este proceso se hace teniendo en cuenta las variables a evaluar para cada cobertura intermedia.

Cuadro 10: Esquema de las variables evaluadas para genera coberturas intermedias.

Variable Biofísica	Aptitud Productiva	Aptitud Piscícola	Valor Bioecológico	Vulnerabilidad	Conflictos de Uso	Vocación Urbano Industrial
Fisiografía						
Suelos						
Capacidad de uso						
Geología						
Geomorfología						
Pendiente						
Clima						
Forestal						
Vegetación						
Frentes socioeconómicos						
Hidrografía						
Potencial forestal						
Accesibilidad						
Áreas Naturales Protegidas						
Centros poblados urbanos						
Dotación de servicios						
Deforestación						

Coberturas temáticas

Coberturas auxiliares

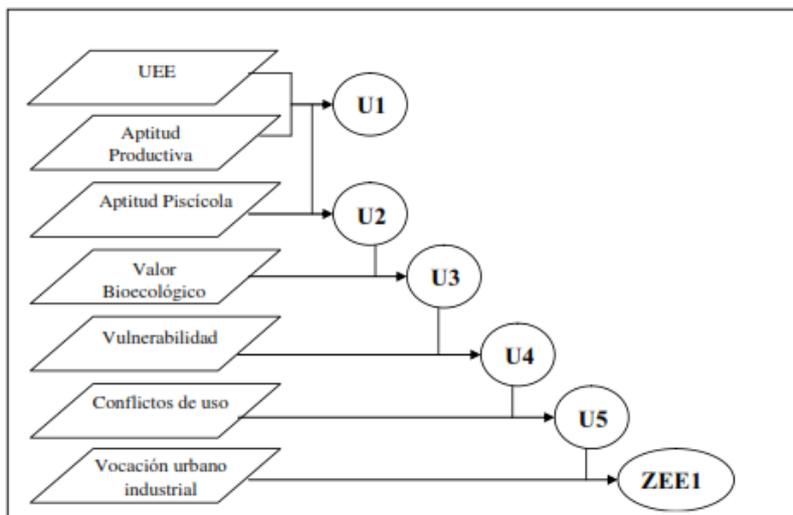
- Las coberturas temáticas son generadas por los especialistas de cada tema, mientras que las coberturas auxiliares se generan, según la necesidad, para servir como insumo en la Evaluación.
- Dependiendo de las variables evaluadas, éstas fueron asignadas un valor numérico. Seguidamente fueron agrupadas según el grado de Evaluación: Muy alto, Alto, Medio, Bajo, Muy bajo.
- Las tablas externas se trabajaron independientemente en hojas de cálculo de Excel o también en archivos base de datos \*.dbf.
- Seguidamente se hizo la unión física de la tabla externa con la tabla de atributos de la nueva cobertura. Este proceso se hace únicamente sobre coberturas arcos creados en el software ArcInfo y no en temas shapes creados en ArcViewGIS donde la unión es solamente lógica y momentánea. El comando utilizado es joinitem.

Ej: JOINITEM FISIO.PAT FISIO.TABLA FISIO.PAT CODE DESCRIP

Donde:

- + JOINITEM = Comando de ArcInfo para la unión de tablas
- + FISIO.PAT = Tabla de atributos de la cobertura
- + FISIO.TABLA = Archivo \*.dbf que se sitúa en la estructura del archivo FISIO
- + CODE = Campo relacional para ambas tablas
- + DESCRIP = Campo de inicio de la unión en la dbf de la cobertura FISIO

- Se unieron las coberturas intermedias (UEE) para tener todos los gráficos y tablas en una sola cobertura. Seguidamente se procedió a la creación de la cobertura ZEE1.



**Figura 29: Esquema de unión de la cobertura UEE con intermedios para obtener la versión ZEE1.**

- En la tabla de atributos de la cobertura ZEE1 se crearon los campos donde se consignaron los códigos y descripciones de la ZEE (zeecode, zee, zonas, grandes zonas).

**Cuadro 11: Descripción de los campos de codificación para el modelamiento del mapa ZEE. (Fuente: Módulos de Práctica para el curso de Ordenamiento Ambiental v 3.0)**

GRANDES ZONAS	ZONAS	ZEE
<p>LEYENDA NIVEL 1 Completaremos este campo o columna con el título de las grandes agrupaciones en el leyenda del mapa ZEE</p> <p>Ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas productivas</li> <li>• Zonas de protección y Conservación ecológica, etc.</li> </ul>	<p>LEYENDA NIVEL 2 Este campo recoge el nombre de los subtítulos de la leyenda</p> <p>Por ejemplo, dentro de zonas productivas podemos hacer sub agrupaciones como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas de producción agropecuaria;</li> <li>• Zonas de producción forestal, etc.</li> </ul>	<p>LEYENDA NIVEL 3 Este campo contiene el nombre final de las zonas ecológicas económicas (ZEE), es decir es la desagregación más extendida de la leyenda.</p> <p>Por ejemplo, las posibles zee dentro de las zonas agropecuarias podrían estar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas para cultivos en limpio</li> <li>• Zonas para cultivos permanentes con limitaciones de drenaje, etc.</li> </ul>

- Se utilizó el modelo de exclusión, el cual es considerado como una forma directa y secuencial de discriminar las unidades ZEE a partir de la exclusión de las UEE e intermedios en función de sus características más predominantes. Este método excluye, como su nombre lo indica, las unidades empezando por aquellas que predominan sobre otras.
- La primera selección de variables se hizo sobre el campo ANP del tema frentes socioeconómicos. Se procedió al llenado de los campos de la tabla de atributos en el campo de nombre “zee”. Lo mismo se hace con los campos “zonas” y “grandes zonas”. La segunda selección se hizo sobre la variable Alto del tema Vocación urbana e industrial. Siguiendo el mismo criterio y apoyado con la tabla que se muestra a continuación (Cuadro 10), se procedió al llenado de los campos respectivos en tabla de atributos.

**Cuadro 12: Campos de la cobertura UEE y variables relevantes necesarios en el modelamiento de la cobertura que genera el mapa de ZEE.****(Fuente: Módulos de Práctica para el curso de Ordenamiento Ambiental v 3.0)**

CAMPOS DE LA COBERTURA UEE E INTERMEDIOS RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO DE LA ZEE	VARIABLES RELEVANTES	GRANDES ZONAS (grandes zonas)	ZONAS (SUB TITULOS) (zonas)	ZEE (zee)	ALGORITMO
Frentes socioeconómicos	ANPs	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Nombre de cada ANP (ej. Parque Nacional Manu)	Seleccionar todas las ANPs y reemplazar el campo zee con los nombres de las ANPs
Vocación urbano Industrial	Alto	Zona de Vocación urbano industrial	Zona de Vocación urbano industrial	Zonas de expansión urbana y/o industrial	Seleccionar todas los polígonos con vocación urbano industrial alto que no hayan sido seleccionados previamente (seleccionados como ANP)
Conflictos de uso	Áreas de vocación forestal con uso agropecuario	Zona de recuperación	Zona de recuperación	Zona de recuperación de tierras forestales	Seleccionar todas los polígonos con Vocación forestal con usos agropecuario que no hayan sido previamente seleccionados (ANP o vocación urbano industrial alto)
	Áreas de Protección con uso agropecuario	Zona de recuperación	Zona de recuperación	Zonas de recuperación de tierras de protección	Seleccionar todas los polígonos de protección con uso agropecuario que no hayan sido previamente seleccionados (ANP o vocación urbano industrial alto)
Valor Bioecológico	Alto	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zonas de protección de zonas de alto valor bioecológico o zonas de protección de "Ó NOMBRE Ó". (Ej. Zonas de protección de aguajales del alto Mayo).	Seleccionar todas los polígonos de "muy alto valor bioecológico que no hayan sido previamente seleccionados (ANP o vocación urbano industrial alto o conflictos de uso)
Aptitud productiva	Cultivos en limpio	Zonas productivas	Zonas para cultivo en limpio	Nombre de la unidad en el mapa de aptitud productiva (ej. Zona para cultivo en limpio con calidad agrologica media con limitaciones por pendiente)	Seleccionar todas los polígonos para cultivos en limpio que no hayan sido previamente seleccionados (ANP, vocación urbano industrial alto, conflictos de uso o Muy alto valor bioecológico)
	Cultivos permanentes	Zonas productivas	Zonas para cultivo permanente	Nombre de la unidad en el mapa de aptitud Productiva (ej. Zona para cultivo permanente con calidad agrologica baja con limitaciones por drenaje)	Seleccionar todas los polígonos para cultivos permanentes que no previamente no hayan sido seleccionados (ANP, vocación urbano industrial alto, conflictos de uso o Muy alto valor bioecológico)
	Pastos	Zonas productivas	Zonas para manejo de pastos	Nombre de la unidad en el mapa de aptitud Productiva (ej. Zona para pastos asociado con Producción Forestal	Seleccionar todas los polígonos para pastos que no previamente no hayan sido seleccionados (ANP, vocación urbano industrial alto, conflictos de uso o Muy alto valor bioecológico)

CAMPOS DE LA COBERTURA UEE E INTERMEDIOS RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO DE LA ZEE	VARIABLES RELEVANTES	GRANDES ZONAS (grandes zonas)	ZONAS (SUB TITULOS) (zonas)	ZEE (zee)	ALGORITMO
	Forestal	Zonas productivas	Zonas para producción forestal y otras asociaciones	Nombre de la unidad en el mapa de aptitud Productiva (ej. Zona para producción forestal asociado con Cultivos permanentes)	Seleccionar todas los polígonos de aptitud forestal que no previamente no hayan sido seleccionados (ANP, vocación urbano industrial alto, conflictos de uso o Muy alto valor bioecológico)
	Protección	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Nombre de la unidad en el mapa de aptitud Productiva (ej. Zona para cultivo en limpio con calidad agrológica media con limitaciones por pendiente)	Seleccionar todas los polígonos de protección que no previamente no hayan sido seleccionados (ANP, vocación urbano industrial alto, conflictos de uso o Muy alto valor bioecológico)
	Pesca comercial	Zonas productivas	Zonas para Producción pesquera	Zona de pesca comercial	Seleccionar las zonas de aptitud para pesca comercial
	pesca de subsistencia	Zonas productivas	Zonas para Producción pesquera	Zona de pesca de subsistencia	Seleccionar las zonas de aptitud para pesca de subsistencia
	Aptitud minera	Zonas productivas	Otras zonas productivas	Área con potencial minero	Extraer los símbolo del mapa de aptitud productiva
	Áreas con potencial Turístico	Zonas productivas	Otras zonas productivas	Áreas con potencial turístico	Extraer los símbolo del mapa de aptitud productiva

- El campo que genera el mapa de ZEE final es el de nombre “zee”, los otros campos servirán como información adicional en la tabla de atributos de la cobertura final de ZEE y como material de consulta.

zeecode	zee	zonar	guardar_zonar
31	Zona de protección por pendiente y suelo asociado con pro...	Zonas de protección y conservación ecológica	Zonas de protección y conservación ecológica
10	Zona para Cultivo permanente y pastos de Cal Agro. media y	Zonas para producción agropecuaria	Zonas productivas
11	Zona para Cultivo permanente y producción forestal de Cal	Zonas para producción agropecuaria	Zonas productivas
27	Zona de protección por pendiente y suelo con áreas boscos	Zonas de protección y conservación ecológica	Zonas de protección y conservación ecológica
3	Zona para Cultivo en linspo de Cal. Agro. media y baja con li	Zonas para producción agropecuaria	Zonas productivas
22	Zona para pesca de subsistencia	Zonas para producción pesquera	Zonas productivas
31	Zona de protección por pendiente y suelo asociado con pro...	Zonas de protección y conservación ecológica	Zonas de protección y conservación ecológica
27	Zona de protección por pendiente y suelo con áreas boscos	Zonas de protección y conservación ecológica	Zonas de protección y conservación ecológica
25	Bosque de protección Alto Majo	Zonas de protección y conservación ecológica	Zonas de protección y conservación ecológica
27	Zona de protección por pendiente y suelo con áreas boscos	Zonas de protección y conservación ecológica	Zonas de protección y conservación ecológica

**Figura 30: Disposición de los campos utilizados en la cobertura de ZEE final.**

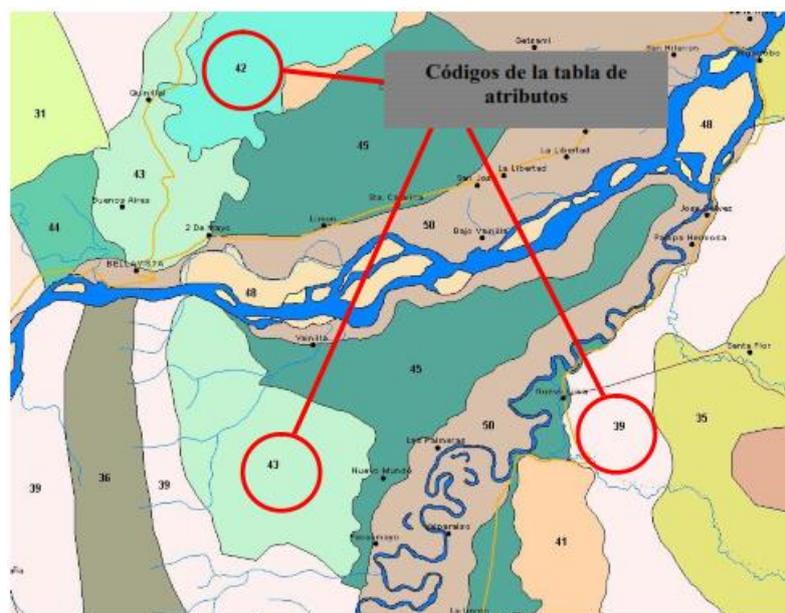
- El mapa de ZEE final, además de delimitar las unidades relativamente homogéneas del territorio, debe contener las recomendaciones de uso para cada una de las Unidades Ecológica Económicas (UEE). Debemos mencionar que las UEEs son espacios territoriales que se caracterizan por ser homogéneas hacia su interior pero sustancialmente distintas respecto de sus áreas vecinas. Teóricamente, es posible (aunque no siempre) encontrar espacios territoriales con las mismas características en 2 o más sectores del territorio, es decir, una misma UEE puede estar localizada en varios sectores, aislados unos de otros.
- En un trabajo interdisciplinario se deciden los posible usos que se van a dar a las Zonas Ecológicas y Económicas (agricultura anual, agricultura perenne, agroforestería, ganadería, selvicultura, construcción de vía, actividad minera, investigación, turismo, agrosilvopastura, entre otros) y las recomendaciones que se da a cada unidad para determinado uso (uso recomendable, uso recomendable con restricciones, y uso no recomendable). Estos datos también se consignan en la tabla de atributos de la ZEE final.

**Cuadro 13: Lista de coberturas arcos (ArcInfo) usadas en los mapas temáticos, intermedios y final de ZEE.**

COBERTURAS (ARCOS)	DESCRIPCIÓN DE LA COBERTURA	CAMPO DE CODIFICACIÓN	CAMPO DE DESCRIPCIÓN	TIPO DE VECTOR
APTIPIS	Aptitud Piscícola	V-pisci	Des_pisci	Polígono
APTIPRO	Aptitud Productiva	Apticode	Des_aptipr, Simbol	Polígono
BASIN	Límite de cuencas	Sin Código	Sin Descripción	Línea
CAPUSO	Capacidad de uso mayor de las tierras	Capucode	Des_capu	Polígono
CLIMA	Clima	Climacode	Des_clima, Simbolo	Polígono
CONANP	Área Naturales Protegidas	Anpcode	Des_anp	Polígono
CONCCNN	Comunidades Nativas	Ccnncode	Des_ccnn	Polígono
CONFORES	Concesiones forestales	Conceuso	Des_conce	Polígono
CONFUSO	Conflictos de uso	V_confu	Des_confu	Polígono
CONMINE	Concesiones mineros	Minocode	Des_mine	Polígono
CUENCAS	Cuencas hidrográficas	Code3	Tercero	Polígono
ECOZOO	Ecozooregiones Geográficas	Zoocode	Des_zoo	Polígono
FISIO	Fisiografía	Fisicode	Des_fis	Polígono
FORES	Forestal	Forecode	Descrip, Simbolo	Polígono
FRAGMEN	Fragmentación de habitats	Fragmecomcode	Des_fragme	Polígono
FRENTE	Frentes Socioeconómicos	Frentecomcode	Des_frente	Polígono
GEOL	Geología	Geolcode	Des_geol	Polígono
GEOMO	Geomorfología	Geomocode	Des_geom	Polígono
SUELO	Suelos	Suelocode	Tipo_suelo	Polígono
USOS	Uso actual	Usocode	Des_usos	Polígono
VALECOL	Valor bioecológico	V_ecol	Des_ecol	Polígono
VEGETA	Vegetación	Vegetcode	Des_veget	Polígono
VOCURBI	Vocación Urbano e Industrial	V_vocur	Des_vocur	Polígono
VULNERA	Vulnerabilidad	V-vulnera	Des_vulner	Polígono
ZEE1	Zonificación Ecológica Económica	Todos los campos de los temas físicos, biológicos, socioeconómicos y UEE		Polígono
ZEEFIN	Zonificación Ecológica Económica	Zeecomcode (disuelto)	Des_zee	Polígono

**3.2.4 Composición de mapas:** Es la adición de diferentes elementos que nos permiten interpretar y entender un mapa de manera adecuada, presentando la información de manera holística. Este proceso tiene algo de arte y ciencia.

- Con las coberturas listas y sus respectivas tablas de atributos, empleando el software ArcViewGIS y su módulo Layout, se procedió a generar las nuevas composiciones o mapas, teniendo en cuenta el formato de publicación; es decir, el formato debe ajustarse a la escala de publicación. Para este caso se consideró la escala 1:350,000 y el tamaño de papel (formato) 36x50 pulgadas.
- Se preparó una composición matriz la cual sirvió para la composición de los mapas temáticos e intermedios, así como para los mapas auxiliares. Para el mapa final se preparó otro tipo de formato debido a que la leyenda es muy grande e incluye datos adicionales que tienen que ser presentados de manera muy didáctica.
- Debido a que la información presentada en algunos mapas es muy extensa (Ej. Mapa de fisiografía) la diferenciación de las unidades caracterizadas se hace un tanto difícil al momento de asignar colores a las leyendas. Para superar este inconveniente se optó por asignar, en cada unidad representativa, el código empleado en la tabla de atributos.



**Figura 31: Etiquetas asignadas a las unidades ZEE.**

- La codificación en la leyenda es importante también, de esa manera se ubica rápidamente el color y número (código) en el mapa.

LEYENDA									
PROVINCIA FISIOGRÁFICA	UNIDAD CLIMÁTICA	GRAN PAISAJE	PAISAJE	SÍMBOLO		SUPERFICIE			
						ha.	%		
	Tierras frías prehúmedas, 9°C - 12°C, 1 750 - 1 800	Relieve montañoso (Cordillera Oriental)	Montañas altas	1	Laderas empinadas	74 629	1,46		
				2	Laderas muy empinadas	177 062	3,42		
			Relieve montañoso (Cordillera Oriental)	Montañas altas	3	Laderas empinadas	121 057	2,34	
					4	Laderas muy empinadas	476 335	9,25	
					Montañas altas	5	Laderas extremadamente empinadas	630 622	10,30
						6	Laderas moderadamente empinadas	160 054	3,09
						7	Laderas empinadas	366 695	6,53
						8	Laderas muy empinadas	652 376	10,68
						9	Laderas extremadamente empinadas	122 607	2,37
						10	Laderas moderadamente empinadas	40 095	0,74

↓

**Símbolos y códigos de la leyenda**

Figura 32: Códigos de las unidades caracterizadas.

### 3.3. Aplicaciones GPS:

**3.3.1 Colecta y procesamiento de datos de campo:** Proceso por el cual se adquiere datos de coordenadas para la verificación y acondicionamiento de la data satelital y temática.

- Con la finalidad de hacer la verificación de las unidades caracterizadas en el trabajo de gabinete se prepararon ventanas extraídas del mosaico de imágenes de satélite adicionando la cobertura de vías y los puntos de muestreo para cada variable temática. Se tuvo en cuenta el límite departamental propuesto en un inicio.
- La combinación de bandas espectrales más adecuada para este trabajo de campo fue la 543 ñ RGB y la escala de impresión considerada de 1:100,000. La grilla de coordenadas se tuvo un intervalo de 2000 metros.

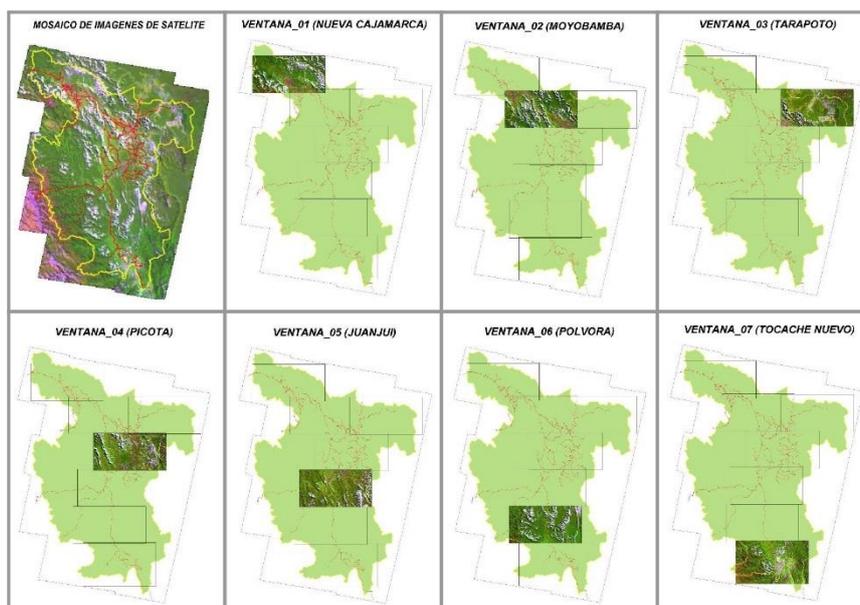


Figura 33: Índice de ventanas de imágenes empleadas en el trabajo de campo.

- Haciendo uso de una unidad GPS (Navegador) se levantó 301 datos de coordenadas UTM. El levantamiento de coordenadas se hizo a lo largo de la carretera principal (Francisco Belaunde Terry o más conocida como la marginal de la selva) teniendo en cuenta que la colecta de datos se hiciera sobre áreas que presentan alguna diferencia visible y contrastante en las imágenes elaboradas para tal fin. Ver anexo de imágenes y mapas en la sección: Imágenes para el trabajo de campo. Se consideraron, en este sentido, cruce de puentes y ríos, plaza principal de los centros poblados, formaciones geológicas, entre otras zonas de fácil accesibilidad. De igual manera con el módulo Track de la unidad GPS se registró el trazo de la carretera principal y algunas carreteras secundarias.
- Por lo limitado en tiempo, la toma de datos, en algunos casos se tuvo que hacer desde el automóvil en movimiento y porque se consideraba que el dato no influiría mucho en el resultado (zona de transición de unidades visibles en la imagen). Para el caso de centros poblados y cruce de puentes se detenía la movilidad por espacio de 5 a 10 minutos hasta que la unidad GPS se estabilizara y no mostrara mucha fluctuación en el nivel de error. El promedio estimado en el error fue registrado entre 7 y 15 metros +/-.
- De regreso y como fase de acondicionamiento de la data de campo se utilizó el software Map Source de Garmin V para transferir la data (coordenadas y trazo de la carretera) de la unidad GPS al ordenador. Este proceso de exportación de puntos permitió transferir los datos en formato \*.dxf. Estos datos tuvieron que ser convertidos a formato \*.dbf para ser acondicionados y luego convertirlos al formato \*.shp de ArcViewGIS para ser manipulados adecuadamente. En el caso de la data de líneas (trazo de las carreteras) solamente se exportó de \*.dxf a \*.shp para su edición final.

**Cuadro 15: Coordenadas UTM registradas con la unidad GPS en el trabajo de campo.**

ID	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z (ALTITUD)	PUNTO DE CONTROL TERRESTRE
1	205526	9371016	1098.9 m	AG VERDES PTE
2	312812	9256179	314.2 m	AGUA BLANCA
3	214936	9367446	959.8 m	AGUAS CLARAS PT
4	208312	9370623	1118.9 m	AGUAS VERDES
5	355191	9238086	235.2 m	BARRANQUA
6	325305	9218753	265.9 m	BELLAVISTA
7	291356	9323522	1002.3 m	BOCATOMA GERA
8	353039	9249053	220.0 m	BUENOS AIRES
9	271199	9333017	858.3 m	CALZADA CITY
10	317604	9172110	323.8 m	CAMPANILLA
11	342840	9230491	243.8 m	CASPISAPA
12	326409	9237909	278.7 m	CENTRO AMERICA
13	274003	9334400	1447.9 m	CIMA1
14	274060	9334454	1451.2 m	CIMA2
15	325906	9245972	284.0 m	CONSUELO
16	271876	9331967	849.9 m	CRUCE
17	346264	9284007	288.3 m	CUMBAZA PTE
18	344366	9290180	416.4 m	CUMBAZA PTE1
19	341209	9293747	582.7 m	CUMBAZA PTE2
20	335889	9279964	251.0 m	CUNUMBUQUI
21	328417	9270555	926.1 m	DIV-MAYO-SISA
22	326081	9243859	284.2 m	DOS UNIDOS
23	268549	9327471	850.2 m	HABANA CITY
24	308236	9196214	304.6 m	HUAYABAMBA PTE
25	304014	9191193	308.2 m	HUICUNGO
26	274003	9331011	828.1 m	INDOCHE PTE
27	694781	9585339	122.0 m	IOUITOS
28	286900	9324600	1074.6 m	IEPELACIO
29	295377	9324509	915.1 m	IERILLO

ID	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z (ALTITUD)	PUNTO DE CONTROL TERRESTRE
30	308596	9204888	279.6 m	IUANIUI
31	298635	9312047	815.1 m	LAHUARPIA
32	331518	9290216	873.2 m	LAMAS
33	332287	9289919	821.6 m	LAMAS CITY
34	333586	9283621	265.9 m	MACEDA
35	288578	9328742	819.2 m	MARONA
36	254551	9345055	821.6 m	MAYO
37	323005	9290934	289.7 m	MAYO PTE
38	336203	9280483	245.7 m	MAYO PTE1
39	282246	9333515	889.3 m	MIRADOR
40	347831	9283370	319.0 m	MORALES
41	281730	9331084	889.3 m	MOYOBAMBA
42	281490	9332604	883.3 m	MOYOBAMBA CITY
43	223569	9364534	987.2 m	NARANIOS
44	222612	9365391	963.1 m	NARANIOS PTE
45	234784	9357401	882.4 m	NARARANIILLO PT
46	244967	9341953	867.2 m	NVA CAIAMARCA
47	355609	9271544	620.0 m	P01
48	355656	9270469	224.4 m	P02
49	353818	9266837	228.2 m	P03
50	353557	9263920	241.7 m	P04
51	356529	9263484	390.2 m	P05
52	357540	9262300	211.1 m	P06
53	357622	9262335	206.1 m	P07
54	357768	9262378	202.0 m	P08
55	360340	9256816	521.6 m	P09
56	315526	9267654	419.0 m	P100
57	318254	9266342	569.2 m	P101
58	320156	9265889	582.4 m	P102
59	321506	9267737	533.9 m	P103
60	322678	9266479	601.9 m	P104
61	324474	9266242	656.7 m	P105
62	326322	9267099	739.4 m	P106
63	327890	9269587	895.1 m	P107
64	332223	9271713	694.9 m	P108
65	335478	9273513	490.6 m	P109
66	357366	9255617	237.3 m	P11
67	335363	9276504	358.9 m	P110
68	336434	9283054	304.4 m	P111
69	350606	9281954	330.8 m	P112
70	352363	9282673	451.7 m	P113
71	354801	9285056	754.0 m	P114
72	357336	9286304	910.7 m	P115
73	357258	9286693	1035.9 m	P116
74	355980	9288059	942.9 m	P117
75	354593	9290268	752.1 m	P118
76	355187	9291353	612.5 m	P119
77	356342	9252066	246.5 m	P12
78	356659	9290438	530.5 m	P120
79	359459	9288229	502.9 m	P121
80	361231	9289008	474.8 m	P122
81	360386	9291508	357.5 m	P123

ID	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z (ALTITUD)	PUNTO DE CONTROL TERRESTRE
82	358355	9294188	376.7 m	P124
83	357280	9296962	308.0 m	P125
84	357180	9299577	220.3 m	P126
85	358401	9302546	211.9 m	P127
86	362336	9302489	211.6 m	P128
87	364249	9304620	188.5 m	P129
88	351899	9245055	233.2 m	P13
89	339393	9284822	302.7 m	P130
90	338207	9285896	365.2 m	P131
91	335468	9287248	513.9 m	P132
92	335066	9283754	311.4 m	P133
93	327848	9286995	279.4 m	P134
94	291448	9327273	839.8 m	P135
95	276883	9331361	877.1 m	P136
96	271880	9331954	850.6 m	P137
97	270718	9329902	843.9 m	P138
98	269499	9327580	851.8 m	P139
99	355518	9237134	244.5 m	P14
100	265609	9326325	838.1 m	P140
101	265483	9326052	842.5 m	P141
102	264695	9325107	844.9 m	P142
103	263209	9324418	848.2 m	P143
104	265141	9323809	850.4 m	P144
105	265452	9322588	858.1 m	P145
106	265638	9322399	864.1 m	P146
107	266697	9321540	889.3 m	P147
108	269401	9327231	855.2 m	P148
109	266356	9332546	835.5 m	P149
110	351899	9245055	233.7 m	P15
111	264079	9331706	822.8 m	P150
112	262643	9331401	819.4 m	P151
113	261423	9330522	821.1 m	P152
114	260357	9330304	831.9 m	P153
115	260502	9329590	835.7 m	P154
116	255555	9332937	846.1 m	P155
117	250174	9335823	822.3 m	P156
118	247219	9337466	829.3 m	P157
119	241510	9348807	855.9 m	P158
120	238632	9354368	869.4 m	P159
121	357343	9239918	237.1 m	P16
122	232630	9359087	911.2 m	P160
123	229527	9361514	917.2 m	P161
124	226011	9364165	960.2 m	P162
125	218698	9365363	1060.0 m	P163
126	209812	9370034	1008.1 m	P164
127	205910	9371015	1095.3 m	P165
128	245909	9345154	853.5 m	P166
129	248180	9346638	835.7 m	P167
130	249688	9348332	824.9 m	P168
131	249624	9345993	834.3 m	P169
132	361103	9235097	247.7 m	P17
133	251512	9345576	827.3 m	P170

ID	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z (ALTITUD)	PUNTO DE CONTROL TERRESTRE
134	253324	9344341	825.4 m	P171
135	254123	9344880	823.0 m	P172
136	253221	9342648	824.2 m	P173
137	253573	9340401	824.7 m	P174
138	254429	9338671	823.2 m	P175
139	281701	9328173	967.7 m	P176
140	282247	9326321	1069.3 m	P177
141	284654	9325244	1161.1 m	P178
142	288917	9324115	1088.3 m	P179
143	360599	9237022	242.1 m	P18
144	289048	9323209	1042.4 m	P180
145	289087	9323050	1031.1 m	P181
146	290097	9323777	1052.8 m	P182
147	290695	9324270	1080.9 m	P183
148	291027	9323809	1033.5 m	P184
149	273755	9333544	966.7 m	P185
150	284570	9331127	824.9 m	P186
151	291187	9327491	833.3 m	P187
152	291458	9327280	836.5 m	P188
153	294303	9325571	827.3 m	P189
154	360591	9237052	243.8 m	P19
155	297484	9313529	774.2 m	P190
156	299655	9311322	806.4 m	P191
157	307156	9305615	997.2 m	P192
158	308366	9304604	1109.0 m	P193
159	309321	9302394	1113.8 m	P194
160	314227	9300849	870.8 m	P195
161	316327	9299707	743.2 m	P196
162	316320	9296555	507.2 m	P197
163	324427	9291344	357.7 m	P198
164	325665	9291679	481.3 m	P199
165	343788	9232120	247.7 m	P20
166	326447	9291694	574.5 m	P200
167	328585	9290902	744.2 m	P201
168	330418	9290548	825.7 m	P202
169	345785	9284140	292.6 m	P203
170	347158	9284760	307.7 m	P204
171	346317	9285978	469.0 m	P205
172	346069	9288138	495.9 m	P208
173	344187	9290674	422.4 m	P209
174	331331	9220691	251.3 m	P21
175	344404	9291409	499.0 m	P210
176	343740	9290639	441.6 m	P211
177	343163	9291546	528.6 m	P212
178	342375	9292922	622.6 m	P213
179	316066	9167535	359.9 m	P22
180	316837	9169501	335.9 m	P23
181	317470	9170534	342.4 m	P24
182	317342	9172747	319.3 m	P25
183	315623	9175461	315.0 m	P26
184	315654	9176473	312.3 m	P27
185	315940	9180935	319.5 m	P28

ID	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z (ALTITUD)	PUNTO DE CONTROL TERRESTRE
186	315882	9181759	303.9 m	P29
187	316612	9182093	321.0 m	P30
188	316392	9183755	311.4 m	P32
189	314344	9188049	292.6 m	P33
190	313915	9188987	292.1 m	P34
191	311723	9192032	298.6 m	P35
192	310442	9194122	295.2 m	P36
193	309603	9196303	291.4 m	P37
194	308227	9196134	277.7 m	P38
195	305900	9195303	289.2 m	P39
196	305033	9193934	290.0 m	P40
197	303984	9191437	313.3 m	P41
198	301846	9189270	307.5 m	P42
199	300473	9188640	355.8 m	P43
200	300372	9187892	405.6 m	P44
201	300558	9187830	445.2 m	P45
202	307307	9200469	306.8 m	P46
203	307582	9201837	332.5 m	P47
204	308307	9203862	323.1 m	P48
205	308377	9205764	295.2 m	P49
206	309059	9208384	284.0 m	P50
207	307032	9210484	366.9 m	P51
208	306248	9210391	389.2 m	P52
209	305816	9210557	409.9 m	P53
210	305653	9210857	448.8 m	P54
211	305726	9212110	439.0 m	P55
212	305464	9213514	394.0 m	P56
213	305903	9215038	348.1 m	P57
214	307187	9216566	313.0 m	P58
215	308321	9217225	302.2 m	P59
216	310146	9217820	298.1 m	P60
217	309937	9219504	288.8 m	P61
218	309943	9221647	309.2 m	P62
219	309717	9223355	290.4 m	P63
220	307984	9223828	305.3 m	P64
221	306073	9224656	321.7 m	P65
222	304860	9227109	305.8 m	P66
223	304557	9230420	307.3 m	P67
224	303329	9232333	322.2 m	P68
225	303904	9232794	310.6 m	P69
226	312807	9217778	276.0 m	P70
227	314328	9217060	271.0 m	P71
228	316597	9217222	265.9 m	P72
229	317963	9216654	265.0 m	P73
230	318086	9215708	301.3 m	P74
231	316682	9215380	341.2 m	P75
232	319930	9216786	274.8 m	P76
233	321039	9218647	255.8 m	P77
234	323252	9218572	265.9 m	P78
235	325143	9218421	244.3 m	P79
236	325188	9221188	314.2 m	P80
237	334647	9221772	244.1 m	P81

ID	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z (ALTITUD)	PUNTO DE CONTROL TERRESTRE
238	324454	9223837	349.3 m	P82
239	325592	9226461	352.9 m	P83
240	326187	9227438	338.5 m	P84
241	326271	9226060	341.6 m	P85
242	327267	9230670	310.9 m	P86
243	328047	9232290	272.2 m	P87
244	326641	9235245	272.4 m	P88
245	326128	9242510	286.8 m	P89
246	325694	9246713	280.3 m	P90
247	323301	9248569	287.6 m	P91
248	320795	9249931	301.7 m	P92
249	319686	9252927	297.9 m	P93
250	317129	9254167	303.4 m	P94
251	319530	9253691	298.6 m	P95
252	315247	9255782	302.2 m	P96
253	313032	9258824	323.1 m	P97
254	313186	9261128	326.0 m	P98
255	311060	9264812	364.7 m	P99
256	303542	9306624	878.5 m	PACAYZAPA
257	304339	9192915	297.4 m	PACHIZA
258	352839	9235078	232.8 m	PICOTA
259	353167	9234224	217.4 m	PICOTA PUENTE
260	304358	9228089	308.0 m	PISCOYACU
261	356594	9240077	232.5 m	PONASA PUENTE
262	315398	9167401	339.2 m	PTA ARENAS P1
263	315553	9167421	341.4 m	PTA ARENAS P2
264	315668	9167435	340.2 m	PTA ARENAS P3
265	251005	9349907	818.0 m	PTO SORITOR
266	351290	9242487	222.9 m	PUCACACA
267	297131	9317682	810.5 m	RAMIREZ
268	249623	9336118	822.3 m	RIO NEGRO PTE
269	260699	9329737	830.2 m	RIOIA AERO
270	260065	9329399	851.6 m	RIOIA CITY
271	310545	9217856	290.2 m	SACANCHE
272	309883	9218506	285.9 m	SACANCHE PTE
273	329757	9285588	268.1 m	SAN ANTONI
274	347304	9234355	248.9 m	SAN ANTONIO
275	341124	9226232	238.5 m	SAN HILARION
276	338060	9223259	251.0 m	SAN RAFAEL
277	304369	9231295	304.1 m	SAPOSOA AERO1
278	304598	9230475	301.5 m	SAPOSOA AERO2
279	304246	9232911	314.5 m	SAPOSOA CITY
280	303905	9232794	312.1 m	SAPOSOA PTE1
281	303979	9232795	310.4 m	SAPOSOA PTE2
282	318003	9216377	263.8 m	SAPOSOA PTE3
283	365649	9260053	615.6 m	SAUCE
284	203733	9371950	1217.9 m	SERRANOYACU PTE
285	323690	9291024	277.2 m	SHANAO CITY
286	315875	9184278	309.7 m	SHITARI PUENTE
287	312764	9268543	358.7 m	SISA CITY
288	325759	9246820	280.1 m	SISA PTE1
289	312426	9268423	353.2 m	SISA PTE2

ID	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z (ALTITUD)	PUNTO DE CONTROL TERRESTRE
290	338806	9224835	244.5 m	SISA PUENTE
291	267526	9321445	894.1 m	SORITOR
292	240072	9351633	840.3 m	SORITOR PTE
293	319698	9293734	547.4 m	TABALOSOS
294	349313	9282680	116.9 m	TARAPOTO
295	361591	9232998	249.6 m	TINGO DE PONASA
296	262966	9324286	849.9 m	TONCHIMA
297	262157	9330874	829.3 m	TONCHIMA PTE
298	230358	9360863	898.2 m	TUMBARO PTE
299	357961	9301154	194.3 m	YURACYACU PTE
300	244362	9343160	874.2 m	YURACYACU PTE1
301	334943	9277854	312.3 m	ZAPATERO

### 3.3.2 Uso de los datos de campo

Sin datos confiables no hay información valedera. En SIG si se ingresa datos erróneos obtenemos información errónea.

- Con los datos de campo se hizo la verificación y acondicionamiento de las imágenes de satélite y la cartografía base. Para las imágenes de satélite se aplicó la re-corrección geométrica tomando como fuente algunos puntos de control terrestre que eran más distinguibles y mejor validados. Del mismo modo se hizo el acondicionamiento cartográfico de las vías y centros poblados de la zona de muestreo. Se usó ERDAS IMAGINE y ArcViewGIS, respectivamente.
- Se preparó y elaboró los mapas finales que se presentan en la sección de anexo de imágenes y mapas.

### 3.4. Metadata espacial

Información acerca de los datos que son utilizados o generados en un SIG. Describen el contenido, la calidad, la condición y otras características de los datos espaciales.

- Utilizando el Sistema Web para la Gestión de Metadata Espacial (GME) se hizo el ingreso de la metadata relativo el mosaico de imagen de satélite del Departamento de San Martín, así como de las coberturas temáticas, intermedias y final de ZEE.
- El GME está localizado en [www.siamazonia.org.pe](http://www.siamazonia.org.pe) de donde se puede acceder fácil y rápidamente a este servicio.
- La metadata fue generada a medida que se avanzaba con el modelamiento SIG-ZEE.



Figura 34: Portal de SIAMAZONIA y la ubicación de la GME a través del link para visualizar mapas.



Figura 35: Interface de usuario del GME.

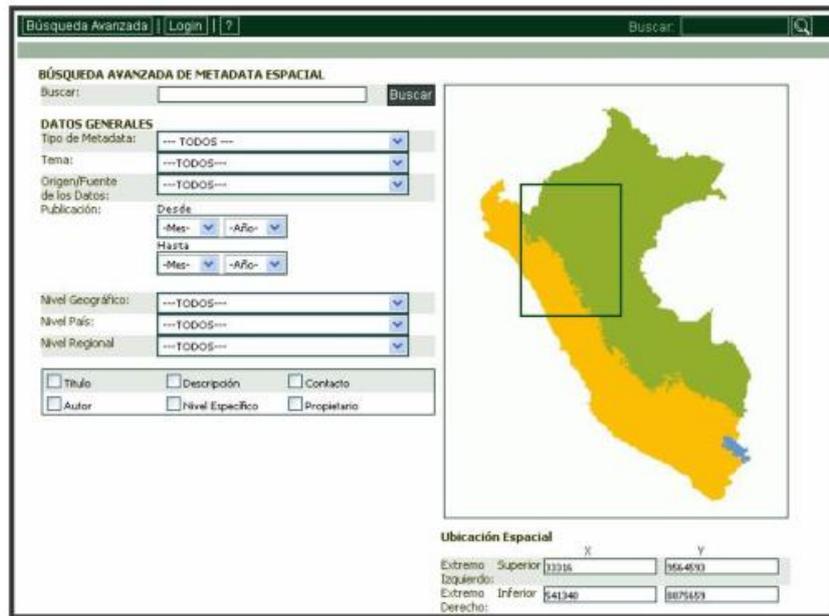


Figura 36: Interface para búsqueda avanzada de la GME.

## Reporte de metadata para el mosaico de imágenes de satélite

### MOSAICO DE IMÁGENES DE SATÉLITE LANDSAT TM - ETM+ - DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN – 2005

#### DATOS GENERALES DE METADATA

Información General

Contactos / Custodia

Derechos y Disponibilidad

Ambito de los Datos

Ubicación Espacial

#### DATOS ESPECIFICOS DE TELEDETECCION

Información Especifica

Información Técnica

Información Sobre Procesamiento



#### **DATOS GENERALES DE METADATA**

##### **Información General**

Tema(s):

Medio Ambiente

Tipo de metadata: Teledetección

Estado de Origen de los Datos:

Información Pendiente

Descripción del Origen de los Datos:

Información Pendiente

Sitio Web:

**[www.iiap.org.pe/website/Mosaico Landsat/index.htm](http://www.iiap.org.pe/website/Mosaico_Landsat/index.htm)**

Origen/Fuente de los Datos:

Publicación:

01/2003

Idioma:

Español

Descripción de Metadata:

Esta metadata fue elaborada para proveer de información fuente para validar los datos empleados para la interpretación de las coberturas temáticas de la Región Madre de Dios.

Autor:

Ing. Lizardo Fachín

Institución:

**Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP**

Participante(s) / Otros:

**Contactos / Custodia**

Persona de contacto: Ing. Lizardo Fachín

E - Mail del contacto: lfachin@iiap.org.pe

Persona modificadora de los Datos: Ing. Lizardo Fachín

E - Mail Persona modificadora de los Datos: lfachin@iiap.org.pe

Institución Modificadora: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP

**Derechos y Disponibilidad**

Propiedad Intelectual: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP

Libertades de Uso: Libre después de confirmar

Ubicación del Dato: UIGT-IIAP

Facilitador de los Datos: UIGT - IIAP

**Ámbito de Los Datos** Nivel Geográfico: Regional Nivel País: Perú

Nivel Regional: Región San Martín

Nivel Específico: San Martín

**Ubicación Espacial**

	X	Y
Extremo Superior Izquierdo (metros):	185000	9410000
Extremo Inferior Derecho (metros):	455000	9020000

**DATOS ESPECIFICOS DE TELEDETECCION****Información Específica**

Resumen:

Mosaico generado para la interpretación visual para los mapas temáticos del departamento de San Martín. Se utilizó 08 imágenes de satélite Landsat TM y ETM+

Referencia a Informe:

Manual para la elaboración de Imágenes de Satélite Landsat TM para la selva baja peruana. Serie BIOD

**Información Técnica**

Tipo del producto: Imagen independiente

Satélite y Sensor: Landsat / TM

Resolución Espacial (Píxeles en metros): 30

Resolución Espectral (Numero de bandas): 3

Path y Row (Dirección y Fila): 007 - 064; 007 - 065; 007 - 066; 008 - 064; 008 - 065; 008 - 066; 009 - 064; 009 - 065

Fecha de Captura de la Imagen: 01/1989 Entre 12/1999

Otra Descripción técnica:

Radiometría mejorada con el programa ERDAS IMAGINE 8.5

**Información Sobre Procesamiento**

Fecha de Adquisición (Imagen Origen): 01/01/1989 Entre 31/12/1999

Fecha de Modificación (imagen editada): 01/01/2003 Entre 31/12/2003

Procesamiento de Imagen: Georeferenciación

Formato de archivo: Erdas / IMG File

## Reporte de metadatos para una cobertura temática (Geología)

### COBERTURA VECTORIZADA GEOLÓGICA - SAN MARTÍN – 2005

#### DATOS GENERALES DE METADATA

[Información General](#)

[Contactos / Custodia](#)

[Derechos y Disponibilidad](#)

[Ambito de los Datos](#)

[Ubicación Espacial](#)

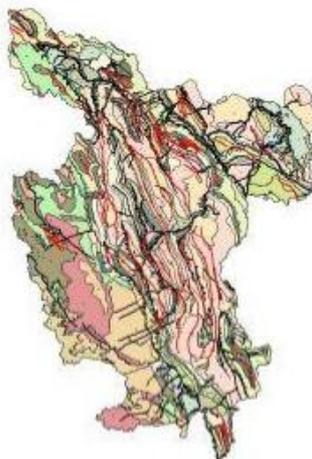
#### DATOS ESPECIFICOS DE DATOS ESPACIALES SIG

[Información Especifica](#)

[Información Técnica](#)

[Referencia Espacial](#)

[Descripción de la Data](#)



### **DATOS GENERALES DE METADATA**

#### **Información General**

Tema(s):

Geología

Tipo de metadatos:

Datos Espaciales SIG

Estado de Origen de los Datos:

Información Pendiente

Descripción del Origen de los Datos:

Mapa Geológico del Perú INGEMMET, imágenes de satélite Landsat TM y ETM+

Sitio Web:

[www.iiap.org.pe/website/Mapa\\_tematico/index.htm](http://www.iiap.org.pe/website/Mapa_tematico/index.htm)

Origen/Fuente de los Datos: Publicación:

01/2005

Idioma:

Español

Descripción de Metadatos:

Esta metadatos fue elaborada para proveer de información fuente para validar los datos empleados para la elaboración de la cobertura de Geología del departamento de San Martín.

Autor:

Ing. Walter Castro

Institución:

**Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP**

Participante(s) / Otros:

POA

#### **Contactos / Custodia**

Persona de contacto: Ing. Walter Castro

E - Mail del contacto: wcastro@iiap.org.pe

Persona modificadora de los Datos: Ing. Walter Castro

E - Mail Persona modificadora de los Datos: wcastro@iiap.org.pe

Institución Modificadora: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP

**Derechos y Disponibilidad**

Propiedad Intelectual: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) - Gobierno Regional San Martín

Libertades de Uso: Libre después de confirmar

Ubicación del Dato: UIGT-IIAP

Facilitador de los Datos: UIGT - IIAP

**Ámbito de Los Datos** Nivel Geográfico: Regional Nivel País: Perú

Nivel Regional: Región San Martín

Nivel Específico: Región San Martín

**Ubicación Espacial**

	X	Y
Extremo Superior Izquierdo (metros):	185000	9410000
Extremo Inferior Derecho (metros):	455000	9020000

**DATOS ESPECIFICOS DE DATOS ESPACIALES SIG****Información Específica**

Resumen:

Para identificar y elaborar las unidades de la cobertura Geológica se tuvo en cuenta que: Comprende el estudio de las caracterizas geo estructurales del departamento de San Martín desde la perspectiva de litoestratigráfica, el comportamiento geo estructural y los procesos que dieron lugar a la formación de las intrusiones magmáticas.

**Propósito del Proyecto:**

Dotar de un instrumento para la gestión, de cara al Ordenamiento Territorial para facilitar la formulación de políticas, planes y programas orientados al desarrollo sostenible del departamento de San Martín. Metodología:

Para la realización del presente trabajo se contó con los diversos estudios de Geología realizados y publicados a nivel de detalle y semidetalle. Utilizando el software ArcView se hizo la interpretación y el análisis visual sobre imágenes de satélite teniendo en cuenta los estudios realizados por INGEMMET. Se digitalizó mediante líneas las áreas consideradas, por su reflectancia con características geológicas. Se hizo el acondicionamiento cartográfico en áreas de ríos donde hubo algunas variaciones respecto al mapa base hidrográfico.

**Dependencia de los Datos:**

Producto Independiente Descripción de Dependencia: No existe

**Información Técnica**

Tipo de Representación Espacial: Digital, en vector

Formato de archivo: ArcInfo / ArcFile

Escala de Ingreso de Datos: 1:100000

**Referencia Espacial**

Datum Horizontal: WGS84

Esferoide: WGS84

Proyección: UTM

Zona UTM: 18 Sur

**Descripción de la Data**

Categoría Espacial: Información Ambiental Interpretada

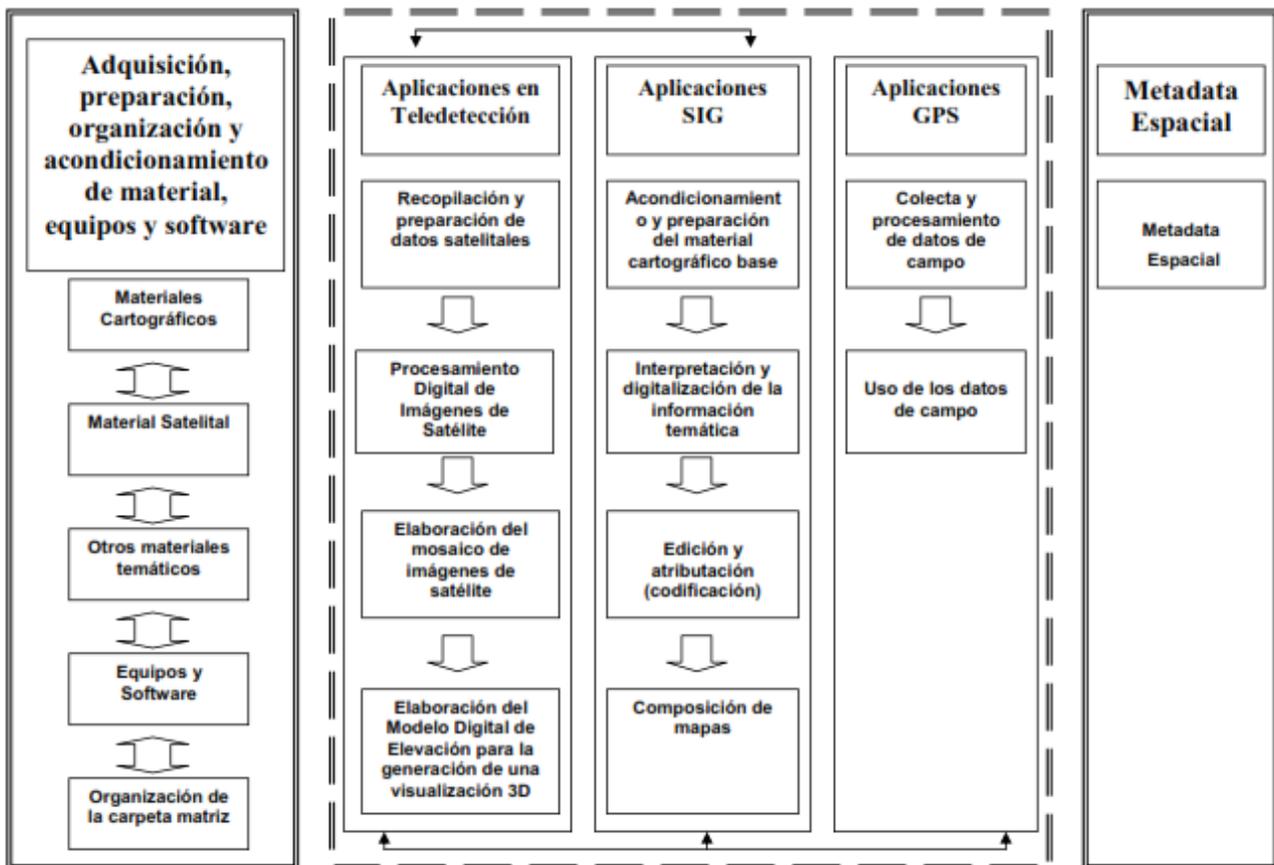
Clase de Información: Descriptivo

Entorno Temporal: Un patrón permanente

Fecha de Inicio Referente al contenido: 01/2003

Fecha de Término Referente al Contenido: 31/01/2005

**Cuadro 16: Esquema de la metodología empleada en el procesamiento digital de imágenes y el modelamiento SIG**



#### IV. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AEROTERRA. 2006. Landsat. <http://www.aeroterra.com/p-landsat.htm>
- BUZAI, GUSTAVO. 2000. La Exploración Geo digital. Primera Edición. Buenos Aires, Argentina. 179 pp.
- CHUVIECO, EMILIO. 1996. Fundamentos de Teledetección Espacial. Tercera Edición Revisada. España. 565 pp.
- ERDAS IMAGINE. 1999. Field Guide. Fifth Edition. Atlanta - Georgia. USA. 292 pp.
- ERDAS IMAGINE. 1999. Tour Guide. Fifth Edition. Atlanta - Georgia. USA. 290 pp.
- ESRI Inc. 1990. Understanding GIS. The ARC/INFO Method. Self-study workbook. First Edition. - Redlands California. USA. 540 pp.
- ESRI Inc. 1994. PC ARC/INFO. Command References. Fourth Edition. - Redlands California. USA. 852 pp.
- ESRI Inc. 1996. ARCVIEW GIS. Using ArcView GIS. First Edition. - Redlands California. USA. 350 pp.
- FACHIN, LIZARDO - RODRIGUEZ, FERNANDO - LIMACHI, LUIS. 2006. Módulos de práctica para el curso de Ordenamiento Ambiental. (Versión 3.0). Iquitos, Perú. 113 pp.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana). 1997. Zonificación de Bosques del Departamento de San Martín. Primera Edición. Iquitos, Perú.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana) - BIODAMAZ. 2004. Manual para la elaboración de mosaicos de imágenes de satélite Landsat TM para la selva baja peruana. Documento Técnico Nro. 03. serie IIAP-BIODAMAZ. Primera Edición, Iquitos, Perú. 120 pp.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana) CONSEJO TRANSITORIO DE ADMINISTRACIÓN REGIONAL DE MADRE DE DIOS. 2001. Propuesta de Zonificación Ecológica Económica como base para el Ordenamiento Territorial. Madre de Dios camino al desarrollo sostenible. Primera Edición. Lima, Perú. 135 pp.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana) - GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI. 2003. Propuesta de Zonificación Ecológica Económica de la Cuenca del Río Aguaytía. Primera Edición. Lima, Perú. 125 pp.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana) - PRODATU. 2006. Zonificación Ecológica y Económica. Tocache hacia el desarrollo sostenible. Primera Edición. Lima, Perú. 144 pp.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 1995. Guía Explicativa del Mapa Forestal. Primera Edición. Lima, Perú.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 1995. Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa. Primera Edición. Lima, Perú.
- NASA. 2006. Landsat 7. Science data user handbook. <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook.html>

TCA (Tratado de Cooperación Técnica). 1994. Zonificación Ecológica - Económica. Instrumento para la conservación y el desarrollo sostenible de los recursos de la amazonía. Memorias de la reunión regional. Manaus, Brasil. Primera Edición. Lima, Perú. 382 pp.

TCA (Tratado de Cooperación Técnica). 1996. Propuesta metodológica para la Zonificación Ecológica - Económica para la amazonía. Memorias del seminario taller. Santafé de Bogotá. Colombia. Primera Edición. Lima, Perú. 265 pp.

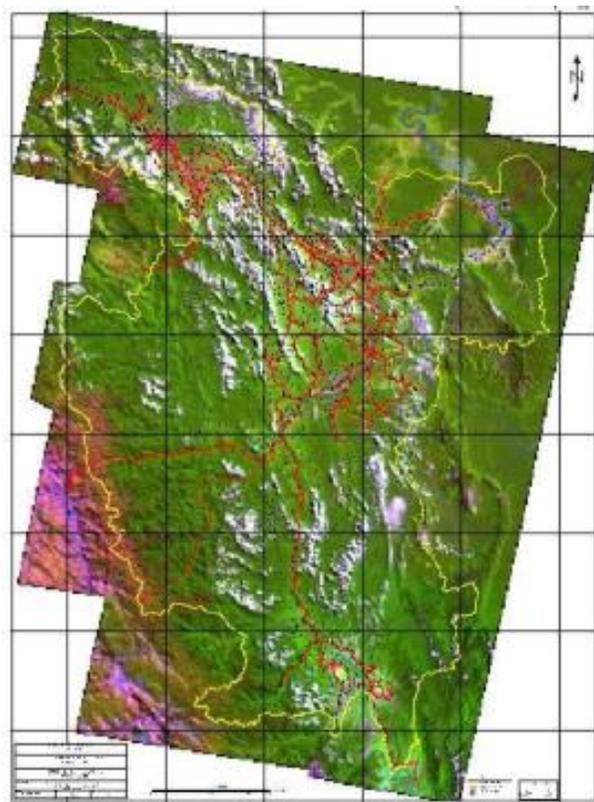
TCA (Tratado de Cooperación Técnica) - BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 1998. Manual de Zonificación Ecológica - Económica para la amazonía peruana. Primera Edición. Lima, Perú. 153 pp.

USGS. 2006. Imágenes satelitales Landsat.

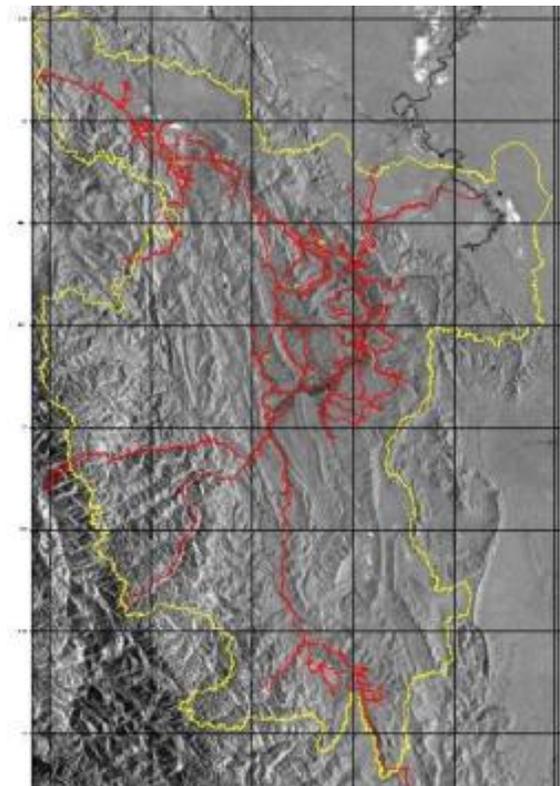
<http://www.imagenesgeograficas.com/Landsat.html>

## **ANEXO DE IMÁGENES DE MAPAS**

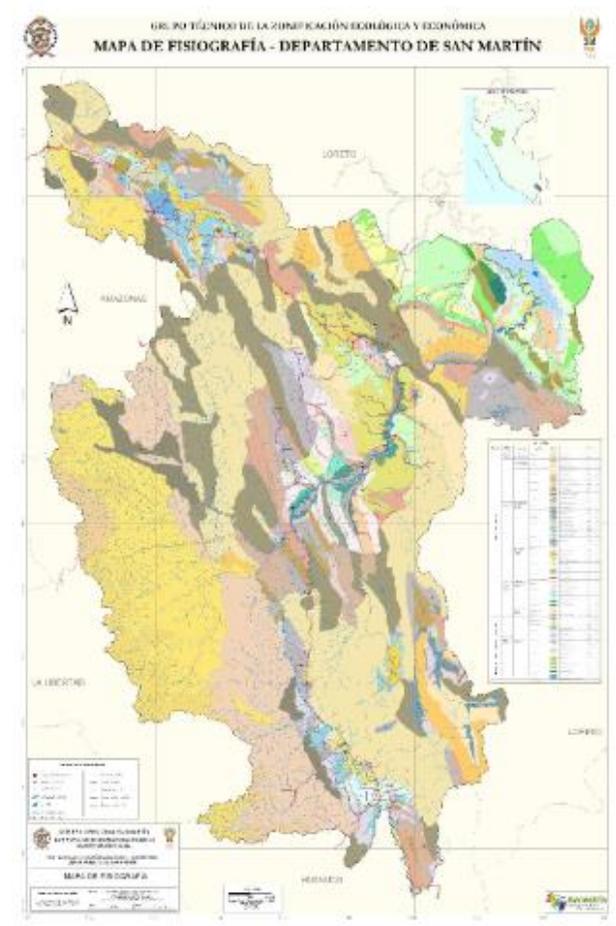
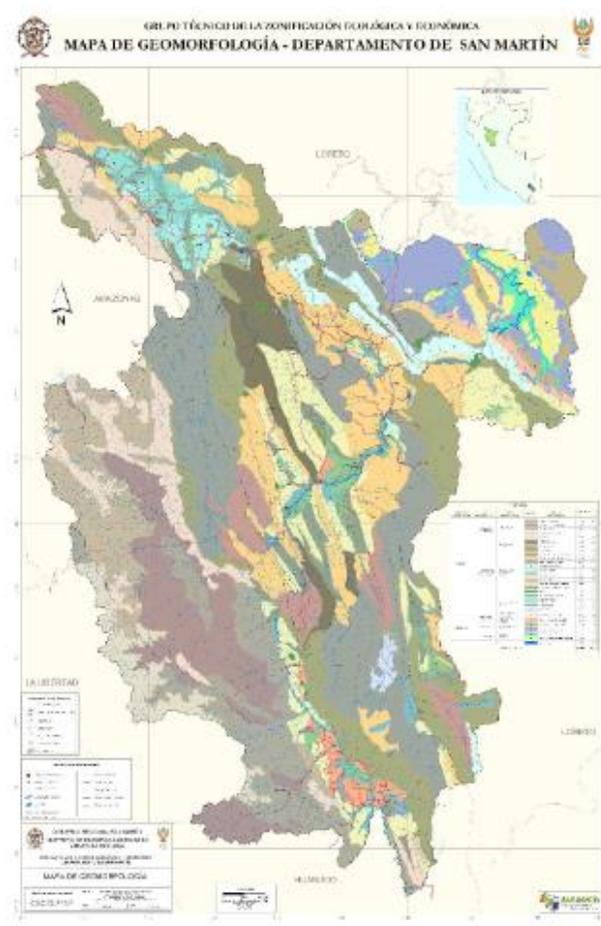
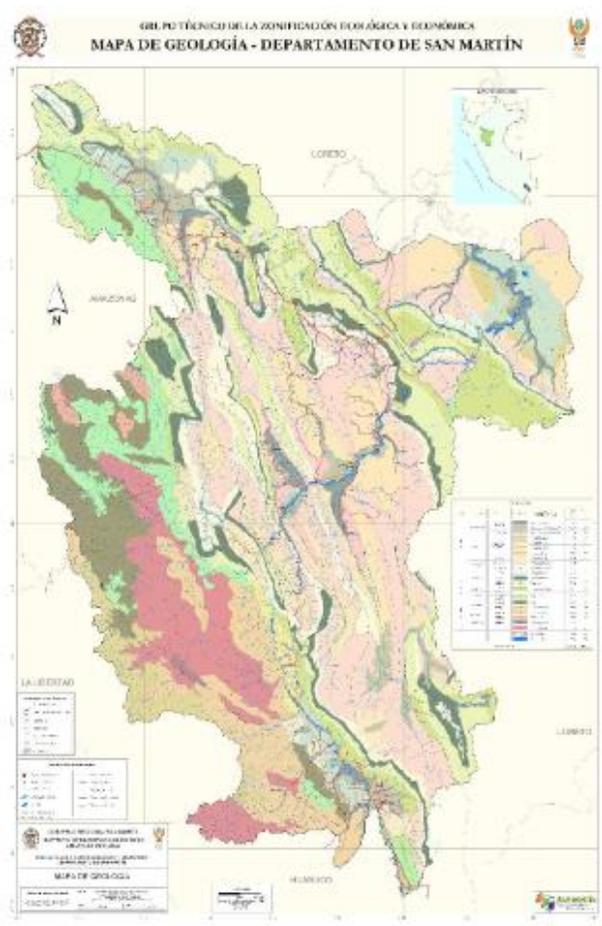
**MOSAICO DE IMÁGENES LANDSAT TM/ETM+**

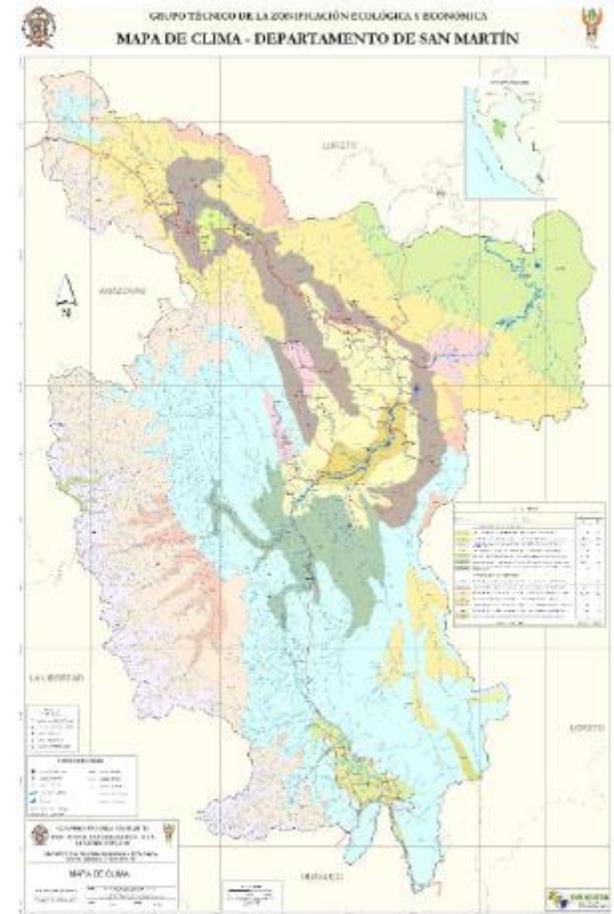
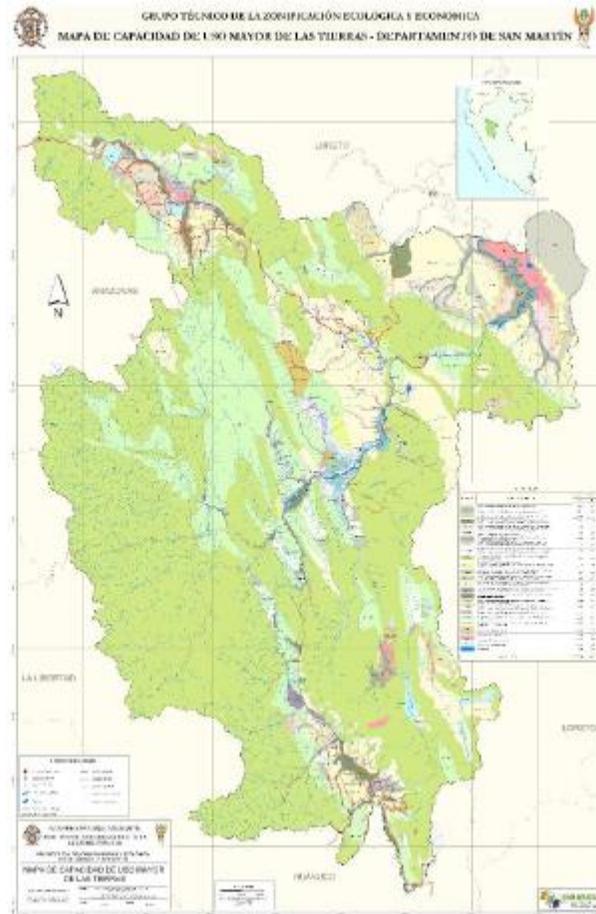
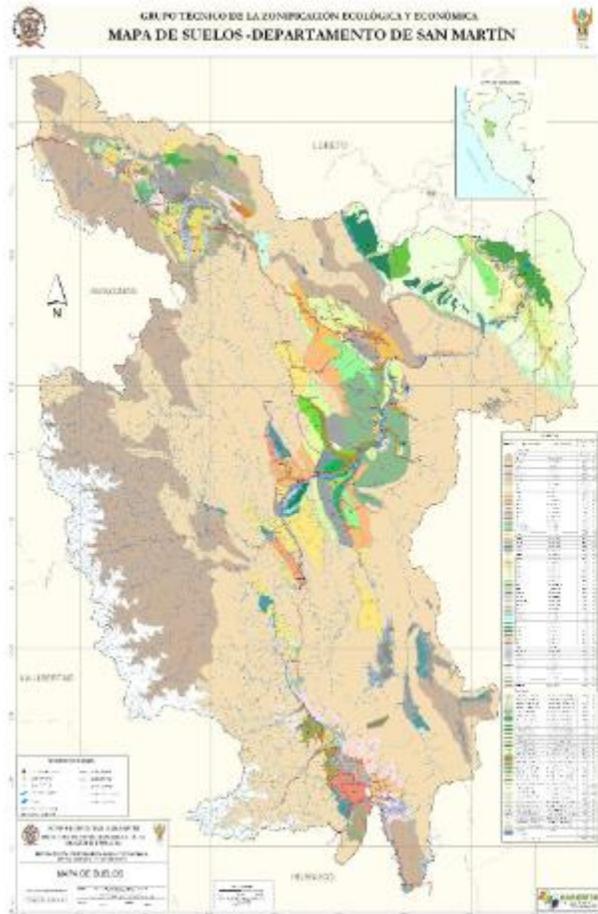


**IMAGEN DE RADAR JERS-1 SAR**

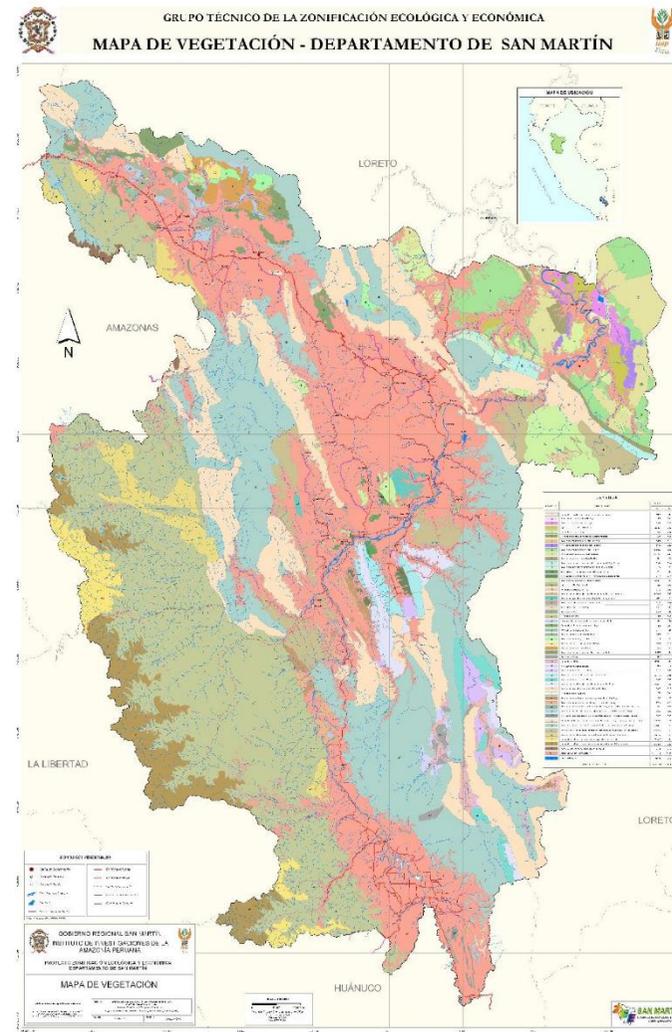
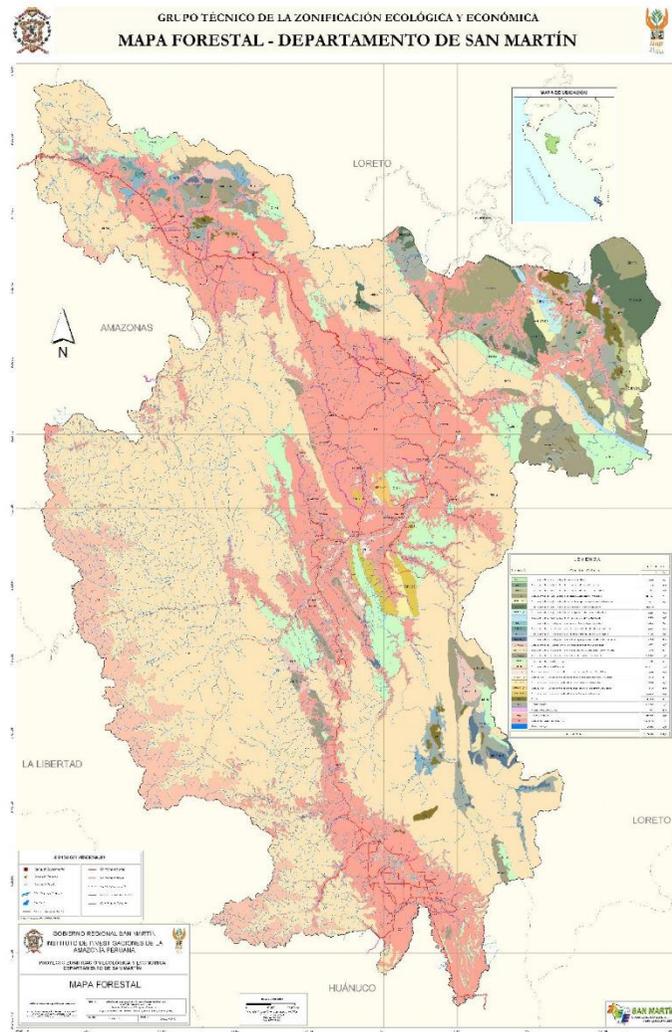


### MAPAS TEMÁTICOS (VARIABLES FÍSICAS)

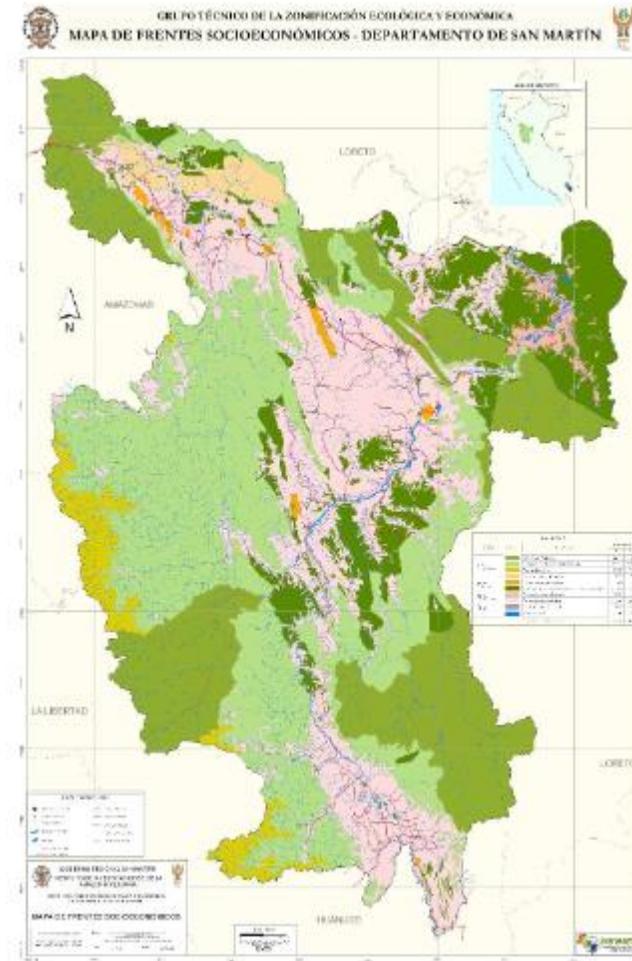




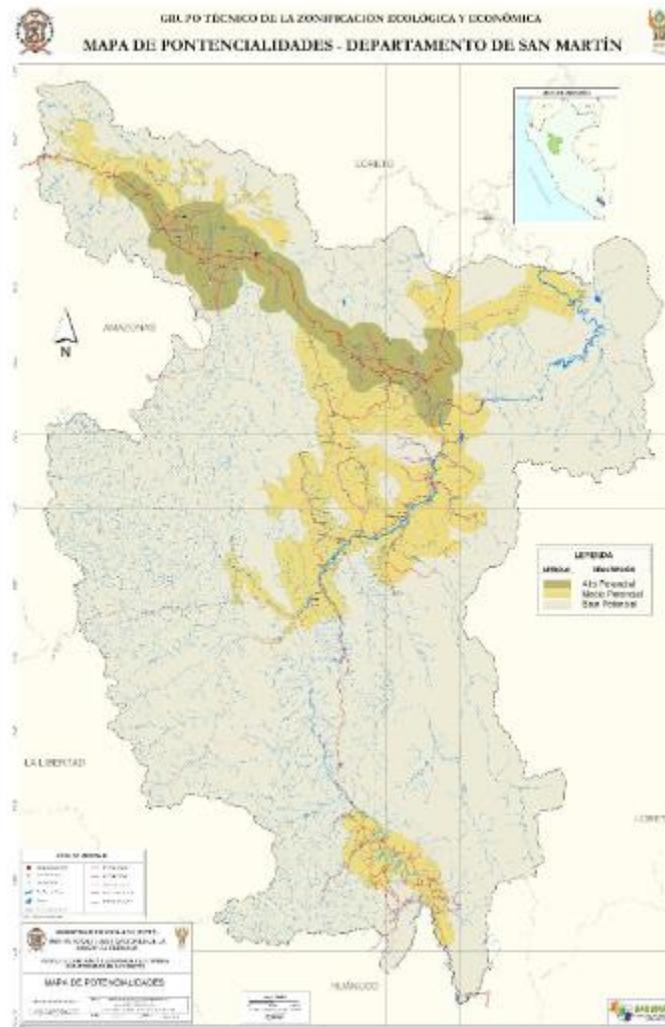
### MAPAS TEMÁTICOS (VARIABLES BIOLÓGICAS)



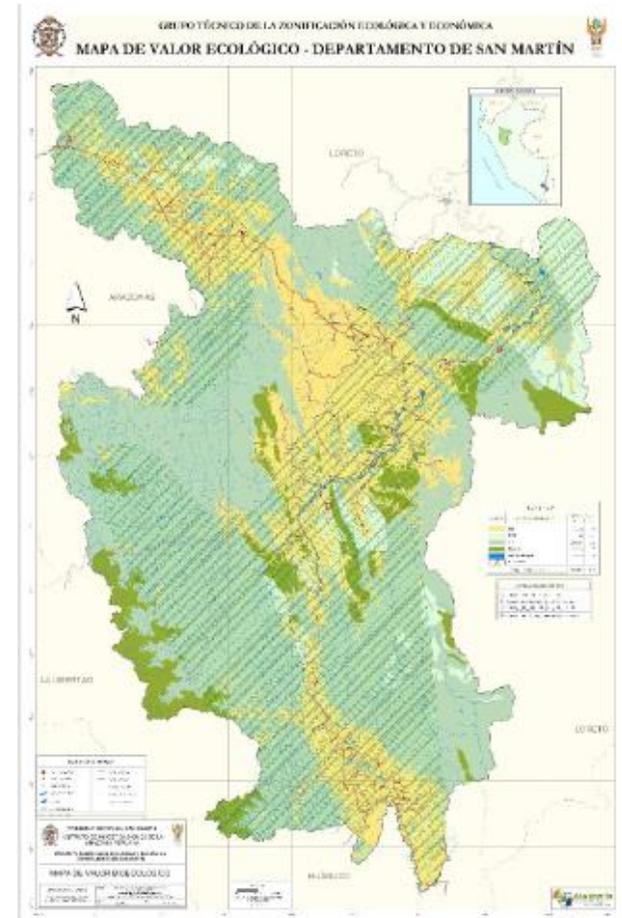
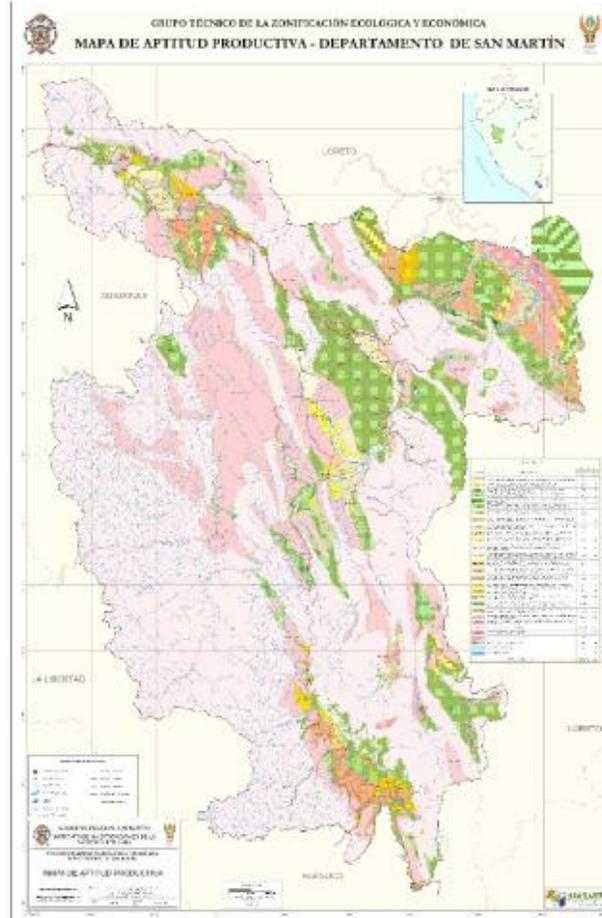
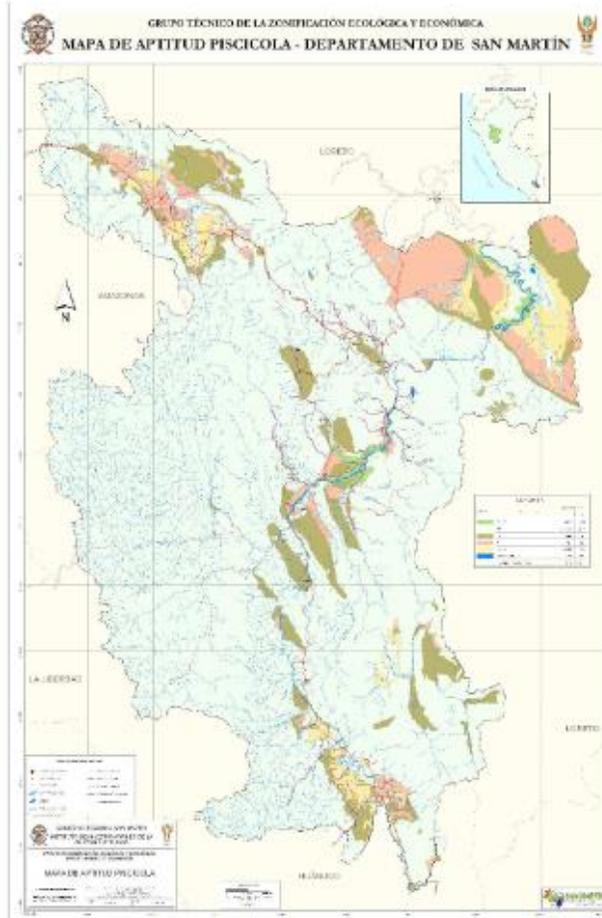
### MAPAS TEMÁTICOS (VARIABLES SOCIOECONÓMICAS)

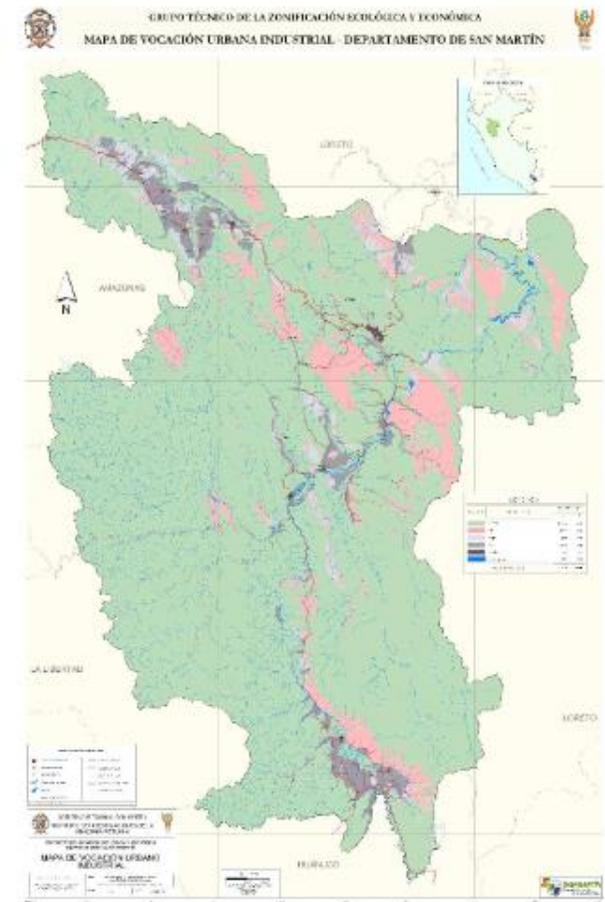
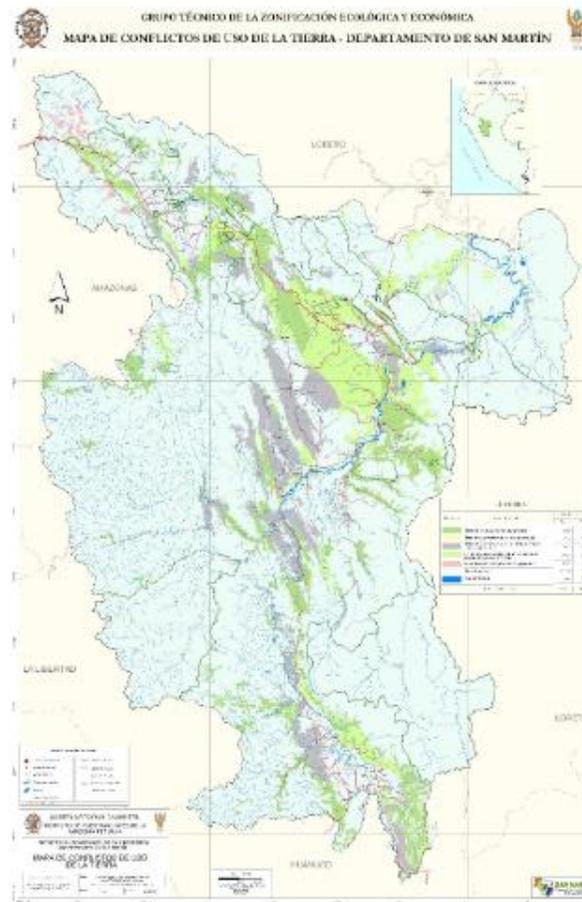
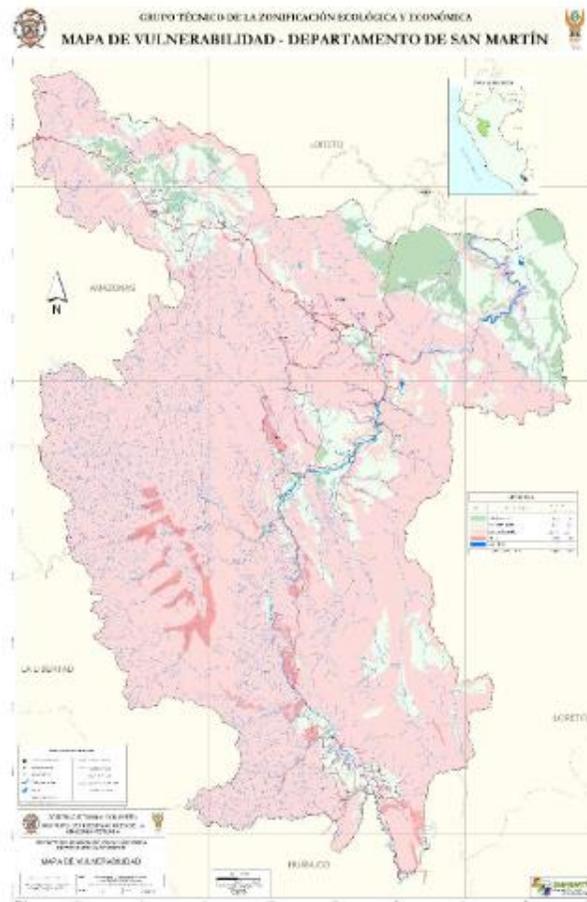


### MAPA TEMÁTICO (POTENCIALIDADES)



**MAPAS INTERMEDIOS (EVALUACIÓN UEE)**



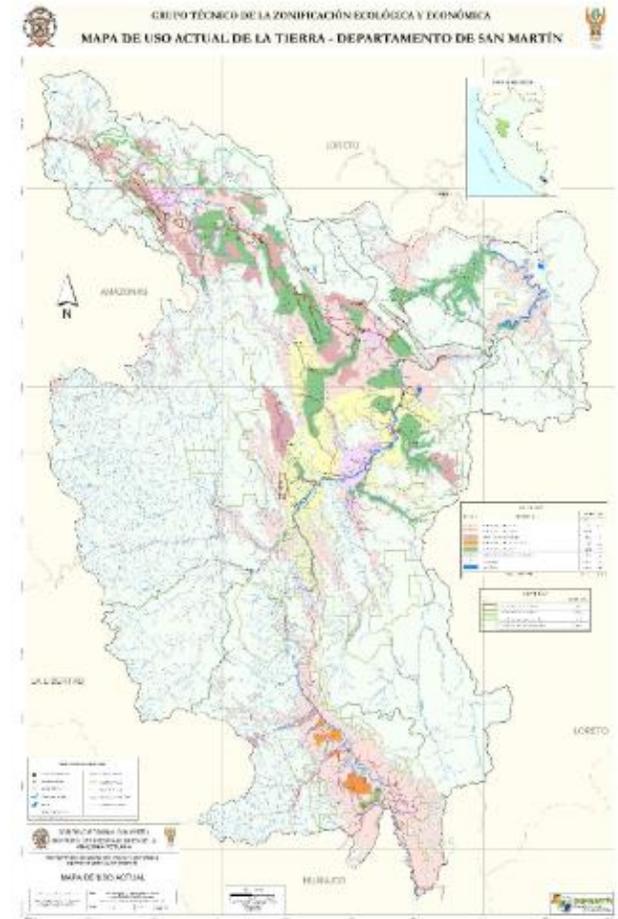
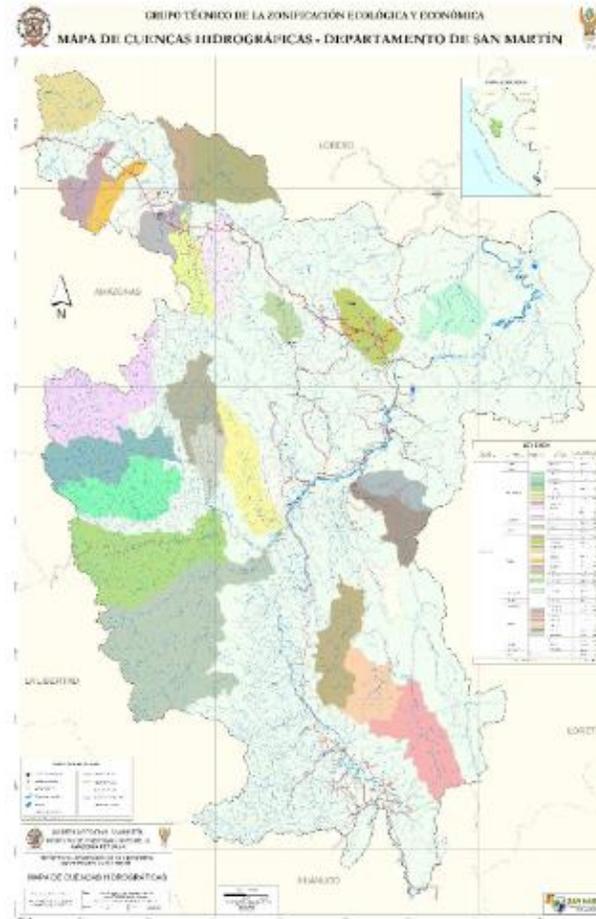


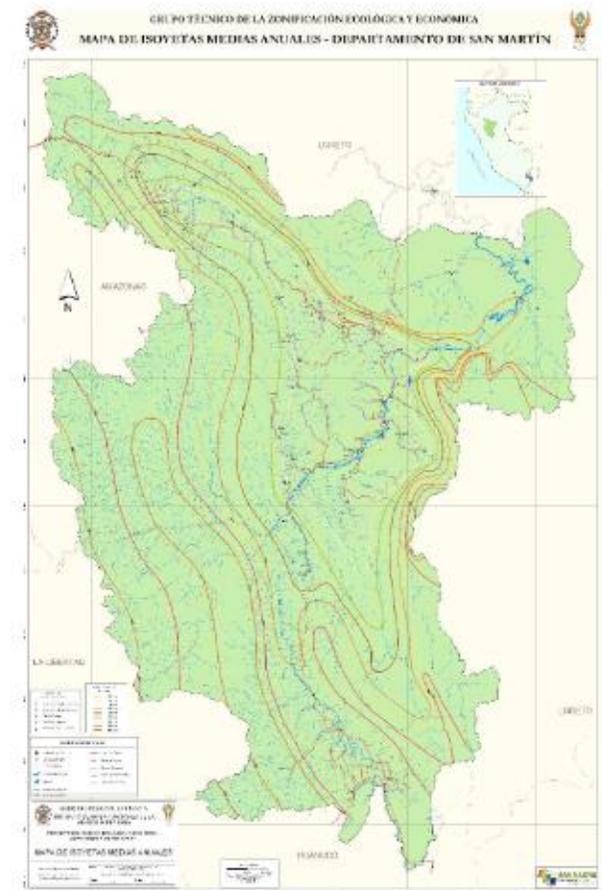


### MAPAS TEMÁTICOS (TURISMO)



### MAPAS AUXILIARES





### IMÁGENES PARA EL TRABAJO DE CAMPO

